

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y

METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA



TESIS

**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL TERRENO DE
FUNDACIÓN Y CANTERAS PROG. KM 25+470 AL KM 35+130.”**

AUTOPISTA PUNO - JULIACA

PRESENTADA POR:

Bach. FREDY SIXTO HUARSAYA MEDINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2017

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

TESIS
“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL
TERRENO DE FUNDACIÓN Y CANTERAS PROG. KM
25+470 AL KM 35+130.”



PRESENTADA POR:
Bach. FREDY SIXTO HUARSAYA MEDINA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO

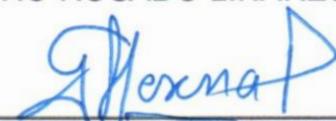
APROBADA POR:

PRESIDENTE:



 MSc. FLAVIO ROSADO LINARES

PRIMER MIEMBRO:



 MSc. GEORGES FLORENCIO LLERENA PEREDO

SEGUNDO MIEMBRO:



 Ing. MAURICIO PERALTA MOLINA

DIRECTOR / ASESOR:



 Dr. HÉCTOR RAÚL MACHACA CONDORI

ÁREA : INGENIERÍA GEOTÉCNICA

TEMA : GEO MECÁNICA DE SUELOS Y OBRAS GEOTÉCNICAS

FECHA SUSTENTACION 28/12/2017

DEDICATORIA

Con cariño, agradecimiento eterno y admiración, a mi querida Madre Silvia Medina, por el sacrificio para cumplir con su deber sublime de educar a sus hijos.

A mis hermanos: Fabio, Hilda, a ellos por haberme brindado el amor de hermanos, la confianza, el ejemplo, la comprensión y acompañarme en todo el momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios, sobre todas las cosas, que me ilumina cada día para lograr mis metas trazadas y por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar muchas dificultades.

Agradecimiento a mis docentes, compañeros y amigos de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, quienes fueron los protagonistas principales en mi desarrollo profesional, permitiendo que mi carácter sea firme y valore la Geología y todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron de alguna manera para que este trabajo pudiera ser realizado.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ACRÓNIMOS.....	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.2. HIPÓTESIS.....	3
1.3. OBJETIVOS.	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. JUSTIFICACION.	4

CAPITULO II

REVISION LITERARIA

2.1. ANTECEDENTES.	5
2.2 GEOLOGÍA.....	6
2.2.1. GEOMORFOLOGIA.....	6
2.2.2. ESTATIGRAFIA.	6
PALEOZOICA	6
2.3. ESTUDIO GEOTECNICO.	12
2.3.1. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	12
2.3.2. CLASIFICACION DE SUELOS.....	15
2.3.3. SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (S.U.C.S.).....	16

2.3.4. Clasificación de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).	19
2.4. ESTUDIO DE CANTERAS.....	23
2.4.1. ESTUDIO DE CANTERAS DE SUELO.	24
2.4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO SEGUIENDO LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CANTERAS.	26
2.4.3. Ensayos Estándar.....	27
CAPITULO III	
MATERIALES Y METODOS	
3.1. TRABAJO DE CAMPO.	29
3.1.1. TOMA DE MUESTRAS.....	29
3.1.2. LIMITES DE ATTERBERG.....	30
3.1.3. MATERIALES PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO.....	31
POR TAMIZADO.	31
3.1.4. MATERIALES PARA EL ENSAYO PARA EL ENSAYO DE PROCTOR:	32
3.2. Métodos de Ensayos Proctor.	33
3.3. ENSAYO DE C.B.R.	34
3.4. CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA.	36
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUCION	
4.1. CONDICIONES GEOLOGÍAS DEL TERRENO DE FUNDACION.....	38
4.1.1 GEOMORFOLOGIA LOCAL.	38
4.1.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICOS	38
4.2. CARACTERISTICAS FISICAS DE TERRENO DE FUNDACION.....	43
4.2.1. TERRENO DE FUNDACION.	43
4.2.2. ANALISIS DE TERRENO DE FUNDACION	43
4.2.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS Y POR EL MÉTODO AASHTO.	51
4.3. CARACTERISTICAS FISICAS DE CANTERAS.....	64

4.3.1. SUB BASE GRANULAR.	65
4.3.2. BASE GRANULAR.	67
4.3.3. CALIDAD DE LOS AGREGADOS.	69
4.3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS CANTERAS	69
4.3.5. DESCRIPCIÓN GEOMECANICA Y GEOTÉCNICA DE CANTERAS:	78
4.3.5.1. EMPLEO EN BASE GRANULAR.....	78
4.3.6. MEJORAMIENTO DE TRAMOS INESTABLES.	79
4.3.7. ANÁLISIS DEL SUELOS EN EL TRAMO DE ESTUDIO	79
4.3.7.1. COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO.	79
4.3.7.2. ANALISIS GEOTÉCNICO.....	79
4.3.9. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL SUELO.	80
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS	83
ANEXO 01	85
ANEXO 02	86

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Descripción	Pag.
	FIGURA 1. DEPÓSITOS DE MORRENAS, BLOQUES DE TOBAS.....	11
	FIGURA 2.CARTA DE CASAGRANDE PARA SUELOS COHESIVOS. (ADAPTADA DE (BAÑÓN&BEVIÁ, 2000).....	18
	FIGURA 3.TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS EN LABORATORIO.....	29
	FIGURA 4.MATERIALES PARA EL ENSAYO DE CBR.....	35
	FIGURA 5.AFLUENTE DE RIO TOTORANI /UMALATA.....	39
	FIGURA 6.DEPÓSITOS DE TOBAS VOLCANICAS.....	41
	FIGURA 7.DEPÓSITOS BOFEDALES KM.25+600 – 27+100.....	42
	FIGURA 8.LADERAS CUBIERTAS DE VEGETACIÓN.....	42
	FIGURA 9.MUESTREO DE CALICATAS DE ESTRATOS.....	43
	FIGURA 10.ILUSTRACIÓN CAPA FREÁTICA ACUMULACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA KM.26+500.....	44
	FIGURA 11. COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD NATURAL.....	46
	FIGURA 12. COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD NATURAL.....	46
	FIGURA 13.ILUSTRACIÓN DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.....	47
	FIGURA 14.ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA.....	49
	FIGURA 15.ILUSTRACIÓN DE ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.....	54
	FIGURA 16.ILUSTRACIÓN DEL ENSAYO DE CBR.....	55
	FIGURA 17.ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE ESTRATOS.....	57
	FIGURA 18.ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 26+000.....	58
	FIGURA 19. ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 26+500.....	59
	FIGURA 20. ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 26+500.....	60
	FIGURA 21.ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 28+000.....	61
	FIGURA 22.ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 30+000 A35+130.....	63
	FIGURA 23.CANTERA DE KM 43+ 800 (MATERIAL ROCA).....	70
	FIGURA 24. ILUSTRACIÓN DE LA CANTERA DE KM 43+ 800 (MATERIAL ROCA).....	70
	FIGURA 25.ILUSTRACIÓN DE CANTERA TAPARACHI.....	72
	FIGURA 26.ILUSTRACIÓN DE CANTERA ITAPALLUNI.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Pag.
TABLA 1.	CLASIFICACIÓN SUCS	16
TABLA 2.	TIPOLOGIA DE SUELOS.....	17
TABLA 3.	CARACTERÍSTICAS DE SUELOS SEGÚN SUCS.	18
TABLA 4.	VALORES DE CARGA UNITARIO CBR.	22
TABLA 5.	METODO DE COMPACTACIÓN PARA TIPOS DE SUELO.....	22
TABLA 6.	ESPECIFICACIONES GEOTÉCNICAS.....	26
TABLA 7.	ESPECIFICACIONES GEOTÉCNICAS.....	26
TABLA 8.	ESPECIFICACIONES GEOTÉCNICAS PARA CANTERAS.....	27
TABLA 9.	CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE PROCTOR	32
TABLA 10.	CARACTERÍSTICAS DEL MARTILLO PROCTOR.....	33
TABLA 11.	HUMEDAD NATURAL 25+470 A 26+000	45
TABLA 12.	HUMEDAD NATURAL 26+500 A 27+100	45
TABLA 13.	HUMEDAD NATURAL 27+640 A 28+000	45
TABLA 14.	ANALISIS GRANULOMETRICO Km. 25+470 a 26+000	47
TABLA 15.	ANALISIS GRANULOMETRICO Km. 26+500	48
TABLA 16.	ANALISIS GRANULOMETRICO Km. 27+100 a 27+640.....	48
TABLA 17.	RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA	50
TABLA 18.	RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA	50
TABLA 19.	RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA	50
TABLA 20.	PROGRESIVAS 25+470 – 26+000.....	51
TABLA 21.	PROGRESIVAS 26+500 – 27+100.....	52
TABLA 22.	PROGRESIVAS 27+640 – 28+000.....	52
TABLA 23.	PROGRESIVAS 28+700 – 29+100.....	53
TABLA 24.	PROGRESIVAS 25+470 – 26+000.....	54
TABLA 25.	PROGRESIVAS 26+500 – 27+500.....	54
TABLA 26.	PROGRESIVAS 27+100 – 28+000.....	55
TABLA 27.	PROGRESIVAS 25+470 – 26+000.....	56
TABLA 28.	PROGRESIVAS 26+500 – 27+100.....	56
TABLA 29.	ENSAYO DE FRECUENCIA.....	65
TABLA 30.	GRANULOMETRIA PARA SUB BASE.....	66
TABLA 31.	REQUERIMIENTO DE ENSAYOS ESPECIALES	66
TABLA 32.	REQUERIMIENTO GRANULOMETRICO PARA BASE GRANULAR.....	67

TABLA 33.REQUERIMIENTO DE AGREGADOS GRUESOS.....	68
TABLA 34 .REQUERIMIENTO PARA AGREGADOS FINOS	68
TABLA 35.ENSAYOS Y FRECUENCIAS	69
TABLA 36. REQUISITOS DE MATERIALES PARA TERRAPLEN.....	71
TABLA 37.CARACTERISTICAS GEOTECNICAS C. ITAPALLUNI.....	73
TABLA 38.CARACTERISTICAS GEOTECNICAS C. VILQUE.....	74
TABLA 39.REQUERIMIENTO GRANULOMETRICO PARA SUB BASE.....	75
TABLA 40. REQUERIMIENTO PARA ENSAYOS ESPECIALES	75
TABLA 41. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS C. 250+000.....	76
TABLA 42. REQUERIMIENTO GRANULOMETRICO PARA BASE GRANULAR	76
TABLA 43. REQUERIMIENTO DE ENSAYOS ESPECIALES	77
TABLA 44.UBICACION DE CANTERAS	77
TABLA 45.RESULTADOS DEL ENSAYO DE LABORATORIO CANTERA 250+000	78
TABLA 46.RESULTADOS DEL ENSAYO DE LABORATORIO CANTERA 250+000 LIMITES DE CONSISTENCIA.....	78
TABLA 47.RESULTADOS DEL ENSAYO DE LABORATORIO CANTERA 250+000	79

ACRÓNIMOS

SIGLAS

(MTC)	: Ministerio de Transportes y Comunicación
(SUCS)	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
(AASTHO)	: American Association of State Highway and Transportation Officials

UNIDADES DE MEDIDA

(Ha)	: Hectárea(s)
(Km)	: Kilometro
(m)	: Metros
(m.s.n.m)	: Metros sobre el nivel del mar
(T°)	: temperatura
(%)	: Porcentaje

ABREVIATURAS GEOLOGICOS

(F-b)	: Bofedal
(Ti-pu)	: Grupo Puno.
(TQ-vb)	: Volcánico Barroso.
(Ts-vt)	: Volcánico Tacaza.
(V-C)	: Colinas
(V-E)	: Escarpas
(D-ca)	: Grupo Cabanillas
(Ci-a)	: Grupo Ambo
(PsT-mi)	: Grupo Mitú
(Ki-hn)	: Formación Huancané
(Kis-ay)	: Formación Ayabaca
(Ks-vi)	: Formación Vilquechico
(P-mu)	: Formación Muñani
(P-pu)	: Grupo Puno
(PN-Ta)	: Grupo Tacaza
(Nq-um/ab)	: Complejo volcánico Unumayo
(Qh-mo)	: Depósitos de Morrenas
(Qh-fg)	: Depósitos Fluvioglaciares
(Qh-al)	: Depósitos Aluviales:

RESUMEN

El presente trabajo de evaluación geológico y Geotécnico para la construcción de la segunda calzada de la autopista Puno – Juliaca se encuentra ubicada entre las provincias de San Román y la Provincia de Puno, la misma que comprende desde las progresivas Kilómetros 25+470 al Kilómetro 35+130. Los objetivos de la presente investigación están orientados a conocer la importancia del estudio geológico - geotécnico y análisis de canteras con el fin de determinar las características físicas de los suelos y rocas que lo conforman para poder emplearlas en la construcción. Además el estudio tiene a bien de identificar las distintas formaciones litológicas del tramo que está constituido por depósitos aluviales de origen lacustrino constituidos de gravas y arcillas inconsolidados de granos finos se puede también observar depósitos residuales constituidos de gravas, arenas y limos con fragmentos de formas sub angulosas en algunos casos. El terreno de fundación que comprenden desde las Progresiva: 25+470 al 35+130, en su gran mayoría son sedimentaciones y corresponden a suelos que en su tramo más prolongado de partículas finas con muy poca intercalación de partículas medianas a gruesas, identificados en la clasificación SUCS como ML en otros casos SC, y en la clasificación AASHTO como A-7-6, A-2-6, esto por la presencia de un alto grado de humedad presente en su tramo más prolongado del área en estudio. También se pudieron observar entre las progresivas 26+940 corresponden a los identificados como: Limos de baja plasticidad Arenas Arcillosa, Limos con arcillas y Arenas Limosas de coloración plomo oscuro, identificadas como MH, CL-ML, SM y SC se acuerdo a la clasificación SUCS y A-7-5, A-5, A-2-6, A-2-4 y A-2-6 según la clasificación AASHTO. Las canteras a ser estudiado son cantera de roca Km 40 + 800 (Materia roca), Itapalluni ubicado en Km. 46+000 a la margen Izquierdo de la vía en construcción a 500 metros Aproximadamente, Material Cantera Vilque ubicado en el distrito de vilque a 800 metros de distancia del distrito mencionado, Cantera Kilometro 250 distrito de Cabanillas.

Palabra claves

Evaluación, Cantera, Geotecnia, terreno de fundación.

ABSTRACT

The present work of geological and geotechnical evaluation for the construction of the second highway of the Puno - Juliaca highway is located between the provinces of San Román and the Province of Puno, the same one that includes from the progressive kilometers 25 + 470 to the kilometers 35 + 130. The objectives of the present investigation are oriented to know the importance of the geological-geotechnical study and quarry analysis in order to determine the physical characteristics of the soils and rocks that make it up for use in construction. Also The study aims to identify the different lithological formations of the section that is constituted by alluvial deposits of lacustrine origin constituted by gravels and fine-grained non-grained clays. It is also possible to observe residual deposits made up of gravel, sand and silt. fragments of sub angular forms in some cases. The ground of foundation that they comprise from the Progressives: 25 + 470 to 35 + 130, in its great majority are sedimentations and correspond to soils that in their most prolonged section of fine particles with very little intercalation of medium to coarse particles, identified in the classification SUCS as ML in other cases SC, and in the classification AASHTO as A-7-6, A-2-6, this by the presence of a high degree of humidity present in its stretch longer period of the study area. It was also possible to observe between the 26 + 940 progressive ones, those identified as: Low plasticity sands, Arcillosa sands, Clays with clays and dark colored lead sands, identified as MH, CL-ML, SM and SC, according to the classification. SUCS and A-7-5, A-5, A-2-6, A-2-4 and A-2-6 according to the AASHTO classification. The quarries to be studied are rock quarry Km 40 + 800 (Rock matter), Itapalluni located at Km. 46 + 000 on the left margin of the road under construction at approximately 500mts. Vilque quarry material located on the Izquieredo margin of the Vilque Mañazo road at 800 mts. approximately, Cantera located in the Km 250 district of Cabanillas.

Keyword

Evaluation, Quarry, Geotechnics, Foundation.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

El proyecto en estudio se encuentra en el Departamento de Puno, Provincia Puno Distritos Paucarcolla – Puno. El área de estudio tiene una altitud máxima 3840.10 msnm. Que comprenden desde las progresivas KM 25+470 AL KM 35+130 el propósito de este proyecto de tesis es de desarrollar la Geología y la evaluación de estudio de suelos, con el propósito de brindar los, criterios técnicos, formaciones geológicas presentes y caracterización de canteras con materiales adecuados para emplear eficientemente las capas superiores y la superficie de rodadura de la carretera, dotándolas de estabilidad estructural para lograr su eficiente comportamiento, es muy importante los diferentes aspectos, la existencia de materiales que podemos utilizar, para su empleo, ya que las propiedades de los suelos y características adecuadas de los materiales y como esta fue mejorada determinaran en la superficie de rodadura.

El reconocimiento del terreno y la interpretación de los datos obtenidos, que permiten caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio para el emplazamiento de la carretera en la cual se deben de considerarse: El tipo suelo clasificación del suelo, construcción de rellenos, posición nivel freático, agresividad de suelos y agua y solución a problemas locales del terreno.

