



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



**“EVALUACIÓN GEOLOGICA, GEOTECNICA, PARA EL USO DE
CEMENTO PORTLAND EN EL MEJORAMIENTO Y
CONSERVACIÓN DEL CORREDOR VIAL PUTINA – DV.
ANANEA TRAMO III, KM 97+000 al KM 104+000”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. HERLINDA SURCO APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A MIS PADRES, Sabino y Bernardina, a ellos por darme la oportunidad de tener una carrera maravillosa y por siempre creer en mí, a ellos que día a día estuvieron conmigo, por formarme con valores gracias por su sacrificio, por su amor incondicional, gracias por estar siempre conmigo sin importar los momentos difíciles que se presentaron en nuestras vidas.

A mi hermano y hermanas, por haber confiado en mí, por todos sus consejos, por sus enseñanzas, alegrías y tristezas, y siempre motivarme para conseguir mis sueños y cumplir mis metas a lo largo de mi formación profesional.

A mis amigas, Meche, Nelida, Lidia, Yulitza, por ser quienes me apoyaron en todo momento, compartiendo conocimientos e intercambio de ideas, gracias por tanto cariño.

Herlinda Surco



AGRADECIMIENTOS

- Mi agradecimiento a Dios por darme la fortaleza para continuar por la vida que me brindó y de ser quien soy hasta hoy en día.
- Dar las gracias a mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por acogerme y darme la oportunidad de forjarme profesionalmente, preparándome para un futuro mejor y ser una persona de bien.
- De igual manera a mis queridos formadores de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, pues ellos fueron quienes me guiaron para poder culminar mis estudios.
- Así mismo a mi director y asesor de tesis, Dr. Sc. Hector R. Machaca Condori y respectivamente al M. Sc. Leonel Palomino Ascencio, por su apoyo y orientación durante el desarrollo de la presente tesis.

Herlinda Surco



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 17

1.2.1. Problema General 17

1.2.2. Problemas Específicos..... 17

1.3. JUSTIFICACIÓN 17

1.4. HIPÓTESIS DEL TRABAJO 20

1.4.1. Hipótesis General 20

1.4.2. Hipótesis Especifica 20

1.5. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 20

1.5.1. Objetivo General 20

1.5.2. Objetivos Específicos 20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 22

2.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL..... 27

2.2.1. Cadena de Nevados 27

2.2.2. Vertiente Amazónica..... 28

2.3. GEOLOGÍA REGIONAL 29

2.3.1. Orogénesis 29

2.3.2. Marco Geológico Regional 29

2.3.3. Unidades Estratigráficas..... 30



2.3.4. Paleozoico – Inferior	30
2.3.5. Paleozoico – Superior.....	31
2.3.6. Mesozoico.	34
2.3.7. Cenozoico.....	36
2.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	40
2.5. BASES TEÓRICAS	40
2.5.1. Estudio Geotécnico	40
2.5.2. Estudio de Mecánica de Suelos	41
2.5.3. Reseña Histórica del Desarrollo del Suelo-Cemento	41
2.6.1. Mecánica de Suelos	42
2.6.2. El Suelo	44
2.6.3. Origen de los Suelos.....	44
2.6.4. Resistencia Mecánica	46
2.6.5. Suelo a Estabilizar	47
2.7. CLASIFICACIÓN DEL SUELO.....	52
2.7.1. Clasificación de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO)	53
2.7.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	57
2.7.3. Proctor Modificado (ASTM D-1557)	59
2.7.4. Relación de Soporte de California “CBR”	60
2.7.5. Ensayo de Durabilidad	62
2.7.6. Abrasión Los Ángeles	63
2.7.7. Equivalente de Arena y Agregados Finos (ASTM D-2419)	65
2.7.8. Control de Densidad de Campo (Método Densímetro Nuclear)	66
2.7.9. Ensayo de Compresión Simple	68
2.8. ESTUDIO DE CANTERAS	69
2.8.1. Etapa de Reconocimiento del Terreno	71
2.8.2. Etapa de Estudios Preliminares	71
2.8.3. Etapa de Estudio Definitivo	71
2.8.4. Explotación de Canteras.....	71
2.8.5. Características Geotécnicas de las Canteras.....	72
2.9. EXPLANACIONES	74
2.9.1. Relleno en una Explanación	75
2.9.2. Corte en una Explanación	77



2.9.3. Subrasante	77
2.9.4. Características que deben Cumplir los Suelos para Conformar una Subrasante.....	78
2.10. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	79
2.10.1. Propósito de la Estabilización de Suelos.....	81
2.10.2. Mecanismo de Estabilización.....	82
2.10.3. Criterios Geotécnicos para Establecer la Estabilización de Suelos...	82
2.10.4. Clasificación de los Métodos de Estabilización de Suelos	84
2.11. CEMENTO PORTLAND	85
2.11.1. Composición Química del Cemento	86
2.11.2. Definición del Suelo - Cemento	86
2.11.3. Cemento Portland Tipo I.....	95
2.11.4. Estabilización de Suelos con Cemento.....	96
2.12. MARCO CONCEPTUAL	103
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	106
3.2. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	106
3.2.1. Tipo de Investigación	106
3.2.2. Diseño de la Investigación	107
3.2.3. Definición de Variables.....	107
3.2.4. Población, Muestra y Análisis.....	108
3.2.5. Enfoque del Trabajo	108
3.3. ETAPAS DE INVESTIGACIÓN.....	108
3.3.1. Etapa de Gabinete I	108
3.3.2. Etapa de Campo I	109
3.3.3. Etapa de Campo II.....	109
3.3.4. Etapa de Gabinete II.....	110
3.3.5. Etapa de Informe Final.....	110
3.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	111
3.4.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	111
3.4.2. Proceso General de la Investigación	112
3.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	114



CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN.....	115
4.1.1. Ubicación Geográfica y Política	115
4.1.2. Accesos y Distancia	116
4.1.3. Hidrología.....	117
4.1.4. Análisis de Elementos Meteorológicos	117
4.2. GEODINÁMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	118
4.2.1. Geodinámica Interna	119
4.2.2. Geodinámica Externa	120
4.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL	121
4.3.1. Unidades Geomorfológicas	121
4.4. GEOLOGÍA LOCAL.....	125
4.4.1. Mesozoico-Cretáceo.....	125
4.4.3. Pérmico.....	127
4.4.5. Plioceno.....	127
4.4.6. Geología del Lugar.....	128

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CARACTERÍSTICAS FISICO-MECANICOS DEL TERRENO	130
5.1.1. Caracterización del suelo natural: Ensayos físicos y mecánicos.....	130
5.1.2. Ensayos realizados en laboratorio.....	131
5.2. CARACTERÍSTICAS GEOMECHANICAS DE CANTERAS	140
5.2.1. Canteras Asumidas para el Pavimento	140
5.2.2. Descripción de las Canteras	141
5.2.3. Material para Terraplén.....	148
5.3. ESTABILIZACIÓN DE LA BASE GRANULAR CON CEMENTO PORTLAND TIPO I.....	149
5.3.1. Características de Suelos.....	149
5.3.2. Diseño de Suelo Cemento	155
5.3.3. Resultados de campo.....	155
5.3.4. Comportamiento del Suelo a Bajas Temperaturas	157
5.3.5. Propuestas para el proceso constructivo.....	158



VI. CONCLUSIONES	162
VII. RECOMENDACIONES	164
VIII. REFERENCIAS	165
ANEXOS.....	170

Área: Geotecnia

Tema: Estabilización de suelos

FECHA DE SUSTENTACION 17 de marzo



INDICE DE TABLAS

N°	DESCRIPCION	Pag.
Tabla 1.	Columna Estratigráfica Regional.....	39
Tabla 2.	Clasificación de suelos según el tamaño de partículas.	49
Tabla 3.	Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad.	52
Tabla 4.	Caracterización de la plasticidad de un suelo.	52
Tabla 5.	Sistema de clasificación AASHTO.....	56
Tabla 6.	Símbolo para fines de identificación de suelos en el sistema unificado.....	57
Tabla 7.	Grupo de clasificación de suelos del sistema unificado.	58
Tabla 8.	Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS.....	59
Tabla 9.	Ensayo de compactación modificado (CBR).....	61
Tabla 10.	Valores de carga unitaria.	62
Tabla 11.	Agregados gruesos.....	63
Tabla 12.	Agregado fino.	63
Tabla 13.	Especificaciones para el ensayo de abrasión de los agregados.....	64
Tabla 14.	Especificaciones para el ensayo de abrasión para rocas.	64
Tabla 15.	Ensayo para vías afirmadas.....	70
Tabla 16.	Especificaciones Geotécnicas.	72
Tabla 17.	Especificaciones técnicas para construcción de obras viales.....	73
Tabla 18.	Suelos estabilizados con Cemento Portland.	73
Tabla 19.	Minerales que componen el cemento.....	86
Tabla 20.	Tolerancias requeridas en EG 2013 - MTC.....	97
Tabla 21.	Variables y análisis de los datos obtenidos en la investigación.....	107
Tabla 22.	Ensayos de laboratorio realizados en la presente investigación.	112
Tabla 23.	Ubicación Geográfica del corredor vial PUTINA - DV. ANANEA.	115



Tabla 24. Ubicación Política del área de estudio.	115
Tabla 25. Accesos y distancia.	116
Tabla 26. Acceso al proyecto desde LIMA - RUTA 02.	116
Tabla 27. Columna estratigráfica local.	128
Tabla 28. Resultados de la clasificación del material natural.	132
Tabla 29. Análisis granulométrico del tramo en estudio Km 97+000 – Km 104+000.	134
Tabla 30. Resultados de clasificación SUCS y AASHTO, suelo natural.	135
Tabla 31. Proctor modificado resultados obtenidos de las calicatas.	136
Tabla 32. Resultado de C.B.R de suelo natural.	138
Tabla 33. Explotación de canteras.	141
Tabla 34. Ensayos de calidad de materiales.	141
Tabla 35. Resumen cantera de afirmados para el tramo en estudio.	142
Tabla 36. Resumen de los ensayos de cantera.	145
Tabla 37. Resumen de los ensayos de cantera.	148
Tabla 38. Capacidad de soporte de suelo natural.	150
Tabla 39. Resistencia a la compresión del material en estado natural.	151
Tabla 40. Capacidad de soporte del suelo después del estabilizado.	152
Tabla 41. Resultados de clasificación de material estabilizado.	153



ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	DESCRIPCIÓN	Pag.
Figura 1.	Cuencas Intra Cordilleranas. (Extraído de: Laubacher, 1978).....	28
Figura 2.	Signos convencionales para perfil de calicatas - Clasificación AASHTO. (Extraído de: AASHTO)	54
Figura 3.	Esquema del ensayo de compresión simple. (Extraído de: Mecánica de Suelos, Juárez Badillo).....	69
Figura 4.	Estructura de un pavimento.	74
Figura 5.	Parte constituyentes de un relleno en una explanación. (Extraído de: Kraemer, Pardillo, & Rocci, 2004).	76
Figura 6.	Proceso de selección del método de estabilización más adecuado. (Extraído de MTC, 2013).....	84
Figura 7.	Partes de un Talud. (Extraído de: Sanz V., Sobrecases S., & Orrego A., 2016).	84
Figura 8.	La fotografía muestra movimientos de masa en plataforma.....	110
Figura 9.	Diseño suelo cemento.	157



INDICE DE ACRONIMOS

AASHTO	: American Association State Highway and Transportation Officials
ASTM	: American Standards and Testing Materials
B	: Base
°C	: Grados centígrados
CBR	: California Bearing Ratio o “Relación de Soporte de California”
CHO	: Contenido de Humedad Óptima
cm	: Centímetro
Dadm	: Deflexión admisible
DV	: División
g	: Gramo
HUSO	: Zona comprendida entre dos curvas granulométricas, (según especificaciones técnicas)
I.P.	: Índice de plasticidad
INV	: Instituto Nacional de Vías
kg	: Kilógramo
Km	: Kilómetro
lb	: Libras
L.L.	: Limite líquido
L.P.	: Limite plástico
m	: Metros
M	: Mezcla
MDS	: Máxima Densidad Seca
ml	: Mililitro
mm	: Milímetro
m.s.n.m.	: Metros sobre el nivel del mar
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
m³	: Metro cúbico
NTP	: Normas Técnicas Peruanas
%	: Porcentaje
pulg	: Pulgada



RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
s	: Segundo
SR	: Sub rasante
SB	: Sub base
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TE	: Terraplén
µm	: Micrómetro
Z	: Zarandeo



RESUMEN

La presente investigación, se ubica geopolíticamente en la región de Puno, provincia de San Antonio de Putina, distrito de Ananea, comprende Putina – Desvio. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000; La mala calidad de los suelos que conforman la subrasante de una vía, obliga a tener que mejorarlos para evitar problemas futuros, siendo necesario conocer los tipos de suelos in situ y las canteras existentes, para la realización del mantenimiento de la infraestructura vial. La justificación es garantizar la vida útil promedio mediante el uso de cemento Portland de tipo I. El objetivo es evaluar la influencia del cemento Portland de Tipo I, en la estabilización del suelo para la construcción del tramo vial. La metodología aplicada en el estudio es de tipo descriptivo y analítico, con el desarrollo de datos de tipo cualitativo y cuantitativo, mediante la recopilación de datos, ensayos de laboratorio y análisis e interpretación; con los ensayos realizados de contenido de humedad, análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado y CBR; se determinó la existencia de suelos cohesivos (suelos limo arcillosos), los cuales no son adecuados para la conformación de la subrasante, sub-base y base granular; empleándose cemento Portland de tipo I como aditivo estabilizador del 2% de peso seco de la muestra de suelo. Se concluye que la influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización del suelo, se reflejó en la reducción de su índice de plasticidad y el incremento de su índice de resistencia, el cual dará una mayor resistencia a largo plazo, por lo tanto, se obtuvo un material dotado de rigidez y resistencia mecánica.

Palabras Clave:

Cemento Portland, corredor vial, estabilización, Geotecnia, Subrasante.



ABSTRACT

This investigation is geopolitically located in the Puno region, San Antonio de Putina province, Ananea district, includes Putina - Desvio. Ananea Section III, Km 97 + 000 to Km 104 + 000; The poor quality of the soils that make up the subgrade of a road, makes it necessary to improve them to avoid future problems, being necessary to know the types of soils in situ and the existing quarries, to carry out the maintenance of the road infrastructure. The justification is to guarantee the average useful life through the use of type I Portland cement. The objective is to evaluate the influence of Type I Portland cement in stabilizing the soil for the construction of the road section. The methodology applied in the study is descriptive and analytical, with the development of qualitative and quantitative data, through data collection, laboratory tests, and analysis and interpretation; with the tests carried out on moisture content, granulometric analysis, liquid limit, plastic limit, modified Proctor and CBR; The existence of cohesive soils (clay silt soils) was determined, which are not suitable for the conformation of the subgrade, sub-base and granular base; using Portland cement of type I as stabilizing additive of 2% of dry weight of the soil sample. It is concluded that the influence of Type I Portland cement on soil stabilization was reflected in the reduction of its plasticity index and the increase of its resistance index, which will give greater long-term resistance, therefore, it is obtained a material endowed with rigidity and mechanical resistance.

Keywords: Portland cement, road corridor, stabilization, Geotechnics, Subgrade.



CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las características geológicas y los parámetros geotécnicos de la zona de estudio, nos dan la existencia de suelos arcillosos, limosos que pueden ser un problema en la construcción de redes viales a los cuales se le debe de buscar una forma de estabilizar los suelos que se encuentran en las zona de estudio, para esto se está proponiendo la utilización de cemento, lo cual beneficiaría al proyecto en la duración de dicha red vial, por tal motivo, la investigación tiene que basarse en la construcción de terraplenes de subrasante y sub-base. Tal es el caso específico de una vía y su importancia de tener en cuenta la calidad de los suelos existentes, con la finalidad de poder conformar una subrasante resistente y duradera frente a la acción de las cargas que le transmita el tráfico y de las condiciones ambientales adversas que se puedan presentar. Esto es importante, ya que el comportamiento de la estructura de un pavimento está ligado directamente al comportamiento de la subrasante.

La mala calidad de los suelos que conforman la subrasante de una vía, obliga a tener que mejorarlos para evitar problemas futuros. Frente a dos posibilidades principales de mejora de la calidad de un suelo, una de ellas es la remoción y reemplazo por una capa de suelo seleccionado y de mejor calidad y la otra opción es la estabilización del mismo suelo in situ mediante el uso de cemento Portland tipo I. En la región de Puno la estabilización de suelos con cemento es aún poco desarrollada, generalmente se opta por otras opciones de mejoramiento de los suelos de baja calidad que conforman las subrasantes, tal como el reemplazo del suelo o el uso de productos geo-sintéticos. Para



finalizar, sería importante evaluar las ventajas técnicas de estabilización de suelos con cemento para poder aplicarlo en nuestro medio, y mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de baja calidad.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

- ¿Las características geológicas y geotécnicas serán factibles para el uso del cemento Portland tipo I en el mejoramiento y conservación del corredor vial Putina – Desvió Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las características físico-mecánicas del terreno de fundación del corredor vial Putina – Desvió. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000?
- ¿Cuáles son las características de los materiales de canteras del corredor vial Putina – Desvió. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000?
- ¿Cuál será la resistencia óptima de la base granular estabilizada con el cemento Portland en el corredor vial Putina – Desvió. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación requiere mejorar las propiedades físicas y geomecánicas del suelo arcilloso y algunos lugares con limos para llevar a cabo con satisfacción el diseño de la red vial, sin embargo, en la ceja de selva de la región de Puno, los suelos son muy finos debido a la intemperización que sufren por las precipitaciones pluviales intensas, por ende, se pretende mejorar el tipo de suelo usando cemento Portland tipo I y así poder lograr la estabilidad de dicho material para ser utilizado en la



construcción de la sub-rasante y sub-base granular, por tal motivo en la presente investigación se requiere alcanzar la capacidad de resistencia de los suelos utilizando cemento Portland tipo I, adheridos a los suelos limo arcillosos existentes en la zona de estudio, debido a que las canteras que se pretenden utilizar no son compatibles para la construcción de las vías de la zona, lo cual no garantizaría la construcción y mantenimiento de las carreteras de la zona de estudio, ya que las vías de comunicación son sometidas a cargas dinámicas por el tránsito de la zona. Por tal motivo se pretende mejorar y dar alternativas de solución en la utilización de material existente y la adición de cemento para el mejoramiento de sub-rasantes blandas que pueden ocasionar daños en los pavimentos.

El presente trabajo de investigación pretende demostrar la influencia del cemento en los suelos arcillosos, ya que generalmente no poseen una calidad adecuada para conformar una subrasante por lo que se deberán mejorar con alguna técnica, por ello, se evaluará la influencia del cemento Portland tipo I, en la estabilización de un suelo arcillosos de alta plasticidad, limosos de elevada plasticidad mejorando las propiedades de la resistencia mecánica (CBR), la plasticidad y la expansión en los suelos de los tramos mencionados (Km 97+000 – Km 104+000) de la localidad de Putina - Quilcapunco. Así, si la subrasante no es la adecuada y no asegura la estabilidad y la durabilidad que garantice el buen comportamiento de la estructura del pavimento se tiene dos opciones, la primera siendo esta la más tradicional, es el de sustituir el suelo actual realizando grandes movimientos de tierra y la segunda opción es la de mejorar las características físicas de la subrasante haciendo uso del cemento con el fin de economizar y ser amigable con el medio ambiente.



En la actualidad, la contaminación ambiental causa gran preocupación debido al incremento de esta, ocasionado principalmente por la generación de residuos sólidos urbanos, sumado a esta la generación de materiales provenientes del movimiento de tierras, el mismo que no cuentan en la actualidad con una adecuada disposición. La finalidad de esta investigación es mejorar las características físico-mecánicas de los suelos y la subrasante mediante el uso del cemento, brindando una base estabilizada la cual formará parte de la estructura de un pavimento.

Actualmente en nuestra región para el diseño de las carreteras es necesario promover la aplicación de nuevas técnicas constructivas orientadas a la estabilización de suelos en caminos de medio a bajo tránsito, pues la mayor parte de la infraestructura de las carreteras, este tipo de caminos se constituye de calzadas naturales y/o habilitadas por los pobladores, por lo tanto el estudio describe la técnica y/o materiales para la estabilización del suelo o bases de caminos rurales, en lo cual se empleará el cemento Portland tipo I, por lo tanto, la rasante se estabilizará mediante este método llamada suelo-cemento.

La información primaria proviene de libros y publicaciones dedicadas a la mecánica de suelos, las normas que establecen los procedimientos de los ensayos de laboratorio correspondientes al tema de investigación, como son el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

El presente trabajo de investigación también cuenta con la descripción de las referencias bibliográficas y anexos, tales como matriz de consistencia, especificaciones técnicas y componente de ingeniería.



1.4. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

1.4.1. Hipótesis General

- Las características geológicas y geotécnicas serán óptimas para el uso de cemento Portland en el mejoramiento y conservación del corredor vial Putina – Desvió. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000.

1.4.2. Hipótesis Específica

- Es posible establecer las características físico-mecánicas del terreno para su estabilizado con cemento portland tipo I para la conservación de la red vial.
- Es viable la evaluación de las características de los materiales de canteras para la conservación de la red vial.
- La resistencia optima de la base granular estabilizada con el cemento portland tipo I será efectiva para la construcción de la red vial.

1.5. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

- Determinar las características geológicas y geotécnicas, para el uso del cemento Portland tipo I en el mejoramiento y conservación del corredor vial Putina – Desvió. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Establecer las características físico-mecánicas del terreno a estabilizar, para el uso del cemento Portland tipo I en el mejoramiento y conservación del corredor vial Putina – Desvió. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000.



- Evaluar las características de los materiales de canteras para el uso del cemento Portland tipo I en el mejoramiento y conservación del corredor vial Putina – Desvió. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000.
- Determinar la resistencia óptima de la base granular estabilizada con el cemento Portland tipo I en el mejoramiento y conservación del corredor vial Putina – Desvió. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

(Reategui Puscan, 2018), en su tesis de pregrado, indica que se viene desarrollando el uso y estabilización de suelos, alrededor de todo el mundo, con el fin de obtener una mayor durabilidad de los materiales que conforman la estructura del pavimento, además de tener capas de mayor capacidad de soporte que de igual forma sean más resistentes a los agentes atmosféricos. Su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, comprende realizar nuevas técnicas de estabilización de suelos a nivel de la rasante empleando cal y cemento, haciendo que las superficies de rodadura del tramo Lahuarpía – Emilio San Martin presentan una adecuada transitabilidad para los vehículos. Asimismo, el estudio se basa en la “influencia del aditivo PROES para mejorar la estabilización de la subrasante del camino vecinal tramo Lahuarpía – Emilio San Martin, con el propósito de asegurar el nivel de serviciabilidad de la vía. Para esto el camino vecinal en estudio ha sido evaluado mediante ensayos en laboratorio de mecánica de suelos para obtener resultados, para poder determinar la dosificación en la aplicación, también determinar en qué medida influye y la ventaja económica aplicando el aditivo líquido PROES. Una vez obtenida la información de los resultados se demostró que el uso del aditivo PROES es favorable y garantiza un correcto desempeño en términos de niveles de servicio del camino vecinal en estudio.

(Fernández Muñoz, 2017), en su estudio de investigación titulado “Efecto del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes”, para optar el título de Maestro en Ciencias, con mención en Ingeniería y Gerencia de la Construcción,



realizó un estudio en la zona de expansión al sur este de la ciudad de Cajamarca - Huacariz, provincia y región Cajamarca, cuyo objetivo fue determinar el efecto del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante. Obtuvo como resultados que la utilización del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante incrementó 19% de la capacidad de soporte del terreno, para lo cual se realizaron excavaciones geotécnicas, por cada muestra se realizó cinco ensayos colocando una proporción de Terrazyme de 10, 20, 30, 40 y 60 ml/m³ para encontrar el porcentaje óptimo de Terrazyme para el mejoramiento de la subrasante además se realizó 35 CBR con aditivo y siete de la muestra patrón. Con la adición del aditivo Terrazyme en sus diferentes porcentajes en las calicatas se concluyó que el aumento de la capacidad de soporte de terreno en 30ml/m³, incrementó su resistencia, en la calicata 1: 113 %; calicata 2: 90%; calicata 4: 98%; calicata 5: 112%; calicata 6: 115%; calicata 7: 119%; calicata 3: 98%; Calicata 5:112%; calicata 6: 115%; calicata 7: 119%.

(Cuadros Surichahui, 2017), según su tesis de pregrado, se formuló como objetivo general: “Determinar la influencia de la estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de cal y cemento en el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín”. Según su metodología de investigación aplicada, permitió describir y explicar la influencia del óxido de calcio como estabilizante químico de suelos y determinar el óptimo porcentaje de cal y cemento, además de determinar las mejoras que produce la estabilización mediante su uso, asimismo, analizar y comparar los costos entre la estabilización física y química. La población fue la Red Vial Departamental Ruta JU-108, Tramo: C.P. Pariahuanca – C.P. Ojaro, en el Distrito de Pariahuanca y la muestra fue de tipo no probabilístico, dirigido o por conveniencia, conformado por un grupo de ensayos de mecánica de suelos y procedimientos de ingeniería; para el efecto se aplicaron



las Normas del MTC vigentes, se realizó los estudios de tráfico vehicular y además cuatro calicatas a cielo abierto para su análisis y experimentación con la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio. Se concluyó que la estabilización química con cal y cemento influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, reduciendo el índice de plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, así mismo aumenta significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, además se demostró una ventaja económica de la estabilización química con cemento frente a la estabilización física por el método de combinación de suelos, con una considerable reducción de costos de un 44.41%.

(PROVIAS Nacional, 2016), en su condición de administrador de la red vial nacional, responsable de la preservación, conservación, mantenimiento y operación de la infraestructura en transporte de la Red vial Nacional, a fin de mantener, planificar, diseñar, ejecutar y conservar las características existentes de la carretera: mejoramiento y conservación vial por niveles del corredor vial: Juliaca – Putina – Oriental – Sandia – San Ignacio – Punta de carretera y Dv. Putina – Moho – Conima – Mililaya – frontera con Bolivia y Dv. Mililaya – Tilali – frontera con Bolivia (438,1 Km.), que esta no se encuentre deteriorada por falta de mantenimiento, por el uso de material existente en la zona que se presentan deterioros por ello es de vital importancia realizar otras técnicas que garanticen la estabilidad y durabilidad de las carreteras y vías que se construyen en la zona de estudio, así mismo que permita el tráfico continuo y seguro de vehículos de pasajeros y carga. Mediante el contrato N° 066-2016-MTC/20 establece como fecha de inicio el 20 de abril del 2016 y como fecha de conclusión el 19 de abril del 2021, estos procesos son realizados con la finalidad de realizar trabajos de mantenimiento y



conservación vial como objeto principal está orientado al ciudadano de derecho de vía y adyacentes, así como el levantamiento de información de los elementos de la carretera existente para poder realizar las actividades correspondientes de dar un funcionamiento permanente de la infraestructura vial.

(García Huaranca, 2015), explica que su proyecto de estudio denominado "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Tingo María-Pucallpa - sector III: Neshuya-Pucallpa", consistió en la ejecución de 58.769km de carretera asfaltada, con el fin de unir las ciudades de la costa y sierra central con la selva baja, formando una red nacional. En el estudio de suelos en la vía existente, se requirió rehabilitar y mejorar por sectores la presencia de afirmado y asfalto como capa rodadura con graves daños debido a la fatiga del pavimento. Asimismo, a través de la ejecución de calicatas, se calculó un 53.3% de material limo arcilloso y 46.7% de material granular a nivel de subrasante del proyecto. La vida útil de la carretera es de 10 años con alta densidad de tránsito, requiriéndose para su ejecución, materiales de buena calidad en su aspecto físico y mecánico, sin embargo, en el lugar del ámbito del proyecto, los materiales que predominan son suelos limo arcillosos, cuyas propiedades fundamentales son de poseer elevado índice de plasticidad y baja capacidad de soporte ante los esfuerzos que se generan por el paso de los vehículos. La estabilización química del suelo arcilloso con cal, logró mejorar sus propiedades físicas y mecánicas a corto y largo plazo, cuyos efectos en sus propiedades se interpretan en los resultados de los ensayos de laboratorio de la mezcla suelo-cal, establecidos en las normas ASTM, AASHTO, MTC y CE-020. En este tipo de estabilización se determina el óptimo contenido de cal capaz de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, con resultados de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.



(Elizondo Arrieta & Sibaja Obando, 2009), en su artículo científico determina que Costa Rica cuenta con una Red Vial Nacional en tierra y lastre que comprende cerca de 3000 Km. Durante el 2008 el MOPT- CONAVI licitó un programa de Conservación de Rutas de Lastre y Tierra que contempla una inversión de ¢7.000 millones (\$12,5 millones). La optimización de estos recursos, así como la implementación de alternativas diferentes a las utilizadas actualmente (relastreo y nivelación) que busquen mejorar la vida útil de este tipo de pavimentos, reducir los costos de mantenimiento y brindar mejores condiciones a los usuarios; traería muchas ventajas y es de gran importancia para el país. El cemento, la cal y el bitumen han sido utilizados ampliamente en otros países para la estabilización y mejoramiento de materiales con excelentes resultados, por este motivo el Lanamme UCR mediante este proyecto de investigación formuló una “Guía para la estabilización de rutas no pavimentadas” con base en experiencias internacionales, la cual presenta un esquema para la elección del aditivo óptimo con base en el tipo de material a estabilizar, procedimientos de diseño y evaluación de propiedades y procesos constructivos. Por último, se plantea para futuras etapas llevar a cabo proyectos piloto en conjunto con el MOPT-CONAVI, para la validación y puesta en práctica de estas alternativas.

(Ugaz Palomino, 2006), en su estudio de investigación define como su objetivo principal, estudiar el comportamiento de las distintos suelos estabilizadas con cal y cemento, para su aplicación en carreteras, así como sus cambios en las propiedades de capacidad de soporte, durabilidad, compresibilidad, permeabilidad y estabilidad volumétrica a corto y largo plazo, en diferentes condiciones climatológicas, ya que son estas cinco características principales las que se tienen que tener en cuenta durante la realización de una estabilización de suelos. Se realizaron ensayos de laboratorio y campo, los cuales permitieron determinar sus propiedades físicas, mecánicas y físico-químicas,



así como el comportamiento de los suelos después de la aplicación de los aditivos. Se empleó el ensayo de Azul de Metileno, el cual permitió determinar características y comportamientos químicos en las muestras de suelos estabilizados; por su bajo costo es un ensayo que puede ser usado y complementado en los laboratorios. El principal estabilizador que fue estudiado es el producto RBI Grado - 81, proveniente de Sud África, conformado por compuestos inorgánicos como calcio, azufre y sílice.

2.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

LAUBACHER (1978), en su estudio menciona que la zona donde se sitúa el proyecto está ubicada en la unidad morfo estructural de la Cordillera Oriental. Esta unidad se manifiesta por cuatro sub unidades denominada de Oeste a Este, Pre cordillera de Carabaya, depresión longitudinal de Crucero-Ananea-Cojata, depresión Ancócala-Trapiche Cadena de Nevado y Vertiente Amazónico.

Los aspectos geomorfológicos corresponden a la unidad geomorfológica del tipo valle glaciar, caracterizados por las morrenas Pampa Blanca, Vizcachani y Pampa Oriental de depósitos glaciares. La unidad más resaltante es la Cordillera Oriental con sus nieves perpetuas de las últimas glaciaciones, de superficies bien escarpados; los mismos que son afectados por grietas y deslizamientos, con transporte de sólidos en suspensión y materiales detríticos causados por movimientos y agrietamientos del hielo del Sistema Montañoso.

2.2.1. Cadena de Nevados

LÓPEZ ARENAS & RAMÍREZ CADENA (2010), indica que estas geoformas se desarrollan entre 4800 a 5850 m.s.n.m. la sub-unidad se caracteriza por su topografía abrupta y perfiles angulosos y la presencia de potentes glaciares.

2.2.2. Vertiente Amazónica

CALLEJAS POSADA (2015) Explica que esta denominación le ha asignado al flanco Este de la Cordillera Oriental. Se caracteriza por presentar una topografía abrupta con laderas escarpadas, valles angostos y de fuertes pendientes. Se desarrolla entre las cumbres de la cordillera que está a 5,800 m.s.n.m. y los 1,000 m.s.n.m. Los ríos principales drenan por un lecho de fuerte pendiente formando en algunos sectores rápidos y pequeñas cascadas, lo que hace que el río tenga un flujo excesivamente torrencioso. Estas características de los ríos van desapareciendo según van acercándose hacia el río Inambari. Los ríos de la cuenca del río Inambari drenan de Suroeste a Noreste y el río Inambari va de Sureste a Noreste, recogiendo todos los ríos que bajan de la Cadena de Nevados.

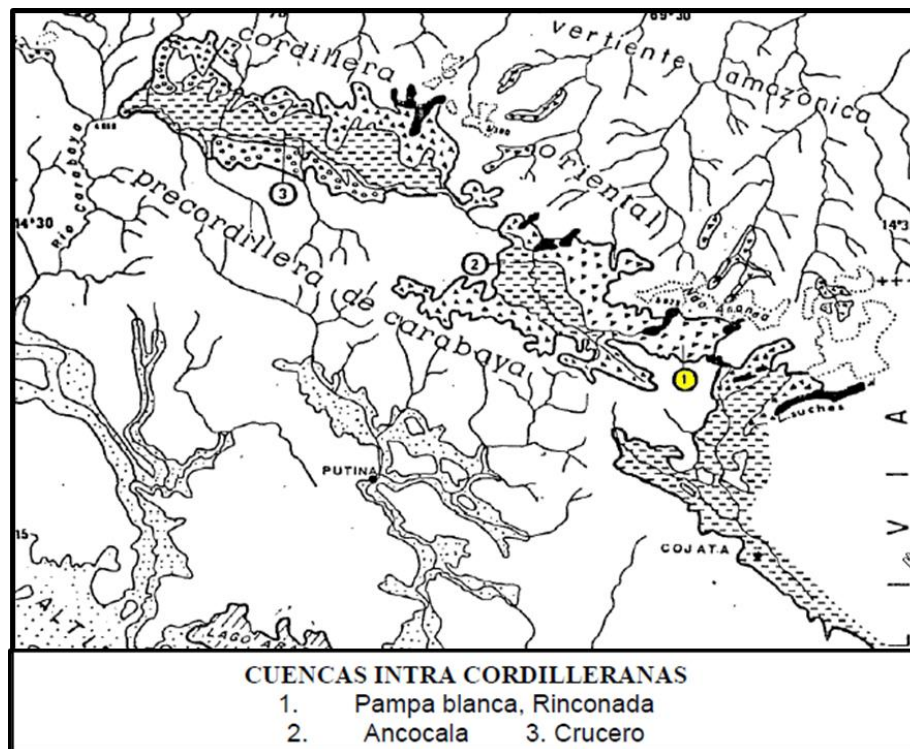


Figura 1. Cuencas Intra Cordilleras. (Extraído de: Laubacher, 1978)

(VER ANEXO 5: Mapa Geomorfológico Regional, Lamina 4)



2.3. GEOLOGÍA REGIONAL

LAUBACHER (1978), nos indica que geológicamente la zona forma parte del conjunto estructural de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes del Sur, con alineamiento regional norte-sur, el cual tuvo largos periodos de formación afectados por eventos tectónicos epirogénicos, durante el cual se formó y depositó gran cantidad de material, aflorando en la región formaciones tanto del Paleozoico como del Cenozoico.

2.3.1. Orogénesis

RAPELA (2001), define a la orogénesis como el conjunto de fenómenos que en el ciclo geológico conducen a la formación de montañas o cadenas montañosas, producidas principalmente por el diastrófismo (plegamientos, fallamientos y combinaciones de ambos), por los procesos magmáticos (intrusiones, vulcanismo). Las teorías que explican las orogénesis son: Teoría de las contracciones, de las migraciones de los continentes, de las placas tectónicas. La orogénesis es el proceso de los diversos aspectos que ejercen las fuerzas endógenas y por lo tanto dan las formas del relieve resultante las cuales son posteriormente esculpidas por los agentes erosivos exógenos. Oro = montaña, génesis = origen.

2.3.2. Marco Geológico Regional

Según LAUBACHER (1978), en los cuadrángulos de Putina y la Rinconada afloran rocas cuyas edades van desde el Ordovícico Superior hasta el Cuaternario. Dentro de esta sucesión de rocas se pueden distinguir las siguientes etapas: el Paleozoico Inferior, compuesto por una sedimentación Lutítico-arenoso y una secuencia detrítica de cuarcitas entrelazadas con niveles de pizarras negras; el cuaternario está esencialmente compuesto de lodolitas, limos y arcillas incluyendo material acarreado (depósitos fluviales).



2.3.3. Unidades Estratigráficas

WICANDER (2000), dentro del área de estudio se han reconocido diferentes unidades lito-estratigráficas en la cual la estratigrafía es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias estratigráficas, y de la identificación, descripción, composiciones litológicas, propiedades geológicas, propiedades geofísicas y geoquímicas, relacionados de edad, secuencia tanto vertical como horizontal; cartografía y correlación de las unidades estratigráficas de rocas.

2.3.4. Paleozoico – Inferior

2.3.4.1. Silurico

✓ Formación Chagrapi (SD-ch)

Aflora en el sector central de la región, en el cual se presenta en tres lugares distintos; Cerro Pachapunta cerca del centro poblado Jayuni, Cerro Turpani cerca del centro poblado de Pararani, alrededores de Cuchuchamarca y Churulaya en la Provincia de Huancané.

PALACIOS MONCAYO et al., (1993), menciona que al norte del Lago Arapa predominan lutitas negras de grano fino, finamente laminadas que presentan nódulos sideríticos bandeados en forma concéntrica de 30 cm de diámetro. En las fangolitas nodulares se hallan materiales que gradan a limo alrededor de Arapa y localmente producen estructuras tipo lápiz.

PALACIOS MONCAYO et al., (1993), describe en la Laguna Chacas (norte de la Ciudad de Juliaca) la parte inferior de esta secuencia que está dominada por lutitas areniscas nodulares a menudo con estructuras “cone in cone” lo que no es común. El contacto superior con la Formación Lampa es un pasaje transicional y el inferior con la Formación Calapuja es en parte fallado.



2.3.5. Paleozoico – Superior

2.3.5.1. Carbonífero

✓ Grupo Ambo (Ci-a)

Sus rocas afloran en parte de la gran unidad altiplano y parte de la Cordillera Oriental, muestra un conjunto de rocas que presentan una elongación que tiene rumbo NW y se exponen por mencionar los siguientes cerros: Pirhuani, Julicota, Quellacani, Chillutera, Paria, Millusur, Calacruz, Calvario y Surapata. El contacto con la Formación Ananea es por falla y en el tope pasa gradacionalmente al Grupo Tarma. Aquí se hace un resumen del tipo de litología del Grupo Ambo en base a CHÁVEZ, SALAS, GUTIÉRREZ, & CUADROS (1997), el cual menciona que esta unidad está compuesta por conglomerados con clastos subangulosos de cuarzo lechoso, pizarras, y cuarcitas de las formaciones.

Una mejor exposición de afloramientos según CHÁVEZ, SALAS, GUTIÉRREZ, & CUADROS (1997), se encuentra en la Hacienda Tariachi, allí se tiene una arenisca cuarcífera gruesa que descansa en discordancia angular sobre lutitas asignadas a la Formación Chagrapí. El contacto superior con las capas rojas continentales del Grupo Mitu suprayacentes es una discordancia paralela.

SANCHEZ & ZAPATA (2001c), reconocen areniscas cuarzosas blanquecinas a gris oscuras, intercaladas con lutitas y limoarcillitas y limolitas. Se conforma de una base de lutitas grises oscuras a negro violáceas seguidas de un paquete de areniscas cuarzosas grises a beige, intercalados con niveles finos de limolitas. En el techo, pueden observarse olistolitos y slumping. Se le observa aflorando en el tramo III. Km 97+000 – Km 104+000.



✓ **Grupo Tarma (Cs-t)**

Sus afloramientos están relacionados a la zona central de la región, con una distribución dispersa de cuerpos alargados hacia el NO, son típicos sus afloramientos rocosos del Cerro Huarimuña, Cerro Sapahuischani, Cerro Juelluane, Cerro Cajria, Cerro Sayhuyoc, Cerro Condorohullo, Cerro Huallatera, Cerro Calacalana, esto entre las provincias de Azángaro y San Antonio de Putina.

Según CHÁVEZ, SALAS, GUTIÉRREZ, & CUADROS (1997), se distinguieron dos unidades, una inferior y otra superior, así el contacto inferior con el Grupo Ambo es gradacional, siendo este contacto observable en el Cerro Calizani situado en el extremo central E del cuadrángulo de Putina. El contacto superior con el Grupo Copacabana es también gradacional, siendo este contacto observable en la Quebrada Jarcapunco y entre el Cerro Sombreruni y el Cerro Pupusani situados en el sector del Cuadrángulo de Putina.

La litología tipo de la unidad inferior está compuesta por areniscas de grano grueso a medio y en menor proporción lutitas, es característico de esta unidad su color verde, hacia la parte superior las lutitas se hacen más finas de grano grueso a medio y en menor proporción lutitas, es característico de esta unidad su color verde, hacia la parte superior las siltitas se hacen más finas y las lutitas toman tonalidades violáceas (boletín 66). En la parte superior está compuesta por areniscas de cuarzo de grano medio a fino, con algunas intercalaciones muy esporádicas de areniscas de grano grueso, generalmente la litología en areniscas feldespáticas verdes intercaladas con calizas micríticas grises y limoarcillitas gris verdosas y rojizas en menor proporción.



2.3.5.2. Pérmico.

✓ Grupo Copacabana (Pi-co)

Esta unidad estratigráfica fue descrita por primera vez por NEWELL N.D. (1949), el conjunto de afloramientos ocurre en forma dispersa en sector central del cuadrángulo de Putina entre el Cerro Jarancaarpata, Cerro Purapurani, Cerro Paccullpata, Cerro Surapata, Cerro Uyune y Cerro Quillhuani, esto en el sector central de la región.

PALACIOS MONCAYO et al. (1993), indica que fue dividida litológicamente en tres unidades una inferior, media y otra superior. La primera conformada por calizas negras finas con algo de olor fétido; en esta unidad también se presentan 30 m de areniscas cuarzosas de grano medio. La unidad media está conformada por gruesos paquetes de calizas bioclásticas (wackstones) la cual contiene también, paquetes métricos de lutitas marrones sobre las cuales se presentan más de 20 m de una alternancia de areniscas y calizas (mudstones) en secuencias de 5-8 m estratocrecientes hacia arriba.

Se encuentra conformada por secuencias carbonatadas dentro de las que se pueden encontrar calizas espáticas, dolomitas, algunos niveles de lutitas y calizas silicificadas en bancos de color gris oscuro, gris violáceo y gris azulado. Hacia el tope se observa alternancia con areniscas, cambiando de color a rojizo. Esta unidad aflora en el tramo III. Km 97+000 – Km 104+000.

✓ Grupo Mitú (PsT-mi)

El termino Mitú fue aplicado originalmente por MC LAUGHLIN (1924) y posteriormente NEWELL N.D. (1949), aplica genéricamente este nombre a la sucesión de capas rojas permianas y los volcánicos suprayacentes como un solo grupo. Esta unidad solo aflora entre las cuencas intermedias de la región, reconociéndose sus litologías en la



carretera que va de Lampa hacia Pucara (al norte de la Hacienda Muñani Grande) y de Lampa hacia Juliaca (al norte del centro poblado de Pucachupa).

PALACIOS et al. (1993) menciona que las litologías más típicas del Grupo Mitu son areniscas arcósicas a sub arcósicas de grano fino a medio, así como grawackas. Estas rocas ocurren en capas de 30 cm de grosor con una laminación fina, estando intercalada con limolitas abigarradas rojas a verdes mostrando una visibilidad muy pobre. Las arenitas pueden presentar estructuras de sobrecarga dentro de unidades de fangolitas subyacentes.

SANCHEZ, A & ZAPATA, A (2001a), incrementan la información sobre la litología de esta unidad, describiendo areniscas arcósicas, grawackas en estratos delgados y medianos intercaladas con limolitas rojizas y verdes y niveles lávicos de composición andesítica.

