

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CARRETERA CALACOTA -
SANTA ROSA DE HUAYLLATA TRAMO 6+000 AL 14+000,
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

LIDIA LUZ ATENCIO HUANACUNI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO - PERÚ

2019

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

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CARRETERA CALACOTA – SANTA ROSA DE HUAYLLATA TRAMO 6+000 AL 14+000, DISTRITO DE ILAVE – EL COLLAO – PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

LIDIA LUZ ATENCIO HUANACUNI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE

:

.....
 M. Sc. LEONEL PALOMINO ASCENCIO

PRIMER MIEMBRO:

.....
 M. Sc. GERMAN RAFAEL ESPINOZA RIVAS

SEGUNDO MIEMBRO

:

.....
 Ing. LUIS ALBERTO MAYDANA VILCA

DIRECTOR / ASESOR

:

.....
 M. Sc. GEORGES FLORENCIO LLERENA PEREDO

ÁREA : Ingeniería geotécnica

TEMA: Geotecnia de carreteras

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 DE SEPTIEMBRE DE 2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de Tesis dedico con todo cariño a mis padres Simon Atencio y Hilda Huanacuni, por el sacrificio para cumplir con su deber sublime de educar a sus hijos.

A mis hermanos: Wilson, Elmer, William y a mis sobrinos; a ellos por haberme brindado la confianza, comprensión y por estar siempre a mi lado en todo momento, es sin duda mi referencia como muestra de mi eterno agradecimiento y aprecio por todo el apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

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

- Mi agradecimiento a mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y todos los docentes por haberme impartido buenas y sabias enseñanzas, de la misma manera a mis compañeros, amigos y a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron de alguna manera este trabajo pudiera ser realizado.

- A la Gerencia de Infraestructura del Gobierno Regional de Puno por darme la oportunidad de elaborar esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	XIII
RESUMEN	XV
ABSTRACT.....	XVI

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACION	3
1.3. HIPÓTESIS.....	4
1.3.1. Hipótesis general.....	4
1.3.2. Hipótesis específico	5
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. METODOLOGIA DE INVESTIGACION.....	6

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES.....	9
2.2.	GEOLOGÍA.....	10
2.2.1.	Geomorfología Regional.....	10
2.2.2.	Estratigrafía Regional.....	10
2.2.2.1.	Mesozoico - Cretaceo.....	11
2.2.2.2.	Cenozoico – Paleogeno.....	11
2.3.	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	12
2.3.1.	Estudio de mecánica de suelos.....	12
2.3.2.	Clasificación de suelos.....	17
2.3.3.	Sistema de clasificación unificada de los suelos (SUCS).....	18
2.3.4.	Clasificación de la asociación americana de oficiales de carreteras estatales y transportes (AASHTO).....	20
2.3.4.1.	Proctor modificado (ASTM D-1557).....	21
2.3.4.2.	Relación de soporte de california “CBR”.....	22
2.3.4.2.1.	Determinación de la expansión.....	23
2.3.4.2.2.	Calculo del CBR.....	24
2.3.4.3.	Abrasión los ángeles.....	24
2.3.4.4.	Ensayo de durabilidad.....	26
2.3.4.5.	Partículas planas y alargadas.....	27
2.3.4.6.	Caras fracturadas en los agregados.....	29
2.3.4.7.	Equivalente de arena y agregados finos (ASTM D-2419).....	30
2.3.4.8.	Control de densidad de campo (Método cono de arena).....	31
2.4.	ESTUDIO DE CANTERAS.....	33

2.4.1.	Etapa de reconocimiento del terreno	33
2.4.2.	Etapa de estudios preliminares	33
2.4.3.	Etapa de estudios definitivos.....	34
2.4.4.	Características geotécnicas de las canteras	35
2.4.4.1.	Ensayos estándar	36
2.5.	ETAPA DE CONSTRUCCION DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.....	38
2.5.1.	Etapa preliminar	38
2.5.2.	Etapa en proceso de construcción	38
2.5.3.	Pavimento terminado	39
2.6.	ANALISIS DEFORMACIONAL (Viga Benkelman)	39

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN	41
3.1.1.	Ubicación geográfica y política	41
3.1.2.	Accesos y distancia	43
3.2.	TRABAJO DE CAMPO	43
3.2.1.	Toma de muestras	43
3.2.1.1.	Límites de atterbergs	43
3.2.1.2.	Materiales para el análisis granulométrico por tamizado	45
3.2.1.3.	Materiales para el ensayo de próctor modificado.....	46
3.2.1.3.1.	Métodos de ensayos próctor modificado	47
3.2.1.4.	Ensayo de C.B.R.....	49
3.2.1.4.1.	Materiales para el ensayo de CBR.....	49
3.2.1.5.	brasión los ángeles.....	52
3.2.1.6.	Materiales para el ensayo de particulas planas y alargadas.....	53

3.2.1.7.	Materiales para el ensayo de caras fracturadas en los agregados.....	55
3.2.1.8.	Materiales para el ensayo de equivalente de arena y agregados finos.....	56
3.2.1.9.	Materiales para el ensayo de durabilidad	57
3.2.2.	Materiales para realizar el ensayo control de densidad de campo método cono de arena.....	59

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	CONDICIONES GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	60
4.1.1.	Geomorfología local.....	60
4.1.1.1.	Unidades geomorfológicos	60
4.1.2.	Estratigrafía Local	62
4.1.2.1.	Mesozoico - Cretáceo	62
4.1.2.2.	Cenozoico - Paleógeno	63
4.2.	CARACTERÍSTICAS FISICO MECANICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN DEL EJE DE LA CARRETERA	64
4.2.1.	Terreno de fundación	65
4.2.2.	Análisis de terreno de fundación.....	65
4.2.3.	Ensayos de mecanica de suelos.....	66
4.2.4.	Evaluación de terreno de fundación.....	82
4.2.5.	Capacidad portante de suelos con fines de cimentación calicata N° 03 (PONTON).....	102
4.2.6.	Mejoramiento de zonas inestables	106
4.2.7.	Análisis del suelo en el tramo	107
4.2.7.1.	Comportamiento climático	107
4.2.7.2.	Análisis geotécnico.....	107

4.2.8.	Propuestas de solución	107
4.3.	COMPORTAMIENTO GEOTECNICO QUE TIENE EL TERRENO PARA EL DISEÑO DE TERRAPLEN.....	108
4.4.	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE CANTERAS	109
4.4.1.	Sub base granular	110
4.4.2.	Base granular.....	111
4.4.3.	Calidad de los materiales	114
4.4.4.	Descripción geotécnica de canteras	114
4.4.5.	Características físicas mecánicas de canteras	120
4.4.6.	Diseño de suelos para sub base granular.....	122
4.4.7.	Calidad de los materiales	123
4.4.8.	Medicion de deflexiones con la viga benkelman como parte del control de calidad de obra.....	123
	CONCLUSIONES	125
	RECOMENDACIONES.....	127
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	128
	ANEXOS	130

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Densidad de campo in situ.	32
Figura N° 2. Colocado de la Viga Benkelman.....	40
Figura N° 3. Materiales para el ensayo de CBR.	50
Figura N° 4. CBR.....	52
Figura N° 5. Se observa el contacto entre el Grupo Puno y la Formación Muñani.....	63
Figura N° 6. Columna estratigráfica local.	64
Figura N° 7. Muestreo de calicatas.	65
Figura N° 8. Comportamiento de humedad natural Km 6+000 al Km 8+500.	67
Figura N° 9. Comportamiento de humedad natural Km 8+750 al Km 14+000.	69
Figura N° 10. Ilustración del ensayo de granulometría.	70
Figura N° 11. Ensayo de límites de atterbergs.....	73
Figura N° 12. Muestro de calicatas.....	83
Figura N° 13. Registro de excavación de la calicata N°01.....	85
Figura N° 14. Registro de excavación de la calicata N°02.....	86
Figura N° 15. Registro de excavación de la calicata N°05.....	88
Figura N° 16. Registro de excavación de la calicata N°06.....	89
Figura N° 17. Registro de excavación de la calicata N°07.....	90
Figura N° 18. Registro de excavación de la calicata N°08.....	91
Figura N° 19. Registro de excavación de la calicata N°09.....	92
Figura N° 20. Registro de excavación de la calicata N°10.....	93
Figura N° 21. Determinación de capacidad portante por el método MEYERHOF.....	106
Figura N° 22. Cantera Argulluni (Material roca).	116

Figura N° 23. Cantera Huanuni (Material ligante).	118
Figura N° 24. Cantera Argulluni (Material ligante).	119
Figura N° 25. Cantera rio callata Paconcani (Agregado).	120

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Especificaciones para materiales empleados en construcción de carreteras.	13
Tabla 2: Granulometría para sub rasante.	15
Tabla 3: Granulometría para afirmado.	15
Tabla 4: Granulometria para sub base y base.....	16
Tabla 5: Clasificación SUCS.	18
Tabla 6: Tipología de suelos.	19
Tabla 7: Características de suelos según SUCS.	20
Tabla 8: Clasificación de suelos AASHTO.	21
Tabla 9: Ensayo de compactación modificado (CBR).	23
Tabla 10: Valores de carga unitaria patrón.	24
Tabla 11: Especificaciones para el ensayo de abrasión de los agregados.	25
Tabla 12: Especificaciones para el ensayo de abrasión para rocas.	26
Tabla 13: Agregados gruesos.	27
Tabla 14: Agregado fino.	27
Tabla 15: Cantidad de muestras requeridas por fraccion.	30
Tabla 16: Especificaciones geotécnicas.	35
Tabla 17: Especificaciones técnicas para construcción de obras viales.	35
Tabla 18: Especificaciones geotécnicas para canteras.	36
Tabla 19: Ubicación grografica de la carretera calacota - santa rosa de huayllata	42
Tabla 20: Ubicación política.	42
Tabla 21: Accesos y distancia.	43
Tabla 22: Resumen de calicatas humedad natural Km 6+250 al Km 8+500.	66

Tabla 23:	Resumen de calicatas humedad natural Km. 8+750 AL 14+000.	67
Tabla 24:	Resumen de calicatas analisis granulometrico Km 6+000 a 14+000.	70
Tabla 25:	Resumen de ensayo de límites de atterbergs KM 6+000 AL 14+000.	73
Tabla 26:	Resumen de la clasificación de suelos KM 6+000 AL 8+750.....	75
Tabla 27:	Resumen de la clasificación de suelos KM 9+000 AL 11+250.....	76
Tabla 28:	Resumen de la clasificación de suelos KM 11+500 AL 14+000.....	77
Tabla 29:	Resumen del ensayo de proctor modificado KM 6+250 AL 14+000.....	78
Tabla 30:	Resumen del ensayo de CBR KM 6+000 AL 14+000.....	80
Tabla 31:	Corficientes de carga.....	104
Tabla 32:	Granulometría para sub base granular.	111
Tabla 33:	Requerimiento de ensayos especiales.	111
Tabla 34:	Requerimientos granulometricos para base granular.	112
Tabla 35:	Requerimiento de agregado grueso.....	113
Tabla 36:	Requerimiento de agregado fino.....	113
Tabla 37:	Ensayos y frecuencias.	114
Tabla 38:	Explotación de canteras.	115
Tabla 39:	Descripcion de caliza.....	116
Tabla 40:	Requisitos de materiales para terraplén.	118
Tabla 41:	Resultados obtenidos en laboratorio de la cantera argulluni para pedraplenado.	121
Tabla 42:	Resultados obtenidos en laboratorio de la cantera huancuni material terraplen.	121
Tabla 43:	Resultados y especificaciones del ensayo en laboratorio de la cantera argulluni.	122

Tabla 44: Resultados y especificaciones del ensayo en laboratorio de la cantera rio callata paconcani.....	122
Tabla 45: Resumen del ensayo de laboratorio de la cantera callata paconcani + argulluni (sub base).....	123
Tabla 46: Resumen del ensayo de laboratorio de la cantera callata paconcani + argulluni (sub base).....	123

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- (MTC)** : Ministerio de Transportes y Comunicación.
- (SUCS)** : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
- (AASHTO)** : American Association of State Highway and Transportation Officials.
- (CBR)** : California Bearing Ratio o Relación de Soporte de California.
- (LL)** : Limite Líquido.
- (LP)** : Limite Plástico.
- (IP)** : Índice de Plasticidad.

UNIDADES DE MEDIDA

- (Km)** : Kilometro.
- (m)** : Metros.
- (T°)** : Temperatura.
- (%)** : Porcentaje.

ABREVIATURAS GEOLOGICOS

- (Kis-Ay)** : Formación Ayabaca.
- (Ks-mñ)** : Formación Muñani.
- (TPu)** : Grupo Puno.
- (Qh-bo)** : Bofedal.

(Qh-al) : Depósitos Aluviales.

(Qh-co) : Depósitos Coluvial.

RESUMEN

El presente estudio de Evaluación Geotécnica de la Carretera Calacota - Santa Rosa de Huayllata se encuentra ubicada en el Distrito de Ilave, Provincia El Collao, Departamento de Puno, enmarca dentro de la Política Sectorial de Infraestructura Vial del Gobierno Regional de Puno. El tramo en su totalidad comprende 22+720 km, sin embargo el presente proyecto abarca solo 8 km, iniciando en CP. Camicachi progresiva 6+000, hasta la progresiva 14+000 CP. De Callata Paconcani. Los estudios de evaluación geotécnica en el tramo de la carretera en su gran mayoría son sedimentarios, corresponden a suelos finos con intercalación de partículas medianas a gruesas, podemos observar entre las progresivas 6+000 al 8+500, son identificados en la clasificación SUCS como: OH, ML, CL, SP, SM, SC, SW, GC y en la clasificación AASHTO como: A-7, A-4, A-7, A-3, A-4, A-4, A-3, A-2-4, en este tramo presenta nivel freático entre 1.10m a 1.30m de profundidad del suelo existente, en las progresivas 8+500 al 14+000 son identificados según la clasificación SUCS como OH, GC, CL, ML, SM, SP, SW, y según la clasificación AASHTO como A-7, A-2-4(0), A-7, A-4, A-4, A-3, la capacidad de valor relativo de soporte (CBR) del Suelo de fundación clasifican de mala a inadecuado 4% a 6% al 95% de la máxima densidad seca, por lo cual dichos suelos requieren mejoramiento como terreno de fundación. (Ver anexo 1). Se tiene el estudio de canteras utilizadas para el proceso constructivo de la carretera, así mejorar las características físico mecánicas de terraplén, son 3 canteras. La cantera Huancuni y Argulluni como material de relleno y de mezcla, cumple con las exigencias de calidad de acuerdo a las especificaciones técnicas y la cantera Argulluni (Material roca), y para el diseño de suelos para la conformación de sub base granular, se realizaron las siguientes canteras ligante Argulluni (60%) y agregado del río Callata Paconcani (40%). El control final de calidad de la estructura, se complementó con el ensayo no destructivo utilizando el equipo de Viga Benkelman.

Palabras claves: Calicata, Evaluación, Geología, Geotecnia, Suelos.

ABSTRACT

The present study of Geotechnical evaluation of the highway Calacota - Santa Rosa of Huayllata is located in the District of Ilave, El Collao Province, Department of Puno, and is part of the Road Infrastructure Sector Policy of the Regional Government of Puno. The entire section comprises 22 + 720 km, however the present project covers only 8 km, starting in CP. Progressive Camicachi 6 + 000, to the progressive 14 + 000 CP. From Callata Paconcani. The studies of geotechnical evaluation in the stretch of the road are mostly sedimentation and correspond to fine soils with intercalation of medium to coarse particles, we can observe between the progressive 6 + 000 to 8 + 500, are identified in the SUCS classification as : OH, ML, CL, SP, SM, SC, SW, GC and in the AASHTO classification as: A-7, A-4, A-7, A-3, A-4, A-4, A-3 , A-2-4, in this section presents groundwater level between 1.10m to 1.30m of existing soil depth, in the progressive 8 + 500 to 14 + 000 are identified according to the SUCS classification as OH, GC, CL, ML, SM , SP, SW, and according to the AASHTO classification as A-7, A-2-4 (0), A-7, A-4, A-4, A-3, the relative value support capacity (CBR) of the foundation soil classify from bad to inadequate 4% to 6% to 95% of the maximum dry density, for which said soils require improvement as ground of foundation (see annex 01). There is a study of quarries used for the construction process of the road, in order to improve the mechanical physical characteristics of embankment, there are 3 quarries. The Huancuni and Argulluni quarry as filling and mixing material, meets the quality requirements according to the technical specifications and the Argulluni quarry (rock material), and for the design of soils for the formation of granular sub-bases, the following Argulluni binder quarries (60%) and the Callata Paconcani river aggregate (40%). The final quality control of the structure was complemented with the nondestructive test using the Benkelman beam equipment.

Keywords: Pit, Evaluation, Geology, Geotechnics, Soils

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El estudio de investigación geotécnica corresponde al proyecto de construcción de la carretera Calacota – Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000, Distrito de Ilave – El Collao – Puno. En el cual se ha desarrollado en la institución de Gobierno Regional Puno (Gerencia Regional de Infraestructura), el área de estudio tiene una altitud alrededor de 3842 m.s.n.m. Está ubicado en la península de Distrito de Ilave, entre las localidades de Calacota y Santa Rosa de Huayllata, Provincia de el Collao, Departamento de Puno.

El presente estudio de investigación, se desarrolla previamente a una evaluación de la vía existente, con los resultados del estudio geotécnico (Suelo de fundación, de las canteras que aprovisionaran material para la construcción del terraplén), hidrológico, de tránsito y el levantamiento topográfico, el mejoramiento de la vía a nivel de pavimentación, controlando de manera permanente con la prueba de Viga Benkelman y así detectar deflexiones altas en la conformación de la estructura de la carretera.

El acceso desde la Capital del Departamento es por la carretera asfaltada, Puno-Ilave 53 kilómetros. Para luego proseguir por la carretera asfaltada Ilave – Calacota 10

kilómetros hasta llegar a la obra. 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.

El diseño de la carretera considera lo siguiente, pruebas de laboratorio, pruebas de campo, comportamiento de pavimento existente, modificaciones semi-empíricas de ecuaciones que reflejan el efecto de estos estudios en las exigencias del comportamiento óptimo del pavimento, lo cual estará en función del Suelo de fundación donde se desarrolla la carretera.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La demanda de transporte en sector rural de nuestro país existe un desarrollo limitado debido esencialmente al estado de abandono de las vías de comunicación y de manera específica las carreteras vecinales, situación que impide un intercambio económico, social y cultural entre el sector rural y la población urbana, siendo las carreteras vecinales ejes de desarrollo.

Es importante considerar la variedad de investigaciones a desarrollar los estudios geológicos y geotécnicos para realizar obras ingenieriles, usando métodos directos e indirectos para poder establecer nuevos modelos geológicos y geotécnicos que son aplicados durante la etapa del proceso constructivo de la carretera.

El problema que enfrenta el presente estudio de investigación se encuentra en insuficiente el alcance y contenido de los procedimientos que se aplican actualmente para el estudio de los Suelos de fundación y terraplenes para la construcción de carreteras ya

que los mismos no son diferenciados geotécnicamente, que en muchos casos pueden producir soluciones incorrectas como gastos excesivos y la seguridad vial durante el trabajo.

En la actualidad se está llevando el uso de los ensayos no destructivos, que consiste en la evaluación estructural del pavimento, mediante la deflexión conocida como Viga Benkelman.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, se plantea las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las condiciones geológicas del área de estudio donde se emplazara la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000.?

¿Cuáles son las características físico mecánico del terreno de fundación del eje de la carretera, Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000.?

¿Qué comportamiento geotécnico tiene el terreno para el diseño de terraplén y pavimento de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000.?

¿Qué propiedades físico mecánicas tienen los materiales de cantera para la construcción de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000.?

1.2. JUSTIFICACION

La investigación permitirá obtener relevante información acerca de las características geológicas, físicas y mecánicas del suelo de fundación, donde se situará la carretera en evaluación; mediante la ejecución de estudios y ensayos de Laboratorio para poder determinar la viabilidad del proyecto, para que el proyecto sea económicamente sostenible, y que no presente fallas estructurales durante el tiempo de uso al que fue diseñado.

El estudio propondrá información esencial para casos posteriores en los cuales, se presenta las características de los geo materiales, además de aportar un valor agregado sobre los métodos de análisis en nuevos proyectos.

Además determinar las características de los suelos, según los resultados de las pruebas de laboratorio in-situ, asimismo de la descripción de los perfiles estratigráficos, para luego estos resultados utilizar en el diseño final del pavimento, para distribuir correctamente al suelo de fundación las cargas al que estará sometido, así evitar que generen asentamientos y la desestabilidad de la carretera. El presente estudio proporcionará dos aportes de carácter metodológico.

El primer aporte corresponde, al método analítico, aproximado y simplificado, que se desarrollará para realizar el análisis del comportamiento geotécnico del área donde se situará la obra, para luego proponer un diseño adecuado del pavimento.

El segundo aporte corresponde, al método de investigación experimental y descriptiva que se aplicará en el desarrollo del presente trabajo, el cual puede ser utilizado en otras investigaciones similares.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

Las características geotécnicas del terreno de fundación son favorables, para la construcción de la carretera, Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000, Distrito de Ilave – El Collao – Puno.

1.3.2. Hipótesis específico

- Es posible identificar las condiciones geológicas de la zona de estudio donde se emplazara la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata.
- Es posible determinar las características físico mecánico del terreno de fundación del eje de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata.
- Es probable determinar el comportamiento geotécnico que tiene el terreno para el diseño del terraplén y pavimento, de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata.
- Determinar las propiedades físico – mecánicas que tienen los materiales de cantera, será posible obtener el material adecuado para la construcción de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las características geotécnicas para la construcción de la carretera Calacota - Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000, Distrito de Ilave – El Collao – Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las condiciones geológicas del área de estudio donde se emplazara la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000.
- Determinar las características físico mecánico del terreno de fundación del eje de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000.

- Evaluar el comportamiento geotécnico que tiene el terreno para el diseño de terraplén y pavimentos de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000.
- Evaluar las propiedades físicas mecánicas de los materiales de canteras para la construcción de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000.

1.5. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

La investigación será de tipo experimental y descriptivo, realizada mediante la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa, para su posterior análisis e interpretación y diseño del proyecto. Carretera Calacota - Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000, Distrito de Ilave – El Collao – Puno.

El estudio de investigación se realizará en etapas, de acuerdo al orden de importancia:

- Se sistematizará la información relevante sobre la construcción de la carretera, como obra de Ingeniería, tales como el diseño de pavimento de acuerdo a las condiciones geotécnicas del terreno.
- Se estudiará el comportamiento de los suelos para la determinación de las condiciones geotécnicas, identificación de las posibles deformaciones en el pavimento como consecuencia de un mal estudio geotécnico.

Etapas de gabinete I

Etapas de recopilación, y evaluación de información bibliográfica; revisión de topografía existente y relacionada con el estudio geotécnico, como son:

- Información geotécnica, para el estudio del proyecto.
- Planos existentes de la zona de investigación, Regional y Local.
- Preparación instrumental de laboratorio, y de campo de mecánica de suelos.

Etapas de campo I

- La etapa de investigación y visita técnica del área de Estudio del Proyecto, con la finalidad de realizar un reconocimiento global de las áreas de influencia según Plano existente.
- Mapeo geológico superficial, de los afloramientos y de las unidades litológicas en la localización de la carretera.

Etapas de campo II

La fase de la investigación de campo consistirá en él; mapeo geológico, excavaciones de calicatas. Se realizan ensayos in- situ y toma de muestras para el análisis de laboratorio.

Se realizaran los siguientes trabajos:

- Reconocimiento del campo a lo largo del eje de carretera, para la ubicación de calicatas, para la ejecución y muestreo de suelos.
- Excavación de calicatas en los márgenes de carretera.
- Toma de muestras de las calicatas preparadas y envío de muestras al laboratorio para los ensayos respectivos de acuerdo a las especificaciones técnicas EG-2013.

Etapas de gabinete II

Con la información obtenida en campo y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos, durante el proceso de investigación, se realizara el análisis de los resultados y cálculos de diseño, para la ejecución de la carretera Calacota - Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000, Distrito de Ilave – El Collao – Puno.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

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

- Quispe (2016) evaluación Geológica - Geotécnica para el proceso constructivo de la Avenida Jallihuaya – Puno
- Pomacosi (2016) evaluación geotécnica de la carretera emp. 3s (Puno) – Vilque – Mañazo – emp. 34a (Huataquita).
- Gobierno Regional Puno (2014) estudio geológico y geotécnico de la obra: “Mejoramiento de la Infraestructura Vial del Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas – Distritos Capachica, Chucuito, Plateria, Acora e Ilave”, Tramo III Jayu Jayu – Calacota.

2.2. GEOLOGÍA

2.2.1. Geomorfología Regional

La geomorfología Regional de la zona de estudio se tiene dos Unidades denominados Cordillera Oriental y Occidental, en general esta zona se encuentra entre los 3810 m.s.n.m. a 4080 m.s.n.m.

El flanco de la cordillera occidental y la cordillera oriental, se puede diferenciar las siguientes sub unidades geomorfológicas, zonas montañas moderadamente formadas, valles bajas suaves de laderas desarrolladas sobre suelos de naturaleza sedimentaria.

La cordillera Oriental es una alineación montañosa que constituye el ramal Oriental de la Cordillera de los Andes en el Perú. En la que atraviesa todo el País, desde la frontera Ecuatoriana, al norte, hasta la frontera Boliviana al Sur. Tiene una longitud aproximada de 1800km 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 se prolonga hasta el País de Bolivia.

2.2.2. Estratigrafía Regional

Regionalmente presentan afloramientos de rocas sedimentarias y acumulación de materiales no consolidados del cuaternario holoceno.

2.2.2.1. Mesozoico - Cretaceo

a) Formación Ayabaca (Kis-ay)

La formación Ayabacas es denominado así por CABRERA Y PETERSEN (1936) que deriva de la localidad de Ayabacas, en la carretera Juliaca – Taraco. La formación presenta una secuencia de calizas. Son sedimentos de ambiente marino acumulados durante la transgresión en el cretáceo medio a superior. (INGEMMET)

Esta formación fue afectada por el tectonismo andino, por lo que estas se presentan distribuidas a manera de holistostromos.

b) Formación Muñani (Ks-mñ)

Este grupo fue descrito por primera vez por NEWELL (1949) y PALACIOS et. a, (1993) menciona que consiste en areniscas anaranjadas a marrón rojizo, friables de grano grueso a fino con estratificación cruzada.

2.2.2.2. Cenozoico – Paleógeno

a) Grupo Puno (Tpu)

Este grupo fueron descritas por Cabrera la Rosa y PETERSEN G. en 1936, en la región del altiplano, es conocido como las capas rojas, por su coloración están constituidas por areniscas de color rojo pardusco intercalados por gruesos niveles de conglomerados heterogéneos.

El conglomerado está formado por fragmentos de composición heterogénea, siendo los principales componentes areniscas cuarcíticas, arcosas de clastos angulosos y subredondeados de matriz y cemento arcósica.

(VER ANEXO N°7, Plano N°PG-05)

2.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO

El presente estudio geotécnico tiene el propósito de obtener parámetros geotécnicos de diseño las cuales incluyen la obtención de propiedades físicas, químicas y mecánicas, así como del suelo y la roca encontrada en la zona de estudio.

La geotecnia comprende la evaluación, diseño y construcción de obras donde se utilizan el suelo y/o roca y los materiales de cantera.

El investigador geotécnico TERZAGHI (1996) sostenía 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 mecánica de suelos

El estudio de suelos, comprende básicamente una investigación de campo a lo largo del prisma vial definido por el eje de la carretera del proyecto. Mediante la ejecución de prospecciones de exploración (Calicatas) se observaron las características del terreno de fundación, para luego adquirir muestras representativas y en cantidades suficientes para ser sometidas a ensayos de laboratorio.

Tabla 1: Especificaciones para materiales empleados en construcción de carreteras.

REQUERIMIENTO DE ENSAYO	AFIRMADO	SUB BASE GRANULAR		BASE GRANULAR			
		<3000msnm	>3000msnm	<3000msnm		>3000msnm	
				AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Límite líquido (%) ASTM D-4318	35% max	25% max	25% max				
Índice Plástico (%) ASTM D-4318	4 a 9	6% max	6% max		4% max		2% max
Abrasión (%)	50% max	50% max	50% max	40% max		40% min	
Equivalente de arena (%)	20% min	25% min	35% min		35% min		45% min
CBR al 100%	40% min	40% min	40% min				
Pérdida con SO ₄ Na ₂ (%)						12% max	
Pérdida con MgSO ₄ (%)						18% max	
Índice de durabilidad MTC E-214					35% min		35% min
Una cara fracturada (%)				80% min		80% min	
Dos caras fracturadas (%) ASTM D-5821				40% min		40% min	
Partículas chatas y alargadas ASTM D 4791		20% max	20% max			15% max	
Sales solubles totales (%) MTC-219		1% max	1% max	0.5% max	0.5% max	0.5% max	0.5% max

FUENTE: Especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras EG-2013 TMC.

a) Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio son pruebas realizadas para la determinación de las características geotécnicas del terreno, como parte de las técnicas de reconocimiento geotécnico.

Para determinar las propiedades geotécnicas de las muestras de suelos de fundación se han realizado de acuerdo a los procedimientos descritos en las normas de ensayos de materiales de MTC.

En el laboratorio de mecánica de suelos, se logra obtener los datos definitivos de las características del suelo, para el respectivo análisis y conclusión final (Browles, 1982) en esta etapa, primeramente al realizar las pruebas de clasificación de Suelos (métodos SUCS y AASHTO). Los ensayos que se deben realizar son los siguientes:

Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los suelos son de fundamental importancia en el estudio de la mecánica de suelos, pues mediante su atinada interpretación se puede predecir el comportamiento del suelo.