En el presente trabajo se demostrará conceptos básicos, en tal sentido el presente trabajo está plasmado en el estudio geológico y geotécnico de terreno de fundación la Autopista Puno- Juliaca.

La carretera Puno - Juliaca es parte del Tramo 5 del Corredor Interoceánico Sur, el cual fue exonerado del Sistema Nacional de Inversión Pública mediante el DS 022-2005-EF y luego concesionada a la empresa COVISUR. Actualmente el tramo de carretera Puno - Juliaca presenta problemas de congestión debido a la capacidad de la vía. En tal sentido. Por otro lado, las carreteras de nuestro país representan un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre las poblaciones, el acceso a servicios y recursos y la integración territorial del país. Las carreteras son inversiones importantes que demandan atención permanente a través de trabajos de mantenimiento que permitan contar, el mayor tiempo posible, como medio de acceso que facilite la circulación de los vehículos de manera más rápida y eficiente.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La Demanda de Transporte motorizado que se realiza en el tramo de la carretera, es de forma frecuente de Juliaca, Caracoto, Paucarcolla, Puno, etc. la demanda lo conforman sus habitantes, que realizan viajes dentro y fuera del poblado, principalmente en zonas receptoras de viaje, como zonas agrícolas ubicadas en los poblados indicados.

El reconocimiento geológico a lo largo del tramo de estudio es de suma importancia esto nos brindara información de las formaciones geológicas y geomorfológicas de la zona de estudio.

Considerando que la vía en construcción autopista Puno – Juliaca es de alto tránsito vehicular es importante el estudio de las condiciones estudio de terreno de fundación, esto teniendo en cuenta la presencia de agua en la zona de estudio ya que presenta una superficie casi plana del proyecto Autopista Puno – Juliaca.

Tener en cuenta la determinación de las propiedades físicas del suelo el cual nos permitirá proporcionar datos con las cuales determinar el mejoramiento de la vía para que esta no pueda presentar inconvenientes durante el proceso constructivo y su posterior uso de esta vía. Los ensayos de suelos brindarán resultados adecuados para el empleo en la ejecución de estos materiales esto tomando en cuenta el comportamiento del terreno de fundación el cual requerirá el empleo de materiales

adecuados de la vía, además de aportar un valor agregado sobre los métodos de análisis para el diseño de carreteras.

Finalmente, la poca información de estudio de canteras en la zona de estudio, y como también el poco material que cumplan con las características geomecánicas y físicas de canteras a ser estudiado con los parámetros del suelo y de las rocas, que puedan ayudar en la solución de estos problemas, y prevenir posteriores inconvenientes durante la ejecución del proyecto.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, se plantea la siguiente interrogante.

¿Qué características geológicas posee el terreno de fundación y canteras Prog: ¿Km 25+470 al km 35+130 autopista Puno – Juliaca?

¿Cuáles son las características físicas de terreno de fundación Prog: Km. 25+470 al km. 35+130 autopista Puno – Juliaca?

¿Cuáles son las características físicas que tienen los materiales de canteras Prog: Km. 25+470 al km. 35+130 autopista Puno – Juliaca?

1.2. HIPÓTESIS.

Es posible evaluar las características geológicas -geotécnicas de terreno de fundación y canteras Prog. km 25+470 al km 35+130 Autopista Puno – Juliaca.

1.2.1. HIPOTESIS ESPECÍFICA

a). Es posible identificar las formaciones geológicas que presentan la zona de estudio de la autopista Puno – Juliaca.

b). Es factible determinar las características físicas de terreno de fundación.

c). Al analizar las propiedades físicas de los materiales de cantera será posible obtener el material adecuado para su uso en la construcción de la autopista Puno – Juliaca.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar las características geológicas -geotécnicas de terreno de fundación y cantera Prog. km 25+470 al km 35+130 autopista Puno – Juliaca.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar las condiciones geológicas de terreno de fundación Prog. Km 25+470 al 35+130 autopista Puno - Juliaca.
- ✓ Determinar las características físicas de terreno de fundación Prog. Km 25+470 al 35+130 autopista Puno - Juliaca.
- ✓ Determinar las características físicas de cantera para mejoramiento Prog. Km 25+470 al 35+130 autopista Puno - Juliaca.

1.4. JUSTIFICACION.

El estudio está orientado a determinar el comportamiento geotécnico del terreno de fundación y los materiales adecuados de canteras a emplearse en el proceso constructivo de la carretera, la importancia de esta investigación reside directamente sobre el trabajo geológico – geotécnico y el análisis geo mecánico de los mismos. Se realizarán análisis físico de los suelos, el cual permitirá proporcionar la seguridad necesaria para la estabilidad de la vía y no presentar inconvenientes durante el proceso constructivo y así evitar deterioros posteriores, de esta manera se garantizará la buena estabilización del suelo en sus tramos que pudiera ver por conveniente realizar una estabilización al suelo.

De esta manera finalmente los resultados brindaran información para su posterior diseño de vía si el caso lo amerite en los estudios posteriores para el cual estos resultados podrían ser tomados en cuenta. Es propicio mencionar también que los ensayos realizados son referentes, ya que estos resultados podrían tener modificaciones durante el proceso de ejecución de la vía.

CAPITULO II

REVISIÓN LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.

Se tiene como antecedentes para la formulación del presente proyecto, diversos estudios los cuales se encuentran relacionados al objetivo del mismo y que contienen información secundaria para su elaboración.

- ✓ Correlación del valor de soporte de california (C.B.R) con la resistencia a la compresión inconfiada y la plasticidad del suelo facultad de ingeniería Escuela de ingeniería civil y geomántica Santiago de cali Colombia.
- ✓ Estudio geotécnico de suelos para la construcción del complejo deportivo Piura y Pampa, distrito de Chincheros Urubamba – Cusco Universidad Nacional Mayor de San marcos Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.
- ✓ Estudio de Suelos con Fines de Pavimentación, Municipalidad Provincial de San Román.
- ✓ Evaluación geotécnica de la carretera EMP.S3(PUNO) – Vilque Mañazo – EMP.34^a (Huataquita) Washington Pomacosi Laricano.

2.2 GEOLOGÍA.

2.2.1. GEOMORFOLOGIA.

La geomorfología Regional se tiene dos Unidades denominados Cordillera Occidental y Altiplano. Dentro de la Unidad Geomorfológica Altiplano, que se desarrolla hasta los 4,800 m.s.n.m., se localiza la Sub Unidad denominada “Depresión Central del Lago Titicaca” que se desarrolla entre los 3,800 hasta 4,400 m.s.n.m.

La Sub Unidad “Depresión Central del lago Titicaca”, se caracteriza por corresponder a una depresión de origen tectónico, que fue rellenada con depósitos del cuaternario reciente. Así que las llamadas planicies o pampas, son llanuras aluviales producidas por el relleno de cuencas relativamente cerradas de fondos irregulares.

La Cordillera Oriental es una alineación montañosa que constituye el ramal oriental de la cordillera de los Andes en el Perú. La misma que atraviesa todo el país, desde la frontera ecuatoriana, al norte, hasta la frontera boliviana al sur. Tiene una longitud aproximada de 1.800 km y se encuentra situada en el límite con la región de La Selva amazónica.

La cordillera atraviesa los departamentos de Amazonas, Loreto, San Martín, Huánuco, Ucayali, Pasco, Junín, Cusco, Madre de Dios y Puno. La misma que a la vez se prolonga hasta el país de Bolivia.

2.2.2. ESTATIGRAFIA.

PALEOZOICA

a). Grupo Cabanillas (D-ca):

Al tope de la secuencia se aprecian lutitas grises oscuras con manchas de oxidación ferruginosa.

Las secuencias compuestas de cuarcitas son de color marrón pálido, masivo, pasando a una fina estratificación lajosa. Ocasionalmente se encuentran marcas

onduladas de corriente, que indican direcciones NO al SE y hacia la base de algunas unidades se hace evidente una estratificación de corriente.

b). Grupo Ambo (Ci-a):

Sobreyace al Grupo Cabanillas en una discordancia angular, caracterizado por una secuencia de arenisca cuarcífera gruesa. Localmente se observan areniscas con guijarros cuyas capas son de 0.50 m a 1.50 m de espesor, a menudo el tope tiene fragmentos de material carbonoso amorfo.

El contacto superior con las capas rojas del Grupo Mitú sobreyace en una discordancia angular.

c). Grupo Mitú (PsT-mi):

Secuencias de capas rojas, litología típica de areniscas arcósicas a subarcósicas de grano fino a medio, así como grauwas.

Estas rocas ocurren en capas de 30 cm de espesor con una laminación fina (5 mm) estando intercaladas con limolitas abigarradas rojas verdosas mostrando una fisilidad muy pobre.

Las areniscas pueden presentar estructuras de sobrecarga dentro de unidades de fangolitas infrayacentes.

Dalmayrac et al. (1977) y Laubacher (1978) consideran que el Grupo Mitú se ha depositado en hondadas longitudinales con una orientación NO-SE controladas por movimientos de bloques, siendo el ambiente deposicional continental.

MESOZOICO.

a). Formación Huancané (Ki-hn):

La Formación aflora en un trecho en el borde NE del Lago Titicaca donde el afloramiento está repetido varias veces debido a fallamiento inverso de alto ángulo.

La formación es dividida en tres unidades litológicas principales; conglomerados con estratificación de canal que generalmente yacen en la parte media de la secuencia

areniscas cuarzosas con estratificación cruzada, conjuntos asintóticos arreglados en unidades de 2 a 5 m. de grosor; y areniscas lajosas con estratificación de canal con conjuntos de menos de 2 m de grosor.

La presencia de capas cruzadas es usada para determinar la polaridad de las capas en la mayoría de las exposiciones.

b). Formación Ayabaca (Kis-ay):

Deriva su nombre de la localidad de Ayabacas (3851, 82948) en el cuadrángulo de Juliaca, en la carretera Juliaca-Taraco, el término fue introducido por CABRERA y PETERSEN (1936) para una secuencia de calizas y capas rojas.

Conformada por calizas de grano fino de color gris claro a gris oscuro, con estratificación regular y de aspecto caótico, parcialmente bioturbada e intemperizada en algunos lugares, masivas, lajosas o finamente laminadas entre 1.00m y 22.00m de grosor. El cual aflora en el siguiente tramo:

Km 24+930 – 25+040

C). Formación Vilquechico (Ks-vi):

Litología predominantemente limonitas y fangolitas abigarradas con capas subordinadas de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, de colores anaranjado, rosado y gris. Como consecuencia de ello también dan lugar a una expresión fotogeológica muy similar con rasgos de terreno relativamente bajo en el norte y en el Sinclinal de Vilquechico, y algunas escarpas lineales prominentes, formadas por areniscas dan en las fotografías aéreas un tono claro sobre las pendientes de los estratos (buzamientos).

CENOZOICO

a). Formación Muñani (P-mu):

Consiste de areniscas anaranjadas a marrón rojizo, friables 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 púrpura – azulina (por ejemplo, cerca de la Laguna Huajracota (4,400, 83110).

Hay también intercalaciones subordinadas de limolitas marrón rojizas de más de 10 metros de espesor.

b). Grupo Puno (P-pu):

El término “Grupo Puno” es usado como lo definió NEWELL (1949) e incluye una gruesa acumulación de sedimentos arcóscicos de facies continentales rojizos, mal clasificados, los cuales se acumularon en cuencas de subsidencia rápidas durante el Cretáceo Superior y el Terciario.

El Grupo consiste de areniscas con conglomerados comunes, limolitas subordinadas, calizas y horizontes de tufos.

Las areniscas son en todo lugar feldespáticas y usando el esquema de PETTIJOHN (1975), se le puede clasificar principalmente como arcosas, algunas como subarcosas y pocas grauwacas. Son generalmente de color rosado a marrón rojizo, bien clasificadas, masivas a bien estratificadas y de tamaño de grano muy variable. Los granos de cuarzo son típicamente monocristalinos angular a subredondeados.

c). Grupo Tacaza (PN-Ta):

Regionalmente es un grupo diverso con rocas volcánicas andesíticas teniendo en gran parte hasta un 50% de sedimentos terrestres. El mapa ha sido basado en la observación de amplios criterios de campo, siendo el más importante de ellos, la acumulación de volcánicos más antigua en el área del proyecto, los que frecuentemente se encuentran suavemente plegados o inclinados no teniendo centros volcánicos reconocibles. Las lavas son de olivino y/o augita porfiríticas y se caracterizan por la presencia de minerales de cobre diseminado, principalmente malaquita.

d). Complejo volcánico Unumayo (Nq-um/ab):

Los volcánicos Unumayo descritos previamente como “Basaltos Unumayo” por Portugal (1974) consiste de una serie de flujos de lava extensos con un grosor total

de no más de 50 m; que están bien expuestos cerca de la Laguna Umayo en el cuadrángulo de Puno.

Las lavas Unumayo son típicamente andesitas rojas grisáceas de grano muy fino, localmente vesiculares, pueden ser afaníticas contienen pequeños fenocristales de olivino y/o hornblendas y/o plagioclasas, con una masa de grano fino traquiandesítica. Rasgos distintivos de algunos de los flujos son las juntas frescas y láminas sub horizontales.

e). Grupo Barroso:

Fue J. Wilson (1962) quien dio el nombre de Formación Barroso a una serie de rocas volcánicas que constituyen la Cordillera del Barroso. Mendivil (1963) elevó dicha formación a la categoría de grupo en razón de la diferenciación litológica que hizo en: Volcánico Purupurini, Volcánico Barroso y Volcánico Chila.

Consiste de una serie erosionada de andesitas y traquitas, proveniente de conos volcánicos por glaciación pre-pleistocénica donde las tobas dominan sobre las lavas

El Grupo fue dividido en 3 unidades cada una separada por una discordancia son: el volcánico Chilca, el volcánico Barroso y el volcánico Pumpurini.

f). Depósitos de Morrenas (Qh-mo):

Las morrenas son los testigos de una actividad glacial relativamente importante que ocurrió en esta región durante el Cuaternario. Como se ve en el mapa geológico, dichas morrenas están localizadas en los alrededores de las zonas, pero cabe indicar que la mayor cantidad de ellas se encuentra en los flancos meridionales de las zonas elevadas.

Las morrenas están compuestas de bloques angulosos de diferentes dimensiones en una matriz areno-arcillosa, los elementos de la matriz han sido llevados quedando únicamente los bloques más gruesos; pero en todo caso la naturaleza de los elementos de estas morrenas varía de acuerdo a la roca madre. Siendo en común en la zona de estudio rocas de origen volcánicas (flujos, ignimbritas y piroclastos).

Por el hecho de que las morrenas pasan progresivamente a depósitos fluvioglaciares, es a veces difícil mapear el contacto Morreno-fluvioglaciar. Estos últimos presentan una estratificación y provienen de la erosión de las morrenas y del transporte de los materiales de erosión hacia las zonas bajas.



FIGURA 1. DEPÓSITOS DE MORRENAS, BLOQUES DE TOBAS.

g). Depósitos Fluvioglaciares (Qh-fg):

Estos depósitos están constituidos por guijarros, gravas y arena pobremente estratificada.

Los guijarros tienen un diámetro promedio de 2 cm, y la arena presenta un contenido de arcillas. Los depósitos son formados debido a la desglaciación y acción erosiva del agua formada por dicho evento.

h). Depósitos Aluviales (Qh-al)

En el área de estudio abarca una extensa superficie, el cual se encuentra conformado por sedimentos detríticos de origen aluvial, constituidos por gravas sub-redondeadas y arena de granulometría heterogénea, además existe sedimentos limo-arcillosos y arcilla

Material depositado en las depresiones generalmente continentales transportado por las aguas de los ríos. Diferenciado los depósitos como recientes (arenas y limoarcillas inconsolidadas) y depósitos antiguos (gravas, arenas y limoarcillas semiconsolidadas).

i). Depósitos Bofedales (Qh-bo)

Sedimentos recientes los cuales son conformados por limos y arcillas, las cuales se encuentran saturadas de agua temporalmente.

Se encuentran en el siguiente tramo: 25+600 – 27+100

2.3. ESTUDIO GEOTECNICO.

Dentro del presente estudio geotécnico tiene el propósito de obtener aspectos teóricos geotécnicos de diseño las cuales incluyen la obtención de propiedades físicas, químicas y mecánicas, así como del suelo y la roca.

En un contexto práctico, la geotecnia comprende la evaluación, diseño y construcción de obras donde se utilizan el suelo y/o roca y los materiales de cantera las cuales tienen un rol fundamental durante la ejecución de cada proyecto vial.

TERZAGHI 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”.

2.3.1. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

Los trabajos de mecánica de suelos se han desarrollado con la finalidad de Investigar las características del suelo que permitan establecer los criterios de diseño de la vía.

a). ENSAYOS DE LABORATORIO.

Los ensayos realizados en laboratorio de suelos y concreto fueron desarrollados con fines de determinar la clasificación del suelo, por medio de Humedad Natural, Análisis Granulométrico por el método de tamizado, así como la determinación de sus constantes físicas como son los ensayos de determinación de limite líquido y limite

plástico, las muestras y estratos extraídos del terreno de fundación sirvieron para la realización del ensayo de (CBR norma MTC E 132 -200).