En esta unidad puede diferenciarse 2 secuencias: la secuencia inferior es predominantemente sedimentaria y se compone de areniscas con algunos niveles de conglomerados de color rojizo; la secuencia superior presenta facies volcánicas entre las que encontramos derrames de lavas andesíticas, tobas riolíticas y depósitos vulcanoclásticos, en capas de color gris, rosado o verde. Esta unidad aflora en el tramo III. Km 97+000 – Km 104+000.

2.3.6. Mesozoico.

2.3.6.1. Cretácico – Superior

✓ Formación Vilquechico (Ks-vi)

Circunscrita solamente a la Cordillera Oriental a su facie sedimentaria; se ubica entre los cuadrángulos de Moho, Huancané, Azángaro y Nuñoa.



Su litología tipo según PALACIOS et. al, (1993), consta de: areniscas cuarzosa de grano fino a medio, redondeados, blanquecina con laminación cruzada; lutitas y fangolitas que varían de marrón rojizo a caqui, gris verdoso purpura a negro, aunque el color no es indicador estratigráfico, los tonos rojos y verde de los sedimentos son los que denominan la mitad inferior de la secuencia y el tono caqui en la mitad superior, casi toda la secuencia tiene una laminación muy fina y las fangolitas intemperizadas se presentan como pequeños bloques.

✓ **Formación Muñani (P-mu)**

Sus afloramientos se ubican de forma muy dispersa en la zona central de la región, reposando concordantemente sobre la Formación Vilquechico, como ocurre al NW del poblado de Vilquechico y en el Cerro Cerazo a 5 Km al N de Moho. Fue descrita por primera vez por NEWELL (1949) y PALACIOS et. al, (1993) menciona que consiste en areniscas anaranjadas a marrón rojizo, friable de grano grueso a fino con estratificación cruzada de canal y con un desarrollo irregular de cuarzo secundario como cemento que da lugar a rasgos escarpados. En algunos lugares la arenisca se halla completamente recristalizada a una cuarcita purpura azulina.

PALACIOS et. al, (1993). Hay también intercalaciones subordinadas de limolitas marrón rojiza de más de 10m de espesor. En el cuadrángulo de Moho aflora cerca del Cerro Sillane y alrededores de la Pampa Uncayllani, ya en el cuadrángulo de Putina sus mejores afloramientos se ubican en el cerro Codi-Buyo, Cerro Amaline, Cerro Velacunca y Cerro Pinaya.



2.3.7. Cenozoico.

2.3.7.1. Paleógeno - Oligoceno

✓ Grupo Puno (P-pu)

Descrito por primera vez por NEWELL (1949), la unidad aflora de forma dispersa en la parte central y sur de la región. PALACIOS et. al, (1993) menciona que la constitución litológica es de areniscas con conglomerados comunes, limolitas subordinadas, calizas y horizontes de tufos. Las areniscas en todo lugar son feldespáticas, las cuales pueden ser clasificadas como arcosas, subarcosas y como grawackas feldespáticas, son de color rosado a marrón rojizo bien clasificadas, masivas bien estratificadas de tamaño de grano muy variable, con granos de cuarzo monocristalino angular a subredondeado.

PALACIOS et. al, (1993) dice que las areniscas tienen baja porosidad por que la matriz son minerales de arcillas, cuarzo secundario, calcita o clorita. PALACIOS et. al, (1993) dice que los conglomerados de Grupo Puno variedad de clastos, los cuales incluyen calizas grises, cuarcitas y areniscas rojas, limolitas, venas de cuarzo, dioritas, microdioritas, cherts, jaspes, y una selección de volcánicos andesítico basálticos. En la zona de Lagunillas (Cerro San Cristóbal) describe conglomerados y areniscas pobremente clasificados con bloques de volcánicos, los clastos dominantes de cuarcitas amarillo claro a marrón rojizo con intrusivos ácidos y escasas calizas, capas de cantos más gruesos. Conglomerados con clastos de cuarcita de color marrón se superponen areniscas tufáceas lila pálido. Conglomerados y brechas conglomerádicas masivas con clastos redondeados a angulares principalmente de granodiorita horbléndica verde violáceo oscuro. Conglomerados con clastos del tamaño de cantos, principalmente de cuarcita redondeada, pasando a arenisca de grano grueso con estratificación cruzada. Finalmente, areniscas de



grano grueso con estratificación festonada, tufáceas y conglomerados con gravas y gránulos, los cuales contienen hasta un 75% de clastos de caliza. Se constituye de areniscas y conglomerados rojos con niveles más delgados de limolitas, lodolitas y tobas. Las areniscas son feldespáticas, de granulometría variada, y clasificadas como arcosas, subarcosas y algunas grawackas. Se le observa aflorando en el tramo III. Km 97+000 – Km 104+000.

2.3.7.2. Neógeno – Plioceno

✓ Formación Azángaro (NQ-az)

Esta unidad estratigráfica aparece en el sector central de la región, está relacionada a áreas con pendiente suave. Fue descrita por primera vez por NEWELL (1949) como “depósitos lacustres del Rio Azángaro” y PALACIOS et. al, (1993) lo eleva al rango de formación, habiendo tomado como área tipo al Rio Azángaro. Una sección medida en el Rio Cabanilla, describe una litología de capas de limo de 0.5 a 0.9m de intercaladas con gravas arenosas que contienen Guijarros subangulares a angulares en capas de 0.8 a 1.3m de espesor. El ambiente de deposición de la Formación Azángaro fue principalmente lacustrino, en los cuadrángulos de Juli y Cabanillas son más comunes las gravas y areniscas, estas forman terrazas.

2.3.7.3. DEPOSITOS CUATERNARIOS

Los depósitos Cuaternarios se encuentran distribuidos en la zona de estudio los cuales están conformados por sedimentos de origen volcánico, glaciares, aluviales, lacustres, marinos, y eólicos. Los depósitos glaciares, morrénicos y fluvio-glaciares se ubican en los valles andinos altos, tanto en la cordillera Occidental como en la Oriental asociados a una morfología típica. Los depósitos lacustres, extensos en las zonas interandinas, están compuestos por conglomerados, areniscas, arcillas, localmente de



agua dulce. Por el norte Formación Ananea, que conforma claramente en la zona de estudio. Los depósitos marinos del Cuaternario incluyen los tablazos y tierras marinas a lo largo de la costa. Son conglomerados, areniscas, limolitas, con abundante fauna marina. Los depósitos aluviales son muy comunes, se presentan a lo largo de los valles y en la desembocadura de ríos y en el mar donde forman abanicos de gran espesor. Están constituidos por aglomerados, areniscas, lutitas y limolitas en estratos lenticulares. Los depósitos de pie de monte se localizan a lo largo de los contrafuertes de la cordillera.

✓ **Depósitos Aluviales (Q-al)**

Los depósitos aluviales en el cuadrángulo de Putina y la Rinconada están ampliamente difundidos en la cuenca del río Grande de Suches. Esencialmente está constituido por limos y arcillas retrabajadas del substrato pliocénico. El espesor está cubierto, por lo general es inferior a 1m; en depresiones forman suelos pantanosos. Dentro de este depósito se incluye al producto acarreado (depósitos fluviales) de los ríos principales como el río grande de Suches que tiene causes amplios que afloran depósitos de grava y arena constituido por clastos de arenisca. Por lo general en la desembocadura de los ríos y quebradas, de recorrido corto (afluencia de los ríos principales). Estos se encuentran a manera de abanicos aluviales en el flanco nororiental de la cuenca de Putina.

✓ **Depósitos Coluviales (Q-cl)**

Los depósitos coluviales se encuentran en las laderas de cerros y quebradas, como producto de meteorización y erosión, están compuesto por arenas, gravas, guijarros y cantos rodados, los materiales están sueltos y aglutinados con matriz arenosa, limosa y limo arcilloso.

Se tiene un mapa geológico regional que presentan las diferentes formaciones geológicas que presenta el área de estudio.

(**VER ANEXO 5:** Mapa Geológico Regional, Lamina 2)

Tabla 1. Columna Estratigráfica Regional

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRAESTRIGRÁFICA		DESCRIPCIÓN
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Dep. Lacustrino Reciente	Qh-pa	Limo y arenas.
			Dep. Fluvial	Ch-ll	Gravas, arenas redondeadas bien clasificados.
			Dep. Aluvial 1	Qh-al1	Gravas subangulosas a subredondeadas mal clasificado en una matriz areno limosa.
			Fm. Azángaro	NQ-az	Limos y arenas de grano fino, en capas delgadas, poco consolidadas.
	NEÓGENO				
	PALEÓGENO		Grpo. Puno	P-pu	Conglomerados con areniscas color grisáceo a marrón, en capas medianas a gruesas.
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Fm. Vilquechico	Ks-vi	Limolitas gris verdosas a gris oscuras y pardo amarillentas laminadas con niveles de arenisca cuarzosa blanquecina.
		INFERIOR	Fm. Huancané	Kl-hn	Areniscas cuarzosas, grano fino a medio en capas medianas, de color blanquecino a rosáceo, con estructuras de estratificación sesgada.
	JURÁSICO	SUPERIOR	Fm. Muni	JsKl-mu	Lodolitas rojas a brunáceas en capas delgadas con niveles de areniscas rojizas de grano grueso.
PALEOZOICO	PÉRMICO	SUPERIOR	Grpo. Mitu	Ps-mi	Conglomerados predominantes líticos de calizas en una matriz arenisca de grano grueso.
	DEVÓNICO		Fm. Chagrapi	SD-Cha-I	Pelitas gris oscuras laminadas, con pizarras y niveles de areniscas cuarzosas grano fino en capas delgadas micáceas.

Fuente: INGEMMET (COLUMNA ESTRATIGRAFICA PUNO)



2.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

WICANDER (2000), menciona que la geología estructural es la rama de la geología que se dedica al análisis e interpretación de las estructuras tectónicas en la corteza terrestre. Conocimiento de la fuerza en la corteza que produce fracturamiento, plegamiento y montañas. (fallas-pliegues- orogénesis).

Regionalmente, las fallas de la zona de estudio, corresponden a un sistema de fallas regional de dirección NO-SE, la cual marca el límite de la Cordillera Oriental con la precordillera de Carabaya. La taza principal de este sistema regional de fallas, estaría cubierto por los depósitos cuaternarios de la zona de estudio.

Las estructuras que se han formado regionalmente en donde se encuentra la zona de estudio, están vinculadas al desarrollo tectónico de esta parte de la franja continental del Perú en un tiempo bastante prolongado, de lo cual sólo se tienen escasas y limitadas evidencias directas.

2.5. BASES TEÓRICAS

2.5.1. Estudio Geotécnico

El presente estudio geotécnico tiene el propósito de obtener parámetros geotécnicos de diseño las cuales incluyen la obtención de propiedades físicas, químicas y mecánicas, así como del suelo y la roca encontrada en la zona de estudio. La geotecnia comprende la evaluación, diseño y construcción de obras donde se utilizan el suelo y/o roca y los materiales de cantera.

El investigador geotécnico TERZAGHI (1943), sostiene que: "La magnitud de la diferencia entre el comportamiento de suelos reales bajo condiciones de campo, y el



comportamiento pronosticado con base en la teoría, solo puede conocerse mediante la experiencia en el campo".

2.5.2. Estudio de Mecánica de Suelos

MTC-PERÚ (2014), indica que la aplicación de la mecánica de suelos a estudios de proyectos de ingeniería requiere necesariamente contar con datos firmes, seguros y abundantes respecto al suelo con el que se está tratando, dado que el conjunto de estos lleva al proyectista a adquirir la concepción exacta de las propiedades físicas del suelo. El estudio de suelos en nuestro caso particular debe referirse a la determinación de la naturaleza, propiedades físicas y de resistencia relativa (CBR) del terreno de fundación sobre el cuál se proyectará la construcción de la estructura del pavimento, el mismo que debe desarrollarse a través de resultados de ensayos en laboratorio de muestras representativas de suelo y cuyos resultados nos permitirá determinar, si dicho material cumple con las exigencias técnicas y califica como apto, de tal forma que garantice la adecuada capacidad portante frente a la influencia de las solicitaciones de carga, y evitar posibles asentamientos diferenciales y ser causa de falla del pavimento; y si el material fuese no apto, estudiar la posibilidad de reemplazarlo o evaluar el mejoramiento a través de procesos de estabilización.

Así mismo el estudio contempla la ejecución de estudios de suelos a nivel de cimentación (ensayo de CBR norma MTC E 132-2000) con fines de determinar la estructura final del pavimento flexible y/o rígido.

2.5.3. Reseña Histórica del Desarrollo del Suelo-Cemento

2.5.3.1. A Nivel Internacional

Aunque nuestro principal propósito es referirnos a las aplicaciones prácticas del suelo-cemento, consideramos conveniente situar el tema en su perspectiva histórica,



haciendo una breve reseña de los acontecimientos relevantes que condujeron a su desarrollo actual. En diversas notas históricas que tratan sobre el suelo-cemento se ha manifestado frecuentemente que un primer acontecimiento importante fue su pronta aplicación como material para la construcción de pisos y muros, el acontecimiento que mereció especial atención fue la utilidad de su uso en la construcción de caminos. Años después, tuvo bastante relevancia durante la segunda guerra mundial, se probó para la construcción de pistas de aterrizaje de magnífica calidad para el servicio de los aeropuertos disminuyendo así el tiempo de su construcción tradicional, esto utilizando el suelo-cemento, se podían construir económicamente excelentes pavimentos para soportar grandes cargas en muy poco tiempo. También previo a su etapa de consolidación definitiva y aplicarlos a la realización de muy diversas estructuras. En general, se considera que la aplicación del suelo-cemento empezó a estudiarse en forma metódica, y científica en la década de 1910 a 1920. Puede asegurarse que el arte de su aplicación se inició con el uso del cemento cuando el constructor común encontró en la mezcla de cemento y suelo en excelente material de construcción.

2.5.3.2. A Nivel Nacional

En el presente estudio no se encontraron investigaciones sobre estabilización de suelos arcillosos con cemento. Por lo tanto, se buscó información encontrándose un estudio de estabilización de material de cantera para afirmado con cemento portland.

2.6.1. Mecánica de Suelos

TERZAGHI (1943), define a la mecánica de suelos es la disciplina que se ocupa de la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas,



producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.

La mecánica de suelos incluye:

- a. Teoría sobre el comportamiento de los suelos sujetos a carga, basada en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la teoría.
- b. Investigación de las propiedades físicas de los suelos.
- c. Aplicación del conocimiento teórico y emperico de los problemas prácticos.

Los métodos de investigación de laboratorio figuran en la rutina de la mecánica de suelos. En los suelos se tiene no solo los problemas que se presentan en el acero y concreto (módulo de elasticidad y resistencia a la ruptura), y exagerados por la mayor complejidad del material, sino otros como su tremenda variabilidad y que los procesos naturales formadores de suelos están fuera del control del ingeniero.

En la mecánica de suelos es importante el tratamiento de las muestras (inalteradas – alteradas). La mecánica de suelos desarrollo los sistemas de clasificación de suelos – color, olor, textura, distribución de tamaños, plasticidad.

El muestreo y la clasificación de los suelos son dos requisitos previos indispensables para la aplicación de la mecánica de suelos a los problemas de diseño. Otro problema común es cuando la superficie del terreno no es horizontal y existe una componente del peso que tiende a provocar el deslizamiento del suelo. También cualquier otra causa como agua de filtración, peso de una estructura o de un terremoto, superan la resistencia al corte del suelo, se produce el deslizamiento de una parte del terreno.



2.6.2. El Suelo

VILLALAZ (2005), define el término suelo como una capa delgada de material sobre la corteza terrestre que proviene de la desintegración y alteración física, química o ambos, de las rocas, los residuos producto de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asienta. Los términos roca y suelo, indican que roca es un agregado natural de granos minerales unidos por grandes y permanentes fuerzas de cohesión. Lo cual se tendrá en cuenta como suelo a un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden separarse por medios mecánicos comunes.

Asimismo, se destaca que, en la práctica, no existe diferencia tan simple entre roca y suelo. Incluso las rocas más rígidas y fuertes pueden debilitarse al sufrir el proceso de meteorización, y algunos suelos muy endurecidos pueden presentar resistencias comparables a la de una roca meteorizada.

2.6.3. Origen de los Suelos

VILLALAZ (2005), menciona que la mayoría de suelos que cubren la tierra están conformadas por la meteorización de las rocas. Los geólogos generalmente usan el término meteorización de las rocas para describir todos los procesos externos, por medio de los cuales la roca experimenta descomposición química y desintegración física, (ya sean estas ígneas, metamórficas o sedimentarias), proceso por el cual las masas de roca se rompen en fragmentos pequeños. La fragmentación y/o intemperismo continuo es un puro cambio físico y por eso se llama también meteorización mecánica. A parte, la meteorización química de una roca es un proceso de descomposición mediante el cual los minerales constitutivos.



2.6.3.1. Suelos Residuales

LOAIZA (2011), describe que estos suelos se originaron producto de la meteorización de las rocas que no fueron transportados como sedimentos, sino que se acumulan in situ. La naturaleza de descomposición de las rocas es muy rápida en algunas que no se cristalizaron adecuadamente y superan a la de arrastre de los productos de descomposición, se produce una acumulación de suelo residual. Entre los factores que influyen sobre la velocidad de alteración en la naturaleza de los productos de meteorización están el clima (temperatura y lluvia), el tiempo, la naturaleza de las rocas original, la vegetación, el drenaje y la actividad bacteriana. Concluyendo así que, los suelos residuales suelen ser más abundantes en zonas húmedas, templadas, favorables al ataque químico de las rocas y con suficiente vegetación para evitar que los productos de meteorización sean fácilmente arrastrados.

2.6.3.2. Suelos Sedimentarios

La formación de los suelos sedimentarios puede explicarse más adecuadamente considerando la formación, el transporte y el depósito de los sedimentos. El modo head de la formación de sedimentos lo constituye la meteorización física y química de las rocas en la superficie terrestre. En general, las partículas de limo, arena y grava se forman por la meteorización física de las rocas, mientras que las partículas arcillosas proceden de la alteración química de las mismas. (Wikipedia.org)

Los sedimentos pueden ser transportados por cualquiera de los cinco agentes siguientes: agua, aire, hielo, gravedad y organismos vivos. El transporte afecta a los sedimentos de dos formas principales:

- a) Modifica la forma, el tamaño y la textura de las partículas por abrasión, desgaste, impacto y disolución;



b) Produce una clasificación o graduación de las partículas.

Después de que las partículas se han formado y han sido transportadas se depositan para formar un suelo sedimentario. Las tres causas principales de este depósito en el agua, la reducción de la velocidad, la disminución de la solubilidad y el aumento de electrolitos.

Cuando una corriente de agua desemboca en un lago, océano, etc, pierde la mayor parte de su velocidad. Disminuye así la fuerza de la corriente y se produce una sedimentación. Cualquier cambio en la temperatura del agua o en su naturaleza química puede provocar una reducción en la solubilidad de la corriente, produciéndose la precipitación de algunos de los elementos disueltos.

2.6.3.3. Suelos Transportados

Cuando los suelos son removidos del lugar de formación por los mismos agentes geológicos y re-depositados en otras zonas. Así se generan suelos que sobreyacen sobre otros estratos sin relación directa con ellos.

Existen en la naturaleza diferentes agentes de transporte, de los cuales pueden citarse como principales: los glaciares, el viento, los ríos y corrientes de aguas superficiales, los mares y las fuerzas de gravedad.

2.6.4. Resistencia Mecánica

El efecto de la resistencia mecánica del suelo sobre la densidad y humedad el cual es muy importante para determinar la capacidad de estos para resistir las cargas y mantener su estructura en condiciones estables de trabajo hasta ciertas humedades, por ejemplo: 10% a 25%, arcilla 20% a 30%, los suelos pueden mantener resistencias aceptables, pero cuando hay exceso de humedad se debilitan y pierden la resistencia que



se manifiesta en hundimientos, grietas, cuarteamiento, hinchamiento, etc. En la época lluviosa los suelos se vuelven débiles.

2.6.5. Suelo a Estabilizar

MTC-PERÚ (2014), refiere que la zona de estudio o zona a realizar la estabilización posee un porcentaje de suelos arcilloso, suelo limo arcillosos y suelos areno arcillosos, tenemos la presencia de las arcillas en parte de la zona de estudio, estas pudiéndose haber formado por las alteraciones geológicas que presenta la zona caracterizada por la presencia de rocas volcánicas, la más predominante en la zona son las calizas, las alteraciones que produjeron de las cenizas y tobas provenientes de volcánicos cuaternarios que se localizan en la zona o región de la provincia de Putina, los cuales han sido depositados en un medio acuoso por sedimentación, por fenómenos tectónicos, los ríos y lagos salobres lavaron los sedimentos hasta el estado actual, en principio se debe considerar como sobre consolidadas las arcillas expansivas.

La zona de estudio presenta periodos extensos de lluvias, lo cual los suelos captan gran humedad por lo cual se expanden y se erosionan, y también forman parte de un sistema hidrogeológico con la presencia del nivel freático y circulación de aguas subterráneas.

2.6.5.1. Ensayos de Laboratorio

MTC-PERÚ (2016), indica que la disciplina de mecánica de suelos estudia las propiedades y comportamiento mecánico del suelo, con fines de diseñar y construir con criterios de ingeniería obras permanentes (civil), empleando el suelo como material estructural. Los ensayos de laboratorio son pruebas realizadas para la determinación de las características geotécnicas del terreno, como parte de las técnicas de reconocimiento geotécnico.

La estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos puede ser realizada bien mediante medida directa, llevada a cabo en ensayos sobre muestras de calidad representativa adecuada y bajo condiciones controladas (para lo cual son precisos medios que requieren en un laboratorio especializado), o bien mediante ensayos “in situ”, que permiten medir también directamente la resistencia del terreno, o alternativamente determinar un índice semicuantitativo que la experiencia asume como correlacionable con los parámetros geotécnicos fundamentales del suelo (en este caso los relacionados con la resistencia del mismo).

En la segunda sección se desarrollan las cuestiones referidas a los ensayos “in situ”, cuya realización va aparejada a la de los reconocimientos geotécnicos, describiéndose allí también la metodología adecuada para la obtención de muestras que mantengan inalteradas en la medida adecuada las propiedades mecánicas originales del terreno y los parámetros característicos del suelo.

2.6.5.2. Contenido de Humedad Natural (ASTM D-2216)

ZAVALA CARRIÓN & NÚÑEZ JUÁREZ (1999), describen esta propiedad física del suelo como de gran utilidad en la construcción civil, y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contiene.

El contenido de humedad de un suelo es la relación de cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje. Se calcula con la siguiente expresión.

$$W = \frac{(P1 - P2)}{(P2 - P3)} \times 100 \quad [\%]$$

Donde:



- W : contenido de humedad en (%)
p1 : peso de tara más el suelo húmedo (gr)
p2 : peso de tara más el suelo seco en horno (gr)
p3 : peso de la tara (gr)

2.6.5.3. Granulometría del Suelo

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño. (MTC-Perú, 2013)

Según el MTC-PERÚ (2013), la finalidad del análisis granulométrico de un suelo es determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función del tamaño de sus partículas, a partir de los cuales se definen los términos grava, arena y material fino (limo y arcilla).

Este proceso consiste en separar las partículas de un suelo, tamizándolo a través de una sucesión de mallas de abertura cuadrada y en pasar las opciones que se retienen en cada una de ellas, a fin de relacionar dichos retenidos, como porcentaje de la muestra total, para obtener la composición granulométrica; con este procedimiento se clasifican las partículas de un suelo hasta un tamaño mínimo de 0.074 mm, correspondiente a la malla N° 200. De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla 2. Clasificación de suelos según el tamaño de partículas.

TIPO DE MATERIAL		TAMAÑO DE PARTÍCULAS
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media	2.00 mm - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	menor a 0.005 mm

Fuente: MTC (2013).



2.6.5.4. Límite de Consistencia del Suelo

MTC-PERÚ (2013), indica que los límites de consistencia o de Atterberg, tienen por objetivo determinar la plasticidad de la porción de material que pasa por el tamiz N° 40 y que forma parte de un suelo.

La plasticidad es una propiedad de las arcillas que les permite cambiar su nombre, el MTC 2013, establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad, definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estas propiedades que presenta el suelo formado por partículas finamente divididas dependen, en gran parte de la humedad; el agua forma una película alrededor de los granos y su espesor puede ser determinante de comportamientos diferentes del material, cuando el contenido de humedad es muy bastante elevado, el suelo no tiene resistencia al esfuerzo cortante, al aumentar su pérdida de humedad aumenta su resistencia.

El límite líquido y límite plástico nos da una idea de que tan compresible puede ser el suelo, si estas cumplen con las normas técnicas para poder ser estabilizadas.

a. Límite Líquido (ASTM D-423) (LL)

CEVALLOS LUNA (2012), define como el porcentaje de humedad del suelo, por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico. El momento en que los suelos alcanzan porcentajes de humedad mayores al límite líquido, su comportamiento será el de un fluido viscoso.

b. Límite Plástico (ASTM D-424) (LP)

CEVALLOS LUNA (2012), lo define como el contenido de humedad en el cual los términos de laboratorio este límite es definido como el contenido de agua que presenta



el material, en términos de contenido de humedad, en que los rollitos de aproximadamente 3 mm de diámetro empiezan a presentar desmoronamiento y agrietamiento, debido al rodamiento que se debe realizar, para evitar esto debemos usar una placa de vidrio, debe ser lo suficientemente grande para realizar sin problema los rollos de suelo.

c. Índice de Plasticidad (IP)

GINÉS (1997), define el índice de plasticidad como el rango de contenido de humedad plástico de un suelo y representa el porcentaje de humedad que deben tener las arcillas para conservar el estado plástico el cual. El índice de plasticidad IP, es por tanto numéricamente igual a la diferencia entre el límite líquido y límite plástico del suelo, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP : Índice de Plasticidad

LL : Limite Liquido

LP : limite Plástico

Cuando el límite plástico del suelo no se puede determinar, se dice que este es no plástico (NP), y el índice de plasticidad se dice que es igual a cero.

Lo que nos indica el índice de plasticidad, es la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar un suelo. Un índice de plasticidad grande corresponde a un suelo arcilloso; por el contrario, un índice de plasticidad pequeño es característico de un suelo poco arcilloso.

Tabla 3. Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
$IP > 20$	Alta	Suelo muy arcilloso
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP \leq 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: MTC 2013

El alto índice de plasticidad que presenta un suelo tiende a tener cambios de volumen perjudiciales durante procesos de humedecimiento y secado, que pueden conducir posteriormente al deterioro del pavimento, la práctica ha demostrado que los suelos con índice de plasticidad menor que 15 usualmente no causan problemas. La plasticidad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse, por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas, las arcillas presentan esta propiedad en grado variable.

Tabla 4. Caracterización de la plasticidad de un suelo.

TÉRMINO USADO	IP	RESISTENCIA EN ESTADO SECO	ENSAYO DE CAMPO
No plástico	0 – 3	Muy baja	Cae en pedazos fácilmente
Ligeramente plástico	4 – 15	Ligera	Se triunfa fácilmente con los dedos
Medianamente plástico	15 – 30	Mediana	Difícil de triunfar
Muy plástico	31 o mayor	Alta	Imposible de triunfar con los dedos

Fuente: MTC 2013

2.7. CLASIFICACIÓN DEL SUELO

PATRICK (1984), menciona que los suelos con propiedades similares se clasifican similares se clasifican en grupos y sub grupos basados en su comportamiento.

Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de granos y plasticidad de los suelos son usados comúnmente, estos son el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.



- **Clasificación por el tamaño de las partículas**

De acuerdo con el tamaño de las partículas que forman los suelos, están pueden tomar los siguientes nombres:

- Guijarros.....Mayores de 3pul (7.5cm)
- GravaDe 3pul, y la malla N° 04
- Grava Gruesa.....De 3pul a 3/4pul (7.5cm a 1.9cm)
- Grava Fina.....De 3/4pul. la malla N° 04 (1.9cm a 4.8mm)
- Arena.....Malla N° 04, N° 200 (4.8mm a 0.075mm)
- Arena Gruesa.....Malla N° 04, malla N° 10 (4.8mm a 2.0mm)
- Arena Media.....Malla N° 10, malla N° 40 (2.0mm a 0.4mm)
- Arena Fina.....Malla N° 40, malla N° 200 (0.4mm a 0.075mm)
- Finos (limos y arcillas)..Malla N° 200 (menor que 0.07mm)

2.7.1. Clasificación de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras

Estatales y Transportes (AASHTO)

AASHTO (1991), designada por 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 actualmente es usado en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, sub rasante, sub base y base de carretera.

Este sistema de clasificación es ampliamente usado en lo que es la ingeniería de vías, y busca principalmente juzgar la aceptabilidad de un suelo para hacer usado como material de sub-base y base en un pavimento, basándose en la medición numérica de la calidad del suelo. La clasificación se basa en buscar la primera columna de la izquierda a

derecha que haga que todos los requisitos en el suelo, encajen dentro de los rangos definidos, de acuerdo a la granulometría por tamizado y los límites de consistencia.

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Figura 2. Signos convencionales para perfil de calicatas - Clasificación AASHTO. (Extraído de: AASHTO)

2.7.1.1. Descripción de los Grupos de Clasificación (AASHTO)

La AASHTO (1991), en su designación M145 – 91, describe los grupos de clasificación de suelos considerados por la misma:

- **Material Granular** – Contiene 35 % o menos de material que pasa el tamiz 75 μ m (N°. 200).
 - **Grupo A – 1**, el material de este grupo comprende las mezclas bien gradadas compuesta de fragmentos de roca o grava, arena gruesa, arena fina y material ligante poco plástico o ligeramente plástico.
 - **Grupo A – 3**, el material típico de este grupo es arena fina de playa o desierto sin finos de limo o arcilla o con una muy pequeña cantidad de limo no plástico.



- **Grupo A – 2**, comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino, este grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares los cuales estan en el límite entre los materiales que caen en los grupos A – 1 y A – 3 y los materiales limo arcillosos de los grupos A – 4, A – 5, A – 6 Y A – 7.
- **Materiales de limo y arcilla** – contiene más del 35 % de material que pasa el tamiz 75 μm (N° 200).
 - **Grupo A – 4**, el material típico de este grupo es el suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, usualmente tiene el 75 % o más que pasa el tamiz 75 μm (N° 200). El grupo también incluye mezclas de suelo fino limoso y hasta 64 % de arena y grava retenido en el tamiz 75 μm (N° 200).
 - **Grupo A – 5**, el material típico de este grupo es similar al que se describe en el grupo A – 4, excepto que este es usualmente de carácter diatomáceo o micáceo y puede ser altamente elástico como es indicado por su alto limite líquido.
 - **Grupo A – 6**, el material típico de este grupo es un suelo arcilloso plástico que usualmente tiene el 75% o más que pasa el tamiz 75 μm (N° 200). El grupo incluye también mezclas de suelos fino arcilloso y hasta 64% de arena y grava retenido en el tamiz 75 μm (N° 200). Los materiales de este grupo usualmente tienen cambios volumétricos elevados entre el estado húmedo y el estado seco.
 - **Grupo A – 7**, el material típico de este grupo es similar al que se describe en el grupo A – 6, excepto que este tiene un elevado limite liquido

característico del grupo A – 5 y queden ser elásticos, así como estar sujetos a altos cambios volumétricos.

2.7.1.2. Suelos Altamente Orgánicos (turba o estiércol)

AASHTO (1991), indica que pueden ser clasificados en un grupo A – 8. La clasificación de los materiales está basada en una inspección visual, y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 75 μ m (N° 200), límite líquido o índice de plasticidad.

El material está compuesto principalmente por materia orgánica descompuesta, generalmente tiene textura fibrosa, color marrón oscuro o negro, y un olor a descomposición. Estos materiales orgánicos son inadecuados para uso en terraplenes y subrasante. Son altamente comprensibles y tiene baja resistencia.

Tabla 5. Sistema de clasificación AASHTO.

Tabla asificación General	Materiales granulares (35% o menos que pasa el tamiz N°. 200)							Materiales de limo y arcilla (más del 35% que pasa el tamiz N°. 200)			
	A-1		A-3	A – 2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-5	A-2-7				
Análisis por tamices, porcentaje que pasa: 2.00mm(N°. 10) 0.425mm(N°. 4) 75 μ m (N°. 200)	50max 30max 15max	- 50max 25max	- 51max 10max	- - 35max	- - 35max	- - 35max	- - 35max	- - 36min	- - 36min	- - 36min	- - 36min
Límites atterberg Límite líquido Índice de plasticidad	- 6max		- NP	40max 10max	41min 10max	40max 11min	41min 11min	40max 10max	41max 10max	40max 11min	41min 11min
tipos usuales de materiales constitutivos significativos	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general como subrasante	Excelente a buena							Regular a malo			

*IP del subgrupo A – 7 – 5 es menor o igual que LL menos 30; IP del subgrupo A – 7 – 6 es mayor que LL menos 30.

Fuente: AASHTO M145

2.7.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

MTC (2013), menciona que este sistema fue propuesto por el profesor Arturo Casagrande en 1942, como una modificación y adaptación más general. Divide los suelos en dos grupos: “granulares y finos”, en la actualidad el sistema se realizó prácticamente en todo el trabajo geotécnico (MTC, 2013). En el Sistema Unificado se realizará los siguientes símbolos para fines de identificación.

Tabla 6. Símbolo para fines de identificación de suelos en el sistema unificado.

CLASIFICACION SUCS			
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	SUB GRUPO	SUFIJO
G	Grava	Bien graduado	W
S	Arena	Pobrementemente graduado	P
M	Limo	Limoso	M
C	Arcilla	Arcilloso	C
O	Limos orgánico y arcilla	Limite liquido alto (>50)	L
H	Alta plasticidad		
L	Baja plasticidad		
W	Bien gradado (tamaños de partículas diversos)		
P	Pobrementemente graduado (tamaño de partículas uniformes)		
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos	Limite liquido alto (>50)	M

Fuente: MTC

2.7.2.1. Clasificación de Gravadas y Arenas

El sistema unificado de clasificación de Suelos (SUCS), gravadas y arenas están clasificadas de acuerdo al tamaño del grano y su distribución, el sistema unificado de clasificación de Suelos, las gravadas pueden ser clasificadas en gravadas bien graduadas (GW), gravadas mal graduadas (GP), gravadas limosas (GM), o gravadas arcillosas (GC), asimismo las arenas pueden ser clasificadas como arena bien graduada (SW), arena mal graduada (SP), arena limosa (SM), o arena arcillosa (SC). Las gravadas y arenas con una pequeña pero importante cantidad de finos (5% y 12%) puede tener una clasificación doble arena bien graduada – arena arcillosa (SW-SC).

2.7.2.2. Clasificación de Limos y Arcillas

Este sistema considera los suelos divididos en tres grupos: limos inorgánicos (M), Arcilla inorgánica (C) y limos y arcillas orgánicas (O), cada uno de estos suelos se subdividen a su vez según su límite líquido en dos grupos, cuya frontera es $LL.= 50\%$, si el límite líquido del suelo es menor de 50% se le añade el símbolo general la letra L (Baja compresibilidad), si es mayor de 50% se añade la letra H (alta compresibilidad), obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

Tabla 7. Grupo de clasificación de suelos del sistema unificado.

TIPO DE SUELO	SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRE DE GRUPO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
Suelos de grano grueso (más de 50% retenido en el tamiz N° 200)	GW	Grava bien gradada	Mezcla gravosa – poco o ningún material fino. Variación en tamaños granulares.
	GP	Grava mal gradada	Mezcla de grava – arena – poco o ningún material fino
	GM	Grava limosa	Mezcla de grava – arena – limo
	GC	Grava arcillosa	Mezcla de grava – arena – arcilla. Grava con material fino en cantidades apreciables
	SW	Arena bien gradada	Mezcla de arena bien gradada – grava – poco o ningún material fino. Arena limpia con poco o ningún material fino. Amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios.
	SP	Arena mal gradada	Mezcla de arena mal gradada – grava – poco o ningún material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.
	SM	Arena limosa	Mezcla de arena – limo
	SC	Arena arcillosa	Mezcla de arena – arcilla
Suelos de grano fino (50% o más pasa el tamiz N°. 200)	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	Arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras
	ML	Limo inorgánico de baja plasticidad	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas.
	OL	Arcilla orgánica	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
		Limo orgánico	
	CH	Arcilla orgánica de alta plasticidad	Arcillas gruesas
	MH	Limo inorgánico de alta plasticidad	Limos inorgánicos, suelos finos limosos o arenosos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánico silíceo), limos elásticos
OH	Arcilla orgánica	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos	
	Limo orgánico		
Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: Adaptado de la norma ASTM D y el MTC 2013.

2.7.2.3. Clasificación de los Suelos

MTC-Perú (2016), menciona que determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación, se presentará una correlación de los sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y ASTM (SUCS):

Tabla 8. Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS.

Clasificación de suelos AASHTO 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

2.7.3. Proctor Modificado (ASTM D-1557)

MTC-Perú (2016), define que éste ensayo abarca los procedimientos de compactación de Suelo que tiene como finalidad obtener la humedad óptima de compactación de un Suelo para una determinada energía de compactación, para determinar la curva de compactación. La humedad óptima es aquella humedad (% de agua) para la cual la densidad del Suelo es máxima, es decir que la cantidad de agua hemos de añadir a un Suelo para poderlo compactar, la máxima con una energía concreta (UNI 1975). Para encontrar este parámetro lo que hacemos es realizar cuatro (4) ensayos de un mismo Suelo, pero con diferentes humedades obtendremos cuatro (4) densidades y



humedades diferentes, por lo tanto, podemos usarlos para obtener la humedad óptima y máxima densidad seca mediante interpolación.

- **Expresión de Resultados - Curva de Compactación**

- a) El peso específico húmedo (γ_w) se obtiene dividiendo el peso del material húmedo por el volumen interior del molde.

$$\gamma_w = \frac{\text{peso de material humedo}}{\text{volumen del molde}} [\text{gr/cc}]$$

- b) A partir de los datos del contenido de humedad calculamos, de cada muestra compactada se determina la máxima densidad seca.

$$w = \frac{wh}{ws} \times 100 (\%) \qquad \gamma_s = \frac{\gamma_w}{\frac{w}{100} + 1} (\text{gr/cc})$$

Donde:

W : humedad (%)

Wh : peso del agua (gr)

Ws : peso de los sólidos (seco) (gr)

γ_s : máxima densidad seca (gr/cc)

- c) Con los datos obtenidos de γ_s y w se construye una gráfica de curva de compactación según programa.

2.7.4. Relación de Soporte de California “CBR”

MTC-Perú (2016), menciona que el CBR de un Suelo es la carga unitaria correspondiente 0.1 o 0.2 (pulgada) de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia al corte de un Suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada, el ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un Suelo dado, sino que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el Suelo durante el ensayo.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactas al contenido de humedad óptimo para un Suelo específico determinado, utilizando el ensayo de compactación estándar o modificada del experimento. El comportamiento de los Suelos varía de acuerdo a su grado de alteración (inalterado o alterado) y a su granulometría y características físicas (granulares, finos, y plásticos).

Tabla 9. Ensayo de compactación modificado (CBR).

CBR – ASTM D-4429			
Diámetro del molde(pulg)	6		
Martillo (lb)	10		
Numero de capas	5		
Numero de golpes por capa	10	25	56

Fuente: ASTM D-1883.

2.7.4.1. Determinación de la Expansión

Los especímenes son saturados por 96 horas, con una sobrecarga igual al peso del pavimento que se utilizará en el campo, pero en ningún caso será menor que 4.50k.

Es necesario durante este periodo tomar registros de expansión cada 24 horas y al final de la saturación tomar el porcentaje de expansión que es:

$$E(\%) = \left[\frac{\text{Expoansion}}{\text{altura de la muestra}} \right] \times 100$$

Las especificaciones establecen que los materiales de préstamo son para:

- Sub base granular debe tener expansiones menores de 2%.
- Base granular debe tener expansiones menores de 1%.

2.7.4.2. Ensayo del CBR (ASTM D-1883)

ASTM (2011), indica el procedimiento de ensayos para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio).

El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante, sub base, base y afirmado. Las lecturas tomadas, tanto de las penetraciones como la de las cargas, se representan gráficamente en un sistema de coordenadas según programa.

$$CBR = \left(\frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} \right) \times 100(\%)$$

Para calcular el CBR se toma como material de comparación la roca triturada que sería el 100%. La resistencia a la penetración que presenta a la hincia del pistón es la siguiente.

Tabla 10. Valores de carga unitaria.

MEDIDAS		PENETRACIÓN	CARGA UNITARIA PATRÓN	
mm.	Pulg.	MPa.	PSI.	Kg/cm ²
2.5	0.10	6.9	1000	70
5.0	0.20	0.3	1500	105
7.5	0.30	13.0	1900	133
10.0	0.40	16.0	2300	161
12.7	0.50	18.0	2600	182

Fuente: ASTM D-4429, D-1883

2.7.5. Ensayo de Durabilidad

MTC-PERÚ (2013), indica que el porcentaje de pérdida de material en una mezcla de agregados durante el ensayo de durabilidad de los áridos sometidos al ataque con sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Este ensayo estima la resistencia del agregado al deterioro por acción de los agentes climáticos durante la vida útil de la obra. Puede aplicarse tanto en agregado grueso como fino. El ensayo se realiza exponiendo una muestra de agregado a ciclos alternativos de baño de inmersión en una solución de sulfato

de sodio o magnesio y secado en horno. Una inmersión y un secado se consideran un ciclo de durabilidad. Durante la fase de secado, las sales precipitan los vacíos del agregado.

Tabla 11. Agregados gruesos.

NÚMERO DE ORDEN	MALLAS		%	PESO RETENIDO
	PASANTE	RETENIDA		(gr)
I	2 ½"	1 ½"	100	5000±300
	2 ½"	2"	60	3000±300
	2"	1 ½"	40	2000±300
II	1"	¾"	100	1500±50
	1 ½"	1"	67	1000±50
	1 ½"	¾"	33	500±30
III	¾"	⅜"	100	1000±10
	¾"	½"	67	670±10
	½"	⅜"	33	330±5
IV	⅜"	N° 4		300±5
Tamices mayores obtenidas en incrementos de 1"				7000 – 1000

Fuente: ASTM C-88

Tabla 12. Agregado fino.

MALLA		PESO REQUERIDO
Pasante	Retenido	(gr)
¾"	N° 4	150
N° 4	N° 8	150
N° 8	N° 16	150
N° 16	N° 30	150
N°30	N° 50	150

Fuente: ASTM C-88

2.7.6. Abrasión Los Ángeles

Los agregados deben ser capaces de resistir el desgaste irreversible y degradación durante la producción, colocación y compactación de las obras de pavimentación, sobre todo durante la vida de servicio del pavimento (Wikipedia.org)

Aproximadamente uniforme y alta. La estructura del pavimento distribuye los esfuerzos de la carga, de una máxima intensidad en la superficie hasta una mínima en la sub rasante. Por esta razón los agregados que están cerca de la superficie, como son los materiales de base y carpeta asfáltica, deben ser más resistentes que los agregados usados

en las capas inferiores, sub base, de la estructura del pavimento, se debe a que las capas superficiales reciben mayores esfuerzos y el mayor desgaste por parte de las cargas de tránsito. La cantidad de material y el número de esferas, dependen de la granulometría del agregado grueso.

En las tablas 13 y 14, se muestra el método a realizar, así como la cantidad de material, número de esferas, número de revoluciones y tiempo de rotación, para cada uno de ellos. La gradación que se use deberá ser representativa de la gradación original del material suministrado para la obra.

Tabla 13. Especificaciones para el ensayo de abrasión de los agregados.

MALLA		CANTIDAD DE MATERIAL A EMPLEAR (gr)			
		MÉTODO			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
1 ½"	1"	1250±25			
1"	¾"	1250±25			
¾"	½"	1250±25	2500±10		
½"	⅜"	1250±10	2500±10		
⅜"	¼"			2500±10	
¼"	N° 4			2500±10	
N° 4	N° 8				5000±10
Peso total		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
Numero de esferas		12	11	8	6
Numero de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo (min)		15	15	15	15

Fuente: ASTM C-131.

Tabla 14. Especificaciones para el ensayo de abrasión para rocas.