- **Contenido de humedad natural (ASTM D-2216)**

Esta propiedad física del Suelo es de gran utilidad en la construcción civil, y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los Suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen. El contenido de humedad de un Suelo es la relación de cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje. Se calcula con la siguiente expresión.

$$W = \frac{(P1 - P2)}{(P2 - P3)} * 100\%$$

Dónde:

W = Contenido de humedad en (%).

P1 = Peso de la tara más el suelo húmedo (gr)

P2 = Peso de la tara más el suelo seco en horno (gr).

P3 = Peso de la tara (gr).

- **Análisis granulométrico por tamizado (ASTM -421).**

El análisis granulométrico consiste en la separación de las partículas de suelo por rangos de tamaños, haciendo uso de mallas o tamices con aberturas cuadradas. Mediante procesos de agitado se lleva a cabo la separación de las partículas en porciones, las cuales

se pesan expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la muestra total y aunque se considera físicamente imposible determinar el tamaño exacto de cada partícula, la prueba de granulometría si permite agruparlas por rangos de tamaño. Universalmente se ha establecido la malla No. 200 (0,075mm) como medida divisoria en la clasificación de suelos; finos y gruesos.

La composición granulométrica se representa mediante la gráfica y numéricamente, la distinción de los diferentes tamaños de las partículas que componen el Suelo.

Ver tablas (2, 3, 4).

Tabla 2: Granulometría para sub rasante.

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)		
	A	B	C
3"	100		
1 1/2"		100	
1"			100
N° 4	30-70	30-70	40-80
N°200	0-15	0-15	0-5

FUENTE: Especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras EG-2013 MTC.

Tabla 3: Granulometría para afirmado.

MUETRA		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO	
TAMIZ	ABERTURA	A-1	A-2
2"	50 mm	100	
1 1/2	35,5 mm	100	
1"	25 mm	90-100	100
3/4"	19 mm	65-100	80-100
3/8"	9,5 mm	45-80	65-100
N° 4	4,75 mm	30-65	50-85
N° 10	2 mm	22-52	33-67
N° 40	0,425 mm	15-35	20-45
N° 200	0,075	5-20	5-20

FUENTE: Especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras EG-2013 MTC.

Tabla 4: Granulometría para sub base y base.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
Pulg.	Mm	A	B	C	D
2"	50.000	100	100		
1"	25.000		75-95	100	100
N° 3/8"	9.500	30-65	40-75	50-85	60-100
N° 4	4.750	25-55	30-60	25-65	50-85
N° 10	2.000	15-40	20-45	25-50	40-70
N° 40	0.425	8-20	15-30	15-30	25-45
N° 200	0.075	2-8	5-15	5-15	8-15

FUENTE: Especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras EG-2013 MTC.

La gradación "A" deberá emplearse en Zonas con altitud mayor o igual a 3000 m.s.n.m.

Límites de consistencia

Las pruebas de Atterberg tienen por objeto de determinar la plasticidad de la porción de material que pasa por el tamiz N° 40 y la porción retenida es descartada.

Las propiedades del suelo formado por partículas finamente divididas dependen en gran parte de la humedad, el agua forma una película alrededor de los granos y su espesor puede ser determinante de comportamientos diferentes del material, cuando el contenido de agua es muy elevado, el suelo no tiene resistencia al esfuerzo cortante, al aumentar su pérdida de agua aumenta su resistencia (Thomson, 2001).

El límite líquido y plástico nos dan una idea de que tan comprensible puede ser el suelo.

- Límite líquido (ASTM D-423) (LL)

El contenido de agua (expresado en % de peso seco) que debe tener un suelo remodelado para que una muestra del mismo, que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos se cierra sin resbalar en su apoyo.

- **Límite plástico (ASTM D-424) (LP)**

El límite plástico representa el contenido de agua que comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de aproximadamente 3.2 mm de diámetro, al rodarlo sobre una superficie no absorbente.

- **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 asentamientos de un suelo y su expansividad potencial.

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

IP = Índice de Plasticidad.

LL = Límite Líquido

LP = Límite Plástico

2.3.2. Clasificación de suelos

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y sub grupos basados en su comportamiento. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente. Éstos son el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

2.3.3. Sistema de clasificación unificada de los suelos (SUCS)

Este sistema fue propuesto por el profesor Arturo Casagrande, como una modificación y adaptación más general. Divide los suelos en dos grupos: “granulares y finos”

Tabla 5: Clasificación SUCS.

CLASIFICACION SUCS			
TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUB GRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido alto (>50)	M

FUENTE: MTC.

- a) **Clasificación de gravas y arenas:** El sistema unificado de clasificación de Suelos (SUCS), gravas y arenas están clasificadas de acuerdo al tamaño del grano y su distribución. Para el sistema unificado de clasificación de Suelos, las gravas pueden ser clasificados en gravas bien graduadas (GW), gravas mal graduadas (GP), gravas limosas (GM), o gravas arcillosas (GC), igualmente las arenas pueden ser clasificadas como arena bien graduada (SW), arena mal graduada (SP), arena limoso (SM), o arena arcillosa (SC). Gravass y arenas con una pequeña pero importante cantidad de finos (5% y 12%) puede tener una clasificación doble arena bien graduada – arena arcillosa (SW-SC).
- b) **Clasificación de limos y arcillas:** Este sistema considera los suelos divididos en tres grupos: limos inorgánicos (M), Arcilla inorgánica (C) y limos y arcillas orgánicas (O), cada uno de estos suelos se subdividen a su vez según su límite líquido en dos grupos, cuya frontera es $LL = 50\%$, si el límite líquido del suelo es menor de 50% se le añade el símbolo general la letra L (Baja compresibilidad),

si es mayor de 50% se añade la letra H (alta compresibilidad), obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

Tabla 6: Tipología de suelos.

TIPOLOGIA DE SUELOS			
SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GENERALES		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz N° 4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduada
GP			Pobrementemente 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			Pobrementemente 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 ORGANICOS		Baja plasticidad (LL<50%)
OH			Alta plasticidad (LL>50%)
pt	TURBA		Suelos altamente orgánicos

FUENTE: <http://sirio.ua.es>.

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.

Tabla 7: Características de suelos según SUCS.

CARACTERISTICAS 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	Excelente	Excelente	2.00 - 2.24	60 - 80
		GP	Bueno a excelente	Excelente	1.76 - 2.08	25 - 60
		GM	Bueno a excelente	Aceptable 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	Excelente	1.76 - 2.08	20 - 40
		SP	Aceptable a bueno	Excelente	1.60 - 1.92	10 - 25
		SM	Aceptable a bueno	Aceptable a mala	1.92 - 2.16	20 - 40
		SM	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
		OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28 - 1.68	3 - 5
SUELOS ORGÁNICOS		Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-

FUENTE: <http://sirio.ua.es>.

2.3.4. Clasificación de la asociación americana de oficiales de carreteras estatales y transportes (AASHTO)

El sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (Designacion ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema actualmente es usado en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, sub rasante, sub base y base de la carretera.

Tabla 8: Clasificación de suelos AASHTO.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO											
Clasif. General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0.08 mm)						Suelos Finos ($>35\%$ bajo 0.08 mm)				
Grupo	A - 1		A - 3	A - 3				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Sub Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5**
2 mm	≤ 50										
0.5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0.08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				≥ 36			
WI				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas Arenas Limosas y Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
	**A - 7 - 5: $IP \leq (w - 30)$						A - 7 - 6: $IP > (w - 30)$				
	$IG = (B/0.08 - 35)(0.2 + 0.005 (wl - 40)) + (B/0.08 - 15)(IP - 10) * 0.01$										
	*Para A - 2 - 6 y A - 2 - 7: $IG = (B/0.08 - 15)(IP - 10)*0.01$										

FUENTE: Universidad Nacional de Ingeniería, manual de laboratorio de suelos.

2.3.4.1. Próctor modificado (ASTM D-1557)

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación para determinar la relación entre el contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos, para determinar la curva de compactación.

Un suelo contenido de humedad determinado es colocado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 u 56 golpes con un pisón de 10 lbf (44.5 N) desde una altura 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56 000 pie-lbf/pie³ (2700 Kn-m/m³). Se determina el peso unitario seco resultante. Estos datos, cuando son ploteados, se determina la curva de compactación.

Expresión de resultados

Curva de compactación

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

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

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

$$W = \frac{wh}{ws} \times 100[\%]$$

$$\gamma_s = \frac{\gamma_w}{\frac{w}{100} + 1} \text{ [gr/cc]}$$

Donde:

W = Humedad (%)

Wh = Peso del agua (gr)

Ws = Peso de los sólidos (seco) (gr)

γ_s = Máxima densidad seca (gr/cc)

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

2.3.4.2. Relación de soporte de california “CBR”

El ensayo de CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1 u 0.2 de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia de corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado por lo que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para un suelo específico, determinado utilizando el ensayo de compactación estándar o modificada del experimento.

El comportamiento de los Suelos varía de acuerdo a su grado de alteración (inalterado o alterado) y a su granulometría y características físicas (granulares, finos y poco plásticos).

Tabla 9: Ensayo de compactación modificado (CBR).

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

FUENTE: ASTM D-1883.

2.3.4.2.1. Determinación de la expansión

Los especímenes son saturados por 96 horas, con una sobrecarga igual al peso del pavimento que se utilizará en el campo pero en ningún caso será menor que 4.50k. Es necesario durante este periodo tomar registros de expansión cada 24 horas y al final de la saturación tomar el porcentaje de expansión que es:

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

Las especificaciones establecen que los materiales de préstamo es para:

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

2.3.4.2.2. Calculo del CBR

Las lecturas tomadas, tanto de las penetraciones como la de las cargas, se representan gráficamente en un sistema de coordenadas según programa.

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

Para calcular el CBR se toma como material de comparación la roca triturada que sería el 100%.

La resistencia a la penetración que presenta a la hincada del pistón es la siguiente:

Tabla 10: Valores de carga unitaria patrón.

Medidas		Penetración		Carga Unitaria Patrón	
mm.	Pulg.	Mpa.	PSI	Kg./cm ² .	
2.5	0.1	6.9	1000	70	
5	0.2	0.3	1500	105	
7.5	0.3	13	1900	133	
10	0.4	16	2300	161	
12.7	0.5	18	2600	182	

FUENTE: ASTM D-4429, D-1883.

2.3.4.3. Abrasión los ángeles

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

Debido a las condiciones de esfuerzo deformación, la carga de la rueda es transmitida a la superficie del pavimento a través de la llanta como una presión vertical

aproximadamente uniforme y alta. La estructura del pavimento distribuye los esfuerzos de la carga, de una máxima intensidad en la superficie hasta una mínima en la sub rasante.

Por esta razón los agregados que están cerca a la superficie, como son los materiales de base y carpeta asfáltica, deben ser más resistentes que los agregados usados en las capas inferiores, sub base, de la estructura del pavimento, se debe a que las capas superficiales reciben mayores esfuerzos y el mayor desgaste por parte de las cargas de tránsito.

La cantidad de material y el número de esferas, dependen de la granulometría del agregado grueso.

En las tablas 11 y 12 se muestra el método a realizar, así como la cantidad de material, número de esferas, número de revoluciones y tiempo de rotación, para cada uno de ellos. La gradación que se use deberá ser representativa de la gradación original del material suministrado para la obra.

Tabla 11: Especificaciones para el ensayo de abrasión de los agregados.

Mallas		Peso total (gr)			
Pasante	Retenido	Métodos			
		A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 25	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N° 4			2500 ± 10	
N° 4	N° 8				5000 ± 10
Peso total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Número de esferas		12	11	8	6
Número de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo (min)		15	15	15	15

FUENTE: ASTM C-131.

Tabla 12: Especificaciones para el ensayo de abrasión para rocas.

Mallas		Peso total (gr)		
Pasante	Retenido	Métodos		
		1	2	3
3"	2 1/2"	2500 ± 50		
2 1/2"	2"	2500 ± 50		
2"	1 1/2"	2500 ± 50	5000 ± 50	
1 1/2"	1"		5000 ± 25	5000 ± 25
1"	3/4"			5000 ± 25
Peso total		10000 ± 100	10000 ± 100	10000 ± 100
Número de esferas		12	12	12
Número de revoluciones		1000	1000	1000
Tiempo (min)		30	30	30

FUENTE: ASTM C-535.

Cálculo

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

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

2.3.4.4. Ensayo de durabilidad

El porcentaje de pérdida de material en una mezcla de agregados durante el ensayo de durabilidad de los áridos sometidos al ataque con sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Este ensayo estima la resistencia del agregado al deterioro por acción de los agentes climáticos durante la vida útil de la obra. Puede aplicarse tanto en agregado grueso como fino.

El ensayo se realiza exponiendo una muestra de agregado a ciclos alternativos de baño de inmersión en una solución de sulfato de sodio o magnesio y secado en horno. Una inmersión y un secado se consideran un ciclo de durabilidad. Durante la fase de secado, las sales precipitan los vacíos del agregado (Ver tablas 13 y 14).

Tabla 13: Agregados gruesos.

Número de orden	Mallas		%	Peso retenido (gr)
	Pasante	Retenida		
I	2 1/2"	2 1/2"	100	5000 ± 300
	2 1/2"	2"	60	3000 ± 300
	2"	1 1/2"	40	2000 ± 200
II	1"	3/4"	100	1500 ± 50
	1 1/2"	1"	67	1000 ± 50
	1 1/2"	3/4"	33	500 ± 30
III	3/4"	3/8"	100	1000 ± 10
	3/4"	1/2"	67	670 ± 10
	1/2"	3/8"	33	330 ± 5
IV	3/8"	N° 4		300 ± 5
Tamices mayores obtenidas en incrementos de 1"				7000 ± 1000

FUENTE: ASTM C-88.

Tabla 14: Agregado fino.

Mallas		Peso requerido (gr)
Pasante	Retenido	
3/8"	N° 4	150
N° 4	N°8	150
N°8	N° 16	150
N° 16	N° 30	150
N° 30	N° 50	150

FUENTE: ASTM C-88.

2.3.4.5. Partículas planas y alargadas

Las partículas planas y alargadas son definidas respectivamente, como aquellas partículas cuya dimensión última es menor que 0.6 veces su dimensión promedio y aquellas que son mayores 1.8 veces la dimensión promedio. Para el propósito de esta prueba, la dimensión promedio se define como el tamaño medio entre las dos aberturas 1" a 3/4", 3/4" a 1/2", 1/2" a 3/8", etc. Los agregados son retenidos al ser tamizados.

Después de haber sido cribados por la malla de abertura cuadrada y de dos mallas respectivamente, las partículas planas y alargadas se separan usando como patrón los aparatos que se muestran, las partículas planas pueden ser separadas rápidamente pasándolas por cribas con ranuras, pero en este caso, se necesita un tipo de criba para cada

tamaño. El porcentaje por peso de las partículas planas y alargadas se le designa con el nombre de índice de aplanamiento e índice de alargamiento.

Cálculo

a) Índice de aplanamiento

$$P_{ii_{fi}}(\%) = \frac{P_i}{W_i} \times 100$$

Donde:

- $P_{ii_{fi}}$ = Índice de aplanamiento de la fracción i, ensayada. (%)
- P_i = Peso de las partículas que pasan por la ranura correspondiente. (Gr)
- W_i = Peso inicial de esa fracción. (Gr)

b) Índice de alargamiento

$$AL_{fi} = \frac{R_i}{W_i} \times 100$$

Donde:

- AL_{fi} = Índice de alargamiento de la fracción i, ensayada. (%)
- R_i = Peso de las partículas retenidas entre las correspondientes barras. (Gr)
- W_i = Peso inicial de esta fracción. (Gr)

Los índices se pueden expresar para cada fracción ensayada.

Además, los índices pueden ser expresados en función del total de la muestra, se calcula el promedio ponderado de los respectivos índices de todas las fracciones

ensayadas, empleando como factores de ponderación los porcentajes retenidos, R_i , e indicando la granulometría de la muestra.

Aplicar las siguientes expresiones:

$$\text{Indice de Aplanamiento} = \frac{\sum(P_{i f_i} \times R_i)}{\sum R_i}$$

$$\text{Indice de Alargamiento} = \frac{\sum(AL_{f_i} \times R_i)}{\sum R_i}$$

2.3.4.6. Caras fracturadas en los agregados

Las especificaciones técnicas contienen requisitos relacionados al porcentaje de agregado con caras fracturadas con el propósito de maximizar la resistencia al esfuerzo cortante con el incremento de la fricción entre las partículas. Otro propósito es dar estabilidad a los agregados empleados en pavimentación (MTC 2000).

Las partículas irregulares y angulares generalmente resisten el desplazamiento (movimiento) en el pavimento, debido a que se entrelazan al ser compactadas. El mejor entrelazamiento se da, generalmente, con partículas de bordes puntiagudos y de forma cúbica, producidas, casi siempre por trituración.

Cara fracturada es una cara angular, lisa o superficie fracturada de una partícula de agregado formada por trituración, a la vez una partícula de agregado es facturada si tiene el número mínimo de caras fracturadas especificadas (Ver la tabla 15).

Tabla 15: Cantidad de muestras requeridas por fracción.

Tamaño máximo nominal	Peso mínimo para ensayo (gr)
3/8"	200
1/2"	500
3/4"	1500
1"	3000
1 1/2"	7500
2"	15000
2 1/2"	30000
3"	60000
3 1/2"	90000

FUENTE: ASTM D-5821.

Cálculo

El porcentaje en peso del número de partículas con el número especificado de caras fracturadas, aproximado al uno ciento de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P = \left[\frac{F + Q/2}{F + Q + N} \right] \times 100$$

Donde:

P = Porcentaje de caras fracturadas. (%).

F = Peso de caras fracturadas. (Gr).

Q = Peso de partículas cuestionables. (Gr).

N = Peso de partículas no fracturadas. (Gr)

2.3.4.7. Equivalente de arena y agregados finos (ASTM D-2419)

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

agua causa daño al pavimento, es necesario saber la cantidad de finos que contienen los materiales que serán utilizados (MTC 2000).

Calculo

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

- SE = Equivalente de arena expresado en porcentaje. (%)

2.3.4.8. Control de densidad de campo (Método cono de arena)

Este ensayo proporciona un medio para comparar las densidades secas en obras en construcción, con los datos obtenidos 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 (Ver Figura 1).

Cálculos

- Se obtiene la diferencia de arena.

$D = \text{Peso inicial de la arena} - \text{peso final de arena.}$

- Se obtiene el volumen del sondeo.

$$V = \frac{\text{Diferencia D}}{\text{Peso Especifico de la arena}} \text{ (cc)}$$

- Se obtiene el peso volumétrico húmedo in situ.

$$PVH = \frac{\text{Peso humedo de la muestra extraida}}{\text{Volumen del sondeo "V"}} \left(\frac{\text{Gr}}{\text{cc}}\right)$$

- Se obtiene el grado de compactación en porcentaje.

$$PVS = \frac{PVH}{1 + \frac{W}{100}} \left(\frac{\text{Gr}}{\text{cc}}\right)$$

W = Humedad de la muestra extraída. (%)

- Se obtiene el grado de compactación en porcentaje.

$$\text{Compactación (\%)} = \left(\frac{PVS}{\gamma_{max}}\right) \times 100$$

γ máx. = Máxima densidad seca de laboratorio.



Figura N° 1. Densidad de campo in situ.

2.4. ESTUDIO DE CANTERAS

El estudio de canteras comprende la ubicación, investigación y comprobación física, mecánica y química de los materiales agregados inertes para las capas de Terraplén, Base Granular, concreto hidráulico y la mezcla asfáltica en caliente, según sus usos y aplicaciones, cumplen un rol significativo e importante en la calidad, durabilidad y economía de toda la obra.

En el estudio de canteras tenemos que confirmar la existencia de tales materiales, precisar las áreas que se van desarrollando en las siguientes etapas y planificar la forma y los medios que deberá utilizarse.

2.4.1. Etapa de reconocimiento del terreno

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

2.4.2. Etapa de estudios preliminares

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

2.4.3. Etapa de estudios definitivos

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

Explotación de canteras

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

Las actividades necesarias durante la explotación en una cantera son:

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

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

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

2.4.4. Características geotécnicas de las canteras

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

Tabla 16: Especificaciones geotécnicas.

ESPECIFICACIONES GEOTECNICAS			
ENSAYOS	ASTM	AASHTO	MTC
Contenido de humedad	0-2216		E-I08
Análisis granulométrico	0-422	T-88	E-204
Límite 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.

Tabla 17: Especificaciones técnicas para construcción de obras viales.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUCCION DE OBRAS VIALES						
	PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS	METODO DE ENSAYO	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	FRECUENCIA	LUGAR DE MUESTREO
ENSAYOS FRECUENTES	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 27	1 cada 750 m3	Cantera
	Límite 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 D 2922	T 191 T 238	1 cada 250 m3	Pista

FUENTE: MTC.

Tabla 18: Especificaciones geotécnicas para canteras.

ESPECIFICACIONES GEOTÉCNICAS PARA CANTERAS				
ENSAYO	USO	ASTM	AASHTO	PROPÓSITO
Análisis granulométrico	Clasificación	D422	T88	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Límite líquido	Clasificación	D4318	T89	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico.
Límite plástico	Clasificación	D4318	T90	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos 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.
Próctor modificado	Diseño de espesores	D1557	T180	Determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca del material.
CBR	D1883	D1557	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.

2.4.4.1. Ensayos estándar

a) Ensayos para terraplenes

- Humedad Natural MTC E 108
- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107.
- Límite Líquido de los suelos ASTM D-4318, MTC E 110.
- Límite Plástico e Índice de Plasticidad ASTM D-4318, MTC E 111.
- Determinación del Límite de Contracción, se encuentra alta Actividad de los finos MTC E 112.
- Gravedad Específica de los suelos, MTC E 113.
- Materia Orgánica en suelos, MTC E 118.

b) Ensayos para afirmado

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107.
- Límite Líquido Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E 110.

- Límite Plástico Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E 111.
- Clasificación SUCS ASTM D-2487.
- Clasificación de suelos AASHTO M-145, ASTM D-3282.
- Contenido Sales Solubles Totales, MTC 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.
- c) Ensayos para sub base y base**
- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107.
- 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 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.

2.5. ETAPA DE CONSTRUCCION DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento flexible es una estructura formada por varias capas como son la sub rasante, sub base, base y carpeta asfáltica, estas etapas constructivas del pavimento flexible van conforme a la conformación de las diferentes capas que la constituyen. Por lo tanto, se diferencian tres etapas generales: etapa preliminar, etapa en proceso de construcción, y pavimentos terminado (Gobierno de España, Ministerio de Fomento 2009).

2.5.1. Etapa preliminar

En todo proyecto de ingeniería se requiere conocer primeramente ciertas características del proyecto para obtener el diseño preliminar en el caso de proyectos de carreteras, caminos de lastre, parqueos o cualquier otro tipo de áreas en la que se desee construir algún tipo de pavimento, será necesario inicialmente conocer las propiedades de los materiales que se utilizaran en la obra.

Preliminarmente en todo diseño de una estructura de pavimento se requiere el conocimiento básico de las características y resistencias o capacidades soportantes del suelo donde se llevará a cabo la construcción de este pavimento, de manera que pueda resistir los esfuerzos y deformaciones para un tránsito previsto, que de otro modo deberán analizarse opciones de mejoramiento o estabilización que lo hagan resistente.

2.5.2. Etapa en proceso de construcción

En esta etapa constructiva que tiene tres categorías de acuerdo al tipo de pavimento. Camino de bajo tránsito (lastre, como capa de rodamiento), tratamiento superficial y carpeta de mezcla asfáltica.

Una vez que se conocen las propiedades y características del Suelo donde se realiza diseñar la estructura del pavimento, se procede a caracterizar y evaluar las propiedades de los materiales que conforman la Base y Sub-Base granular de modo que sea lo suficientemente resistente a las deformaciones provocadas por las cargas del tránsito.

2.5.3. Pavimento terminado

Un pavimento ya construido puede encontrarse recientemente o mucho tiempo de haberse abierto al tránsito, sin embargo, en ambos casos son menos los ensayos de verificación de los materiales y puedan llevarse a cabo, así mismo, es importante como parte del control de calidad estructural durante la ejecución de la obra, la medición de las deflexiones, que se efectúa a una frecuencia mucho mayor que los ensayos de materiales.

2.6. ANALISIS DEFORMACIONAL (Viga Benkelman)

Característica obtenida mediante la medición de las deflexiones con Viga Benkelman doble, que representa la recuperación elástica (deformación recuperable) medida sobre una vertical a la superficie del pavimento cuando deja de actuar la carga que la produce, normalizada como una rueda doble. Mide la suma de las deformaciones de todas las capas del pavimento.

La deflexión es un parámetro utilizado para verificar la capacidad estructural de un pavimento, la deflexión admisible puede ser calculada en alguno de las siguientes ecuaciones empíricas (Chang, 2001).

La llanta no solo generará esfuerzos verticales sino también esfuerzos horizontales, en una estructura típica de pavimento (superficie de rodado, Base, y Sub-

Base granular). Los esfuerzos horizontales se disipan a través de superficie del rodado, pasando de un valor positivo en la superficie a uno negativo en su fibra interior (Ver Figura 2).



Figura N° 2. Colocado de la Viga Benkelman

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto de investigación tiene una metodología de tipo experimental y descriptivo, realizada mediante la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa, para su posterior análisis e interpretación y diseño del proyecto Carretera Calacota - Santa Rosa de Huayllata tramo 6+000 al 14+000, Distrito de Ilave – El Collao – Puno.

3.1. UBICACIÓN

3.1.1. Ubicación geográfica y política

Geográficamente el área de estudio se encuentra ubicada al SE del Distrito de Ilave, Provincia de el Collao, Departamento de Puno, con altitud de 3842 m.s.n.m., cuyas coordenadas UTM son:

Tabla 19: Ubicación geográfica de la carretera Calacota - Santa Rosa de Huayllata

COORDENADAS (UTM)		
ESTE	NORTE	COTA (msnm)
439000	8227800	3842
439000	8225600	
445000	8227800	
445000	8225600	

FUENTE: Elaboración propia.

Políticamente el tramo de la obra se encuentra ubicado en:

Tabla 20: Ubicación política.

UBICACIÓN POLITICA	
DEPARTAMENTO:	PUNO
PROVINCIA :	EL COLLAO
DISTRITO :	ILAVE
LOCALIDADES :	CP. Calacota, C. Laqui, C.P. Camicachi, C. Maquera, C.P. Callata Paconcani, C.P. Pharata, C. Ccaccata, C.P. Santa Rosa de Huayllata.

FUENTE: Elaboración propia.

(Ver Anexo N°07, Plano N° 01)

3.1.2. Accesos y distancia

Tabla 21: Accesos y distancia.

Tramos	Distancia (Km)	Tiempo (Hrs)	Tipo de vía
Lima – Arequipa	1020	14	Pavimento
Arequipa – Juliaca	254	5	Pavimento
Juliaca – Puno	45	1	Pavimento
Puno – Ilave	53	1	Asfaltado
Ilave – Camicachi	10	00:30	Asfaltado - Afirmado

FUENTE: Elaboración propia.

3.2. TRABAJO DE CAMPO

En base a la recopilación de información bibliográfica y planificación llevara a cabo la ejecución de actividades en campo. Considerando las características geológicas del tramo en estudio y la toma de muestras para los ensayos en laboratorio.

3.2.1. Toma de muestras

Se realizó de manera sistemática de forma mecánica y manual con una descripción de estas para su posterior análisis en laboratorio de mecánica de suelos.

3.2.1.1. Límites de atterbergs

Determinación del límite liquido de los suelos MTC E110-2000.

a) Materiales para el análisis de límites de atterbergs

- Recipiente para Almacenaje, una vasija de porcelana de 115mm (4 ½”) de diámetro aproximadamente.

- Espátula, de hoja flexible de unos 75 a 100mm (3” – 4”) de longitud y 20mm (3/4”) de ancho aproximadamente.
- Aparto del límite líquido (Casagrande).
- Acanalador.
- Calibrador, una barra de metal de $10 \pm 0.2\text{mm}$ ($0.394” \pm 0.008”$) de espesor y de 50mm (2”) de largo, aproximadamente.
- Recipientes o pesa filtros.
- Balanza, una balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Horno, Termostáticamente controlado a temperaturas de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$) para secar la muestra.

b) Procedimiento

- Colocar la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mezclar completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitando, amasando y tajando con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mezclar completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.
- Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre.
- Sacar una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de que esta se hizo contacto, y colocar en un recipiente adecuado.

- Repetir la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana. 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 esta manera, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.
- Luego de realizar los respectivos golpes observamos su plasticidad, seleccionar una porción de 1.5 a 2.0gr, enrollar la masa con la palma de la mano o los dedos en la placa de vidrio con suficiente presión para rodar la masa en un hilo de diámetro uniforme en toda su longitud en cada movimiento se deforma más a fin de que su diámetro llega a 3.2 mm (1/8”), romper el hilo en varios pedazos sin tomar más de dos minutos.

3.2.1.2. Materiales para el análisis granulométrico por tamizado

ASTM C 136-01. Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.

- a) Materiales y equipos necesarios para realizar este ensayo son:
- Arena y grava.
 - Balanza de torsión. Capacidad de 1kg y 0.1g de precisión.
 - Juegos de tamices N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200, con tapa y fondo herméticos.
 - Estufa ventilada a (110 ± 5) °C.
 - Bandejas de diferentes tamaños.
 - Cepillo de alambre.