Es en realidad en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, que se logra tener los datos definitivos de las características del suelo para el respectivo análisis y conclusión final; en esta etapa primeramente al realizar las pruebas de clasificación de suelos (Método SUCS y AASHTO). Y Los ensayos de laboratorio que se deben practicar son:

➤ **PROPIEDADES FISICAS:**

En cuanto a los ensayos considerados, se puede realizar una breve explicación de los ensayos y los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades índices de los suelos y que permiten su clasificación.

➤ **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-421).**

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N° 200 (de diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al uso que se quiera dar al agregado.

➤ **LIMITES DE ATTERBERG LIMITE LIQUIDO (ASTM D-423) Y LIMITE PLÁSTICO (ASTM D-424).**

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque es este material el que actúa como ligante. Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado

semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el que el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

➤ **ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP).**

El Índice de plasticidad define el campo plástico de un suelo y representa el porcentaje de humedad que deben tener las arcillas para conservarse en estado plástico. Este valor permite determinar los parámetros de asentamiento de un suelo y su expansividad potencial.

$$IP = LL - LP$$

Dónde: IP = Índice de Plasticidad.

LL = Limite Líquido.

LP = Limite Plástico.

➤ **CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216).**

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables. Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

$$w(\%) = \frac{(P_1 - P_2)}{(P_2 - P_3)} \times 100$$

Dónde:

$w\%$ = Contenido de humedad expresado en porcentaje

P_1 = Peso de la tara más el suelo húmedo

P_2 = Peso de la tara más el suelo seco al horno

P_3 = Peso de la tara.

2.3.2. CLASIFICACION DE SUELOS.

La mayoría de los suelos que cubren la tierra están formados por la meteorización de las rocas. Los geólogos empleamos 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, proceso mediante el cual masas de roca se rompen en fragmentos pequeños. Esta fragmentación continua es un mero cambio físico y por eso se llama también meteorización mecánica. Por otra parte, la meteorización química de una roca es un proceso de descomposición, mediante el cual los minerales constitutivos de rocas allí presentes cambian de composición química. En la descomposición, los minerales persistentes se transforman en minerales de composición y propiedades físicas diferentes.

➤ **La meteorización mecánica.**

Es el proceso por el cual las rocas se fracturan en piezas de menor tamaño bajo la acción de las fuerzas físicas, como la corriente de agua de los ríos, viento, olas oceánicas, hielo glacial, acción de congelación, además de expansiones y contracciones causadas por ganancia y pérdida de calor.

➤ **La meteorización química.**

Es el proceso de descomposición química de la roca original. Entre los distintos procesos de alteración química pueden citarse: la hidratación (paso de anhidrita a yeso), disolución (de los sulfatos en el agua), oxidación (de minerales de hierro expuestos a la intemperie), cementación (por agua conteniendo carbonatos), etc. Por ejemplo, la meteorización química de los feldspatos puede producir minerales arcillosos.

➤ **Meteorización biológica.**

Producida fundamentalmente por la actividad bacteriana, originando putrefacciones en materiales orgánicos.

Teniendo en cuenta las múltiples variedades que los suelos presentan en la naturaleza, la mecánica de suelos desarrolló sistemas de clasificación de suelos los métodos AASTHO Y SUCS.

2.3.3. SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (S.U.C.S.).

La determinación y cuantificación de las diferentes propiedades de suelos tienen un objetivo el establecimiento de una división sistemática de los diferentes tipos de suelos existentes atendiendo a la similitud de sus características físicas y sus propiedades geomecánicas. Para este propósito es que el profesor Arturo Casagrande. Divide los suelos en dos grupos: “granulares y finos”.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN SUCS

CLASIFICACION SUCS			
TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUB GRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrememente graduado	P
Limo	M	limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Organico	O	Limite liquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido alto (>50)	M

FUENTE: MTC.

a). - Suelos de grano grueso:

Son suelos de naturaleza de tipo grava (G) y arena(S), cuando al separar por el tamiz N° 4 queden retenidos en este tamiz, más de 50% del peso de su fracción gruesa y pertenece al grupo G. y pertenece al grupo (S) en caso contrario tanto las gravas como las arenas se dividen en cuatro grupos (GW, GP, GM, GC) y (SW, SP, SM, SC).

Dónde:

G = Grava

W = Bien graduada

S = Arena

P = Pobrememente graduada o mal graduado.

C = Arcilla.

b). - Suelos finos:

Este tipo de suelos son divididos en tres grupos: limos inorgánicos (M), Arcilla inorgánica 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

liquido 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 2.TIPOLOGIA DE SUELOS

TIPOLOGIA DE SUELOS			
SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GENERALES		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz N° 4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduada
GP			Pobremente graduada
GM		Con finos (Finos >12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz N° 4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduada
SP			Pobremente graduada
SM		Con finos (Finos >12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50%)	
MH		Alta plasticidad (LL>50%)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50%)	
CH		Alta plasticidad (LL>50%)	
OL	SUELOS	Baja plasticidad (LL<50%)	
OH	ORGANICOS	Alta plasticidad (LL>50%)	
Pt	TURBA	Asuelos altamente organicos	

FUENTE: MTC.

Dentro de esta tipología no obstante pueden existir casos intermedios empleándose una doble nomenclatura; por ejemplo, una grava bien graduada que contenga entre 5 y un 12% de finos se clasificara como GW-GM.

Según un estudio experimental de diferentes muestras de suelos de grano fino Casa grande consigue finalmente ubicarlos en un diagrama que tiene la finalidad de relacionar el limite líquido (LL) con el índice de plasticidad (IP). En el presente diagrama conocido como la Carta de Casagrande de suelos cohesivos, destacan dos grandes líneas que actúan a modo de límites:

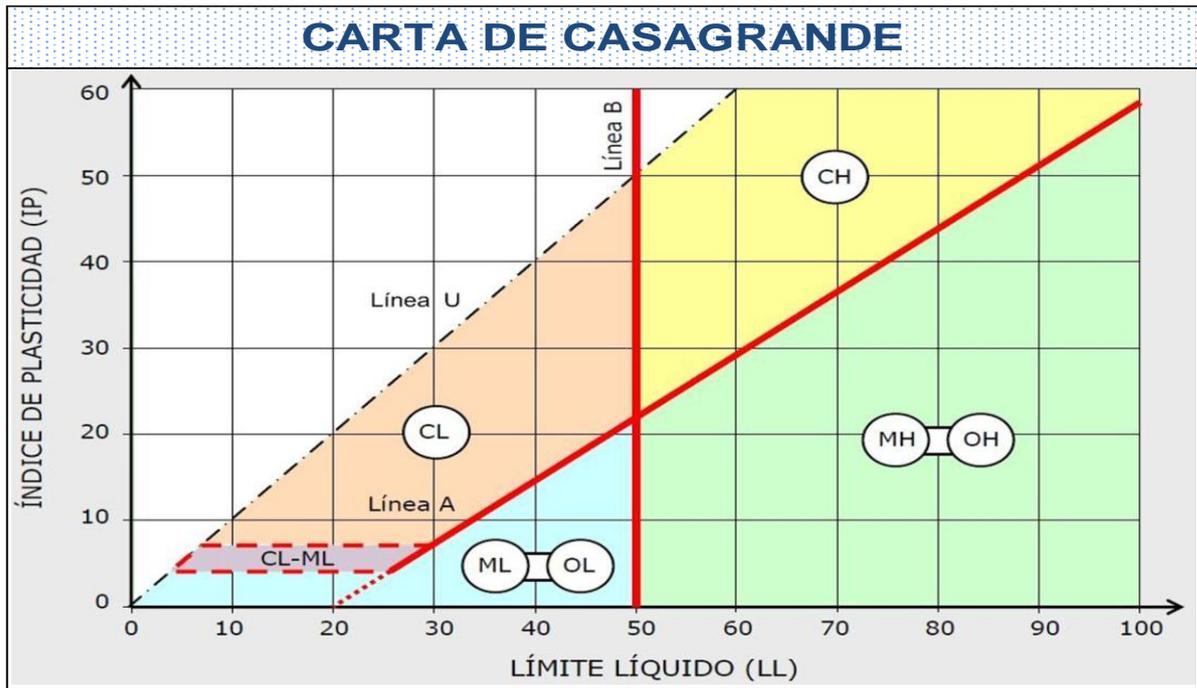


FIGURA 2.CARTA DE CASAGRANDE PARA SUELOS COHESIVOS. (ADAPTADA DE BAÑÓN&BEVIÁ, 2000)

Línea A: $IP = 0.73 (LL - 20)$

Línea B: $LL = 50$

La clasificación de suelos según SUCS (Unified Soil Classification System (USCS) este sistema de clasificación de suelos usado en la ingeniería.

TABLA 3.CARACTERÍSTICAS DE SUELOS SEGÚN SUCS.

DIVISIONES PRINCIPALES		SIMBOLO	COMPORTAMIENTO MECANICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	DENSIDAD OPTIMA P.M.		CBR In Situ	
SUELOS DE GRANO GRUESO	Gravas	GW	Exelente	Exelente	2.00	2.00	60	80
		GP	Bueno a exelente	Exelente	1.76	2.00	25	60
		GM	Bueno a exelente	Aceptabe a mala	2.08	2.32	40	80
		GM	Bueno	Mala a impermeable	1.92	2.24	20	40
		GC	Bueno	Mala a impermeable	1.92	2.24	20	40
	ARENAS	SW	Bueno	Exelente	1.76	2.08	20	40
		SP	Aceptable a bueno	Exelente	1.60	1.92	10	25
		SM	Aceptable a bueno	Aceptabe a mala	1.92	2.16	20	40
		SM	Aceptable	Mala a impermeable	1.68	2.08	10	20
		SC	Malo a aceptable	Mala a impermeable	1.68	2.08	10	20
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL<50%)	ML	Malo a aceptable	Aceptable a mala	1.60	2.00	5	15
		CL	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60	2.00	5	15
		OL	Malo	Mala	1.44	1.70	4	8
	Limos y arcillas (LL>50%)	MH	Malo	Aceptable a mala	1.28	1.60	4	8
		CH	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.44	1.76	3	5
SUELOS ORGANICOS		Pt	Inaceptable	Aceptable a mala				

2.3.4. Clasificación de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes adoptó este sistema de clasificación de suelos (AASHTO M 145), tras varias revisiones del sistema adoptado por el Bureau of Public Roads de Estados Unidos, en el que los suelos se agrupan en función de su comportamiento como capa de soporte o asiento del firme. Es el sistema más utilizado en la clasificación de suelos en carreteras.

ENSAYOS DE PRÓCTOR.

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

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación. Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación.

El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si

el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, el grado de llenar casi los vacíos el suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pisón.

➤ **PRÓCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557).**

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos para luego determinar la curva de compactación.

Mediante este ensayo podemos ver qué incremento de la densidad se obtiene por medio de la disminución de la cantidad de aire que se encuentra en los espacios vacíos que se encuentra en el material, manteniendo el contenido de humedad relativamente constante.

El propósito del presente ensayo de la compactación es mejorar las propiedades de resistencia como. Aumentar la resistencia al corte, y por consiguiente, mejorar la estabilidad, de terraplenes y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos. De esta manera disminuir la compresibilidad y, por consiguiente, reducir los asentamientos. Como también podemos disminuir la relación de vacíos y, por consiguiente, reducir la permeabilidad.

La compactación en laboratorio consiste en compactar una muestra que corresponda a la masa de suelo que se desea compactar, con la humedad calculada y en un molde cilíndrico de volumen conocido y con una energía de compactación especificada. En la actualidad se presentan diferentes tipos de ensayos los cuales determinan el grado de compactación del material, entre otros se pueden encontrar los ensayos de: Método del martillo de 2.5 Kg, método del martillo de 4.5 Kg, Próctor modificado y el método del martillo vibratorio. Los primeros cuatro están basados en la compactación dinámica creada por el impacto de un martillo metálico de una masa específica que se deja caer libremente desde una altura determinada, el suelo se compacta en un número de capas iguales y cada capa recibe el mismo número de golpes. La compactación en el quinto ensayo está basada en la combinación de presión estática y la vibración. El suelo se compacta en tres capas iguales presionado

fuertemente hacia abajo el compactador vibratorio durante 60 segundos en cada capa.

Los resultados obtenidos a partir del ensayo proporcionan una curva, en la cual el pico más alto dicta el contenido de humedad óptima a la cual el suelo llega a la densidad seca máxima. Por medio de los ensayos se pudo determinar que por lo general la compactación es más eficaz en los materiales bien gradados que contienen una cantidad de finos que en los materiales de gradación uniforme que carecen de finos.

➤ **RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR.**

El ensayo CBR (según la ASTM denomina simplemente un ensayo de relación de soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, pero de la aseveración anterior es evidente que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. Es necesario comentar que el experimento puede hacerse en el terreno o en un suelo compactado.

Aunque fue desarrollado en 1925, el ensayo comienza a aparecer en los estándares norteamericanos ASTM (por American Standards for Testing and Materials) desde 1964, en su versión para laboratorio (ASTM D 1883), y en su versión para campo (ASTM D 4429). A pesar de sus múltiples limitaciones, hoy por hoy, el CBR es uno de los ensayos más extendidos y aceptados en el mundo debido al relativo bajo costo de ejecución (si se compara con ensayos triaxiales), y a que está asociado a un número de correlaciones y métodos semi-empíricos de diseño de pavimentos.

El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kg. /cm² (libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado, en ecuación, esto se expresa:

$$CBR = \frac{Carga\ Unitaria\ de\ Ensayo}{Carga\ Unitaria\ patrón} \times 100$$

Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación son:

TABLA 4.VALORES DE CARGA UNITARIO CBR.

VALORES DE CARGA UNITARIO CBR				
PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN		
mm.	Pulgada	Mpa	kg/cm ²	psi
2.54	0.1	6.9	70	1000
5.08	0.2	10.3	105	1500
7.62	0.3	13.1	133	1900
10.16	0.4	15.8	162	2300
12.7	0.5	17.9	183	2600

FUENTE: MTC

El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0,1”), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm(0,2”) es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo específico determinado utilizando el ensayo de compactación estándar. A continuación, utilizando los métodos 2 o 4 de las normas ASTM D698-70 ó D1557-70 (para el molde de 15.5 cm. de diámetro), se debe compactar muestras utilizando las siguientes energías de compactación:

TABLA 5.METODO DE COMPACTACIÓN PARA TIPOS DE SUELO

METODO DE COMPACTACIÓN PARA TIPOS DE SUELO			
MÉTODO	GOLPES	CAPAS	PESO DE MARTILLO
2 suelos de grano fino	56	3	24.5
4 suelos gruesos	56	3	24.5
2 suelos de grano fino	56	5	44.5
4 suelos gruesos	56	5	44.5

FUENTE: MTC.

2.4. ESTUDIO DE CANTERAS.

Los materiales naturales, tales como las rocas, gravas, arenas y suelos seleccionados, denominados frecuentemente bajo los términos genéricos de “áridos” , “inertes” ó “agregados” , según sus usos y aplicaciones, cumplen un rol significativo e importante en la calidad, durabilidad y economía de toda obra vial La naturaleza y propiedades físicas de dichos materiales, así como las formas en que se presentan y su disponibilidad, serán los factores principales que determinaran los usos de estos, así como el grado de procesamiento que requerirán antes de su empleo.

El estudio de canteras tenemos a bien confirmar la existencia de tales materiales, precisar las áreas en las cuales continuar desarrollando las siguientes etapas y planificar la forma y los medios que deberán utilizarse en ellas.

a). Localización y Evaluación Preliminar.

La localización se determina mediante la exploración en esta etapa se deberá realizar la verificación en el terreno de las canteras identificadas previamente para su posterior toma de muestras representativas en algunas de las localizaciones que sean a su vez representativas de otras en la región y que sean relativamente más accesibles para su explotación. Los resultados de los ensayos de calidad de las muestras las que efectuarán sobre las muestras recogidas permitirán conocer las características típicas de los materiales, su forma de presentación (ubicación, continuidad, homogeneidad, tamaños, configuración de partículas, calidad, etc.).

b). Delimitación, Calificación y Cuantificación.

A nivel de estudio definitivo del proyecto vial es necesario disponer de información concreta acerca de la calidad de los materiales, requerimientos de procesamiento, rendimientos, volúmenes disponibles, formas de acceso a las fuentes, distancias de transporte, y en general de todos aquellos elementos que contribuyan a precisar los costos de la obra Por tal motivo el estudio de canteras requerir una exploración detallada de las fuentes seleccionadas, un mapeo y delimitación de la misma y la ejecución sistemática de pozos y sondeos, conjuntamente con el muestreo y análisis de los materiales extraídos de estos para poder elaborar los perfiles mediante los cuales se pueda clasificar y cuantificar con precisión los volúmenes disponibles.

2.4.1. ESTUDIO DE CANTERAS DE SUELO.

El interés del estudio de las fuentes de materiales de donde se extraerán agregados para diferentes usos principales como mejoramientos de suelos, terraplenes, afirmado, agregados para rellenos, sub base y base granular, agregados para tratamientos bituminosos, agregados para mezclas asfálticas y agregados para mezclas de concreto, es determinar si los agregados son o no aptos para el tipo de obra a emplear, en tal sentido se requiere determinar sus características mediante la realización de los correspondientes ensayos de laboratorio, para esto detallaremos los procesos a seguir para el estudio de canteras.