MALLAS		CONTENIDO DE MATERIAL A EMPLEAR (gr)		
		MÉTODO		
Pasante	Retenido	1	2	3
3"	2 ½"	2500±50		
2 ½"	2"	2500±50		
2"	1 ½"		5000±50	
1 ½"	1"		5000±25	5000±25
1"	¾"			5000±25
Peso total		10000±100	10000±100	10000±100
Numero de esferas		12	12	12
Numero de evoluciones		1000	1000	1000
Tiempo (min)		30	30	30

Fuente: ASTM C-535.

Cálculo

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje de desgaste, calculándose la diferencia entre el peso inicial y peso final de la muestra de ensayo con respecto al peso inicial, se calcula con la siguiente expresión:

$$\% \text{ Desgaste} = \left(\frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \right) \times 100$$

2.7.7. Equivalente de Arena y Agregados Finos (ASTM D-2419)

MTC-PERÚ (2013), debido a que una buena cimentación de un camino necesita la menor cantidad de finos posible, sobre todo de arcillas, que son los materiales que en contacto con el agua causa un gran daño al pavimento, pues es necesario saber la cantidad de finos que contienen los materiales que serán utilizados en la estructura del pavimento es la adecuada, por tal motivo es necesario plantear una manera fácil y rápida que nos arroje dichos resultados; sobre todo cuando se detectan los bancos de materiales.

El objetivo del ensayo, es obtener el porcentaje de materiales finos indeseable, principalmente las arcillas que son los materiales que en contacto con el agua le provocan daños a la estructura del pavimento.

Este método de ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y características del material fino presente en una muestra de ensayo formado por suelo granular que pasa el tamiz N°4 (4.75mm), se calcula con la siguiente expresión:

Cálculo:

$$SE = \left(\frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \right) \times 100 \text{ [\%]}$$

SE : Equivalente de arena expresado en porcentaje (%).



2.7.8. Control de Densidad de Campo (Método Densímetro Nuclear)

MTC-Perú (2016), menciona que el densímetro nuclear es un instrumento de campo utilizados en la ingeniería geotécnica para determinar la densidad de un material compactado.

También conocido como un medidor de la densidad del suelo, el dispositivo utiliza la interacción de la radiación gamma con la materia para medir la densidad, ya sea a través de “retrodispersión”. El dispositivo determina la densidad del material mediante el recuento del número de fotones emitidos por una fuente radiactiva que son leídos por los tubos detectores en la base instrumento. Un intervalo de tiempo de 60 segundos se utiliza típicamente para el periodo de conteo.

Un densímetro nuclear se utiliza en una base compactada para establecer su porcentaje de compactación. Antes de realizar las pruebas de campo, el técnico realiza una calibración en el medidor que registra el “recuento estándar” de la máquina. Los conteos estándar son la cantidad de radiación liberada por las dos fuentes nucleares dentro de la máquina, sin pérdida o fuga. Permite que la maquina compare la cantidad de radiación que se libera a la cantidad de radiación recibida. Con el uso de una “varilla de 3/4 de diámetro se crea un agujero en la base compactada a golpe de martillo la varilla en la base para producir un agujero que la sonda del densímetro se puede insertar en. El densímetro se coloca en la parte superior del agujero, y a continuación, la sonda se inserta en el agujero por el desbloqueo del mango en la parte superior de la sonda. Una fuente produce radiación que interactúa con los átomos en el suelo, y luego se compara con el recuento estándar, para calcular la densidad.



2.7.8.1. Medición de la Densidad

- 1) **Método de Transición Directa:** la varilla que contiene la radiactividad Cs-137 (elemento llamado Cesio), se introduce dentro del suelo a la profundidad deseada. Los detectores tipo Geiger Mueller, que se localiza en la parte inferior del equipo, miden la radiación emitida por la fuente radioactiva. Los fotones son atenuados por el suelo y el grado de atenuación está directamente relacionado con la densidad del suelo.
- 2) **Método de Retrodispersión:** Los fotones gamma son dispersados al menos en una oportunidad, para llegar e incidir en los detectores. Con la varilla en el primer agujero por debajo de la posición “SAFE”, la fuente y los detectores se encuentran en el mismo plano. Los fotones son dispersados y finalmente llegan al detector. Se obtiene información de las capas superiores del suelo.
- 3) **Medición de la Humedad:** utilizando la fuente de Americio -241: Berilio la cantidad de hidrogeno en el material se puede cuantificar. Los neutrones emitidos por cualquiera de las fuentes radioactivas, penetran el material y son detenidos (termalizados). La termalización es el proceso en el cual los neutrones son detenidos hasta un punto donde más colisiones con los átomos de hidrogeno presentes en la muestra, no detendrán a los neutrones.

Cálculos:

- Como hemos visto los datos de densidad seca y % de humedad se obtienen directamente del aparato de medición.
- Adicionalmente debe realizarse un ensayo de compactación Proctor, con una muestra del suelo ensayado, en el laboratorio, para poder determinar el parámetro de grado de compactación del suelo.



2.7.9. Ensayo de Compresión Simple

JUAREZ BADILLO (1973), explica que el procedimiento tal vez más intuitivo y más simple de valorar la resistencia de un material consistente en someterlo a un esfuerzo axial llevado hasta rotura. Por lo general, este sistema se utiliza en gran variedad de materiales en el ámbito de la ingeniería, y en especial para aquellos en los en los que se supone una situación de servicio a compresión y de los cuales llega incluso a desestimarse en un cálculo simplificado su resistencia a tracción, tal cual no es inusual en el caso del hormigón, de los aglomerados asfálticos o de las rocas ornamentales. El ensayo de roturas a compresión se utiliza con profusión como parámetro supervisor en el control de calidad de materiales.

Para el caso de suelos, la estimación de la resistencia, y en especial, de la resistencia al esfuerzo cortante, requiere de consideraciones más específicas, por lo que la resistencia a la compresión simple por si misma únicamente es suficiente para valorar la resistencia al corte no drenado (o cohesión no drenada) en arcillas saturadas.

En el laboratorio de mecánica de suelos la metodología de ensayo es similar a la que se utiliza en cualquier otro laboratorio de materiales, utilizando una prensa de compresión uniaxial con una resolución de medida y registro adecuados, y consistiendo de forma resumida en las siguientes operaciones:

- Obtención de una muestra representativa del terreno (por lo general, correspondiente a una muestra inalterada tomada bien en sondeo, o bien por medios manuales en una cata o un afloramiento).
- Tallado cuidadosamente de una probeta y refrentado (si procede) de las caras de misma que vayan las condiciones de la probeta no se vean alteradas antes del ensayo, evitando su desecación y su alteración mecánica.

- Rotura a compresión uniaxial, por lo general a velocidad (deformación axial) constante, tomando lectura de la relación entre la deformación y el valor de la carga aplicada.

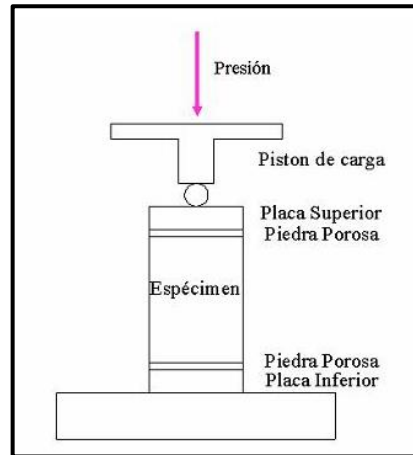


Figura 3. Esquema del ensayo de compresión simple. (Extraído de: Mecánica de Suelos, Juárez Badillo)

2.8. ESTUDIO DE CANTERAS

En este caso específico se efectuó en primer lugar el reconocimiento de la zona por donde discurre el proyecto para la ubicación de fuentes de materiales, cuyas características principales son el de tener los volúmenes de materiales necesarios, pero principalmente con las propiedades geotécnicas requeridas por las especificaciones técnicas de las actividades a efectuar, y en segundo lugar el reconocimiento se amplió a zonas cercanas al proyecto.

MTC-Perú (2016), para la determinación de su idoneidad, y posterior calificación, los materiales obtenidos fueron sometidos a los respectivos análisis en laboratorio. Para el presente estudio, se estima suficiente los bancos de material que se presentan a continuación, debiéndose acotar que la actividad de identificación y validación se mantiene, dado que es una actividad dinámica permanente. Igualmente debe tenerse presente dos factores importantes respecto a los bancos de materiales.

- **Disponibilidad:** situación de una cantera que por experiencia es bastante cambiante y susceptible a factores totalmente externos. Influye el momento en el cual se ha determinado una situación. Como claro ejemplo citar que muchas veces una cantera tiene como propietario a la comunidad, pero durante la producción aparecen otros propietarios.
- **Homogeneidad:** la necesidad del monitoreo permanente de su homogeneidad está referido a la variabilidad estratigráfica, horizontal y/o vertical que puede producirse en una cantera. La probabilidad de la existencia de zonas o sectores puntuales donde puedan variar las condiciones descritas.

Tabla 15. Ensayo para vías afirmadas.

AFIRMADO		
ENSAYOS	NORMA	ESPECIF.
Abrasión	MTC E 207	Max. 50%
Limite liquido	MTC E 110	Max. 35%
Índice de plasticidad	MTC E 111	4 -9%
BCR	MTC E 132	Min. 40%
Granulometría	ASSHTO M – 147	A – 1
Proctor	MTC E 115	-

Fuente: MTC.

Expuesto las consideraciones normativas, se describe a continuación los bancos de materiales que se han analizado y que se tiene previsto emplear según su zona de influencia al tramo. Naturalmente, quedan abierto otras opciones que pudiesen estar determinadas por factores total y absolutamente ajeno al enfoque previsto en la presente descripción, que es el de explotar directamente nuestra producción de canteras.

Igualmente, la zona por donde discurre el proyecto tiene un fuerte componente social influenciado por la minería informal.



2.8.1. Etapa de Reconocimiento del Terreno

Obtenida por referencia que las conteras han sido explotadas utilizadas en proyectos interiores en la zona y aquello utilizados por el MTC para el mantenimiento de la vía, o por el estudio de cartas, fotografías aéreas o de imágenes satelitales, se requiere realizar un estudio sobre el terreno para definir sus accesos, linderos, cubicar sus probables volúmenes explotables y elaborar un programa de exploración para las siguientes etapas de estudio.

2.8.2. Etapa de Estudios Preliminares

Esta etapa requiere verificación en el terreno de las fuentes identificadas en la etapa anterior, por medio de procedimientos simples puede obtenerse información sobre el espesor y el comportamiento del sub suelo y otros datos, que permitirá utilizar un análisis del material que se extraerá, que por consiguiente es conveniente o no continuar la investigación. los procedimientos se utilizan desde la excavación de calicatas, sondeos hasta la ejecución de pruebas in-situ y laboratorio.

2.8.3. Etapa de Estudio Definitivo

Define los costos de producción, hay que tener en cuenta que la mejor prueba de campo es aquella que duplica a escala, el proceso de explotación que se usara después en forma masiva; que la profundidad y extensión del área por explorar debe ser mucho mayor de lo que se necesita hacer en el proyecto.

2.8.4. Explotación de Canteras

La explotación de canteras es el conjunto de actividades por medio de las cuales se extraen materiales, para ser empleados en una obra determinada.

Las actividades necesarias durante la explotación en una cantera son:

- Desmante y limpieza.
- Preparación.
- Extracción y acopio.
- Carguío y transporte.

El equipo usado en la explotación de canteras incluye lo siguiente:

- Tractor de oruga o neumáticos.
- Traílla o mototrailla.
- Cargador frontal.
- Excavadora o retroexcavadora.
- Fajas transportadoras.

2.8.5. Características Geotécnicas de las Canteras

Los ensayos de laboratorio que se efectuaran de acuerdo a normas estándar, siguiendo las especificaciones técnicas del ASTM, AASHTO Y MTC, el cual les mostraremos en la siguiente tabla:

Tabla 16. Especificaciones Geotécnicas.

ESPECIFICACIONES GEOTÉCNICAS			
Ensayos	ASTM	AASHTO	MTC
Contenido de Humedad	0-2216		E-108
Análisis Granulométrico	0-422	T-88	E-204
Limite Liquido	0-4318	T-89	E-110
Índice de Plasticidad	0-4318	T-89	E-111
Peso Especifico	C-127	T-85	E-206
Proctor Modificado	0-1557	T-180	E-115
C.B. R	0-1883	T-193	E-132

Fuente: MTC.

Tabla 17. Especificaciones técnicas para construcción de obras viales.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES						
	Propiedades y característica	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma ASSHTO	Frecuencia	Lugar de muestreo
Ensayos frecuentes	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 27	1 cada 750 m ³	Cantera
	Límites de consistencia	MTC E 111	D 4318	T 89	1 cada 750 m ³	Cantera
	Abrasión de los ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	1 cada 2000 m ³	Cantera
	C.B.R	MTC E 132	D 1883	T 193	1 cada 2000 m ³	Cantera
	Densidad – Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	1 cada 750 m ³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T 191 T 238	1 cada 250 m ³	Pista

Fuente: MTC.

2.8.5.1. Ensayos Estándar

Tabla 18. Suelos estabilizados con Cemento Portland.

MATERIAL O PRODUCTO	PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS	MÉTODO DE ENSAYO	FRECUENCIA (1)	LUGAR DE MUESTREO
Suelo Estabilizado con Cemento Portland	Granulometría	MTC E 107	750 m ³	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m ³	Pista
	Relación humedad densidad	MTC E 1102	750 m ³	Pista
	Compresión simple	MTC E 1101 MTC E 1103	2 muestras por día	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada 250 m ³	Pista
	Abrasión los ángeles	MTC E 207	2000 m ³	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	2000 m ³	Cantera
	Sulfato	NTP 339.178	2000 m ³	Cantera
	Ph	NTP 339.073	2000 m ³	Fuente de agua
	Sulfato	NTP 339.074	2000 m ³	Fuente de agua
Materia orgánica	NTP 339.072	2000 m ³	Fuente de agua	

Fuente: MTC.

Si por su génesis existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas, se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.

2.8.5.2. Etapa de Construcción de un Pavimento

MTC-Perú (2016), menciona que el pavimento flexible es una estructura formada 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. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezcla asfáltica en frío y mezcla asfáltica en caliente

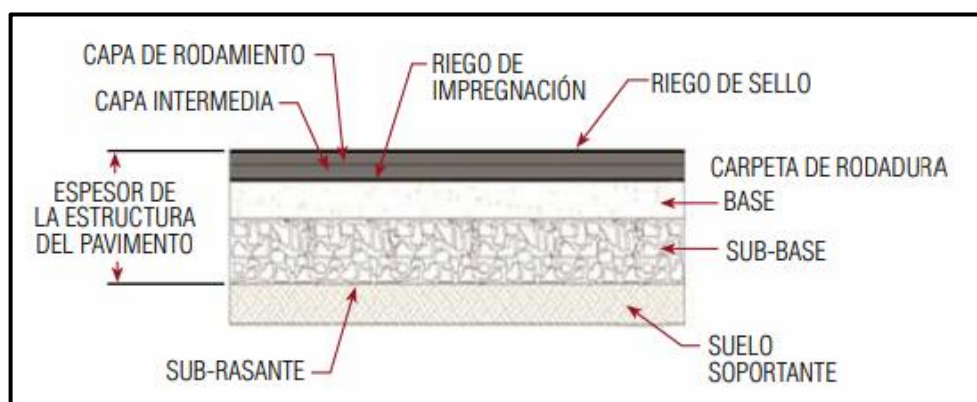


Figura 4. Estructura de un pavimento.

2.9. EXPLANACIONES

MTC-Perú (2016), menciona que una explanación es el producto del movimiento de tierras conformado por cortes y rellenos, para obtener la plataforma de la carretera hasta el nivel de la subrasante del camino también se consideran que una ejecución correcta de las explanaciones debe prever los posibles problemas geotécnicos, de forma que se evite su aparición o, al menos, que tengan un tratamiento preventivo adecuado en tiempo y recursos (MTC 2013). Se denomina explanaciones al conjunto de operaciones de remodelamiento del terreno natural, que hay que realizar a lo largo de la traza para conseguir la explanada definida en los planos en planta alzada y secciones transversales. Estas operaciones pueden consistir en la excavación o retirada de material natural, de forma que se consiga una superficie de geometría y capacidad de soporte adecuados para



el apoyo del pavimento y del resto de la superestructura. La envergadura de las operaciones de movimiento de tierras es mayor en terrenos accidentados, debido a que se realizan cortes en plataforma, su trazo obligara a realizar desmontes y terraplenes de mayor altura, de igual manera este proceso se realizara para todas las carreteras, aunque en terreno no sea accidentado.

Es importante en las obras de movimiento de tierras, por lo que se hace muy necesario en la fase de proyectos, la optimización del trazado mediante la estimación de volúmenes de tierra a excavar y aportar en cada alternativa, y el estudio de movimiento de tierras más adecuado a la hora de lograr compensaciones en los volúmenes de las aportaciones y material excavado. Suelos limosos y arcillosos: suelen dar lugar a problemas de pulverización y mezcla íntima, fenómeno más notorio en aquellos suelos que contienen elevada cantidad de arcilla. Generalmente cuanto más arcilloso es el suelo, más cemento es necesario para estabilizarlo además se encuentra con la dificultad de pulverizarlo, por ello, para las arcillas es poco aplicable el cemento, quedando reservado para tal fin la aplicación de la cal.

2.9.1. Relleno en una Explanación

En los rellenos tipo terraplén, se realizan para la construcción de una subrasante, en lo cual los tramos en los que el trazo del camino debe pasar a un nivel ubicado por encima del terreno natural, es necesario la construcción de rellenos. Un relleno como un depósito artificial para levantar el nivel del terreno, el material con el cual se construye un relleno se llama material de relleno o préstamo. Se distinguen cuatro zonas de los rellenos de acuerdo al tipo de material y tamaño de partículas que los constituyen:

- Coronación, es la parte superior del relleno tipo terraplén, sobre la que se apoya el firme.

- Núcleo, es la parte del relleno tipo terraplén comprendido entre el cimientado y la coronación.
- Espaldón, es la parte exterior del relleno tipo terraplén que ocasionalmente, constituirá o formará parte de los taludes del mismo. No se consideran parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno entre los que se consideran, plantaciones, cubierto de tierra vegetal, protecciones antierosión, etc.
- Cimientado, es la parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Su espesor será como mínimo de un metro.

Por lo cual también varían algunas características de su comportamiento, tales como la resistencia a la erosión, las deformaciones diferidas que experimentan o la capacidad de resistir la inmersión. Cabe mencionar que el MTC 2013, no diferencia entre terraplén y relleno, y los define como la parte de explanación situada sobre el terreno preparado. La base o cuerpo del terraplén debe conformarse en capas de hasta 0.30m y compactadas al 90% de la densidad seca máxima del ensayo Proctor modificado. La corona es la parte superior del terraplén, la cual debe tener un espesor mínimo de 0.30m y conformarse en capas de 0.15m, compactadas al 95% de la densidad seca máxima del ensayo Proctor modificado.

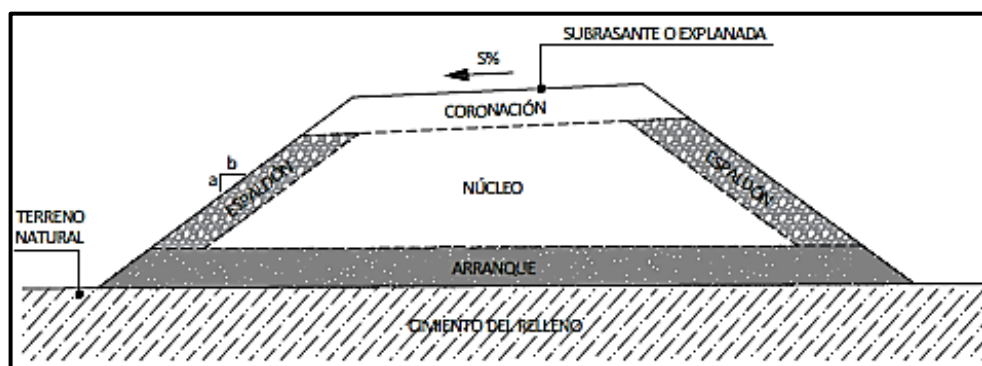


Figura 5. Parte constituyentes de un relleno en una explanación. (Extraído de: Kraemer, Pardillo, & Rocci, 2004).



2.9.2. Corte en una Explanación

MTC-PERÚ (2013), indica que el corte es la parte de la explanación constituida por la excavación del terreno natural hasta alcanzar el nivel de la subrasante del camino. El fondo de las zonas excavadas se presentará mediante escarificación en una profundidad de 0.15m, conformando y nivelando de acuerdo con las pendientes transversales especificadas en el diseño geométrico vial, y se compactará al 95% de máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado. En zonas de corte en roca, se deberá excavar como mínimo 0.15m por debajo del nivel superior de la subrasante, la superficie final de corte en roca deberá quedar allanada, limpia y encontrarse libre de cavidades, de puntas de roca, excesos y libre de todo material deletéreo. Las zonas profundizadas deberán ser rellenadas, hasta el nivel superior de subrasante, con material de relleno seleccionado o de subbase granular, que tenga un CBR $\geq 40\%$.

Los cortes se realizan en forma organizada y con las precauciones necesarias, de manera que puedan evitarse al máximo los deslizamientos del terreno. Las áreas de explanaciones y cortes deberán estar provistas de sistemas adecuados de drenaje que permitan en todo momento la evacuación de las aguas que lleguen a estas zonas.

2.9.3. Subrasante

MTC-PERÚ (2013), define que la subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento.

La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportara la estructura del pavimento, y está conformada por suelos



seleccionados de características aceptables y compactadas por capas para construir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocara encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo Proctor modificado (MTC EM 115). La calidad de la subrasante depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetros de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte (CBR) o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cartas del tránsito.

2.9.4. Características que deben Cumplir los Suelos para Conformar una Subrasante

El MTC indica que los suelos debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60m, deberán ser suelos adecuados estables, con $CBR \geq 6\%$. En caso de que el suelo debajo del nivel superior de la subrasante tenga un $CBR < 6\%$, corresponde estabilizar los suelos, tal como se detalla más adelante. Las consideraciones que debe tenerse en cuenta también en los materiales de las explanaciones, pues naturalmente, si estos sufren fuertes cambios de volumen se tendrán deformaciones importantes en la superficie de la subbase, con los correspondientes problemas de pérdida de apoyo, aun si la subrasante, y la propia subbase están formadas con materiales no susceptibles. También refieren, que la mezcla con una cierta cantidad de cemento (estabilización), ha dado excelentes resultados para eliminar la susceptibilidad a los cambios volumétricos de los suelos finos. Así mismo se dará importancia a la



deformabilidad como requisito básico para la aceptación o rechazo de un material de subrasante y también el que condiciona su buen comportamiento como soporte de un buen pavimento. Además, estos pueden ser considerados inaceptables como cimiento de un pavimento cuando:

- Presenta una elevada plasticidad, que, en todo caso, se puede reducir mediante su estabilización.
- Contienen una importante cantidad de materia orgánica.
- Son suelos evolutivos, cuyas propiedades se degradan con el tiempo, a veces incluso durante el propio proceso de puesta en obra.
- Son suelos expansivos, cuyos cambios de volumen afectarían al pavimento.
- Son suelos exageradamente heterogéneos, como son típicamente algunos rellenos constituidos de residuos producto de la actividad humana.
- Son muy erosionables, en los que, debido a corrientes de agua, se pueden formar oquedades de gran tamaño.

También refieren que la variación del nivel freático provoca la existencia de una capa activa (formada por suelos semisaturados, con un comportamiento difícil de predecir en comparación a los suelos totalmente secos o saturados) sensible a los cambios de humedad de los suelos en la resistencia del cimiento, hay que prestar atención al drenaje subterráneo y sobre todo, construir subrasantes mediante técnicas de estabilización in situ de los suelos que las conforman.

2.10. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

MTC-Perú (2016), menciona que el suelo se describe como una mezcla de minerales y materia orgánica que se encuentra en la superficie de la tierra y sirve como soporte a las obras que se ha construido.



Con frecuencia se puede encontrar suelos no adecuados, en algún aspecto, que deben utilizarse para un determinado fin y en un lugar específico; frente a ello consideran tres posibilidades:

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las limitaciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio o prescindir de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o, cuando menos, que la calidad obtenida sea adecuada. La última posibilidad es la que da lugar a los diferentes métodos de estabilización de suelos.

El MTC 2013, la estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos naturales o sintéticos.

Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos.

Esta también incluye para la estabilización la compactación, el drenaje, la pre consolidación y la protección de la superficie contra la erosión o la infiltración de la humedad, sin embargo, al término de la estabilización se le va restringiendo gradualmente su alcance a un solo aspecto de mejoramiento, la modificación del propio material que incluye el suelo.



2.10.1. Propósito de la Estabilización de Suelos

La estabilización de un suelo es un proceso que tiene por objeto aumentar su resistencia a la deformación, disminuir su sensibilidad al agua, controlar la erosión y los cambios de volumen. Con ello se puede aprovechar suelos de baja calidad e incluso inadecuados en el cimiento del pavimento. (Kraemer, Pardillo, & Rocci, 2004)

Los fines principales de la estabilización de un suelo son:

- Modificar sus características físicas.
- Agilizar la construcción.
- Mejorar la resistencia y durabilidad del mismo.

La USACE (1984) destaca dos aspectos importantes que se pueden lograr con la estabilización de un suelo:

- Mejorar su calidad. Las mejoras más comunes en la calidad de un suelo mediante la estabilización incluyen la mejora de su gradación, una reducción de su índice de plasticidad o de su potencial de hinchamiento y un aumento de su durabilidad y resistencia. También es común estabilizar un suelo con un aditivo para proporcionar una plataforma de trabajo apta para todo tipo de clima y adecuada a las operaciones de construcción. Estos tipos de mejora de la calidad del suelo se conocen como modificaciones del suelo.
- Reducir espesores. La resistencia a la tensión y la rigidez de una capa de suelo se puede mejorar mediante el uso de aditivos y, por lo tanto, permite una reducción en el espesor de la capa estabilizada y las capas superpuestas dentro de la estructura del pavimento.



2.10.2. Mecanismo de Estabilización

MTC-PERÚ (2013), explica que los suelos de mala calidad, con excepción de aquellos suelos que contienen altos porcentajes de materia orgánica pueden ser estabilizados con cemento portland. Los suelos con alto porcentaje de material fino, así como son los limos y arcillas, generalmente requieren altos porcentajes de cemento para llegar al punto moderado de estabilización. Un factor muy importante en la elección de la estabilización con cemento, es la facilidad con que el suelo pueda ser pulverizado.

En este tipo de suelos con alta cantidad de limos y arcillas, el costo puede disminuir para su estabilización si mezclamos previamente con el cemento por esto se mejorará las características de granulometría y plasticidad. El ingrediente más importante en la estabilización suelo-cemento es el agua, la cual es necesaria para la compactación y para la hidratación del cemento.

En este caso cualquier fuente de agua puede ser utilizada siempre y cuando esté limpia y libre de materia orgánica, ácidos o álcalis. Las cantidades apropiadas de agua y cemento para la estabilización serán determinadas por el laboratorio basándose de tres parámetros muy importantes como son: densidad, resistencia y desgaste.

2.10.3. Criterios Geotécnicos para Establecer la Estabilización de Suelos

El MTC (2013), considera como materiales adecuados para la capa de subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un estudio especial de estabilización. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas y las arenas limosas o arcillosas.



Es importante seleccionar el método de estabilización más efectivo, económico y fácil de aplicar de acuerdo al tipo de obra. El MTC (2013) también establece factores a considerar para la correcta selección de dicho método de estabilización, tales como:

- El tipo de suelo a estabilizar.
- El uso propuesto del suelo estabilizado.
- El tipo y disponibilidad del aditivo estabilizador a emplear.
- La disponibilidad del equipo adecuado.
- Los costos comparativos.
- La experiencia en el tipo de estabilización que se quiere aplicar.

Complementario a estos factores, la USACE (1984), también considera:

- El grado de mejora deseado en la calidad del suelo.
- La resistencia requerida y la durabilidad de la capa estabilizada y
- Las condiciones ambientales.

Además de ello, si solo se desea modificar las propiedades del suelo para que adquiera una calidad de una subbase o material de base, la cal puede ser el mejor aditivo.

Sin embargo, si se requieren altas resistencias y buena durabilidad para lograr una reducción en el espesor del pavimento, el uso de una combinación de cal – cemento o cal – cemento – cenizas volantes puede ser el mejor aditivo.

El siguiente diagrama muestra el procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización:

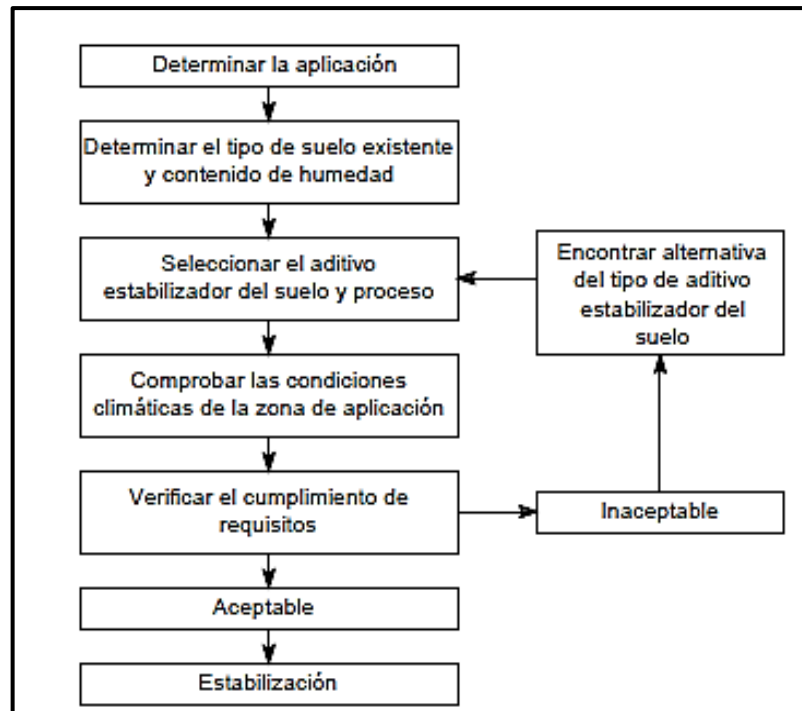


Figura 6. Proceso de selección del método de estabilización más adecuado. (Extraído de MTC, 2013).

2.10.4. Clasificación de los Métodos de Estabilización de Suelos

SANZ, SOBRECASES MARTÍ, & DÍAZ ORREGO, (2016), en el estudio de la estabilidad de los taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. Los agentes externos responsables de la inestabilidad son una fuerza de masa, el peso y, eventualmente, los efectos de filtración, a los cuales hay que añadir otros factores como las sobrecargas (estáticas/ dinámicas).

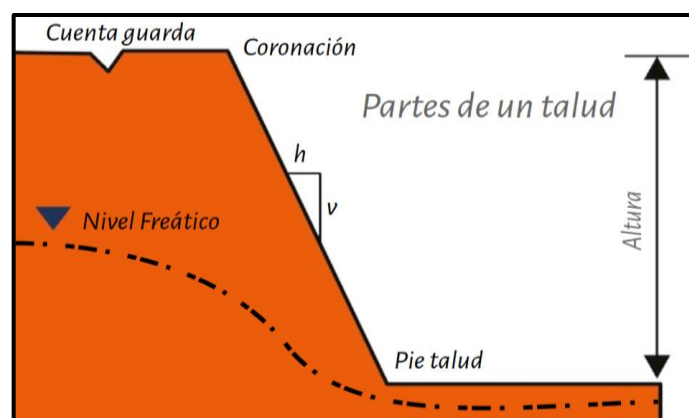


Figura 7. Partes de un Talud. (Extraído de: Sanz V., Sobrecases S., & Orrego A., 2016).



2.11. CEMENTO PORTLAND

BARBUDO & CHINCHÓN YEPES, (2014), indica que el cemento Portland, de todos los conglomerantes hidráulicos y sus derivados, son los más empleados en la construcción debido a estar conformados por mezcla de caliza y yeso, que son minerales abundantes en la naturaleza, además de ser su precio relativamente bajo en comparación con otros materiales y a su vez tener las propiedades adecuados para la construcción.

El proceso de fabricación de cemento comienza con la obtención de las materias primas. Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulico y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{CEMENTO PORTLAND} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$

El cemento Portland puede ser utilizado para modificar y mejorar la calidad del suelo o para transformar el suelo en una masa de cemento con una mayor resistencia y durabilidad. La cantidad de cemento utilizado depende de si el suelo tiene que ser modificada o estabilizado. En principio, según la norma peruana, cualquier cemento puede utilizarse en la estabilización de suelos, siempre y cuando se analice previamente su diseño de mezclas; proceso en el cual se asigna los porcentajes necesarios para la estabilización con cemento y etapa en el cual se va reduciendo agentes perjudiciales para la resistencia del suelo-cemento, como es el caso de los sulfatos, que con porcentajes mayores 0.2% reducen la resistencia a la compresión.

2.11.1. Composición Química del Cemento

MARTINEZ R. (2009), menciona que los componentes principales del cemento Portland son silicatos y aluminatos de calcio, estos componentes se asocian químicamente como el óxido de calcio (CaO), la sílica (Si O₂), alúmina (Al₂ O₃) y el óxido de hierro (Fe₂ O₃). (P.25).

Los minerales que contienen los componentes principales del cemento, según la producción nacional, señalado por ASOCEM, en la Tabla 20 presentan los siguientes porcentajes de participación en la elaboración del cemento:

Tabla 19. Minerales que componen el cemento.

MINERAL	SÍMBOLO	PORCENTAJE
Oxido de calcio	CaO	62.5% - 64.5%
Oxido de silicio	SiO ₂	19% - 22%
Oxido de aluminio	Al ₂ O ₃	4% - 6%
Oxido de hierro	Fe ₂ O ₃	3% - 3.5%
Oxido de magnesio	MgO	0.9% - 2.9%
Anhídrido sulfúrico	SO ₃	2.3% - 2.6%

Fuente: adaptado de Neville y Brooks.

Lo silicatos, C₃S y C₂S son los componentes más importantes, los cuales son responsables para la resistencia de la pasta de cemento hidratada. En realidad, los silicatos en el cemento son compuestos puros, pero contienen menos óxidos en solución sólida.

2.11.2. Definición del Suelo - Cemento

TOIRAC CORRAL (2008), define al suelo-cemento como un material elaborado a partir de una mezcla de suelos finos y/o granulares, cemento y agua, la cual se compacta y se cura para formar un material endurecido con propiedades mecánicas específicas. El contenido de cemento en peso suele ser del orden del 3 al 7% en peso de materiales secos y a largo plazo, su resistencia a compresión suele ser superior a 4MPa, el contenido de



agua se elige para obtener mezclas de consistencia seca que permita su compactación con rodillo.

El suelo-cemento se usa normalmente como capa de apoyo de otros materiales tratados con cemento o concreto hidráulico o bien como capa resistente, bajo capas bituminosas, puede fabricarse en planta central, o bien ejecutarse in situ.

El suelo-cemento es ampliamente utilizado como base de pavimentos de bajo costo en carreteras, calles residenciales, áreas de estacionamiento, hasta aeropuertos e instalaciones de almacenamiento industrial. El suelo-cemento es más conocido como suelo estabilizado es una mezcla en seco de los dos componentes con ciertas características granulométricas, a la mezcla luego de su homogenización se adiciona agua para su fraguado y posteriormente se compactará.

2.11.2.1. Componentes del Suelo - Cemento

- **Agua:** debe ser libre de cantidades perjudiciales de álcalis, ácidos y material orgánico. El agua potable es satisfactoria para su uso.
- **Suelo:** como anteriormente se mencionó, prácticamente todos los suelos pueden ser estabilizados con cemento. No es necesario que sean materiales bien graduados pues la cohesión se alcanza por hidratación del cemento. Cabe mencionar que materiales mal graduados o mayor porcentaje de finos, requieren mayor contenido de cemento de allí la conveniencia de que los vacíos, estén rellenos con material sólido (grueso).

En cuanto a la variedad de materiales, es necesario destacar que es aplicable el cemento a suelos granulares fundamentalmente y mezclas de ellos, ejemplo: limos, arenas gruesas, finas y gravas o mezclas de estas fracciones. Distinguimos tres tipos de suelos:



Arenoso y gravas: en ellos es posible efectuar un adecuado trabajo de pulverización y mezclado con cemento, observándose que la cantidad del cemento no es elevada en relación con las demás mezclas.

Suelos arenosos: con deficiencia de partículas finas, como puede ser una arena de playa que demanda mayor cantidad de cemento. En la etapa constructiva pueden generarse problemas debido a la falta de cohesión, aunque aumenta la plasticidad de la mezcla.

Suelos limosos y arcillosos: suelen dar lugar a problemas de pulverización y mezcla íntima, fenómeno más notorio en aquellos suelos que contienen elevada cantidad de arcilla. Generalmente cuanto más arcilloso es el suelo, más cemento es necesario para estabilizarlo además se encuentra con la dificultad de pulverizarlo, por ello, para las arcillas es poco aplicable en cemento, quedando reservado para tal fin la aplicación de la cal.

2.11.2.2. Química de la Estabilización con Cemento Portland

La acción estabilizadora del cemento consta de varias etapas, la primera de las cuales es la acción de la naturaleza fibrosa del silicato de calcio, que se forma cuando los granos del cemento entran en contacto con el agua.

Debido a esta reacción se forma masas de fibras minúsculas que se traban fuertemente unas con otras y con otros cuerpos. La solución formada por la mezcla de cemento y agua reacciona con las partículas de suelo, reacción en la que los iones de calcio tienden a agrupar las partículas de suelos cargadas negativamente produciéndose su floculación por acción de la gravedad, pero que básicamente consisten en reacciones de cemento con los componentes sílicos de los suelos, que producen conglomerantes que ligan las gravas, arenas y limos; este es el efecto básico de los suelos gruesos.



Finalmente, si se compacta la mezcla se produce una reacción de calcio con la sílice y alúmina de tamaños coloidales produciéndose complejos compuestos y aluminatos que aumentan lentamente la resistencia y la durabilidad de la mezcla suelo cemento con el tiempo.

La reacción favorable suelo-cemento se ve muy impedida o anulada cuando el material contiene materia orgánica, pues los ácidos orgánicos poseen gran avidez por los iones de calcio que libera la reacción original del cemento y los captan, dificultando la acción aglutinante del propio cemento en los suelos gruesos o la estabilización de las partículas laminares en las arcillas.

Por esta razón las especificaciones de casi todos los países exigen que el contenido de materia orgánica en un suelo no sobrepase de 1 - 2% en peso, para poder ser considerado apropiado para ser estabilizado con cemento.

También es nociva la presencia en el suelo de sulfatos de calcio, de magnesio u de otras sustancias ávidas de agua, pues impiden a los aglomerantes de la humedad necesaria para su función.

El efecto del cemento en los suelos arcillosos resulta más complicado y menos comprendido que, en los suelos más gruesos, por lo que pudiera resultar conveniente detallar algo más. En primer lugar, se produce un efecto primario, en el que la hidratación del cemento produce silicatos y aluminatos hidratados de calcio, hidróxido de calcio e iones de Ca, que elevan la concentración de electrolitos de agua intersticial, aumentando su pH, viene luego un proceso secundario en dos fases:



En la primera, se produce un intercambio iónico entre los iones de calcio y otros absorbidos por los minerales de arcilla. La segunda fase, tienen lugar a reacciones químicas puzolánicas entre el cemento y elementos que componen los cristales de arcilla.

Los elementos silícicos y aluminicos reaccionan con los compuestos cálcicos para formar elementos cementantes; el resultado final de esta reacción es la transformación de una estructura arcillosa originalmente floculada y vaporosa, en un agregado resistente que evoluciona la resistencia con respecto al tiempo. En esta misma segunda fase, el hidróxido de calcio que se va consumiendo puede reponerse por la cal y se libera durante el proceso primario de hidratación del cemento.

2.11.2.3. Estabilización con Cemento

El hombre ha usado diversos aglomerantes puzolánicos en la estabilización de suelos cohesivos, para de esta manera llegar a disponer de un material que tenga condiciones mecánicas que cumplan los requerimientos y existencias del proyecto que se requiera construir. La utilización de conglomerantes puzolánicos para la estabilización de suelos es bastante antiguos; hace 5000 años atrás ya el suelo se estabilizaba con cal o puzolanas.

Entre 1910 y 1920 se empezó a estudiar las mezclas suelos cemento en Inglaterra; en 1917 Brooke Bradley empleó una mezcla de cemento con suelos arcillosos obteniendo buenos resultados. Entre 1930 y 1940 en Estados Unidos instituciones como la Portland Cement Association (PCA), el Bureau of Public Roads y el Highway Department del estado de Carolina del Sur contribuyeron al desarrollo tecnológico de la estabilización de suelos con cemento.

La estabilización de suelos mediante la adición de cemento es un proceso en el cual normalmente se produce un cambio en las propiedades moleculares superficiales de



los granos del suelo y en algunos casos, los granos se pegan entre sí produciendo un incremento en su resistencia. El proceso de estabilización de suelos con cemento consiste en agregar cemento Portland a un suelo previamente pulverizado para que esta mezcla se endurezca por la hidratación del cemento. Los principales factores que afectan las propiedades físicas de un suelo cemento son:

- Tipo de suelo,
- Cantidad de cemento,
- Grado de mezclado,
- Tiempo de curado y
- Densidad seca de la mezcla compactada.

Varios tipos de suelos pueden ser estabilizados con cemento Portland, pero se logra obtener mejores resultados en suelos arenosos y en arcillas que tengan una mediana a baja plasticidad para estabilizaciones con cemento el índice de plasticidad debería ser inferior a 15%, con esto se desea evitar problemas en el mezclado y extendido del material, en caso de que se requiera estabilizar suelos que tengan un alto índice de plasticidad primero se agrega cal en un porcentaje de 1% por lo general, para reducir la plasticidad y mejorar la trabajabilidad antes de agregar el cemento.

2.11.2.4. Tipo de Estabilización con Cemento

a) Suelo tratado con cemento

Es una mezcla íntima de suelo y cemento con adición de agua para la cual no existen requerimientos de calidad, es una mezcla no endurecida o semiendurecida de suelo y cemento. El mejoramiento que se alcanza depende de la cantidad de cemento que se incorporara y del tipo de suelo.



Lo que hace el cemento incorporado al suelo en tan baja proporción es modificar la avidez de agua del suelo disminuyendo su plasticidad, El suelo modificado con cemento puede emplearse en bases, subbases y subrasantes.

b) Suelo cemento

Este material contiene suficiente cemento como para endurecer el suelo al cual se ha incorporado al grado de humedad necesaria para lograr una buena compactación y conseguir la hidratación con cemento. La denominación de este material es variada, por ejemplo: suelo estabilizado con cemento, agregado estabilizado, etc. todos ellos indican un material al cual se ha incorporado cemento en proporción tal que es capaz de endurecer.

c) Suelo cemento plástico

Es una mezcla de suelo y cemento endurecido que contiene en el momento de elaborarla, suficiente cantidad de agua como para lograr una consistencia similar a la del mortero plástico. Este producto para taludes, áreas irregulares o confinadas como puede ser revestimientos en cunetas, etc. Donde no es posible emplear la construcción convencional.

En todos los casos podemos decir que el suelo-cemento es una mezcla íntima de suelo, cemento portland y agua.

d) Base granular tratada con cemento

La PCA la define como una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland y agua, que endurece después de ser compactada y curada para formar un material de



pavimento durable. Se usa como capa de base en estructuras de pavimentos, siendo necesaria una capa de rodadura bituminosa o de concreto hidráulico.