- Brocha pequeña.
- Horno.

b) Procedimiento

- Lavado y secado de la muestra.
- Echar el material seco en la columna de tamices (Utilizar según la aplicación). La columna está formada por cierta cantidad de tamices ensamblados en orden decreciente de tamaños de abertura con el fondo y la tapa.
- Agitar la columna de tamices, retirarlos y colocar el árido retenido en bandejas (Cuando el material retenido no varíe en más de un 1% de la pesada anterior).
- Pesarse el material retenido y registrar su peso.

3.2.1.3. Materiales para el ensayo de próctor modificado

ASTM D-1557, J.E. Bowles, MTC E 115-2000.

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 (curva de compactación) en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101.6 ó 152.4mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44.5N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56000 lb-pie/pie³ (2700 KN-m/m³).

Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de $\frac{3}{4}$ " (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.

- **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.
- **Balanza:** Una balanza de aproximadamente de 1 gramo.
- **Horno de secado:** Con control termostático a una temperatura uniforme de $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ($110 \pm 5^\circ\text{C}$). Para el secado de material.
- **Regla:** Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas.
- **Recipientes:** Donde se deposita el material a analizar.
- **Tamices:** Tamices de malla cuadrada para realizar la clasificación N° 4 y $\frac{3}{4}$.

3.2.1.3.1. Métodos de ensayos próctor modificado

a) Método "A"

- Molde, 4 pulg, de diámetro (101,6 mm).
- 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).
- Otros Usos, si el método no es especificado, los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

b) Método “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 (4,75 mm) 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) Método “C”

- Molde, 6 pulg. (152,4 mm) de diámetro.
- Materiales, se emplea el que pasa por el tamiz ¾ 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 3/4 pulg (19,0 mm).

El molde de 6 pulgadas (152,4mm) de diámetro no será usado con los métodos A ó B. Si la muestra de prueba contiene más de 5% en peso de fracción extra dimensionada (fracción gruesa) y el material no será incluido en el ensayo.

3.2.1.4. Ensayo de C.B.R.

ASTM D-1883, AASHTO T-193, J. E. Bowles, MTC E 132-2000.

El procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de sub rasante, sub base, base y afirmado.

3.2.1.4.1. Materiales para el ensayo de CBR

- Prensa.** 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.
- Molde de metal.** Cilíndrico de 152,4 mm \pm 0.66 mm (6 \pm 0.026”) de diámetro interior y de 177,8 \pm 0,46 mm (7 \pm 0.018”) de altura, provisto de un collar de metal

suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (ver figura 3). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- c) **Disco espaciador de metal.** De forma circular, de 150.8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.



Figura N° 3. 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 (1/6") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Ver figura 4).

- **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") (Ver figura 4).
- **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 $5 \frac{7}{8}$ " a $15 \frac{1}{16}$ " (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2 \frac{1}{8}$ " aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- **Pistón de penetración.** Metálico de sección transversal circular, de $49.63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ ") de diámetro, área de 19.35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobre cargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4").
- **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.
- **Poza.** Con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- **Estufa.** Termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ C ($230 \pm 9^\circ$ F).
- **Balanzas.** Con capacidad de 20 Kg y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente.
- **Tamices.** De 4.76 mm (N° 4), 19.05 mm ($\frac{3}{4}$ ") y 50,80 mm (2").

- **Misceláneos.** Uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

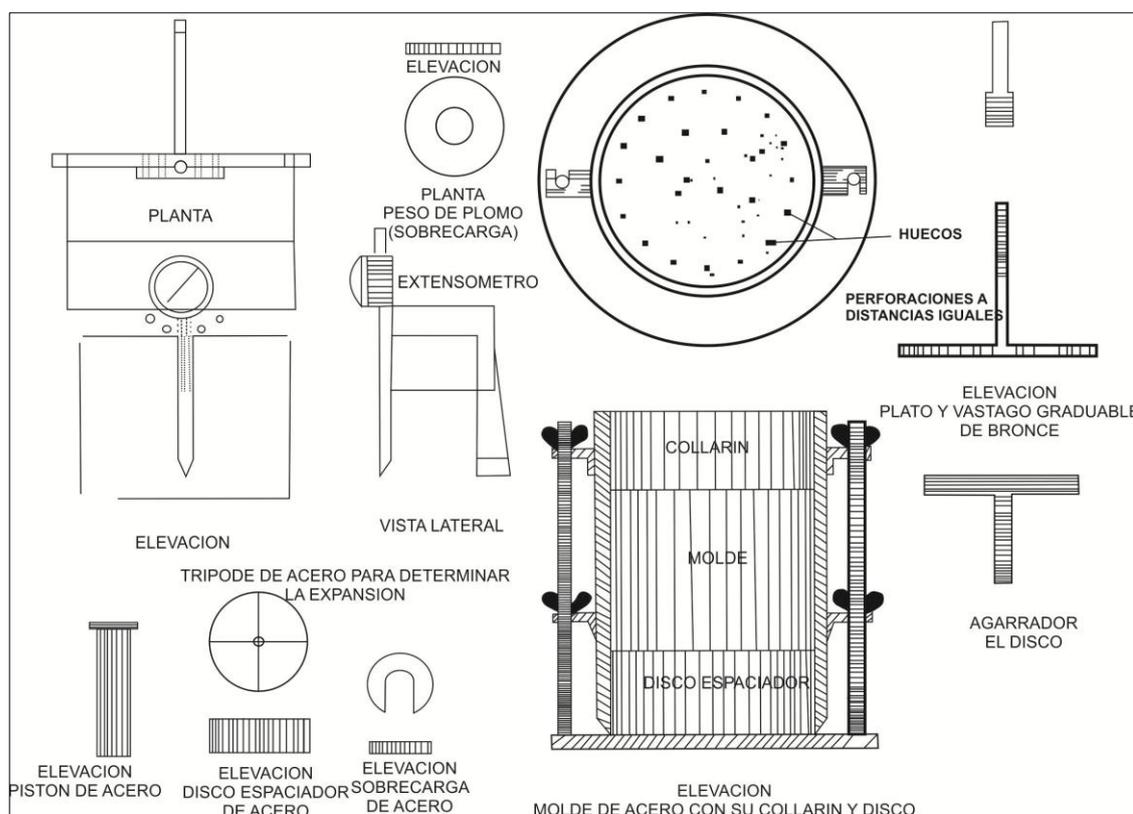


Figura N° 4. CBR.

3.2.1.5. Abrasión los ángeles

Este método describe el procedimiento para determinar el porcentaje de desgaste de los agregados de tamaños menores a 37.7 mm (1 ½”) y agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (¾”), por medio de la máquina de los Ángeles.

a) Materiales para el ensayo de abrasión los ángeles

- Máquina de desgaste de los Ángeles.
- **Tamices.** De los siguientes tamaños: 3”, 2 ½”, 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, 1/4”, N°4, N°8. Un tamiz N°12 para el cálculo del desgaste.

- **Esferas de acero.** De 46.38 a 47.63 mm de diámetro de peso equivalente entre 390 a 445 gr.
- **Horno.** Capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- **Balanza.** Sensibilidad de 1.0 gr.

b) **Procedimiento**

- El material deberá ser lavado y secado en horno a una temperatura constante de 105-110°C, tamizadas según las mallas que se indican y mezcladas en las cantidades del método al que correspondan, según la tabla 11 y 12.
- Pesar la muestra con precisión de 1gr., para el caso de agregados gruesos hasta de 1 ½” y 5 gr. Para agregados gruesos de tamaños mayores a ¾”.
- Introducir la muestra junto con la carga abrasiva en la máquina de los Ángeles, cerrar la abertura del cilindro con su tapa, esta tapa posee empaquetadura que impide la salida de polvo fijada por medio de pernos. Accionar la máquina, regulándose el número de revoluciones adecuado según el método.
- Finalizado el tiempo de rotación, se saca el agregado y se tamiza por la malla N° 12.
- El material retenido en el tamiz N° 12 se lava y seca en horno, a una temperatura constante entre 105° a 110°C pesar la muestra con precisión de 1 gr.

3.2.1.6. **Materiales para el ensayo de partículas planas y alargadas**

- Calibrador de aplanamiento y alargamiento.
- Tamices. 2 ½”, 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, ¼”.

- Bandejas.
- Cuarteador.
- Balanza. Sensibilidad de 0.1% el peso de la muestra.

Procedimiento

- Cada una de las muestras separadas se hace pasar por el calibrador de espesores en la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se realiza el ensayo.
- Pesar la cantidad de partículas de cada fracción, que pasaron por la ranura correspondiente, aproximación al 0.1% del peso total de la muestra de ensayo, P_i .
- Cada una de las muestras separadas se hace pasar por el calibrador de longitud por la separación entre barras correspondiente a la fracción del ensayo.
- Pesar la cantidad de partículas de cada fracción, retenida entre las dos barras correspondientes, aproximación al 0.1% del peso total de la muestra de ensayo, R_i .

Índice de aplanamiento:

$$IAP_{fi}(\%) = \frac{P_i}{W_i} \times 100$$

Donde:

IAP_{fi} : Índice de aplanamiento de la fracción i , ensayada.

P_i : Peso de las partículas que pasan por la ranura correspondiente.

W_i : Peso inicial de esa fracción.

Índice de alargamiento:

$$IAL_{fi} = \frac{R_i}{W_i} \times 100$$

Donde:

IAL_{fi} : Índice de alargamiento de la fracción i , ensayada.

R_i : Peso de las partículas retenidas entre las correspondientes barras.

W_i : Peso inicial de esa fracción.

3.2.1.7. Materiales para el ensayo de caras fracturadas en los agregados

Este método describe la determinación del porcentaje, en peso, de una muestra de agregado grueso que presenta una, dos o más caras fracturadas.

- Balanza. De 5 Kg. Y sensibilidad al gramo.
- Tamices.
- Partidor de muestras.
- Espátula.

Procedimiento

- Lavar la muestra sobre la malla designada y remover cualquier fino y secar.
- Determinar la masa de la muestra con una aproximación de 0.1%.
- Extender la muestra seca sobre una superficie plana, limpia y lo suficientemente grande como para permitir una inspección. Para verificar si la partícula alcanza o cumple el criterio de fractura, sostener el agregado de tal manera que la cara sea vista directamente. Si la cara constituye al menos $\frac{1}{4}$ de la máxima sección transversal, considerada como cara fracturada.

- Usando la espátula separar en tres categorías:
 1. Partículas fracturadas dependieron si la partícula tiene el número requerido de caras fracturadas.
 2. Partículas que no reúnen el criterio especificado.
 3. Partículas cuestionables.

Si el número requerido de caras fracturadas no se consigue en las especificaciones, la determinación será hecha sobre la base de un mínimo de una cara fracturada. Determinar el porcentaje en peso de cada una de las categorías. Si sobre cualquiera de los porcentajes más del 15% del total es cuestionable, repita la evaluación hasta que no más de 15% se repita en esta categoría.

3.2.1.8. Materiales para el ensayo de equivalente de arena y agregados finos

- **Tuvo Irrigador.** De acero inoxidable, cobre o bronce, de 6.35 mm de diámetro exterior, 508 mm de longitud, cuyo extremo inferior está cerrado en forma de cuña. Tiene dos agujeros laterales de 1 mm de diámetro en los dos planos de la cuña cerca de la punta.
- **Sistema de sifón.** Se compone de un botellón de 1 galón (3.8 lt) de capacidad con un tapón. El tapón tiene dos orificios que lo atraviesan uno para el tubo del sifón y el otro para entrada de aire. El conjunto deberá ubicarse a 90cm por encima de la mesa.
- **Probeta graduada.** Con diámetro interior de 31.75 ± 0.381 mm y 431.8 mm de altura graduada hasta una altura de 381 mm, provista de un tapón de caucho o goma que ajuste en la boca del cilindro.

- **Tubo flexible.** De caucho o goma con 4.7 mm de diámetro, tiene una pinza que permite cortar el paso del líquido a través del mismo. Este tubo permite conectar el tubo irrigador con el sifón.
- **Pisón de metal.** Consistente en una barra metálica de 457 mm de longitud que tiene enroscado en su extremo inferior un disco metálico de cara inferior plana perpendicular al eje de la barra y cara superior de forma cónica.
- **Recipiente metálico.** De estaño aproximadamente de 57 mm de diámetro con capacidad de 85 ± 5 ml, borde superior uniforme de modo que la muestra que se coloca en ella se pueda enrasar para conseguir el volumen requerido.
- **Cronometro o reloj.** Lecturas en minutos y segundos.
- **Embudo.** De boca ancha para incorporar la muestra de ensayo en la probeta graduada.
- **Tamiz.** Tamiz N° 4 según especificaciones E 11.
- **Recipiente para mezcla.**
- **Horno.** Capaz de mantener temperaturas de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- **Papel filtro.** Watman N°2V o equivalente.

3.2.1.9. Materiales para el ensayo de durabilidad

- Tamices

Para el ensayo de agregado grueso: $3/8''$, $1/2''$, $3/4''$, $1''$, $1\ 1/2''$, $2''$ y $2\ 1/2''$.

Para el ensayo de agregado fino: N° 50, N° 30, N° 16, N° 8 y N° 4.

- **Recipientes.** Cestas de mallas metálicas que permiten sumergir las muestras en la solución utilizada, facilitando el flujo de la solución e impidiendo la salida de las partículas del agregado. El volumen de la solución en la cual se sumergen las muestras será, por lo menos, cinco veces el volumen de la muestra sumergida.
- **Balanzas.** Capacidad e 500 gr. Y sensibilidad de 0.1 gr. Para el caso del agregado fino y otro de capacidad no menor a 5000 gr. Y sensibilidad de 1 gr. Para el caso del agregado grueso.
- **Horno.** Capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Preparación de las soluciones

1. Solución de sulfato de sodio

Si se va emplear sulfato de sodio de forma anhidra (Na_2SO_4), disolver 215 gr.; en caso de utilizar sulfato de sodio hidratado ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), disolver 700 gr. en un litro de agua a la temperatura de 25 a 30°C . Dejar reposar la preparación por 48 horas a $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$, antes de su empleo. Al concluir el periodo de reposo deberá tener un peso específico entre 1.151 y 1.174 gr/cm^3 . La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

2. Solución de sulfato de magnesio

Si se va emplear sulfato de magnesio de forma anhidra (MgSO_4), disolver 350 gr.; en caso de utilizar sulfato de magnesio hidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), disolver 1230 gr. en un litro de agua a la temperatura de 25 a 30°C ., dejar reposar la preparación por 48 horas a $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$, antes de su empleo. Al concluir el periodo de reposo deberá tener un peso específico entre 1.295 y 1.302 gr/cm^3 . La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

Procedimiento

- Sumergir las muestras preparadas en la solución de sulfato de sodio o magnesio por un periodo de 16 a 18 horas, de manera que el nivel de la solución puede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. Mantener la temperatura en $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante el periodo de inmersión.
- Retirar la muestra de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 min., secar en el horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener peso constante a la temperatura indicada. Para verificar el peso se sacara la muestra a intervalos no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas. Se considerara que se alcanzó un peso constante cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, no difieren más de 0.1 gr. En el caso del agregado fino, o no difieren más de 1.0 gr. En el caso del agregado grueso.
- Obtenido el peso constante dejar enfriar a temperatura ambiente y volver a sumergir en la solución para continuar con los ciclos que se especifiquen.

3.2.2. Materiales para realizar el ensayo control de densidad de campo método cono de arena

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, cumpliendo con las recomendaciones de la Norma ASTM D-1556-00.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONDICIONES GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1. Geomorfología local

La geomorfología local fue realizada a una escala de 1/20000, el cual nos muestra detalladamente las unidades geomorfológicas que se describen a continuación: (Ver anexo7, Plano N°04)

4.1.1.1. Unidades geomorfológicas

a) Fluvial

- Depósitos aluviales (Qh-al)

En la zona de estudio todos los depósitos recientes cuyos materiales han sido erosionados y transportados por escorrentías y depositados a poca distancia de su lugar de origen, estos depósitos están constituido por arcillas, limos, arenas y gravas no consolidadas, todos ellos incluyen sedimentos coluviales. Constituyen suelos agrícolas.

- **Deposito Coluvial (Qh-co)**

Estos depósitos están formados la acción de la gravedad producidos intemperización y alteración de las rocas existentes y con las disoluciones de materiales orgánicos e inorgánicos por procesos químicos de meteorización, a consecuencia de este proceso se debe la formación de suelos lateríticos para su aprovechamiento agropecuario.

- **Bofedales (F-Bo)**

Se caracteriza por ser una zona con vegetación intensa, debido a la saturación del suelo por agua. Se presenta en ambos márgenes en las progresivas 6+ 000 al 6 + 100 presente en el área de estudio.

- **Rio**

En el área de estudio, el río Ilave sería el causante del modelamiento del terreno ya que esta desemboca su afluencia en el Lago Titicaca que tiene una dirección de NE.

b) Planicie (S-Pl)

Las planicies en la zona de estudio se encuentran en todo el entorno de la construcción de carretera, litológicamente están constituidas por gravas, arenas, limos y arcillas.

c) Antropico

Esta unidad se caracteriza por los cambios que sufrió el relieve provocadas por la mano del hombre para su posterior aprovechamiento, se ha construido viviendas, pistas asfaltadas, carreteras afirmadas, caminos de herradura entre otras.

- **Vías de comunicación**

Se pueden observar ramales de carretera de comunicación que son trochas carrózales que llegan a interconectarse con la carretera principal y es importante para las conexiones de las comunidades y centros poblados aledaños a la vía principal.

- **Vivienda**

Se evidencia la presencia de viviendas a lo largo del proyecto de la carretera Calacota – Santa Rosa de Huayllata, y la carretera en construcción podemos observar en ambos márgenes las cuales tienen presencia continua en el lugar.

4.1.2. Estratigrafía Local

4.1.2.1. Mesozoico - Cretáceo

a) Formación Ayabaca (Kis-ay)

La formación Ayabacas es denominado así por Cabrera y Petersen (1936) que deriva de la localidad de Ayabacas, en la carretera Juliaca – Taraco. La formación presenta una secuencia de calizas. Son sedimentos de ambiente marino acumulados durante una transgresión en el cretáceo medio a superior.

Conformada litológicamente por calizas de textura wackestone a mudstone de color gris blanquecina sus fisuras están rellenos principalmente de calcita en estratos de 1 a 0.40 m. En el área de estudio las calizas afloran en todo el cuadrángulo, en los alrededores de los centros poblados de Huancuni, Callacallani, Aceruni y Argulluni.

b) Formación Muñani (Ks-mñ)

Esta unidad litológica fue descrita por primera vez por Newell (1945-1949) en las proximidades de la localidad de Muñani, se caracteriza litológicamente por secuencias de

areniscas de grano fino a medio color rojizo y limo arcillas de color rojizo de origen lacustrinos, en estratos de 1 a 0.50 m. La estratificación es de forma planar continua, infra yace concordante al Grupo Puno. En el área de estudio se encuentra aflorando a los alrededores de los centros poblados Luane y Pajcha.

4.1.2.2. Cenozoico - Paleógeno

a) Grupo Puno (Tpu)

Newell (1949) es quien dio a la unidad la categoría de Grupo Puno, la unidad aflora de forma dispersa en la parte central y sur de la región. En la zona de estudio presenta afloramientos de Grupo Puno, se caracteriza litológicamente de areniscas arcósicas de grano medio a grueso de color rojizo y conglomerados. Se presenta en estratos de 1 a 0.40 m. La estratificación es de forma planar continua, sub rayasen concordante a la Formación Muñani.

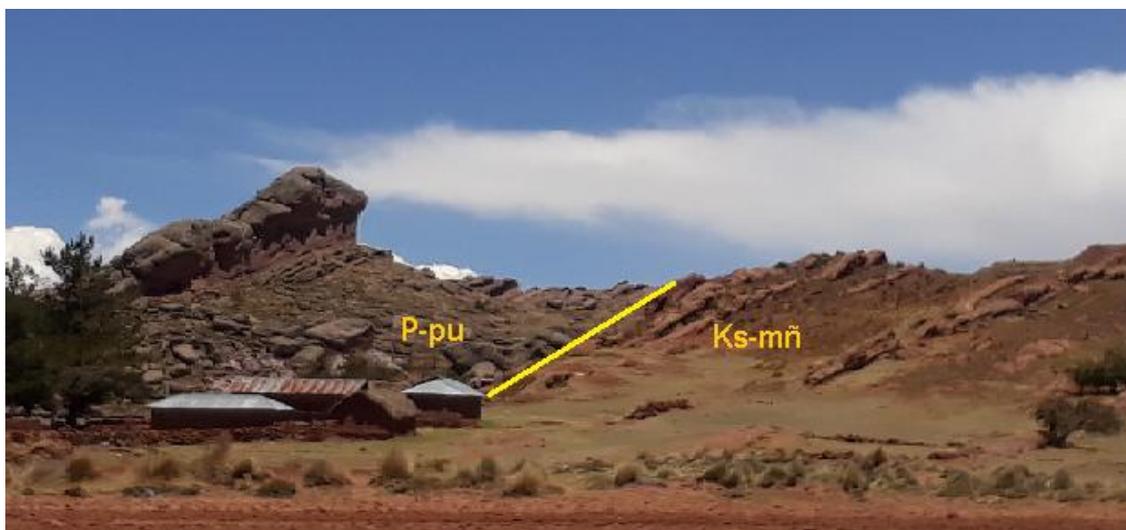


Figura N° 5. Se observa el contacto entre el Grupo Puno y la Formación Muñani. Tomada de los alrededores del centro poblado de Luane con vista al sureste.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLEOCENO	DEPOSITO ALUVIAL	Qh-al	Gravas, arenas, limos, y arcillas. fragmentos de rocas o cantos rodados, ar
			DEPOSITO COLUVIAL	Qh-co	
	TERCIARIO PALEOGENO	EOCENO	GRUPO PUNO	Tpu	Arenas, arcillas, limos, areniscas, y conglomerados
		PALEOCENO	Fm. MUÑANI	Ks-mñ	Areniscas de grano fino o medio color rojizo.
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Fm. CALIZAS AYABACAS	Kis-ay	Calizas de color gris plomo, con textura carstica

Figura N° 6. Columna estratigráfica local.

FUENTE: Elaboración propia.

4.2. CARACTERÍSTICAS FISICO MECANICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN DEL EJE DE LA CARRETERA

La evaluación geotécnica fue elaborada como parte de una investigación geotécnica, con el objetivo de determinar las características de los materiales existentes; se excavaron un total de 32 calicatas, a cada 250 metros de longitud y a una profundidad de 1.60 metros, desde la superficie del terreno natural, y determinación de las características físicas mecánicas del área en estudio.

4.2.1. Terreno de fundación

El propósito es definir la caracterización físico mecánico de los materiales que son emplazados en el tramo desde Km 6 + 000 al Km 14 + 000 de la carretera Calacota – Santa Rosa de Huayllata; se realizaron calicatas con maquinarias, para luego proceder a muestrear desde el terreno de fundación.

4.2.2. Análisis de terreno de fundación

Cada uno de las calicatas tuvo que ser identificado y descrito las características de los materiales que lo conforman el perfil estratigráfico del terreno existente como, humedad, plasticidad, compacidad, potencia del estrato, color del material y la clasificación manual y visual que todo esto tiene concordancia con la norma ASTM D 2488-05 para posteriormente proceder al muestreo, etiquetado y transporte de especímenes al laboratorio de suelos para su procesamiento respectivo.



Figura N° 7. Muestreo de calicatas.

4.2.3. Ensayos de mecánica de suelos

Se realizaron las excavaciones de las calicatas, extrayendo las muestras, se realizaron ensayos estándar de Mecánica de Suelos, que se describen a continuación:

- **Contenido de humedad**

Los suelos con humedades mayores de la humedad óptima no son aceptables como cuerpo de terraplén o en la condición natural no se puede compactar según los métodos constructivos estándar considerados en las especificaciones técnicas.

Tabla 22: Resumen de calicatas humedad natural Km 6+250 al Km 8+500.

HUMEDAD NATURAL Km 6+250 al Km 8+500					
CALICATA	PROG.	LADO	CAPA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD NATURAL (%)
C-1	6+250	IZQ	M-1	0.05-0.30	15.53
	6+250	IZQ	M-2	0.30-1.50	15.84
C-2	6+500	DER	M-1	0.05-0.30	14.55
	6+500	DER	M-2	0.05-0.80	14.64
	6+500	DER	M-3	0.80-1.60	12.24
C-3	6+730	IZQ	M-1	0.05-0.50	31.83
	6+730	IZQ	M-2	0.50-0.90	30.04
	6+730	IZQ	M-3	0.90-1.50	12.18
C-4	7+000	DER	M-1	0.05-0.30	33.18
	7+000	DER	M-2	0.30-1.50	33.73
C-5	7+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	16.14
	7+250	IZQ	M-2	0.50-0.70	16.47
	7+250	IZQ	M-3	0.50-1.60	13.60
C-6	7+500	DER	M-1	0.05-0.30	19.67
	7+500	DER	M-2	0.30-1.60	19.85
C-7	7+750	IZQ	M-1	0.05-0.30	9.55
	7+750	IZQ	M-2	0.30-1.50	9.46
C-8	8+000	DER	M-1	0.05-0.50	31.53
	8+000	DER	M-2	0.50-1.10	31.27
	8+000	DER	M-3	1.10-1.60	8.77
C-9	8+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	30.63
	8+250	IZQ	M-2	0.05-1.30	30.73
	8+250	IZQ	M-3	1.30-1.60	12.16
C-10	8+500	DER	M-1	0.05-0.50	14.64
	8+500	DER	M-2	0.50-0.95	14.93
	8+500	DER	M-3	0.95-1.65	12.33

El contenido de humedad de las calicatas N° 1, km. 6+250 hasta la calicata N° 10, Km. 8+500 nos muestra un porcentaje de humedad natural promedio de 19.44% con nivel freático entre 1.10m a 1.30m de profundidad, lo cual nos indica que a una profundidad media del suelo se encuentra altamente saturada, a continuación, podemos ilustrar en la siguiente figura.

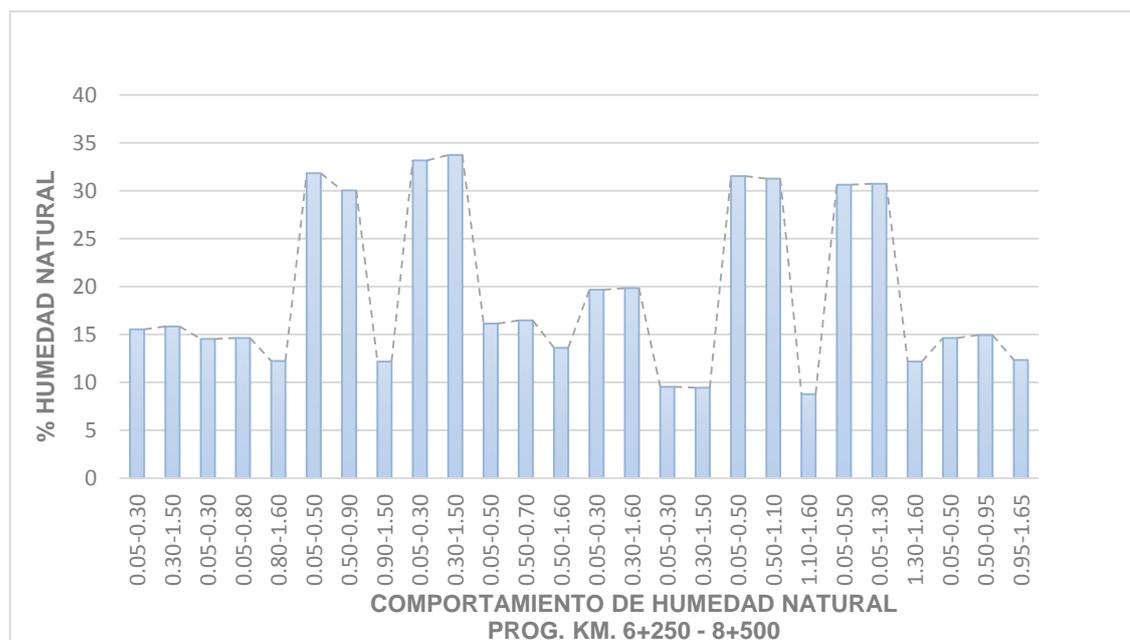


Figura N° 8. Comportamiento de humedad natural Km 6+000 al Km 8+500.

Tabla 23: Resumen de calicatas humedad natural Km. 8+750 AL 14+000.