✓ DESCRIPCIÓN

Las Canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, sondeos y/o trincheras de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

El estudio de canteras incluye la accesibilidad a los bancos de materiales, descripción de los agregados, usos, tratamiento, tipo, periodo de explotación, propiedad, permisos de uso y otras informaciones.

✓ MUESTREO

Para muestreo de los estratos revisaremos el Manual de Ensayo de Materiales del MTC vigente, norma MTC E 101. En lo no especificado en el Manual de Ensayo de Materiales, se procederá de acuerdo a lo siguiente:

- Se realizar exploraciones, por cada área menor o igual a una hectárea
- la ubicación de los puntos de prospección será a distancias aproximadamente iguales.
- Las exploraciones consistirán en calicatas, sondeos y/o trincheras, a profundidades no menores de la profundidad máxima de explotación, a fin de garantizar la real potencia de los bancos de materiales.

- La cantidad de muestras extraídas de canteras deberá ser tal que permita efectuar los ensayos exigidos, como también ensayos de verificación para rectificar y/o ratificar resultados poco frecuentes.
- Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, afirmado, sub-base, base, tratamientos superficiales, carpetas asfálticas, obras de concreto hidráulico, etc.).
- Se presentarán registros de exploraciones para cada una de las prospecciones, en donde se detallarán las ubicaciones de las prospecciones con coordenadas UTM-WGS84, las características de los estratos encontrados tales como: tamaño, forma, color, espesor de cada estrato, profundidad de la prospección, así como material fotográfico de las calicatas; de tal manera que en los registros se precisen las características de los estratos encontrados
- Estas muestras se clasifican según Hvorslev (1949), en muestras representativas y no representativas:

Muestras representativas. son las que contienen todos los materiales constituyentes del estrato, del cual fueron tomadas, no han tenido ningún cambio químico. Sin embargo, su condición física o estructural, se altera, además de su contenido de humedad, estas muestras se usan para llevar a cabo una clasificación general, gracias a sus propiedades índice, y la identificación de cada material.

Muestras no representativas. se les conoce a , a las muestras, que no representan algún estrato en especial, sino que sus partículas se han mezclado con los de otros estratos o materiales, por lo cual resultan inadecuados para un examen de laboratorio, sin embargo, son útiles para establecer una clasificación preliminar, y una determinación de las profundidades a las cuales ocurren cambios mayores en los estratos, y de donde o a partir de cuándo, podemos obtener muestras representativas o no alteradas.

2.4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO SEGUIENDO LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CANTERAS.

Los ensayos de laboratorio que se han efectuado de acuerdo a normas el cual mostraremos en el siguiente cuadro.

TABLA 6.ESPECIFICACIONES GEOTÉCNICAS.

ESPECIFICACIONES GEOTECNICAS			
ENSAYOS	ASTM	AASHTO	MTC
Contenido de humedad	0-2216		E-108
Análisis granulométrico	0-422	T-88	E-204
Limite líquido	0-4318	T-89	E-II0
índice de plasticidad	0-4318	T-89	E-III
Peso específico	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.

✓ ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

TABLA 7.ESPECIFICACIONES GEOTÉCNICAS

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUCCION DE OBRAS VIALES						
ENSAYOS FRECUENTES	PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS	METODO DE ENSAYO	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	FRECUENCIA 1	LUGAR DE MUESTREO
	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 27	1 cada 750 m3	Cantera
	Limite de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T 89	1 cada 750 m3	Cantera
	Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	1 cada 2000 m3	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	1 cada 2000 m3	Cantera
	Densidad - Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	1 cada 750 m3	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556	T 191	1 cada 250 m3	Pista
			D 2922	T 238		

FUENTE: MTC. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TABLA 8.ESPECIFICACIONES GEOTÉCNICAS PARA CANTERAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CANTERAS				
ENSAYO	USO	ASTM	AASHTO	PROPÓSITO
Análisis Granulométrico	Clasificación	D422	T88	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Limite liquido	Clasificación	D4318	T89	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico
Limite plástico	Clasificación	D4318	T90	Hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido
Índice plástico	Clasificación	D4318	T90	Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Equivalente de Arena	Calidad Agregado	D2419	T176	Determinar rápida de la cantidad de finos en los agregados
Proctor Modificado	Diseño de espesores	D1557	T180	Determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad SECA del material.
CBR	Diseño de espesores	D1883	T193	Determina la capacidad de soporte del suelo, el cual permite inferir el módulo resiliente del suelo
Abrasión (Los Ángeles)		C131 C535	T96	Cuantificación de la dureza o resistencia al impacto de los agregados gruesos.

FUENTE: MTC

2.4.3. Ensayos Estándar.

✓ Material para Terraplenes:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107.
- Humedad Natural MTC E108
- Límite Líquido de los suelos ASTM D-4318, MTC E110
- Límite Plástico e Índice de Plasticidad ASTM D-4318, MTC E111
- Determinación del Límite de Contracción, s se encuentra alta Actividad de los finos MTC E112.
- Gravedad Específica de los Suelos, MTC E113.
- Materia Orgánica en Suelos, MTC E118.

✓ Material de Afirmado:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107 9
- Límite Líquido Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E110
- Límite Plástico Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E111
- Clasificación SUCS ASTM D-2487.
- Clasificación de Suelos AASHTO M-145, ASTM D-3282.

- Contenido Sales Solubles Totales, MTC E219.
- Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213.
- Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791.
- Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210.

✓ **Material de Sub-base y Base:**

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107 9
Material que pasa la Malla N° 200 ASTM C-117, MTC E202.
- Límite Líquido Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E110.
- Límite Plástico Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E111.
- Clasificación SUCS ASTM D-2487.
- Clasificación de Suelos AASTHO M-145, ASTM D-3282.
- Contenido Sales Solubles Totales MTC E219.
- Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213.
- Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791.
- Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto de investigación tiene una metodología descriptiva, interpretativa y analítica mediante el procesamiento de los datos obtenidos en las distintas etapas del estudio.

3.1. TRABAJO DE CAMPO.

En base a la recopilación de la información bibliográfica y planificación previa llevaremos a cabo la ejecución de actividades en campo. Considerando las actividades de levantamiento geológico de más trabajos a realizar como la determinación de los parámetros geomorfológicos del área y la toma de muestras para análisis de laboratorio.

3.1.1. TOMA DE MUESTRAS.

La toma de muestras, se realizó de manera sistemática las cuales tomando de forma mecánica y manual con una previa descripción de estas para su posterior análisis en laboratorio de suelos.



FIGURA 3. TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS EN LABORATORIO.

3.1.2. LIMITES DE ATTERBERG.

Determinación del límite líquido de los suelos MTC E110-2000

➤ Instrumentos y equipos:

- Recipiente para almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente
- Espátula de hoja flexible de unos 75 a 100mm (3"-4") y 20mm (3/4") de ancho aproximadamente.
- Aparato de límite líquido (Casagrande). Esta de operación manual.
- Acanalador.
- Calibrador barra de metal de 10.00±0.2mm de espesor y de 50mm (2") de largo aproximadamente.
- Balanza con sensibilidad de 0.01gr
- Horno controlado que pueda conservar temperaturas de 110± 5°C. para el secado de la muestra.

➤ DETERMINACION DEL LIMITE POR EL METODO MULTIPUNTO

Tómese una muestra que pese 150-200g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425mm (N°40).

PROCEDIMIENTO.

- Colocar la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclase completamente con 15 a 20 ml. De agua destilada, amasándola con una espátula en forma alternada y repetida.
- Cuando haya sido mezclado suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la capsula de bronce para que se ocasione el cierre.
- Divídase el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y dimensiones apropiadas. Se permite hacer hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante.
- Elévese y golpéese la taza de bronce girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelos se

pongan en contacto en el fondo de la ranura, a una distancia de 13mm (0.5"). anotándose el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.

- En lugar de fluir sobre la superficie de la taza algunos suelos tienden a deslizarse. Cuando esto ocurra deberá agregarse más agua a la muestra y mesclar de nuevo se repetirá el ensayo el punto, si el suelos sigue deslizándose sobre la taza de broncea un numero de golpes inferior a 25, no es aplicable este ensayo y deberá indicarse que el limite liquido no se puede determinar.
- Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándose de uno y otro lado
- Pésese y anótese coloque el suelo en el horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$)
- Se recomienda repetir la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales

El objetivo de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos 25-35;20-30;15-25, de manera el alcance de las 3 determinaciones debe de ser 10 golpes.

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

Determinación de un líquido por el método de un punto.

Los equipos a utiliza son los mismos excepto que en el mesclado el contenido de humedad se ajuste a una consistencia que requiere de 20 a 30 golpes de la copa de limite líquido para cerrar la ranura.

3.1.3. MATERIALES PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.

➤ **Instrumentos y equipos:**

El instrumental y equipos necesarios para realizar este ensayo son:

- Juego de tamices de ensayo (90-80-63-32-16-8-4-2-1-0,5-0,25- 0,125- 0,063) con tapa y fondo herméticos.
- Estufa ventilada a $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

- Dispositivo de lavado (p.ej.: pila-fregadero con decantador)
- Balanza de precisión $\pm 0,1$ % de la masa de la muestra de ensayo
- Bandejas de diferentes tamaños, cardas y brochas.
- Tamizadora (opcional).

3.1.4. MATERIALES PARA EL ENSAYO PARA EL ENSAYO DE PROCTOR:

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos el cual nos mostrara (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³).

Cabe indicar que el presente ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" pulg (19,0 mm).

• Molde de compactación:

Los moldes de compactación son cilíndricos de paredes sólidas fabricados con metal con collar ajustable aproximadamente de 60.33 mm de altura, que permita la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua de la altura y volumen deseable.

TABLA 9.CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE PROCTOR

Moldes Proctor - ASTM/AASHTO				
Descripción	Diámetro Interno	Altura del Cuerpo	Volumen	Peso
Molde Proctor Estándar	101.6 ± 0.4 mm	16.4 ± 0.5 mm	44.0 ± 14 mm	7 kg
Molde Proctor Modificado	152.4 ± 0.7 mm	16.4 ± 0.5 mm	2124 ± 25 mm	9 kg

FUENTE: MTC MANUAL DE ENSAYOS.

Martillo de compactación:

Un martillo metálico que tenga una cara plana circular de 50.8mm de diámetro. El martillo deberá estar provisto de una guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de 304.8 ± 1.524 mm (12.0 ± 0.06” ó 1/16”) por encima de la altura del suelo. La guía deberá tener al menos 4 agujeros de ventilación, no menores de 9.5 mm (3/8”) de diámetro espaciados aproximadamente a 90° y 19 mm (3/4”) de cada extremo, y deberá tener suficiente luz libre, de tal manera que la caída del martillo y la cabeza no tengan restricciones.

TABLA 10.CARACTERÍSTICAS DEL MARTILLO PROCTOR

Martillos Proctor - ASTM / AASHTO				
Descripción	Diámetro de Martillo	Altura de Caída	Masa del Martillo	Peso
Martillo Compactador para Suelos Proctor Estándar ASTM	50.8 mm	304.8± 1 mm	2495 ± 23 g	4.5 kg
Compactador para Suelos Proctor Modificado ASTM	50.8 mm	457 ± 1.3 mm	4540 ± 10 g	8 kg

FUENTE: MTC MANUAL DE ENSAYOS.

- **Horno de Secado:** con control termostático a 110 grados centígrados +/- 5 grados centígrados. Sirve para secar el material.
- **Balanza,** con error de 1 gr., Sirve para pesar el material y diferentes tipos de recipientes.
- **Recipientes,** Es allí donde se deposita el material a analizar el cual estará debidamente identificado.
- **Tamices,** Serie de tamices de malla cuadrada para realizar la clasificación N° 4 y 3/4.

3.2. Métodos de Ensayos Proctor.

a). METODO "A"

- **Molde.** - 4 pulg. de diámetro (101,6mm)
- **Material.** - Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- **Capas.** - 5
- **Golpes** por capa. - 25

- **Uso.** - Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm). Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

b). METODO "B"

- **Molde.** - 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.
- **Materiales.** - Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm). • **Capas.** - 5
Golpes por capa.- 25
- **Usos.** - Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).
- **Otros Usos:** Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

c). METODO "C"

- **Molde.** - 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.
- **Materiales.** - Se emplea el que pasa por el tamiz $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm).
- **Capas.** - 5 • Golpes por Capa 56.
- **Usos.** - Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm).

3.3. ENSAYO DE C.B.R.

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la 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 y de las capas de base, sub-base y de afirmado.

MATERIALES A UTILIZAR PARA EL ENSAYO DE CBR.

a). Prensa, para este fin se utilizará la prensa para ensayos manual digital, el cual tiene celda de carga de 5000Kg e indicador digital, dial de 0.001" de penetración con su fijador mecánico, gato manual de dos velocidades, pistón de penetración, según norma NTC 2122,

b). Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4\text{mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ($6 \pm 0,026''$) de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ($7 \pm 0,018''$) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de $50,8\text{ mm}$ ($2,0''$) de altura y una placa de base perforada de $9,53\text{ mm}$ ($3/8''$) de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de $1,6\text{ mm}$ ($28/16''$) las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

c). Disco espaciador, de metal, de forma circular, de $150,8\text{ mm}$ ($5\ 15/16''$) de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005''$) de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.



FIGURA 4.MATERIALES PARA EL ENSAYO DE CBR.

d). Aparato medidor de expansión compuesto por:

- **Una placa de metal perforada**, por cada molde, de 149.2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.
- **Un Trípode** cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001").
- **Pesas.** Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- **Diales** con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- **Una Poza**, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

3.4. CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA.

Este ensayo proporciona un medio para comparar las densidades secas en obras en construcción, con las obtenidas en el laboratorio. Para ello se tiene que la densidad seca obtenida en el campo se fija con base en una prueba de laboratorio.

Al comparar los valores de estas densidades, se obtiene un control de la compactación, conocido como Grado de Compactación, que se define como la relación en porcentaje, entre la densidad seca obtenida por el equipo en el campo y

la densidad máxima correspondiente a la prueba de laboratorio. Se determina la densidad in – situ de suelos.

- En algún material que pueda ser excavado.
- No usar en suelos que comprometan la salud.
- Se limita a suelos saturados y muy blandos o muy sueltos.

Su importancia del Uso:

- El método es ampliamente usado.
- Determina densidad depósitos naturales y terraplén.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONDICIONES GEOLOGÍAS DEL TERRENO DE FUNDACION.

4.1.1 GEOMORFOLOGIA LOCAL.

La geomorfología local fue evaluada a una escala de 1/24000, el cual nos muestra detalladamente, unidades geomorfológicas que a continuación se describen:

4.1.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICOS ANTROPICO.

Esta unidad se caracteriza por los grandes cambios que sufrió el relieve provocadas por la mano del hombre para su posterior aprovechamiento.

a). VÍAS DE COMUNICACIÓN

La actual vía más importante que comunica en paralelo con el proyecto en construcción es la carretera Puno - Juliaca el cual es parte del Tramo 5 del Corredor Interoceánico Sur, como también se puede observar ramales de vías de comunicación que aún son trochas carrózales que llegan a interconectarse con la vía principal el mismo es parte muy importante para las conexiones con centros poblados aledaños a la vía principal.

b). VIVIENDAS

Se evidencia la presencia de viviendas a lo largo del Proyecto Autopista Puno – Juliaca, tal es el caso del Distrito de paucarcolla, que intercepta con la vía principal,

y la vía en construcción como también podemos evidenciar en ambos márgenes las cuales tienen presencia continua en el lugar por parte de los habitantes.

c). RÍOS

En la zona de estudio interviene el río Totorani el cual sería el causante del modelamiento de la superficie del terreno ya que la misma desemboca su afluencia en el Lago Titicaca las cuales tienen una dirección de flujo de WE Progresiva 26+550.



FIGURA 5. AFLUENTE DE RIO TOTORANI /UMALATA

MONTAÑOSO

La zona de estudio tiene una elevación máxima de 4350 m.s.n.m aproximadamente está considerados los cerros aledaños a la zona de estudio las cuales tienen una influencia directa tales como el cerro More que, tiene una altitud aproximado de 3837 m.s.n.m. y a sus alrededores podemos mencionar los siguientes: Cerro Viscachane con una altitud de 4145 m.s.n.m, Patallani, pucara a 4048 m.s.n.m. y entre otros los cuáles forman un sistema montañoso propios del lugar.

a). Colinas altas.

Las colinas altas presentan una elevación de 4250 m.s.n.m. el cual se caracteriza por tener pendientes pronunciadas entre las que podemos mencionar el C° Pucara que la misma es un domo volcánico que tiene una elevación de 4048 m.s.n.m.

b). Colinas Medias.

Tienen una elevación de 4050 a 4150 m.sn.m, Aproximadamente Esta unidad está formada por laderas en forma de domos volcánicos entre ellas el cerro viscachane, cerro azoguine con una altitud de 4012 m.s.n.m. estas y tienen un relieve pronunciados.

c). Colinas bajas.