Las propiedades estructurales de bases granulares tratadas con cemento dependen de los agregados, del contenido de cemento de las condiciones de compactación, curado y de la edad. Son usuales valores de resistencia a la compresión de 3 a 6 MPa, módulo de ruptura (resistencia a flexotensión) de 0,7 a 1 MPa y de módulo de elasticidad 7,000 a 14,000 MPa. Es importante mencionar que las bases granulares tratadas con cemento son conocidas también con los nombres de bases tratadas con cemento a bases de agregados estabilizados con cemento.

e) Pavimentos unicapa de alto desempeño

Son una estructura de pavimento formada por una sola capa usando el suelo existente en el camino, mezclado con un porcentaje de cemento Portland de entre 11 y 20% en peso, que compactada al porcentaje de diseño es capaz de soportar las cargas y el desgaste producido por el tráfico, proporcionando a la vez una superficie de rodaje adecuada. La filosofía de este pavimento es similar a la del concreto compactado, pero empleando un suelo natural como material de partida en vez de agregados procesados. Este tipo de pavimento tiene un campo de aplicación específico en la red vial no pavimentada y constituye una alternativa a las tradicionales intervenciones de colocación de balasto que se hacen dos veces por año (antes y después de la época lluviosa).

f) Pavimentos reciclados con cemento

Las razones para optar por la solución de reciclado con cemento son varias. Normalmente se trata de pavimentos flexibles agrietados o fisurados debido al volumen



de tráfico pesado, al final de su vida útil de servicio, o bien por problemas de drenaje y ahuellamientos.

Frente a otras soluciones de rehabilitación, el reciclado de estos pavimentos con cemento permite el aprovechamiento de las capas deterioradas logrando recuperar y aumentar la capacidad de soporte y características mecánicas en general, lo que se traduce en una mejora del nivel de servicio. Técnicamente se consigue un pavimento mucho más duradero y con menor susceptibilidad al agua.

2.11.2.5. Naturaleza de los Suelos Estabilizado con Cemento

MTC-Perú (2016), menciona que los suelos estabilizados con cemento portland pueden clasificarse, de acuerdo con las propiedades de la mezcla se compacta hasta obtenerse una alta densidad y a medida que el cemento se hidrata, el material se vuelve duro y durable. El método de estabilización de suelo con cemento portland es muy utilizado, este método se lo hace incorporando al suelo cantidades de cemento que varían del 1 al 7 % del volumen de la mezcla compactada.

El cemento más utilizado en este método de estabilización es el cemento portland tipo I, esta mezcla suelo-cemento puede servir como base de una superficie de desgaste ligero, esto quiere decir que el tráfico debe ser liviano o mediano, las mezclas resultantes en los siguientes tipos:

- Los suelos mejorados con cemento, en los que se añade a un suelo, una vez disgregado en su caso, una cantidad de cemento relativamente baja.
- El suelo-cemento se usa principalmente como capa para sub-rasantes mejoradas y bases de pavimentos de carreteras, calles, aeropuertos y áreas de estacionamiento. El suelo-cemento se usa también como protección de taludes en



presas y terraplenes de tierra, revestimiento de represas y canales, mezclado de suelo y estabilización de cimentación.

Los suelos con contenidos apreciables de arcillas y limos, muy frecuentes en toda geografía, presentan graves problemas geotécnicos para su empleo en la construcción de infraestructuras debidos a su elevada plasticidad, reducida capacidad portante e inestabilidad de volumen en función de la humedad (hinchamiento y retracción).

2.11.3. Cemento Portland Tipo I

MTC-Perú (2013), menciona que el cemento Portland Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. Se fabrica mediante la molienda conjunta de clinker Tipo I y yeso.

Este tipo de cemento es un excelente cemento general y es el cemento más usado, ampliamente, en la industria de la construcción.

En principio cualquier cemento puede utilizarse en la estabilización de los suelos. El cemento portland normal tipo I es el más utilizado, aunque también se han usado mucho los de alta resistencia inicial, tipo II.

Existen trabajos de investigación que concluyen que el cemento portland tipo I permite a la mezcla alcanzar mayor resistencia que la de tipo II pues contiene mayor cantidad de aluminio

a) Características: El cemento Portland Tipo I, generalmente, presenta las siguientes características:

- Logra alcanzar mayores resistencias iniciales.
- Posee menores tiempos de fraguado.

b) Usos y aplicaciones: El cemento Portland Tipo I se puede utilizar en:



- Obras de concreto simple y concreto armado en general. Edificaciones, estructuras industriales, pavimentos, puentes, entre otras.
- Estructuras que requieran un rápido desencofrado, debido a que logra alcanzar resistencias iniciales rápidas.
- Concretos para clima frío.
- La elaboración de productos prefabricados.

2.11.4. Estabilización de Suelos con Cemento

MTC-Perú (2016), menciona que el material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, el cemento Portland se puede utilizar para modificar y realizar las mejoras respectivas de la calidad del suelo o para transformar el suelo en una masa cementada, lo que aumenta significativamente su resistencia y durabilidad

Además, el cemento, puede ser empleado para estabilizar suelos arenosos y arcillosos. Igual que en el caso de la cal, el cemento ayuda a disminuir el índice de plasticidad y aumenta la mejorabilidad de los suelos arcillosos. Los suelos granulares y los suelos arcillosos con baja plasticidad son, obviamente, los más adecuados para la estabilización con cemento.

2.11.4.1. Estructura del Suelo Estabilizado con Cemento

Al momento de que se agrega cemento al suelo y los dos se mezclan completamente en presencia de la cantidad de agua adecuada, en la mezcla se generan propiedades resultantes de la combinación en la estructura del suelo que conducen al logro de resistencia y durabilidad. Uno de los primeros intentos para explicar este cambio establece que las partículas del suelo se aglomeran y las aglomeraciones se unen para formar un nuevo material estructural.

En este caso, la interacción del suelo y el cemento se dirige principalmente hacia una mayor cohesión. Con el aumento del contenido de cemento se obtiene una ganancia en la resistencia mecánica y la impermeabilidad debido a la formación de un nuevo material estructural que es el suelo – cemento.

2.11.4.2. ESTABILIZACIÓN DE AGREGADOS CON CEMENTO

Conforme lo señalan los Términos de Referencia el pavimento será una capa granular estabilizada con cemento. En este ítem se desarrolla y analizan los ensayos efectuados para determinar la dosis de cemento, así como las propiedades obtenidas con los agregados estabilizados, para fines del diseño del pavimento.

✓ MATERIALES - AGREGADOS

Las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales de las canteras han sido evaluados y los resultados de los ensayos han sido contrastados con las Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC, Sección 301.A (Suelos estabilizados con Cemento).

Los requisitos de calidad de agregados, exigidos por las Especificaciones Técnicas se muestran a continuación.

Tabla 20. Tolerancias requeridas en EG 2013 - MTC.

ENSAYOS	NORMA	TOLERANCIAS CEMENTO (Sección 301.A)
Material Pasante el Tamiz N° 200	MTC E 202	.-
Contenido de Materia Orgánica	MTC E 118	.-
Límite Líquido	MTC E 110	40% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	18% máx
Contenido de Sulfatos SO ²⁻	NTP 339.178	0.2% máx
Abrasión	MTC E 207	50% máx
Durabilidad con Sulfato de Magnesio (Agregados finos)	MTC E 209	15% máx
Durabilidad con Sulfato de Magnesio (Agregados grueso)	MTC E 209	18% máx

Fuente: MTC.



✓ CEMENTO

Como elemento estabilizador se empleó el cemento del tipo I, el cual cumple con las Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC. Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido o con fraguado prematuro o cuya fecha de vencimiento haya sido superada. El cemento utilizado será Portland, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NTP 334.009, NTP 334.090, NTP 334.050, NTP 334.082 (ASTM 1157), AASHTO M85, M240, M307, M321 o ASTM-C150.

Según la NTP 334.009 el cemento Portland se clasifica en cinco tipos de acuerdo con sus propiedades de los cuales en esta ocasión utilizaremos el tipo I:

- Cemento Portland Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.

2.11.4.3. Consideraciones para Estabilización de Suelos con Cemento

GARCÍA TORO, (2019), afirma que, en la estabilización de suelos con cemento, el tipo de suelo tiene influencia principalmente por sus componentes químicos y granulométricos. La estabilización con cemento, son más económica para fines viales, se logra cuando el suelo no contiene partículas mayores a 75 mm (3") o a un tercio del espesor de la capa tratada, menos del 50% de este pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) y el límite líquido e índice de plasticidad son menores a 40% y 18% respectivamente.

Según recomendaciones del MTC (2013), cualquiera que sea el material a emplear, este debe cumplir los siguientes requisitos generales:

- a) **Granulometría.** La granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A – 1, A – 2, A – 3, A – 4, A – 5, A – 6 y A – 7. Además, el tamaño máximo no podrá ser mayor a 2" o 1/3 del espesor de la capa compactada.



- b) Plasticidad.** Coincidiendo con Montejo (2002), la fracción inferior al tamiz 0.425 mm (No. 40) deberá presentar un límite líquido inferior a 40% y un índice de plasticidad menor a 18%.
- c) Composición química.** La proporción de sulfatos del suelo, expresada como SO_4 no podrá exceder de 0.2% en peso.
- d) Abrasión.** Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, el agregado grueso debe tener un desgaste a la abrasión no mayor a 50%.
- e) Solidez.** Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud mayor o igual a 3000 m.s.n.m., los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio superiores al 18% y en materiales finos superiores al 15%.

La composición química del suelo es importante, ya que, para poder estabilizarse bien, deberá contener poca materia orgánica y estar libre de cantidades apreciables de sales perjudiciales como sulfatos, puesto que, por similitud con el concreto, estos constituyentes dificultan que el suelo estabilizado con cemento adquiera una resistencia y durabilidad adecuadas.

2.11.4.4. Tipos de Mezclas de Suelo y Cemento

Cuando los suelos que abundan en una determinada zona y no cumplen con la granulometría especificada, por exceso o defecto de alguna fracción (fina o gruesa) siempre es posible añadir otro suelo para lograr la mezcla deseada. Por ejemplo, si se diera el caso de un suelo con demasiado contenido de fracciones gruesas y poca o ninguna fracción fina, sería necesario encontrar otro suelo que al contrario tuviera bastante arcilla para determinar la proporción necesaria a añadir al suelo granular. De esta forma se obtiene un nuevo suelo que sí nos cumple con el rango granulométrico (sin exceder los



requisitos de plasticidad) y es apto para obtener unas buenas mezclas que ahora sería, suelo-cemento.

Es primordial definir el grado de mejora que se quiere lograr en el suelo. Antes de aplicar la estabilización con Cemento Portland

Hay dos tipos primarios de mezclas de suelo y cemento según la PCA (1995):

- Suelo-cemento
- Suelo modificado con cemento

Determinar estos tipos o grado de estabilización es importante, debido a que se diferencia, básicamente, en la cantidad de cemento a emplear, ya que este, en resumidas cuentas, es el elemento costoso y fijar su proporción determina la factibilidad técnica y económica del proceso de estabilización.

2.11.4.5. Suelo Estabilizado o Mejorado con Cemento

Se usa en subrasante o explanada y se define como una mezcla de suelo y una cantidad pequeña de cemento, generalmente inferior al 2% en peso, añadida con el fin de mejorar algunas propiedades de los suelos. Al contrario que el suelo-cemento, la mezcla sigue teniendo la estructura de un material suelto, al menos a corto plazo. La mejora o modificación con cemento se usa generalmente con suelos de grano fino, plásticos y a veces con humedades naturales excesivas con dificultades de compactación, expansividad y baja capacidad de soporte. El conglomerante modifica sus características a corto y largo plazo de forma moderada, pasando a ser suelos utilizables.

Por su limitada o nula resistencia mecánica se recomienda su uso en subrasantes de pavimentos de tráfico ligeros y medios. Para el caso de tráfico pesado y de alto volumen, se sugiere colocar una subrasante de mayor capacidad de soporte sobre el suelo



modificado con cemento. Un suelo modificado con cemento es un material de suelo que ha sido tratado con una proporción relativamente pequeña de cemento Portland, menos cemento del que se requiere para producir suelo – cemento endurecido. El objetivo del tratamiento es modificar las propiedades indeseables de los suelos problemáticos o materiales de calidad inferior para que sean adecuados para su uso en la construcción (PCA 2017). Kraemer et al. (2004), indican que los suelos mejorados con cemento, suelen ser los mismos que se encuentran en el trazo del camino. Es una técnica destinada fundamentalmente a conseguir subrasantes de calidad suficiente, aprovechando suelos algo plásticos.

2.11.4.6. Ventajas de un Suelo Estabilizado con Cemento

Se puede utilizar mediante un tratamiento adecuado con cemento. Con el tratamiento se mejorarán las características físicas para que puedan ser aprovechadas. El tratamiento con cemento es uno de los que, con más amplio campo de acción, han dado resultados muy satisfactorios y mayores posibilidades de uso.

En algunas ocasiones, donde los bancos de material adecuado están muy alejados y sea incosteable o muy costosa su explotación, cabe la posibilidad de utilizar económicamente los bancos cercanos mediante tratamientos con cemento. Siempre y cuando el costo de éstos compita con los costos adicionales, esto es, aquéllos que se generan debido a la lejanía de los bancos que no requieren tratamiento; y todavía resulta mucho mejor, si se puede lograr un ahorro substancial tanto en dinero como en tiempos de construcción.

La base o subbase de suelo-cemento ya colocada y endurecida es bastante más rígida que las bases o subbases usuales de grava, lo que le permite transmitir mejor que ellas las presiones de las llantas a la subbase o subrasante dependiendo del tipo de



pavimento. Por presentar mayor rigidez es posible reducir el espesor requerido de los pavimentos tratados para transmitir las presiones aceptables en las capas inferiores. Esta disminución es muy deseable en la construcción de las pistas de los aeropuertos donde por los fuertes impactos que ocasionan las llantas de los aviones en los aterrizajes se requiere que se coloquen espesores considerables de bases granulares.

Ha sido notable su prolongada durabilidad bajo condiciones adversas. Se le ha probado en forma exhaustiva en climas extremos, por lo que se ha usado frecuentemente para pavimentos en lugares con condiciones climáticas muy desfavorables de América, Europa y Asia.

- Es adaptable a todo tipo de suelo, mejora la resistencia y durabilidad, desde las arenas mal gradadas hasta las arcillas altamente plásticas.
- Se pretende mejorar el rendimiento y la capacidad de soporte y carga.
- No requiere un periodo de evolución, las modificaciones son permanentes.
- Tiene un valor ingenieril; bajo costo inicial y fácil de construir.
- Esta estabilización constituye una cimentación económica, fuerte y duradera para un pavimento.
- Reduce la plasticidad/cohesión, mejora la trabajabilidad de los suelos marginales in situ.
- Proporciona una plataforma de trabajo para todo tipo de clima. Soporta muchos ciclos/años de intemperismo y servicio. Es menos susceptible al efecto perjudicial del agua.

2.11.4.7. Desventajas del Estabilizado con Suelo Cemento

Los inconvenientes más notables que presenta el uso de suelo cemento son:



- El diseño y dosificación debe realizarse adecuadamente, puede producir demasiada contracción y agrietamiento que se refleja en las capas de rodadura.
- Se debe de seleccionar adecuadamente el tipo de cemento y realizar el número de pruebas necesarias, antes de pretender construir capas de suelo cemento con suelos de mediana plasticidad.
- Las bases de suelo cemento necesitan de capas de rodadura de concreto asfáltico, tratamientos superficiales, o capas de rodadura de concreto hidráulico.
- Una vez que sea introducido el cemento en el suelo y se hace el humedecido, la colocación y compactación de las capas deben hacerse con gran rapidez para evitar el fraguado anticipado y tener resultados poco satisfactorios.
- Es necesario agilizar y realizar un mayor y mejor control de la construcción en obra que el que se hace utilizando los métodos normales.
- Es necesario el realizar cuidados preventivos para el personal por el daño que puede provocar el constante tocar o aspirar el polvo del cemento.
- La liga entre diferentes capas es dificultosa, y esta genera mayor agrietamiento en los pavimentos flexible.

2.12. MARCO CONCEPTUAL

- **Aditivo estabilizador:** Aditivo químico que, al ser añadido a la masa de suelo, mejora las propiedades físicas y mecánicas de este.
- **Cemento Portland Tipo I:** Tipo de cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales.



- **Estabilización:** Proceso que busca mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos o incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.
- **Explanación:** Producto del movimiento de tierras conformado por cortes y rellenos para obtener la plataforma del camino, hasta el nivel de la subrasante.
- **Índice CBR:** Indicador de la resistencia potencial a la deformación bajo las cargas de tráfico de la subrasante, subbase y material de base de un pavimento.
- **Índice de contracción:** Indica la magnitud del intervalo de humedades entre el límite plástico y el límite de contracción en el cual el suelo posee una consistencia semisólida.
- **Índice de plasticidad:** Indica la magnitud del intervalo de humedades entre el límite líquido y el límite plástico en el cual el suelo posee consistencia plástica.
- **Subrasante:** Superficie obtenida con las explanaciones, sobre la que se apoya la superestructura del pavimento y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito.
- **Suelo:** Capa delgada de material, sobre la corteza terrestre, que proviene de la desintegración y alteración física, química o ambos, de las rocas y de los residuos producto de las actividades de los seres vivos que se asientan sobre ella.
- **Suelo arcilloso:** Conjunto de partículas sólidas con diámetro menor a 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al mezclarse con agua.
- **Suelo arcilloso expansivo:** Tipo de suelo arcilloso que sufre un cambio volumétrico importante cuando experimenta cambios de humedad, es decir,



cuando se humedece sufre fuerte expansión, y cuando se seca se contrae considerablemente.

- **Suelo – cemento:** Material elaborado a partir de una mezcla de suelos finos o granulares, cemento y agua, la cual se compacta y se cura para formar un material endurecido con propiedades mecánicas específicas.
- **Suelo modificado con cemento:** Mezcla de suelo y una cantidad pequeña de cemento, que se añade con la finalidad de mejorar algunas propiedades de dicho suelo, como, reducir cambios volumétricos, incrementar ligeramente el índice CBR o disminuir el índice de plasticidad.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio de investigación es de tipo descriptivo y analítico, este proceso se realizó con el desarrollo de datos de tipo cualitativo y cuantitativo, mediante la recopilación de datos, ensayos de laboratorio y análisis e interpretación de datos obtenidos, para lo cual se realizaron ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado y CBR.

El desarrollo del estudio se basa en el comportamiento de los suelos para la determinación de las condiciones geológicas y geotécnicas, identificación de las posibles deformaciones en el pavimento como consecuencia de un mal estudio geotécnico.

El estudio de investigación se realizó en 5 etapas, manteniendo un orden de importancia, lo cual se organizará la información relevante sobre la construcción de la carretera, como obra de ingeniería, tales como el diseño de pavimento de acuerdo a las condiciones geotécnicas del terreno.

3.2. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.2.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es de tipo descriptivo y analítico, ya que se desarrollaron las características geológicas de las formaciones litológicas in situ y geotécnicas para determinar las características físico-mecánicas del suelo, para lo cual se utilizaron técnicas y procedimientos ya establecidos en otras investigaciones.

3.2.2. Diseño de la Investigación

El diseño de esta investigación sigue los lineamientos y procedimientos establecidos en las Normas Técnicas empleadas para esta investigación (NTP, MTC, ASTM y AASHTO).

3.2.3. Definición de Variables

A continuación, detallaremos los variables y análisis de datos de la presente investigación, detallándola en la siguiente tabla:

Tabla 21. Variables y análisis de los datos obtenidos en la investigación.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	TIPO DE PROCEDIMIENTO	ANÁLISIS DE DATOS
Porcentaje de Cemento Portland Tipo I	Independiente	Estadístico/ inferencial	Se aplica en porcentaje del peso seco de la muestra de suelos a estabilizar, esperando que a mayor porcentaje su influencia sea mayor (mejore las propiedades físicas y mecánicas del suelo), y viceversa.
Índice de Plasticidad	Dependiente	Estadístico/ inferencial	Se cuantifica y evalúa como cambia su valor con la adición del aditivo estabilizador, con respecto al valor obtenido del suelo sin aditivo estabilizador, esperando que su valor disminuya con la adición de un porcentaje mayor del aditivo.
Índice de Contracción	Dependiente	Estadístico/ inferencial	Se cuantifica y evalúa como cambia su valor con la adición del aditivo estabilizador, con respecto al valor obtenido del suelo sin aditivo estabilizador; esperando que su valor disminuya con la adición de un porcentaje mayor del aditivo.
Índice CBR	Dependiente	Estadístico/ inferencial	Se cuantifica y evalúa como cambia su valor con la adición del aditivo estabilizador, con respecto al valor obtenido del suelo sin aditivo estabilizador, esperando que su valor se incremente con la adición de un porcentaje mayor de dicho aditivo estabilizador.

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.



3.2.4. Población, Muestra y Análisis

3.2.4.1. Población

La población es un conjunto reducido o ilimitado con características similares para los cuales las conclusiones de la investigación serán extensas. Esta queda limitada por los objetivos y el problema de la investigación. En la presente investigación, el universo poblacional está constituido por los estratos de suelos de la red vial del tramo III de la carretera Putina – Desvió Ananea, Km 97+000 – Km 104+000.

3.2.4.2. Muestra

Para realizar los ensayos correspondientes se tomaron muestras de suelo-cemento, contenidas a lo largo del tramo en estudio.

3.2.4.3. Análisis

Se analizaron los tipos de suelos identificados en la zona de estudio, con aditivo y sin aditivo estabilizador.

3.2.5. Enfoque del Trabajo

En la presente investigación está basado en modelos aplicados para la estabilización de suelos y los resultados obtenidos a través de los ensayos nos llevan a comparar, analizar y discutir los datos. En consecuencia, se evaluó el comportamiento de las variables dependientes en función de la variable independiente.

3.3. ETAPAS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Etapa de Gabinete I

Etapa de recopilación de información, evaluación de recursos bibliográficos; revisión de la topografía existente y relacionada con el estudio geotécnico, como son:

- Información geotécnica, para el estudio del proyecto.



- Planos existentes de la zona de investigación (regional y local).
- Preparación instrumental de laboratorio y campo para mecánica de suelos.

3.3.2. Etapa de Campo I

- Para la etapa de investigación se realizaron visitas técnicas al área de estudio, con la finalidad de realizar un reconocimiento del área de influencia según los planos existentes.
- Se realizaron identificaciones geológicas en superficie, identificando los afloramientos de las distintas unidades litológicas, en el trazo de la carretera y verificando el mapeo geológico superficial, de los afloramientos y de las unidades litológicas en la localización de la carretera.

3.3.3. Etapa de Campo II

La fase de la investigación de campo consistió en el mapeo geológico y excavaciones de calicatas y consecutivamente se realizaron los ensayos in- situ y toma de muestras para el análisis de laboratorio. En esta etapa se evaluó el estado en que se encuentra la plataforma y los suelos; se evaluó el comportamiento y la presencia de aguas subterráneas y el tráfico; asimismo, se realizaron calicatas en la plataforma existente, con un distanciamiento aproximado una de otra de 500m. Las calicatas se realizaron a una profundidad que oscila entre 0.20m y 1.50m hasta donde es posible la excavación manual en algunas calicatas, lo cual nos permitió identificar sus estratos y sus espesores de gradación, la humedad natural que presenta la plataforma, la plasticidad, elasticidad de los finos y su estado de compacidad. Por lo tanto, se realizaron los siguientes trabajos:

- Reconocimiento del campo a lo largo del eje de carretera, ubicación de calicatas para la ejecución y muestreo de suelos.
- Excavación de calicatas en los márgenes de carretera.

- Toma de muestras de las calicatas preparadas y envío de muestras al laboratorio para los ensayos respectivos de acuerdo a las especificaciones técnicas.



Figura 8. la fotografía muestra movimientos de masa en plataforma.

3.3.4. Etapa de Gabinete II

Con la información obtenida en campo y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos, durante el proceso de investigación se realizó el análisis de los resultados y cálculos de diseño para la ejecución de la red vial, Putina – Dv. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000.

3.3.5. Etapa de Informe Final

Se realizó el análisis de los resultados y cálculos de los diseños obtenidos. La recopilación de datos, toda información obtenida de campo y laboratorio se plasma e interpreta en la elaboración del presente estudio de investigación.



3.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

3.4.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1.1. Etapa de Campo

Primeramente, se realizó el reconocimiento del tramo (área de estudio), para luego pasar a observar las diferentes características geológicas in situ, asimismo, se llevó a cabo la ejecución de actividades en campo y se efectuó la toma de muestras para realizar los respectivos ensayos en laboratorio.

3.4.1.2. Muestreo de Suelos

La toma de muestras de suelos se realizó de manera sistemática, mecánica y manual, de acuerdo a la norma MTC E 101 (muestreo de suelos y rocas), con una descripción para un posterior análisis en laboratorio de mecánica de suelos.

3.4.1.3. Ensayo en Laboratorio

Se realizó una breve descripción a los ensayos de mecánica de suelos que se deben realizar a lo largo de la investigación, lo cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 22. Ensayos de laboratorio realizados en la presente investigación.

ENSAYO	NORMAS TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN
Contenido de Humedad	MTC E 108 ASTM D 2216 AASHTO T 265	Método operativo para determinar el contenido de humedad de un suelo. El contenido de humedad de un suelo, es la relación entre el peso del agua presente al momento de la toma de muestra en campo in situ, al peso de las partículas sólidas del mismo
Análisis Granulométrico	MTC E 107 ASTM D 422 AASHTO T 88	Método para determinar de manera cuantitativa la distribución del tamaño de las partículas de un suelo. También permite determinar los porcentajes de suelo que pasan a través de una sucesión de mallas de abertura cuadrada empleada en el ensayo, hasta el tamiz 75 μ m (N° 200)
Límite Líquido	MTC E 110 ASTM D 4318 ASSHTO T 89	Este es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, de secado en horno, cuando este se halla en el límite entre en estado plástico y el estado líquido
Límite Plástico	MTC E 111 ASTM D 4318 ASSHTO T 90	Es la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de suelos de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desintegren.
Límite de Contracción	MTC E 112 ASTM D 427 ASSHTO T 92	Representa la cantidad de agua necesaria para llenar los vacíos de un suelo cohesivo dado, cuando se halla en su relación de vacíos más baja. Este parámetro puede emplearse para evaluar el potencial de contracción del suelo.
Proctor Modificado	MTC E 115 ASTM D 1557 ASSHTO T 180	Método de prueba establecido para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco del suelo, Compactados en un molde de 4" o 6" de diámetro con un pistón de 10lb, que cae de una altura de 18", produciendo una energía de compactación de 56 000 lbf – pie/pie ³ .
CBR	MTC E 132 ASTM D 1883 ASSHTO T 193	Método de prueba para determinar un índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte, conocido como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realizará para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de sub-base, base y de afirmado de un pavimento.

Fuente: MTC.

3.4.2. Proceso General de la Investigación

FASE I: Obtención y preparación de las muestras de suelo

- Se reconoció el lugar donde se ubica el área de estudio, Km 97+000 – Km 104+000.
- Se pasó a determinar el número de calicatas necesarias a realizar en el área de estudio.
- Luego se obtuvo las coordenadas UTM de cada calicata.
- Se realizó las respectivas calicatas en cada Km indicado, y cumpliendo con la profundidad mínima de 1.50m.



- Seguidamente se realizó la descripción in situ de las calicatas, de esta manera se registró las características de cada una de ella.
- Luego se transportó las muestras representativas de suelo de cada calicata, de acuerdo a la Norma MTC E 104 (conservación y transporte de muestras de suelo), en el caso de las muestras para el ensayo de contenido de humedad natural, se utilizó bolsas herméticas para evitar la pérdida de humedad mientras se las transporte a laboratorio.
- Se prepararon las muestras de suelo de manera adecuada para realizar los ensayos de laboratorio necesarios de acuerdo a las Normas MTC E 105 (obtención en laboratorio de muestras representativas – cuarteo) y MTC E 106 (preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo).

FASE II: Ensayos de laboratorio

- Primeramente, se realizó el ensayo de contenido de humedad natural de las muestras que se tomaron en campo.
- Luego se realizaron los ensayos de análisis granulométrico, limite líquido y limite plástico, con la finalidad de poder clasificar los tipos de suelos que se obtuvieron en campo.
- En esta etapa se seleccionó las muestras de los suelos arcillosos desfavorables (suelos arcillosos con el mayor índice de plasticidad), de acuerdo a su clasificación, para luego aplicar el proceso de estabilización utilizando el cemento Portland Tipo I, como aditivo estabilizador.
- Seguidamente se realizará el ensayo de Proctor Modificado para obtener el contenido de humedad óptima y la densidad seca máxima del Proctor modificado, se procedió a realizar el ensayo de CBR.



3.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos utilizados para el estudio de investigación y directamente para la recolección de datos del tramo en estudio son:

- GPS (Garmin 62S).
- Brújula Tipo Brunton.
- Martillo de Geólogo (Estwing).
- Flexómetro (Stanley).
- Combo.
- Cíncel.
- Bolsa de muestras.
- Libreta de campo.
- Tablero.
- Planos Regionales.
- Plantilla de muestreo.
- Cámara fotográfica (Lumix Panasonic).
- Lápices de color.
- Lápiz rayador de dureza.
- Lápiz imantado.
- Protactor.
- Equipos de Protección Personal (EPPs).

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN

4.1.1. Ubicación Geográfica y Política

Geográficamente la zona de estudio se encuentra en la Cordillera Oriental y parte de la Cordillera de los Andes, su topografía es accidentada y heterogénea, comprende altitudes desde 4200 m.s.n.m. hasta alturas que sobrepasan los 5500 m.s.n.m., tienen suelos erosionados con escasa vegetación y con formaciones ecológicas de paramo húmedo. Geopolíticamente el área del proyecto de investigación se encuentra ubicado en el departamento de Puno, provincia de San Antonio de Putina, distrito de Ananea.

Tabla 23. Ubicación Geográfica del corredor vial PUTINA - DV. ANANEA.

COORDENADAS (UTM)		
ESTE	NORTE	COTA (m.s.n.m.)
407947.00	8351253.00	3891
437435.00	8377066.00	

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza

Políticamente el área o tramo del proyecto se encuentra ubicado en:

Tabla 24. Ubicación Política del área de estudio.

UBICACIÓN POLÍTICA	
DEPARTAMENTO	Puno
PROVINCIA	San Antonio de Putina
DISTRITO	Ananea
LOCALIDADES	Limitada por el norte con la Provincia de Carabaya y la Provincia de Sandia; por el Este con Bolivia; por el Sur con la Provincia de Huancané y por el Oeste con la Provincia de Azángaro

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

4.1.2. Accesos y Distancia

De acuerdo a la clasificación de rutas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la carretera en estudio, forma parte de la Ruta Nacional PE-34H, a la cual se tiene acceso a través de 2 rutas.

Ruta 1: Lima – Camaná – Arequipa – Juliaca.

La principal es a través de la red vial nacional, partiendo de la ciudad de Lima. La accesibilidad al área de ejecución del proyecto se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 25. Accesos y distancia.

TRAMOS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (hrs)	TIPO DE VÍA
Lima – Arequipa	1020	14	Pavimento
Arequipa – Juliaca	254	6	Pavimento
Juliaca – Putina	91	1:30	Pavimento
Putina – Quilcapunco	14	1	Asfalto – Afirmado

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

Ruta 2: Lima – Nazca – Puquio – Abancay – Cusco – Juliaca.

El segundo acceso se desarrolla a través de la carretera Lima – Nazca – Puquio – Abancay – Cusco – La Raya – Juliaca.

Tabla 26. Acceso al proyecto desde LIMA - RUTA 02.

DESDE	HASTA	LONGITUD (Km)
Lima	Nazca	448.2
Nazca	Puquio	157.1
Puquio	Abancay	304.7
Abancay	Cusco	186.6
Cusco	La Raya	155.0
La Raya	Juliaca	181.0
Total		1432.9

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

(VER ANEXO 5: Mapa de Ubicación, Lamina 1)



4.1.3. Hidrología

Los ríos de la zona de estudio nacen a la falda de las cordilleras occidental y oriental, entre los 3800 m.s.n.m. y 4000 m.s.n.m., alimentan sus cursos de agua, principalmente con las precipitaciones estacionales que ocurren en la parte alta, dando origen al régimen de escurrimiento irregular y de carácter torrencioso, concentrándose entre 3 a 5 meses al año, dándose así en los meses de noviembre hasta abril periodo durante el cual se estima que fluye un 60 a 80% del escurrimiento total anual. A lo largo del corredor vial, se pudo apreciar algunas zonas con filtraciones superficiales, incluyendo la insuficiencia en la cantidad y capacidad hidráulica de las alcantarillas existentes.

Asimismo, se ha verificado que el estado de conservación y operatividad de buena parte de las estructuras es deficiente, donde el factor importante que contribuye a la disminución de la capacidad hidráulica de las alcantarillas existentes en el arrastre de maleza y palizada que conducen los cursos de agua, aspecto que se acentúa mayormente en aquella estructura de cruce.

Otro de los aspectos que se ha verificado en campo es la poca existencia de estructuras de drenaje revestidas a lo largo de la vía.

4.1.4. Análisis de Elementos Meteorológicos

4.1.4.1. Precipitaciones Pluviales

La precipitación es de 663mm al año; el mes más seco es julio con 5mm; el mes que tiene las mayores precipitaciones del año es enero con 129mm. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 124mm.



4.1.4.2. Temperatura

Las temperaturas medias varían durante el año en un 10 °C. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -5°C a 17°C y rara vez baja a menos de -7°C o sube a más de 20°C.

La temperatura en algunas noches llega hasta el punto de congelación (heladas), durante las estaciones húmedas los días son más frescos y las noches menos frías.

4.1.4.3. Humedad relativa

La zona de estudio tiene un clima semejante al de cualquier zona de la serranía peruana, con épocas de sequía en los meses de mayo a septiembre y estaciones lluviosas de octubre a abril.

4.2. GEODINÁMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ubicación geográfica del Perú, está al frente de la subducción de la placa de Nazca, la cual es el causante de la actividad sísmica y volcánica, lo cual determina que nuestro país este sujeto a procesos geodinámicos como deslizamientos, derrumbes, huaycos, aluviones, inundaciones, sismo y actividad volcánica.

El sector es susceptible a peligros geológicos por movimientos en masas; derrumbes, deslizamientos y erosión de ladera.

Está formado por sustrato meteorizado, muy fracturado de diferentes competencias y de calidad geotécnica mala; además presenta depósitos de remoción antiguo, ladera de pendiente alta y escasa vegetación. El detonante principal las lluvias intensas y/o excepcionales. También se puede mencionar el evento de tipo derrumbe deslizamiento reptación de suelos y erosión en cárcavas.



El clima es un factor de diferentes variaciones que van desde las precipitaciones debido a la temperatura, humedad y altitud, que influye en el drenaje superficial el cual genera las intensas corrientes de lodo y huaycos; por intenso intemperismo físico-químicos que generan inestabilidades en las masas rocosas y en los diferentes depósitos inconsolidados, la cual pueden afectar el tramo de la carretera en estudio.

4.2.1. Geodinámica Interna

4.2.1.1. Zonificación Sísmica en el Perú

El mapa de zonificación sísmica, base primaria para que el Gobierno del Perú en el año 1997 elabore la norma sismo resistente NTE-030-97.

En la elaboración de este mapa se ha considerado las condiciones regionales de sismicidad que engloban a todos los parámetros sísmicos significativos como son la ubicación de los focos sísmicos, trayectoria de recorrido de las ondas, distancia a epicentro y energía liberada, todo contenido y definidos en términos de la aceleración del suelo producido por los sismos y que son medidos sobre roca o terreno firme; a lo que se agregan las amplificaciones que sufren las ondas sísmicas por las acciones locales.

Según el mapa de zonificación sísmica, la ZONA 1, presenta aquellas áreas en donde el potencial sísmico es bajo y no se espera la ocurrencia de sismos capaces de producir altos valores de aceleración, por lo tanto, en el área de estudio de acuerdo al mapa de riesgos del Instituto Geofísico del Perú, no se observa con frecuencia la existencia de sismos de alta intensidad, si no de muy baja intensidad, por lo que es probable que no existan influencias de proceso geodinámica interna.



4.2.2. Geodinámica Externa

4.2.2.1. Movimientos En Masa

La región de Puno y sus alrededores, presentan condiciones naturales particulares, con laderas susceptibles a movimientos de masas.

Se encuentra en zonas donde los suelos son poco consolidados, que pueden dar a lugar a un grado de erosión, asimismo, la ocupación con viviendas de la ladera ha requerido la modificación de su perfil, generando condiciones de estabilidad muy precarias, que pueden conducir a deslizamientos.

– **Inundaciones.**

Producto de constantes lluvias ocasiona el desborde lateral de los ríos que afecta a diferentes sectores de la provincia de Putina y aledaños, los ríos cubren temporalmente los terrenos bajos adyacentes a sus riberas u orillas, llamadas zonas inundables el cual se produce en el área de estudio cuando existe fuerte precipitaciones pluviales las cuales causan se muestran a continuación.

- Obstrucción del lecho y desvió del agua fuera de su curso normal.
- Acumulación periódica de los materiales del río.
- Invasión de los terrenos dejados por el río.
- Aumento considerable de caudal de los ríos mencionados por intensas precipitaciones pluviales.
- Incremento del nivel de las aguas de un lago o laguna originado por las intensas precipitaciones pluviales.

4.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El área de estudio se identificó cinco unidades geomorfológicas las cuales han sido modeladas por varios factores de los cuales destacan la erosión glacial y fluvial.

Las unidades geomorfológicas identificadas son: montañas, colinas, lomadas, piedemontes, planicies, y depresiones. Estas unidades se subdividen de acuerdo al origen y geometría del relieve (pendiente del terreno), carácter estructural y asociación morfo genética (fluvial, aluvial, glacial y gravitacional), que detallaremos a continuación:

4.3.1. Unidades Geomorfológicas

La parte geomorfológica tiene como finalidad describir las formas del relieve y las condiciones geológicas, geotécnicas y geodinámicas del estudio que se está realizando por lo que en carretera, el material que presenta el área del presente estudio se emplaza en las siguientes unidades geomorfológicas locales.

4.3.1.1. Montañoso

- **Montañas de Fuerte Pendiente:** Muestran laderas de pendientes pronunciada a fuerte (por encima de los 40°), litológicamente formada en rocas metamórficas (pizarra, filita y arenisca). Los movimientos en masa, generalmente se dan por caídas de rocas, derrumbes (que pueden involucrar material glacial) y deslizamiento.
- **Montañas de Moderada Pendiente:** Presenta laderas con pendientes entre 15° y 40°, litológicamente asociadas a rocas volcánicas. Los movimientos en masa que pueden presentarse están asociadas a caídas de rocas y derrumbes.
- **Montaña Estructural:** Asociada generalmente a rocas sedimentarias, estructuralmente se presenta como alimentos o secuencias estratificadas



plegadas, formando cuestras y espinazos. Se asocian generalmente a caídas de rocas, derrumbes, vuelcos, deslizamientos traslacionales, erosión de laderas y reptación de suelos.

4.3.1.2. Colinas y Lomadas

Son elevaciones menores que limitan las regiones planas, se presentan también como alineaciones estructurales de topografía suave y abrupta.

También se presentan geomorfos positivas que caracterizan por presentar perfiles suaves y alturas más o menos uniformes, litológicamente están compuestas por rocas sedimentarias de areniscas cuarzosas, lodolitas, calizas y sus laderas cubiertas por materiales cuaternarios.

4.3.1.3. Piedemonte

Son acumulaciones de materiales inconsolidados que se encuentran en la zona de unión entre las planicies y montañas, el piedemonte generalmente se presenta en superficies ligeramente inclinadas, con depósitos que descienden hacia las llanuras fluvio-glaciares, aluviales y valles.

4.3.1.4. Abanico aluvial

Abanicos o conos de deyección de grandes dimensiones asociados a grandes flujos de detritos, avalancha de detritos canalizados, aluviones o huaycos; asociados a rupturas de diques morreicos o desembolses de lagunas glaciares. En el área se ubica esta geoforma denominado Pampa de Parinani. Estas geoformas están asociadas a erosión fluvial y derrumbes en sus márgenes.



4.3.1.5. Planicie (S-PL)

Son superficies extensas, las cuales se encuentran en el entorno del área de estudio, la cual litológicamente están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas lo cual se distinguen las siguientes subunidades:

- **Planicie Aluvial Alta o Terraza Alta:** Terrazas adyacentes, encima de la llanura de inundación fluvial, son extensas y llanas. Asociadas litológicamente a depósitos aluviales en formas de terrazas con alturas no mayores a los 10m. En el área se localizan en ambas márgenes de la carretera y están expuestas a erosión fluvial, derrumbes en sus márgenes e inundaciones relacionadas a lluvias excepcionales y/o eventos antrópicos. Litológicamente se agrupan en las Formaciones Vilquechico, Muñani, Cotacucho, Azángaro y Depósitos Cuaternarios.
- **Llanura o Planicie Inundable:** Superficies adyacentes a los ríos principales susceptibles a inundaciones periódicas y/o excepcionales, terrenos llanos compuestos por materiales no consolidados fluviales y aluviales (terrazas bajas), las cuales se agruparán litológicamente en las Formaciones de Cotacucho, Muñani y Azángaro.
- **Quebradas:** Presentan valles en U, en las partes altas y que se ensanchan progresivamente hacia las penillanuras, asimismo, en estas unidades se observan pampas moderadamente no muy extensas, que conforman áreas de suave relieve con una superficie plana y está compuesta por sedimentos coluviales, aluviales y de material cuaternario.
- **Zonas de Pampas:** Amplias llanuras que se caracterizan en el área de estudio por planicies ligeramente onduladas por donde se realiza el mantenimiento de la carretera Putina - Dv. Ananea, Km 97+000 – Km 104+000.



4.3.1.6. Fluvial

Comprende los depósitos actuales de cantos rodados que están compuestos por gravas y arenas ubicadas en los lechos de los ríos, estos depósitos se asocian a zonas con variaciones de flujo de caudal de los ríos.

Los sedimentos producto del tránsito aguas abajo que se activan durante las lluvias y son importantes como fuente de material de construcción no consolidado movable.

- **Depósitos Aluviales (Qh-al):** La zona de estudio presenta estos depósitos los cuales son materiales recientes que han sido erosionadas y transportadas por escorrentías y depositadas a poca distancia de su lugar de origen, estos depósitos están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas no consolidadas, todos ellos conforman sedimentos coluviales.
- **Deposito Coluvial (Qh-co):** Estos depósitos se formaron por acción de la gravedad, produciendo intemperismo y alteración de las rocas existentes, disoluciones de los materiales origen orgánico e inorgánico que se dan por procesos químicos de meteorización.

4.3.1.7. Antrópico

Esta unidad se caracteriza por los cambios que sufrió el relieve, provocadas por las manos del hombre, lo cual fueron depredadas y remodeladas construyendo viviendas, caminos de herradura, carreteras afirmadas, carreteras asfaltadas, etc.

- **Vías de Comunicación Local:** En la zona de estudio se pudieron apreciar vías de comunicación, las trochas carrozables las cuales comunican a las comunidades existentes en la zona para unirse estas posteriormente a la carretera principal.



- **Viviendas Comunes:** Se denomina así a las viviendas que se pudieron apreciar a lo largo de la carretera en conservación, lo cual se presentan en ambos márgenes y ubicadas también al pie de las montañas.

(VER ANEXO 5: Mapa Geomorfológico Local, Lamina 5)

4.4. GEOLOGÍA LOCAL

La zona de estudio carretera Putina - Dv. Ananea del Km 97+000 – Km 104+000, se han identificado las formaciones litológicas del tramo en estudio los cuales presenta Depósitos Aluviales (Q-al) constituidos por gravas y arcillas inconsolidadas de granos de formas sub-redondeados; depósitos residuales constituidos de gravas, arenas y limos con fragmentos de formas angulosas. En el área de estudio afloran rocas sedimentarias cuyas edades están comprendidas entre el mesozoico hasta la edad reciente. Las rocas sedimentarias en el área de estudio se encuentran presentes en un porcentaje mayoritaria como se puede observar en los cerros de Cala Cruz, Pichacani, Huertacucho y Qaquen de color gris parduzco, cuyas rocas están bien cristalizadas y se observan grandes bloques.

4.4.1. Mesozoico-Cretáceo

4.4.1.1. Formación Huancané

La presente formación se expone una sección en el cerro Cala Cruz y en el cerro Llache, con potencia estimada entre 100m a 200m con un buzamiento que varían entre 30°C y 60°C, que tiene la forma de espinazos lineales. La formación es dividida en tres unidades litológicas, con bancos de conglomerado, areniscas cuarzosas con estratificación cruzada y areniscas lajosas de color gris parduzca.