HUMEDAD NATURAL Km 8+750 al Km 14+000					
CALICATA	PROG	LADO	CAPA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD NATURAL (%)
C-11	8+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	16.44
	8+750	IZQ	M-2	0.40-1.10	16.35
	8+750	IZQ	M-3	1.10-1.60	5.88
C-12	9+000	DER	M-1	0.05-0.70	21.96
	9+000	DER	M-2	0.70-1.75	21.38
C-13	9+250	IZQ	M-1	0.05-0.65	18.81
	9+250	IZQ	M-2	0.65-1.30	18.85
	9+250	IZQ	M-3	1.30-1.75	13.26
C-14	9+500	DER	M-1	0.05-0.80	9.55
	9+500	DER	M-2	0.80-1.15	9.63
	9+500	DER	M-3	1.15-1.75	13.61
C-15	9+750	IZQ	M-1	0.05-0.60	31.73
	9+750	IZQ	M-2	0.60-0.75	31.83
	9+750	IZQ	M-3	0.75-1.35	22.50
	9+750	IZQ	M-4	1.35-1.75	25.14
C-16	10+000	DER	M-1	0.05-0.55	7.96

	10+000	DER	M-2	0.55-0.80	8.43
	10+000	DER	M-3	0.80-1.75	15.15
C-17	10+250	IZQ	M-1	0.05-0.35	13.89
	10+250	IZQ	M-2	0.35-0.85	13.83
	10+250	IZQ	M-3	0.85-1.75	11.26
C-18	10+500	DER	M-1	0.05-0.50	12.60
	10+500	DER	M-2	0.50-1.75	13.39
C-19	10+750	IZQ	M-1	0.05-0.80	10.01
	10+750	IZQ	M-2	0.80-1.20	11.31
	10+750	IZQ	M-3	1.20-1.75	11.65
C-20	11+000	DER	M-1	0.05-0.75	11.44
	11+000	DER	M-2	0.75-1.25	12.03
	11+000	DER	M-3	1.25-1.75	14.73
C-21	11+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	17.62
	11+250	IZQ	M-2	0.45-1.00	16.43
	11+250	IZQ	M-3	1.00-1.75	13.26
C-22	11+500	DER	M-1	0.05-0.40	19.42
	11+500	DER	M-2	0.40-0.75	18.90
	11+500	DER	M-3	0.75-1.75	15.66
C-23	11+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	14.63
	11+750	IZQ	M-2	0.40-0.80	13.17
	11+750	IZQ	M-3	0.80-1.75	10.86
C-24	12+000	DER	M-1	0.05-0.60	9.85
	12+000	DER	M-2	0.60-1.15	10.19
	12+000	DER	M-3	1.15-1.75	13.72
C-25	12+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	12.03
	12+250	IZQ	M-2	0.45-0.75	11.07
	12+250	IZQ	M-3	0.75-1.75	9.66
C-26	12+500	DER	M-1	0.05-0.60	9.89
	12+500	DER	M-2	0.60-1.75	12.84
C-27	12+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	7.51
	12+750	IZQ	M-2	0.40-1.40	9.21
	12+750	IZQ	M-3	1.40-1.50	10.26
C-28	13+000	DER	M-1	0.05-0.45	9.15
	13+000	DER	M-2	0.45-0.90	9.90
	13+000	DER	M-3	0.90-1.50	10.90
C-29	13+250	IZQ	M-1	0.05-0.40	10.64
	13+250	IZQ	M-2	0.40-0.90	13.60
	13+250	IZQ	M-3	0.90-1.70	15.90
C-30	13+500	DER	M-1	0.05-0.50	18.51
	13+500	DER	M-2	0.05-0.80	19.84
	13+500	DER	M-3	0.80-1.60	9.93
C-31	13+750	IZQ	M-1	0.05-0.55	10.52
	13+750	IZQ	M-2	0.55-1.05	10.11
	13+750	IZQ	M-3	1.05-1.55	9.61
C-32	14+000	DER	M-1	0.05-0.40	10.40
	14+000	DER	M-2	0.40-1.10	10.60
	14+000	DER	M-3	1.10-1.60	10.56

FUENTE: Elaboración propia.

Realizando una comparación en el tramo de la progresiva Km. 8+750 a 14+000 podemos observar que el comportamiento de humedad natural es uniforme con relación

a la figura anterior, el porcentaje de humedad en este tramo alcanza el 31.83% en su valor más alto, podemos ver en la siguiente figura.

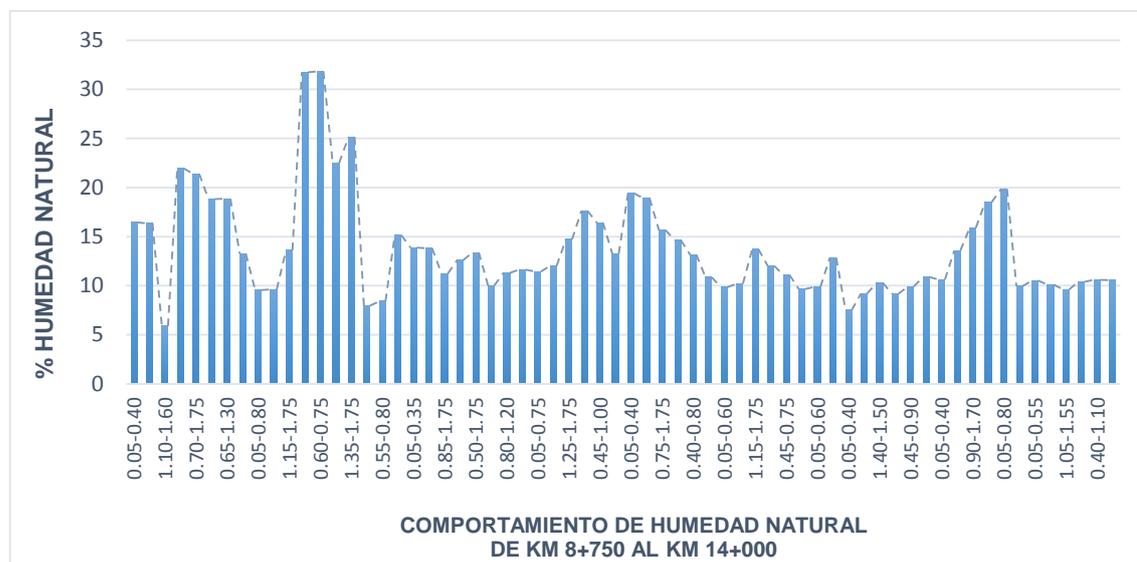


Figura N° 9. Comportamiento de humedad natural Km 8+750 al Km 14+000.

- **Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107**

Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar la distribución del tamaño de partículas de suelo que fue realizado previo tratamiento de la muestra secado y lavado.

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).



Figura N° 10. Ilustración del ensayo de granulometría.

Tabla 24: Resumen de calicatas análisis granulométrico Km 6+000 a 14+000.

CALICATA	KM	LADO	CAPA	PROFUND.	ANALISIS GRANULOMETRICO												
					3"	2 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 100	N° 200	
C-1	6+250	IZQ	M-1	0.05-0.30	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	86.80	83.8	79.2	74.2	68.20	66.6
	6+250	IZQ	M-2	0.30-1.50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.92	60.77	47.8	31.8	16.9	12.36	2.63
C-2	6+500	DER	M-1	0.05-0.30	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.00	85.6	82.0	77.0	70.25	68.5	
	6+500	DER	M-2	0.05-0.80	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.68	97.8	96.7	95.4	94.42	79.6	
	6+500	DER	M-3	0.80-1.60	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.40	62.40	49.6	30.3	18.3	13.49	3.70	
C-3	6+730	IZQ	M-1	0.05-0.50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.42	96.1	94.0	90.8	82.04	72.3	
	6+730	IZQ	M-2	0.50-0.90	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.82	97.8	96.1	93.1	79.40	68.4	
	6+730	IZQ	M-3	0.90-1.50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.42	92.0	88.4	79.4	45.28	42.0	
C-4	7+000	DER	M-1	0.05-0.30	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.50	91.5	83.8	74.6	65.33	64.3	
	7+000	DER	M-2	0.30-1.50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.50	91.5	81.6	56.6	8.33	1.33	
C-5	7+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.91	85.4	77.0	67.7	57.64	56.4	
	7+250	IZQ	M-2	0.50-0.70	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.06	92.3	82.7	51.9	7.94	0.59	
	7+250	IZQ	M-3	0.50-1.60	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.40	95.20	91.4	87.4	77.4	38.80	34.8	
C-6	7+500	DER	M-1	0.05-0.30	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.61	89.9	80.2	70.0	59.61	57.8	
	7+500	DER	M-2	0.30-1.60	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.21	90.5	81.6	55.2	8.97	1.32	
C-7	7+750	IZQ	M-1	0.05-0.30	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	85.96	80.8	75.9	70.1	63.87	63.1	
	7+750	IZQ	M-2	0.30-1.50	100.0	100.0	100.0	100.0	95.74	91.06	76.60	71.8	66.9	61.4	55.45	54.6	
C-8	8+000	DER	M-1	0.05-0.50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.04	96.1	93.7	90.1	85.81	84.1	
	8+000	DER	M-2	0.50-1.10	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	99.6	98.1	96.2	92.60	87.4	
	8+000	DER	M-3	1.10-1.60	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.08	94.1	89.2	61.7	28.24	25.2	
C-9	8+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.00	92.6	85.4	76.4	66.65	64.0	
	8+250	IZQ	M-2	0.05-1.30	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.15	95.0	84.1	61.0	28.77	21.2	
	8+250	IZQ	M-3	1.30-1.60	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.92	60.77	47.8	31.8	16.9	12.36	2.63	
C-10	8+500	DER	M-1	0.05-0.50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.19	92.4	85.4	76.2	66.11	63.7	
	8+500	DER	M-2	0.50-0.95	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	99.7	99.3	98.0	87.13	66.8	
	8+500	DER	M-3	0.95-1.65	100.0	100.0	100.0	100.0	91.20	81.92	54.72	45.9	37.0	26.6	15.44	14.2	
C-11	8+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.20	85.4	77.0	67.0	55.81	53.2	

	8+750	IZQ	M-2	0.40-1.10	100.0 0	97.6 0	94.4 0	90.2 0	76.40	63.4 0							
	8+750	IZQ	M-3	1.10-1.60	100.0 0	96.73 1	92.9 7	89.2 0	60.0	25.45	22.1 8						
C-12	9+000	DER	M-1	0.05-070	100.0 0	95.82 6	90.3 2	83.9 2	74.8 2	65.24	63.2 4						
	9+000	DER	M-2	0.70-1.75	100.0 0	94.23 2	92.5 4	90.8 4	88.5 4	68.04	51.0 4						
C-13	9+250	IZQ	M-1	0.05-0.65	100.0 0	97.84 3	95.0 2	91.4 2	84.9 7	76.53	72.9 3						
	9+250	IZQ	M-2	0.65-1.30	100.0 0	98.55 9	97.0 1	94.9 1	79.4 5	58.55	42.1 8						
	9+250	IZQ	M-3	1.30-1.75	100.0 0	97.84 7	92.3 8	83.8 8	55.1 1	9.06	2.59						
C-14	9+500	DER	M-1	0.05-0.80	100.0 0	86.75 6	82.0 9	76.8 9	71.3 2	65.61	64.8 7						
	9+500	DER	M-2	0.80-1.15	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	94.75	89.85	75.80	71.4 2	66.3 9	61.0 9	55.19	54.5 3
	9+500	DER	M-3	1.15-1.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	96.72	82.32	58.32	49.4 4	39.8 4	24.4 4	11.60	10.6 4
C-15	9+750	IZQ	M-1	0.05-0.60	100.0 0	97.2 6	91.1 8	81.8 0	59.63	29.0 7							
	9+750	IZQ	M-2	0.60-0.75	100.0 0	90.00 3	87.3 2	83.0 2	78.7 8	67.71	54.4 9						
	9+750	IZQ	M-3	0.75-1.35	100.0 0	100.0 0	89.68	82.38	76.03	63.65	50.95	43.4 9	35.4 0	26.5 1	12.38	7.14	
	9+750	IZQ	M-4	1.35-1.75	100.0 0	99.64 0	98.0 8	95.2 8	92.5 6	78.04	68.9 7						
C-16	10+000	DER	M-1	0.05-0.55	100.0 0	91.92	81.81	74.47	63.86	57.03	34.64	29.3 1	25.2 6	22.8 6	21.03	20.3 8	
	10+000	DER	M-2	0.55-0.80	100.0 0	97.28 6	95.4 5	93.6 5	89.8 4	68.97	52.6 3						
	10+000	DER	M-3	0.80-1.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	90.18 2	56.25 0	49.0 8	38.3 8	29.3 8	21.79	20.7 1
C-17	10+250	IZQ	M-1	0.05-0.35	100.0 0	91.48	82.60	75.48	64.90	58.33	37.07	32.1 5	27.8 7	25.3 7	23.48	22.8 3	
	10+250	IZQ	M-2	0.35-0.85	100.0 0	97.33 9	92.8 3	87.3 3	73.7 8	40.22	36.6 7						
	10+250	IZQ	M-3	0.85-1.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	86.25 8	62.08 5	54.5 8	46.2 3	34.8 3	23.17	14.8 3
C-18	10+500	DER	M-1	0.05-0.50	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	91.54	81.87	52.33	44.9 1	34.8 9	23.1 4	11.14	9.93
	10+500	DER	M-2	0.50-1.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	91.74	82.26	52.70	45.3 7	35.5 7	24.2 6	12.09	11.0 4
C-19	10+750	IZQ	M-1	0.05-0.80	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	89.00	76.78	45.89	42.4 9	31.4 9	24.0 5	14.16	6.49
	10+750	IZQ	M-2	0.80-1.20	100.0 0	98.53 2	94.1 6	86.7 6	62.5 0	20.00	10.4 4						
	10+750	IZQ	M-3	1.20-1.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	91.48	86.74	53.60	44.2 2	34.7 5	23.3 9	10.13	9.00
C-20	11+000	DER	M-1	0.05-0.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	91.20	71.30	47.40	41.8 0	34.0 0	25.3 0	15.50	9.00
	11+000	DER	M-2	0.75-1.25	100.0 0	99.29 0	97.5 4	95.5 4	92.3 2	78.04	67.5 0						
	11+000	DER	M-3	1.25-1.75	100.0 0	97.01 9	91.1 4	82.2 4	55.2 2	8.66	2.54						
C-21	11+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	100.0 0	100.0 0	100.0 0	92.67	83.73	68.80	52.40	40.5 3	36.5 3	30.5 3	18.53	8.40	
	11+250	IZQ	M-2	0.45-1.00	100.0 0	85.45 6	76.3 5	74.5 5	70.7 3	59.64	49.0 9						
	11+250	IZQ	M-3	1.00-1.75	100.0 0	85.42 1	74.2 4	72.3 4	69.5 3	56.45	43.9 3						
C-22	11+500	DER	M-1	0.05-0.40	100.0 0	94.87 5	87.0 7	75.7 7	50.2 6	18.00	10.5 2						
	11+500	DER	M-2	0.40-0.75	100.0 0	98.2 0	96.0 0	93.0 0	73.00	63.0 0							
	11+500	DER	M-3	0.75-1.75	100.0 0	95.97 2	89.5 8	79.6 8	49.3 5	11.61	3.87						
C-23	11+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	100.0 0	100.0 0	100.0 0	90.67	77.50	62.83	51.67	41.6 7	30.8 3	20.8 3	16.17	7.83	
	11+750	IZQ	M-2	0.40-0.80	100.0 0	99.4 5	97.6 4	96.0 4	92.73	87.2 7							
	11+750	IZQ	M-3	0.80-1.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	90.10	72.10	64.1 0	53.1 0	33.2 0	13.20	10.2 0
C-24	12+000	DER	M-1	0.05-0.60	100.0 0	100.0 0	100.0 0	90.33	77.67	63.50	52.50	42.6 0	31.5 0	21.3 3	16.50	7.50	
	12+000	DER	M-2	0.60-1.15	100.0 0	98.3 6	96.1 8	92.5 5	76.73	67.8 2							
	12+000	DER	M-3	1.15-1.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	94.00	84.00	79.2 0	75.2 0	66.8 0	34.40	6.40
C-25	12+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	100.0 0	100.0 0	100.0 0	90.16	78.57	64.60	53.81	44.4 4	34.1 3	24.1 3	18.10	8.41	
	12+250	IZQ	M-2	0.45-0.75	100.0 0	98.3 7	97.1 7	91.8 5	79.17	66.6 7							
	12+250	IZQ	M-3	0.75-1.75	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	97.14	95.43	89.8 6	79.8 6	55.7 1	9.86	4.00
C-26	12+500	DER	M-1	0.05-0.60	100.0 0	100.0 0	100.0 0	90.82	80.80	68.78	52.92	42.5 7	32.8 9	21.8 7	16.86	6.34	
	12+500	DER	M-2	0.60-1.75	100.0 0	96.70 0	83.37 0	78.3 0	72.7 0	67.1 0	61.77						
C-27	12+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	100.0 0	100.0 0	100.0 0	90.00	79.00	69.11	52.44	46.5 6	39.5 6	28.5 6	11.89	5.78	
	12+750	IZQ	M-2	0.40-1.40	100.0 0	98.00 0	88.0 0	75.8 0	55.8 0	16.00	6.00						
	12+750	IZQ	M-3	1.40-1.50	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	91.75	82.17	60.50	52.1 7	42.1 7	27.1 7	10.50	9.67
C-28	13+000	DER	M-1	0.05-0.45	100.0 0	100.0 0	100.0 0	88.71	77.29	64.71	50.71	41.4 3	32.0 0	19.1 4	12.71	5.57	
	13+000	DER	M-2	0.45-0.90	100.0 0	87.1 3	71.6 8	47.9 2	7.72	5.74							
	13+000	DER	M-3	0.90-1.50	100.0 0	100.0 0	100.0 0	91.02	82.71	67.97	57.80	52.7 1	46.1 0	31.6 9	10.51	6.95	
C-29	13+250	IZQ	M-1	0.05-0.40	100.0 0	100.0 0	100.0 0	89.20	76.20	63.00	49.20	42.0 0	34.0 0	28.2 0	16.20	5.60	
	13+250	IZQ	M-2	0.40-0.90	100.0 0	98.7 5	95.7 5	90.7 5	78.25	67.0 0							
	13+250	IZQ	M-3	0.90-1.70	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	91.07	82.50	73.3 9	62.5 0	48.2 1	14.29	5.36
C-30	13+500	DER	M-1	0.05-0.50	100.0 0	100.0 0	100.0 0	93.33	85.39	78.03	57.65	51.6 0	44.2 3	36.3 1	28.22	26.9 7	
	13+500	DER	M-2	0.05-0.80	100.0 0	100.0 0	100.0 0	100.0 0	95.62	91.67	77.73	74.5 8	70.0 4	65.2 2	59.64	59.2 4	
	13+500	DER	M-3	0.80-1.60													

	13+75 0	IZQ	M-2	0.55-1.05	100.0 0	96.64	93.0 8	88.4 1	79.0 7	43.55	40.0 0						
	13+75 0	IZQ	M-3	1.05-1.55	100.0 0	97.31	92.8 1	82.3 4	55.2 4	8.83	1.35						
C-32	14+00 0	DER	M-1	0.05-0.40	100.0 0	100.0 0	100.0 0	87.36	76.23	57.55	48.11	42.6 4	37.9 2	32.2 6	17.17	7.74	
	14+00 0	DER	M-2	0.40-1.10	100.0 0	99.2 0	96.8 0	93.6 0	89.00	81.2 0							
	14+00 0	DER	M-3	1.10-1.60	100.0 0	98.67	93.4 7	85.6 0	58.9 3	16.27	8.27						

FUENTE: Elaboración propia.

- **Límites de consistencia (ASTM 4318 Y AASTHO T89)**

Límite líquido, se toma 200 a 300 gr. Aproximadamente del material completamente mezclado lo cual deberá separarse pasando el material por el tamiz 0.425 mm (N°40), en una capsula de porcelana se procederá agregar agua para que esté en un estado de mayor fluidez, para determinar el número de golpes para que esto pueda cerrar la ranura son de 25-35; 20-30; 15-25, para luego realizar sus respectivos ensayos.

Límite plástico, Se toma 20 a 30 gr. Aproximadamente del material lo cual deberá separarse por el tamiz 0.425 mm (N° 40), realizando todos los ensayos en laboratorio de mecánica de suelos de las diferentes muestras obtenidas se observó que los suelos de la sub rasante a lo largo de la carretera en estudio está conformado por arcillas orgánicas de alta plasticidad, limo arenoso de baja plasticidad, arcilla de baja plasticidad, grava arcillosa, arenas pobremente gradada, arena limosa, arena arcillosa y arena bien gradada.



Figura N° 11. Ensayo de límites de atterbergs.

Los resultados obtenidos en el laboratorio, se muestra en el cuadro de resumen de la ubicación del tipo de suelos y las características antes mencionadas.

Tabla 25: Resumen de ensayo de límites de atterbergs KM 6+000 AL 14+000.

CALICATA	KM	LADO	CAPA	PROFUND.	HUMEDAD NATURAL %	LIMITES DE CONSISTENCIA		
						LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)
C-1	6+250	IZQ	M-1	0.05-0.30	15.53	53.00	45.01	7.99
	6+250	IZQ	M-2	0.30-1.50	15.84	28.00	20.60	7.40
C-2	6+500	DER	M-1	0.05-0.30	14.55	52.50	44.38	8.12
	6+500	DER	M-2	0.05-0.80	14.64	17.50	14.55	2.95
	6+500	DER	M-3	0.80-1.60	12.24	NP	NP	NP
C-3	6+730	IZQ	M-1	0.05-0.50	31.83	54.41	49.12	5.29
	6+730	IZQ	M-2	0.50-0.90	30.04	43.00	30.89	12.11
	6+730	IZQ	M-3	0.90-1.50	12.18	NP	NP	NP
C-4	7+000	DER	M-1	0.05-0.30	33.18	54.53	46.68	7.85
	7+000	DER	M-2	0.30-1.50	33.73	NP	NP	NP
C-5	7+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	16.14	54.70	46.09	8.61
	7+250	IZQ	M-2	0.50-0.70	16.47	NP	NP	NP
	7+250	IZQ	M-3	0.50-1.60	13.60	NP	NP	NP
C-6	7+500	DER	M-1	0.05-0.30	19.67	57.00	48.26	8.74
	7+500	DER	M-2	0.30-1.60	19.85	NP	NP	NP
C-7	7+750	IZQ	M-1	0.05-0.30	9.55	54.00	44.07	9.93
	7+750	IZQ	M-2	0.30-1.50	9.46	29.50	15.74	13.76
C-8	8+000	DER	M-1	0.05-0.50	31.53	55.00	45.52	9.48
	8+000	DER	M-2	0.50-1.10	31.27	26.00	16.73	9.27
	8+000	DER	M-3	1.10-1.60	8.77	NP	NP	NP
C-9	8+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	30.63	53.00	43.12	9.88
	8+250	IZQ	M-2	0.05-1.30	30.73	NP	NP	NP
	8+250	IZQ	M-3	1.30-1.60	12.16	NP	NP	NP
C-10	8+500	DER	M-1	0.05-0.50	14.64	53.35	44.35	9.00
	8+500	DER	M-2	0.50-0.95	14.93	NP	NP	NP
	8+500	DER	M-3	0.95-1.65	12.33	NP	NP	NP
C-11	8+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	16.44	54.00	44.87	9.13
	8+750	IZQ	M-2	0.40-1.10	16.35	28.00	12.07	15.93
C-12	8+750	IZQ	M-3	1.10-1.60	5.88	NP	NP	NP
	9+000	DER	M-1	0.05-0.70	21.96	55.00	46.20	8.80
	9+000	DER	M-2	0.70-1.75	21.38	NP	NP	NP

C-13	9+250	IZQ	M-1	0.05-0.65	18.81	57.50	49.11	8.39
	9+250	IZQ	M-2	0.65-1.30	18.85	NP	NP	NP
	9+250	IZQ	M-3	1.30-1.75	13.26	NP	NP	NP
C-14	9+500	DER	M-1	0.05-0.80	9.55	54.50	44.64	9.86
	9+500	DER	M-2	0.80-1.15	9.63	33.50	23.00	10.50
	9+500	DER	M-3	1.15-1.75	13.61	NP	NP	NP
C-15	9+750	IZQ	M-1	0.05-0.60	22.50	28.00	17.47	10.53
	9+750	IZQ	M-2	0.60-0.75	25.14	39.50	21.62	17.88
	9+750	IZQ	M-3	0.75-1.35	31.73	19.50	10.85	8.65
	9+750	IZQ	M-4	1.35-1.75	31.83	NP	NP	NP
C-16	10+000	DER	M-1	0.05-0.55	7.96	22.50	17.46	5.04
	10+000	DER	M-2	0.55-0.80	8.43	NP	NP	NP
	10+000	DER	M-3	0.80-1.75	15.15	NP	NP	NP
C-17	10+250	IZQ	M-1	0.05-0.35	13.89	16.80	10.80	6.00
	10+250	IZQ	M-2	0.35-0.85	13.83	NP	NP	NP
	10+250	IZQ	M-3	0.85-1.75	11.26	NP	NP	NP
C-18	10+500	DER	M-1	0.05-0.50	12.60	30.75	21.20	9.55
	10+500	DER	M-2	0.50-1.75	13.39	NP	NP	NP
C-19	10+750	IZQ	M-1	0.05-0.80	10.01	28.00	19.64	8.36
	10+750	IZQ	M-2	0.80-1.20	11.31	NP	NP	NP
C-20	10+750	IZQ	M-3	1.20-1.75	11.65	NP	NP	NP
	11+000	DER	M-1	0.05-0.75	11.44	22.00	14.53	7.47
	11+000	DER	M-2	0.75-1.25	12.03	28.00	17.49	10.51
C-21	11+000	DER	M-3	1.25-1.75	14.73	NP	NP	NP
	11+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	17.62	19.30	11.41	7.89
	11+250	IZQ	M-2	0.45-1.00	16.43	30.23	20.98	9.18
C-22	11+250	IZQ	M-3	1.00-1.75	13.26	30.68	21.34	9.34
	11+500	DER	M-1	0.05-0.40	19.42	NP	NP	NP
	11+500	DER	M-2	0.40-0.75	18.90	28.50	19.40	9.10
C-23	11+500	DER	M-3	0.75-1.75	15.66	NP	NP	NP
	11+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	14.63	25.50	17.97	7.53
	11+750	IZQ	M-2	0.40-0.80	13.17	27.10	19.70	7.40
C-24	11+750	IZQ	M-3	0.80-1.75	10.86	NP	NP	NP
	12+000	DER	M-1	0.05-0.60	9.85	21.50	14.46	7.04
	12+000	DER	M-2	0.60-1.15	10.19	32.55	23.84	8.71
C-25	12+000	DER	M-3	1.15-1.75	13.72	NP	NP	NP
	12+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	12.03	24.70	16.33	8.37
	12+250	IZQ	M-2	0.45-0.75	11.07	30.52	22.37	8.15
C-26	12+250	IZQ	M-3	0.75-1.75	9.66	NP	NP	NP
	12+500	DER	M-1	0.05-0.60	9.89	23.00	14.19	8.81
	12+500	DER	M-2	0.60-1.75	12.84	NP	NP	NP
C-27	12+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	7.51	22.00	14.17	7.83
	12+750	IZQ	M-2	0.40-1.40	9.21	NP	NP	NP
	12+750	IZQ	M-3	1.40-1.50	10.26	NP	NP	NP
C-28	13+000	DER	M-1	0.05-0.45	9.15	23.45	17.14	6.31
	13+000	DER	M-2	0.45-0.90	9.90	NP	NP	NP
	13+000	DER	M-3	0.90-1.50	11.90	NP	NP	NP
C-29	13+250	IZQ	M-1	0.05-0.40	10.64	19.61	10.61	9.00
	13+250	IZQ	M-2	0.40-0.90	13.60	18.00	11.03	6.97
	13+250	IZQ	M-3	0.90-1.70	15.90	NP	NP	NP
C-30	13+500	DER	M-1	0.05-0.50	18.51	21.00	12.49	8.51
	13+500	DER	M-2	0.05-0.80	19.84	NP	NP	NP
	13+500	DER	M-3	0.80-1.60	9.93	NP	NP	NP
C-31	13+750	IZQ	M-1	0.05-0.55	10.52	20.50	14.78	5.72
	13+750	IZQ	M-2	0.55-1.05	10.11	NP	NP	NP
	13+750	IZQ	M-3	1.05-1.55	9.61	NP	NP	NP
C-32	14+000	DER	M-1	0.05-0.40	10.40	30.00	21.70	8.30
	14+000	DER	M-2	0.40-1.10	10.60	20.40	14.27	6.13
	14+000	DER	M-3	1.10-1.60	10.56	NP	NP	NP

FUENTE: Elaboración propia.

- Clasificación de suelos por el método SUCS Y AASHTO

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de las partículas (gradación), que el sistema de clasificación de los suelos (SUCS), clasifica al suelos en 15 grupos identificado y términos simbólicos, a continuación mostramos el cuadro de resumen de los ensayos y la clasificación de suelos obtenidas de las calicatas del Km 6+000 al Km 14+000.

Tabla 26: Resumen de la clasificación de suelos KM 6+000 AL 8+750.

CALICATA	KM	LADO	CAPA	PROFUD.	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
					SUCS	AASTHO	
C-1	6+250	IZQ	M-1	0.05-0.30	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+250	IZQ	M-2	0.30-1.50	ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-2	6+500	DER	M-1	0.05-0.30	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+500	DER	M-2	0.05-0.80	ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	6+500	DER	M-3	0.80-1.60	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-3	6+730	IZQ	M-1	0.05-0.50	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+730	IZQ	M-2	0.50-0.90	ML-CL	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	6+730	IZQ	M-3	0.90-1.50	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-4	7+000	DER	M-1	0.05-0.30	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+000	DER	M-2	0.30-1.50	SM	A-3(1)	ARENA LIMOSA
C-5	7+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+250	IZQ	M-2	0.50-0.70	SC	A-4	ARENA ARCILLOSA
	7+250	IZQ	M-3	0.50-1.60	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-6	7+500	DER	M-1	0.05-0.30	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+500	DER	M-2	0.30-1.60	SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-7	7+750	IZQ	M-1	0.05-0.30	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+750	IZQ	M-2	0.30-1.50	ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-8	8+000	DER	M-1	0.05-0.50	GC	A-2-4	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	8+000	DER	M-2	0.50-1.10	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	8+000	DER	M-3	1.10-1.60	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-9	8+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+250	IZQ	M-2	0.05-1.30	SC-SM	A-4	ARENA ARCILLOSA CON LIMO
	8+250	IZQ	M-3	1.30-1.60	SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-10	8+500	DER	M-1	0.05-0.50	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+500	DER	M-2	0.50-0.95	SC	A-3	ARENA ARCILLOSA
	8+500	DER	M-3	0.95-1.65	SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-11	8+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+750	IZQ	M-2	0.40-1.10	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	8+750	IZQ	M-3	1.10-1.60	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA

FUENTE: Elaboración propia.