Esta unidad está formada en las laderas más bajas estas comprenden entre 3950 a 4050 m.s.n.m... Cuyos sedimentos se pueden ver producto de las erosiones que sufren en laderas adyacentes, en algunos casos nos muestra el afloramiento de rocas volcánicas de grupo Tacaza donde se evidencia la desintegración de las rocas volcánicas.

d). Depósitos de Morrenas (Qh-mo):

Las morrenas son los testigos de una actividad glacial relativamente importante que ocurrió en esta región durante el Cuaternario, dichas morrenas están localizadas en los alrededores de las zonas, pero cabe indicar que la mayor cantidad de ellas se encuentra en los flancos meridionales de las zonas elevadas.

Las morrenas están compuestas de bloques sub angulosos de diferentes dimensiones en una matriz areno-arcillosa, los elementos de la matriz han sido llevados quedando únicamente los bloques más gruesos; pero en todo caso la naturaleza de los elementos de estas morrenas varía de acuerdo a la roca madre. Siendo en común en la zona de estudio rocas de origen volcánicas (flujos, ignimbritas y piroclastos).

Por el hecho de que las morrenas pasan progresivamente a depósitos fluvioglaciares, es a veces difícil mapear el contacto morreno-fluvioglaciar. Estos últimos presentan

una estratificación y provienen de la erosión de las morrenas y del transporte de los productos de erosión hacia las zonas bajas.



FIGURA 6. DEPÓSITOS DE TOBAS VOLCÁNICAS.

FLUVIAL.

a). Depósitos aluviales (Qh-al).

En el área de estudio abarca una extensa superficie, el cual se encuentra conformado por sedimentos detríticos de origen aluvial, constituidos por gravas sub-redondeadas y arena de granulometría heterogénea, además existe sedimentos limo-arcillosos y arcilla

Material depositado en las depresiones generalmente continentales transportado por las aguas de los ríos. Diferenciado los depósitos como recientes (arenas y limo arcillas inconsolidadas) y depósitos antiguos (gravas, arenas y limo arcillas semiconsolidadas).

b). Llanuras aluviales.

Estas zonas están formadas por materiales no consolidados las mismas fueron arrasado por el efecto de la gravedad y la afluencia de los ríos presentes en la zona estos materiales son rocas volcánicas con clastos subangulosos y subredondeados en algunos casos, así de esta manera nos evidencia las erosiones producidos por efecto de la gravedad desde las partes más altas.

c). Bofedales.

Estas zonas de estudio de puede apreciar intensa esto debido a la saturación del suelo por escorrentías superficiales y subterráneas a consecuencia de la presencia de agua el cual tuvo una sedimentación gradual en parte del trayecto de la llanura. También se puede observar la afluencia entre estas zonas la afluencia de ríos; sedimentos recientes los cuales son conformados por limos y arcillas, las cuales se encuentran saturadas.



FIGURA 7. DEPÓSITOS BOFEDALES KM.25+600 – 27+100.

d). LADERAS.

Las laderas que se apreciaron son de pendiente suave la cuales están cubiertas por vegetación.



FIGURA 8. LADERAS CUBIERTAS DE VEGETACIÓN.

4.2. CARACTERISTICAS FISICAS DE TERRENO DE FUNDACION.

Las evaluaciones geotécnicas fueron elaboradas como parte de las investigaciones geológicas y geotécnicas, con el objetivo de obtener la información necesaria para el desarrollo del estudio y ha comprendido los trabajos de: excavación de calicatas y determinación de las características físicas mecánicas agregados de canteras en estudio.

4.2.1. TERRENO DE FUNDACION.

Con el propósito de definir la caracterización y las propiedades Físico – Mecánicas de los materiales emplazados en el tramo priorizado desde KM 25+470 AL KM 35+130 Autopista Puno – Juliaca; se abrieron calicatas con maquinarias, para luego proceder a muestrear desde el terreno de fundación muestras representativas del área de emplazamiento del proyecto.

4.2.2. ANALISIS DE TERRENO DE FUNDACION

Cada uno de las prospecciones (calicatas) tuvo que ser identificado y descrito las características que estos materiales que conforman el perfil estratigráfico del terreno existente tales como Humedad, Plasticidad, Compacidad, altura del estrato color del material y clasificación visual – manual esto siempre concordancia con la norma ASTM D 2488-05 para posteriormente proceder al muestreo, etiquetado y transporte de especímenes al Laboratorio suelos para su procesamiento respectivo.



FIGURA 9. MUESTREO DE CALICATAS DE ESTRATOS.

a). ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS

Se efectuaron pruebas y ensayos de Mecánica de Suelos In-Situ y en Laboratorio, como:

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables.

Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

En ese entender que podemos demostrar que el contenido de humedad de la calicata N°03 KM. 26+500 nos muestra un porcentaje de humedad Muestra N°1 de 20.5% (Profund.0.00-0.070m) a un Muestra N°2 de 68.5 % (Profund.0.70-1.10m) lo cual nos indica que a una profundidad media el suelo se encuentra altamente saturada.



FIGURA 10. ILUSTRACIÓN NAPA FREÁTICA ACUMULACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA KM.26+500.

TABLA 11. HUMEDAD NATURAL 25+470 A 26+000

RESUMEN DE CALICATAS HUMEDAD NATURAL					
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	HUMEDAD NATURAL %
C-1	25 + 470	EJE	M- 1	0.00 - 0.20m	29.7
	25 + 470	EJE	M- 2	0.20 - 2.50m	32.4
C-2	26 + 000	EJE	M- 1	0.00 - 0.20m	25.4
	26 + 000	EJE	M- 2	0.20 - 0.90m	74.0
	26 + 000	EJE	M- 3	0.90 - 2.50m	42.4

Podemos apreciar que la profundidad de 0.90 tenemos un promedio de humedad natural de 42.4% el cual nos da un valor alto a tomar en cuenta ya que este tramo la capa freática está a muy poca distancia de la superficie esto hace que el suelo este siempre húmedo.

TABLA 12. HUMEDAD NATURAL 26+500 A 27+100

RESUMEN DE CALICATAS HUMEDAD NATURAL					
C-3	26 + 500	EJE	M- 1	0.00 - 0.70m	20.5
	26 + 500	EJE	M- 2	0.70 - 1.10m	68.5
	26 + 500	EJE	M- 3	1.10 - 2.50m	47.5
C-4	27 + 100	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	32.6
	27 + 100	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	38.1

TABLA 13. HUMEDAD NATURAL 27+640 A 28+000

RESUMEN DE CALICATAS HUMEDAD NATURAL					
C-5	27 + 640	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	51.3
	27 + 640	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	32.3
C-6	28 + 000	EJE	M- 1	0.00 - 0.70m	26.2
	28 + 000	EJE	M- 2	0.70 - 1.20m	28.6

En la siguiente figura se observa el comportamiento de humedad Natural que presenta el suelo en las progresivas Km. 25+470 a 28+700 el cual nos indica que se tiene un alto grado de concentración de humedad en los materiales que fueron

analizados en laboratorio que en algunos casos llega a un 74% de humedad natural en distintas profundidades, a continuación, podemos ilustrar en la siguiente figura.

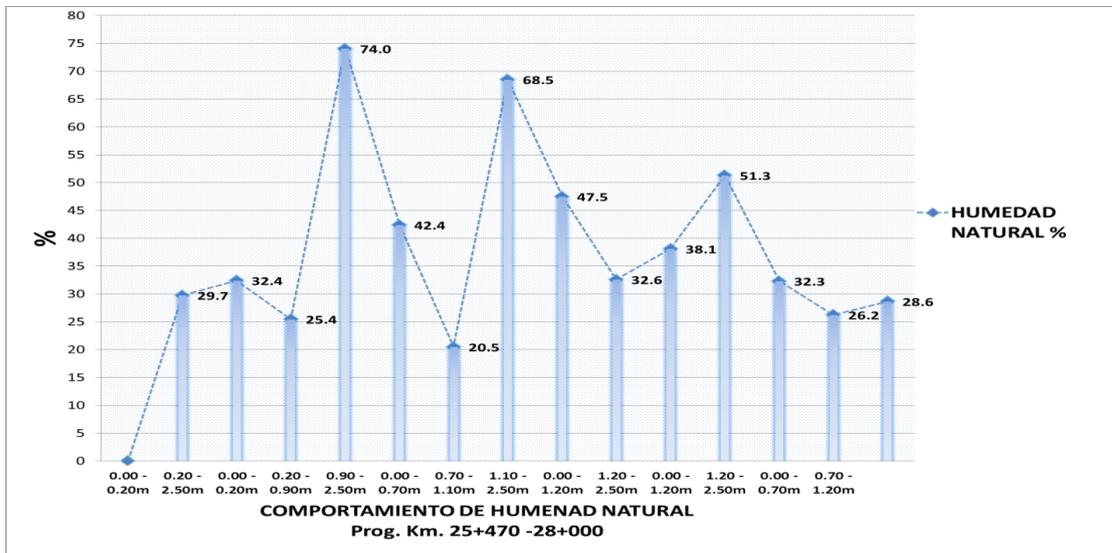


FIGURA 11. COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD NATURAL

Haciendo una comparación en el tramo de la progresiva Km. 28+700 a 35+130 podemos ver que el comportamiento de humanidad natural no es tal alta, también se puede ilustrar que se comporta más uniformemente con relación a la anterior figura. el porcentaje de humedad en este tramo alcanza el 44.8% en su valor más alto que se ilustra en la siguiente figura.

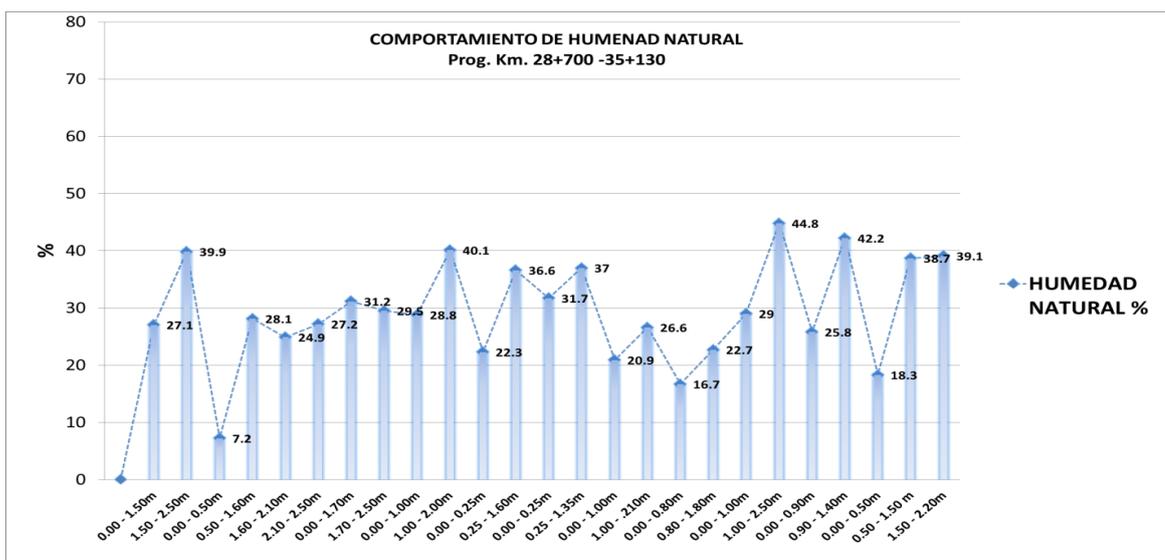


FIGURA 12. COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD NATURAL

✓ **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107:**

El ensayo de análisis granulométrico por tamizado se realiza con la finalidad de determinar la distribución del tamaño de partículas de suelo el cual se fue realizado previo tratamiento de la muestra (secado) y lavado de la muestra.

- Para este fin se utilizará dos balanzas con sensibilidad de 0.01g para pesar material que pase al tamiz 4,760mm(N°4) y la otra con sensibilidad 0.1% del peso de la muestra, para materiales retenidos en el tamiz de 4,760mm(N°4).
- El propósito del ensayo de granulometría es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.



FIGURA 13.ILUSTRACIÓN DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.

TABLA 14.ANALISIS GRANULOMETRICO Km. 25+470 a 26+000

RESUMEN DE CALICATAS ANALISIS GRANULOMETRICO													
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	ANALISIS GRANULOMETRICO								
					3 1/2"	2"	1"	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#200
C-1	25 + 470	EJE	M- 1	0.00 - 0.20m	100.0	82.8	62.6	59.6	54.8	52.3	50.1	44.9	36.2
	25 + 470	EJE	M- 2	0.20 - 2.50m	100.0	100.0	100.0	100.0	98.3	95.8	91.6	80.6	54.7
C-2	26 + 000	EJE	M- 1	0.00 - 0.20m	100.0	87.0	55.4	51.7	44.5	41.2	37.4	30.8	25.1
	26 + 000	EJE	M- 2	0.20 - 0.90m	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	98.4	94.3	83.8
	26 + 000	EJE	M- 3	0.90 - 2.50m	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	94.8	76.1	54.5

TABLA 15. ANALISIS GRANULOMETRICO Km. 26+500

RESUMEN DE CALICATAS ANALISIS GRANULOMETRICO													
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	ANALISIS GRANULOMETRICO								
					3 1/2"	2"	1"	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#200
C-3	26 + 500	EJE	M- 1	0.00 - 0.70m	100.0	100.0	100.0	100.0	92.0	83.5	67.6	39.3	16.5
	26 + 500	EJE	M- 2	0.70 - 1.10m	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	98.8	92.9
	26 + 500	EJE	M- 3	1.10 - 2.50m	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	96.6	88.7

TABLA 16. ANALISIS GRANULOMETRICO Km. 27+100 a 27+640

RESUMEN DE CALICATAS ANALISIS GRANULOMETRICO													
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	ANALISIS GRANULOMETRICO								
					3 1/2"	2"	1"	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#200
C-4	27 + 100	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	91.6	85.1	70.4	51.1
	27 + 100	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	98.9	89.1	70.7
C-5	27 + 640	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	98.0	91.6	83.1
	27 + 640	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	92.0	63.4	39.2

✓ **LIMITES DE CONSISTENCIA (NOMAS ASTM 4318 Y AASHTO T89).**

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado al horno.

Para este fin se toma 200 a 300 gr. Aproximadamente esto de material completamente mezclado el cual deberá separarse pasando el material por el tamiz de 0.425mm (N°40). Dentro de una capsula de porcelana al cual se procederá a agregar agua para poner en un estado de mayor fluidez para realizar posteriormente el ensayo.

La determinación de número de golpes para que esta pueda cerrar la ranura es de 25-35; 20-30; 15-25.

Limite plástico Se procede a toma 20 a 30 gr. Aproximadamente el cual deberá separarse pasando el material por el tamiz de 0.425mm (N°40).



FIGURA 14. ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA.

Al realizar estos ensayos podemos ver claramente la presencia de suelos expansivos se determinó después de realizar los ensayos de laboratorio de las diferentes muestras obtenidas, en dicha evaluación se observó que los suelos de la sub rasante de la carretera en estudio están conformados por Arenas Limosas con intercalación de Grava, Arenas arcillosa, Limos y en pequeña proporción Arcillas Arenosas, limos de alta plasticidad.

En el presente cuadro se muestra la ubicación de este tipo de suelos, de las características antes mencionadas y de los resultados obtenidos en laboratorio, combinada con la experiencia y criterios de los especialistas de suelos;

TABLA 17.RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

CUADRO RESUMEN DE ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA								
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	HUMEDAD NATURAL %	LIMITES DE CONSISTENCIA		
						LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
C-1	25 + 470	EJE	M- 1	0.00 - 0.20m	29.7	39.20	27.61	11.59
	25 + 470	EJE	M- 2	0.20 - 2.50m	32.4	35.51	15.23	20.28
C-2	26 + 000	EJE	M- 1	0.00 - 0.20m	25.4	39.82	25.51	14.31
	26 + 000	EJE	M- 2	0.20 - 0.90m	74.0	67.49	38.66	28.83
	26 + 000	EJE	M- 3	0.90 - 2.50m	42.4	45.92	28.07	17.85

TABLA 18.RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

CUADRO RESUMEN DE ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA								
C-3	26 + 500	EJE	M- 1	0.00 - 0.70m	20.5	35.37	25.75	9.63
	26 + 500	EJE	M- 2	0.70 - 1.10m	68.5	68.96	35.51	33.45
	26 + 500	EJE	M- 3	1.10 - 2.50m	47.5	61.09	23.73	37.36
C-4	27 + 100	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	32.6	45.79	30.35	15.45
	27 + 100	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	38.1	41.66	28.08	13.58

TABLA 19.RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

CUADRO RESUMEN DE ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA								
C-5	27 + 640	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	51.3	55.15	34.51	20.64
	27 + 640	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	32.3	35.51	24.28	11.24
C-6	28 + 000	EJE	M- 1	0.00 - 0.70m	26.2	31.63	21.80	9.83
	28 + 000	EJE	M- 2	0.70 - 1.20m	28.6	39.08	27.27	11.81

4.2.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS Y POR EL MÉTODO AASHTO.

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de las partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como, por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc.

La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) es según la estabilidad del tipo de ensayos para la determinación de los límites de consistencia. Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

En el cuadro siguiente se mostrarnos los resultados de los ensayos y su posterior la clasificación de suelos de las calicatas que compren del KM 25+470 a Km. 35+130.