4.4.1.2. Formación Vilquechico (Ks-vi)

Circunscrita solamente a la Cordillera Oriental a su facie sedimentaria; se ubica entre los cuadrángulos de Moho, Huancané, Azángaro y Nuñoa. Que consta de: areniscas cuarzosas de grano fino a medio, redondeados, blanquecina con laminación cruzada; lutitas y fangolitas que varían de marrón rojizo a caqui, gris verdoso purpura a negro, aunque el color no es indicador estratigráfico, los tonos rojos y verde de los sedimentos son los que denominan la mitad inferior de la secuencia y el tono caqui en la mitad superior, casi toda la secuencia tiene una laminación muy fina y las fangolitas intemperizadas se presentan como pequeños bloques.

4.4.1.3. Formación Muñani (P-mu)

Esta formación se encuentra en el cerro de Huertacucho aproximadamente de unos 30m de espesor, constituido de areniscas anaranjados a marrón rojizo friables de grano grueso a fino con estratificación cruzada de canal y con desarrollo irregular de cuarzo secundario en algunos lugares la arenisca se halla completamente recristalizada a una cuarcita purpura azulina. También presenta intercalaciones subordinadas de limolita de color marrón rojizo de más de 10mts de espesor. Sus afloramientos se ubican de forma muy dispersa en la zona central de la región, reposando concordantemente sobre la Formación Vilquechico, conformado por areniscas rojas, arcosas, esta se observa de textura suave, de tonos gris claros, presenta una escasa vegetación, drenaje dendrítico. También se observa pequeñas partes de la formación en el Cerro Uchuyorcco.

4.4.2. Carbonífero

4.4.2.1. Grupo Ambo (Ci-a)

Se conforma de una base de lutitas grises oscuras a negro violáceas seguidas de un paquete de areniscas cuarzosas grises a beige, intercalados con niveles finos de



limolitas. En el techo, pueden observarse olistolitos y slumping. Se observa aflorando en el tramo III. Km 97+000 – Km 104+000.

4.4.3. Pérmico

4.4.3.1. Grupo Copacabana (Pi-co)

Se encuentra conformada por secuencias carbonatadas dentro de las que se pueden encontrar calizas espáticas, dolomitas, algunos niveles de lutitas y calizas silicificadas en bancos de color gris oscuro, gris violáceo y gris azulado. Hacia el tope se observa alternancia con areniscas, cambiando de color a rojizo. Esta unidad aflora en el tramo III, Km 97+000 – Km 104+000.

4.4.3.2. Grupo Mitu (PsT-mi)

En esta unidad aflora en la zona de estudio y puede diferenciarse 2 secuencias: la secuencia inferior es predominantemente sedimentaria y se compone de areniscas con algunos niveles de conglomerados de color rojizo; la secuencia superior presenta facies volcánicas entre las que encontramos derrames de lavas andesíticas, tobas riolíticas y depósitos vulcano-clásticos, en capas de color gris, rosado o verde.

4.4.5. Plioceno

4.4.5.1. Formación Azángaro (NQ-az)

Esta formación presenta depósitos fluviales del río Azángaro que corresponde al mismo río de Putina y está compuesta por estratos poco densos de areniscas finas y limolitas de color pardo a rojizo en bancos de 30 a 40cm. La estratificación es sub horizontal, donde las características sedimentarias de esta formación indican un ambiente fluviolacustre y de llanura de inundación.

Los depósitos aluviales son como producto de la meteorización y erosión de los afloramientos y/o depósitos antiguos que han sido trasladados constantemente por la

corriente de ríos principales y permanentes en las artes bajasen forma de terrazas, constituidas por gravas arenosas y gravas arena limosas, mal graduadas inconsolidadas con fragmentos redondeados a sub redondeados con matriz arenosa como se puede observar a lo largo del río de Ayrampuni.

Tabla 27. Columna estratigráfica local.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRAESTIGRÁFICA		DESCRIPCIÓN
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Dep. Lacustrino Reciente	Qh-pa	Limo y arenas.
			Dep. Fluvial	Ch-ll	Gravas, arenas redondeadas bien clasificados.
			Dep. Aluvial 1	Qh-al1	Gravas subangulosas a subredondeadas mal clasificado en una matriz arena limosa.
			Fm. Azángaro	NQ-az	Limos y arenas de grano fino, en capas delgadas, poco consolidadas.
	NEÓGENO				
	CRETÁCEO	SUPERIOR	Fm. Vilquechico	Ks-vi	Limolitas gris verdosas a gris oscuras y pardo amarillentas laminadas con niveles de arenisca cuarzosa blanquecina.
MESOZOICO	CRETÁCEO JURÁSICO	INFERIOR	Fm. Huancané	Kl-hn	Areniscas cuarzosas, grano fino a medio en capas medianas, de color blanquecino a rosáceo, con estructuras de estratificación sesgada.
		SUPERIOR	Fm. Muni	JsKl-mu	Lodolitas rojas a brunáceas en capas delgadas con niveles de areniscas rojizas de grano grueso.
	PÉRMICO	SUPERIOR	Grpo. Mitu	Ps-mi	Conglomerados predominantes líticos de calizas en una matriz arenisca de grano grueso.

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza

(*VER ANEXO 5: Mapa Geológico Local, Lamina 3*).

4.4.6. Geología del Lugar

El material existente en estas canteras se encuentra como material aluvial, cuyo origen es el río Ticani, se pudo observar en los márgenes de dicho río terrazas



discontinuas con un promedio de 0.95m de potencia constituida de capas lenticulares de arena y grava. En ciertas capas de la terraza se distinguen conglomerados cuya materia aglutinante es la arena.

La arena por su constitución litológica está formada por granos heterogéneos, así mismo, presenta granos de forma redondeada, angulares y se hallan constituida de los siguientes minerales: feldespatos, cuarzo, ferromagnesianos, arcillas y óxidos de fierro. También encontramos ligeramente la presencia de material orgánico en la superficie.

La grava en su litología y tamaño es completamente heterogénea, porque está constituida de tufos volcánicos de variados colores presentando un proceso avanzado de meteorización.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECANICOS DEL TERRENO

Las características físico- mecánicas del área de estudio se evaluaron geotécnicamente para determinar las características de los materiales existentes, lo cual se realizaron calicatas cada 250m de longitud y a una profundidad de 1.50m, desde la superficie del terreno existente, que se determinaran los tipos de suelos que se presentan a lo largo del tramo en estudio.

Por lo tanto, no todos los suelos tienen la capacidad de resistir la carga que impone cualquier tipo de estructura, esto se debe tratar de evitar para los suelos débiles, sueltos o expansivos y mejorar la calidad del suelo, por lo tanto, se realizaron las calicatas correspondientes, las estratigrafías que se realizaron en el tramo de estudio y poder realizar el mejoramiento o aporte necesario del suelo a estabilizar:

5.1.1. Caracterización del suelo natural: Ensayos físicos y mecánicos.

A fin de caracterizar el material se procederá a realizar los ensayos en estado natural de igual manera se realizará los ensayos en la base estabilizada con cemento. Los cuales realizaremos ensayos que determinaran las propiedades de los suelos.

Para realizar los ensayos se tomará muestra de la vía en mantenimiento, las cuales serán tomadas del mismo acopio y realizar los ensayos, tanto en estado natural y en la adición de cemento. En este caso se realizó la descripción de las calicatas y las características de los materiales que conforman el suelo existente para esto se desarrolló los respectivos controles de calidad de los materiales extraídos de las calicatas del tramo, km 97+000 – km 104+000.



5.1.2. Ensayos realizados en laboratorio.

- ✓ **Contenido de humedad:** una vez realizada la calicata se procedió a secar la muestra para obtener las humedades naturales del terraplén, las humedades mayores a la humedad optima, en este caso no serán aceptables ya que no se dará la condición adecuada para la compactación según los métodos constructivos según las especificaciones técnicas.
- ✓ **Límites de consistencia:** para la realización de este ensayo tomaremos 200 a 300 gr de material aproximado, se realizó el proceso de tamizado mediante la malla o tamiz de 0.425mm (N°40). Seguidamente pasamos a saturar el material durante 24 horas, a realizar los ensayos mediante la copa Casagrande y el vidrio, de las diferentes muestras obtenidas en tramo, los suelos existentes a lo largo de la carretera están conformados por grava, grava mal graduada, limo arcillas de mediana plasticidad, limo arenoso de baja plasticidad, a continuación, visualizaremos los resultados obtenidos en laboratorio.

Tabla 28. Resultados de la clasificación del material natural.

Ubicación					HUMEDAD NATURAL %	LIMITES DE CONSISTENCIA %		
Progresiva	Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Lado		LL	LP	I P
Km. 97+000	C-14	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		6.8	26	22	4
		M-3	0.10 - 1.50		7.8	29	20	9
Km. 97+500	C-15	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		5.6	25	20	5
		M-3	0.10 - 0.40		8.1	27	20	7
		M-4	0.40 - 1.50		9.7	37	27	10
Km. 98+000	C-16	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		7.1	24	20	4
		M-3	0.10 - 1.50		9.4	29	20	9
Km. 98+500	C-17	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		6.9	25	21	4
		M-3	0.10 - 0.30		8.3	37	30	7
		M-4	0.30 - 1.50		10.1	36	29	7
Km. 99+000	C-18	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.12		5.3	25	21	4
		M-3	0.12 - 0.50		7.7	29	22	7
Km. 99+500	C-19	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		7.0	25	20	5
		M-3	0.10 - 0.30		8.9	29	20	9
		M-4	0.30 - 1.50		9.7	37	25	12
Km. 100+000	C-20	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.12		6.4	23	19	4
		M-3	0.12 - 0.60		7.5	28	21	7
		M-4	0.60 - 1.50		9.5	38	27	11
Km. 100+500	C-21	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		5.8	24	20	4
		M-3	0.10 - 0.70		9.0	27	21	6



Km. 101+000	C-22	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		6.1	24	20	4
		M-3	0.10 - 150		10.0	29	23	6
Km. 101+500	C-23	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		5.3	25	20	5
		M-3	0.10 - 0.60		9.4	37	25	12
Km. 102+000	C-24	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		6.8	25	20	5
		M-3	0.10 - 1.50		8.3	33	26	7
Km. 102+500	C-25	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		7.0	23	19	4
		M-3	0.10 - 0.25		7.4	28	21	7
		M-4	0.25 - 1.30		10.0	37	26	11
Km. 103+000	C-26	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		5.8	24	20	4
		M-3	0.10 - 0.60		8.6	27	20	7
		M-4	0.60 - 1.50		9.9	28	20	8
Km. 103+500	C-27	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		6.0	25	21	4
		M-3	0.10 - 0.90		7.9	28	21	7
		M-4	0.90 - 1.50		8.3	34	22	12
Km. 104+000	C-28	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		6.6	24	20	4
		M-3	0.10 - 0.40		9.3	26	21	5
		M-4	0.40 - 1.50		7.5	38	32	6

Fuente: laboratorio Iccgsa.(Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A)

- Los resultados obtenidos de las diferentes calicatas N° 19, km 99+500, calicata N° 25, km 102+500 y calicata N° 27, km 103+500, nos muestran resultados fuera de los parámetros indicados en las especificaciones técnicas con IP de 12%, 11% y 12% respectivamente a fin de obtener el máximo permisible para la estabilización con cemento es 10%.
 - De la misma manera se obtuvo los siguientes resultados de las humedades naturales en el suelo existente y fueron en promedios de 5.3%, 8.5% y 10.1% respectivamente siendo estas aceptables ya que el terreno existente varía en razón del tipo de suelo.
- ✓ **Análisis granulométrico por tamizado:** para realizar este ensayo se secó y lavo la muestra y poder realizar este ensayo, la finalidad de este ensayo es determinar la gradación y/o distribución del tamaño de partículas del suelo existente, se empleó la balanza con sensibilidad de 0.01gr para materiales pasantes del tamiz

4.760mm (N° 4) y con sensibilidad de 0.1gr para materiales retenidas del tamiz (N° 4).

Tabla 29. Análisis granulométrico del tramo en estudio Km 97+000 – Km 104+000.

Ubicación					Porcentaje de Material Retenido						
Progresiva	Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Lado	3/4"	3/8"	N°04	N° 10	N° 40	N° 100	N° 200
Km. 97+000	C-14	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		8.6	11.8	18.8	3.5	2.3	5.7	4.6
		M-3	0.10 - 1.50		1.5	0.8	1.5	1.5	9.2	0.6	0.5
Km. 97+500	C-15	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		8.1	10.8	14.5	4.9	3.5	8	6.4
		M-3	0.10 - 0.40		4.1	9.4	2.9	0.8	2.6	0.3	5.4
		M-4	0.40 - 1.50		1.6	1.4	0.3	1	1.7	1.1	1.2
Km. 98+000	C-16	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		8	10.5	13.2	3	3.8	8.3	7.3
		M-3	0.10 - 1.50		2.4	1.5	0.4	0.5	2.6	9.6	21.3
Km. 98+500	C-17	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		8.6	11.3	13.1	3.2	3.6	6.3	6.7
		M-3	0.10 - 0.30		0.7	0.1	0	0.1	1.2	3.4	7.9
		M-4	0.30 - 1.50		0	0	0	0	1.7	17.4	15.4
Km. 99+000	C-18	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.12		8.6	13.2	14.8	2.7	2.6	5	4.5
		M-3	0.12 - 0.50		1.8	4.7	1.1	0.7	3.3	1.9	3.4
Km. 99+500	C-19	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		6.5	9.4	11.4	4.5	3.5	6.5	4.9
		M-3	0.10 - 0.30		0.8	3.3	0.3	0.8	3.3	3.3	0.7
		M-4	0.30 - 1.50		0	0	0	0.4	0.2	0.2	0.6
Km. 100+000	C-20	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.12		7.5	14.1	15.6	3.6	2.7	6.2	4.9
		M-3	0.12 - 0.60		7.6	11.9	2.9	1.3	5.5	8	6.8
		M-4	0.60 - 1.50		1.7	0.8	0	0.2	1.7	1.8	1.3
Km. 100+500	C-21	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		6.6	8.8	12.2	3.8	3.7	6.8	5.3
		M-3	0.10 - 0.70		5.7	11.5	2.2	1.9	6.3	5.2	5.3
Km. 101+000	C-22	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		5.6	7.7	11	4.1	4.2	5.5	5.8
		M-3	0.10 - 150		4.7	3.9	1.6	1.3	5.2	1.3	5.1
Km. 101+500	C-23	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		7.4	10	12	1.8	5.1	6	5.3
		M-3	0.10 - 0.60		4	1.8	0.1	0.9	6.8	4.1	3.3
Km. 102+000	C-24	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		9.6	9.5	12	1.3	5.7	8.5	6.9
		M-3	0.10 - 1.50		4.4	5.2	1.5	0.6	4.1	4.8	1.1
Km. 102+500	C-25	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		8	7.8	14.7	2.7	6.2	8.8	6.4
		M-3	0.10 - 0.25		4.6	5.1	1.4	0.7	3.4	2.9	2.6
		M-4	0.25 - 1.30		0	0.5	0	0.2	0.9	1.5	1.5
Km. 103+000	C-26	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		10.5	11.2	6.2	1.3	6.2	6.2	5.5
		M-3	0.10 - 0.60		3	8.9	2.1	1.3	7.4	9	9.1
		M-4	0.60 - 1.50		1.7	8.5	2.8	1.9	7.3	6	4.7
Km. 103+500	C-27	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		7.6	10.4	10	2.3	7.6	7.3	8.3
		M-3	0.10 - 0.90		3.3	5.5	3	1.5	4.9	5.7	4.4
		M-4	0.90 - 1.50		0	0	0	0	0.1	1.3	1.5
Km. 104+000	C-28	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	0.018 - 0.10		9.2	12.8	12	2	3.3	4	7.5
		M-3	0.10 - 0.40		1.3	2.3	1.3	1.1	4.4	3.9	3.3
		M-4	0.40 - 1.50		0.6	1.5	1.7	0.4	2.1	5.8	9.2

Fuente: laboratorio Iccgsa (Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A)

- ✓ **Clasificación de suelos por métodos SUCS y AASHTO:** la clasificación que se obtuvo en el laboratorio de suelos nos ayudó a dar la clasificación de tipos de suelos por el tamaño de partículas que el sistema de clasificación de los suelos (SUCS), y los diferentes términos simbólicos que se mostraron en los ensayos.

Tabla 30. Resultados de clasificación SUCS y AASHTO, suelo natural.

Ubicación					CLASIFICACION		Descripción del material
Progresiva	Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Lado		AASHTO	
Km. 97+500	C-15	M-1	0.00 - 0.018	L-DER			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla limo arenoso de baja plasticidad
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 0.40		ML	A-4	
		M-4	0.40 - 1.50		ML	A-4	
Km. 98+000	C-16	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ			material gravoso y limoso mal graduado, con mezcla de grava, arena y limo arcilla limosa de baja plasticidad
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GP	A-1-b	
		M-3	0.10 - 1.50		CL	A-4	
Km. 98+500	C-17	M-1	0.00 - 0.018	L-DER			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla limo arenoso de baja plasticidad
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 0.30		ML	A-4	
		M-4	0.30 - 1.50		ML	A-4	
Km. 99+000	C-18	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla limo arenoso de baja plasticidad
		M-2	0.018 - 0.12		GM-GC	A-1-a	
		M-3	0.12 - 0.50		ML	A-4	
Km. 99+500	C-19	M-1	0.00 - 0.018	L-DER			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla arcilla limosa de baja plasticidad
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 0.30		CL	A-4	
		M-4	0.30-1.50		CL	A-6	
Km. 100+000	C-20	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ			material gravoso y limoso mal graduado, con mezcla de grava, arena y limo, arcilloso con mezcla de grava, arena limo arenoso de baja plasticidad
		M-2	0.018 - 0.12		GM-GP	A-1-a	
		M-3	0.12 - 0.60		GM-GC	A-2-4	
		M-4	0.60 - 1.50		ML	A-6	
Km. 100+500	C-21	M-1	0.00 - 0.018	L-DER			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 0.70		GM-GC	A-1-b	

Km. 101+000	C-22	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 1.50		ML	A-4	limo arenoso de baja plasticidad
Km. 101+500	C-23	M-1	0.00 - 0.018	L-DER			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 0.60		CL	A-6	limo arenoso de baja plasticidad
Km. 102+000	C-24	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 1.50		ML	A-4	limo arenoso de baja plasticidad
Km. 102+500	C-25	M-1	0.00 - 0.018	L-DER			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 0.25		GM-GC	A-2-4	
		M-4	0.25 - 1.30		ML	A-6	limo arenoso de baja plasticidad
Km. 103+000	C-26	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	
		M-3	0.10 - 0.60		SM-SC	A-2-4	arenoso, limoso y arcilloso, con mezclas de arena, limo y arcilla.
		M-4	0.60 - 1.50		GC	A-2-4	grava y arena arcillosa
Km. 103+500	C-27	M-1	0.00 - 0.018	L-DER			material gravoso y limoso mal graduado, con mezcla de grava, arena y limo
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GP	A-1-b	
		M-3	0.10 - 0.90		SM-SC	A-2-4	arenoso, limoso y arcilloso, con mezclas de arena, limo y arcilla.
		M-4	0.90 - 1.50		CL	A-6	limo arenoso de baja plasticidad
Km. 104+000	C-28	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ			material gravoso, limoso y arcilloso con mezcla de grava, arena, limo y arcilla
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-a	
		M-3	0.10 - 0.40		ML	A-4	limo arenoso de baja plasticidad
		M-4	0.40 - 1.50		ML	A-4	

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

- Los resultados que se obtuvieron se clasificaron según como se presentan los suelos existentes a profundidades variables de 0.10 y llegar a los 1.50 m, y se pudo notar que contamos con suelos aptos para realizar la estabilización de suelos con el cemento. Por consiguiente, los suelos se presentan alternados con diferentes simbologías (GM-GC, ML, CL, SM-SC, GM-GP), por lo tanto, no presenta riesgo de inestabilidad en la estructura del terraplén o terreno existente.
- ✓ **Proctor modificado:** este ensayo tiene como propósito determinar la compactación de los suelos y la finalidad de determinar la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptima del suelo existente, el material extraído de las calicatas será procesado mediante los ensayos de laboratorio.

Tabla 31. Proctor modificado resultados obtenidos de las calicatas.



Ubicación					HUMEDAD OPTIMA %	Proctor γ max Tn/m ³
Progresiva	Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Lado		
Km. 97+000	C-14	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 1.50			
Km. 97+500	C-15	M-1	0.00 - 0.018	L-DER		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.40			
		M-4	0.40 - 1.50			
Km. 98+000	C-16	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 1.50			
Km. 98+500	C-17	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	7.03	2.101
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.30			
		M-4	0.30 - 1.50		11.77	1.893
Km. 99+000	C-18	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ		
		M-2	0.018 - 0.12			
		M-3	0.12 - 0.50			
Km. 99+500	C-19	M-1	0.00 - 0.018	L-DER		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.30			
		M-4	0.30 - 1.50			
Km. 100+000	C-20	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ		
		M-2	0.018 - 0.12			
		M-3	0.12 - 0.60			
		M-4	0.60 - 1.50			
Km. 100+500	C-21	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	6.78	2.081
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.70		7.49	2.050
Km. 101+000	C-22	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 1.50			
Km. 101+500	C-23	M-1	0.00 - 0.018	L-DER		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.60			
Km. 102+000	C-24	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 1.50			
Km. 102+500	C-25	M-1	0.00 - 0.018	L-DER	6.46	2.106
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.25			
		M-4	0.25 - 1.30		10.87	1.936
Km. 103+000	C-26	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.60			
		M-4	0.60 - 1.50			
Km. 103+500	C-27	M-1	0.00 - 0.018	L-DER		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.90			
		M-4	0.90 - 1.50			
Km. 104+000	C-28	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ		
		M-2	0.018 - 0.10			
		M-3	0.10 - 0.40			
		M-4	0.40 - 1.50			

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza (laboratorio Iccgsa).

- Los resultados que se obtuvieron del ensayo de Proctor modificado su máxima densidad seca es en promedio de 2.027 y una humedad optima de 8.4%, los resultados obtenidos nos permiten llegar a la conclusión de su capacidad de drenaje aceptable.



- ✓ **C.B.R:** El C.B.R, nos da la posibilidad de sustentar la capacidad de soporte de un cimiento, de esta manera determinar el espesor necesario para la estructura de una carretera, por lo tanto, el ensayo consiste en determinar la presión necesaria para que un embolo de 4.96cm de diametro o de 3pulg2 de área penetrada un determinado número de milímetros a una velocidad constante de 1.27mm por minuto, en una probeta de 15cm (6pulg) de diametro y 12.5cm (5 pulg) de altura. El peso que se agregara a la superficie de la probeta de ensayo con la finalidad de simular las sobrecargas debido al peso de la estructura vial.

Tabla 32. Resultado de C.B.R de suelo natural.

Ubicación					CLASIFICACION		HUMEDAD OPTIMA %	Proctor γ max Tn/m3	CBR 0.1"	
Progresiva	Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Lado	SUCS	AASHTO			95%	100%
Km. 97+000	C-14	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-a				
		M-3	0.10 - 1.50		CL	A-4				
Km. 97+500	C-15	M-1	0.00 - 0.018	L-DER						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b				
		M-3	0.10 - 0.40		ML	A-4				
		M-4	0.40 - 1.50		ML	A-4				
Km. 98+000	C-16	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GP	A-1-b				
		M-3	0.10 - 1.50		CL	A-4				
Km. 98+500	C-17	M-1	0.00 - 0.018	L-DER						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	7.03	2.101	20.00	31.10
		M-3	0.10 - 0.30		ML	A-4				
		M-4	0.30 - 1.50		ML	A-4	11.77	1.893	6.50	13.10
Km. 99+000	C-18	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ						
		M-2	0.018 - 0.12		GM-GC	A-1-a				
		M-3	0.12 - 0.50		ML	A-4				
Km. 99+500	C-19	M-1	0.00 - 0.018	L-DER						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b				
		M-3	0.10 - 0.30		CL	A-4				
		M-4	0.30 - 1.50		CL	A-6				
Km. 100+000	C-20	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ						
		M-2	0.018 - 0.12		GM-GP	A-1-a				
		M-3	0.12 - 0.60		GM-GC	A-2-4				
		M-4	0.60 - 1.50		ML	A-6				



Km. 100+500	C-21	M-1	0.00 - 0.018	L-DER						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	6.78	2.081	23.00	30.80
		M-3	0.10 - 0.70		GM-GC	A-1-b	7.49	2.050	20.40	28.90
Km. 101+000	C-22	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b				
		M-3	0.10 - 150		ML	A-4				
Km. 101+500	C-23	M-1	0.00 - 0.018	L-DER						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b				
		M-3	0.10 - 0.60		CL	A-6				
Km. 102+000	C-24	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b				
		M-3	0.10 - 1.50		ML	A-4				
Km. 102+500	C-25	M-1	0.00 - 0.018	L-DER						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b	6.46	2.106	25.20	36.50
		M-3	0.10 - 0.25		GM-GC	A-2-4				
		M-4	0.25 - 1.30		ML	A-6	10.87	1.936	7.60	14.70
Km. 103+000	C-26	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-b				
		M-3	0.10 - 0.60		SM-SC	A-2-4				
		M-4	0.60 - 1.50		GC	A-2-4				
Km. 103+500	C-27	M-1	0.00 - 0.018	L-DER						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GP	A-1-b				
		M-3	0.10 - 0.90		SM-SC	A-2-4				
		M-4	0.90 - 1.50		CL	A-6				
Km. 104+000	C-28	M-1	0.00 - 0.018	L-IZQ						
		M-2	0.018 - 0.10		GM-GC	A-1-a				
		M-3	0.10 - 0.40		ML	A-4				
		M-4	0.40 - 1.50		ML	A-4				

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

- El ensayo del C.B.R, se realizó cada 2000m, las cuales están entre 28% y 30% y según las especificaciones técnicas, cabe señalar que para que el material se califique como base debe cumplir con un valor de C.B.R, superior al 56 %.

Los resultados que se obtuvieron a nivel del terreno existente del tramo en estudio km 97+000 – km 104+000, los resultados se encuentran en un rango aceptable para realizar la estabilización con cemento según las especificaciones técnicas de la EG-2013. Las cuales se presentan suelos alternados de arcillas limosas (CL-ML), arenas limosas (SM-SC), grava arcillosa (GC), Material gravoso limoso y arcilloso, con mezclas de grava, arena, limo y arcilla (GM-GS), con un CBR de 28% y 30% por lo tanto el terreno es trabajable, así mismo presenta una humedad aceptable y realizar la estabilización a



profundidades de 0.1 a 1. 50m del nivel freático por lo tanto el terreno existente no presenta riesgo de inestabilidad de la estructura de la carretera.

5.2. CARACTERÍSTICAS GEOMECAICAS DE CANTERAS

Uno de los principales objetivos del presente trabajo de investigación es la de ubicar y determinar las propiedades físico-mecánicas del material granular para terraplén, subrasante, fuentes de agua y botaderos que puedan abastecer durante la construcción de la carretera del corredor vial Putina – Dv. Ananea Tramo III, Km 97+000 al Km 104+000. De lo cual se han realizado ensayos de granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, Proctor modificado.

5.2.1. Canteras Asumidas para el Pavimento

Los requisitos de calidad que debe cumplir los materiales, están debidamente detallados en el MTC, para la construcción de terraplenes, afirmados, bases y sub-bases granulares, por lo tanto, los materiales que se agregaron para la conformación del terraplén existente y mejorar los materiales naturales y/o existentes procedentes de excavación o canteras clasificadas.

En tal caso, las partículas de los agregados serán, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o frágiles y sin material orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales; sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar el material.

En total se localizaron tres (3) zonas de canteras, las que se indican a continuación:

Tabla 33. Explotación de canteras.

N°	NOMBRE DE CANTERA	UBICACIÓN (Km)	EXPLOTACIÓN	USOS	TRATAMIENTO	TIPO DE MATERIAL
01	Ticani I	105+120	Excavadora, cargador frontal, volquete	TE	Z, M	Relleno, afirmado, estabilización de suelo con cemento.
02	Ticani II	106+700	Excavadora, cargador frontal, volquete	TE	Z, M	Relleno, afirmado, estabilización de suelo con cemento.
03	Desvío Ananea	141+140	Planta chancadora	TE	Z, M	Piedra chancada, relleno, afirmado, estabilizado.

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

Tabla 34. Ensayos de calidad de materiales.

ENSAYOS	Sub-base granular	Base granular	Sub rasante	Afirmado	ASFALTO	
					Grava	Arena
Análisis granulométrico	X	X	X	X	X	X
Límite de consistencia	X	X	X	X		X
Equivalente de arena	X	X		X		X
P.E. y Absorción	X	X	X	X	X	X
Peso unitario suelto					X	X
Peso unitario varillado					X	X
Abrasión	X	X	X	X	X	X
Proctor modificado	X	X	X	X		
C.B.R	X	X	X	X		
% caras fracturadas	X	X			X	
% partículas chatas y alargada	X	X			X	
Contenido de sales solubles	X	X		X	X	X
Contenido orgánico	X	X				X
Adherencia					X	
Riedel Weder						X
Durabilidad	X	X	X	X	X	X

Fuente: Especificaciones técnicas de MTC, AASHTO, ASTM.

5.2.2. Descripción de las Canteras

a) Cantera Ticani I

– Ubicación



Se ubica en el Km 105+120 de la carretera Juliaca – Sandia, que corresponde a la ruta PE 34H y que pertenece a nuestro proyecto. Se encuentra al lado izquierdo, el acceso se encuentra en regular estado y tiene una longitud aproximada de 1.40Km. Este banco de materiales es un depósito fluvial (Río Quilcapunco).

– **Volumen**

- Volumen total: 139,135.32 m³
- Volumen utilizable: 125,221.79 m³
- Volumen desechable: según uso m³

– **Características de materiales** **Tabla 35.** Resumen cantera de afirmados para el tramo en estudio

Los agregados gruesos son de forma redondeada y subredondeada y de textura lisa.

Estos materiales granulares no tienen plasticidad, son de color gris blanquecino, el tamaño máximo es 8 a 12”.

– **Usos**

El uso que se le dio, así como su rendimiento es el siguiente:

- | | |
|---------------------------------------------------|-----|
| • Relleno | 75% |
| • Afirmado | 40% |
| • Estabilización de suelos con emulsión asfáltica | 50% |
| • Estabilización de suelos con cemento | 50% |
| • Estabilización de suelos con químico | 50% |
| • Mortero asfáltico o Micropavimento (Arena) | 50% |
| • Mezcla de concreto de cemento portland | 40% |

Descripción de las muestras de rocas que presenta la cantera son rocas metamórficas que literalmente fueron formadas por la modificación de otras preexistentes en el interior de la tierra mediante un proceso llamado metamorfismo a través de calor y/o presión.

Tabla 35. Resumen cantera de afirmados para el tramo en estudio.

Progresiva	UBICACIÓN			ABRASION %	EG 2013 Espesif. 50% max.	HUMEDAD NATURAL %	EQUIVALENTE DE ARENA	LIMITE DE CONSISTENCIA %			CLASIFICACION		DURABILIDAD			GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION				
	Calicata	Muestra	Profundidad (m)					Lado	LL	EG 2013 Espesif. 4- 9%	IP	LP	SUCS	ASHTO	Agregado Grueso	EG 2013 espesif. 18% max.	Agregado Fino	EG 2013 espesif. 15% max.	Agregado Fino	Agregado Grueso
105+120	C-1	M-1	0.00-1.80	IZQ.	21.06	50% max.	6.5	55.0	21	4-9 %	NP	NP	5.18	18% max.	6.99	15% max.	2.413/2.23	2.685/1.31		
105+120	C-2	M-1	0.00-2.00	IZQ.	22.50	50% max.	6.2	56.6	22	4-9 %	NP	NP	5.28	18% max.	7.17	15% max.	2.403/2.32	2.678/1.23		
105+120	C-3	M-1	0.00-1.70	IZQ.	23.48	50% max.	5.1	55.9	21	4-9 %	NP	NP	5.20	18% max.	7.52	15% max.	2.430/2.35	2.687/1.18		
105+120	C-4	M-1	0.00-1.80	IZQ.	22.28	50% max.	5.5	54.3	22	4-9 %	NP	NP	5.49	18% max.	7.00	15% max.	2.407/2.25	2.671/1.24		
105+120	C-5	M-1	0.00-1.70	IZQ.	24.22	50% max.	6.0	55.6	21	4-9 %	NP	NP	5.12	18% max.	6.89	15% max.	2.421/2.30	2.680/1.30		
105+120	C-6	M-1	0.00-1.80	IZQ.	23.04	50% max.	5.8	55.5	21	4-9 %	NP	NP	5.37	18% max.	7.33	15% max.	2.411/2.20	2.684/1.27		
105+120	C-7	M-1	0.00-1.90	IZQ.	23.46	50% max.	5.3	53.2	23	4-9 %	NP	NP	5.41	18% max.	7.61	15% max.	2.422/2.34	2.673/1.19		
105+120	C-8	M-1	0.00-1.60	IZQ.	22.24	50% max.	5.9	56.5	22	4-9 %	NP	NP	5.57	18% max.	7.67	15% max.	2.408/2.26	2.670/1.25		
105+120	C-9	M-1	0.00-1.80	IZQ.	24.76	50% max.	6.1	54.9	21	4-9 %	NP	NP	5.31	18% max.	7.00	15% max.	2.420/2.28	2.686/1.33		
105+120	C-10	M-1	0.00-1.70	IZQ.	24.34	50% max.	6.3	55.1	21	4-9 %	NP	NP	5.18	18% max.	7.13	15% max.	2.413/2.31	2.675/1.19		
105+120	C-11	M-1	0.00-1.80	IZQ.	23.26	50% max.	5.3	54.6	21	4-9 %	NP	NP	5.21	18% max.	7.28	15% max.	2.424/2.27	2.684/1.28		
105+120	C-12	M-1	0.00-1.90	IZQ.	22.36	50% max.	5.8	54.3	22	4-9 %	NP	NP	5.42	18% max.	7.33	15% max.	2.431/2.24	2.679/1.22		
105+120	C-13	M-1	0.00-2.00	IZQ.	24.48	50% max.	6.0	53.4	22	4-9 %	NP	NP	5.30	18% max.	6.96	15% max.	2.406/2.22	2.680/1.26		
105+120	C-14	M-1	0.00-1.70	IZQ.	23.16	50% max.	5.5	52.5	21	4-9 %	NP	NP	5.10	18% max.	7.15	15% max.	2.428/2.33	2.685/1.20		
105+120	C-15	M-1	0.00-1.80	IZQ.	23.42	50% max.	5.6	54.7	21	4-9 %	NP	NP	5.35	18% max.	7.09	15% max.	2.421/2.25	2.675/1.30		
105+120	C-16	M-1	0.00-1.60	IZQ.	22.78	50% max.	5.9	54.6	22	4-9 %	NP	NP	5.60	18% max.	7.24	15% max.	2.404/2.25	2.688/1.22		
105+120	C-17	M-1	0.00-1.90	IZQ.	24.92	50% max.	6.0	55.2	21	4-9 %	NP	NP	5.15	18% max.	7.64	15% max.	2.424/2.24	2.677/1.28		
105+120	C-18	M-1	0.00-1.80	IZQ.	22.84	50% max.	5.8	53.8	21	4-9 %	NP	NP	5.35	18% max.	7.18	15% max.	2.427/2.29	2.679/1.18		
105+120	C-19	M-1	0.00-1.80	IZQ.	21.06	50% max.	5.5	54.1	22	4-9 %	NP	NP	5.40	18% max.	7.13	15% max.	2.409/2.31	2.681/1.25		
105+120	C-20	M-1	0.00-1.70	IZQ.	23.34	50% max.	5.2	53.2	22	4-9 %	NP	NP	5.52	18% max.	7.43	15% max.	2.412/2.23	2.686/1.20		
105+120	C-21	M-1	0.00-1.70	IZQ.	24.38	50% max.	5.1	52.6	21	4-9 %	NP	NP	5.34	18% max.	7.16	15% max.	2.416/2.26	2.679/1.31		
105+120	C-22	M-1	0.00-1.60	IZQ.	22.78	50% max.	5.0	53.5	21	4-9 %	NP	NP	5.22	18% max.	7.05	15% max.	2.406/2.28	2.683/1.27		
105+120	C-23	M-1	0.00-1.80	IZQ.	24.90	50% max.	6.0	52.6	22	4-9 %	NP	NP	5.41	18% max.	7.32	15% max.	2.425/2.32	2.687/1.23		
105+120	C-24	M-1	0.00-1.80	IZQ.	23.14	50% max.	5.7	52.4	21	4-9 %	NP	NP	5.45	18% max.	7.20	15% max.	2.431/2.25	2.676/1.26		

fuentes: Bach, Herlinda Surco Apaza (laboratorio Iccgsa)



b) Cantera Ticani II

– Ubicación

Se ubica en el Km 106+700 de la carretera Juliaca – Sandia, que corresponde a la ruta PE 34H y que pertenece a nuestro proyecto. Se encuentra al lado izquierdo, el acceso se encuentra en regular estado y tiene una longitud aproximada de 0.70Km. Este banco de materiales es un depósito fluvial (Rio Quilcapunco).

– Volumen

- Volumen total: 145,895.99m³
- Volumen utilizable: 131,306.39m³
- Volumen desechable: según uso m³

– Características de materiales

Los agregados gruesos son de forma redondeada y sobre redondeada y de textura lisa. Estos materiales granulares no tienen plasticidad, son de color gris blanquecino, el tamaño máximo es 8 a 12”.

– Usos

El uso que se le dio, así como su rendimiento es el siguiente:

- | | |
|---------------------------------------------------|-----|
| • Relleno | 75% |
| • Afirmado | 40% |
| • Estabilización de suelo con emulsión asfáltica. | 50% |
| • Estabilización de suelo con cemento. | 50% |
| • Estabilización de suelo con químico. | 50% |
| • Mortero asfáltico o Micropavimento (Arena) | 50% |
| • Mezcla de concreto de cemento portland | 40% |



– Tratamiento

- **Estabilización de suelo con cemento**

Para la extracción de materiales se debe emplear excavadoras, cargadores frontales y volquetes. Con la trituración y/o zarandeo para obtener los agregados requeridos.

- **Periodo de extracción**

La extracción de los agregados puede efectuarse en periodo de estiaje (abril a diciembre).

- Se obtuvo y transporto las muestras representativas de suelos de cantera de acuerdo a las especificaciones del MTC E-104, (conservación y transporte de muestras de suelo). Estas fueron ensayadas en laboratorio, teniendo los siguientes resultados: con un promedio de desgaste abrasión los ángeles de 19.76% del 50%, con un equivalente de arena de 53.4%, con una clasificación de suelos de grano grueso: GW-GM, A-1-a (0). Grava bien gradada (mezcla gravosa-poco o ningún material fino), grava limosa (mezcla de grava-arena-limo). Con una durabilidad de gravas y finos con promedio de 5.3%(grava), 7.25%(fino).

Tabla 36. Resumen de los ensayos de cantera

Progresiva	UBICACIÓN			ABRASIO N %	EG 2013 Especif. 50% max.	HUMEDAD NATURAL %	EQUIVALEN- TE DE ARENIA	LÍMITES DE CONSISTENCIA %				CLASIFICACION		DURABILIDAD			GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION				
	Calicata	Muestra	Profundidad (m)					LL	EG 2013 Especif. 35% max.	LP	IP	EG 2013 Especif. 4- 8%	SUCS	AASHTO	Agregado Grueso	EG 2013 especif. 18% max.	Agregado Fino	EG 2013 especif. 15% max.	Agregado Fino	Agregado Grueso	
106+700	C-1	M-1	0.00 - 1.70	I.Q.	24.10	50% max.	5.3	54.2	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	3.92	18% max.	7.40	15% max.	2.501 / 3.04	2.619 / 2.05
106+700	C-2	M-1	0.00 - 1.90	I.Q.	23.86	50% max.	5.7	55.4	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.06	18% max.	7.63	15% max.	2.544 / 3.08	2.603 / 2.01
106+700	C-3	M-1	0.00 - 2.10	I.Q.	22.10	50% max.	6.4	53.7	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.11	18% max.	7.73	15% max.	2.515 / 3.05	2.582 / 2.07
106+700	C-4	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	23.12	50% max.	5.1	52.8	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.24	18% max.	7.51	15% max.	2.522 / 3.01	2.583 / 2.10
106+700	C-5	M-1	0.00 - 1.90	I.Q.	24.38	50% max.	5.5	54.2	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.30	18% max.	7.42	15% max.	2.511 / 3.07	2.595 / 2.02
106+700	C-6	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	22.96	50% max.	6.0	54.7	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.18	18% max.	7.28	15% max.	2.514 / 3.10	2.600 / 2.07
106+700	C-7	M-1	0.00 - 2.10	I.Q.	22.06	50% max.	5.7	53.3	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.44	18% max.	7.16	15% max.	2.530 / 3.03	2.592 / 2.05
106+700	C-8	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	24.68	50% max.	6.2	53.5	23	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.14	18% max.	7.30	15% max.	2.529 / 3.09	2.580 / 2.09
106+700	C-9	M-1	0.00 - 1.90	I.Q.	24.46	50% max.	5.0	55.4	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.29	18% max.	7.64	15% max.	2.505 / 3.05	2.602 / 2.02
106+700	C-10	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	22.82	50% max.	5.3	53.7	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.42	18% max.	7.20	15% max.	2.541 / 3.12	2.625 / 2.06
106+700	C-11	M-1	0.00 - 2.10	I.Q.	23.02	50% max.	4.9	52.6	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.32	18% max.	7.37	15% max.	2.548 / 3.07	2.621 / 2.10
106+700	C-12	M-1	0.00 - 1.90	I.Q.	24.56	50% max.	5.1	52.1	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.27	18% max.	7.42	15% max.	2.513 / 3.04	2.611 / 2.05
106+700	C-13	M-1	0.00 - 1.90	I.Q.	23.26	50% max.	5.6	54.5	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.23	18% max.	7.32	15% max.	2.533 / 3.11	2.608 / 2.08
106+700	C-14	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	23.42	50% max.	5.9	53.8	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.38	18% max.	7.22	15% max.	2.515 / 3.02	2.614 / 2.13
106+700	C-15	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	22.78	50% max.	5.3	54.3	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.29	18% max.	7.30	15% max.	2.506 / 3.10	2.621 / 2.05
106+700	C-16	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	24.28	50% max.	4.8	52.7	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.05	18% max.	7.27	15% max.	2.512 / 3.12	2.623 / 2.11
106+700	C-17	M-1	0.00 - 1.90	I.Q.	23.88	50% max.	5.5	52.5	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.18	18% max.	7.18	15% max.	2.524 / 3.07	2.609 / 2.07
106+700	C-18	M-1	0.00 - 2.10	I.Q.	24.62	50% max.	5.8	54.0	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.35	18% max.	7.29	15% max.	2.547 / 3.04	2.615 / 2.05
106+700	C-19	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	24.36	50% max.	6.0	53.1	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.22	18% max.	7.05	15% max.	2.534 / 3.14	2.612 / 2.06
106+700	C-20	M-1	0.00 - 1.90	I.Q.	22.16	50% max.	5.7	55.3	21	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.17	18% max.	7.34	15% max.	2.531 / 3.06	2.607 / 2.12
106+700	C-21	M-1	0.00 - 2.00	I.Q.	23.08	50% max.	5.5	52.2	22	35% max.	NP	NP	4-9 %	GW-GM	A-1-a (0)	4.29	18% max.	7.17	15% max.	2.512 / 3.03	2.622 / 2.15

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza (laboratorio Iccgsa)



c) **Cantera Desvío Ananea**

– **Ubicación**

Se ubica en el Km 141+140 de la carretera Juliaca – Sandia, que corresponde a la ruta PE 34H y que pertenece a nuestro proyecto. Se encuentra al lado derecho, el acceso se encuentra en regular estado y tiene una longitud aproximada de 0.02Km. Este banco de materiales es un depósito aluvial.

– **Volumen**

- Volumen total: 87,477.54m³
- Volumen utilizable: 61,234.28m³
- Volumen desechable: según uso m³

– **Características de materiales**

Los agregados gruesos son de forma angulosa y textura áspera. Estos materiales granulares no tienen plasticidad, son de color gris, el tamaño máximo es 10”, pero los predominantes son de 4”.