La progresiva Km 6+250 al Km 8+750, según su clasificación presenta suelos alternados de arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas limosas de baja plasticidad, arenas limosas, arena pobremente gradada a bien gradada, grava arcillosa según su clasificación SUCS.

Tabla 27: Resumen de la clasificación de suelos KM 9+000 AL 11+250.

C-12	9+000	DER	M-1	0.05-070	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	9+000	DER	M-2	0.70-1.75	SP-SM	A-4	ARENA POBREMENTE GRADADA CON LIMO
C-13	9+250	IZQ	M-1	0.05-0.65	GC	A-1	GRAVA ARCILLOSA
	9+250	IZQ	M-2	0.65-1.30	SM	A-4	ARENA LIMOSA
	9+250	IZQ	M-3	1.30-1.75	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-14	9+500	DER	M-1	0.05-0.80	GC	A-2-4(0)	GRAVA ARCILLOSA
	9+500	DER	M-2	0.80-1.15	CL-ML	A-4	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	9+500	DER	M-3	1.15-1.75	SP-SC	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
C-15	9+750	IZQ	M-1	0.05-0.60	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	9+750	IZQ	M-2	0.60-0.75	CL	A-7	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	9+750	IZQ	M-3	0.75-1.35	GC	A-2-4(0)	GRAVA ARCILLOSA
	9+750	IZQ	M-4	1.35-1.75	SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-16	10+000	DER	M-1	0.05-0.55	GC	A-2-4(0)	GRAVA ARENOSA CON ARCILLA
	10+000	DER	M-2	0.55-0.80	SP-SC	A-4	ARENA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
	10+000	DER	M-3	0.80-1.75	SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-17	10+250	IZQ	M-1	0.05-0.35	GC	A-2-4(0)	GRAVA ARENOSA CON ARCILLA
	10+250	IZQ	M-2	0.35-0.85	SM	A-4	ARENA LIMOSA CON GRAVA
	10+250	IZQ	M-3	0.85-1.75	SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-18	10+500	DER	M-1	0.05-0.50	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	10+500	DER	M-2	0.50-1.75	SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-19	10+750	IZQ	M-1	0.05-0.80	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	10+750	IZQ	M-2	0.80-1.20	SM	A-4	ARENA LIMOSA
	10+750	IZQ	M-3	1.20-1.75	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-20	11+000	DER	M-1	0.05-0.75	GC	A-2-4(0)	GRAVA ARCILLOSA
	11+000	DER	M-2	0.75-1.25	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+000	DER	M-3	1.25-1.75	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-21	11+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	11+250	IZQ	M-2	0.45-1.00	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+250	IZQ	M-3	1.00-1.75	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD

FUENTE: Elaboración propia.

En este tramo podemos ver suelos conformados por gravas arcillosas, arenas limosas de baja plasticidad, arenas pobremente gradadas, arenas bien gradadas, arcilla limosa de baja plasticidad, según su clasificación SUCS.

Tabla 28: Resumen de la clasificación de suelos KM 11+500 AL 14+000.

CALICATA	KM	LADO	CAPA	PROFUD.	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
					SUCS	AASTHO	
C-22	11+500	DER	M-1	0.05-0.40	SM	A-4	ARENA LIMOSA
	11+500	DER	M-2	0.40-0.75	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+500	DER	M-3	0.75-1.75	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-23	11+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	11+750	IZQ	M-2	0.40-0.80	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+750	IZQ	M-3	0.80-1.75	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-24	12+000	DER	M-1	0.05-0.60	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+000	DER	M-2	0.60-1.15	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	12+000	DER	M-3	1.15-1.75	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-25	12+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+250	IZQ	M-2	0.45-0.75	CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	12+250	IZQ	M-3	0.75-1.75	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-26	12+500	DER	M-1	0.05-0.60	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+500	DER	M-2	0.60-1.75	SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-27	12+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+750	IZQ	M-2	0.40-1.40	SM-SC	A-4	ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	12+750	IZQ	M-3	1.40-1.50	SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-28	13+000	DER	M-1	0.05-0.45	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+000	DER	M-2	0.45-0.90	SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+000	DER	M-3	0.90-1.50	SW	A-1-b(0)	ARENA BIEN GRADADA.
C-29	13+250	IZQ	M-1	0.05-0.40	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+250	IZQ	M-2	0.40-0.90	CL	A-7	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	13+250	IZQ	M-3	0.90-1.70	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-30	13+500	DER	M-1	0.05-0.50	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+500	DER	M-2	0.05-0.80	SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+500	DER	M-3	0.80-1.60	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-31	13+750	IZQ	M-1	0.05-0.55	GP-GC	A-1-a	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
	13+750	IZQ	M-2	0.55-1.05	SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+750	IZQ	M-3	1.05-1.55	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-32	14+000	DER	M-1	0.05-0.40	GC	A-2-4(0)	GRAVA, ARENA ARCILLOSA
	14+000	DER	M-2	0.40-1.10	CL-ML	A-4(2)	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	14+000	DER	M-3	1.10-1.60	SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA

FUENTE: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos en el tramo Km 6+000 al Km 14+000 en ambos lados de la vía, presentan suelos alternados podemos observar en su mayoría arcillas, limos y arenas de baja plasticidad (CL, ML, SP), arenas limosas (SM), gravas arcillosas (GC) y arcillas orgánicas (OH), además presenta un nivel freático de 1.30m que está por debajo de la cota de suelo de fundación no presenta riesgo de estabilidad de la estructura de la carretera.

- **Ensayo de Próctor modificado**

El propósito de este ensayo se desarrollara con el fin de determinar el contenido óptimo de humedad, y la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada, a continuación mostramos el cuadro de resumen del ensayo de Próctor modificado.

Tabla 29: Resumen del ensayo de Próctor modificado KM 6+250 AL 14+000.

CALICATA	KM	LADO	CAPA	PROFUND.	PROCTOR MODIFICADO		CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
					DENSIDAD MÁXIMA SECA (gr/cm ³)	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	SUCS	AASHTO	
C-1	6+250	IZQ	M-1	0.05-0.30	1.93	8.3	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+250	IZQ	M-2	0.30-1.50			ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-2	6+500	DER	M-1	0.05-0.30	1.84	13.5	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+500	DER	M-2	0.05-0.80			ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	6+500	DER	M-3	0.80-1.60			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-3	6+730	IZQ	M-1	0.05-0.50	1.8	12.2	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+730	IZQ	M-2	0.50-0.90			ML-CL	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	6+730	IZQ	M-3	0.90-1.50			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-4	7+000	DER	M-1	0.05-0.30	1.86	8.9	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+000	DER	M-2	0.30-1.50			SM	A-3(1)	ARENA LIMOSA
C-5	7+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	1.81	9.2	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+250	IZQ	M-2	0.50-0.70			SC	A-4	ARENA ARCILLOSA
	7+250	IZQ	M-3	0.50-1.60			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-6	7+500	DER	M-1	0.05-0.30	1.927	12.8	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+500	DER	M-2	0.30-1.60			SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-7	7+750	IZQ	M-1	0.05-0.30	1.94	8.6	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+750	IZQ	M-2	0.30-1.50			ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-8	8+000	DER	M-1	0.05-0.50	1.71	12.3	GC	A-2-4	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	8+000	DER	M-2	0.50-1.10			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	8+000	DER	M-3	1.10-1.60			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-9	8+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	1.7	13.2	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+250	IZQ	M-2	0.05-1.30			SC-SM	A-4	ARENA ARCILLOSA CON LIMO
	8+250	IZQ	M-3	1.30-1.60			SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-10	8+500	DER	M-1	0.05-0.50	1.75	12.7	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+500	DER	M-2	0.50-0.95			SC	A-3	ARENA ARCILLOSA
	8+500	DER	M-3	0.95-1.65			SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-11	8+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	1.75	12.7	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+750	IZQ	M-2	0.40-1.10			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	8+750	IZQ	M-3	1.10-1.60			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-12	9+000	DER	M-1	0.05-0.70	1.809	10.75	GC	A-2	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	9+000	DER	M-2	0.70-1.75			SP-SM	A-4	ARENA POBREMENTE GRADADA CON LIMO
C-13	9+250	IZQ	M-1	0.05-0.65	1.93	8.3	GC	A-1	GRAVA ARCILLOSA
	9+250	IZQ	M-2	0.65-1.30			SM	A-4	ARENA LIMOSA
	9+250	IZQ	M-3	1.30-1.75			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-14	9+500	DER	M-1	0.05-0.80	1.76	13.5	GC	A-1	GRAVA ARCILLOSA

	9+500	DER	M-2	0.80-1.15			CL-ML	A-4	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	9+500	DER	M-3	1.15-1.75			SP-SC	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
C-15	9+750	IZQ	M-1	0.05-0.60	1.84	10.5	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	9+750	IZQ	M-2	0.60-0.75			CL	A-7	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	9+750	IZQ	M-3	0.75-1.35			GC	A-2-4(0)	GRAVA ARCILLOSA
	9+750	IZQ	M-4	1.35-1.75			SM	A-3	ARENA LIMOSA
C-16	10+000	DER	M-1	0.05-0.55	1.81	9.2	GC	A-1-b(0)	GRAVA ARENOSA CON ARCILLA
	10+000	DER	M-2	0.55-0.80			SP-SC	A-4	ARENA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
	10+000	DER	M-3	0.80-1.75			SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-17	10+250	IZQ	M-1	0.05-0.35	1.8	9.8	GC	A-2-b(0)	GRAVA ARENOSA CON ARCILLA
	10+250	IZQ	M-2	0.35-0.85			SM	A-4	ARENA LIMOSA CON GRAVA
	10+250	IZQ	M-3	0.85-1.75			SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-18	10+500	DER	M-1	0.05-0.50	1.927	12.8	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	10+500	DER	M-2	0.50-1.75			SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-19	10+750	IZQ	M-1	0.05-0.80	1.94	8.6	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	10+750	IZQ	M-2	0.80-1.20			SM	A-4	ARENA LIMOSA
	10+750	IZQ	M-3	1.20-1.75			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-20	11+000	DER	M-1	0.05-0.75	1.71	12.3	GC	A-2-4(0)	GRAVA ARCILLOSA
	11+000	DER	M-2	0.75-1.25			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+000	DER	M-3	1.25-1.75			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-21	11+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	1.7	13.2	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	11+250	IZQ	M-2	0.45-1.00			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+250	IZQ	M-3	1.00-1.75			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-22	11+500	DER	M-1	0.05-0.40	1.75	12.7	SM	A-4	ARENA LIMOSA
	11+500	DER	M-2	0.40-0.75			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+500	DER	M-3	0.75-1.75			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-23	11+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	1.72	10.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	11+750	IZQ	M-2	0.40-0.80			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+750	IZQ	M-3	0.80-1.75			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-24	12+000	DER	M-1	0.05-0.60	1.82	11.5	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+000	DER	M-2	0.60-1.15			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	12+000	DER	M-3	1.15-1.75			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-25	12+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	1.78	12.6	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+250	IZQ	M-2	0.45-0.75			CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	12+250	IZQ	M-3	0.75-1.75			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-26	12+500	DER	M-1	0.05-0.60	1.908	12.28	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+500	DER	M-2	0.60-1.75			SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-27	12+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	1.84	8.2	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+750	IZQ	M-2	0.40-1.40			SM-SC	A-4	ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	12+750	IZQ	M-3	1.40-1.50			SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-28	13+000	DER	M-1	0.05-0.45	1.87	9	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+000	DER	M-2	0.45-0.90			SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+000	DER	M-3	0.90-1.50			SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-29	13+250	IZQ	M-1	0.05-0.40	1.69	13.8	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+250	IZQ	M-2	0.40-0.90			CL	A-7	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	13+250	IZQ	M-3	0.90-1.70			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-30	13+500	DER	M-1	0.05-0.50	1.8	12.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+500	DER	M-2	0.05-0.80			SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+500	DER	M-3	0.80-1.60			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-31	13+750	IZQ	M-1	0.05-0.55	1.84	8.6	GP-GC	A-1-a	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
	13+750	IZQ	M-2	0.55-1.05			SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+750	IZQ	M-3	1.05-1.55			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-32	14+000	DER	M-1	0.05-0.40	1.68	12.8	GC	A-2-4(0)	GRAVA, ARENA ARCILLOSA

	14+000	DER	M-2	0.40-1.10			CL-ML	A-4(2)	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	14+000	DER	M-3	1.10-1.60			SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA

FUENTE: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos de Próctor modificado en el laboratorio su densidad máxima seca es 1.81 y óptimo contenido de humedad es 11.18, estos resultados de suelos nos indica que en este tramo su capacidad de drenaje de aceptable a mala.

Ensayo de CBR

La capacidad de soporte del suelo de fundación de la sub rasante, en el cual se mide con el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) con indicador digital, con capacidad de 50KN, 220-240 V 50-60 Hz UTS-0854/110.

Tabla 30: Resumen del ensayo de CBR KM 6+000 AL 14+000.

CALICAT A	KM	LAD O	CAP A	PROFU D.	PROCTOR				CLASIFICACIÓN		DESCRIPCION DEL MATERIAL
					DENSIDA D MAXIMA SECA (%)	OPTIMO CONTENID O DE HUMEDAD (%)	CBR EN LABORATORI O 95%	CBR EN LABORATORI O 100%	SUCS	AASHT O	
C-1	6+250	IZQ	M-1	0.05-0.30	1.93	8.3	4.2	6.5	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+250	IZQ	M-2	0.30-1.50					ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-2	6+500	DER	M-1	0.05-0.30	1.84	13.5	4.1	6.5	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+500	DER	M-2	0.05-0.80					ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	6+500	DER	M-3	0.80-1.60					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-3	6+730	IZQ	M-1	0.05-0.30	1.8	12.2	5.2	7.8	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	6+730	IZQ	M-2	0.50-0.90					ML-CL	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	6+730	IZQ	M-3	0.90-1.50					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-4	7+000	DER	M-1	0.05-0.30	1.86	8.9	6.4	10.3	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+000	DER	M-2	0.30-1.50					SM	A-3(1)	ARENA LIMOSA
C-5	7+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	1.81	9.2	5.4	8.4	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+250	IZQ	M-2	0.50-0.70					SC	A-4	ARENA ARCILLOSA
	7+250	IZQ	M-3	0.50-1.60					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-6	7+500	DER	M-1	0.05-0.30	1.927	12.8	5.3	7.7	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+500	DER	M-2	0.30-1.60					SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-7	7+750	IZQ	M-1	0.05-0.30	1.94	8.6	5.3	7.4	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	7+750	IZQ	M-2	0.30-1.50					ML	A-4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-8	8+000	DER	M-1	0.05-0.50	1.71	12.3	4.2	6.5	GC	A-2-4	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	8+000	DER	M-2	0.50-1.10					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	8+000	DER	M-3	1.10-1.60					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-9	8+250	IZQ	M-1	0.05-0.50	1.7	13.2	6.2	9.4	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+250	IZQ	M-2	0.05-1.30					SC-SM	A-4	ARENA ARCILLOSA CON LIMO
	8+250	IZQ	M-3	1.30-1.60					SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-10	8+500	DER	M-1	0.05-0.50	1.75	12.7	5.2	7.4	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+500	DER	M-2	0.50-0.95					SC	A-3	ARENA ARCILLOSA
	8+500	DER	M-3	0.95-1.65					SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-11	8+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	1.75	12.7	6.1	9.4	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	8+750	IZQ	M-2	0.40-1.10					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD

	8+750	IZQ	M-3	1.10-1.60					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-12	9+000	DER	M-1	0.05-0.70	1.809	10.75	6.1	9.0	GC	A-2	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	9+000	DER	M-2	0.70-1.75					SP-SM	A-4	ARENA POBREMENTE GRADADA CON LIMO
C-13	9+250	IZQ	M-1	0.05-0.65	1.93	8.3	6.3	9.4	GC	A-1	GRAVA ARCILLOSA
	9+250	IZQ	M-2	0.65-1.30					SM	A-4	ARENA LIMOSA
	9+250	IZQ	M-3	1.30-1.75					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-14	9+500	DER	M-1	0.05-1.15	1.76	13.5	4.3	7.4	GC	A-1	GRAVA ARCILLOSA
	9+500	DER	M-2	0.80-1.15					CL-ML	A-4	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	9+500	DER	M-3	1.15-1.75					SP-SC	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
C-15	9+750	IZQ	M-1	0.05-0.75	1.84	10.5	6.1	9.0	OH	A-7	SUELO ORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	9+750	IZQ	M-2	0.60-0.75					CL	A-7	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	9+750	IZQ	M-3	0.75-1.35					GC	A-2-4(0)	GRAVA ARCILLOSA
	9+750	IZQ	M-4	1.35-1.75					SM	A-3	ARENA LIMOSA
C-16	10+000	DER	M-1	0.05-0.55	1.81	9.2	6.1	9.4	GC	A-1-b(0)	GRAVA ARENOSA CON ARCILLA
	10+000	DER	M-2	0.55-0.80					SP-SC	A-4	ARENA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
	10+000	DER	M-3	0.80-1.75					SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-17	10+250	IZQ	M-1	0.05-0.35	1.8	9.8	6.4	9.7	GC	A-1-b(0)	GRAVA ARENOSA CON ARCILLA
	10+250	IZQ	M-2	0.35-0.85					SM	A-4	ARENA LIMOSA CON GRAVA
	10+250	IZQ	M-3	0.85-1.75					SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-18	10+500	DER	M-1	0.05-0.50	1.927	12.8	5.2	7.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	10+500	DER	M-2	0.50-1.75					SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-19	10+750	IZQ	M-1	0.05-0.80	1.94	8.6	6.4	9.7	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	10+750	IZQ	M-2	0.80-1.20					SM	A-4	ARENA LIMOSA
	10+750	IZQ	M-3	1.20-1.75					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-20	11+000	DER	M-1	0.05-0.75	1.71	12.3	5.3	7.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA ARCILLOSA
	11+000	DER	M-2	0.75-1.25					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+000	DER	M-3	1.25-1.75					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-21	11+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	1.7	13.2	4.3	6.1	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	11+250	IZQ	M-2	0.45-1.00					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+250	IZQ	M-3	1.00-1.75					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-22	11+500	DER	M-1	0.05-0.40	1.75	12.7	6.2	8.4	SM	A-4	ARENA LIMOSA
	11+500	DER	M-2	0.40-0.75					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+500	DER	M-3	0.75-1.75					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-23	11+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	1.72	10.4	5.1	7.8	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	11+750	IZQ	M-2	0.40-0.80					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	11+750	IZQ	M-3	0.80-1.75					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-24	12+000	DER	M-1	0.05-0.60	1.82	11.5	6.2	8.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+000	DER	M-2	0.60-1.15					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	12+000	DER	M-3	1.15-1.75					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-25	12+250	IZQ	M-1	0.05-0.45	1.78	12.6	5.3	7.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+250	IZQ	M-2	0.45-0.75					CL-ML	A-7	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	12+250	IZQ	M-3	0.75-1.75					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-26	12+500	DER	M-1	0.05-0.60	1.908	12.28	6.3	9.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+500	DER	M-2	0.60-1.75					SM	A-4	ARENA LIMOSA
C-27	12+750	IZQ	M-1	0.05-0.40	1.84	8.2	5.2	7.8	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	12+750	IZQ	M-2	0.40-1.40					SM-SC	A-4	ARENA LIMOSA CON ARCILLA
	12+750	IZQ	M-3	1.40-1.50					SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-28	13+000	DER	M-1	0.05-0.45	1.87	9	6.1	9.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+000	DER	M-2	0.45-0.90					SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+000	DER	M-3	0.90-1.50					SW	A-3	ARENA BIEN GRADADA.
C-29	13+250	IZQ	M-1	0.05-0.40	1.69	13.8	4.2	7.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+250	IZQ	M-2	0.40-0.90					CL	A-7	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	13+250	IZQ	M-3	0.90-1.70					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-30	13+500	DER	M-1	0.05-0.50	1.8	12.4	6.1	9.4	GC	A-2-4(0)	GRAVA Y ARENA ARCILLOSA
	13+500	DER	M-2	0.05-0.80					SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+500	DER	M-3	0.80-1.60					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA

C-31	13+75 0	IZQ	M-1	0.05- 0.55	1.84	8.6	6.2	9.4	GP- GC	A-1-a	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
	13+75 0	IZQ	M-2	0.55- 1.05					SM	A-4	ARENA LIMOSA
	13+75 0	IZQ	M-3	1.05- 1.55					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA
C-32	14+00 0	DER	M-1	0.05- 0.40	1.68	12.8	4.2	6.5	GC	A-2-4(0)	GRAVA, ARENA ARCILLOSA
	14+00 0	DER	M-2	0.40- 1.10					CL- ML	A-4(2)	ARCILLA LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD
	14+00 0	DER	M-3	1.10- 1.60					SP	A-3	ARENA POBREMENTE GRADADA

FUENTE: Elaboración propia.

Con los resultados de que se ha evaluado a nivel de Sub rasante, de la progresiva Km 6+000 al Km 6+500, se tiene el tipo de suelo arena limosa con CBR de 4.1% y 4.2% que en el cual se encuentra en un rango de inaceptable según las especificaciones técnicas de la EG – 2013, presenta el nivel freático a una profundidad de 1.10m.

De la progresiva Km 6+500 al Km 9+000, presentan suelos alternados de arcillas limosas (CL-ML), arenas limosas (SM-SC), gravas arcillosas (GC) y material orgánico (OH), con un CBR de 4% y 6% que en el cual se encuentra en un rango inadecuado a aceptable según las especificaciones técnicas, además presentan un nivel freático a una profundidad de 1.30m que está por debajo de la cota de suelo de fundación para lo cual no presenta riesgo de estabilidad de la estructura de la carretera en construcción.

Se ha evaluado a nivel de la sub rasante de la progresiva Km 9+000 al Km 14+000, las banquetas de ambos lados de la vía, presentan suelos alternados por arenas limosas (SM-SC), arcillas limosas (CL-ML), arena pobremente gradada a bien gradada (SP-SW), grava arcillosa (GC), con un CBR de 4% y 6% que se encuentra en un rango de malo a inadecuado según las especificaciones técnicas del EG-2013, que presenta riesgo de estabilidad del suelo de fundación de la estructura de la carretera.

4.2.4. Evaluación de terreno de fundación

Con los trabajos de campo y ensayos realizados en el laboratorio podemos ver el comportamiento del subsuelo que nos pueda ayudar a conocer el tipo de suelo presente en el terreno natural, estimaciones de los posibles asentamientos en el terraplén,

determinación de los problemas potenciales con los suelos expansivos, suelos compresibles, establecimiento del nivel freático, y el establecimiento de los métodos de construcción debido a cambios en las condiciones del subsuelo.

Con esta finalidad se realizaron muestreos del material mediante calicatas y trincheras a cada 250m en la carretera en construcción Calacota Santa Rosa de Huayllata, se realizó 32 calicatas a cielo abierto con profundidades varían de 0.05 a 1.75m dependiendo del comportamiento de la estratigrafía del subsuelo.

En base a los resultados obtenidos a los trabajos de campo y laboratorio se describe a continuación la conformación en los sectores estudiados.

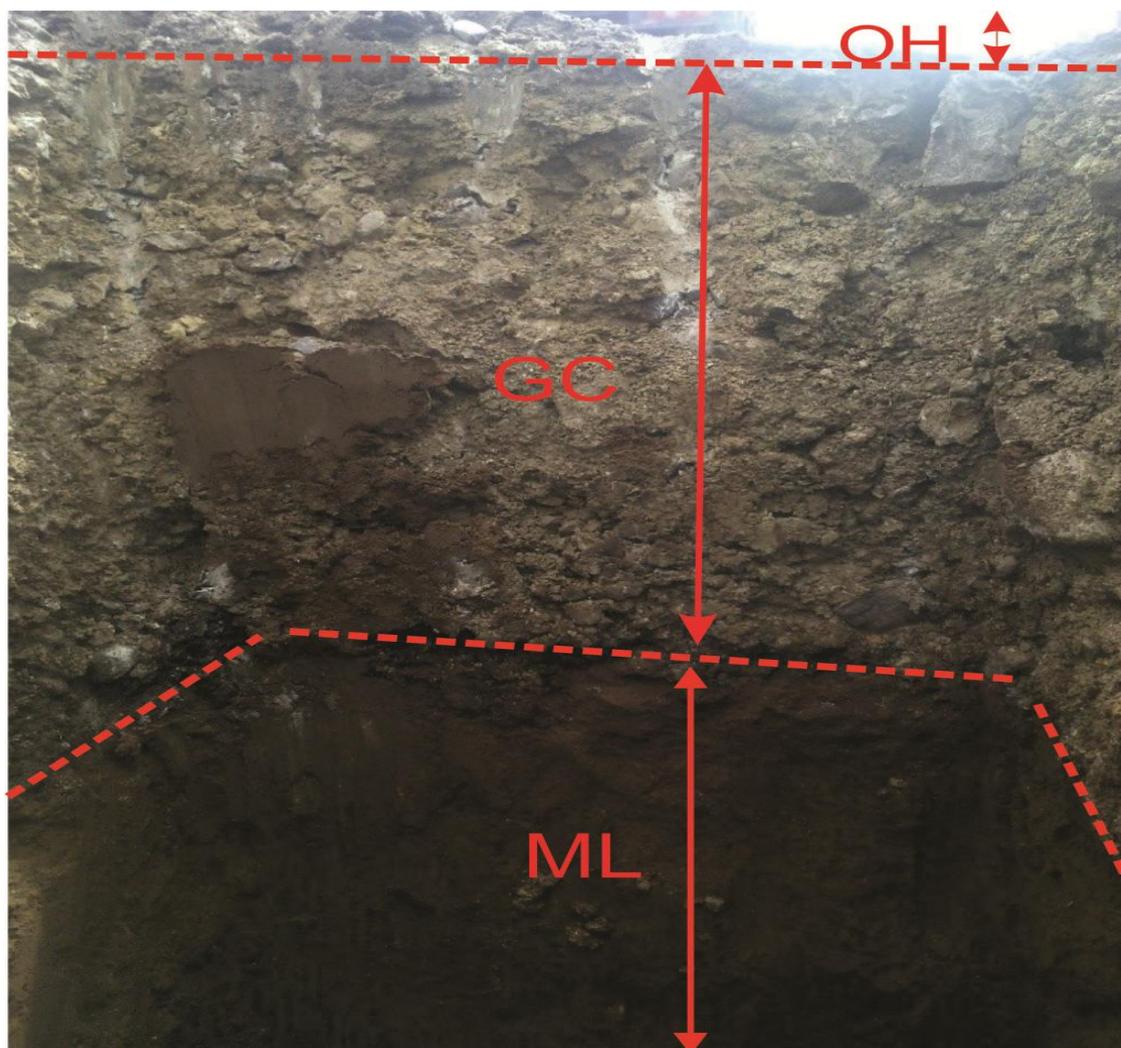


Figura N° 12. Muestro de calicatas.

a) **Descripción de los Perfiles Estratigráficos**

- **Calicata N°01. Lado Izquierdo. Progresiva: 6+000 al 6+250.**

Los suelos de fundación en este tramo el nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.15 m del nivel del terreno natural, podemos identificar mediante la clasificación SUCS como: material orgánico (OH), limo con arcillas de baja plasticidad (ML) de acuerdo a la clasificación AASHTO A-7, A-4 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.50 mts, la humedad promedio es de 15.69%, el cual nos indica que el suelo se encuentra altamente saturado.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 4.2% al (95%) y 6.5% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.93 g/cm³, con una humedad óptima de 8.3%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO					
SOLICITANTE : GOBIERNO REGIONAL - PUNO			PROGRESIVA : KM. 6+250		
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO			LADO : IZQ		
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA			PROFUNDIDAD : 0.05m-1.50m		
PROFUND. mts.	PERFIL DEL SUELO	MUESTRA	SIMBOLO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35		M-1	OH	A-7	Suelos conformados de material organico.
0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00 1.05 1.10 1.15 1.20 1.25 1.30 1.35 1.40 1.45 1.50		M-2	ML	A-4	Son suelos conformados de sedimentos constituidos de suelos limosos de color café oscuro.
		▼ N.F			

OBSERVACIÓN: A la profundidad alcanzada no se ha determinado la presencia de la napa freatica.

Figura N° 13. Registro de excavación de la calicata N°01.

- **Calicata N°02. Lado Derecho. Progresiva: 6+250 al 6+500**

El terreno de fundación de este HV tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: material orgánico (OH), limo arenosos de baja plasticidad (ML), arena mal gradada (SP), y según la clasificación AASHTO, A-7, A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.60 mts.

De acuerdo a los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 4.1% al (95%) y 6.5% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.84 g/cm³, con una humedad optima de 13.5%.