TABLA 20.PROGRESIVAS 25+470 – 26+000

CUADRO RESUMEN CLASIFICACION DE SUELOS							
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL
					SUCS	AASHTO	
C-1	25 + 470	EJE	M- 1	0.00 - 0.20m	GM	A-6	GRAVA LIMOSA CON ARENA
	25 + 470	EJE	M- 2	0.20 - 2.50m	CL	A-6	ARCILLA ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-2	26 + 000	EJE	M- 1	0.00 - 0.20m	GM	A-2-6	GRAVA LIMOSA CON ARENA
	26 + 000	EJE	M- 2	0.20 - 0.90m	MH	A-7-5	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA
	26 + 000	EJE	M- 3	0.90 - 2.50m	ML	A-7-6	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD

La progresiva 25+470-26+000 según su clasificación podemos ver que tenemos suelo compuesto grava limosa (GM) a 0.20m con presencia de arena, C2 limo de alta plasticidad (MH) según su clasificación SUCS.

TABLA 21.PROGRESIVAS 26+500 – 27+100

CUADRO RESUMEN CLASIFICACION DE SUELOS							
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL
					SUCS	AASHTO	
C-3	26 + 500	EJE	M- 1	0.00 - 0.70m	SM	A-2-4	ARENA LIMOSA CON GRAVA
	26 + 500	EJE	M- 2	0.70 - 1.10m	MH	A-7-5	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
	26 + 500	EJE	M- 3	1.10 - 2.50m	CH	A-7-6	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
C-4	27 + 100	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	ML	A-7-5	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	27 + 100	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	ML	A-7-6	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA

Podemos ver que en este tramo tenemos suelos arena limosa, limos de alta plasticidad y también arcillas de alta plasticidad según su clasificación SUCS como SM, MH, CH, esto nos muestra que en este tramo de la vía predominan los limos arcillas de alta plasticidad.

TABLA 22.PROGRESIVAS 27+640 – 28+000

CUADRO RESUMEN CLASIFICACION DE SUELOS							
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL
					SUCS	AASHTO	
C-5	27 + 640	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	MH	A-7-5	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA
	27 + 640	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	SM	A-6	ARENA LIMOSA
C-6	28 + 000	EJE	M- 1	0.00 - 0.70m	CL	A-4	ARCILLA ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	28 + 000	EJE	M- 2	0.70 - 1.20m	ML	A-6	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA

TABLA 23.PROGRESIVAS 28+700 – 29+100

CUADRO RESUMEN CLASIFICACION DE SUELOS							
CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL
					SUCS	AASHTO	
C-7	28 + 700	EJE	M- 1	0.00 - 1.50m	CL	A-4	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA
	28 + 700	EJE	M- 2	1.50 - 2.50m	CL	A-7-6	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
C-8	29 + 100	EJE	M- 1	0.00 - 0.50m	SP - SC	A-1-b	ARENA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
	29 + 100	EJE	M- 2	0.50 - 1.60m	CL	A-6	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA
	29 + 100	EJE	M- 3	1.60 - 2.10m	SP	A-1-b	ARENA POBREMENTE GRADADA
	29 + 100	EJE	M- 4	2.10 - 2.50m	CL	A-6	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA

Según estas los resultados de clasificación de este tramo de la 25+470 a 29+100 podemos observar que en la mayoría de los casos nos clasifica como arcillas de baja plasticidad (CL), limos de baja plasticidad con arena (ML), podemos decir que estos tramos pertenecen las arcillas, limos y arenas de baja plasticidad (CL, ML, SP). En este caso no suelen presentarse problemas que influyan de forma negativa en el comportamiento de la estructura del pavimento, los asentamientos son absorbidos por toda la estructura y el terreno de fundación es capaz de soportar los esfuerzos aplicados en grandes cambios de volúmenes.

✓ ENSAYO DE PROCTOR:

Propósito del ensayo Proctor se determinará la relación entre la humedad y el peso unitario de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 2.5 kg (5.5 lb.) que cae desde una altura de 305 mm (12”).

Este método de ensayo se emplea para la determinación rápida del peso unitario máximo y de la humedad óptima de una muestra de suelo empleando una familia de curvas y un punto.

Este ensayo se efectuará con el fin de determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada.



FIGURA 15.ILUSTRACIÓN DE ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.

TABLA 24.PROGRESIVAS 25+470 – 26+000

CALICAT A	KM.	LADO	CAPA	PROFUND	PROCTOR		CBR DE LABORATORIO 95%	CBR DE LABORATORIO 100%	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			SUCS	AASHTO	INDICE	
C-1	25+470	EJE	M-1	0.00 - 0.20m	1.930	2.053	20.0%	27.0%	GM	A-6	1	GRAVA LIMOSA CON ARENA
	25+470	EJE	M-2	0.20 - 2.50m	1.670	2.062	5.8%	15.9%	CL	A-6	8	ARCILLA ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD

TABLA 25.PROGRESIVAS 26+500 – 27+500

CALICAT A	KM.	LADO	CAPA	PROFUND	PROCTOR		CBR DE LABORATORIO 95%	CBR DE LABORATORIO 100%	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			SUCS	AASHTO	INDICE	
C-2	26+000	EJE	M-1	0.00 - 0.20m	2.010	2.030	23.0%	37.5%	GM	A-2-6	1	GRAVA LIMOSA CON ARENA
	26+000	EJE	M-2	0.20 - 0.90m	1.290	1.650	2.4%	6.3%	MH	A-7-5	20	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA
	26+000	EJE	M-3	0.90 - 2.50m	1.640	1.980	3.6%	12.1%	ML	A-7-6	7	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD

CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND	PROCTOR		CBR DE LABORATORIO 95%	CBR DE LABORATORIO 100%	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			SUCS	AASHTO	INDICE	
C-3	26 + 500	EJE	M-1	0.00 - 0.70m	1.068	2.053	4.5%	12.3%	SM	A-2-4	0	ARENA LIMOSA CON GRAVA
	26 + 500	EJE	M-2	0.70 - 1.10m	1.250	2.052	2.9%	7.2%	MH	A-7-5	20	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
	26 + 500	EJE	M-3	1.10 - 2.50m	1.340	2.053	2.9%	4.5%	CH	A-7-6	20	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD

TABLA 26. PROGRESIVAS 27+100 – 28+000

CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND	PROCTOR		CBR DE LABORATORIO 95%	CBR DE LABORATORIO 100%	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			SUCS	AASHTO	INDICE	
C-4	27 + 100	EJE	M-1	0.00 - 1.20m	1.570	1.950	4.2%	8.6%	ML	A-7-5	5	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	27 + 100	EJE	M-2	1.20 - 2.50m	1.610	2.000	4.2%	8.6%	ML	A-7-6	8	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA
C-5	27 + 640	EJE	M-1	0.00 - 1.20m	1.260	1.650	3.9%	7.4%	MH	A-7-5	15	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA
	27 + 640	EJE	M-2	1.20 - 2.50m	1.890	2.053	7.5%	11.2%	SM	A-6	1	ARENA LIMOSA
C-6	28 + 000	EJE	M-1	0.00 - 0.70m	1.580	2.053	4.8%	12.6%	CL	A-4	6	ARCILLA ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	28 + 000	EJE	M-2	0.70 - 1.20m	1.560	1.900	4.9%	11.1%	ML	A-6	9	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA

De acuerdo con los resultados de proctor que la máxima densidad seca es de 1.570 y el óptimo contenido de humedad 1.960 esto nos indica que el resultado de estos suelos en este tramo su capacidad de drenaje es de aceptable a mala.

✓ **ENSAYO DE CBR.**

Para este fin se utilizó la máquina de CBR. Con indicador digital, con Capacidad de 50 KN, 220-240 V 50-60 Hz UTS-0854/110



FIGURA 16. ILUSTRACIÓN DEL ENSAYO DE CBR.

TABLA 27. PROGRESIVAS 25+470 – 26+000

CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND	PROCTOR		CBR DE LABORATORIO 95%	CBR DE LABORATORIO 100%	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			SUCS	AASHTO	INDICE	
C-1	25+470	EJE	M-1	0.00 - 0.20m	1.930	2.053	20.0%	27.0%	GM	A-6	1	GRAVA LIMOSA CON ARENA
	25+470	EJE	M-2	0.20 - 2.50m	1.670	2.062	5.8%	15.9%	CL	A-6	8	ARCILLA ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD

CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND	PROCTOR		CBR DE LABORATORIO 95%	CBR DE LABORATORIO 100%	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			SUCS	AASHTO	INDICE	
C-2	26+000	EJE	M-1	0.00 - 0.20m	2.010	2.030	23.0%	37.5%	GM	A-2-6	1	GRAVA LIMOSA CON ARENA
	26+000	EJE	M-2	0.20 - 0.90m	1.290	1.650	2.4%	6.3%	MH	A-7-5	20	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA
	26+000	EJE	M-3	0.90 - 2.50m	1.640	1.980	3.6%	12.1%	ML	A-7-6	7	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD

Los resultados de CBR. De este tramo en estudio el máximo valor al 100% presenta el 37.5% y una clasificación según SUCS GM y ASSHTO A-2-6(1). Esto nos indica la capacidad de drenaje de aceptable a mala se evidencia un alto grado de suelos expansivos.

TABLA 28. PROGRESIVAS 26+500 – 27+100

CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND	PROCTOR		CBR DE LABORATORIO 95%	CBR DE LABORATORIO 100%	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			SUCS	AASHTO	INDICE	
C-3	26+500	EJE	M-1	0.00 - 0.70m	1.068	2.053	4.5%	12.3%	SM	A-2-4	0	ARENA LIMOSA CON GRAVA
	26+500	EJE	M-2	0.70 - 1.10m	1.250	2.052	2.9%	7.2%	MH	A-7-5	20	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
	26+500	EJE	M-3	1.10 - 2.50m	1.340	2.053	2.9%	4.5%	CH	A-7-6	20	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD

CALICATA	KM.	LADO	CAPA	PROFUND.	PROCTOR		CBR DE LABORATORIO 95%	CBR DE LABORATORIO 100%	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			SUCS	AASHTO	INDICE	
C-4	27 + 100	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	1.570	1.950	4.2%	8.6%	ML	A-7-5	5	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	27 + 100	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	1.610	2.000	4.2%	8.6%	ML	A-7-6	8	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA
C-5	27 + 640	EJE	M- 1	0.00 - 1.20m	1.260	1.650	3.9%	7.4%	MH	A-7-5	15	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA
	27 + 640	EJE	M- 2	1.20 - 2.50m	1.890	2.053	7.5%	11.2%	SM	A-6	1	ARENA LIMOSA
C-6	28 + 000	EJE	M- 1	0.00 - 0.70m	1.580	2.053	4.8%	12.6%	CL	A-4	6	ARCILLA ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	28 + 000	EJE	M- 2	0.70 - 1.20m	1.560	1.900	4.9%	11.1%	ML	A-6	9	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA

EVALUACIÓN DE TERRENO DE FUNDACIÓN.

Con los ensayos realizados en el laboratorio podemos ver el comportamiento del subsuelo de esta manera Conocer el tipo de suelo presente en el terreno de fundación, así evitar de los posibles deterioros en la vía en estudio, también podemos ver los problemas potenciales con suelos expansivos, suelos compresibles, establecimiento del nivel freático, establecimiento de los métodos de construcción debido a cambios en las condiciones del subsuelo.

Con esta finalidad se ha realizado mediante calicatas y/o trincheras a lo largo de trazo del presente proyecto en ejecución; Autopista Puno - Juliaca se realizó 17 calicatas a cielo abierto con profundidades variables desde 0.90 a 2.50 m.t.s. esto siempre considerando el comportamiento del perfil estratigráfico del suelo.



FIGURA 17. ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE ESTRATOS.

Para ello las distancias de las calicatas se tomó a 500mts aproximadamente a continuación describiremos:

a). Descripción de los Perfiles Estratigráficos

➤ **progresiva: 25+470 al 26+000.**

Los terrenos de fundación de este tramo corresponden a suelos intercalado de grava limosa con arena, las misma que podemos identificar mediante la clasificación SUCS como GM; CL Arcilla arenoso de baja plasticidad (0.20 a 2.50mts.), y en la clasificación AASHTO como A-6 (8), la humedad promedio es de 29.7 el cual nos indica que el suelo se encuentra altamente saturado. La calicata de Km. 26+000 se observó presencia de gravas arcillosas con intercalación de arena también pudimos determinar en el estrato M2 (0.20 – 0.90mts). Presencia de limo de alta plasticidad según la clasificación de SUCS se determinó como MH, AASHTO como A-7-5(20), la humedad alcanza los 74%, y un IP. 25.70.

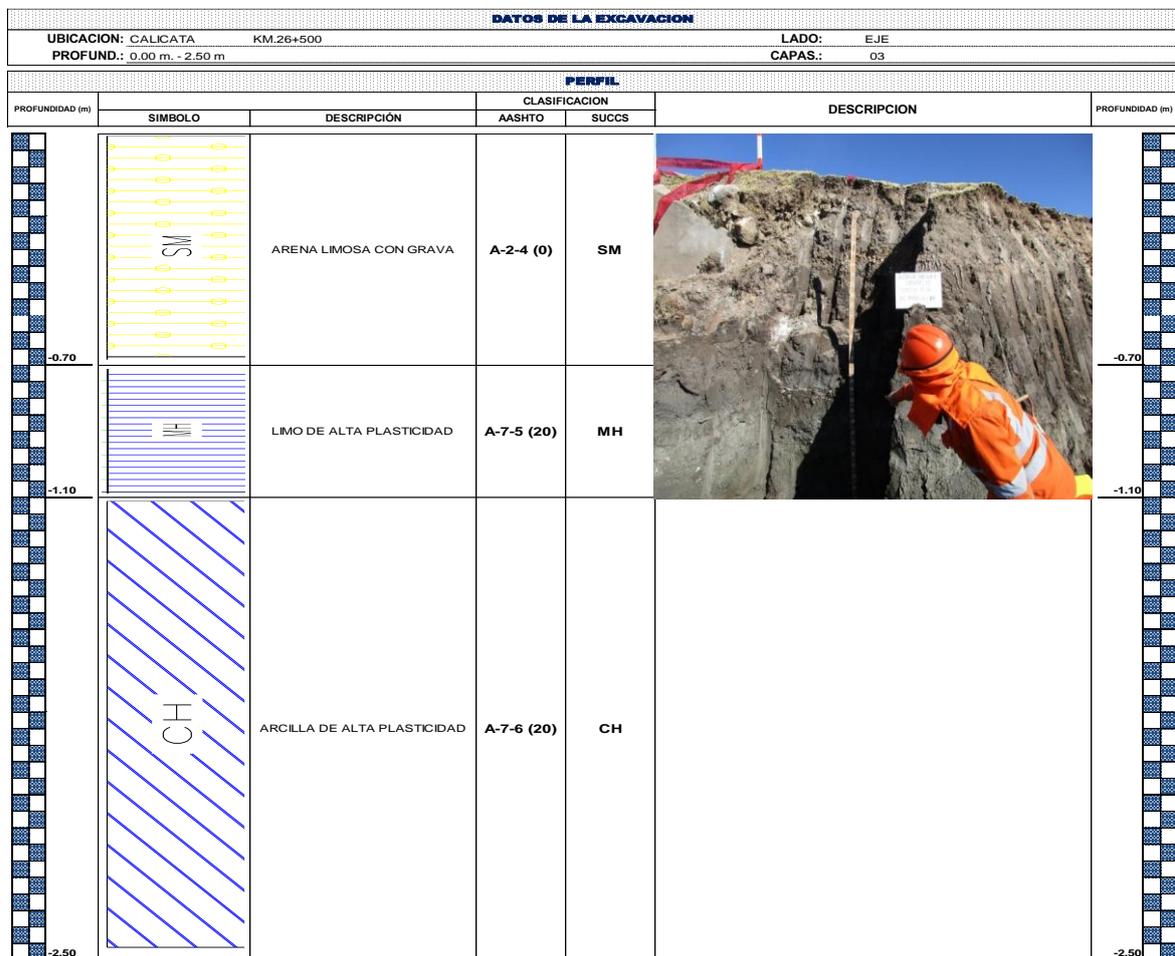


FIGURA 18. ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 26+000.

➤ **Progresiva 26+000 al 26+500.**

El terreno de fundación de este tramo corresponden a los identificados como: Arenas limosa con grabas, Limo de alta plasticidad, arcilla de alta plasticidad, identificadas como SM-MH, CH, de acuerdo a la clasificación SUCS y A-2-4, , A-7-5 y A-7-6 según la clasificación AASHTO, este tramo de la vía en estudio se encuentra proximo a la alcantarilla ubicara KM. 26+550 el cual vierte sus aguas constantemente durante todo el año, la topografía casi plana que presenta el área es que el agua tiende a una influencia directa sobre el suelo.

Este tramo de la vía es considerado de alto riesgo ya que su IP. Es elevado la misma que alcanza a 37.36% a una profundidad de 2.50mts. y su humedad natural llega a 68.5% a una profundidad de 1.10mts.