– **Usos**

El uso que se le dio, así como su rendimiento es el siguiente (algunos casos solo agregado grueso):

- | | |
|---------------------------------------------------|-----|
| • Relleno | 75% |
| • Afirmado | 40% |
| • Estabilización de suelos con emulsión asfáltica | 50% |
| • Estabilización de suelos con cemento | 50% |
| • Estabilización de suelos con químico | 50% |
| • Mortero asfáltico o Micro pavimentó (Arena) | 50% |
| • Mezcla de concreto de cemento portland | 40% |

– **Método de Explotación**

La explotación de materiales de las canteras se realizó a tajo abierto para evitar accidentes. La explotación se realizó con personal no calificado y sin ningún método racional, empleando para la extracción palas, picos, barretas si fuera necesario. El proceso se realiza utilizando maquinaria de extracción y selección; requiere desbroce de material orgánico entre 20cm. a 30cm.

Tabla 37. Resumen de los ensayos de cantera.

UBICACIÓN					ABRASIO N %	EG 2013 Especif. 50% max.	HUMEDAD NATURAL %	EQUIVALEN TE DE ARENA	LIMITE DE CONSISTENCIA %				CLASIFICACION		DURABILIDAD				GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION		
Progresiva	Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Lado					LL	EG 2013 Especif. 35% max.	LP	IP	EG 2013 Especif. 4- 9%	SUCS	AASHTO	Agregado Grueso	EG 2013 espcif. 18% max.	Agregado Fino	EG 2013 espcif. 15% max.	Agregado Fino	Agregado Grueso
141+140	C-1	M-1	0.00 - 1.70	DER.	30.26	50% max.	5.1	42.4	25	35% max.	21	4	4-9 %	GM-GP	A-1-a (0)	6.13	18% max.	8.36	15% max.	2.573 / 2.88	2.705 / 1.76
141+140	C-2	M-1	0.00 - 1.90	DER.	31.64	50% max.	5.4	43.2	26	35% max.	21	5	4-9 %	GM-GP	A-1-a (0)	6.50	18% max.	8.67	15% max.	2.559 / 2.80	2.697 / 1.83
141+140	C-3	M-1	0.00 - 2.00	DER.	30.88	50% max.	5.9	41.4	24	35% max.	20	4	4-9 %	GM-GP	A-1-a (0)	6.28	18% max.	8.00	15% max.	2.549 / 2.87	2.697 / 1.78
141+140	C-4	M-1	0.00 - 2.10	DER.	31.16	50% max.	5.0	40.9	25	35% max.	21	4	4-9 %	GM-GP	A-1-a (0)	6.35	18% max.	8.49	15% max.	2.555 / 2.82	2.707 / 1.85
141+140	C-5	M-1	0.00 - 2.30	DER.	30.46	50% max.	4.8	42.0	24	35% max.	20	4	4-9 %	GM-GP	A-1-a (0)	6.44	18% max.	8.23	15% max.	2.560 / 2.85	2.667 / 1.79
141+140	C-6	M-1	0.00 - 2.00	DER.	32.30	50% max.	5.2	41.8	24	35% max.	20	4	4-9 %	GM-GP	A-1-a (0)	6.19	18% max.	8.13	15% max.	2.540 / 2.81	2.684 / 1.81

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza (laboratorio Iccgsa)

- Expuestos las consideraciones normativas, para la extracción del material habiéndose desarrollado los ensayos correspondientes se obtuvo los siguientes resultados: con un promedio de desgaste los ángeles de 31.10% cumpliendo con las especificaciones técnica, con promedio de 41.4% de equivalente de arena.

5.2.3. Material para Terraplén.

Los materiales que se emplearon en la construcción de los terraplenes provinieron de cantera aprobadas. Su empleo fue autorizado por el Supervisor, por lo tanto, se procedió a estabilizarlos antes de colocarlos en la plataforma.



De tal modo que los materiales que se emplearon en el mantenimiento del terraplén cumplieron los diferentes requisitos indicados en el instituto nacional de vías, asimismo, el material se verificó por el área de suelos y pavimentos (laboratorio), y en base a los métodos prácticos que se realizaron en campo para su reconocimiento de tipos de suelos.

5.3. ESTABILIZACIÓN DE LA BASE GRANULAR CON CEMENTO PORTLAND TIPO I

5.3.1. Características de Suelos

El objetivo principal de este tipo de estabilizado es mejorar la calidad del material existente en este caso sería el ligante, adicionalmente las propiedades de las mezclas recicladas pueden modificarse mediante la incorporación de materiales nuevos y aditivos estabilizantes, como en este caso se empleará el cemento.

El suelo-cemento se usa principalmente como capa para subrasante mejorando la calidad del material en las bases y pavimentos de carreteras, el suelo estabilizado mezclados en forma compacto a densidad máxima con un contenido de humedad óptima y su influencia, lo cual se ve de acuerdo a su origen geológico y su comportamiento mecánico mediante los correspondientes estudios geotécnicos. Por lo tanto, también soporta las tensiones a que la someten las cargas del tránsito y las acciones del clima. La construcción de los pavimentos de suelo-cemento es simple y rápida.

✓ Suelo Natural

Para suelo natural se prepararon 3 probetas de suelo natural compactadas mediante el método de CBR, manteniendo sus condiciones de máxima densidad seca y humedad óptima del ensayo de Proctor modificado.

A continuación, se puede observar los resultados del ensayo de CBR, para los especímenes que se moldearon del suelo natural.

Tabla 38. Capacidad de soporte de suelo natural.

PROGRESIVA	PROCTOR MODIFICADO		CBR (%)	CLASIFICACIÓN	TIPO DE SUELO
	MDS	CHO			
98+500	2.101	7.03	31.1	Muy buena	GM, GC
98+500	1.893	11.77	13.1	Buena	ML
100+500	2.081	6.78	30.8	Muy buena	GM, GC
100+500	2.050	7.49	28.9	Muy buena	GM, GC
102+500	2.106	6.46	36.7	Muy buena	GM, GC
102+500	1.936	10.87	14.7	Buena	ML

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

Las probetas de suelo natural fueron ensayadas a los 3 días después del saturado, se presentaron resultados poco favorables. Los esfuerzos vs. Deformación unitaria de las probetas de suelo en estado natural indican una gran deformación con esfuerzo relativamente aceptable.

✓ **Compresión simple**

Se realizaron ensayos de compresión simple en muestras realizadas en moldes cilíndricos, con material en estado natural, el mismo que se realizó con la compactación que se utilizó en el Proctor modificado.

Tabla 39. Resistencia a la compresión del material en estado natural.

Muestra	Probeta N°	R kg/cm ²	Promedio kg/cm ²
1	1	13.2	13.7
	2	13.5	
	3	12.0	
	4	12.5	
	5	15.7	
	6	15.2	
2	1	13.6	14.7
	2	14.4	
	3	14.6	
	4	14.8	
	5	15.2	
	6	15.7	
3	1	12.6	13.5
	2	12.6	
	3	13.8	
	4	13.5	
	5	13.9	
	6	14.7	

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

En el siguiente resumen se puede apreciar los resultados, en el cual existe una semejanza en los valores de compresión obtenidos, valores que se encuentran entre 13.5kg/cm² y 14.7kg/cm².

✓ **Suelo-Cemento**

Para las probetas de suelo-cemento se moldearon 6 especímenes, seguidamente se realizó el curado durante 7 días, seguidamente saturaremos los especímenes durante 4 horas mínimo a temperatura constante, a continuación, tenemos los resultados de compresión simple en material estabilizado con cemento portland de tipo I. en la siguiente tabla:

Tabla 40. Capacidad de soporte del suelo después del estabilizado.

PROGRESIVA	PROCTOR MODIFICADO		LÍMITES DE ATTENBERG		TIPO DE SUELO		RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE	CLASIFICACION
	MDS	CHO	LL	IP	SUCS	AASHTO		
97+500 – 98+000	2.188	6.470	26.2	6.7	GP GS	A-2-4	108	Grava mal graduada con arcilla y limo con arcilla.
98+500 – 99+000	2.196	6.293	26.0	6.6	GC GM	A-2-4	107	Grava arcillosa-limosa con arena GC GM.
99+500 – 100+000	2.190	6.597	26.5	7.1	GC	A-2-4	107	Grava arcillosa con arena GC.
100+500 – 101+000	2.191	6.109	26.2	7.7	GC	A-2-4	109	Grava arcillosa con arena GC.
101+500 – 102+000	2.185	6.297	26.8	6.6	GP GC	A-2-4	106	Grava mal graduada con arcilla y limo con arena GP GC
102+500 – 103+000	2.177	6.459	27.0	7.4	GP GC	A-2-4	107	Grava mal graduada con arcilla y limo con arena GP GC
103+500 – 104+000	2.185	6.188	26.3	6.8	GP	A-2-4	107	Grava arcillosa con arena GC

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza.

Los resultados obtenidos indican un incremento considerable a la resistencia de compresión simple de suelo-cemento, a medida que el contenido de cemento aumente está presentara una mezcla o material más resistente. Así mismo la ductilidad del material existente disminuye a medida que se incrementa el contenido de cemento. Por lo tanto, se debe evitar el uso de porcentajes altos de cemento a fin de disminuir las grietas producidas por la fragilidad de la mezcla del suelo existente y cemento en la plataforma o terraplenes.

Una vez que se obtuvo el porcentaje de cemento para el estabilizado se procedió a realizar los ensayos de laboratorio, partiendo por la granulometría, cuyos resultados son los siguientes:

Tabla 41. Resultados de clasificación de material estabilizado.

PROGRESIVA	LÍMITES DE ATTERBERG		TIPO DE SUELO	
	LL	IP	SUCS	AASHTO
97+500 – 98+000	26.2	6.7	GP GS	A-2-4
98+500 – 99+000	26.0	6.6	GC GM	A-2-4
99+500 – 100+000	26.5	7.1	GC	A-2-4
100+500 – 101+000	26.2	7.7	GC	A-2-4
101+500 – 102+000	26.8	6.6	GP GC	A-2-4
102+500 – 103+000	27.0	7.4	GP GC	A-2-4
103+500 – 104+000	26.3	6.8	GP	A-2-4

Fuente: Bach. Herlinda Surco Apaza. (Lab. ICCGSA)

Los resultados que mostramos en la tabla 42, se obtuvieron valores de IP (índice de plasticidad) que se oscilan en el rango que va desde 6.6% hasta 7,7%. Siendo estos resultados óptimos según los parámetros que nos indica en la EG-2013, para la estabilización del tramo.

- ✓ **Comparación de los resultados obtenidos antes y después de la adición del cemento:**
- **En la calicata C-17, progresiva km 98+500,** se realizó el ensayo de Proctor modificado ensayo que nos sirvió para determinar la máxima densidad seca y la humedad óptima teniendo los siguientes valores: MDS-2.101g/cm³, 1.893g/cm³ y CHO-7.03%, 11.77% siendo obtenidos estos resultados en suelos naturales, de igual manera obtendremos resultados de los suelos después de la adición del cemento teniendo los siguientes valores: MDS-2.188g/cm³, 2.196g/cm³ y CHO-6.470%, 6.293%, por lo tanto se puede observar el incremento de la capacidad de soporte del terraplén.
- **En la calicata C-21, progresiva km 100+500,** se determinó la máxima densidad seca y la humedad óptima teniendo los siguientes valores: MDS-2.081g/cm³,



2.050g/cm³ y CHO-6.78%, 7.49% resultados en suelos naturales, de igual manera obtendremos resultados de los suelos despues de la adición del cemento teniendo los siguientes valores: MDS-2.190g/cm³, 2.191g/cm³ y CHO-6.597%, 6.109%, con una mínima variación una vez que se realizaron las mezclas del suelo natural con el 2% del porcentaje en peso de estabilizante sea procedido a realizar los ensayos necesarios para poder determinar cómo se van modificando las características físicas del material en función del agente estabilizante.

- **Detallaremos los resultados en torno a los límites de atterberg, km 97+500 – km 104+000:** para realizar el cambio en la plasticidad del suelo a medida que se incrementa el porcentaje de estabilizante se han realizado los ensayos para determinar el límite líquido y el límite plástico del tramo incrementando el agente estabilizador con un promedio de IP, que varían entre 6.6 y 7.7% respectivamente con respecto a la variación de IP, entre 11%, 12% en terreno natural con una reducción del 2.5% del índice de plasticidad.
- **Definimos los parámetros para clasificar al suelo con el sistema S.U.C.S y AASHTO:** en terreno natural con una clasificación sucs como: suelo compuesto por material limoso inorgánico con plasticidad (ML), suelos compuesto por material arcilloso inorgánico de baja a mediana plasticidad (CL), suelo compuesto por grava- limo y arcilla (GM-GC), suelo compuesto por grava mal graduada con mezclas de arcilla (GM-GP), y clasificación aashto como: A-4, A-1-b, A-2-4. Teniendo en cuenta la descripción de estos grupos corresponden a suelos por estabilizar, mejorando el suelo GP-GS. GC-GM, A.2-4, teniendo una mínima variación.



5.3.2. Diseño de Suelo Cemento

5.3.2.1. Diseño de suelos para estabilizado con Cemento Portland

- La tasa de cemento aplicado.
- El espesor alcanzado en el proceso de reciclado.
- El material granular de recarga.
- El porcentaje de compactación alcanzado.

5.3.2.2. Materiales

- **Cemento**

El cemento para estabilizar es Portland Tipo I, el cual cumple con lo especificado en la sub subsección 503.02 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2013.

- **Material de recarga agregado grueso**

El material empleado como recarga granular procede de la cantera ticani, ubicado en el Km 106+700 del tramo III (Putina-Dv. Ananea), el cual se colocará sobre la superficie de la plataforma a estabilizar, en un espesor de 5cm. Dicho material a aplicar es básicamente para mejorar las condiciones estructurales del pavimento.

5.3.3. Resultados de campo

- **Tasa y Aplicación de Cemento.**

Respecto de la tasa de aplicación del Cemento, se ha considerado lo establecido en el diseño contemplado en las especificaciones técnicas de proyecto, alcanzando esta un porcentaje del 2%. El cemento se aplicó en bolsas, distribuidas uniformemente según porcentaje, de manera que se cumpla con la cantidad requerida, esparcidas sobre la plataforma a estabilizar.

Tabla 42. los cálculos de dosificación se muestran en el siguiente cuadro:

CALCULO DOCIFICACION CEMENTO		
Datos de Material	Densidad suelta seca	
	gr/cm3	Kg/m3
Reciclado Tramo III	1.709	1.709
	Densidad Seca Max.	
	gr/cm3	Km/m3
	2.170	2.170

Espesor Compactado (m)	Índice de esponjamiento	Material reciclado kg/m2	Cemento %	Cantidad de cemento kg/m2
0.42	1.27	911.40	2.00	18.23

- **Mezcla**

Inmediatamente después de ser espacios el cemento, se efectuó la mezcla, empleando la recicladora, en toda el establecido, garantizando la obtención de una muestra homogénea.

- **Espesores del reciclado**

Respecto a los espesores de diseño que contempla el Plan de Gestión Vial, se tiene que alcanzar un espesor compactado de 0.42m. esto incluye toda la estructura reciclada (Aporte Recarga Granular + Plataforma Existe).

DOSIFICACION SUELO - CEMENTO:

SOLUCION BASICA PROPUESTA EN EL PGV.

EN EL PLAN DE GESTION VIAL (PGV), SE HA PROPUESTO EJECUTAR UNA CAPA GRANULAR ESTABILIZADA CON CEMENTO, LA CUAL ESTARA CONFORMADA POR:

MATERIAL EXISTENTE (TRANSITABILIDAD): 0,37 m.
APORTE DE CANTERA: 0,05 m.
ESPESOR DE CAPA COMPACTADA: 0,42 m.

DATOS DEL DISEÑO DEL MATERIAL A ESTABILIZAR

CANTERA : 106+700
% GRAVA: 44.5 %
% ARENA: 55.6 %
MDS: 2,170 gr/cm³
O.C.H: 6,12 %
P.U.S: 1764 Kg/m³
OPTIMO CEMENTO: 2,00 %
HUMEDAD NATURAL: 1,00 %
HUMEDAD A AUMENTAR: 5,12 %

COLOCACION DE CEMENTO EN CAMPO

TRAMO A ESTABILIZAR: PUTINA - DV. ANANEA
PROGRESIVA DE INICIO: 97+900
PROGRESIVA FINAL: 98+020
ANCHO A ESTABILIZAR: 4,0 m
ESPESOR DE CAPA COMPACTADA: 0,42 m
ESPONJAMIENTO: 1.27 %

Figura 9. Diseño suelo cemento.

5.3.4. Comportamiento del Suelo a Bajas Temperaturas

Los suelos compactados durante el tiempo de bajas temperaturas, muestran una baja trabajabilidad respecto a la cantidad de agua que tiene. La capa compactada adquiere una rigidez alta, mientras permanece bajo los efectos de congelamiento produciéndose superficies lisas con un alto contenido de agua.



Durante el proceso de compactación las ondas de vibración del rodillo se amplifican anteriormente en las proximidades de la zona compactada, debido al aumento de la rigidez del material. Se presentan micro fisuras en las capas compactadas afectadas por la helada, los mismos que al sufrir un proceso de deshielo, generan fisuras en uniones con otras estructuras, mostrando fuerzas que ejercen fuerzas sobre estructuras adyacentes.

La capa compactada que presentaron fisuras y un bajo porcentaje de compactación con respecto a la densidad máxima seca, fueron escarificadas, reemplazados y ejecutados nuevamente, cuidando la presencia de agua en exceso y teniendo en consideración la temperatura del medio ambiente, asegurándose que no está bajo de 5°C, la mezcla o dosificación del material de base, se realizaron durante periodos de temperatura sobre los 5°C, siendo transportadas en el momento del uso.

Las capas compactadas que pasaron el control de calidad, fueron protegidas por una capa de material, puesta en su superficie antes de que ocurra el descenso de temperatura, para su protección.

5.3.5. Propuestas para el proceso constructivo

5.3.5.1. Movimiento de Tierras

- **La Primera Etapa:** Durante esta etapa se disgregará la superficie hasta la profundidad especificada a fin de facilitar el mezclado con el cemento y el agua y su posterior compactación.
- **La Segunda Etapa:** El cemento se distribuirá de forma manual y/o mediante un camión distribuidor. Se inició con la distribución de bolsas de Cemento Portland a lo largo del camino separadas según la dosificación buscada, ya abiertas las bolsas se procederá a esparcir el cemento. La distribución por



- camión se realizará según la dosificación del cemento según la abertura del esparcidor y la velocidad del vehículo.
- **La Tercera Etapa:** Se distribuirá el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima mediante un camión cisterna, cumpliendo la función de transportar el agua hasta el lugar y la liberó uniformemente a través de orificios calibrados en función de la velocidad del camión.
 - **La Cuarta Etapa:** Seguidamente se realizará el reciclado para homogenizar el material y si no hubiera la recicladora se realizará el mismo procedimiento con motoniveladora, para homogenizar el material para su posterior compactado para lo cual se deberá inspeccionar permanentemente zonas de variación de color que indican falta de homogeneidad.
 - **La Quinta Etapa - Conformado:** este proceso se realizará con el fin del mejoramiento artificial de las propiedades mecánicas del suelo, su objetivo es el de mejorar la resistencia portante del suelo, incrementar de esta manera la capacidad de carga del terreno existente adicionalmente la densificación de la mezcla hasta conseguir la densidad especificada mediante siglos de equipos compactador evitando asentamientos en la plataforma. La compactación se realizará mediante rodillo liso o pata de cabra según se presente el tipo de suelo. Así mismo la compactación se realizará inmediatamente después del reciclado antes de la consolidación de la capa formada hasta haber logrado una densidad igual cuando menos a Proctor. La compactación se realizó partiendo de los bordes hacia el centro excepto en las curvas con peralte. Durante la compactación se mantuvo el contenido de agua o contenido de humedad óptimo dentro de los límites.



- **La Sexta Etapa:** Se desarrollará el curado luego de la compactación y determinación realizado por un camión regador al menos dos veces por hora o la colocación de una membrana asfáltica. Esta última consiste en el riego de una emulsión asfáltica sobre la capa de Suelo-Cemento de modo que se logra una membrana que impide la rápida evaporación del agua en la mezcla.

Todas las etapas constructivas antes descritas se realizaron antes del tiempo inicial de fraguado, este lapso ronda por lo general las 2 horas a partir del contacto entre el cemento y el agua.

La eficiencia lograda en las etapas constructivas descritas anteriormente define la calidad del material final. Suelen utilizarse equipos que realizan varias etapas a la vez, obteniendo así un mejor control de calidad.

5.3.5.2. Controles

Durante la ejecución de los trabajos se efectuarán los siguientes controles principales:

- a. Calidad de Materiales:** De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomaron cuatro muestras y de cada fracción de ellas se determinó los ensayos necesarios. Cuyos resultados satisfacían las exigencias indicadas en la sección de requisitos de los materiales según el nivel de terraplén. Durante la etapa de producción, el supervisor examinó las descargas de los materiales y ordenara el retiro de aquellas que, a simple vista, presentes restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.
- b. Calidad del Producto Terminado:** Las capas en este caso fueron 2, las cuales se procedieron a compactar. Al concluir con la estabilización del terraplén esta



presentó una superficie uniforme y se ajustó a la subrasante y a las pendientes establecidas.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del terraplén son menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el supervisor.

- c. **Compactación:** Se determinará por el método del densímetro nuclear in-situ, en cada capa compactada se realizó a los tramos para que sean aprobadas, de igual manera se definió sobre la base de un mínimo de seis determinaciones de densidad de campo in-situ, las cuales son elegidas al azar.



VI. CONCLUSIONES

- ✓ Los tipos de suelos que se determinaron son suelos con diferentes comportamientos físico-mecánicos, presentan suelos arcillosos de baja plasticidad, arcilla limosa de baja plasticidad, limo arenoso de baja plasticidad, material gravoso y limoso mal graduado con mezcla de grava, arena y limo, la siguiente manera CL (A-6), ML(A-4), GM-GP(A-1-a), GM GC(A-1-b), SM-SC(A-2-4), SC(A-4). Estabilizándose el suelo con cemento Portland de acuerdo a cuatro factores: La tasa de cemento aplicado, el espesor alcanzado en el proceso de reciclado, el material granular de recarga y el porcentaje de compactación alcanzado; y mejorándose los tipos de suelos a la siguiente clasificación: GP (A-2-4), GW GC(A-2-4), GP GC(A-2-4), GW(A-2-4), GC (A-2-4), con una resistencia en promedios de 28% y 30% del 95% de la máxima densidad seca (CBR).
- ✓ Los materiales y agregados que se emplearon en para realizar el estabilizado fueron extraídas de 3 canteras estratégicamente ubicadas en el tramo como son: Ticani I (Km 105+120), éstos materiales granulares no tienen plasticidad, son de color gris blanquecino, el tamaño máximo es 8 a 12"; Ticani II (Km 106+700), cuentan con la composición similar al anterior; la cantera Desvío Ananea (141+140) se presenta como un depósito aluvial, el cual se empleara para producir piedra chancada, esta cantera se constituye de agregados gruesos con forma angulosa y textura áspera, éstos materiales granulares no tienen plasticidad, son de color gris, el tamaño máximo es de 10" pero los predominantes son de 4". Las cuales fueron empleadas para el material de aporte. Las canteras cumplen con las especificaciones técnicas de la EG-2013, para su aplicación en el proyecto.



- ✓ La estabilización con cemento portland se verifico mediante el ensayo de compresión simple con promedios de 13.7%, 14.7%, y 13.7%, en suelo natural y promedios de 100%, 102% para especímenes de suelo-cemento, obteniéndose como resultados valores superiores a la resistencia mínima. la estabilización del suelo se reflejó en la reducción de su índice de plasticidad, el incremento de su estabilidad y capacidad de soporte, la estabilidad fue buena, con una humedad optima de 6.392% y una máxima densidad seca de 2.174 % y las propiedades de los suelos adoptan los beneficios para su estabilización.



VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda ampliar y analizar este trabajo de investigación para los diferentes tipos de estabilizado con aditivos muy distintos al cemento. Si se requiere estabilizar una arcilla de alta plasticidad, se recomienda tratar el terreno natural y/o existente, primeramente, con otro aditivo en este caso sería recomendable el uso de cal hidratada para luego incorporar el cemento y lograr bajar el índice de plasticidad, para una buena estabilidad.
- ✓ Se recomienda ampliar la presente investigación en función del uso de maquinarias modernas y métodos de ensayos que faciliten la interpretación de los resultados en campo y laboratorio, asimismo, el usar la recicladora con discos rotativos para que la mezcla in situ sea homogénea y evitar que los conglomerados se puedan formar por la mala homogenización, para esto es recomendable hacer la mezcla en planta.
- ✓ En el presente trabajo de investigación se detalló la estabilización de carreteras utilizando como aditivo estabilizador el cemento el cual es recomendable por ser económico y rentable, su empleo en diferentes climas y/o temperaturas.



VIII. REFERENCIAS

- AASHTO. (1991). Standard Specification for Classification of Soils and Soil – Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. *Designation M 145*.
- ASTM. (2011). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). *Designation D 2487 – 11*.
- Barbudo, S., & ChinChón yepeS, S. (2014). Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland. *Universidad de Alicante*.
- Besoain, E. (1985). Mineralogía de arcillas de suelos. *No. 60. Bib. Orton IICA/CATIE*.
- Callejas Posada, R. (2015). PIPER ANDAKIENSIS (PIPERACEAE) UNA ESPECIE NUEVA DE LA VERTIENTE AMAZÓNICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA: Piper andakiensis (Piperaceae) a new species from Amazonian slope of the Eastern cordillera of Colombia. *Caldasia* , 261-269.
- Chávez, A., Salas, G., Gutiérrez, E., & Cuadros, J. (1997). Geología de los cuadrángulos de Corani y Ayapata, hojas: 28-u y 28-v. *INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 128.
- Cuadros Surichaqui, C. (2017). Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la Región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016. *Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Huancayo - Perú*, 229.
- Cuipal Chávez, B. (2018). Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018. *Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de*



Ingeniería Civil, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Lima - Perú, 152.

Elizondo Arrieta, F., & Sibaja Obando, D. (2009). Subrasantes: Estabilización y mejoramiento de rutas no pavimentadas. *Infraestructura Vial, 11(21)*, 49-55.

Fernández Muñoz, W. (2017). Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Posgrado, Maestría en Ingeniería y Gerencia de la Construcción, para optar el título de Maestro en Ciencias, Mención Ingeniería y Gerencia de la Construcción, Cajamarca - Perú, 232.*

García Huaranca, J. M. (2015). Estabilización de suelos arcillosos con Cal aplicación a la carretera Tingo María - Pucallpa sector III : Neshuya - Pucallpa. *Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, para optar el título de Ingeniero Civil, Lima - Perú, 175.*

García Toro, J. (2019). Estudio de la técnica de Suelo-Cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que poseen un alto contenido en caolín. *Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, 77.*

Juarez Badillo, E. (1973). Mecánica de Suelos. *Ingeniería, 501.*

Kraemer, C., Pardillo, J., & Rocci, S. (2004). Ingeniería de Carreteras. *Madrid, España, McGraw-Hill, 555.*

Laubacher, G. (1978). Estudio geológico de la región norte del Lago Titicaca. *PASCAL: Ciencias exactas y tecnología, D5, 138.*

Loaiza, J. (2011). El recurso suelo. *Suelos ecuatoriales, 41(1)*, 6-18.



- López Arenas, C., & Ramírez Cadena, J. (2010). Glaciares, nieves y hielos de América Latina. *INGEOMINAS, Instituto Colombiano de Geología y Minería, República de Colombia*, 347.
- MTC-Perú. (2013). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción . *Lima, Perú, MTC*, 1274.
- MTC-Perú. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. *R.D. No. 10 – 2014 – MTC/14. Lima, Perú, MTC*, 301.
- MTC-Perú. (2016). Manual de Ensayos de Materiales. 1264.
- Newell, N. (1949). Geology of the Lake Titicaca region, Perú and Bolivia. *Geological Society of America, New York, Memoir 36*, 111.
- Palacios Moncayo, O., & et al. (1993). Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú (Proyecto Integrado del Sur). *INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 42. , 257.*
- PROVIAS Nacional. (2016). Ayuda Memoria: Corredor Vial: Juliaca – Putina – Oriental – Sandía – San Ignacio – Punta de carretera y Dv. Putina – Moho – Conima – Mililaya – frontera con Bolivia y Dv. Mililaya – Tilali – frontera con Bolivia (438,1 Km.). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Viceministerio de Transportes, Provías Nacional, Lima - Perú*, 15.
- Rapela, C. (2001). Las orogénesis del Paleozoico Inferior en el margen proto-andino de América del Sur, Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27, 23-41.
- Reategui Puscan, J. (2018). Influencia del aditivo Proes para mejorar la estabilización de la subrasante del tramo Lahuarpía - Emilio San Martín, Jepelacio, Moyobamba 2017. *Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería*,



Programa de Estudio de Ingeniería Civil, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Moyobamba, Perú, 145.

Rodríguez Anticona, M. (2020). Influencia de los porcentajes de cemento y cal en el comportamiento estructural del material de la base de pavimentos flexibles-Trujillo, 2019. *Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.*

Sanchez, A., & Zapata, A. (2001c). Mapa Geológico del Cuadrángulo de Putina, hoja 30-y (versión digital). *INGEMMET.*

Sanz, V., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2016). Estabilidad de Taludes, Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Revista Civilizate 7, 50-54.*

Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics. John Wiley, New York.*

Toirac Corral, J. (2008, Octubre). El Suelo-Cemento como material de construcción. *Ciencia y Sociedad. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana, XXXIII(4), 520-571.* Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87012672003>

Ugaz Palomino, R. (2006). Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante. *Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Lima - Perú, 383.*

Villalaz, C. (2005). *Mecánica de suelos y cimentaciones/Mechanics of Grounds and Laying of Foundations. Editorial Limusa.*

Wicander, R. (2000). Fundamentos de geología. *International Thomson Editores, 2, 445.*

Zavala Carrión, B., & Núñez Juárez, S. (1999). Estudio geológico-geotécnico de la región Suroccidental del Perú. [*Boletín C 22*].



WEBGRAFÍA

www.wikicharlie.cl/w/Dens%C3%ADmetro_Nuclear

www.docsity.com/es/ensayo-de-compresion-simple/2732095/

www.wikipedia.org

www.repositorio.unap.pe



ANEXOS

Anexo 1. Ensayos de suelos existentes (calicatas)

Anexo 2. Ensayos de exploración de Cantera

Anexo 3. Certificación de control de calidad en obra

Anexo 4. Panel Fotográfico

Anexo 5. Mapas



Anexo 1. ENSAYOS DE SUELOS EXISTENTES (CALICATAS)

ENSAYO
ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO - MTC E 107
ICC.ENS.GOP.0001.005
Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO: FECHA:																																																																																																																																																																																																											
TRAMO: PUTINA - ANANEA LUGAR: PUNO	CODIGO: RESIDENTE: ING. JEFE:																																																																																																																																																																																																												
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL																																																																																																																																																																																																													
1. MUESTRA UBICACIÓN: Km.100+500 RUTA: PE-34H CALICATA: C-21 / M-2 MATERIAL: Terreno Existente PROFUNDIDAD (m): 0.018 - 0.10		2. PERSONAL ING. ESPECIALISTA: TECNICO:																																																																																																																																																																																																											
3. TAMIZADO <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N</th> <th colspan="2">TAMIZ</th> <th colspan="2">RETENIDO</th> <th>PASANTE</th> <th>ACUMULADO (%)</th> </tr> <tr> <th>DENOMINACION ASTM</th> <th>(mm)</th> <th>PESO (g)</th> <th>%</th> <th>MATERIAL SUELO</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>3"</td><td>75.000</td><td>0</td><td>0.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>2 1/2"</td><td>63.000</td><td>0</td><td>0.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>2"</td><td>50.000</td><td>0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>1 1/2"</td><td>37.500</td><td>476</td><td>4.9</td><td>95.1</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>1"</td><td>25.000</td><td>505</td><td>5.2</td><td>89.8</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>3/4"</td><td>19.000</td><td>633</td><td>6.6</td><td>83.3</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>1/2"</td><td>12.500</td><td>756</td><td>7.8</td><td>75.5</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>3/8"</td><td>9.500</td><td>845</td><td>8.8</td><td>66.7</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>#4</td><td>4.750</td><td>1,176</td><td>12.2</td><td>54.5</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>#8</td><td>2.360</td><td>718.5</td><td>7.4</td><td>47.1</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>#10</td><td>2.000</td><td>367.0</td><td>3.8</td><td>43.3</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>#20</td><td>0.850</td><td>714.6</td><td>7.4</td><td>35.9</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>#40</td><td>0.425</td><td>357.3</td><td>3.7</td><td>32.2</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>#50</td><td>0.350</td><td>550.4</td><td>5.7</td><td>26.5</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>#60</td><td>0.250</td><td>135.2</td><td>1.4</td><td>25.1</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>#100</td><td>0.150</td><td>656.7</td><td>6.8</td><td>18.3</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>#200</td><td>0.075</td><td>511.8</td><td>5.3</td><td>13.0</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>Fondo</td><td></td><td>1,254.5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		N	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE	ACUMULADO (%)	DENOMINACION ASTM	(mm)	PESO (g)	%	MATERIAL SUELO		1	3"	75.000	0	0.0			2	2 1/2"	63.000	0	0.0			3	2"	50.000	0	0.0	100.0		4	1 1/2"	37.500	476	4.9	95.1		5	1"	25.000	505	5.2	89.8		6	3/4"	19.000	633	6.6	83.3		7	1/2"	12.500	756	7.8	75.5		8	3/8"	9.500	845	8.8	66.7		9	#4	4.750	1,176	12.2	54.5		10	#8	2.360	718.5	7.4	47.1		11	#10	2.000	367.0	3.8	43.3		12	#20	0.850	714.6	7.4	35.9		13	#40	0.425	357.3	3.7	32.2		14	#50	0.350	550.4	5.7	26.5		15	#60	0.250	135.2	1.4	25.1		16	#100	0.150	656.7	6.8	18.3		17	#200	0.075	511.8	5.3	13.0		18	Fondo		1,254.5				19							20							4. RESUMEN <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">GENERALES</td></tr> <tr><td>Peso muestra seca</td><td>9,657 g</td></tr> <tr><td>Peso muestra lavada y seca</td><td>8,403 g</td></tr> <tr><td>Finos equiv. <#4:</td><td>54.5%</td></tr> <tr><td>Grava usada</td><td>45.5%</td></tr> <tr><td>Fino ensayado < #4</td><td>5,266 g</td></tr> <tr><td>Frac. equiv. < #200:</td><td>13.0%</td></tr> <tr><td></td><td>1,254.5 g</td></tr> <tr><td>TIPO DE TAMIZADO</td><td>MANUAL</td></tr> <tr><td>TAMANO MAXIMO</td><td>2"</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">COEFICIENTES</td></tr> <tr><td>Uniformidad (Cu)</td><td>89.333</td></tr> <tr><td>Curvatura (Cc)</td><td>0.318</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">HUMEDAD NATURAL</td></tr> <tr><td>1. Peso suelo húmedo</td><td>467.5 g</td></tr> <tr><td>2. Peso suelo seco</td><td>441.7 g</td></tr> <tr><td>3. Peso de agua [1] - [2]</td><td>25.8 g</td></tr> <tr><td>4. Humedad [3]*100 / [2]</td><td>5.8 %</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">LIMITES DE ATTERBERG</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">DESCRIPCION</td></tr> <tr><td>Limite Liquido (LL):</td><td>24</td></tr> <tr><td>Limite Plástico (LP):</td><td>20</td></tr> <tr><td>Indice Plástico (IP):</td><td>4</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">REGISTRO</td></tr> </tbody> </table>	DESCRIPCION	VALOR	GENERALES		Peso muestra seca	9,657 g	Peso muestra lavada y seca	8,403 g	Finos equiv. <#4:	54.5%	Grava usada	45.5%	Fino ensayado < #4	5,266 g	Frac. equiv. < #200:	13.0%		1,254.5 g	TIPO DE TAMIZADO	MANUAL	TAMANO MAXIMO	2"	COEFICIENTES		Uniformidad (Cu)	89.333	Curvatura (Cc)	0.318	HUMEDAD NATURAL		1. Peso suelo húmedo	467.5 g	2. Peso suelo seco	441.7 g	3. Peso de agua [1] - [2]	25.8 g	4. Humedad [3]*100 / [2]	5.8 %	LIMITES DE ATTERBERG		DESCRIPCION		Limite Liquido (LL):	24	Limite Plástico (LP):	20	Indice Plástico (IP):	4	REGISTRO	
N	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE	ACUMULADO (%)																																																																																																																																																																																																							
	DENOMINACION ASTM	(mm)	PESO (g)	%	MATERIAL SUELO																																																																																																																																																																																																								
1	3"	75.000	0	0.0																																																																																																																																																																																																									
2	2 1/2"	63.000	0	0.0																																																																																																																																																																																																									
3	2"	50.000	0	0.0	100.0																																																																																																																																																																																																								
4	1 1/2"	37.500	476	4.9	95.1																																																																																																																																																																																																								
5	1"	25.000	505	5.2	89.8																																																																																																																																																																																																								
6	3/4"	19.000	633	6.6	83.3																																																																																																																																																																																																								
7	1/2"	12.500	756	7.8	75.5																																																																																																																																																																																																								
8	3/8"	9.500	845	8.8	66.7																																																																																																																																																																																																								
9	#4	4.750	1,176	12.2	54.5																																																																																																																																																																																																								
10	#8	2.360	718.5	7.4	47.1																																																																																																																																																																																																								
11	#10	2.000	367.0	3.8	43.3																																																																																																																																																																																																								
12	#20	0.850	714.6	7.4	35.9																																																																																																																																																																																																								
13	#40	0.425	357.3	3.7	32.2																																																																																																																																																																																																								
14	#50	0.350	550.4	5.7	26.5																																																																																																																																																																																																								
15	#60	0.250	135.2	1.4	25.1																																																																																																																																																																																																								
16	#100	0.150	656.7	6.8	18.3																																																																																																																																																																																																								
17	#200	0.075	511.8	5.3	13.0																																																																																																																																																																																																								
18	Fondo		1,254.5																																																																																																																																																																																																										
19																																																																																																																																																																																																													
20																																																																																																																																																																																																													
DESCRIPCION	VALOR																																																																																																																																																																																																												
GENERALES																																																																																																																																																																																																													
Peso muestra seca	9,657 g																																																																																																																																																																																																												
Peso muestra lavada y seca	8,403 g																																																																																																																																																																																																												
Finos equiv. <#4:	54.5%																																																																																																																																																																																																												
Grava usada	45.5%																																																																																																																																																																																																												
Fino ensayado < #4	5,266 g																																																																																																																																																																																																												
Frac. equiv. < #200:	13.0%																																																																																																																																																																																																												
	1,254.5 g																																																																																																																																																																																																												
TIPO DE TAMIZADO	MANUAL																																																																																																																																																																																																												
TAMANO MAXIMO	2"																																																																																																																																																																																																												
COEFICIENTES																																																																																																																																																																																																													
Uniformidad (Cu)	89.333																																																																																																																																																																																																												
Curvatura (Cc)	0.318																																																																																																																																																																																																												
HUMEDAD NATURAL																																																																																																																																																																																																													
1. Peso suelo húmedo	467.5 g																																																																																																																																																																																																												
2. Peso suelo seco	441.7 g																																																																																																																																																																																																												
3. Peso de agua [1] - [2]	25.8 g																																																																																																																																																																																																												
4. Humedad [3]*100 / [2]	5.8 %																																																																																																																																																																																																												
LIMITES DE ATTERBERG																																																																																																																																																																																																													
DESCRIPCION																																																																																																																																																																																																													
Limite Liquido (LL):	24																																																																																																																																																																																																												
Limite Plástico (LP):	20																																																																																																																																																																																																												
Indice Plástico (IP):	4																																																																																																																																																																																																												
REGISTRO																																																																																																																																																																																																													
5. CURVA GRANULOMETRICA Y CLASIFICACION DE SUELOS		CLASIFICA																																																																																																																																																																																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">SUCS</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">GM-GC</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">AASHTO</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">A-1-b</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">INDICE GRUPO</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">DIAMETROS</td></tr> <tr> <td>D_i</td> <td>Abertura</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>6.700 mm</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0.400 mm</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.075 mm</td> </tr> </table>	SUCS		GM-GC		AASHTO		A-1-b		INDICE GRUPO		0		DIAMETROS		D _i	Abertura	60	6.700 mm	30	0.400 mm	10	0.075 mm																																																																																																																																																																																					
SUCS																																																																																																																																																																																																													
GM-GC																																																																																																																																																																																																													
AASHTO																																																																																																																																																																																																													
A-1-b																																																																																																																																																																																																													
INDICE GRUPO																																																																																																																																																																																																													
0																																																																																																																																																																																																													
DIAMETROS																																																																																																																																																																																																													
D _i	Abertura																																																																																																																																																																																																												
60	6.700 mm																																																																																																																																																																																																												
30	0.400 mm																																																																																																																																																																																																												
10	0.075 mm																																																																																																																																																																																																												
6. EQUIPO DE MEDICION <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>EQ.</td> <td>BALANZA</td> <td>BALANZA</td> <td>HORNO</td> <td>HORNO</td> </tr> <tr> <td>ID.</td> <td>BADI79</td> <td>BADI19</td> <td>HOR06</td> <td>HOR05</td> </tr> </table>		EQ.	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	ID.	BADI79	BADI19	HOR06	HOR05	7. TAMICES Serie de tamices gruesa y fina completa																																																																																																																																																																																																	
EQ.	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO																																																																																																																																																																																																									
ID.	BADI79	BADI19	HOR06	HOR05																																																																																																																																																																																																									



ENSAYO
LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD (MTC E 110_E
111 2000)
ICC.ENS.GOP.0001.011
Versión: 1

PROYECTO: DEL CORREDOR VIAL JULIACA - PUTINA - ORIENTAL - SANDIA - SAN IGNACIO - PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO:		
TRAMO: PUTINA - ANANEA	RESIDENTE		FECHA:	
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL	ING. JEFE			
1.- DATOS DE LA MUESTRA			2.- PERSONAL	
UBICACIÓN: Km.100+500	RUTA: PE-34H	CALICATA: C-21/M-2	ING. ESP.:	
MATERIAL: Terreno Existente	PROFUND. (m) 0.018 - 0.10		TECNICO:	
3.-LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
Nº TARA	ID	T-44	T-45	T-46
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	40.45	39.35	41.63
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	36.44	35.80	37.94
PESO DE AGUA	(g)	4.01	3.55	3.69
PESO DE LA TARA	(g)	21.26	21.34	21.48
PESO DEL SUELO SECO	(g)	15.18	14.46	16.46
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.42	24.55	22.42
NUMERO DE GOLPES		15	22	32
4.-LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		PROMEDIO
Nº TARA	ID	T-47	T-48	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g.)	28.71	28.67	
PESO TARA + SUELO SECO	(g.)	27.42	27.45	
PESO DE LA TARA	(g.)	21.14	21.36	
PESO DEL AGUA	(g.)	1.29	1.22	
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	6.28	6.09	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.54	20.03	
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LIMITE LIQUIDO (%)	24			
LIMITE PLASTICO (%)	20			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	4			
4.- EQUIPOS DE MEDICIÓN				
EQUIPO	BALANZA	COPA CASAGRANDE	HORNO	VIDRIO ESMIRALADO
CODIGO	BADI30	CGR07 - CGR011	HOR05 - HOR06	VE-01, VE-02, VE-03 y VE-04