- **Calicata N°04. Lado Derecho. Progresiva: 6+730 al 7+000.**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: Arcilla orgánica de alta plasticidad (OH), Arena limosa (SM), de acuerdo a la clasificación AASHTO A-7, A-3(1) a una profundidad de exploración 0.05 a 1.50 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.4% al (95%) y 10.3% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.86 g/cm³, con una humedad optima de 8.9%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°05. Lado Izquierdo. Progresiva: 7+000 al 7+250.**

Los suelos de fundación en este tramo el nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.35 m del nivel del terreno natural, podemos identificar mediante la clasificación SUCS como: arcilla organica de alta plasticidad (OH), arena arcillosa (SC), arena pobremente gradada (SP) y según a la clasificación AASHTO A-7, A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.60 mts, la humedad promedio es de 15.40%, el cual nos indica que el suelo se encuentra altamente saturado.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 5.4% al (95%) y 8.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.81 g/cm³, con una humedad optima de 9.2%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO SOLICITANTE : GOB. REGIONAL PUNO PROGRESIVA : KM. 7+250 UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO LADO : IZQ TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA PROFUNDIDAD : 0.05m-1.60m					
PROFUND. mts.	PERFIL DEL SUELO	MUESTRA	SIMBOLO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
0.05		M-1	OH	A-7	Suelos conformados de material organico.
0.10					
0.15					
0.20					
0.25					
0.30					
0.35					
0.40					
0.45					
0.50					
0.55		M-2	SC	A-4	Son suelos conformados de sedimentos finos por arcillas arenosas de baja plasticidad.
0.60					
0.65					
0.70					
0.75					
0.80		M-3	SP	A-3	Son suelos conformados de sedimentos constituidos por arenas finas.
0.85					
0.90					
0.95					
1.00					
1.05					
1.10					
1.15					
1.20					
1.25					
1.30					
1.35					
1.40					
1.45					
1.50					
1.55					
1.60					

OBSERVACIÓN: A la profundidad alcanzada se ha determinado la presencia de la napa freatica.

Figura N° 15. Registro de excavación de la calicata N°05.

- Calicata N°06. Lado Derecho. Progresiva: 7+250 al 7+500

Los suelos de fundación en este tramo el nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.35 m del nivel del terreno natural, podemos identificar mediante la clasificación SUCS como: arcilla orgánica de alta plasticidad (OH), arena limosa (SM) y según a la clasificación AASHTO A-7, A-4 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.60

mts, la humedad promedio es de 19.76%, el cual nos indica que el suelo se encuentra altamente saturado.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 5.3% al (95%) y 7.7% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.927 g/cm³, con una humedad optima de 12.8%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO					
SOLICITANTE : GOBIERNO REGIONAL - PUNO			PROGRESIVA : KM. 7+500		
UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO			LADO : DER		
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA			PROFUNDIDAD : 0.05m - 1.60m		
PROFUND. mts.	PERFIL DEL SUELO	MUESTRA	SIMBOLO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
0.05		M-1	OH	A-7	Suelos conformados de material organico.
0.10					
0.15					
0.20					
0.25					
0.30					
0.35					
0.40					
0.45					
0.50					
0.55		M-2	SM	A-4	Son suelos conformados de sedimentos finos constituidos de arenas limosas en estado seco semicompacto de color beig de baja plasticidad.
0.60					
0.65					
0.70					
0.75					
0.80					
0.85					
0.90					
0.95					
1.00					
1.05					
1.10		N.F.			
1.15					
1.20					
1.25					
1.30					
1.35					
1.40					
1.45					
1.50					
1.55					
1.60					

OBSERVACIÓN: A la profundidad alcanzada se ha determinado la presencia de la napa freatica.

Figura N° 16. Registro de excavación de la calicata N°06.

- **Calicata N°07. Lado Izquierdo. Progresiva: 7+500 al 7+750**

Los suelos de fundación en este tramo el nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.25 m del nivel del terreno natural, podemos identificar mediante la clasificación SUCS como: arcilla orgánica de alta plasticidad (OH), limo arenoso de baja plasticidad (ML) y según a la clasificación AASHTO A-7, A-4 a una profundidad de

exploración 0.05 a 1.50 mts, la humedad promedio es de 9.51%, el cual nos indica que el suelo se encuentra saturado.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 5.3% al (95%) y 7.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.94 g/cm³, con una humedad optima de 8.6%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO SOLICITANTE : GOBIERNO REGIONAL - PUNO UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA PROGRESIVA : KM. 7+750 LADO : IZQ PROFUNDIDAD : 0.05 - 1.50					
PROFUND. mts.	PERFIL DEL SUELO	MUESTRA	SIMBOLO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35		M-1	OH	A-7	Suelos conformados de material organico.
0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00 1.05 1.10 1.15 1.20 1.25 1.30 1.35 1.40 1.45 1.50		M-2	ML	A-4	Son suelos conformados de sedimentos constituidos por arenas finas.

OBSERVACIÓN:

Figura N° 17. Registro de excavación de la calicata N°07.

- **Calicata N°08. Lado Derecho. Progresiva: 7+750 al 8+000**

Los suelos de fundación en este tramo el nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.35 m del nivel del terreno natural, podemos identificar mediante la clasificación SUCS como: grava y arenas arcillosas (GC), arcillas limoso de baja plasticidad (CL-ML), arena pobremente gradada (SP) y según a la clasificación AASHTO

A-2-4, A-7, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.60 mts, la humedad promedio alcanza a 23.86%, el cual nos indica que el suelo se encuentra altamente saturado.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 4.2% al (95%) y 6.5% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.71 g/cm³, con una humedad optima de 12.3%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO SOLICITANTE : GOB. REGION LA PUNO UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA PROGRESIVA : KM. 8+000 LADO : DER PROFUNDIDAD : 0.05m-1.60m					
PROFUND. mts.	PERFIL DEL SUELO	MUESTRA	SIMBOLO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00 1.05 1.10 1.15 1.20 1.25 1.30 1.35 1.40 1.45 1.50 1.55 1.60		M-1	GC	A-2-4	Gravas y arenas arcillosas.
		M-2	CL-ML	A-7	Son suelos conformados de sedimentos finos constituidos de arcillas limosas en estado humedo semi compacto de color beige de baja plasticidad.
		M-3	SP	A-3	Son suelos conformados de sedimentos constituidos por arenas finas.
		N.F.			

OBSERVACIÓN: A la profundidad alcanzada se ha determinado la presencia de la napa freatica.

Figura N° 18. Registro de excavación de la calicata N°08.

Calicata N°09. Lado Izquierdo. Progresiva: 8+000 al 8+250

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: Arcilla orgánica de alta plasticidad (OH), Arena arcillosa con limo (SC-SM), arena bien gradada (SW), de acuerdo a la clasificación AASHTO A-7, A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.60 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.2% al (95%) y 9.4% al (100%), con una densidad máxima se8ca de 1.7 g/cm³, con una humedad optima de 13.2%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO SOLICITANTE : GOBIERNO REGIONAL - PUNO UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA PROGRESIVA : KM. 8+250 LADO : IZQ PROFUNDIDAD : 0.05m-1.60m					
PROFUND. mts.	PERFIL DEL SUELO	MUESTRA	SIMBOLO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50		M-1	OH	A-7	Suelos conformados de material organico.
0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00 1.05 1.10 1.15 1.20 1.25 1.30		M-2	SC-SM	A-4	Son suelos conformados de sedimentos finos constituidos de arenas limosas en estado humedo semicomacto de baja plasticidad.
1.35 1.40 1.45 1.50 1.55 1.60		M-3	SW	A-3	son suelos bien graduados constituidos de arenas humedo semicomacto.

OBSERVACIÓN: A la profundidad alcanzada no se ha determinado la presencia de la napa freatica.

Figura N° 19. Registro de excavación de la calicata N°09.

- **Calicata N°10. Lado Derecho. Progresiva: 8+250 al 8+500**

Los suelos de fundación en este tramo el nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.35 m del nivel del terreno natural, podemos identificar mediante la clasificación SUCS como: arcilla orgánica de alta plasticidad (OH), arena arcillosa (SC), arena bien gradada (SW) y según a la clasificación AASHTO A-7, A-3, A-3 a una

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.1% al (95%) y 9.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.75 g/cm³, con una humedad optima de 12.7%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°12. Lado Derecho. Progresiva: 8+750 al 9+000**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena pobremente gradada con limo (SP-SM) y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2, A-4 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.1% al (95%) y 9.0% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.809 g/cm³, con una humedad optima de 10.75%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°13. Lado Izquierdo. Progresiva: 9+000 al 9+250**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa (SM), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-1, A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.3% al (95%) y 9.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.93 g/cm³, con una humedad optima de 8.3%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°14. Lado Derecho. Progresiva: 9+250 al 9+500**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arcilla limoso de baja plasticidad (CL-ML),

arena pobremente gradada con arcilla (SP-SC) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-1, A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 4.3% al (95%) y 7.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.76 g/cm³, con una humedad optima de 13.5%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°15. Lado Izquierdo. Progresiva: 9+500 al 9+750**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa (SM), arcilla orgánica de alta plasticidad (OH), arcilla de baja plasticidad (CL) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-3, A-7, A-7 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.1% al (95%) y 9.0% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.84 g/cm³, con una humedad optima de 10.5%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°16. Lado Derecho. Progresiva: 9+750 al 10+000**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena pobremente gradada con arcilla (SP-SC), arena bien gradada (SW) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-1-b (0), A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.1% al (95%) y 9.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.81 g/cm³, con una humedad optima de 9.2%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°17. Lado Izquierdo. Progresiva: 10+000 al 10+250**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa (SM), arena bien gradada (SW) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-1-b (0), A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.4% al (95%) y 9.7% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.8 g/cm³, con una humedad optima de 9.8%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°18. Lado Derecho. Progresiva: 10+250 al 10+500**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa (SM), en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4 (0), A-4 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 5.2% al (95%) y 7.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.927 g/cm³, con una humedad optima de 12.8%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°19. Lado Izquierdo. Progresiva: 10+500 al 10+750**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa (SM), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4 (0), A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.4% al (95%) y 9.7% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.94 g/cm³, con una humedad optima de 8.6%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°20. Lado Derecho. Progresiva: 10+750 al 11+000**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arcilla limoso de baja plasticidad (CL-ML), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4 (0), A-7, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 5.3% al (95%) y 7.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.71 g/cm³, con una humedad optima de 12.3%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°21. Lado Izquierdo. Progresiva: 11+000 al 11+250**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arcilla limoso de baja plasticidad (CL-ML), arcilla de baja plasticidad (CL-ML) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4 (0), A-7, A-7 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 4.3% al (95%) y 6.1% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.7 g/cm³, con una humedad optima de 13.2%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°22. Lado Derecho. Progresiva: 11+250 al 11+500**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: arena limosa (SM), arcillosa limoso de baja plasticidad (CL-ML), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-4, A-7, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.2% al (95%) y 8.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.75 g/cm³, con una humedad optima de 12.7%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°23. Lado Izquierdo. Progresiva: 11+500 al 11+750**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arcilla limoso de baja plasticidad (CL-ML), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-7, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 5.1% al (95%) y 7.8% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.72 g/cm³, con una humedad optima de 10.4%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°24. Lado Derecho. Progresiva: 11+750 al 12+000**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limoso de baja plasticidad (CL-ML), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-7, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.2% al (95%) y 8.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.82 g/cm³, con una humedad optima de 11.5%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°25. Lado Izquierdo. Progresiva: 12+000 al 12+250**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arcilla limoso de baja plasticidad (CL-ML), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-7, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 5.3% al (95%) y 7.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.78 g/cm³, con una humedad optima de 12.6%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°26. Lado Derecho. Progresiva: 12+250 al 12+500**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa (SM) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-4 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.75 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.3% al (95%) y 9.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.908 g/cm³, con una humedad optima de 12.28%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°27. Lado Izquierdo. Progresiva: 12+500 al 12+750**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa con arcilla (SM-SC), arena bien

gradada (SW) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.50 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 5.2% al (95%) y 7.8% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.84g/cm³, con una humedad optima de 8.2%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°28. Lado Derecho. Progresiva: 12+750 al 13+000**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa (SM), arena bien gradada (SW) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.50 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.1% al (95%) y 9.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.87g/cm³, con una humedad optima de 9%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°29. Lado Izquierdo. Progresiva: 13+000 al 13+250**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arcilla de baja plasticidad (CL), arena pobremente gradada (SP) en estado semi compacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-7, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.70 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 4.2% al (95%) y 7.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.69g/cm³, con una humedad optima de 13.8%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°30. Lado Derecho. Progresiva: 13+250 al 13+500**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arena limosa (SM), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.60 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.1% al (95%) y 9.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.8g/cm³, con una humedad optima de 12.4%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°31. Lado Izquierdo. Progresiva: 13+500 al 13+750**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava pobremente gradada con arcilla (GP-GC), arena limosa (SM), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-1-a, A-4, A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.55 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 6.2% al (95%) y 9.4% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.84g/cm³, con una humedad optima de 8.6%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

- **Calicata N°32. Lado Derecho. Progresiva: 13+750 al 14+000**

Los suelos de fundación en este tramo son identificados mediante la clasificación SUCS como: grava y arena arcillosa (GC), arcilla limoso de baja plasticidad (CL-ML), arena pobremente gradada (SP) en estado semicompacto y de acuerdo a la clasificación AASHTO A-2-4(0), A-4 (2), A-3 a una profundidad de exploración 0.05 a 1.60 mts.

Los ensayos de C.B.R. de este tramo presentan valores de 4.2% al (95%) y 6.5% al (100%), con una densidad máxima seca de 1.68g/cm³, con una humedad optima de 12.8%, por la baja capacidad de soporte lo cual requiere mejoramiento.

De esta manera se evaluó los suelos de fundación que conforman el terraplén, de acuerdo a los resultados obtenidos a lo largo del área de estudio se encuentra en un rango malo a inadecuado por lo cual se requiere mejoramiento a nivel de sub rasante.

4.2.5. Capacidad portante de suelos con fines de cimentación calicata N° 03 (PONTON)

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan una falla cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por tanto la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.

Calculo analítico de la carga de hundimiento

Capacidad de carga en cimentaciones superficiales están basadas en un buen número de idealizaciones sobre las características tensión-deformación del suelo:

- a) El suelo se supone rígido perfectamente plástico.
- b) La mayoría de las teorías suponen que el terreno es isótropo, es decir, que su resistencia es la misma en cualquier dirección.

- c) Se suele suponer que el terreno es homogéneo.

En cálculos sin drenaje (corto plazo en suelos cohesivos), la resistencia al corte sin drenaje se supone constante.

En cálculos con drenaje (suelos cohesivos a largo plazo o suelos granulares a corto y largo plazo), los parámetros de resistencia efectiva c' y ϕ' se suponen constantes.

- d) La mayoría de las teorías suponen que el suelo bajo la cimentación no pesa (densidad nula).

Formula de terzhagui y meyerhof

Las siguientes expresiones debidas a Prandtl (1920) corresponden a las fórmulas analíticas que proporcionan los valores de los coeficientes de carga de la fórmula polinómica de Brinch-Hansen.

$$Nq = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$Nc = (Nq + 1) \cot \phi$$

$$N\gamma = 2(Nq + 1) \tan \phi$$

En la siguiente tabla se recogen los valores de los coeficientes de carga para el rango de ángulos de rozamiento interno en los suelos.

Tabla 31: Coeficientes de carga.

Φ	N'c	N'q	N'γ	ϕ	N'c	N'q	N'γ
0	5.7	1	0	26	15.53	6.05	2.59
1	5.9	1.07	0.005	27	16.3	6.54	2.88
2	6.1	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.3	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.3	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.43
6	6.97	1.49	0.1	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.7	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.2	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.3	37	28.51	15.32	10.9
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.5	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.7	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.5
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.9	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.4
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.7
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.3
22	12.92	4.48	1.55	48	66.8	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	65.45
24	14.14	5.2	1.97	50	81.31	65.6	85.75
25	14.8	5.6	2.25				

E coeficientes de forma

Tras una serie muy cuidada de ensayo en modelo reducido en arena, De Beer (1970) dedujo las siguientes expresiones:

$$F_{es} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan\phi$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Coefficientes de inclinación

Las expresiones que proporcionan los valores de los coeficientes de inclinación se deben a Schultze (1952), Caquot y Odgaard entre otros.

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2$$

qad = Capacidad portante admisible = Kg/cm²

Ø = Angulo de fricción interna = Grados

d = Peso específico del suelo = Kg/cm³

C = Cohesión = kg/cm²

Df = profundidad de cimentación = cm.

B = ancho de la zapata = cm.

N'_c, N'_q, N'_γ = factores de capacidad de carga

DETERMINACION DE CAPACIDAD PORTANTE POR EL METODO MEYERHOF

SOLICITANTE	: GOBIERNO REGIONAL PUNO
PROYECTO	: "EVALUACION GEOTECNICA DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA TRAMO 6+000 AL 14+000, DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO"
CALICATA	: Nº 03, PONTON
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.

$$q_u = c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

FORMA :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

PROFUNDIDA D :

Condición (a) : $\frac{D_f}{B} \leq 1$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Condición (b) : $\frac{D_f}{B} > 1$

$$F_{cd} = 1 + (0.4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

INCLINACIÓN :

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$$

NOTA:
Estos factores de forma son relaciones empíricas basadas en numerosas pruebas de laboratorio. El factor $\tan^{-1}(D_f / B)$ está en

CALICATA 03

Df = 180 cm
 Ø = 20.6
 C' = 0.0192
 Nc = 9.32152
 Nq = 2.55576
 Nγ = 0.48288
 q = 0.0015 kg/cm²
 B = 200 cm
 L = 200 cm

β = 5
 γ = 0.0017 Kg/cm³
 Df/B = 0.9

Nivel Freático:
 D1 = 60.00 cm
 D2 = 120.00 cm
 γ_{sat} = 0.00153 Kg/cm³
 γ_w = 0.001 Kg/cm³
 γ = 0.0017 Kg/cm³

Reemplazando:
 q = 0.17 Kg/cm²

FORMA			PROFUNDIDAD			INCLINACIÓN			CAPACIDAD DE CARGA		
Fcs	Fqs	Fγs	Fcd	Fqd	Fγd	Fci	Fqi	Fγi	qu	qadm	qsat
1.274	1.376	0.600	1.360	1.284	1.000	0.892	0.892	0.573	0.311	0.104	0.062

Figura N° 21. Determinación de capacidad portante por el método MEYERHOF.

4.2.6. Mejoramiento de zonas inestables

Las características de los suelos de fundación tenemos que determinar los tramos que necesariamente requieren un tratamiento con material de roca para poder estabilizar mejor el suelo, en el cual que estos tramos no cumplen con las condiciones mínimas de

las especificaciones técnicas antes mencionadas para proporcionar la estabilidad y resistencia a las exigencias del tráfico.

4.2.7. Análisis del suelo en el tramo

4.2.7.1. Comportamiento climático

Se caracteriza por un ciclo térmico típico, de Abril a Noviembre es un periodo seco, con un clima frígido principalmente por la noche, con descensos de temperaturas muy fuertes que llegan hasta 10°C en forma normal, en Diciembre a Marzo con fuertes precipitaciones pluviales, nevadas y granizo, temperaturas medias de 3°C y 12°C. El promedio de precipitación es de 300 a 1000 mm.

4.2.7.2. Análisis geotécnico

En la meseta del altiplano en la mayor parte está conformado por suelos que son de origen aluvial, como arenas, limos y arcillas, en la ejecución de la zona de estudio son arena arcillosa, limo arcilloso, que son altamente susceptibles al congelamiento, por la presencia de nivel freático entre 1.10m a 1.30m de profundidad.

4.2.8. Propuestas de solución

A lo largo de la Vía en ejecución de la Carretera Calacota - Santa Rosa de Huayllata podemos tener el problema de congelamiento que nos perjudica drásticamente al momento de movimiento de tierras a lo largo del extendido del material, que se debe tener mucho cuidado, a continuación se tiene algunas observaciones:

- Se tiene que controlar la humedad natural del material extendido antes de su compactación.
- Hacer ensayos de equivalente de arena para evitar la contaminación del agregado.

- Durante el tratamiento de compactación se debe de evitar la segregación de material.

4.3. COMPORTAMIENTO GEOTECNICO QUE TIENE EL TERRENO PARA EL DISEÑO DE TERRAPLEN

El comportamiento en suelos de fundación, las arcillas presentan un límite líquido alto y humedad alta lo cual causan problemas en la ejecución de la carretera, suelos granulares arcillosos también pueden presentar problemas si esta tiene humedad alta ya que en una condición blanda no se puede conseguir la compactación adecuada y es difícil conseguir la uniformidad del suelo.

Las características mecánicas de los suelos que se realizaron los ensayos como Próctor modificado, CBR que calcula la capacidad de soporte que permitirá el diseño de la estructura de pavimento, este 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, con los resultados obtenidos de C.B.R, son desfavorables o inadecuados según las especificaciones técnicas, del tramo 6+000 al 8+500 presentan suelos inadecuados o finos como arcillas orgánicas, arcillas limosas, arcillas, arena limosa, arena arcillosa con promedio de C.B.R de 4.1% a 6.4% al 95% de su densidad máxima obtenida, y se encuentra con nivel freático entre 1.10m a 1.30m de profundidad, del tramo 8+500 al 14+000 se puede apreciar suelos arcillosos, limoso, arena arcillosa, arena limoso, gravas arcillosas con CBR promedio de 4.2% a 6.4% al 95% de su densidad máxima, con los valores obtenidos determinamos que es un suelo inestable que no cumple con la norma técnica del EG- 2013.

4.4. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE CANTERAS

El estudio de las fuentes de los materiales donde se extraerán agregados para diferentes usos como mejoramiento de suelos, terraplenes, sub base, base granular, agregados para mezclas asfálticas y agregados para mezclas de concreto, determinar si los agregados son aptos o no para la construcción de la carretera, para lo cual se requiere determinar sus propiedades físicas mecánicas mediante la realización de los ensayos en laboratorio.

Siendo las canteras, la fuente de aprovisionamiento de materiales para la construcción de la carretera, se procedió a efectuar el reconocimiento de los depósitos existente para ver la calidad de la cantera, apropiados para los procesos de explotación. Las características de los materiales de préstamos y canteras, se han determinado con la ejecución de los ensayos clásicos de identificación de los materiales, con las muestras representativas, que definan sus propiedades físicas y mecánicas, asimismo se deberá conocer el suficiente volumen y rendimiento del mismo, el estado de los accesos y su situación legal.

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas mecánicas de los materiales de las carreteras se efectuaran de acuerdo al Manual de Ensayo de Material para Carreteras del MTC (vigente).

- **Ensayos estándar**

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107
- Humedad Natural MTC E 108
- Límite Líquido de los suelos ASTM D-4318, MTC E 110

- Límite Plástico e Índice de Plasticidad ASTM D-4318, MTC E 111
- Gravedad Especifica de los Suelos, MTC E 113
- Materia Orgánica en Suelos, MTC E 118
- Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E 213
- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114
- Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
- Porcentaje de Caras Fracturadas ASTM D-5821, MTC E 210
- **Material de roca**
 - Ensayo de Abrasión Los Ángeles ASTM C-131, MTC-E207
 - Durabilidad del Agregado Grueso ASTM C-88, MTC-E209

4.4.1. Sub base granular

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, que se colocan sobre una superficie preparada. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación del material, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto y teniendo en cuenta lo establecido en el plan de manejo ambiental.

Los agregados para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados para dicho material, y además, deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 32: Granulometría para sub base granular.

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. (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N° 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

FUENTE: MTC. ASTM D 1241.

El presente estudio se realizó la curva de Gradación “A” en la zona de estudio cuya altitud es superior a 3000 m.s.n.m. a continuación indicamos los siguientes ensayos especiales y su respectivo requerimiento.

Tabla 33: Requerimiento de ensayos especiales.

REQUERIMIENTO DE ENSAYOS ESPECIALES					
ENSAYO	NORMA MTC	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	REQUERIMIENTO	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión los Ángeles	MTC E207	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.
Partículas Chatas y Alargadas		D-4791		20 % máx.	20 % máx.

FUENTE: MTC. ASTM D 1241.

4.4.2. Base granular

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de base granular aprobado sobre una sub base, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto y aprobados por el supervisor.

a) Granulometría

La composición final de los materiales presentara una granulometría continua, 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 34 para las zonas con altitudes iguales o mayores a 3000 msnm. Y se deberá seleccionar la gradación “A”.

Tabla 34: Requerimientos granulométricos para base granular.

REQUERIMIENTOS GRANULOMETRICOS 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. (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N° 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

FUENTE: MTC. ASTM D 1241.

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

Valor Relativo de Soporte, C.B.R. (1)	Tráfico Pesado	Mín 100%
---------------------------------------	----------------	----------

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.

b) Agregado grueso

Se indicará 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 35: Requerimiento de agregado grueso.

REQUERIMIENTOS DE AGREGADO GRUESO					
Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80 % mín.	80 % mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40 % mín.	50 % mín.
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40 % máx.	40 % máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15 % máx.	15 % máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.5 % máx.	0.5 % máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18 % máx.

FUENTE: MTC.

c) Agregado fino

Se denominará así a los materiales pasantes la malla N° 4 que podrá provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos. Deberán cumplir las características, indicadas en la tabla 36.

Tabla 36: Requerimiento de agregado fino.

REQUERIMIENTOS DE AGREGADO FINO			
Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 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.

4.4.3. Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales y para cualquier volumen previsto se tomaran 4 muestras para los ensayos y frecuencias que se indica en la siguiente tabla 37.

Tabla 37: Ensayos y frecuencias.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUCCION DE OBRAS VIALES						
	PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS	METODO DE ENSAYO	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	FRECUENCIA 1	LUGAR DE MUESTREO
ENSAYOS FRECUENTES	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 27	1 cada 750 m3	Cantera
	Límite 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 D 2922	T 191 T 238	1 cada 250 m3	Pista

FUENTE: MTC.

4.4.4. Descripción geotécnica de canteras

En el tramo de estudio se identificaron 4 canteras para la distribución de materiales para la conformación de terraplenes, afirmados, bases y sub bases granulares. Se indican a continuación (Ver tabla 38 y Anexo 2).

Tabla 38: Explotación de canteras.

N°	CANTERA	UBICACIÓN (KM)	EXPLOTACION	USOS	TRATAMIENTO
1	Argulluni (Material roca)	7+780	Tractor cargador frontal y volquetes	Pedraplen y relleno	Zarandeo
2	Huancuni (Material Ligante)	6+190	Tractor cargador frontal y volquetes	Base, Sub base, Pedraplen y terraplen	Zarandeo, mezcla
3	Argulluni (Mate)rial ligante	7+780	Tractor cargador frontal y volquetes	Base y sub base	Zarandeo, mezcla
4	Rio Callata Paconcani (Agregado)	6+000	Tractor cargador frontal y volquetes	Base y sub base	Zarandeo, mezcla

FUENTE: Elaboración Propia.

a) Cantera argulluni (Material roca)

- **Ubicación.** Esta cantera se encuentra ubicada a una distancia de 7.780 km, respecto a la progresiva 0+000.
- **Accesibilidad.** Para acceder a la cantera es por el lado izquierda de Km 0+000 a unos 7.780 km por la carretera en construcción.
- **Descripción del material.** El material de la cantera cumple con las especificaciones técnicas. El desgaste máximo de abrasión de los Ángeles debe tener como máximo el 60%, en la cantera mencionada tiene un desgaste de 30.66% y un rendimiento de 90%, requerimiento para material de terraplén según las especificaciones técnicas.
- **Potencia.** 3938.92 m³.
- **Usos.** Se podrá emplear como Pedraplen, Relleno.
- **Rendimiento.** Tiene un rendimiento estimado de 90%.



Figura N° 22. Cantera Argulluni (Material roca).

- **Descripción de la muestra**

Tabla 39: Descripción de Caliza

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
COORDENADAS UTM: 8221128 N 430481 E		CARTA NACIONAL: 1:50000 / 33 X1	
DEPARTAMENTO: Puno	PROVINCIA: El Collao	DISTRITO: Ilave	ZONA: Cantera Argulluni
TIPO DE ROCA: Sedimentaria			
COLOR: Gris Azulado			
TEXTURA: Kárstica			
ORIGEN: Marino			
COMPOSICION MINERALOGICA:			
a)	Mineralogía principal: Calcita 84%		
b)	Mineralogía secundaria: Cuarzo 10%		
c)	Relleno: Carbonato		
d)	Tamaño de grano: Afanítico		
CALSIFICACION: Caliza			
OBSERVACIONES:			

FUENTE: Elaboración Propia.

b) Cantera huancuni (Material ligante)

- **Ubicación.** Esta cantera se encuentra ubicada a una distancia de 6190m del inicio de la carretera en la progresiva 0+000 a la hacienda Huancuni.
- **Accesibilidad.** Para acceder a la cantera es a 6190m por la carretera asfaltada Ilave-Calacota y al lado derecho respecto a la progresiva 0+000 km. (ver anexo N°07).
- **Descripción del material.** El material de esta cantera está conformado por Gravas bien graduada o mezcla de grava con poco o nada de material fino, con partículas sub redondeadas de TM de 4” a 5”, con un índice de plasticidad de 5.73%. La clasificación en el Sistema Unificado SUCS es GW – GC y A-2-6(0) en clasificación AASHTO. El desgaste de abrasión los Ángeles debe tener como máximo 60%, la cantera Huancuni tiene un rendimiento de 90 % y con desgaste de 29.09%, cumple con las especificaciones técnicas requeridas según (MTC E 207), que puedan emplearse como: Sub base granular, Base granular, Concreto hidráulico, Concreto asfáltico y Filtro drenante.
- **Potencia.** La potencia estimada de esta cantera es de 20,000 m³.
- **Usos.** Se podrá emplear como material de relleno, ligante sub base y base granular.
- **Rendimiento.** Tiene un rendimiento de 90%.

Tabla 40: Requisitos de materiales para terraplén.

REQUISITOS DE MATERIALES PARA TERRAPLEN			
Condición	Partes del terraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máximo (cm)	15	10	7.5
% Máximo de fragmentos de roca	30	20	
Índice de plasticidad (%)	<11	<11	<10

FUENTE: MTC.