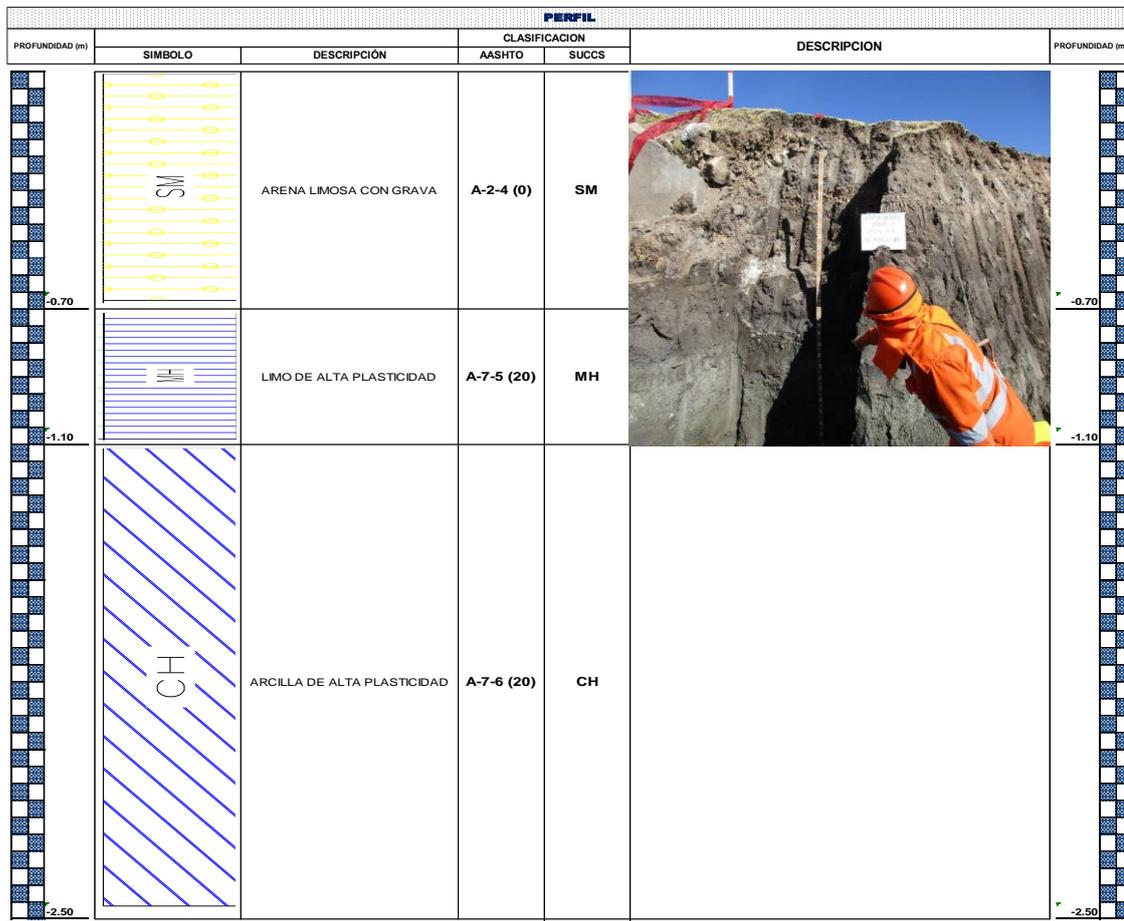


FIGURA 19. ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 26+500

Los ensayos de C.B.R. de este sector presentan valores de laboratorio 2.0% al (95%) y 7.2% entre 9% al (100%), con una densidad máxima de 2.053g/Cm³, con una humedad optima de 10.53,

➤ **Progresiva: 26+500 al 27+100.**

Los suelos de fundación de este tramo se obtuvieron dos muestras que corresponden a los identificados como limo arenoso de baja plasticidad y limo de baja plasticidad con arena identificada según la clasificación SUCS como ML, y A-7-6 ASSHTO.

DATOS DE LA EXCAVACION						
UBICACION: CALICATA		KM.27+100		LADO: EJE		
PROFUND.: 0.00 m. - 2.50 m				CAPAS.: 02		
PERFIL						
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION	CLASIFICACION		DESCRIPCION	PROFUNDIDAD (m)
			AASHTO	SUCCS		
-1.20	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	A-7-5 (5)	ML		-1.20
-2.50	ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA	A-7-6 (8)	ML		-2.50

FIGURA 20. ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 26+500

Los ensayos de C.B.R. que se practicaron a las muestras encontramos que sus valores alcanzan valores de 2.9% y la máxima densidad seca es de 2.053%.

➤ **Progresiva: 27+100 al 28+000.**

El terreno de fundación de este tramo donde se pudo obtener dos muestras de dos estratos corresponde a suelos arcillosos con intercalación de arcilla de baja plasticidad y la muestra M2 limo de baja plasticidad con arena identificada según la clasificación SUCS como CL y ML, y según la clasificación AASHTO como un A-4 y A-6 respectivamente. Estos suelos presentan humedad 28.6% en su estado natural. La resistencia de estos suelos es muy baja ya que llega a registrar según el ensayo de C.B.R. hasta 7.2% al 100% de la Máxima Densidad Seca.

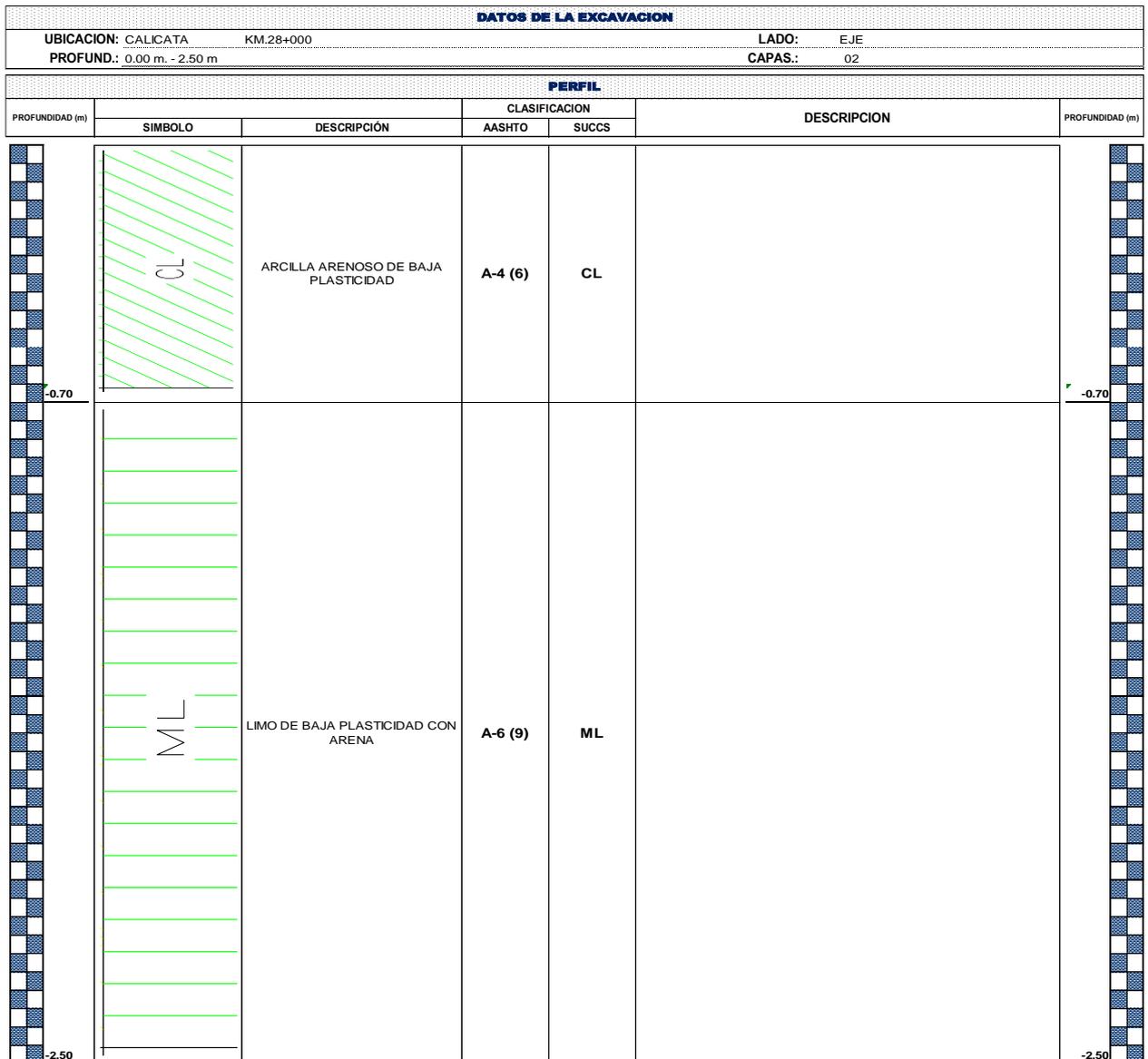


FIGURA 21. ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. KM. 28+000.

➤ **Progresiva: 28+000 al 30+500.**

El terreno de fundación en los tramos que comprenden el Km.28+000 al 30+500, corresponden a suelos arcillas de baja plasticidad, arena pobremente gradada, arena arcillosa y en algunos casos arcilla de alta plasticidad con intercalación de arena las mismas que podemos identificar mediante la clasificación SUCS como; CL, SP, CH y en la clasificación AASHTO como A-6, A-1-b, A-7-6, la humedad promedio es de 29.5 el cual nos indica que el suelo se encuentra saturado. La calicata de Km. 30+500 que la muestra M1 (0.00 – 0.1mts).la presencia de arcilla de alta plasticidad según la clasificación de SUCS determino como CH, AASHTO como A-7-6, la humedad natural alcanza 30.1%, y un IP. 33.99%.

➤ **Progresiva: 30+500 al 35+130.**

El terreno de fundación de este tramo donde se pudo obtener varias muestras las corresponden a suelos arena arcillosos, arena limoso, de arcilla de baja plasticidad identificada según la clasificación SUCS como SC, SM, y según la clasificación AASHTO como un A-4 y A-2-4 respectivamente. Estos suelos presentan humedad natural promedio 29.6% en su estado natural. La resistencia de estos suelos es relativamente baja ya que llega a registrar según el ensayo de C.B.R. hasta 25.8% al 100% de la Máxima Densidad Seca.

De esta manera se evaluó los distintos tramos de terrenos de fundación las cuales podemos ver que el su mayor parte de sus tramos requiere mejoramiento a nivel subrasante.



FIGURA 22. ANALISIS DE PERFIL DEL SUELO PROG. Km. 30+000 a35+130

De acuerdo a los resultados obtenidos del potencial de expansión y la compresibilidad son muy importantes analizar estos suelos, determinamos siete tramos que comprenden los Km. 25+470 al Km. 28+700 tiene un potencial de expansión moderado a alto, con índices de plasticidades, de promedio de 68.5%, ya que esto desestabiliza el suelo.

El ensayo permite establecer la condición de los suelos para su uso como material de construcción de carreteras o su condición para establecer los valores requeridos para el diseño de espesores de vías; los valores encontrados de C.B.R, son desfavorables o de baja capacidad de soporte, siendo así la resistencia ofrecida menor a la supuesta, por presentar suelos inadecuados o suelos finos como arcillas

, arcillas limosas, arenas arcillosas, con promedio de C.B.R de 2.9% a 9.4% al 95% de su densidad máxima obtenida.

4.3. CARACTERISTICAS FISICAS DE CANTERAS.

Con la finalidad de suministrar los volúmenes necesarios de materiales adecuados que satisfagan las demandas de construcción del Proyecto en mención, en la calidad y cantidad, se realiza la investigación de las características físicas de existentes en el área de influencia del proyecto.

El interés del estudio de las fuentes de materiales de donde se extraerán agregados para diferentes usos principales como mejoramientos de suelos, terraplenes, afirmado, agregados para rellenos, sub base y base granular, agregados para mezclas asfálticas y agregados para mezclas de concreto, es determinar si los agregados son aptos o no para el tipo de obra a emplear, en tal sentido se requiere determinar sus características físico mecánicas mediante la realización de los ensayos de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de las canteras se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayo de Material para Carreteras del MTC (vigente) y serán las que señalen las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras del MTC (vigente).

✓ Ensayos Estándar

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107
- Humedad Natural MTC E108
- Límite Líquido de los suelos ASTM D-4318, MTC E110
- Límite Plástico e Índice de Plasticidad ASTM D-4318, MTC E111
- Determinación del Límite de Contracción, s se encuentra alta Actividad de los finos MTC E112
- Gravedad Específica de los Suelos, MTC E113
- Materia Orgánica en Suelos, MTC E118
- Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213

- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114
- Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
- Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210

✓ **Material de roca:**

- Ensayo de Abrasión Los Ángeles ASTM C-131, MTC-E207
- Durabilidad del Agregado Grueso ASTM C-88, MTC-E209

Para determinar la calidad de las muestras estas se procederán a tomar muestras las cuales se llevarán a laboratorio para su ensayo correspondiente en el siguiente cuadro nos muestra los ensayos y frecuencias a realizar los mismos.

TABLA 29. ENSAYO DE FRECUENCIA

ENSAYOS Y SU FRECUENCIA						
Material o Producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
AFIRMADO	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
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	1 cada 2000 m ³	Cantera
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	1 cada 2000 m ³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	1 cada 2000 m ³	Cantera

FUENTE: M.T.C.

4.3.1. SUB BASE GRANULAR.

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de sub base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto o establecidos por el Supervisor. Las consideraciones ambientales están referidas a la protección del medio ambiente durante el suministro, transporte, colocación y compactación de material de sub base granular.

Los agregados para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos indicados para dichos materiales. Además, deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla:

TABLA 30.GRANULOMETRIA PARA SUB BASE

GRANULOMETRIA PARA SUB BASE GRANULAR				
Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

FUENTE: M.T.C. - ASTM D 1241

En el presente proyecto se empleó La curva de gradación “A” ya que zona de influencia del proyecto es superior a 3000 m.s.n.m. a continuación mostramos los ensayos especiales y su respectivo requerimiento.

TABLA 31.REQUERIMIENTO DE ENSAYOS ESPECIALES

REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS ESPECIALES					
Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx	50 % máx
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín	40 % mín
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx	25% máx
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx	4% máx
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín	35% mín
Sales Solubles	MTC E 219			1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx	20% máx

FUENTE: M.T.C.

4.3.2. BASE GRANULAR.

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de base granular aprobado sobre una sub base, afirmado o subrasante, en una o varias capas, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto u ordenados por el Supervisor.

➤ Granulometría.

La composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables) según una fórmula de trabajo de dosificación aprobada por el Supervisor y según uno de los requisitos granulométricos que se indican en la Tabla Para las zonas con altitud de 3000 msnm se deberá seleccionar la gradación "A".

TABLA 32. REQUERIMIENTO GRANULOMETRICO PARA BASE GRANULAR

REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE GRANULAR				
Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	may-15	8 – 15

FUENTE: M.T.C. - ASTM D 1241

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican:

La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

La franja por utilizar será la establecida en los documentos del proyecto o la determinada por el Supervisor. Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme,

sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa.

➤ **Agregado Grueso**

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla N° 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de finos contaminantes. Deberán cumplir las siguientes características:

TABLA 33. REQUERIMIENTO DE AGREGADOS GRUESOS

REQUERIMIENTOS DE AGREGADO GRUESO					
Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos	
				Altitud	
				< Menor de 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx	40% max
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 221	D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Pérdida con Sulfato de Sodio	MTC E 209	C 88	T 104	.-	12% máx.
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	.-	18% máx.

FUENTE: M.T.C.

➤ **Agregado Fino.**

Se denominará así a los materiales pasantes la malla Nª 4 que podrán provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

Deberán cumplir las características siguientes:

TABLA 34 .REQUERIMIENTO PARA AGREGADOS FINOS

REQUERIMIENTO PARA AGREGADOS FINOS			
Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

FUENTE: MTC

4.3.3. CALIDAD DE LOS AGREGADOS.

De cada procedencia de los agregados y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción se determinarán los ensayos con las frecuencias que se indican en el cuadro correspondiente. Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la Norma, se permitirá que a simple vista el material presente restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado se descartara.

TABLA 35. ENSAYOS Y FRECUENCIAS

Ensayos y Frecuencias						
Material o Producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 88	7500 m ³	Cantera
	Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera
	Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	2000 m ³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2000 m ³	Cantera
	Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		2000 m ³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2000 m ³	Cantera
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	D 5821		2000 m ³	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	D 4791		2000 m ³	Cantera
	Pérdida en Sulfato de Sodio / Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2000 m ³	Cantera
	Densidad – Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	750 m ³	Pista
Compactación	MTC E 117	D 1556	T 191	250 m ²	Pista	

FUENTE: M.T.C.

4.3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS CANTERAS

El análisis de las características geológicas de los suelos en la zona de estudio es realizado en la fase de los ensayos de mecánica de suelos de las muestras alteradas e inalteradas.

En el presente estudio se ha identificado las canteras de roca Km 40 + 800 (Material roca), Cantera Taparachi, cantera Itapalluni, cantera Km. 250 Cabanillas.

a). CANTERA DE KM 43+ 800 (Material roca).

➤ Ubicación.

Se ubica en el Km.43+800 margen derecho de la vía en construcción el material corresponde a roca volcánica andesita de la Grupo Tacaza de coloración gris parda, el cual se le dará uso como pedraplen, y un posible uso de relleno, y base granular.