ENSAYO
DETERMINACION DE LA HUMEDAD
ICC.ENS.GOP.0001.001
Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA						REGISTRO: FECHA: _____
TRAMO: PUTINA - ANANEA			CÓDIGO: _____			
LUGAR: PUNO			RESIDENTE: _____			
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL			ING. JEFE: _____			
1 - MUESTRA				2- PERSONAL		
UBICACIÓN: Km.100+500		RUTA: PE-34H	CALICATA: C-21/ M-2		ING. ESPECIALISTA: _____	
MATERIAL: Terreno Existente		PROFUND.(m): 0.018 - 0.10		TECNICO: _____		
3- HUMEDAD			MUESTRAS POR SONDAJE			
			1	2	3	
0	Cápsula	UN	16	17	18	
1	Peso de cápsula	g	69.6	67.1	71.1	
	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	368.7	485.6	374.9	
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	352.3	462.4	358.8	
4	Peso de agua, [1] - [3]	g	16.40	23.20	16.10	
5	Peso seco, [3] - [1]	g	282.7	395.4	287.7	
	Contenido de humedad [4]*100/[5]	%	5.8	5.9	5.6	
			PROM=5.8			
0	Cápsula	UN				
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [1] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
	Contenido de humedad [4]*100/[5]	%				
			2			
0	Cápsula	UN				
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [1] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
	Contenido de humedad [4]*100/[5]	%				
			3			
0	Cápsula	UN				
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
	Contenido de humedad [4]*100/[5]	%				
			4			
4- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO		
ID	BAD185	BAD130	HOR05	HOR06		



ENSAYO
PROCTOR MODIFICADO
ICC.ENS.GOP.0001.004
Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA TRAMO: PUTINA - ANANEA LUGAR: PUNO SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL	REGISTRO: CODIGO _____ RESIDENTE: _____ ING. JEFE: _____ FECHA: _____
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

1.- MUESTRA	2.- PERSONAL
UBICACIÓN: Km. 100+500 MATERIAL: Terreno Existente	RUTA: PE-34H CALICATA: C-21 / M-2 PROFUND.(m): 0.018 - 0.10 ING. ESPEC.: _____ TECNICO: _____

3- DATOS PARA EL ENSAYO		
Método de compactación : C	Número de golpes : 56	Número de capas : 5

4- DENSIDAD HUMEDA							
N	DESCRIPCION	UND	M1	M2	M3	M4	M5
1	Peso suelo húmedo + molde	g	11,050	11,259	11,425	11,473	11,411
2	Peso del molde	g	6,712	6,712	6,712	6,712	6,712
3	Volumen del molde	cc	2,126	2,126	2,126	2,126	2,126
4	Peso suelo humedo, [1]-[2]	g	4,338	4,547	4,713	4,761	4,699
5	Densidad suelo humedo, [4]/[3]	g/cc	2.04	2.14	2.22	2.24	2.21

5- HUMEDAD							
6	Id. Capsula		41	42	43	44	45
7	Peso del suelo hum.+ capsula	g	305.4	375.4	480.0	498.3	423.6
8	Peso del suelo seco+capsula	g	300.0	363.7	456.6	467.7	393.0
9	Peso del agua, [7]-[8]	g	5.4	11.7	23.4	30.6	30.6
10	Peso de la capsula	g	86.8	94.0	97.0	99.6	102.0
11	Peso del suelo seco, [8]-[9]	g	213.2	269.7	359.6	368.1	291.0
12	Contenido de humedad, [9]*100/[11]	%	2.53	4.34	6.51	8.31	10.52

6- DENSIDAD SECA							
Densidad seca, [5]/(1+[12]/100)	g/cc	1.990	2.050	2.081	2.068	2.000	

<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2">DENSIDAD SECA*</th> </tr> <tr> <th>Xⁿ</th> <th>Y=DS</th> </tr> <tr> <td>X³</td> <td>-0.000 090</td> </tr> <tr> <td>X²</td> <td>-0.003 629</td> </tr> <tr> <td>X¹</td> <td>0.061 575</td> </tr> <tr> <td>X⁰</td> <td>1.858 733</td> </tr> </table> <p>(*) Son los coeficientes que da la curva de tendencia (polinomio)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> <tr> <td>Humedad óptima : %</td> <td>6.78</td> </tr> <tr> <td>Dénsidad máxima : g/cc</td> <td>2.081</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica :</td> <td>2.574</td> </tr> </table>	DENSIDAD SECA*		X ⁿ	Y=DS	X ³	-0.000 090	X ²	-0.003 629	X ¹	0.061 575	X ⁰	1.858 733	RESULTADOS		Humedad óptima : %	6.78	Dénsidad máxima : g/cc	2.081	Gravedad específica :	2.574	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">8- GRAFICO</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> $y = -0.000090x^3 - 0.003629x^2 + 0.061575x + 1.858733$ </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	8- GRAFICO		$y = -0.000090x^3 - 0.003629x^2 + 0.061575x + 1.858733$			
DENSIDAD SECA*																											
X ⁿ	Y=DS																										
X ³	-0.000 090																										
X ²	-0.003 629																										
X ¹	0.061 575																										
X ⁰	1.858 733																										
RESULTADOS																											
Humedad óptima : %	6.78																										
Dénsidad máxima : g/cc	2.081																										
Gravedad específica :	2.574																										
8- GRAFICO																											
$y = -0.000090x^3 - 0.003629x^2 + 0.061575x + 1.858733$																											

9- EQUIPOS DE MEDICION (TRAZABILIDAD)							
EQ.	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	PROBETA	PROBETA	
ID.	BADI84	BADI19	HOR05	HOR06	PROB017	PROB014	



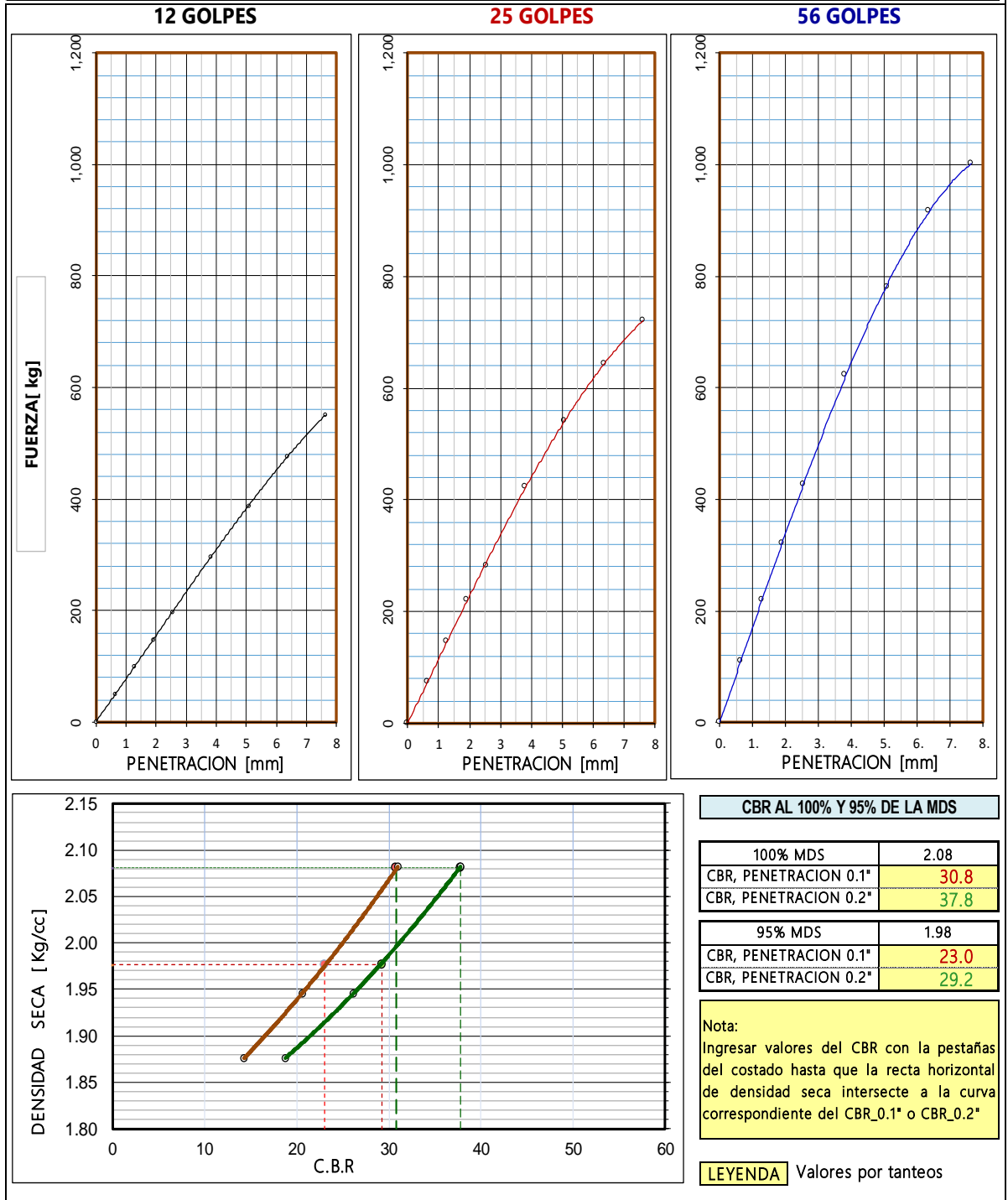
ENSAYO
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LABORATORIO (MTC E 132)
ICC.ENS.GOP.0001.006
Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA										REGISTRO:	
Tramo: PUTINA - ANANEA					CODIGO:					FECHA:	
LUGAR: PUNO					RESIDENTE:						
SUPERVISION: PROVIAS NACIONAL					ING. JEFE:						
1. MUESTRA										2. PERSONAL	
UBICACION: 100+500					RUTA: PE-34H		CALICATA: C-21 / M-2		ING. ESPEC.:		TECNICO:
MATERIAL: TERRENO EXISTENTE					PROFUND. (m): 0.018 - 0.10						
3. DATOS PARA EL ENSAYO											
CLASIFICACION:		SUCS	GM - GC	AASHTO	A - 1 - b	PROCTOR (METODO °C)	HO=6.78%	MDS=2.081	N°CAPAS	5	
N	DESCRIPCION			UND	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES		
4. DENSIDAD											
Condición de humedad					Normal	Saturado	Normal	Saturado	Normal	Saturado	
1	Peso suelo húmedo + molde			g	12,497	12,529	12,646	12,673	12,999	13,017	
2	Peso del molde			g	8,240	8,240	8,245	8,245	8,265	8,265	
3	Volumen del molde REG:			cc	2,131	2,131	2,122	2,122	2,132	2,132	
4	Peso suelo húmedo, [1]-[2]			g	4,257	4,289	4,401	4,428	4,734	4,752	
5	Densidad suelo húmedo, [4]/[3]			g/cc	1.998	2.013	2.074	2.087	2.221	2.229	
6	Id. Capsula				33		32		31		
7	Peso del suelo húmedo			g	497.1	366.4	478.3	392.4	456.0	377.9	
8	Peso del suelo seco			g	470.9	347.2	453.1	371.6	432.1	358.5	
9	Peso del agua, [7]-[8]			g	26.2	19.2	25.2	20.8	23.9	19.4	
10	Peso de la capsula			g	78.4	78.4	80.0	80.0	79.8	79.8	
11	Peso del suelo seco, [8]-[10]			g	392.5	268.8	373.1	291.6	352.3	278.7	
12	Contenido de humedad, [9]/[11]			%	6.68	7.14	6.75	7.13	6.78	6.96	
13	Densidad seca, [5]/(1+[12]/100)			g/cc	1.873	1.879	1.943	1.948	2.079	2.084	
5. PENETRACION											
CARGA		LECTURA DE DIAL (división)			FUERZA (kg)						
STANDARD	mm	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA	
Area del pistón: 19.60 cm2	0.00	0	0	0	0		0		0		
	0.64	12	19	30	50		73		110		
	1.27	27	41	63	100		147		220		
	1.91	41	63	93	147		220		320		
70.3 Kg/cm2	2.54	56	82	125	197	197*	283	283*	427	427*	
	3.81	86	124	184	297		424		624		
105.5 Kg/cm2	5.08	113	159	231	387	387*	540	540*	781	781*	
	6.35	140	190	272	477		644		917		
	7.62	162	213	297	550		720		1,001		
¹⁰	CORRECCION: DEL ANILLO		DE CARGA EN	KILO	ECUACION:		X*	3.33636000	X	9.839290	
6. EXPANSION										H_{suelo} = 115.5 mm	
TIEMPO		LECTURA DIAL (Div): 0.025mm			ALTURAS						
Fecha-hora	(Hrs)	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	mm	%	mm	%	mm	%	
00/01/00 - 00:00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	
02/01/00 - 00:00	48	0.00	0.00	0.00		0.00%		0.00%		0.00%	
04/01/00 - 00:00	96	0.00	0.00	0.00		0.00%		0.00%		0.00%	
7. RESULTADOS											
ENSAYO CBR		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	PROCTOR			CBR FINAL			
Densidad Seca prom.		1.88	1.95	2.08	Humedad óptima		6.78%	Penetración		0.1" 0.2"	
Penetración: 0.1"		14.3	20.6	31.0	MDS		2.081	100% MDS	30.8	37.8	
Penetración: 0.2"		18.7	26.1	37.8	95 % de la MDS		1.977	95 % MDS	23.0	29.2	
8. EQUIPOS DE MEDICION											
EQ	ANILLO / DIAL	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	DIAL	DIAL	PROBETA	PROBETA		
ID.	ANI15/DI033	BAD175	BAD185	HOR05	HOR06	DI109	DI73	PROB017	PROB014		



SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR		REGISTRO:
PROYECTO: VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		
TRAMO: PUTINA - ANANEA	CÓDIGO:	FECHA:
LUGAR: PUNO	RESIDENTE:	
SUPERVISIÓ PROVIAS NACIONAL	ING. JEFE:	

10. GRAFICA





Anexo 2. ENSAYOS DE CANTERAS

ENSAYO ABRASION LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS (MTC E 207) ICC.ENS.GOP.0001.010 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO-PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA Tramo: PUTINA - ANANEA LUGAR: PUNO SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL		REGISTRO: FECHA:								
CODIGO: 0977 RESIDENTE: M.L.L.C ING. JEFE: E.M.Z										
1- MUESTRA		2- PERSONAL								
UBICACION: Canteras Km. 105+120 MATERIAL: Granular		CALICATA: C-1 PROFUND.(m): 0.00 - 1.80								
		ING. ESPEC.: TECNICO:								
ENSAYO	GRADACION	P E S O (gramos)								
		INICIAL	1-1/2"-1"	1" - 3/4"	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-# 4	# 4-# 8	
1	A	5,000	1,250	1,250	1,250	1,250				
	B	0								
	C	0								
	D	0								
RESULTADOS		RETENIDO EN LA MALLA # 12: 3,907			% DE DESGASTE: 21.86%					
	A									
	B									
	C									
	D									
RESULTADOS		RETENIDO EN LA MALLA # 12:			% DE DESGASTE:					
4.- EQUIPOS DE MEDICION										
EQ.	BALANZA	HORNO	MAQUINA DE LOS ANGELES	TAMICES REQUERIDOS SEGÚN LA GRADACION						
ID	BADI79	HOR05	MALA							
5- OBSERVACIONES										
6.- INFORMACION TECNICA: GRANULOMETRIA PARA EL ENSAYO										
ESFERAS		GRADACION	P E S O (gramos)							
CANT	CARGA (g)		INICIAL	1-1/2"-1"	1" - 3/4"	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-# 4	# 4-# 8
12	5000±25	A	5000 ± 25	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10			
11	4 584±25	B	5000 ± 10			2500± 10	2500± 10			
8	3330±20	C	5000 ± 10					2500± 10	2500 ± 10	
6	2500±10	D	5000 ± 10						5000 ± 10	



ENSAYO
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO (MTC E 209 2000 - ASTM C 88 - AASHTO T -104)
ICC.ENS.GOP.0001.015
Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA										REGISTRO:		
TRAMO: PUTINA - ANANEA					CODIGO:					FECHA:		
LUGAR: PUNO					RESIDENTE:							
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL					ING. JEFE:							
1. MUESTRA										2. PERSONAL		
UBICACIÓN: Cantera Km. 105+120										ING. ESPEC.:		
MATERIAL: Granular										TECNICO:		
										CALICATA: C - 1		
										PROFUNDAD (m): 0.00 - 1.80		
3. DATOS												
SOLUCION:		SULFATO DE MAGNESIO		$MgSO_4$	Norma: Pe=[1.295 , 1.302]		Pe = 1.300	OK	N° DE CICLOS		5	
4.- ANÁLISIS CUANTITATIVO												
AGREGADO GRUESO												
FRACCIÓN		GRADACION ORIGINAL (%)	PESO REQUERIDO (g)	PESO FRACCIÓN ENSAYADA (g)	N° DE PARTICULAS	PESO RETENIDO DESPUES DEL ENSAYO (g)	PERDIDA		PERDIDA CORREGIDA (%)	N° DE PARTICULAS	PERDIDA ASUMIDA	
PASA	RETIENE						PESO (g)	%				
2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	0.0	3000±300	0	0	0	0.0	0.0	0.00			
2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	2.0	2000±200	2023	15	1978.0	45.0	0.0	0.00			
1 1/2" 37.5 mm	1" 25 mm	16.4	1000±50	1007	23	945.4	61.6	6.1	1.00			
1" 25 mm	3/4" 19 mm	24.3	500±30	502	24	485.4	16.6	3.3	0.80			
3/4" 19 mm	1/2" 12.5 mm	22.4	670±10	670	-	654.5	15.5	2.3	0.52			
1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	19.2	330±5	330	-	307.8	22.2	6.7	1.29			
3/8" 9.5 mm	N° 4 4.75 mm	15.7	300±5	300.0	-	270.2	29.8	9.9	1.56			
TOTALES		100.0		4832.0		4641.3			5.18			
AGREGADO FINO												
TAMAÑO		GRADACION ORIGINAL (%)	PESO MINIMO REQUERIDO (g)	PESO DE LA FRACCIÓN ENSAYADA (g)	PESO RETENIDO DESPUES DEL ENSAYO (g)	PERDIDA		PERDIDA CORREGIDA (%)	PERDIDA ASUMIDA			
PASA	RETIENE					PESO (g)	%					
3/8" 9.5 mm	N° 04 4.75 mm	2.00	100	100	90.8	9.2	0.0	0.00				
N° 04 4.75 mm	N° 08 2.36 mm	26.00	100	100	91.7	8.3	8.3	2.16				
N° 08 2.36 mm	N° 16 1.18 mm	19.00	100	100	93.3	6.7	6.7	1.3				
N° 16 1.18 mm	N° 30 600 µm	16.00	100	100	91.4	8.6	8.6	1.4				
N° 30 600 µm	N° 50 300 µm	23.00	100	100	90.5	9.5	9.5	2.2				
N° 50 300 µm	N° 100 150 µm	14.00	-	-	-	0.0	0.0	0.0				
< N° 100 150 µm			-	-	-	0.0	0.0	0.0				
TOTALES		100.0		500.0	457.7			33.10	6.99			
5. ANÁLISIS CUALITATIVO												
CICLO	FRACCIÓN	N° DE PARTICULAS PREENSAYADAS	EN BUEN ESTADO	AGRIETADAS	PARTIDAS	ESCAMOSAS	DESINTEGRADAS					
I	1											
	2											
	3											
	4											
II	1											
	2											
	3											
	4											
III	1											
	2											
	3											
	4											
IV	1											
	2											
	3											
	4											
V	1											
	2											
	3											
	4											
6. EQUIPOS DE MEDICIÓN						TAMICES:						
EQ	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	PROBETA	TAM054	TAM010	TAM408	TAM377	TAM504	TAM162	TAM225
ID	BAD130	BAD117	HOR05	HOR06	PROB017	TAM161	TAM144	TAM252	TAM067	TAM069	TAM212	TAM0150



ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (MTC E 114) ICC.ENS.GOP.0001.007 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO:				
TRAMO: PUTINA - ANANEA	CODIGO:	FECHA:				
LUGAR: PUNO	RESIDENTE:					
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL	ING. JEFE:					
1.- MUESTRA		2.- PERSONAL				
UBICACIÓN: Cantera Km.105+120	CALICATA: C-1	ING. ESPEC.:				
MATERIAL: Granular	PROFUND.(m): 0.00 - 1.80	TECNICO:				
3.- DETERMINACION DE ALTURAS						
IT	DESCRIPCION	UN	1	2	3	PROMEDIO
1	Lectura cronometro de entrada a saturación	min:s	10:00:00	10:02:00	10:04:00	
2	Lectura cronometro: salida de saturación	min:s	10:10:00	10:12:00	10:14:00	
3	Tiempo de saturación (Ts), Ts = 10 ± 1 min	min:s	00:10:00	00:10:00	00:10:00	
4	Tiempo de agitación (Ta), Ta = 40 ± 3 seg	s	40	40	40	
5	Lectura cronometro: entrada a decantación	min:s	10:12:00	10:14:00	10:16:00	
6	Lectura cronometro: salida de decantación	min:s	10:32:00	10:34:00	10:36:00	
7	Tiempo decantación (Td), Td = 20 ± 15 seg	s	00:20:00	00:20:00	00:20:00	
8	Altura total finos floculados, ± 1 mm	mm	123	125	121	
9	Altura de la parte arenosa, ± 1 mm	mm	68	70	65	
[EA] Equivalente arena, [6]*100/[5]		%	55.3	56.0	53.7	55.0
4.- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ.	BALANZA	HORNO	PROBETA	EQUIPO DE EQUIVALENTE		
ID.	BADI19	HOR06	PROB017	EQV0132 -EQV0133		



ENSAYO
ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO - MTC E 107
ICC.ENS.GOP.0001.005
Versión: 1

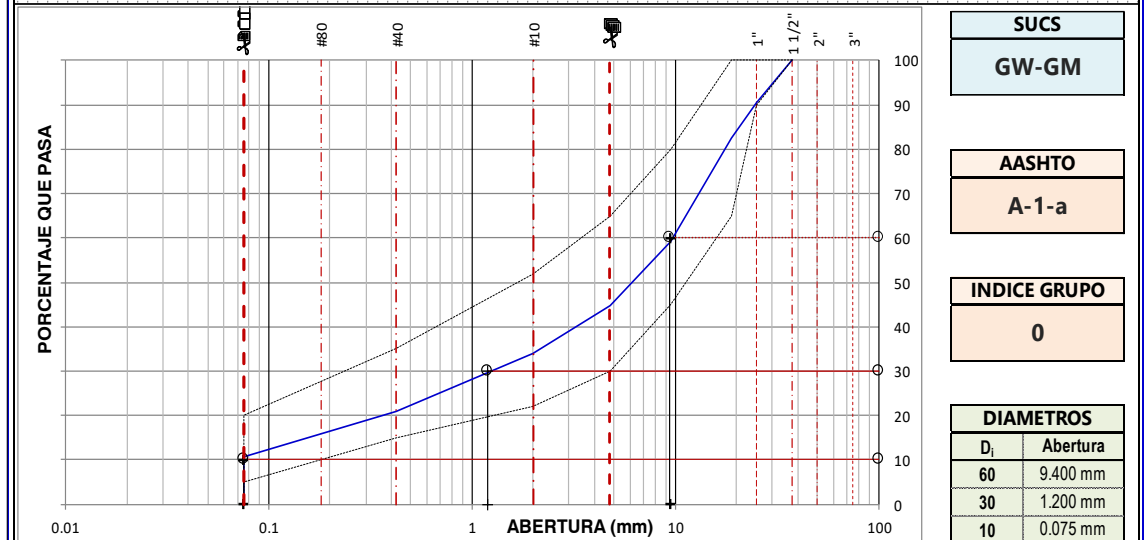
SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL PROYECTO: JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA	REGISTRO:
Tramo <u>PUTINA - ANANEA</u> CODIGO: _____ LUGAR: <u>PUNO</u> RESIDENTE: _____	FECHA:
SUPERVISIÓN: <u>PROVIAS NACIONAL</u> ING. JEFE: _____	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: <u>Cantera Km. 105+120</u> RUTA: <u>PE-34H</u> CALICATA: <u>C-1</u> MATERIAL: <u>Granular</u> PROFUND.(m): <u>0.00 - 1.80</u>	ING. ESPECIALISTA: _____ TECNICO: _____

3. TAMIZADO							4. RESUMEN	
N	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE		ACUMULADO (%)	
	ASTM	(mm)	PESO (g)	%	MATERIAL AFIRMAD	AASHTO	ESPECIFICACION A1	
1	1 1/2"	37.500	0	0.0	100.0		100	100
2	1"	25.000	721	9.6	90.4		90	100
3	3/4"	19.000	586	7.8	82.6		65	100
4	3/8"	9.500	1.752	23.3	59.3		45	80
5	#4	4.750	1.089	14.5	44.8		30	65
6	#10	2.000	812	10.8	34.0		22	52
7	#40	0.425	985	13.1	20.9		15	35
8	#200	0.075	767	10.2	10.7		5	20
9	Fondo		808.3					
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

DESCRIPCION	VALOR
GENERALES	
Peso muestra seca	7.521 g
Peso muestra lavada y seca	6.713 g
Finos equiv. <#4:	44.8%
Grava usada	55.2%
Fino ensayado < #4	3.373 g
Frac. equiv. < #200:	10.7%
Frac. equiv. < #200:	808.3 g
TIPO DE TAMIZADO	
TAMANO MAXIMO	1 1/2"
COEFICIENTES	
Uniformidad (Cu)	125.333
Curvatura (Cc)	2.043
HUMEDAD NATURAL	
1. Peso suelo húmedo	346.7 g
2. Peso suelo seco	325.6 g
3. Peso de agua [1] - [2]	21.1 g
4. Humedad [3]*100 / [2]	6.5 %
LIMITES DE ATTERBERG	
DESCRIPCION	
Límite Líquido (LL):	21
Límite Plástico (LP):	0
Índice Plástico (IP):	NP

5. CURVA GRANULOMETRICA Y CLASIFICACION DE SUELOS



6. EQUIPO DE MEDICION				7. TAMICES	
EQ.	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	
ID.	BADI79	BADI19	HOR06	HOR05	Serie de tamices gruesa y fina completa



ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS AGREGADO FINO (MTC E 205) AGREGADO GRUESO (MTC E 206) ICC.ENS.GOP.0001.014 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO-PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA	REGISTRO:
Tramo: PUTINA - ANANEA CODIGO:	
LUGAR: PUNO RESIDENTE:	FECHA:
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL ING. JEFE:	

1- MUESTRA	2- PERSONAL
UBICACIÓN: Cantera Km.105+120 CALICATA: C-1	ING. ESPEC.:
MATERIAL: Granular PROFUND.(m): 0.00 - 1.80	TECNICO:

2- AGREGADO FINO

IT	DESCRIPCION	UN	[M1]	[M2]	[M3]	RESULTADO
1	Peso SSS* del suelo	g	300.20	300.00	300.10	PROMEDIO
2	Peso: Frasco con agua al enrase	g	688.87	703.84	681.37	
3	Peso: Frasco con suelo SSS* y con agua al enrase	g	860.50	876.20	853.10	
4	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	g	294.00	293.60	293.10	
5	Peso Específico Aparente, [4]/[2+1-3]	g/cc	2.287	2.300	2.283	2.290
6	Peso Específico Nominal, [4]/[2+4-3]	g/cc	2.403	2.422	2.415	2.413
7	Absorción, [1-4]/[4]	%	2.11%	2.18%	2.39%	2.23%

3- AGREGADO GRUESO

8	Peso SSS* del suelo	g	500.0	500.0	500.0	PROMEDIO
9	Peso sumergido del suelo SSS*	g	309.4	310.0	309.7	
10	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	g	493.4	494.1	493.1	
11	Peso Específico Aparente, [10]/[8-9]	g/cc	2.589	2.601	2.591	2.593
12	Peso Específico Nominal, [10]/[10-9]	g/cc	2.682	2.684	2.689	2.685
13	Absorción, [8-10]/[10]	%	1.34%	1.19%	1.40%	1.31%

(*) SSS: Saturado Superficialmente Seco / Saturado con Superficie Seca

4- EQUIPOS DE MEDICION

EQ.	BALANZA	HORNO	HORNO	FIOLA	FIOLA	FIOLA	CONO DE ABSORCION C/ PISON
ID	BAD30	HOR05	HOR06	FIO024	FIO032	FIO028	CABS112 - CABS113



ENSAYO DETERMINACION DE LA HUMEDAD ICC.ENS.GOP.0001.001 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA					REGISTRO: _____	
TRAMO: PUTINA - ANANEA LUGAR: PUNO		CÓDIGO: _____ RESIDENTE: _____			FECHA: _____	
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL		ING. JEFE: _____				
1 - MUESTRA					2- PERSONAL	
UBICACIÓN: Cantera Km.105+120		RUTA: PE-34H	CALICATA: C-1	ING. ESPECIALISTA: _____		
MATERIAL: Granular		PROFUND.(m): 0.00 - 1.80		TECNICO: _____		
3- HUMEDAD					MUESTRAS POR SONDAJE	
					1	2
					3	SONDAJE
0	Cápsula	UN	94	95	96	1
1	Peso de cápsula	g	69.9	73.0	73.5	M-1
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	342.2	348.7	409.2	
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	325.6	331.9	388.6	
4	Peso de agua, [2] - [3]	g	16.60	16.80	20.60	
5	Peso seco, [3] - [1]	g	255.7	258.9	315.1	
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%	6.5	6.5	6.5	PROM=6.5
0	Cápsula	UN				2
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
0	Cápsula	UN				3
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
0	Cápsula	UN				4
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
4- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO		
ID	BADI85	BADI30	HOR05	HOR06		



ENSAYO
**LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD (MTC E 110_E
111 2000)**
ICC.ENS.GOP.0001.011
Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA - PUTINA - ORIENTAL - SANDIA - SAN IGNACIO - PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO:		
TRAMO: PUTINA - ANANEA		RESIDENTE:		
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL		ING. JEFE:		
FECHA:				
1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL		
UBICACIÓN: Cantera Km.105+120		RUTA: PE-34H		
MATERIAL: Granular		PROFUND. (m): 0.00 - 1.80		
CALICATA: C-1		ING. ESP.:		
TECNICO:				
3.-LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
Nº TARA	ID	T-108	T-109	T-110
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	40.24	42.09	43.35
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	36.63	38.40	39.80
PESO DE AGUA	(g)	3.61	3.69	3.55
PESO DE LA TARA	(g)	21.30	21.11	21.45
PESO DEL SUELO SECO	(g)	15.33	17.29	18.35
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.55	21.34	19.35
NUMERO DE GOLPES		15	24	37
4.-LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	T-111	T-112	PROMEDIO
Nº TARA	ID			
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g.)			
PESO TARA + SUELO SECO	(g.)			
PESO DE LA TARA	(g.)			
PESO DEL AGUA	(g.)			
PESO DEL SUELO SECO	(g.)			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	NP	NP	
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO (%)	21			
LIMITE PLASTICO (%)	NP			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP			
4.- EQUIPOS DE MEDICIÓN				
EQUIPO	BALANZA	COPA CASAGRANDE	HORNO	VIDRIO ESMIRALADO
CODIGO	BADI30	CGR07 - CGR011	HOR05 - HOR06	VE-01, VE-02, VE-03 y VE-04



CANTERA TICANI II

ENSAYO ABRASION LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS (MTC E 207) ICC.ENS.GOP.0001.010 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO-PUTINA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA Tramo: PUTINA - ANANEA CODIGO: _____ LUGAR: PUNO RESIDENTE: _____ SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL ING. JEFE: _____	REGISTRO: FECHA: _____
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

1- MUESTRA UBICACION: _____ Cantera Km. 106+700 CALICATA: _____ C-2 MATERIAL: _____ Granular PROFUND.(m): _____ 0.00 - 1.90	2- PERSONAL ING. ESPEC.: _____ TECNICO: _____
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

ENSAYO	GRADACION	P E S O (gramos)							
		INICIAL	1-1/2"-1"	1" - 3/4"	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-# 4	# 4-# 8
1	A	5,000	1,250	1,250	1,250	1,250			
	B	0							
	C	0							
	D	0							

RESULTADOS	RETENIDO EN LA MALLA # 12: 3,807	% DE DESGASTE: 23.86%
-------------------	-----------------------------------------	------------------------------

	GRADACION	P E S O (gramos)								
		INICIAL	1-1/2"-1"	1" - 3/4"	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-# 4	# 4-# 8	
		A								
		B								

RESULTADOS	RETENIDO EN LA MALLA # 12:	% DE DESGASTE:
-------------------	-----------------------------------	-----------------------

4- EQUIPOS DE MEDICION

EQ.	BALANZA	HORNO	MAQUINA DE LOS ANGELES	TAMICES REQUERIDOS SEGÚN LA GRADACION
ID	BADI79	HOR05	MALA	

5- OBSERVACIONES

6.- INFORMACION TECNICA: GRANULOMETRIA PARA EL ENSAYO

CANT	ESFERAS CARGA (g)	GRADACION	P E S O (gramos)							
			INICIAL	1-1/2"-1"	1" - 3/4"	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-# 4	# 4-# 8
12	5000±25	A	5000 ± 25	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10			
11	4 584±25	B	5000 ± 10			2500± 10	2500 ± 10			
8	3330±20	C	5000 ± 10					2500± 10	2500± 10	
6	2500±10	D	5000 ± 10							5000 ± 10



ENSAYO
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO (MTC E 209 2000 - ASTM C 88 - AASHTO T -104)
ICC.ENS.GOP.0001.015
Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILLAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILLAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO:										
TRAMO: PUTINA - ANANEA	CODIGO:	FECHA:										
LUGAR: PUNO	RESIDENTE:											
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL	ING. JEFE:											
1. MUESTRA		2. PERSONAL										
UBICACIÓN: Cantera Km. 106+700	ING. ESPEC.:											
MATERIAL: Granular	TECNICO:											
	CALICATA: C - 2											
	PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 1.90											
3. DATOS												
SOLUCION:	SULFATO DE MAGNESIO	MgSO4	Norma: Pe=[1,295 , 1,302] Pe = 1.300 OK N° DE CICLOS 5									
4.- ANÁLISIS CUANTITATIVO												
AGREGADO GRUESO												
FRACCIÓN		GRADACION ORIGINAL (%)	PESO REQUERIDO (g)	PESO FRACCIÓN ENSAYADA (g)	N° DE PARTICULAS	PESO RETENIDO DESPUES DEL ENSAYO (g)	PERDIDA		PERDIDA CORREGIDA (%)	N° DE PARTICULAS	PERDIDA ASUMIDA	
PASA	RETIENE						PESO (g)	%				
2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	0.0	3000±300	0	0	0	0.0	0.0	0.00			
2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	3.5	2000±200	2012	15	1980.0	32.0	0.0	0.00			
1 1/2" 37.5 mm	1" 25 mm	6.4	1000±50	1005	21	965.8	39.2	3.9	0.25			
1" 25 mm	3/4" 19 mm	20.6	500±30	502	24	490.5	11.5	2.3	0.47			
3/4" 19 mm	1/2" 12,5 mm	36.2	670±10	670.2		659.4	10.8	1.6	0.58			
1/2" 12,5 mm	3/8" 9,5 mm	17.4	330±5	330.1	-	310.2	19.9	6.0	1.05			
3/8" 9,5 mm	N° 4 4,75 mm	15.9	300±5	300.3	-	268.0	32.3	10.8	1.71			
TOTALES		100.0		4819.6		4673.9			4.06			
AGREGADO FINO												
TAMAÑO		GRADACION ORIGINAL (%)	PESO MINIMO REQUERIDO (g)	PESO DE LA FRACCIÓN ENSAYADA (g)	PESO RETENIDO DESPUES DEL ENSAYO (g)	PERDIDA		PERDIDA CORREGIDA (%)	PERDIDA ASUMIDA			
PASA	RETIENE					PESO (g)	%					
3/8" 9,5 mm	N° 04 4,75 mm	9.80	100	100	87.8	12.2	12.2	1.20				
N° 04 4,75 mm	N° 08 2,36 mm	18.50	100	100	92.1	7.9	7.9	1.46				
N° 08 2,36 mm	N° 16 1,18 mm	22.30	100	100	93.1	6.9	6.9	1.5				
N° 16 1,18 mm	N° 30 600 µ m	18.40	100	100	92.2	7.8	7.8	1.4				
N° 30 600 µ m	N° 50 300 µ m	22.50	100	100	91.1	8.9	8.9	2.0				
N° 50 300 µ m	N° 100 150 µ m	8.50	-			0.0	0.0	0.0				
< N° 100 150 µ m			-			0.0	0.0	0.0				
TOTALES		100.0		500.0		456.3		43.70	7.63			
5. ANÁLISIS CUALITATIVO												
CICLO	FRACCIÓN	N° DE PARTICULAS PREENSAYADAS	EN BUEN ESTADO	AGRIETADAS	PARTIDAS	ESCAMOSAS	DESINTEGRADAS					
I	1											
	2											
	3											
	4											
II	1											
	2											
	3											
	4											
III	1											
	2											
	3											
	4											
IV	1											
	2											
	3											
	4											
V	1											
	2											
	3											
	4											
6. EQUIPOS DE MEDICIÓN						TAMICES:						
EQ	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	PROBETA	TAM054	TAM010	TAM408	TAM377	TAM504	TAM162	TAM225
ID	BADI30	BADI117	HOR05	HOR06	PROB017	TAM161	TAM144	TAM252	TAM067	TAM069	TAM212	TAM0150



ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (MTC E 114) ICC.ENS.GOP.0001.007 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO:				
TRAMO: PUTINA - ANANEA	CODIGO:	FECHA:				
LUGAR: PUNO	RESIDENTE:					
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL	ING. JEFE:					
1.- MUESTRA		2.- PERSONAL				
UBICACIÓN: Cantera Km.106+700	CALICATA: C-2	ING. ESPEC.:				
MATERIAL: Granular	PROFUND.(m): 0.00 - 1.90	TECNICO:				
3.- DETERMINACION DE ALTURAS						
IT	DESCRIPCION	UN	1	2	3	PROMEDIO
1	Lectura cronometro de entrada a saturación	min:s	17:00:00	17:02:00	17:04:00	
2	Lectura cronometro: salida de saturación	min:s	17:10:00	17:12:00	17:14:00	
3	Tiempo de saturación (Ts), Ts = 10 ± 1 min	min:s	00:10:00	00:10:00	00:10:00	
4	Tiempo de agitación (Ta), Ta = 40 ± 3 seg	s	40	40	40	
5	Lectura cronometro: entrada a decantación	min:s	17:12:00	17:14:00	17:16:00	
6	Lectura cronometro: salida de decantación	min:s	17:32:00	17:34:00	17:36:00	
7	Tiempo decantación (Td), Td = 20 ± 15 seg	s	00:20:00	00:20:00	00:20:00	
8	Altura total finos floculados, ± 1 mm	mm	124	127	126	
9	Altura de la parte arenosa, ± 1 mm	mm	68	69	72	
[EA] Equivalente arena, [6]*100/[5]		%	54.8	54.3	57.1	55.4
4.- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ.	BALANZA	HORNO	PROBETA	EQUIPO DE EQUIVALENTE		
ID.	BADI19	HOR06	PROB017	EQV0132 -EQV0133		



ENSAYO
ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO - MTC E 107
ICC.ENS.GOP.0001.005
Versión: 1

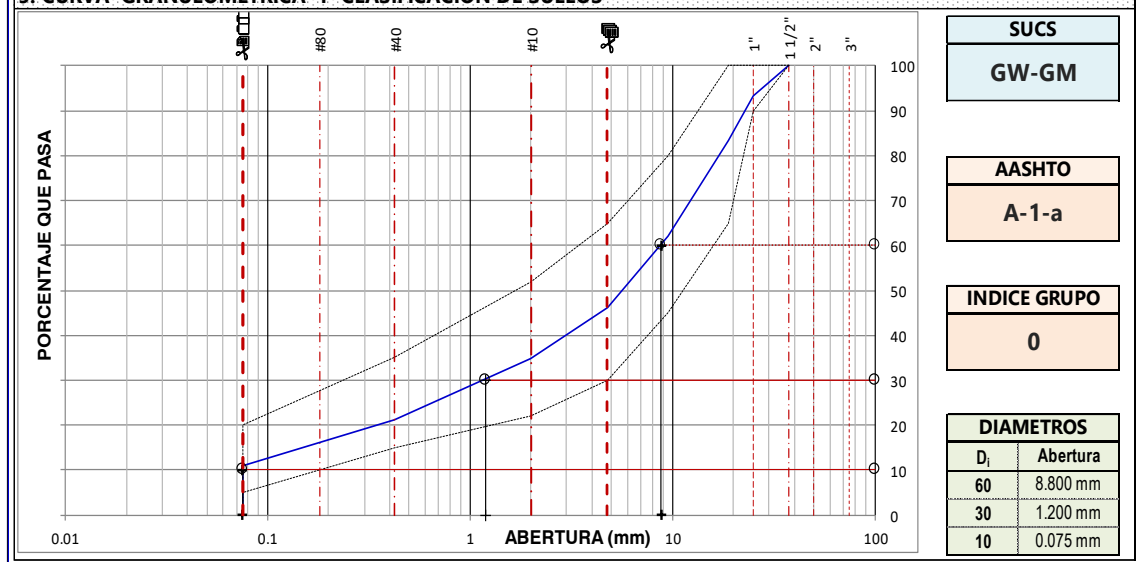
<p style="text-align: center;">SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL</p> <p>PROYECTO: JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILULAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILULAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA</p> <p>Tramo: PUTINA - ANANEA CODIGO:</p> <p>LUGAR: PUNO RESIDENTE:</p> <p>SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL ING. JEFE:</p>	<p style="text-align: center;">REGISTRO:</p> <p style="text-align: center;">FECHA:</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>1. MUESTRA</p> <p>UBICACION: Cantera Km. 106+700 RUTA: PE-34H</p> <p>MATERIAL: Granular CALICATA: C-2</p> <p style="text-align: right;">PROFUND.(m): 0.00 - 1.90</p>	<p>2. PERSONAL</p> <p>ING. ESPECIALISTA:</p> <p>TECNICO:</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

3. TAMIZADO							4. RESUMEN	
N	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE		ACUMULADO (%)	
	ASTM	(mm)	PESO (g)	%	MATERIAL AFIRMAD	ESPECIFICACION AASHTO A1		
1	1 1/2"	37.500	0	0.0	100.0	100	100	
2	1"	25.000	514	6.6	93.4	90	100	
3	3/4"	19.000	784	10.0	83.4	65	100	
4	3/8"	9.500	1,685	21.5	62.0	45	80	
5	#4	4.750	1,241	15.8	46.1	30	65	
6	#10	2.000	894	11.4	34.7	22	52	
7	#40	0.425	1,066	13.6	21.1	15	35	
8	#200	0.075	792	10.1	11.0	5	20	
9	Fondo		864.8					
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

DESCRIPCION	VALOR
GENERALES	
Peso muestra seca	7.841 g
Peso muestra lavada y seca	6.976 g
Finos equiv. <#4:	46.1%
Grava usada	53.9%
Fino ensayado < #4	3.617 g
Frac. equiv. < #200:	11.0%
TIPO DE TAMIZADO	MANUAL
TAMANO MAXIMO	1 1/2"
COEFICIENTES	
Uniformidad (Cu)	117.333
Curvatura (Cc)	2.182
HUMEDAD NATURAL	
1. Peso suelo húmedo	344.0 g
2. Peso suelo seco	325.5 g
3. Peso de agua [1] - [2]	18.5 g
4. Humedad [3]*100 / [2]	5.7 %
LIMITES DE ATTERBERG	
DESCRIPCION	REGISTRO
Límite Líquido (LL):	21
Límite Plástico (LP):	0
Índice Plástico (IP):	NP

5. CURVA GRANULOMETRICA Y CLASIFICACION DE SUELOS



6. EQUIPO DE MEDICION				7. TAMICES	
EQ.	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	Serie de tamices gruesa y fina completa
ID.	BADI79	BADI19	HOR06	HOR05	



ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS AGREGADO FINO (MTC E 205) AGREGADO GRUESO (MTC E 206) ICC.ENS.GOP.0001.014 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO-PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA Tramo: PUTINA - ANANNEA CODIGO: _____ LUGAR: PUNO RESIDENTE: _____ SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL ING. JEFE: _____	REGISTRO: _____ FECHA: _____
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

1- MUESTRA UBICACIÓN: Cantera Km.106+700 CALICATA: C-2 MATERIAL: Granular PROFUND.(m): 0.00 - 1.90	2- PERSONAL ING. ESPEC.: _____ TECNICO: _____
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