Figura N° 23. Cantera Huanuni (Material ligante).

c) Cantera argulluni (Material ligante)

- **Ubicación.** Esta cantera se encuentra ubicada a una distancia de 7.780 km, respecto a la progresiva 0+000.
- **Accesibilidad.** Para acceder a la cantera es por el lado izquierda de Km 0+000 a unos 7.780 km por la carretera en construcción.
- **Descripción del material.** El material ligante, según clasificación SUCS indican que el material es grava mal gradada o mezcla de grava con poco o nada de material fino (GP), retenido en la malla N° 4 (4.76mm) en un 8.86 %, El material

que pasa por la malla N° 40 y la malla N° 200 presenta poco Índice de Plasticidad.

Según la Norma MTC E-2013.

- **Potencia.** 150000 m³.
- **Usos.** Se podrá emplear como material de relleno, ligante sub base y base granular.
- **Rendimiento.** Tiene un rendimiento de 90%.

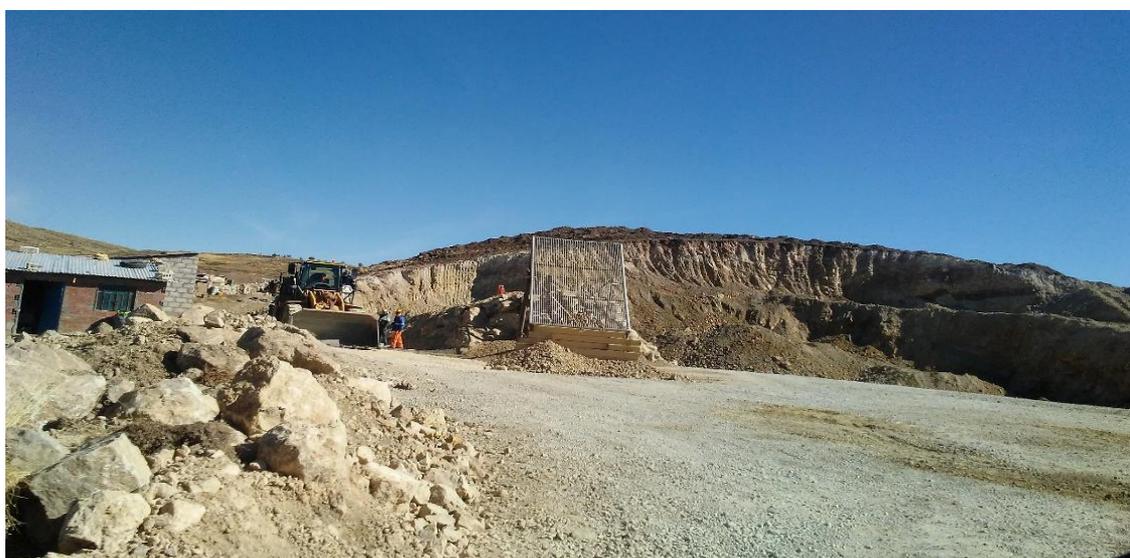


Figura N° 24. Cantera Argulluni (Material ligante).

d) Cantera rio callata paconcani (Agregado)

- **Ubicación.** Esta cantera está ubicada en el lado derecho de la progresiva 13+920 km.
- **Accesibilidad.** La vía de acceso de 3 km en su gran mayoría por una carretera afirmada.
- **Descripción del material.** El material de esta cantera está conformado por Gravas bien graduadas, con partículas redondeadas a sub redondeadas de TM de 4'' a 5'', el material no presenta plasticidad. La clasificación en el sistema unificado SUCS

es GW y A-1-a (0) en clasificación AASHTO. Con un rendimiento de 95%, cumple con todas las exigencias de las Especificaciones Técnicas.

- **Potencia.** La potencia estimada de esta cantera es de 30,000 m³.
- **Usos.** Se podrá emplear como:
 - Como material de Sub Base granular, previa mezcla con material ligante.
 - Como material de Base Granular, con previa mezcla con material ligante.
 - Para la preparación de concreto hidráulico.
- **Rendimiento.** Tiene un rendimiento de 95%.



Figura N° 25. Cantera rio callata Paconcani (Agregado).

4.4.5. Características físicas mecánicas de canteras

Los resultados de las canteras que se tuvieron a realizar sus ensayos respectivos cada una tomando en cuenta las especificaciones técnicas del MTC. En el cual mostramos a continuación el resumen de los ensayos de canteras en los siguientes cuadros.

a) **Cantera argulluni (Pedraplenado)**

Con los resultados obtenidos de la cantera Argulluni mostrados en la tabla 41, cumple con las especificaciones técnicas requeridas según (MTC E 207) que puede ser usado como material de terraplén, el desgaste máximo de abrasión de los Ángeles debe

tener como máximo 60% la cantera mencionada tiene un rendimiento de 90%, y el desgaste de abrasión de la maquina los Ángeles 29.9%.

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

Tabla 41: Resultados obtenidos en laboratorio de la cantera argulluni para pedraplenado.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CANTERA ARGULLUNI PEDRAPLENADO					
NOMBRE DE CANTERA	USO	VOLUMEN (m ³)	ENSAYOS DE ABRASION % DE PERDIDA	DISTANCIA (KM)	OBSERVACION
ARGULLUNI	PEDRAPLENADO	3938.92	30.22	7.780 a la prog. 0+000	CUMPLE

FUENTE: Elaboración propia.

b) Cantera huancuni (Material ligante)

Los resultados obtenidos de la cantera Huancuni mostrados en la tabla 42 cumple según las especificaciones técnicas (MTC E 207) que puede ser utilizado como material de relleno terraplén ya que las características de los materiales cumplen los requerimientos de las especificaciones técnicas para la construcción de la carretera.

Tabla 42: Resultados obtenidos en laboratorio de la cantera huancuni material terraplen.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CANTERA HUANCUNI MATERIAL TERRAPLEN														
NOMBRE DE LA CANTERA	% QUE PASA EN PESO				CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS									OBSERVACION
	N°4	N°10	N°40	N°200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS	AASHTO	Densidad max	optimo contenido de humedad	ABRASION LOS ANGELES (%)		
HUANCUNI	41.5	28.6	10.1	3.8	20.5	17.13	3.37	GW	A-1-a(0)	2.18	7	28.36	CUMPLE	

FUENTE: Elaboración propia.

c) CANTERA ARGULLUNI (Material ligante)

Con los resultados obtenidos de la cantera Argulluni se muestra en la tabla 43 cumple según las especificaciones técnicas (MTC E 207), que puede ser utilizado como material de terraplén y sub base granular.

Tabla 43: Resultados y especificaciones del ensayo en laboratorio de la cantera argulluni.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CANTERA ARGULLUNI MATERIAL TERRAPLEN													
NOMBRE DE LA CANTERA	% QUE PASA EN PESO				CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS							OBSERVACION	
	N°4	N°10	N°40	N°200	L.L (%)	L.P (%)	I.P (%)	SUCS	AASHTO	PROCTOR			
										Densidad max.	Optimo contenido de humedad		ABRASION LOS ANGELES (%)
ARGULLUNI	41.7	25.3	11.3	7.7	23.71	15.17	8.54	GP-GC	A-1-a(0)	2.12	7.3	30.66	CUMPLE

FUENTE: Elaboración propia.

d) Cantera callata paconcani (Agregado)

Los resultados obtenidos de la cantera Callata Paconcani mostramos en el cuadro N°08, podemos ver que la granulometría de la cantera mencionada cumple con las especificaciones técnicas de sub base granular para esto tomamos en cuenta como referente la gradación A de las especificaciones técnicas MTC (ver tabla 32 Requerimientos granulométricos para Sub base granular).

Tabla 44: Resultados y especificaciones del ensayo en laboratorio de la cantera rio callata paconcani.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CANTERA RIO CALLATA PACONCANI												
NOMBRE DE LA CANTERA	% QUE PASA EN PESO				CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS							OBSERVACION
	N°4	N°10	N°40	N°200	L.L (%)	L.P (%)	I.P (%)	SUCS	AASHTO	ABRASION LOS ANGELES (%)		
CALLATA PACONCANI	62.4	43.3	16.9	0.9	NP	NP	NP	GW	A-1-a(0)	23	CUMPLE	

FUENTE: Elaboración propia.

4.4.6. Diseño de suelos para sub base granular

Se ha realizado mediante los ensayos de laboratorio de suelos que permitieron determinar sus características físicas del suelo se han considerado el diseño para sub base el uso de dos canteras, cantera de Callata Paconcani y material ligante de la cantera Argulluni ya que cumple con las especificaciones técnicas del diseño teórico de las canteras muestra que el material se encuentra en la franja granulométrica según especificaciones técnicas el cuál será utilizado en un diseño teórico de Argulluni 60% y

Callata Paconcani (Agregado) 40% y se está considerando para la colocación de la SUB BASE el zarandeo del material de cantera para las progresivas 6+000 AL 14+000.

A continuación mostramos los siguientes cuadros en el cual nos muestran el resumen de los resultados de cantera.

Tabla 45: Resumen del ensayo de laboratorio de la cantera callata paconcani + argulluni (sub base).

CUADRO DE RESUMEN DE LOS ENSAYOS																
Cantera	Descripción	Humedad Natural %	ANALISIS GRANULOMETRICO													
			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°100	N°200
Callata paconcani +Argulluni	Sub base granular	7.04	100	100	97.9	96	91.1	84.2	71	61	45.9	30.1	21.5	12.5	5.3	4.3

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 46: Resumen del ensayo de laboratorio de la cantera callata paconcani + argulluni (sub base)

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO DISEÑO SUB BASE											
CANTERA	IP%	DMS	O.C.H.	C.B.R.	EQ. DE ARENA	SALES SOLUBLES	CARAS FRACTURADAS	DURABILIDAD	CHAT. Y ALARG.	ABRS. LOS ANGELES	EVALUACION
CALLATA PACONCANI + ARGULLUNI SUB BASE	NP	2.19	7.8	85%	63%	0.50%	81.20%	8.21%	4.20%	3479.00%	CUMPLE

FUENTE: Elaboración propia.

4.4.7. Calidad de los materiales

Para cada procedencia de los suelos empleados en la construcción de sub rasante y de cualquier volumen previsto se tomaran muestras, de cada una de ellas se determinara una fracción de granulometría, límites de consistencia, abrasión, C.B.R.

4.4.8. Medición de deflexiones con la viga benkelman como parte del control de calidad de obra

La Viga Benkelman es uno de los equipos de mayor uso para la medición de deflexiones, cómo parte de un procedimiento de control de calidad; este equipo puede ser

utilizado para la medición de deflexiones en las distintas capas del pavimento durante la ejecución de la obra (Mario y Pablo, 1985).

La medición de las deflexiones con la viga Benkelman en la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata, se inició en el kilómetro 6+025, específicamente en el C.P. Camicachi y finalizando en el kilómetro 14+000, en el centro poblado de Callata Paconcani teniendo una longitud total de 8km.

a) Frecuencia de ensayos de sub base granular

La medición de las deflexiones con la viga de Benkelman se efectúa en forma alterna en los dos carriles en ambos sentidos, cada 50m, que consiste en estudiar las deformaciones verticales y horizontales que experimenta el pavimento.

b) Calculo de deflexión

Una vez tomado los datos de campo, el cálculo de las deflexiones para cada estación consiste en sustraer la lectura final (punto de referencia de deflexión 0) a cada una de las otras, representando las respectivas diferencias, la deformación en dichos puntos las cuales en conjunto definen la curva de deflexión de superficie del pavimento, los resultados obtenidos en el sub tramo y en el carril correspondiente mostramos (Ver Anexo 5).

CONCLUSIONES

- ✓ Se logró determinar la geología de terreno, que se identificó como depósitos aluviales recientes que están constituidos por arenas, limos arcillosos y arcillas. Y las formaciones geológicas en el área de estudio en las cuales son la formación Ayabacas (Kis-ay), Formación Muñani (Ks-mñ) y Grupo puno (Tpu) que afloran en el área de proyecto.
- ✓ Se determinó la clasificación de los suelos en el terreno de fundación, que se ha podido identificar, suelos con diferentes comportamientos físico mecánico en el eje del tramo de la carretera de Km 6+ 000 al Km 8+500, presentan suelos arcilla orgánica de alta plasticidad, arcilla limosa de baja plasticidad, arena pobremente gradada a bien gradada, arena limosa, arena arcillosa, grava arena arcillosa, identificados en la clasificación SUCS como OH, ML-CL, SP, SW, SM, SC, GC y en la clasificación AASHTO como A-7, A-7, A-3, A-3, A-4, A-3, A-2-4, el contenido de humedad es alto llega a 33.73%, además se encuentra con nivel freático entre 1.10m a 1.30m de profundidad desde la superficie del terreno de fundación. Los tramos Km 8+500 al Km 14+000, los suelos de fundación en este sector presentan suelos finos a granulares identificados según la clasificación SUCS como CL-ML, CL, SP, SM, SW, GC y según su calificación AASHTO como A-7, A-7, A-3, A-4, A-3, A-2-4(0) todo estos suelos presentan humedad alta que alcanza a 31.83% a un 1.70m de profundidad, y la resistencia de todo estos suelos son muy bajos llegan según el ensayo de C.B.R. hasta 6.4% al 95% de la máxima densidad seca.
- ✓ Se determinó que el índice de consistencia es mayor a 1, y de expansión potencial con límite líquido menor a 57% e índice de plasticidad menor a 17%, y aquellas

con índice de liquidez cercanos a 0, con C.B.R de 4 a 6% con estas características son suelos inadecuados para la fundación.

- ✓ Se logró evaluar las propiedades físicas mecánicas del material de distintas canteras como la cantera Argulluni (Material roca), cantera Argulluni, cantera Huancuni, estas mismas se propone a emplear en los tramos para su estabilización de suelos en la construcción de la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar todos los ensayos de laboratorio como parte de control de calidad.
- ✓ Se debe realizar el análisis químico de las fuentes de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bowles, J. (2014). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingenieria Civil*. Bogotá:
Italgrad S.A.
- Céspedes, J. (2000). *Los pavimentos en las vias terrestres calles, carreteras y aeropistas*.
Universidad Nacional de Cajamarca.
- Chang, A. (2001). *Curso de postgrado, diseño avanzado de pavimentos*. Seccion de
Postgrado UNI.
- Crespo, C. (1990). *Mecanica de suelos y cimentaciones*. México. Editorial: Limusa
noriega.
- DIUNC. (2003). Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia,
Explotación de cantera, una alternativa económica y ambiental en zonas urbanas.
Editorial Colombia.
- Gobierno de España, Ministro de fomento. (2009). *Guia de cimentaciones en obras de
carreteras*.
- Herrera, R. (1996). *Diseño de explotación de canteras*. Editorial Madrid.
- Huaco, D. y Rodriguez. L. (1993). *Atenuación de la intensidad y la aceleración en el
Perú*. Insituto Geofisico del Perú.
- Instituto Geologico Minero Metalúrgico (INGEMMET), BOLETIN N°33X. (1995).
*Geologia de la cordillera occidental y altiplano al oeste del lago Titicaca sur del
Perú*. (Proyecto integrado del Sur).
- Juarez, E. (s.f.). *Mecanica de suelos*. Tomo I, II y III. Editorial Limusa, Mexico.

- Lambe, T. y Whitman, V. (1989). *Mecanica de suelos*. Editorial. Limusa, México.
- Mario, H. y Pablo, A. (1985). *Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones*. Editorial L. B. internacional Inc. y LAGESA.
- MTC. (2000). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Norma Especificaciones Generales*. EG 2013. Lima-Perú.
- MTC. (2009). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima - Perú.
- MTC. (2018). *Manual de ensayos de Ministerio de Transportes y Comunicaciones*.
- Rivera, H. (2005). *Geologia General*. (2da Ed.).Lima-Perú.
- Terzaghi, K. (1959). *Fundamentos de la Mecanica de Suelos*. Tomo I.
- Universidad Nacional de Ingenierias. (1975). *Manual de laboratorio de suelos*. UNI - Lima.
- Valderrama, M. (2001). Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica". Editorial San Marcos, Lima.
- Vivar, G. (1995). Diseño y construcción de Pavimentos, Libro N°6, colección del Ingeniero Civil.

ANEXOS

Anexo 1. Certificados de suelo de fundación.

Anexo 2. Ensayos de exploración de canteras.

Anexo 3. Diseño de sub base granular.

Anexo 4. Certificados de control de calidad en obra.

Anexo 5. Certificados de control de deflectometría.

Anexo 6. Panel fotográfico.

Anexo 7. Planos.

Anexo 1: Certificados de suelo de fundación

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)**

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 6+250, IZQ
MUESTRA	: C-1 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	22	13
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	42.78	44.68
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	38.12	40.52
PESO DEL AGUA	gr.	4.66	4.16
PESO DE LA CAPSULA	gr.	10.68	10.98
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	27.44	29.54
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	16.98%	14.08%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	15.53%	

**ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)**

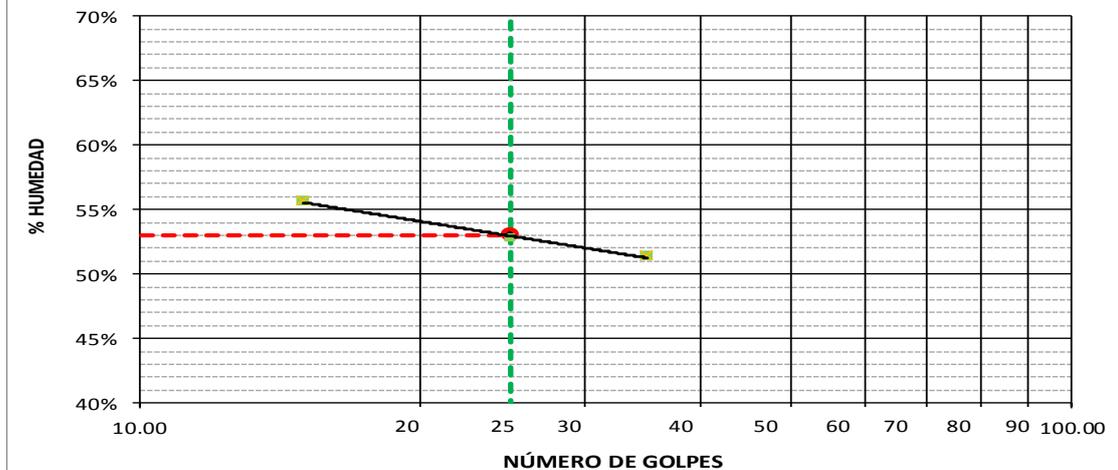
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 6+250, IZQ
MUESTRA	: C-1 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No						
NRO DE TARRO	No						
TARRO + SUELO HUMEDO	40.67	41.89	42.5		36.80	39.00	
TARRO + SUELO SECO	31.25	31.99	32		29.50	31.00	
PESO DEL TARRO	12.91	13.23	13.12		13.23	13.28	
AGUA	9.42	9.9	10.5		7.30	8.00	
PESO DEL SUELO SECO	18.34	18.76	18.88		16.27	17.72	
CONTENIDO DE HUMEDAD	51.36%	52.77%	55.61%		44.87%	45.15%	
NUMERO DE GOLPES	35	25	15				

LIMITE LIQUIDO = 53.00 %	LIMITE PLASTICO = 45.01 %	INDICE PLASTICO = 7.99 %
---------------------------------	----------------------------------	---------------------------------

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 6+250, IZQ
MUESTRA : C-1 M-1

AMIESES ASTM	BERTUR. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	66.00	13.20	13.20	86.80	
Nº 10	2.000	15.00	3.00	16.20	83.80	
Nº 20	0.840	23.00	4.60	20.80	79.20	
Nº 40	0.420	25.00	5.00	25.80	74.20	
Nº 100	0.149	30.00	6.00	31.80	68.20	
Nº 200	0.074	8.00	1.60	33.40	66.60	
BASE		333.00	66.60	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS

DATOS DE LA MUESTRA
 PESO INICIAL : 500.00
 PESO M.LAVADA : 167.00
 PESO PASANTE : 333.00

LIMITES DE CONSISTENCIA:
 LIMITE LIQUIDO : 53.00%
 LIMITE PLASTICO : 45.01%
 INDICE PLASTICO : 7.99%

COEF. CURVATURA y UNIF.
 D10= 0.234 Cu= 87.9193
 D30= --- Cc= 0.29265
 D60= ---

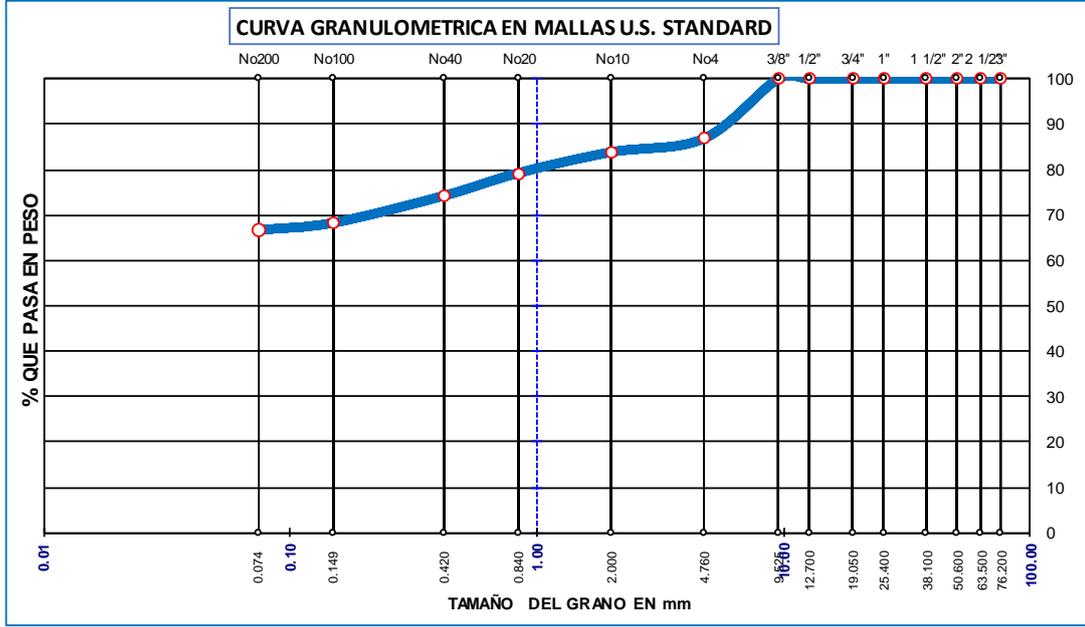
CLASIFICACION SUELOS:
 AASTHO : A-7
 S.U.C.S. : OH
 GRAVA : 13.20
 ARENA : 12.60
 LIMO : 7.60
 ARCILLAS : 66.60
 HUM. NATURAL : 15.53%
 DENS. PROCTOR : 1.93 grs/cc
 C.B.R. AI 95% : 45.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MIC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 6+250, IZQ
MUESTRA	: C-1 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	59	51	
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	41.45	45.25	
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	37.25	40.52	
PESO DEL AGUA	gr.	4.20	4.73	
PESO DE LA CAPSULA	gr.	10.70	10.70	
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	26.55	29.82	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	15.82%	15.86%	
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	15.84%		

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

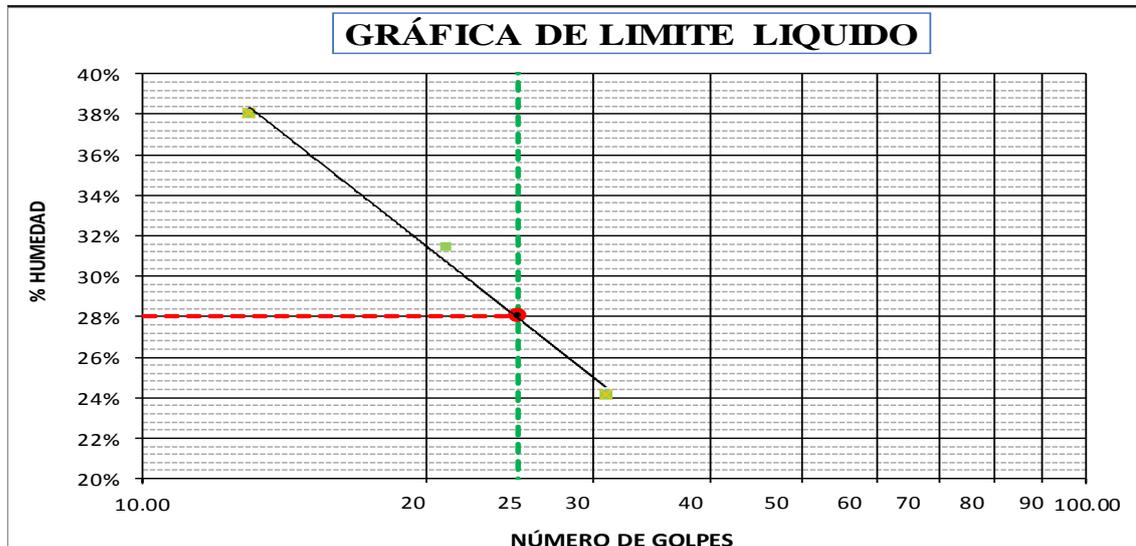
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 6+250, IZQ
MUESTRA	: C-1 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	N - 1	N - 2	L - 2		A1	A2	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	40.6	41.89	42.5		36.80	39.00	
TARRO + SUELO SECO	gr.	35.21	34.98	34.4		33.21	34.11	
PESO DEL TARRO	gr.	12.88	13	13.1		13.10	13.20	
AGUA	gr.	5.39	6.91	8.1		3.59	4.89	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	22.33	21.98	21.3		20.11	20.91	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	24.14%	31.44%	38.03%		17.83%	23.37%	
NUMERO DE GOLPES	N	31	21	13				

LIMITE LIQUIDO = 28.00 % LIMITE PLASTICO = 20.60 % INDICE PLASTICO = 7.40 %

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO

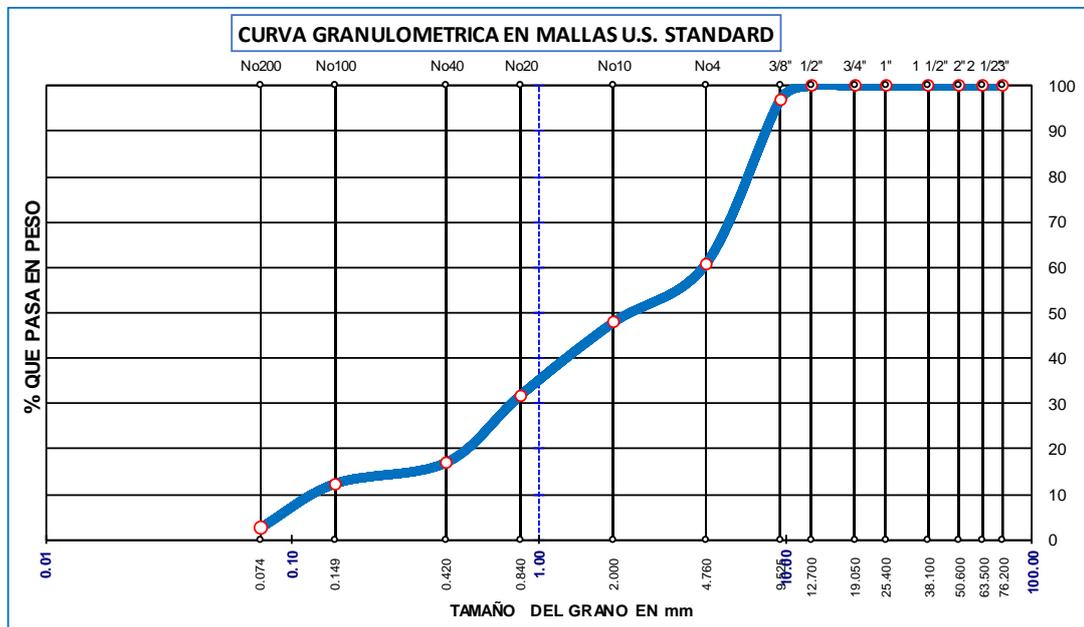


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 6+250, IZQ
MUESTRA : C-1 M-2

AMICES	BERTUR	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	RESULTADOS DE ENSAYOS	
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	" A "	DATOS DE LA MUESTRA	
3"	76.200				100.00		PESO INICIAL : 650.00	
2 1/2"	63.500				100.00		PESO M.LAVADA : 632.88	
2"	50.600				100.00		PESO PASANTE : 17.12	
1 1/2"	38.100				100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:	
1"	25.400				100.00		LIMITE LIQUIDO : 28.00%	
3/4"	19.050				100.00		LIMITE PLASTICO : 20.60%	
1/2"	12.700				100.00		INDICE PLASTICO : 7.40%	
3/8"	9.525	20.00	3.08	3.08	96.92		COEF. CURVATURA y UNIF.	
Nº 4	4.760	235.00	36.15	39.23	60.77		D10= 0.234	Cu= 87.9193
Nº 10	2.000	84.11	12.94	52.17	47.83		D30= 0.789	Cc= 0.29265
Nº 20	0.840	104.09	16.01	68.18	31.82		D60= 9.08	
Nº 40	0.420	96.37	14.83	83.01	16.99		CLASIFICACION SUELOS:	
Nº 100	0.149	30.12	4.63	87.64	12.36		AASTHO : A-4	
Nº 200	0.074	63.19	9.72	97.37	2.63		S.U.C.S. : ML	
BASE		17.12	2.63	100.00	0.00		GRAVA : 39.23	
							ARENA : 43.78	
							LIMO : 14.36	
							ARCILLAS : 2.63	
							HUM. NATURAL : 15.84%	
							DENS. PROCTOR. : 1.93 grs/cc	
							C.B.R. AI 95% : 45.00 %	