Accesibilidad: En el margen derecho a unos 2Km. Aproximadamente de la vía en construcción.

- **Potencia:** Tiene una potencia estimada de 166,954 m³.
- **Usos:** Pedraplen, Relleno.
- **Rendimiento:** Tiene un rendimiento estimado de 90%.
- **Abrasión los ángeles:** El desgaste de la cantera roca es de 28%.



FIGURA 23. CANTERA DE KM 43+ 800 (Material roca)



FIGURA 24. ILUSTRACIÓN DE LA CANTERA DE KM 43+ 800 (Material roca)

El material de cantera 43+800 cumple con las especificaciones técnicas requeridas según (MTC E 207). El desgaste máximo de abrasión el ángel debe tener como máximo 60%. Ya que la cantera mencionada tiene un rendimiento de 72% y un desgaste de 28%, requerimiento según especificaciones técnicas para materiales que puedan emplearse como terraplén.

TABLA 36. REQUISITOS DE MATERIALES PARA TERRAPLEN

Requisitos de los materiales			
Condición	Partes del terraplén		
Condición	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máximo (cm)	15	10	7.5
% Máximo de fragmentos de roca	30	20	
Índice de plasticidad (%)	<11	<11	<10

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste de los Ángeles: 60% máx. (MTC E 207)

b). CANTERA TAPARACHI

- **Ubicación.** Km. 0+000
- **Accesibilidad:** Se ubica en el Km. 0+000 (inicio del proyecto). Lado derecho, a 4.0 Km.
- **Potencia:** Tiene una potencia estimada de 872 063 m³
- **Usos:** Relleno, Terraplén.
- **Rendimiento:** Tiene un rendimiento estimado de 85%.



FIGURA 25.ILUSTRACIÓN DE CANTERA TAPARACHI

c). CANTERA ITAPALLUNI

- **Ubicación.** Km. 47+100
- **Accesibilidad:** Km. 46+000 a la margen Izquierdo de la vía en construcción a 500 mts.
- **Potencia:** Tiene una potencia estimada de 650 063 m³
- **Usos:** pedraplen. terraplén Cantera roca
- **Rendimiento:** Tiene un rendimiento estimado de 70%.
- **Desgaste** 22.9%



FIGURA 26.ILUSTRACIÓN DE CANTERA ITAPALLUNI

TABLA 37. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS C. ITAPALLUNI

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE CANTERAS	
CANTERA ITAPALLUNI	
C.B.R. al 100% de la MDS	85
C.B.R. al 95% de la MDS	79
Proctor modificado	
Máxima Densidad Seca (MDS)	1.91
Humedad Óptima %	11.2
Humedad Natural %	12.7
Límites de Consistencias	
Límite Líquido	39.1
Límite Plástico	28.83
Índice de Plasticidad	9.89
Granulometría	
% pasa la malla N° 4	20.5
% pasa la malla N° 10	13.8
% pasa la malla N° 40	9.45
% pasa la malla N° 200	8.5
Clasificación AASHTO	A-2-6(0)
Clasificación SUCCS	GP
Peso Especifico Aparente	2.42
Abrasión	30.7
Uso Propuesto	relleno

La cantera itapalluni se propone como materia para el uso en relleno en corona de terraplén ya que según sus especificaciones técnicas según MTC. Cumplen con lo requerido según (MTC E 207) índice de plasticidad de <10 a $<11\%$ de índice de plasticidad. Según su clasificación AASHTO A-2-6 y según SUCCS (GP) el cual nos indica a una graba pobremente gradada.

El tipo de material requerido según MTC E 207, requiere los siguientes tipos de materiales a emplearse en pista son las siguientes:

Tipo de Material: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3.

d). CANTERA VILQUE.

La cantera Vilque se toma como material de sub base el material previamente separado ya que el tamaño de agregados grueso supera los $31/2"$.

➤ **Ubicación.** Km. 37+000 Distrito de Vilque margen izquierdo de la Carretera Vilque Mañazo.

- **Accesibilidad:** margen Derecho de la vía en construcción a 15Km de La Carretera Juliaca puno
- **Potencia:** Tiene una potencia estimada de 450 203 m³
- **Usos:** sub base Material zarandeado en 2x3”.
- **Rendimiento:** Tiene un rendimiento estimado de 100%.

A continuación, mostraremos los resultados de ensayos realizado de la cantera vilque en el siguiente Tabla N° 38.

TABLA 38.CARACTERISTICAS GEOTECNICAS C. VILQUE

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE CANTERAS	
CANTERA VILQUE	
C.B.R. al 100% de la MDS	100
C.B.R. al 95% de la MDS	96
Proctor modificado	
Máxima Densidad Seca (MDS)	2.04
Humedad Óptima %	8.3
Humedad Natural %	10.85
Límites de Consistencias	
Límite Líquido	23.5
Límite Plástico	20.6
Índice de Plasticidad	3.1
Granulometría	
% pasa la malla N° 4	37.35
% pasa la malla N° 10	28.32
% pasa la malla N° 40	14.3
% pasa la malla N° 200	5.66
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)
Clasificación SUCCS	GW
Peso Especifico Aparente	2.54
Abrasión	21.4
Sales Solubles	0.52%
Equivalente de Arena	36%
Uso Propuesto	sub base

Como se puede observar en el cuadro de resultados de ensayo en laboratorio la granulometría de la presente cantera cumple con las especificaciones técnicas de sub base granular para ello se toma en cuenta como referente la gradación A de especificaciones MTC. Que mostramos en el cuadro siguiente:

TABLA 39. REQUERIMIENTO GRANULOMETRICO PARA SUB BASE

Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular				
Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. (3/ 8 ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

FUENTE: ASTM D 1241.

TABLA 40. REQUERIMIENTO PARA ENSAYOS ESPECIALES

Requerimientos de Ensayos Especiales					
Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				<3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	--	--	1% máx.	1% máx.

e). CANTERA Km.250+000

- **Ubicación:** Km. 250+000 Taya taya Distrito de Cabanillas
- **Accesibilidad:** Acceso a Sillustani Km. 20+320 margen Derecho de la vía en construcción
- **Potencia:** Tiene una potencia estimada de 276,917 m³
- **Usos:** sub base (70%), base (100%), concreto (100%), asfalto (100%).
- **Rendimiento:** Tiene un rendimiento estimado de 50%.

La cantera KM.250+000 se propone emplear en base en pista ya que cumple con las especificaciones técnicas correspondientes.

TABLA 41. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS C. 250+000

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE CANTERAS			
CANTERA KM 250		Granulometría	
C.B.R. al 100% de la MDS	100	% pasa la malla N° 4	39.45
C.B.R. al 95% de la MDS	98	% pasa la malla N° 10	28.5
Proctor modificado		% pasa la malla N° 40	13.27
Máxima Densidad Seca (MDS)	2.16	% pasa la malla N° 200	5.45
Humedad Óptima %	7.75	Clasificación AASHTO	A-1-a(0)
Humedad Natural %	11.6	Clasificación SUCCS	GW
Límites de Consistencias		Peso Específico Aparente	2.6
		Abrasión	20
Límite Líquido	20.3	Sales solubles totales	0.48
Límite Plástico	19.2	Durabilidad al sulfato de magnesio	11%
Índice de Plasticidad	1.01	Equivalente de Arena	38%
Uso Propuesto		Material granular para base	

TABLA 42. REQUERIMIENTO GRANULOMETRICO PARA BASE GRANULAR

Requerimientos Granulométricos para base Granular				
Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. (3/ 8 ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

TABLA 43. REQUERIMIENTO DE ENSAYOS ESPECIALES

Requerimientos de Ensayos Especiales					
Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				<3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	.-	.-	1% máx.	1% máx.

- Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1”(2.5 mm)

TABLA 44. UBICACION DE CANTERAS

UBICACIÓN DE CANTERAS				
CÓDIGO	C-1	C-2	C-3	C-4
CANTERA	CANTERA DE KM 40 + 800	CANTERA VILQUE	CANTERA ITAPALLUNI	CANTERA 250+00 cabanillas
UBICACIÓN	Km 6+590 del camino vecinal en estudio	DISTRITO DE VILQUE	Km. 46+000 a la	Acceso a Sillustani Km. 20+320
ACCESO	Margen Izquierdo de la Vía en construcción	Carretera Vilque - Mañazo Margen izquierdo a 800 mts. Aprox.	Margen Izquierdo de la vía en construcción a 500 mts.	Margen Derecho de la vía en construcción
RENDIMIENTO (%)	80.00%	100.00%	70%	100%
EMPLEO (%)	100%	Base	Material relleno	sub base(70%), base(100%), concreto(100%) , asfalto(100%)
USO	Material Roca Pedraplen	Material Granular	Material Ligante	Material Granular

4.3.5. DESCRIPCIÓN GEOMECÁNICA Y GEOTÉCNICA DE CANTERAS:

La descripción geomecánica y geotécnica se describirán las muestras tomadas se describen en el siguiente cuadro:

4.3.5.1. EMPLEO EN BASE GRANULAR.

Los resultados de canteras que se tuvo a bien realizar los ensayos respectivos siempre tomando en cuenta las especificaciones técnicas del MTC. Los cuales mostramos a continuación en los siguientes cuadros los cuales nos muestran el resumen de ensayos de cantera.

TABLA 45. RESULTADOS DEL ENSAYO DE LABORATORIO CANTERA 250+000

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS															
LUGAR DE MUESTRO	UBICACIÓN	ELEMENTO Y/O DESCRIPCIÓN	HUMEDAD NATURAL %	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO											
				3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1"	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#100	#200
CANTERA	250+000 CABANILLAS	BASE	5.54	100.00	100.00	100.00	100.00	97.90	88.60	60.10	41.70	26.90	10.80	6.00	4.80

TABLA 46. RESULTADOS DEL ENSAYO DE LABORATORIO CANTERA 250+000
LÍMITES DE CONSISTENCIA

CUADRO RESUMEN		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD
15.67	NP	NP

• ENSAYOS ESPECIALES Y CLASIFICACION

TABLA 47.RESULTADOS DEL ENSAYO DE LABORATORIO CANTERA 250+000

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS												
PROCTOR MODIFICADO		PESO ESPECIFICO (gr/cm3)	ABSORCION (%)	EQUIVALENTE DE ARENA	PORCENTAJE DE APLANAMIENTO O Y ALARGAMIENTO	% CON UNA CARA FRACTURADA	% DE DOS A MAS CARAS FRACTURADAS	CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO	ABRASION (%)	CLASIFICACION		
DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)									SUCS	AASHTO	INDICE
2.119	8.33	2.54	3.55	45.304	7.96	83.50	65.47	1.79	21.90	GW	A-1-a	(0)

4.3.6. MEJORAMIENTO DE TRAMOS INESTABLES.

En base a los criterios antes mencionados y las características de los suelos de terreno de fundación tenemos a bien de determinar los tramos que necesariamente requieren un tratamiento con material de roca para poder estabilizar mejor el suelo ya que estos tramos no cumplen con las condiciones mínimas para proporcionar la estabilidad y resistencia a las exigencias del tráfico impuestas a esta plataforma.

4.3.7. ANÁLISIS DEL SUELOS EN EL TRAMO DE ESTUDIO

4.3.7.1. COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO.

En las zonas más altas se distinguen claramente se caracteriza por un ciclo térmico típico para alcanzar temperaturas desde 10°C bajo cero en horas de la noche, hasta 17 °C en el medio día. En la estación de lluvias se registran precipitaciones de 400 a 700 mm. En los meses de mayor incidencia de noviembre a abril, la precipitación media anual está entre los 1000 a 1500 mm.

4.3.7.2. ANALISIS GEOTÉCNICO.

La meseta del altiplano en su mayor parte por suelos de origen aluvial, glaciar conformados por limos, arcillas y arenas. Los suelos confortantes en la zona de estudio en ejecución son suelo limo arcilloso, que son altamente susceptibles al

efecto del congelamiento, por la presencia del nivel freático en un promedio de 0.50mts. de profundidad.

4.3.9. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL SUELO.

En lo largo de la vía de ejecución de la Autopista Puno – Juliaca podemos tener el problema de congelamiento el cual perjudica drásticamente al momento de movimiento de tierras a lo largo del extendido del material, se debe tener mucho cuidado en la ejecución de obras viales. Para ello se tiene las siguientes observaciones:

- Debemos controlar la humedad natural del material extendido antes de su compactación.
- durante el tratamiento de compactación se debe de evitar la segregación de material para ello debemos tener mucho cuidado en el momento de movimiento de tierras.
- Hacer ensayos de equivalente de arena para evitar la contaminación del agregado que se vaya a emplear en pista.

CONCLUSIONES

- ✓ En el presente estudio se logró identificar la geología de terreno en estudio gracias a un paciente trabajo de campo del tramo en estudio, las cuales fueron identificados como depósitos aluviales (Q-al), depósitos palustres resientes constituidos por areniscas, limos y arcillas. las formaciones geológicas que se identificaron en el área en estudio como la formación Ayavacas(Kis-Ay), formación Huancane(Ki-Vi), Grupo Puno(P-Pu), Grupo Tacaza y los domos Andesíticos que afloran en los tramos del proyecto en estudio.
- ✓ El estudio de suelos en el terreno de fundación se logró clasificar los diferentes tipos de suelos con los ensayos de laboratorio que se practicaron en laboratorio. De esta manera se pudo identificar suelos con diferentes comportamientos físicos como por ejemplo entre los tramos de Km. 25+470 al 26+000, podemos decir que estas corresponden a suelos arcillosos y grava limosa, identificados en la clasificación SUCS como CL, GM. Respectivamente y en la clasificación AASHTO como A-6 (8) y A-2-6(1), Esto debido al alto contenido de humedad del terreno de fundación que llega a 74% de humedad. Las progresivas: 26+000 al 28+700, los suelos de fundación de este sector corresponden a suelos de granos finos con intercalación de suelos granulares las cuales estas intercaladas de arcilla de altas plasticidades identificadas según la clasificación SUCS como CH y según la clasificación AASHTO como un A-7-6 (20). Estos suelos presentan humedad alta que fluctúan entre los 68.5% de humedad natural a 1.10mts de profundidad. La resistencia de estos suelos muy bajo llegando a registrar según el ensayo de C.B.R. hasta 2.9% al 95% de la Máxima Densidad Seca.
- ✓ Se logró determinar las características físicas del material de las distintas canteras que tuvimos a bien mencionar en proyecto de investigación como la cantera KM 43 + 800 (Material roca), cantera Vilque, cantera y la Itapalluni, las mismas se propone emplear en los diferentes tramos para su estabilización y tratamiento de suelos en la construcción de la vía en construcción de la Autopista Puno – Juliaca.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar los ensayos de capacidad portante de los estratos ya que la vía en ejecución es de alto tránsito vehicular.
- Recomendamos hacer un control frecuente en materiales de canteras que se vaya a utilizar para la estabilización de los tramos a mejorar.
- Recomendamos realizar un periódico control de densidades en pista en suelos esto con la finalidad de alcanzar de manera óptima la compactación.
- Se recomienda llevar a cabo una estimación de cálculo de reservas de materiales de canteras.

REFERENCIAS

- ✓ BOWLES (2014) J.E. Manual de Laboratorio de Suelos en ingeniería civil editorial itaigrad S.A. Bogotá
- ✓ DIUNC (2003) – Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, “Explotación de cantera, una alternativa económica y ambiental en zonas urbanas”. Colombia.
- ✓ GONZALES DE VALLEJO L. (2000) “Ingeniería Geológica”. Pearson Educación. Madrid España.
- ✓ HENRRI CAMBEFORT.- Geotecnia del Ingeniero – Reconocimiento de Suelos.
- ✓ HERRERA A.R. (1996) “Diseño de explotación de canteras”. Editorial Madrid
- ✓ HUANCA A.R. (1996) “Mecánica de suelos”. Editores - HB, segunda edición: Lima – Perú.
- ✓ IMC (2004) – Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C., muestreo de agregados.
- ✓ INGEMMET (1991) “Estudio Integrado del Sur”. Boletín N° 42, Lima – Perú.
- ✓ INGEMMET (2002) “Instituto, Geológico, Minero, Metalúrgico” Boletín N° 55 Geología del Perú S.A.
- ✓ JUAREZ Badillo, Eulalio; (1996), “Mecánica de Suelos: Tomo I, II y III”, Editorial Limusa, México.
- ✓ KRENINE D.P. JUDD W.R. (1992). Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros Omega S.A.
- ✓ LAHEE F.H. (1979) “Geología aplicada”. Quinta edición OMEGA S.A. Barcelona – España.
- ✓ MERITANO J. (1979), “Geología Para Estudiantes de Ingeniería”. Edición Diana. México.
- ✓ RIVERA M. H. (2005), “Geología General”. Segunda edición. Lima – Perú.
- ✓ MENÉNDEZ J.R. Año 2003, Oficina Internacional del Trabajo. Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario con Microempresas. Lima-Perú.
- ✓ MTC, (2009) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima Perú.

- ✓ MTC. (2000) “Ministerio de Transportes y Comunicaciones Norma Especificaciones Generales. EG 2000. Lima Perú.”
- ✓ MTC (2016) “Manual de ensayos des Ministerio de Transportes y Comunicaciones”.

ANEXO 01
ENSAYOS

ANEXO 02
PLANOS