2- AGREGADO FINO						
IT	DESCRIPCION	UN	[M1]	[M2]	[M3]	RESULTADO
1	Peso SSS* del suelo	g	300.00	300.00	300.00	PROMEDIO
2	Peso: Frasco con agua al enrase	g	655.44	684.97	686.56	
3	Peso: Frasco con suelo SSS* y con agua al enrase	g	831.50	862.20	863.10	
4	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	g	291.12	290.98	291.00	
5	Peso Específico Aparente, [4]/[2+1-3]	g/cc	2.349	2.370	2.357	2.359
6	Peso Específico Nominal, [4]/[2+4-3]	g/cc	2.530	2.558	2.542	2.544
7	Absorción, [1-4]/[4]	%	3.05%	3.10%	3.09%	3.08%

3- AGREGADO GRUESO						
8	Peso SSS* del suelo	g	500.2	500.1	500.0	PROMEDIO
9	Peso sumergido del suelo SSS*	g	301.9	301.8	302.0	
10	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	g	490.1	490.5	490.2	
11	Peso Específico Aparente, [10]/[8-9]	g/cc	2.472	2.474	2.476	2.474
12	Peso Específico Nominal, [10]/[10-9]	g/cc	2.604	2.599	2.605	2.603
13	Absorción, [8-10]/[10]	%	2.06%	1.96%	2.00%	2.01%

(*) SSS: Saturado Superficialmente Seco / Saturado con Superficie Seca

4-EQUIPOS DE MEDICION							
EQ.	BALANZA	HORNO	HORNO	FIOLA	FIOLA	FIOLA	CONO DE ABSORCION C/ PISON
ID	BADI30	HOR05	HOR06	FIO024	FIO032	FIO028	CABS112 - CABS113



ENSAYO
DETERMINACION DE LA HUMEDAD
ICC.ENS.GOP.0001.001
Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA				REGISTRO:		
TRAMO: PUTINA - ANANEA		CÓDIGO:		FECHA:		
LUGAR: PUNO		RESIDENTE:				
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL				ING. JEFE:		
1 - MUESTRA				2- PERSONAL		
UBICACIÓN: Canteras Km.106+700		RUTA: PE-34H		CALICATA: C-2		
MATERIAL: Granular		PROFUND.(m): 0.00 - 1.90		ING. ESPECIALISTA:		
TECNICO:						
3- HUMEDAD			MUESTRAS POR SONDAJE			
			1	2	3	SONDAJE
0	Cápsula	UN	88	89	90	1
1	Peso de cápsula	g	75.2	64.2	64.8	M-1
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	311.6	385.8	388.7	
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	298.6	368.6	371.5	
4	Peso de agua, [2] - [3]	g	13.00	17.20	17.20	
5	Peso seco, [3] - [1]	g	223.5	304.4	306.7	
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%	5.8	5.7	5.6	PROM=5.7
0	Cápsula	UN				2
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
0	Cápsula	UN				3
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
0	Cápsula	UN				4
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
4- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO		
ID	BAD185	BAD130	HOR05	HOR06		



ENSAYO
LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD (MTC E 110_E
111 2000)
ICC.ENS.GOP.0001.011
Versión: 1

PROYECTO: DEL CORREDOR VIAL JULIACA - PUTINA - ORIENTAL - SANDIA - SAN IGNACIO - PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA				REGISTRO:	
TRAMO: PUTINA - ANANEA		RESIDENTE: ING. JEFE		FECHA:	
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL					
1.- DATOS DE LA MUESTRA				2.- PERSONAL	
UBICACIÓN: Cantera Km.106+700		RUTA: PE-34H		ING. ESP.:	
MATERIAL: Granular		CALICATA: C-2		TECNICO:	
		PROFUND. (m) 0.00 - 1.90			
3.-LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº TARA	ID	T-102	T-103	T-104	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	42.76	44.35	42.58	
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	38.69	40.28	39.16	
PESO DE AGUA	(g)	4.07	4.07	3.42	
PESO DE LA TARA	(g)	21.45	21.20	21.59	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17.24	19.08	17.57	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.61	21.33	19.46	
NUMERO DE GOLPES		15	25	37	
4.-LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			PROMEDIO
Nº TARA	ID	T-105	T-106		
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g.)				
PESO TARA + SUELO SECO	(g.)				
PESO DE LA TARA	(g.)				
PESO DEL AGUA	(g.)				
PESO DEL SUELO SECO	(g.)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	NP	NP		
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES			
LIMITE LIQUIDO (%)	21				
LIMITE PLASTICO (%)	NP				
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP				
4.- EQUIPOS DE MEDICIÓN					
EQUIPO	BALANZA	COPA CASAGRANDE	HORNO	VIDRIO ESMIRALADO	
CODIGO	BADI30	CGR07 - CGR011	HOR05 - HOR06	VE-01, VE-02, VE-03 y VE-04	



CANTERA DV. ANANEA

ENSAYO ABRASION LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS (MTC E 207) ICC.ENS.GOP.0001.010 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO-PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO:								
Tramo: PUTINA - ANANEA		CODIGO:								
LUGAR: PUNO		RESIDENTE:								
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL		ING. JEFE:								
FECHA:										
1- MUESTRA		2- PERSONAL								
UBICACION: Cantera Km. 141+140		CALICATA: C-3								
MATERIAL: Granular		PROFUND.(m): 0.00 - 2.00								
		ING. ESPEC.:								
		TECNICO:								
ENSAYO	GRADACION	P E S O (gramos)								
		INICIAL	1-1/2"-1"	1" - 3/4"	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-# 4	# 4-# 8	
1	A	5,000	1,250	1,250	1,250	1,250				
	B	0								
	C	0								
	D	0								
RESULTADOS		RETENIDO EN LA MALLA # 12:			3,456	% DE DESGASTE:		30.88%		
	A									
	B									
	C									
	D									
RESULTADOS		RETENIDO EN LA MALLA # 12:				% DE DESGASTE:				
4.- EQUIPOS DE MEDICION										
EQ.	BALANZA	HORNO	MAQUINA DE LOS ANGELES	TAMICES REQUERIDOS SEGÚN LA GRADACION						
ID	BADI79	HOR05	MALA							
5- OBSERVACIONES										
<hr/> <hr/>										
6.- INFORMACION TECNICA: GRANULOMETRIA PARA EL ENSAYO										
ESFERAS		GRADACION	P E S O (gramos)							
CANT	CARGA (g)		INICIAL	1-1/2"-1"	1" - 3/4"	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-# 4	# 4-# 8
12	5000±25	A	5000 ± 25	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10			
11	4 584±25	B	5000 ± 10			2500± 10	2500± 10			
8	3330±20	C	5000 ± 10					2500± 10	2500± 10	
6	2500±10	D	5000 ± 10						5000 ± 10	



ENSAYO
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO (MTC E 209 2000 - ASTM C 88 - AASHTO T -104)
ICC.ENS.GOP.0001.015
Versión:1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO-PUNTA DE CARRERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA										REGISTRO:		
TRAMO: PUTINA - ANANEA					CODIGO:					FECHA:		
LUGAR: PUNO					RESIDENTE:							
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL					ING. JEFE:							
1. MUESTRA										2. PERSONAL		
UBICACIÓN: Cantera Km. 141+140										ING. ESPEC.:		
MATERIAL: Granular										TECNICO:		
										CALICATA: C - 3		
										PROFUNDAD (m): 0.00 - 2.00		
3. DATOS												
SOLUCION:		SULFATO DE MAGNESIO		<i>MgSO4</i>		Norma: Pe=[1.295 , 1.302]		Pe = 1.300		OK		
										N° DE CICLOS 5		
4.- ANÁLISIS CUANTITATIVO												
AGREGADO GRUESO												
FRACCIÓN		GRADACION ORIGINAL (%)	PESO REQUERIDO (g)	PESO FRACCION ENSAYADA (g)	N° DE PARTICULAS	PESO RETENIDO DESPUES DEL ENSAYO (g)	PERDIDA		PERDIDA CORREGIDA (%)	N° DE PARTICULAS	PERDIDA ASUMIDA	
PASA	RETIENE						PESO (g)	%				
2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	0.0	3000±300	0	0	0	0.0	0.0	0.00			
2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	2.9	2000±200	2020	13	1954.0	66.0	0.0	0.00			
1 1/2" 37.5 mm	1" 25 mm	14.3	1000±50	1012	22	952.2	59.8	5.9	0.84			
1" 25 mm	3/4" 19 mm	24.5	500±30	505	28	478.4	26.6	5.3	1.29			
3/4" 19 mm	1/2" 12.5 mm	27.5	670±10	671	-	648.3	22.7	3.4	0.93			
1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	16.5	330±5	331	-	302.2	28.8	8.7	1.44			
3/8" 9.5 mm	N° 4 4.75 mm	14.3	300±5	302.0	-	264.4	37.6	12.5	1.78			
TOTALES		100.0		4841.0		4599.5			6.28			
AGREGADO FINO												
TAMAÑO		GRADACION ORIGINAL (%)	PESO MINIMO REQUERIDO (g)	PESO DE LA FRACCION ENSAYADA (g)	PESO RETENIDO DESPUES DEL ENSAYO (g)	PERDIDA		PERDIDA CORREGIDA (%)	PERDIDA ASUMIDA			
PASA	RETIENE					PESO (g)	%					
3/8" 9.5 mm	N° 04 4.75 mm	5.80	100	100	90.4	9.6	9.6	0.56				
N° 04 4.75 mm	N° 08 2.36 mm	20.40	100	100	91.2	8.8	8.8	1.80				
N° 08 2.36 mm	N° 16 1.18 mm	19.20	100	100	91.4	8.6	8.6	1.7				
N° 16 1.18 mm	N° 30 600 µ m	14.30	100	100	90.4	9.6	9.6	1.4				
N° 30 600 µ m	N° 50 300 µ m	26.80	100	100	90.2	9.8	9.8	2.6				
N° 50 300 µ m	N° 100 150 µ m	13.50	-	-	-	0.0	0.0	0.0				
< N° 100 150 µ m			-	-	-	0.0	0.0	0.0				
TOTALES		100.0		500.0	453.6			46.40	8.00			
5. ANÁLISIS CUALITATIVO												
CICLO	FRACCIÓN	N° DE PARTICULAS PREENSAYADAS	EN BUEN ESTADO	AGRIETADAS	PARTIDAS	ESCAMOSAS	DESINTEGRADAS					
I	1											
	2											
	3											
	4											
II	1											
	2											
	3											
	4											
III	1											
	2											
	3											
	4											
IV	1											
	2											
	3											
	4											
V	1											
	2											
	3											
	4											
6. EQUIPOS DE MEDICIÓN												
EQ						TAMICES:						
BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	PROBETA	TAM054	TAM010	TAM408	TAM377	TAM504	TAM162	TAM225	
ID	BADI30	BADI117	HOR05	HOR06	PROB017	TAM161	TAM144	TAM252	TAM067	TAM069	TAM212	TAM0150



ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (MTC E 114) ICC.ENS.GOP.0001.007 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO:				
TRAMO: PUTINA - ANANEA		CODIGO:				
LUGAR: PUNO		RESIDENTE:				
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL		ING. JEFE:				
		FECHA:				
1.- MUESTRA		2.- PERSONAL				
UBICACIÓN: Cantera Km.141+140		CALICATA: C-3				
MATERIAL: Granular		PROFUND.(m): 0.00 - 2.00				
		ING. ESPEC.:				
		TECNICO:				
3.- DETERMINACION DE ALTURAS						
IT	DESCRIPCION	UN	1	2	3	PROMEDIO
1	Lectura cronometro de entrada a saturación	min:s	14:00:00	14:02:00	14:04:00	
2	Lectura cronometro: salida de saturación	min:s	14:10:00	14:12:00	14:14:00	
3	Tiempo de saturación (Ts), Ts = 10 ± 1 min	min:s	00:10:00	00:10:00	00:10:00	
4	Tiempo de agitación (Ta), Ta = 40 ± 3 seg	s	40	40	40	
5	Lectura cronometro: entrada a decantación	min:s	14:12:00	14:14:00	14:16:00	
6	Lectura cronometro: salida de decantación	min:s	14:32:00	14:34:00	14:36:00	
7	Tiempo decantación (Td), Td = 20 ± 15 seg	s	00:20:00	00:20:00	00:20:00	
8	Altura total finos floculados, ± 1 mm	mm	102	104	101	
9	Altura de la parte arenosa, ± 1 mm	mm	42	43	42	
[EA] Equivalente arena, [6]*100/[5]		%	41.2	41.3	41.6	41.4
4.- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ.	BALANZA	HORNO	PROBETA	EQUIPO DE EQUIVALENTE		
ID.	BADI19	HOR06	PROB017	EQV0132 -EQV0133		



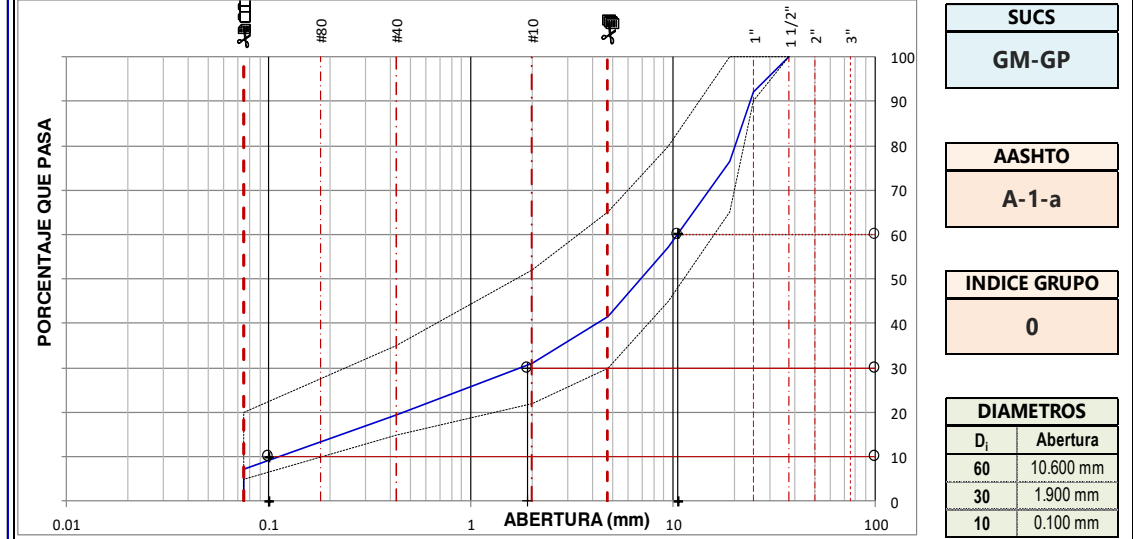
ENSAYO
ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO - MTC E 107
ICC.ENS.GOP.0001.005
Versión: 1

<p>SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL PROYECTO: JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA</p> <p>Tramo: PUTINA - ANANEA CODIGO: _____ LUGAR: PUNO RESIDENTE: _____</p> <p>SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL ING. JEFE: _____</p>	<p>REGISTRO:</p> <p>FECHA:</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Cantera Km. 141+140 RUTA: PE-34H CALICATA: C-3 MATERIAL: Granular PROFUND.(m): 0.00 - 2.00	ING. ESPECIALISTA: _____ TECNICO: _____

3. TAMIZADO							4. RESUMEN	
N	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE		ACUMULADO (%)	
	ASTM	(mm)	PESO (g)	%	MATERIAL AFIRMAD	ESPECIFICACION AASHTO A1	DESCRIPCION	VALOR
1	1 1/2"	37.500	0	0.0	100.0	100	GENERALES	
2	1"	25.000	512	7.8	92.2	90	Peso muestra seca	6.536 g
3	3/4"	19.000	1,025	15.7	76.5	65	Peso muestra lavada y seca	6.064 g
4	3/8"	9.500	1,254	19.2	57.3	45	Finos equiv. <#4:	41.6%
5	#4	4.750	1,025	15.7	41.6	30	Grava usada	58.4%
6	#10	2.000	699	10.7	30.9	22	Fino ensayado < #4	2,720 g
7	#40	0.425	758	11.6	19.3	15	Frac. equiv. < #200:	7.2%
8	#200	0.075	791	12.1	7.2	5	TIPO DE TAMIZADO	MANUAL
9	Fondo		471.6				TAMANO MAXIMO	1 1/2"
10							COEFICIENTES	
11							Uniformidad (Cu)	106.000
12							Curvatura (Cc)	3.406
13							HUMEDAD NATURAL	
14							1. Peso suelo húmedo	278.0 g
15							2. Peso suelo seco	262.5 g
16							3. Peso de agua [1] - [2]	15.5 g
17							4. Humedad [3]*100 / [2]	5.9 %
18							LIMITES DE ATTERBERG	
19							DESCRIPCION	REGISTRO
20							Límite Líquido (LL):	24
							Límite Plástico (LP):	20
							Índice Plástico (IP):	4

5. CURVA GRANULOMETRICA Y CLASIFICACION DE SUELOS CLASIFICA



6. EQUIPO DE MEDICION				7. TAMICES	
EQ.	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO	Serie de tamices gruesa y fina completa
ID.	BADI79	BADI19	HOR06	HOR05	



ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS AGREGADO FINO (MTC E 205) AGREGADO GRUESO (MTC E 206) ICC.ENS.GOP.0001.014 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO-PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILLAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILLAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA Tramo: PUTINA - ANANEA CODIGO: _____ LUGAR: PUNO RESIDENTE: _____ SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL ING. JEFE: _____	REGISTRO: FECHA: _____
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

1- MUESTRA	2- PERSONAL
UBICACIÓN: Cantera Km.141+140 CALICATA: C-3 MATERIAL: Granular PROFUND.(m): 0.00 - 2.00	ING. ESPEC.: _____ TECNICO: _____

2- AGREGADO FINO						
IT	DESCRIPCION	UN	[M1]	[M2]	[M3]	RESULTADO
1	Peso SSS* del suelo	g	300.30	300.10	300.00	PROMEDIO
2	Peso: Frasco con agua al enrase	g	688.87	703.84	681.37	
3	Peso: Frasco con suelo SSS* y con agua al enrase	g	867.20	881.20	857.60	
4	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	g	291.50	291.90	291.90	
5	Peso Específico Aparente, [4]/[2+1-3]	g/cc	2.390	2.378	2.358	2.376
6	Peso Específico Nominal, [4]/[2+4-3]	g/cc	2.576	2.548	2.524	2.549
7	Absorción, [1-4]/[4]	%	3.02%	2.81%	2.77%	2.87%
3- AGREGADO GRUESO						
8	Peso SSS* del suelo	g	500.0	500.3	500.2	PROMEDIO
9	Peso sumergido del suelo SSS*	g	309.2	309.0	309.4	
10	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	g	491.3	491.4	491.5	
11	Peso Específico Aparente, [10]/[8-9]	g/cc	2.575	2.569	2.576	2.573
12	Peso Específico Nominal, [10]/[10-9]	g/cc	2.698	2.694	2.699	2.697
13	Absorción, [8-10]/[10]	%	1.77%	1.81%	1.77%	1.78%

(*) SSS: Saturado Superficialmente Seco / Saturado con Superficie Seca

4- EQUIPOS DE MEDICION							
EQ.	BALANZA	HORNO	HORNO	FIOLA	FIOLA	FIOLA	CONO DE ABSORCION C/ PISON
ID	BADI30	HOR05	HOR06	FIO024	FIO032	FIO028	CABS112 - CABS113



ENSAYO DETERMINACION DE LA HUMEDAD ICC.ENS.GOP.0001.001 Versión: 1

PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA-PUTINA-ORIENTAL-SANDIA-SAN IGNACIO- PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA					REGISTRO: _____	
TRAMO: PUTINA - ANANEA			CÓDIGO: _____		FECHA: _____	
LUGAR: PUNO			RESIDENTE: _____			
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL			ING. JEFE: _____			
1 - MUESTRA					2- PERSONAL	
UBICACIÓN: Cantera Km.141+140		RUTA: PE-34H	CALICATA: C-3		ING. ESPECIALISTA: _____	
MATERIAL: Granular		PROFUND.(m): 0.00 - 2.00		TECNICO: _____		
3- HUMEDAD			MUESTRAS POR SONDAJE			SONDAJE
			1	2	3	
0	Cápsula	UN	58	59	60	1
1	Peso de cápsula	g	71.7	74.0	63.8	M-1
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	325.9	383.1	365.9	
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	311.9	365.9	349.1	
4	Peso de agua, [2] - [3]	g	14.00	17.20	16.80	
5	Peso seco, [3] - [1]	g	240.2	291.9	285.3	
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%	5.8	5.9	5.9	PROM=5.9
0	Cápsula	UN				2
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
0	Cápsula	UN				3
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
0	Cápsula	UN				4
1	Peso de cápsula	g				
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g				
3	Peso de cápsula + suelo seco	g				
4	Peso de agua, [2] - [3]	g				
5	Peso seco, [3] - [1]	g				
Contenido de humedad [4]*100/[5]		%				
4- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ	BALANZA	BALANZA	HORNO	HORNO		
ID	BADI85	BADI30	HOR05	HOR06		



ENSAYO
LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD (MTC E 110_E
111 2000)
ICC.ENS.GOP.0001.011
Versión: 1

PROYECTO: DEL CORREDOR VIAL JULIACA - PUTINA - ORIENTAL - SANDIA - SAN IGNACIO - PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA		REGISTRO:		
TRAMO: PUTINA - ANANEA		RESIDENTE		
SUPERVISIÓN: PROVIAS NACIONAL		ING. JEFE		
FECHA:				
1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL		
UBICACIÓN: Cantera Km.141+140	RUTA: PE-34H	CALICATA: C-3	ING. ESP.:	
MATERIAL: Granular	PROFUND. (m) 0.00 - 2.00		TECNICO:	
3.-LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
Nº TARA	ID	T-67	T-68	T-69
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	44.83	43.32	42.29
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	40.02	39.15	38.63
PESO DE AGUA	(g)	4.81	4.17	3.66
PESO DE LA TARA	(g)	21.87	21.98	22.01
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.15	17.17	16.62
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.50	24.29	22.02
NUMERO DE GOLPES		16	24	37
4.-LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
Nº TARA	ID	T-70	T-71	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g.)	29.40	30.38	
PESO TARA + SUELO SECO	(g.)	28.16	28.97	
PESO DE LA TARA	(g.)	21.97	21.98	
PESO DEL AGUA	(g.)	1.24	1.41	
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	6.19	6.99	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.03	20.17	
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LIMITE LIQUIDO (%)	24			
LIMITE PLASTICO (%)	20			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	4			
4.- EQUIPOS DE MEDICIÓN				
EQUIPO	BALANZA	COPA CASAGRANDE	HORNO	VIDRIO ESMIRALADO
CODIGO	BADI30	CGR07 - CGR011	HOR05 - HOR06	VE-01, VE-02, VE-03 y VE-04



Anexo 3. CERTIFICACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

ENSAYO																		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS																		
ICC.ENS.GOP.0001.009																		
Versión: 3																		
PROYECTO: SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL: JULIACA – PUTINA – ORIENTAL – SANDIA – SAN IGNACIO – PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA – MOHO – CONIMA – DV. MILILAYA – FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA – TILALI – FRONTERA CON BOLIVIA												REGISTRO: ENS.RC-SC-179-19						
Tramo: PUTINA – ANANEA												CÓDIGO: 0977						
LUGAR: PUNO												RESIDENTE: E.S.H						
SUPERVISIÓN: ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.												ING. JEFE: E.T.G.C.						
1.- MUESTRA												2.- PERSONAL						
UBICACIÓN: DEL KM: 94+970 AL KM: 95+290 LONG: 320												SONDAJE: M-2						
MATERIAL: RECICLADO SUELO CEMENTO												PROFUND.: -						
3.- IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA PROBETA												4.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE						
N°	MUESTREO PROBETA			f _c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{prom} mm	H _{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO	FALLA	NOTA
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT(kg)	f _{ce}			
1	A	12 JULIO 2019	IDENT.:	18	2.192.0	-	101.3	116.0	80.60	0.00093	2.345	19 JULIO 2019	7	1.734 Kg	21.5	19.8	110	-
	B		RECICLADO CON CEMENTO (2.0%) KM.095+210		2.199.0	-	101.3	117.2	80.60	0.00094	2.328	19 JULIO 2019	7	1.521 Kg	18.9			
	C				2.246.0	-	101.2	116.8	80.44	0.00094	2.391	19 JULIO 2019	7	1.525 Kg	19.0			
5.- GRÁFICA DE TIPOS DE ROTURA DE CONCRETO																		
TIPO DE ROTURA							TIPO 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas. TIPO 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base. TIPO 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados. TIPO 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1. TIPO 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado. TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.											
	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA																	
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN																		
EQ.	VERNIER			BALANZA	PRENSA MARSHALL													
ID	VERN 26			BADI 117	PREMA 08													
7.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES																		
ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE PUTINA POR JUAN CARLOS.																		
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																		
LABORATORIO						CALIDAD						SUPERVISIÓN						



ENSAYO																			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS																			
ICC.ENS.GOP.0001.009																			
Versión: 3																			
PROYECTO: SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL: JULIACA – PUTINA – ORIENTAL – SANDIA – SAN IGNACIO – PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA – MOHO – CONIMA – DV. MILILAYA – FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA – TILALI – FRONTERA CON BOLIVIA												REGISTRO: ENS.RC-SC-197-19							
Tramo: PUTINA – ANANEA						CÓDIGO: 0977													
LUGAR: PUNO						RESIDENTE: E.S.H						FECHA: 21 JULIO 2019							
SUPERVISIÓN: ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.						ING. JEFE: E.T.G.C.													
1.- MUESTRA												2.- PERSONAL							
UBICACIÓN: DEL KM: 99+480 AL KM: 99+760						LONG: 280						SONDAJE: M-2							
MATERIAL: RECICLADO SUELO CEMENTO						PROFUND: -						TECNICO : R. VEGAS							
												ASISTENTE : T. ARTEAGA							
3.- IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA PROBETA												4.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE							
N°	MUESTREO PROBETA			f _c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{prom} mm	H _{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO		FALLA	NOTA
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT(kg)	f _{ce}	f _{cr}	%		
1	A	21 JULIO 2019	IDENT.:	18	2.135.0	-	101.5	115.4	80.91	0.00093	2.286	28 JULIO 2019	7	1.225 Kg	15.1			-	
	B		RECICLADO CON CEMENTO (2.0%) KM. 099+690		2.120.0	-	101.7	115.8	81.23	0.00094	2.254	28 JULIO 2019	7	1.599 Kg	19.7	19.2	107	-	
	C				2.125.0	-	101.6	116.0	81.07	0.00094	2.260	28 JULIO 2019	7	1.841 Kg	22.7				
5.- GRÁFICA DE TIPOS DE ROTURA DE CONCRETO																			
TIPO DE ROTURA																			
	TIPO 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas. TIPO 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base. TIPO 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados. TIPO 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1. TIPO 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado. TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.												DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA						
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN																			
EQ. ID	VERNIER VERN 26		BALANZA BADI 117		PRENSA MARSHALL PREMA 08														
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES																			
ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE PUTINA POR JUAN CARLOS.																			
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																			
LABORATORIO						CALIDAD						SUPERVISIÓN							



ENSAYO																			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS																			
ICC.ENS.GOP.0001.009																			
Versión: 3																			
PROYECTO: SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL: JULIACA – PUTINA – ORIENTAL – SANDIA – SAN IGNACIO – PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA – MOHO – CONIMA – DV. MILILAYA – FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA – TILALI – FRONTERA CON BOLIVIA														REGISTRO: ENS.RC-SC-201-19					
Tramo: PUTINA – ANANEA										CÓDIGO: 0977									
LUGAR: PUNO										RESIDENTE: E.S.H				FECHA: 23 JULIO 2019					
SUPERVISIÓN: ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.										ING. JEFE: E.T.G.C.									
1.- MUESTRA														2.- PERSONAL					
UBICACIÓN: DEL KM: 100+350 AL KM: 100+690 LONG: 340										SONDAJE: M-1				TECNICO : R. VEGAS					
MATERIAL: RECICLADO SUELO CEMENTO										PROFUND: -				ASISTENTE : T. ARTEAGA					
3.- IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA PROBETA										4.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE									
N°	MUESTREO PROBETA			f _c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{prom} mm	H _{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO		FALLA	NOTA
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT(kg)	f _{ce}	f _{cr}	%		
1	A	23 JULIO 2019	IDENT.:	18	2130.0	-	102.0	116.0	81.71	0.00095	2.247	30 JULIO 2019	7	1.557 Kg	19.1			-	
	B		RECICLADO CON CEMENTO (2.0%) KM. 100+605		2135.0	-	102.2	116.0	82.03	0.00095	2.244	30 JULIO 2019	7	1.616 Kg	19.7	19.5	108	-	
	C				2138.0	-	102.2	115.8	82.03	0.00095	2.251	30 JULIO 2019	7	1.620 Kg	19.7				
5.- GRÁFICA DE TIPOS DE ROTURA DE CONCRETO																			
TIPO DE ROTURA																			
	<p>TIPO 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.</p> <p>TIPO 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.</p> <p>TIPO 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.</p> <p>TIPO 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1.</p> <p>TIPO 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.</p> <p>TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.</p>												DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA						
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN																			
EQ. ID	VERNIER VERN 26		BALANZA BADI 117		PRENSA MARSHALL PREMA 08														
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES																			
ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE PUTINA POR JUAN CARLOS.																			
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																			
LABORATORIO						CALIDAD						SUPERVISIÓN							



ENSAYO																											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS																											
ICC.ENS.GOP.0001.009																											
Versión: 3																											
PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA - PUTINA - ORIENTAL - SANDIA - SAN IGNACIO - PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA						REGISTRO: ENS-P-0314-2019																					
Tramo: PUTINA - ANANEA		CÓDIGO: 977																									
LUGAR: PUNO		RESIDENTE: E.S.H				FECHA: 25 JULIO 2019																					
SUPERVISIÓN: ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.				ING. JEFE: E.T.G.C.																							
1.- MUESTRA						2.- PERSONAL																					
UBICACIÓN: KM. 101+050 AL KM. 101+410 MUEST KM. 101+230		SONDAJE: M-1		TECNICO : R. VEGAS																							
MATERIAL: RECICLADO SUELO CEMENTO				PROFUND.: -		ASISTENTE : T. ARTEAGA																					
3.- DATOS PARA ENSAYO																											
Método de compactación :		*C*		Número de golpes :		Número de capas :																					
				56		5																					
4.- DENSIDAD HÚMEDA																											
N	DESCRIPCIÓN	UND	M1	M2	M3	M4	M5																				
1	Peso suelo húmedo + molde	g	11.235	11.436	11.601	11.524																					
2	Peso del molde	g	6.684	6.684	6.684	6.684																					
3	Volumen del molde	cm3	2.123	2.123	2.123	2.123																					
4	Peso suelo húmedo (1) - (2)	g	4.551	4.752	4.917	4.840																					
5	Densidad suelo húmedo (4)/(3)	g/cm3	2.14	2.24	2.32	2.28																					
5.- HUMEDAD																											
6	Id. Capsula		1	2	3	4																					
7	Peso del suelo hum.+ capsula	g	546.5	564.4	532.7	568.6																					
8	Peso del suelo seco+capsula	g	533.0	540.1	500.1	524.1																					
9	Peso del agua (7) - (8)	g	13.5	24.3	32.6	44.5																					
10	Peso de la capsula	g	0.0	0.0	0.0	0.0																					
11	Peso del suelo seco (8) - (9)	g	533.0	540.1	500.1	524.1																					
12	Contenido de humedad (9)*100/(11)	%	2.53	4.50	6.52	8.49																					
6.- DENSIDAD SECAZ																											
Densidad seca (5)/(1+(12)/100)		g/cm3	2.09	2.14	2.17	2.10																					
7.- CÁLCULOS				8.- GRÁFICO																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DENSIDAD SECA*</th> </tr> <tr> <th>Xⁿ</th> <th>Y=DS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X³</td> <td>-0.001 806</td> </tr> <tr> <td>X²</td> <td>0.021 952</td> </tr> <tr> <td>X¹</td> <td>-0.059 573</td> </tr> <tr> <td>X⁰</td> <td>2.130 115</td> </tr> </tbody> </table> <p>(*) Son los coeficientes que da la línea de tendencia (polinomio).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Humedad óptima :</td> <td>6.380</td> </tr> <tr> <td>Densidad máxima :</td> <td>2.175</td> </tr> <tr> <td>Peso específico de grava :</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				DENSIDAD SECA*		X ⁿ	Y=DS	X ³	-0.001 806	X ²	0.021 952	X ¹	-0.059 573	X ⁰	2.130 115	RESULTADOS		Humedad óptima :	6.380	Densidad máxima :	2.175	Peso específico de grava :		$y = -0.001806x^3 + 0.021952x^2 - 0.059573x + 2.130115$			
DENSIDAD SECA*																											
X ⁿ	Y=DS																										
X ³	-0.001 806																										
X ²	0.021 952																										
X ¹	-0.059 573																										
X ⁰	2.130 115																										
RESULTADOS																											
Humedad óptima :	6.380																										
Densidad máxima :	2.175																										
Peso específico de grava :																											
9.- EQUIPOS DE MEDICIÓN																											
EQ.	BALANZA	HORNO	TAMIZ #3/4	TAMIZ #4	BALANZA																						
ID.	BADI 151	HOR 06	TAM 009	TAM 225	BADI 117																						
10.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES																											
ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE PUTINA POR JUAN CARLOS.																											
PROCTOR REALIZADO DE LA GRANULOMETRIA																											
11.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																											
LABORATORIO		CALIDAD			SUPERVISIÓN																						



ENSAYO																											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS																											
ICC.ENS.GOP.0001.009																											
Versión: 3																											
PROYECTO: SERVICIO DE GESTION MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA - PUTINA - ORIENTAL - SANDIA - SAN IGNACIO - PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA						REGISTRO:	ENS-P-0318-2019																				
Tramo:	PUTINA - ANANEA		CÓDIGO	977		FECHA:	29 JULIO 2019																				
LUGAR:	PUNO		RESIDENTE:	E.S.H																							
SUPERVISIÓN:	ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.		ING. JEFE:	E.T.G.C.																							
1.- MUESTRA				2.- PERSONAL																							
UBICACIÓN:	KM. 102+248	AL	KM. 102+440	MUEST KM. 102+344	SONDAJE:	M-1	TECNICO : R. VEGAS																				
MATERIAL:	RECICLADO SUELO CEMENTO			PROFUND.:	-		ASISTENTE : T. ARTEAGA																				
3.- DATOS PARA ENSAYO																											
Método de compactación :		*C*		Número de golpes :	56		Número de capas :	5																			
4.- DENSIDAD HÚMEDA																											
N	DESCRIPCIÓN	UND	M1	M2	M3	M4	M5																				
1	Peso suelo húmedo + molde	g	11.342	11.480	11.630	11.626																					
2	Peso del molde	g	6.684	6.684	6.684	6.684																					
3	Volumen del molde	cm3	2.123	2.123	2.123	2.123																					
4	Peso suelo humedo (1) - (2)	g	4.658	4.796	4.946	4.942																					
5	Densidad suelo húmedo (4)/(3)	g/cm3	2.19	2.26	2.33	2.33																					
5.- HUMEDAD																											
6	Id. Capsula		1	2	3	4																					
7	Peso del suelo hum.+ capsula	g	529.7	546.1	597.8	578.7																					
8	Peso del suelo seco+capsula	g	518.0	523.6	562.4	533.4																					
9	Peso del agua (7) - (8)	g	11.7	22.5	35.4	45.3																					
10	Peso de la capsula	g	0.0	0.0	0.0	0.0																					
11	Peso del suelo seco (8) - (9)	g	518.0	523.6	562.4	533.4																					
12	Contenido de humedad (9)*100/(11)	%	2.26	4.30	6.29	8.49																					
6.- DENSIDAD SECAZ																											
Densidad seca (5)/(1+(12)/100)		g/cm3	2.15	2.17	2.19	2.15																					
7.- CÁLCULOS				8.- GRÁFICO																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DENSIDAD SECA*</th> </tr> <tr> <th>Xⁿ</th> <th>Y=DS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X³</td> <td>-0.001 411</td> </tr> <tr> <td>X²</td> <td>0.018 854</td> </tr> <tr> <td>X¹</td> <td>-0.066 647</td> </tr> <tr> <td>X⁰</td> <td>2.216 211</td> </tr> </tbody> </table> <p>(*) Son los coeficientes que da la línea de tendencia (polinomio).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Humedad óptima :</td> <td>6.477</td> </tr> <tr> <td>Densidad máxima :</td> <td>2.192</td> </tr> <tr> <td>Peso específico de grava :</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				DENSIDAD SECA*		X ⁿ	Y=DS	X ³	-0.001 411	X ²	0.018 854	X ¹	-0.066 647	X ⁰	2.216 211	RESULTADOS		Humedad óptima :	6.477	Densidad máxima :	2.192	Peso específico de grava :		$y = -0.001411x^3 + 0.018854x^2 - 0.066647x + 2.216211$			
DENSIDAD SECA*																											
X ⁿ	Y=DS																										
X ³	-0.001 411																										
X ²	0.018 854																										
X ¹	-0.066 647																										
X ⁰	2.216 211																										
RESULTADOS																											
Humedad óptima :	6.477																										
Densidad máxima :	2.192																										
Peso específico de grava :																											
9.- EQUIPOS DE MEDICIÓN																											
EQ.	BALANZA	HORNO	TAMIZ #3/4	TAMIZ #4	BALANZA																						
ID.	BADI 151	HOR 06	TAM 009	TAM 225	BADI 117																						
10.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES																											
ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE PUTINA POR JUAN CARLOS.																											
PROCTOR REALIZADO DE LA GRANULOMETRIA																											
11.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																											
LABORATORIO		CALIDAD			SUPERVISIÓN																						



ENSAYO											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS											
ICC.ENS.GOP.0001.009											
Versión: 3											
PROYECTO: SERVICIO DE GESTIÓN MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL JULIACA - PUTINA - ORIENTAL - SANDIA - SAN IGNACIO - PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA - MOHO - CONIMA - DV. MILLILAYA - FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILLILAYA - TILALI - FRONTERA CON BOLIVIA							REGISTRO: ENS.G-0373-19				
TRAMO: PUTINA - ANANEA							CÓDIGO: 977				
LUGAR: PUNO							RESIDENTE: E.S.H				
SUPERVISIÓN: ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.							ING. JEFE: E.T.G.C.				
FECHA: 31 JULIO 2019											
1.- MUESTRA							2.- PERSONAL				
UBICACIÓN: DEL KM: 102+955 AL KM: 103+226 MUESTREO KM: 103+091							SONDAJE: M-1				
MATERIAL: RECICLADO SUELO CEMENTO							PROFUND: -				
3.- TAMIZADO							4.- RESUMEN				
N	TAMIZ		PESO (g)		PORCENTAJE			ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR	
	(pulg)	(mm)	USADO	RETEN	PARC	ACUM	PASA				
1	2"	50.000		0	0.0	0.0	100.0		Peso de muestra seca:	18.023 g	
2	1 1/2"	37.500	1.912	10.6	10.6	10.6	89.4		Peso lavado seco:	16.158 g	
3	1"	25.000	2.235	12.4	12.4	23.0	77.0		Finos lavados:	1.865 g	
GENERALES											
									DESCRIPCIÓN	VALOR	
4	3/4"	19.000	1.506	8.4	8.4	31.4	68.6		Tamaño Máximo	2"	
5	1/2"	12.500	1.623	9.0	9.0	40.4	59.6		Módulo Fineza	4.44	
6	3/8"	9.500	856	4.7	4.7	45.1	54.9		Fino equiv. < #4	5.019 g	
7	#4	4.750	1.772	9.8	9.8	55.0	45.0		Grava	55.0	
8	#10	2.000	3100.0	17.2	17.2	72.2	27.8		Arena	45.0	
9	#40	0.425	1838.3	10.2	10.2	82.4	17.6		Fino ensayado <#4	45.05g	
10	#200	0.075	1315.7	7.3	7.3	89.7	10.3		Finos < # 200	10.35%	
11	Fondo	0.000	1.865.0	10.3	10.3	100.0	0.0		LIMITES DE CONSISTENCIA		
CLASIFICACIÓN					COEFICIENTES					DESCRIPCIÓN	VALOR
SUCS	AASHTO	Índice de Grupo			D ₆₀	D ₃₀	D ₁₀	Cu	Cc	Humedad (%)	-
GP GC	A-2-4	0			12.77	2.34	0.07	176.16	5.94	Límite Líquido (LL)	27.0
LEYENDA: Cu: Coeficiente de uniformidad Cc: Coeficiente de curvatura										Índice Plástico (IP)	7.4
5.- CURVA GRANULOMÉTRICA											
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN											
EQ.	HORNO	BALANZA	BALANZA	TAMIZ #1	TAM#3/4	TAM#1/2	TAM#3/8	TAM#4			
ID.	HOR 05	BADI 151	BADI 117	TAM 056	TAM 387	TAM 562	TAM 563-2	TAM 147			
N° CERT.	-	-	-	-	-	-	-	-			
7.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES											
Las granulometrías fueron ensayadas en el laboratorio de Putina por : Juan Carlos.											
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS											
LABORATORIO				CALIDAD				SUPERVISIÓN			



ENSAYO																			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS																			
ICC.ENS.GOP.0001.009																			
Versión: 3																			
PROYECTO: SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL: JULIACA – PUTINA – ORIENTAL – SANDIA – SAN IGNACIO – PUNTA DE CARRETERA Y DV. PUTINA – MOHO – CONIMA – DV. MILLILAYA – FRONTERA CON BOLIVIA Y DV. MILLILAYA – TILALI – FRONTERA CON BOLIVIA												REGISTRO: ENS.RC-SC-243-19							
TRAMO: PUTINA - ANANEA												CÓDIGO: 0977							
LUGAR: PUNO												RESIDENTE: E.S.H.							
SUPERVISIÓN: ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.												ING. JEFE: E.T.G.C.							
FECHA: 5 de agosto de 2019																			
1.- MUESTRA												2.- PERSONAL							
UBICACIÓN: DEL KM: 103+493 AL KM: 103+800 LONG: 307												SONDAJE: M-2							
MATERIAL: SUELO ESTABILIZADOR CON SUELO CEMENTO												PROFUND.: -							
3.- IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA PROBETA												4.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE							
N°	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA	f _c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{prom} mm	H _{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³	ENSAYO ROTURA			PROMEDIO		FALLA	NOTA	
												FECHA	EDAD	LECT(kg)	f _{ce}	f _{cr}			%
1	A	5 de agosto de 2019	IDENT.: RECICLADO CON CEMENTO (2.0%) KM. 103+723	18	2.243.5	-	101.6	115.7	81.07	0.00094	2.392	12 de agosto de 2019	7	1.723 Kg	21.3	19.6	109		
	B				2.193.4	-	102.0	114.9	81.71	0.00094	2.336	12 de agosto de 2019	7	1.523 Kg	18.6				
	C				2.208.6	-	101.6	115.6	81.07	0.00094	2.357	12 de agosto de 2019	7	1.521 Kg	18.8				
TIPO DE ROTURA																			
	TIPO 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas. TIPO 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base. TIPO 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados. TIPO 4: Grietas diagonales sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1. TIPO 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado. TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.																		
6.- EQUIPOS DE MEDICIÓN																			
EQ.	VERNIER	BALANZA	PRENSA MARSHALL																
ID	VERN 26	BADI 117	PREMA 08																
7.- COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES																			
ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO DE PUTINA JUAN C.																			
8.- DOCUMENTOS ADJUNTOS																			
LABORATORIO						CALIDAD						SUPERVISIÓN							

Anexo 4. PANEL FOTOGRÁFICO

Tramo III. Putina – Quilcapunco. DV. Ananea, Km 97+000 – Km 104+000



Descripción: vista panorámica de la progresiva Km 101+020. Donde se observa un afloramiento de areniscas cuarzosas de grano fino a medio con una coloración blanco rosáceo presenta una estratificación bien definida que pertenece a la Formación Huancané.



Descripción: Descargue y distribución del cemento para ser esparcida y luego pasar al perfilado del de plataforma.



Descripción: En la fotografía se observa el proceso de extendido y/o perfilado del cemento a lo largo y ancho de la plataforma, con motoniveladora.



Descripción: La fotografía nos presenta el proceso de reciclado y homogenización con cemento, como también se realizará el control de humedad para evitar el sobresaturado del material.



Descripción: Seguidamente se aprecia el batido y apilamiento del material para pasar al compactado y extendido de la primera capa.



Anexo 5. MAPAS.