OBSERVACIONES :



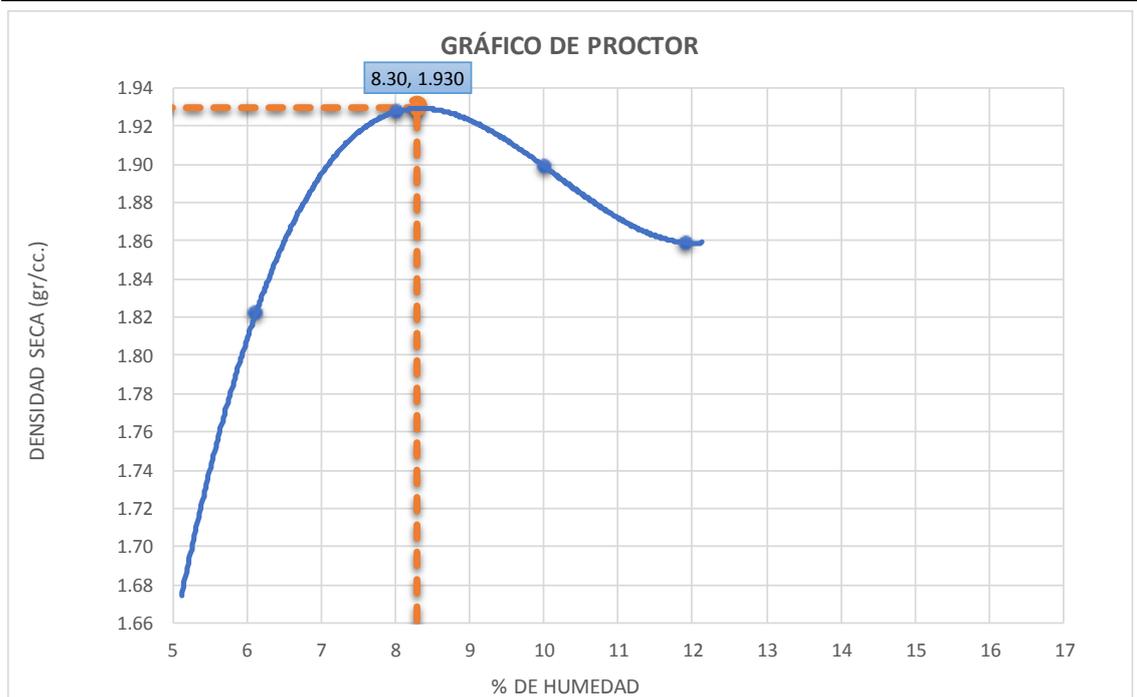
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 6+250, IZQ
MUESTRA	: C-1 M-2

Molde N°	MODELO CN-4 01	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2059 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	6175 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	10156	10464	10478	10459
Peso del molde	gr.	6175	6176	6177	6175
Peso de la muestra compactada	gr.	3981	4288	4301	4284
Densidad húmeda	gr/cc	1.93	2.08	2.09	2.08
Densidad seca	gr/cc	1.82	1.93	1.90	1.86

Contenido de Agua										
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08	
Peso del Tarro	gr.	169.8	170.0	176.4	172.0	170.9	184.8	164.6	173.0	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	534.8	538.6	527.6	532.4	529.0	526.9	536.4	536.5	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	514.1	517.0	502.1	505.0	497.0	495.2	497.4	496.6	
Peso del agua	gr.	20.7	216	25.5	27.4	32.0	317	39.0	39.9	
Peso del suelo seco	gr.	344.3	347.0	325.7	333.0	326.1	310.4	332.8	323.6	
Contenido de humedad	%	6.0	6.2	7.8	8.2	9.8	10.2	117	12.3	
Promedio		6.1		8.0		10.0		11.9		

DENSIDAD MAXIMA : 1.930 grs/cc **CONTENIDO DE HUMEDAD:** 8.30 %



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 7+000 L. DER
MUESTRA	: C-4 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	76	87
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	276.85	253.12
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	225.99	209.09
PESO DEL AGUA	gr.	50.86	44.03
PESO DE LA CAPSULA	gr.	74.43	74.87
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	151.56	134.22
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	33.56%	32.80%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	33.18%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

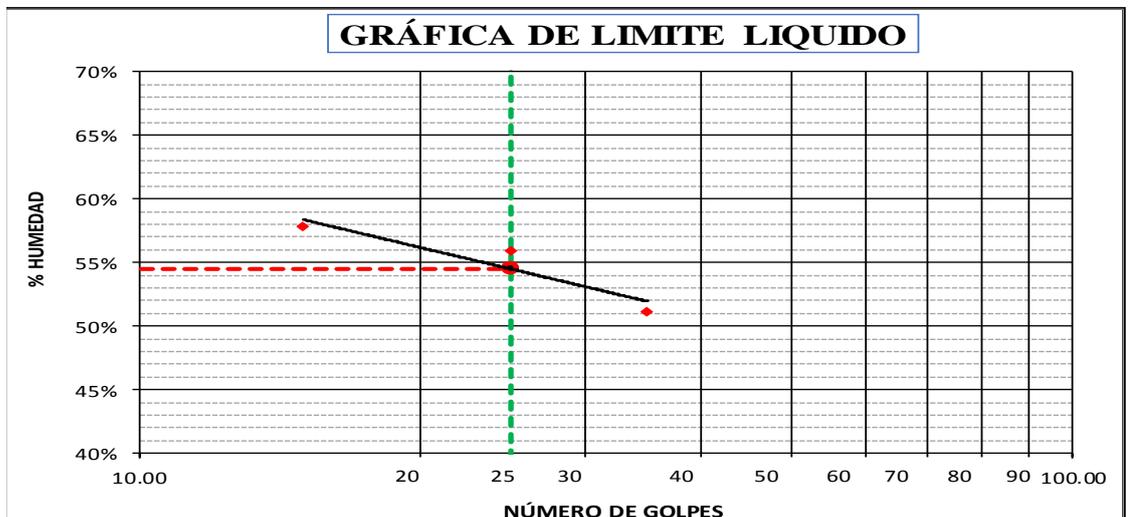
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 7+000 L. DER
MUESTRA	: C-4 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	3
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	N - 3	N - 26	L - 4		A5	A9	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	25.87	26.32	26.42		21.08	21.46	
TARRO + SUELO SECO	gr.	21.10	21.70	22.10		18.65	19.00	
PESO DEL TARRO	gr.	12.85	13.43	13.65		13.54	13.63	
AGUA	gr.	4.77	4.62	4.32		2.43	2.46	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.25	8.27	8.45		5.11	5.37	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	57.82%	55.86%	51.12%		47.55%	45.81%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	25	35				

LIMITE LIQUIDO = 54.53 % LIMITE PLASTICO = 46.68 % INDICE PLASTICO = 7.85 %

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 7+000 L. DER
MUESTRA : C-4 M-1

AMICES ASTM	BERTUR. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	21.00	3.50	3.50	96.50	
Nº 10	2.000	30.00	5.00	8.50	91.50	
Nº 20	0.840	46.00	7.67	16.17	83.83	
Nº 40	0.420	55.00	9.17	25.33	74.67	
Nº 100	0.149	56.00	9.33	34.67	65.33	
Nº 200	0.074	6.00	1.00	35.67	64.33	
BASE		386.00	64.33	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS

DATOS DE LA MUESTRA
 PESO INICIAL : 600.00
 PESO M.LAVADA : 214.00
 PESO PASANTE : 386.00

LIMITES DE CONSISTENCIA:
 LIMITE LIQUIDO : 54.53%
 LIMITE PLASTICO : 46.68%
 INDICE PLASTICO : 7.85%

COEF. CURVATURA y UNIF.
 D10= 0.012 Cu= ---
 D30= --- Cc= ---
 D60= 0.07

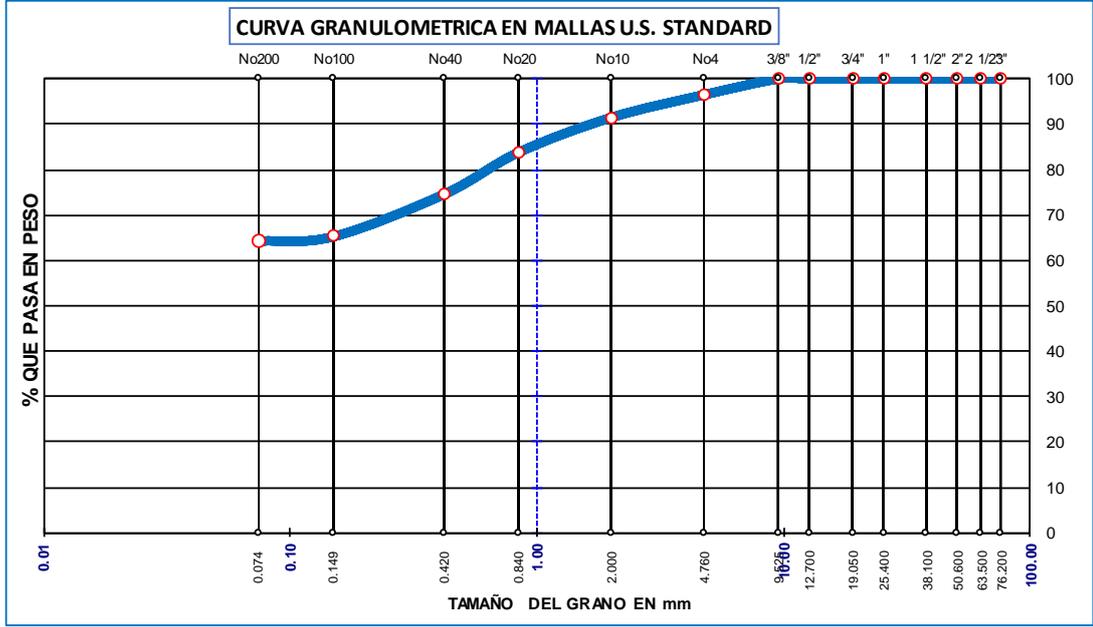
CLASIFICACION SUELOS:
 AASTHO : A-7
 S.U.C.S. : OH
 GRAVA : 3.50
 ARENA : 21.83
 LIMO : 10.33
 ARCILLAS : 64.33
 HUM. NATURAL : 33.18%
 DENS. PROCTOR. : 1.86 grs/cc
 C.B.R. AI 95% : 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MIC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 7+000 L. DER.
MUESTRA	: C-4 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	99	94	
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	210.85	220.12	
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	176.10	183.90	
PESO DEL AGUA	gr.	34.75	36.22	
PESO DE LA CAPSULA	gr.	74.60	74.85	
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	101.50	109.05	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	34.24%	33.21%	
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	33.73%		

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

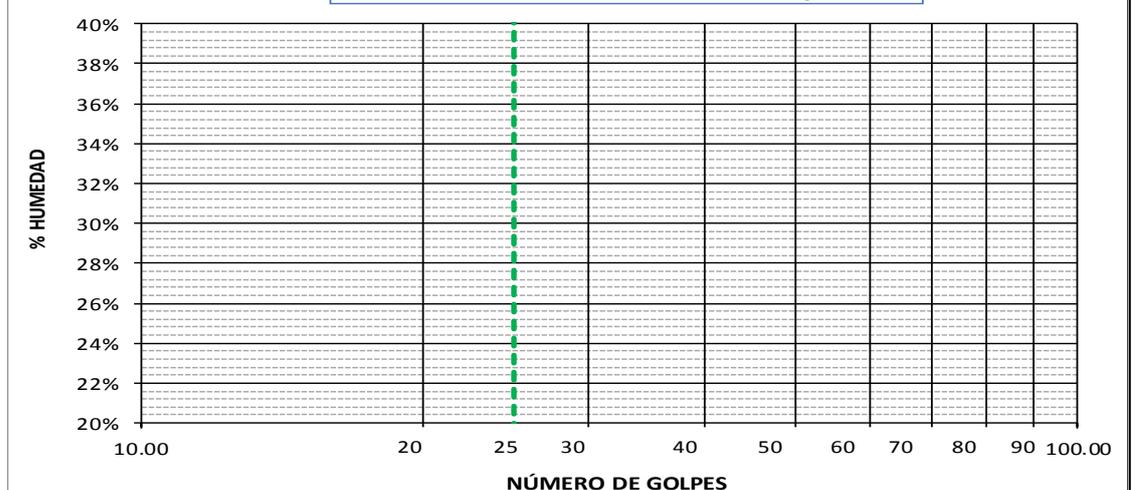
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 7+000 L. DER.
MUESTRA	: C-4 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	3
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No							
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.							
TARRO + SUELO SECO	gr.							
PESO DEL TARRO	gr.							
AGUA	gr.							
PESO DEL SUELO SECO	gr.							
CONTENIDO DE HUMEDAD	%							
NUMERO DE GOLPES	N							

LIMITE LIQUIDO =	NP	LIMITE PLASTICO =	NP	INDICE PLASTICO =	NP
------------------	----	-------------------	----	-------------------	----

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 7+000 L. DER.
MUESTRA : C-4 M-2

AMICES ASTM	BERTUR. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	21.00	3.50	3.50	96.50	
Nº 10	2.000	30.00	5.00	8.50	91.50	
Nº 20	0.840	59.00	9.83	18.33	81.67	
Nº 40	0.420	150.00	25.00	43.33	56.67	
Nº 100	0.149	290.00	48.33	91.67	8.33	
Nº 200	0.074	42.00	7.00	98.67	1.33	
BASE		8.00	1.33	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS

DATOS DE LA MUESTRA
 PESO INICIAL : 600.00
 PESO M.LAVADA : 592.00
 PESO PASANTE : 8.00

LIMITES DE CONSISTENCIA:
 LIMITE LIQUIDO : 27.00%
 LIMITE PLASTICO : 18.13%
 INDICE PLASTICO : 8.87%

COEF. CURVATURA y UNIF.
 D10= 0.158 Cu= 3.0061
 D30= 0.270 Cc= 0.97066
 D60= 0.48

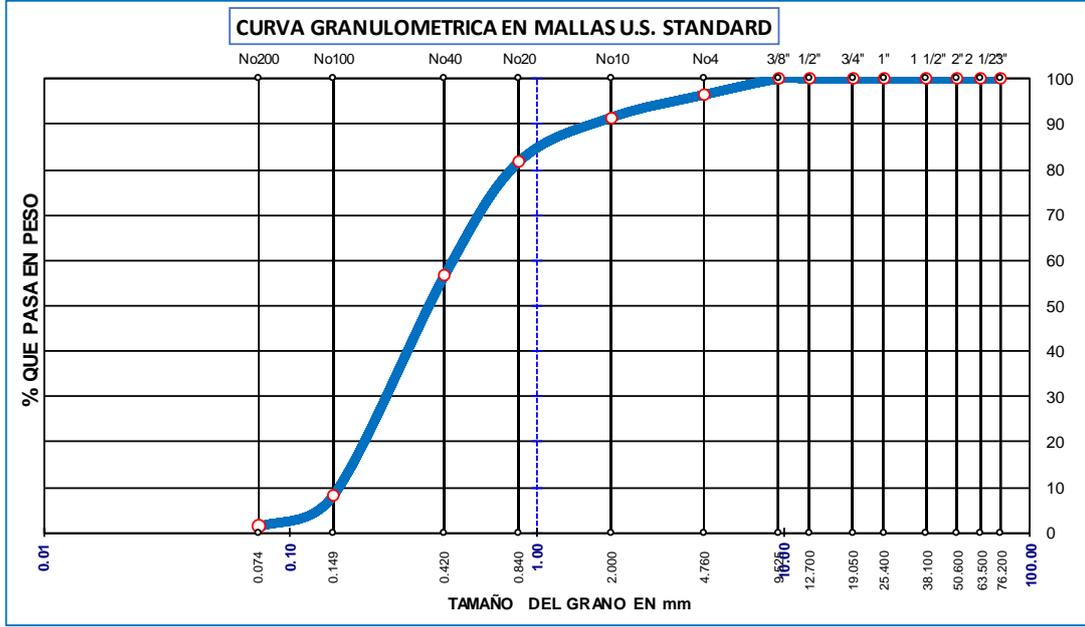
CLASIFICACION SUELOS:
 AASTHO : A-3(1)
 S.U.C.S. : SM
 GRAVA : 3.50
 ARENA : 39.83
 LIMO : 55.33
 ARCILLAS : 1.33
 HUM. NATURAL : 33.73%
 DENS. PROCTOR. : 1.86 grs/cc
 C.B.R. AI 95% : 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....

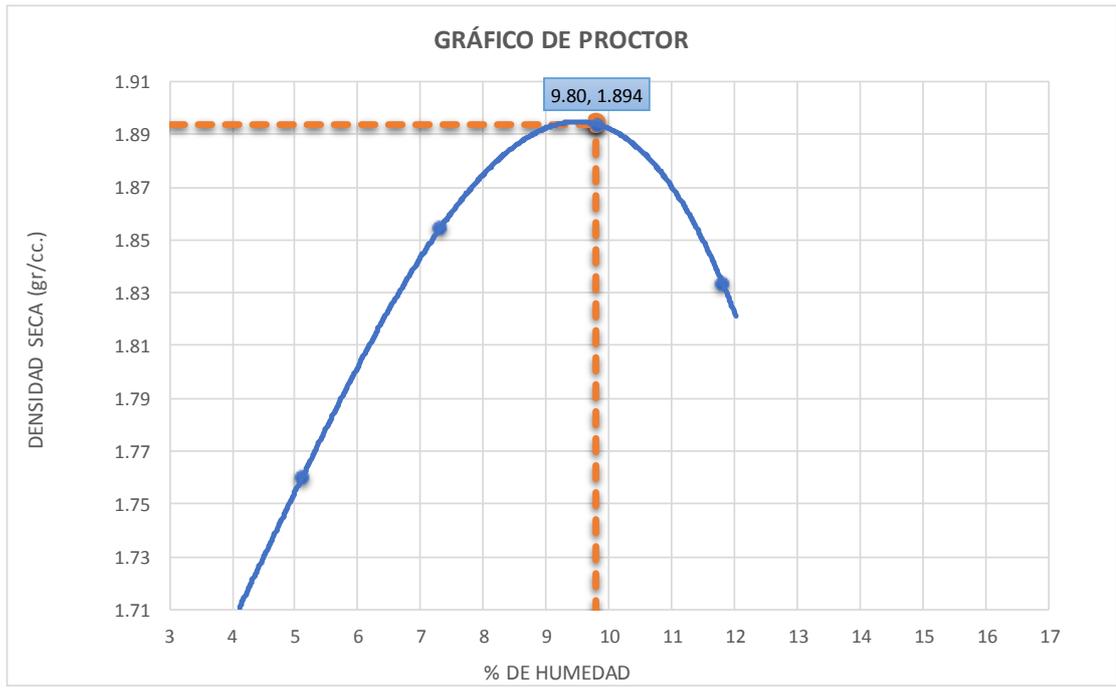


ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 7+000 L. DER.
MUESTRA	: C-4 M-2

Molde N°	MODELO CN-401	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2206 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	5330 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	9411	9720	9918	9852
Peso del molde	gr.	5330	5330	5330	5330
Peso de la muestra compactada	gr.	4081	4390	4588	4522
Densidad húmeda	gr/cc	1.85	1.99	2.08	2.05
Densidad seca	gr/cc	1.76	1.85	1.89	1.83

Contenido de Agua										
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08	
Peso del Tarro	gr.	166.9	177.4	158.3	165.9	174.6	188.9	180.3	170.1	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	518.1	517.5	530.4	529.6	537.9	538.9	539.7	539.5	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	501.4	500.6	505.7	504.2	506.0	507.0	502.0	500.2	
Peso del agua	gr.	16.7	16.9	24.7	25.4	31.9	31.9	37.7	39.3	
Peso del suelo seco	gr.	334.5	323.2	347.4	338.3	331.4	318.1	321.7	330.1	
Contenido de humedad	%	5.0	5.2	7.1	7.5	9.6	10.0	11.7	11.9	
Promedio		5.1		7.3		9.8		11.8		
DENSIDAD MAXIMA :		1.860		grs/cc		CONTENIDO DE HUMEDAD:		8.90		%



**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)**

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 8+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-9 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	19	7
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	208.12	203.56
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	177.50	172.79
PESO DEL AGUA	gr.	30.62	30.77
PESO DE LA CAPSULA	gr.	75.23	74.54
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	102.27	98.25
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	29.94%	31.32%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	30.63%	

**ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)**

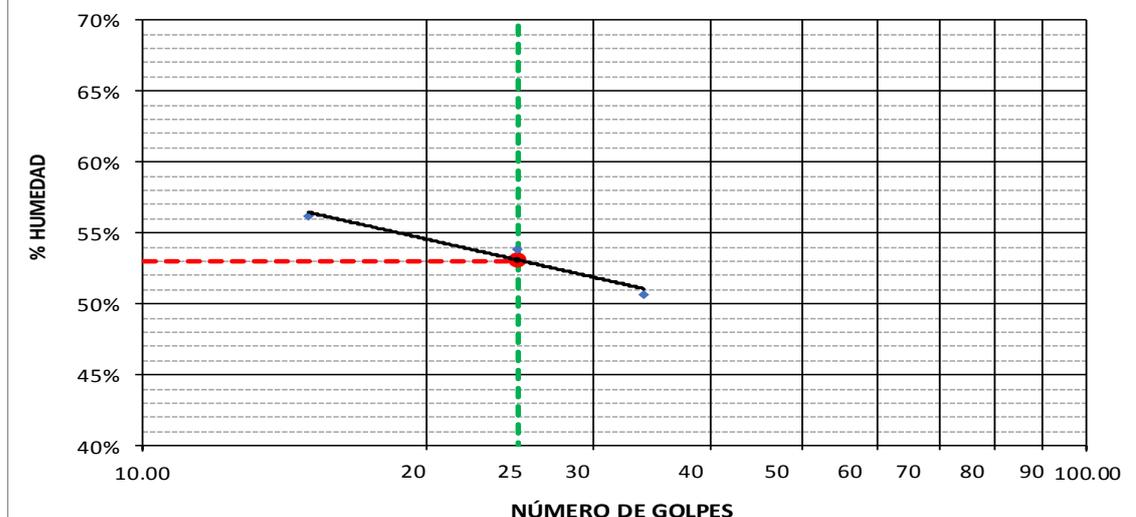
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 8+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-9 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	3	5	8		6	3	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	40.65	41.88	42.73		36.87	35.43	
TARRO + SUELO SECO	gr.	31.21	32.08	32.1		29.50	29.00	
PESO DEL TARRO	gr.	12.56	13.87	13.18		13.18	13.35	
AGUA	gr.	9.44	9.8	10.63		7.37	6.43	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	18.65	18.21	18.92		16.32	15.65	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	50.62%	53.82%	56.18%		45.16%	41.09%	
NUMERO DE GOLPES	N	34	25	15				

LIMITE LIQUIDO = 53.00 % LIMITE PLASTICO = 43.12 % INDICE PLASTICO = 9.88 %

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



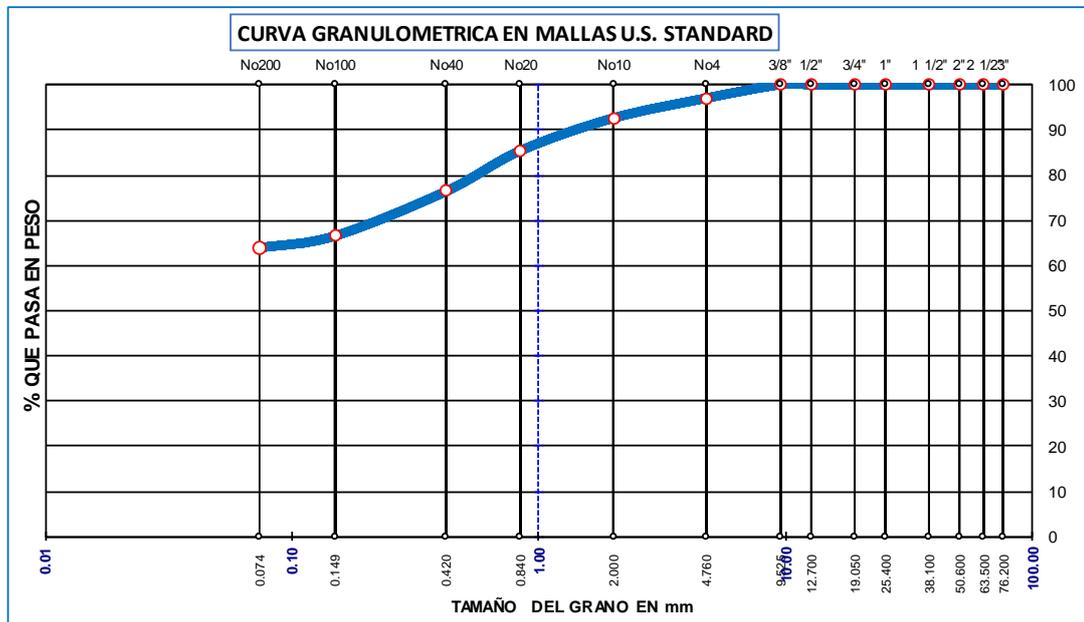
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 8+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-9 M-1

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO nados de mat	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	15.00	3.00	3.00	97.00	
Nº 10	2.000	22.00	4.40	7.40	92.60	
Nº 20	0.840	36.00	7.20	14.60	85.40	
Nº 40	0.420	44.76	8.95	23.55	76.45	
Nº 100	0.149	49.00	9.80	33.35	66.65	
Nº 200	0.074	13.00	2.60	35.95	64.05	
BASE		320.24	64.05	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 500.00
PESO M.LAVADA	: 179.76
PESO PASANTE	: 320.24
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 53.00%
LIMITE PLASTICO	: 43.12%
INDICE PLASTICO	: 9.88%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10=	0.012
D30=	---
D60=	---
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-7
S.U.C.S.	: OH
GRAVA	: 3.00
ARENA	: 20.55
LIMO	: 12.40
ARCILLAS	: 64.05
HUM. NATURAL	: 30.63%
DENS. PROCTOR.	: 1.7
C.B.R. AI 95%	: 17.00

OBSERVACIONES :



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 8+250 L. IZQ
MUESTRA	: C-9 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	83	99
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	203.10	203.10
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	173.50	172.75
PESO DEL AGUA	gr.	29.60	30.35
PESO DE LA CAPSULA	gr.	76.55	74.60
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	96.95	98.15
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	30.53%	30.92%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	30.73%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

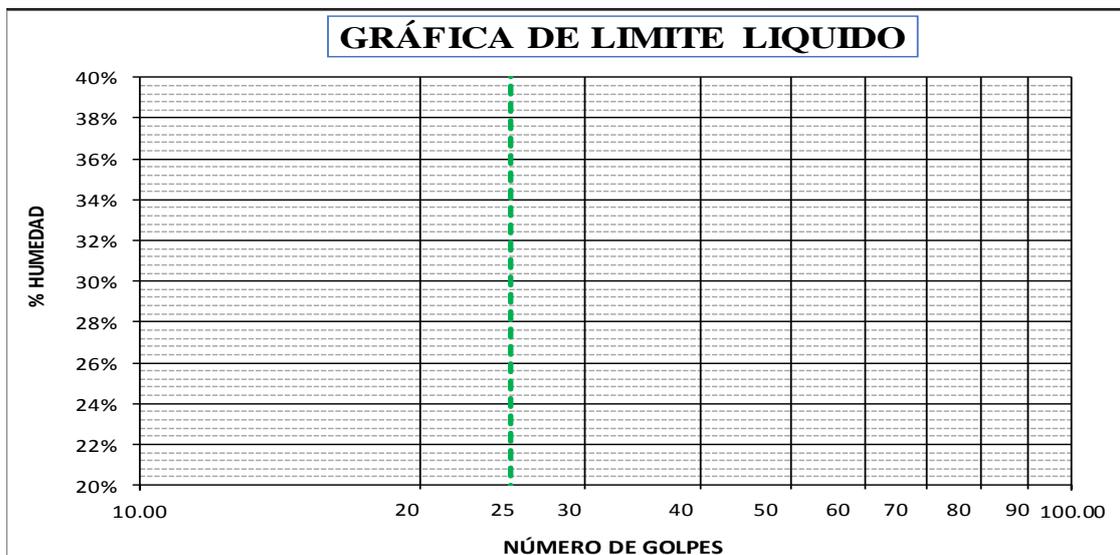
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	: DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 8+250 L. IZQ
MUESTRA	: C-9 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No							
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.							
TARRO + SUELO SECO	gr.							
PESO DEL TARRO	gr.							
AGUA	gr.							
PESO DEL SUELO SECO	gr.							
CONTENIDO DE HUMEDAD	%							
NUMERO DE GOLPES	N							

LIMITE LIQUIDO =	NP	LIMITE PLASTICO =	NP	INDICE PLASTICO =	NP
------------------	----	-------------------	----	-------------------	----

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 8+250 L. IZQ
MUESTRA : C-9 M-2

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO dados de mat	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	12.00	1.85	1.85	98.15	
Nº 10	2.000	20.00	3.08	4.92	95.08	
Nº 20	0.840	71.00	10.92	15.85	84.15	
Nº 40	0.420	150.00	23.08	38.92	61.08	
Nº 100	0.149	210.00	32.31	71.23	28.77	
Nº 200	0.074	49.00	7.54	78.77	21.23	
BASE		138.00	21.23	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS

DATOS DE LA MUESTRA
 PESO INICIAL : 650.00
 PESO M.LAVADA : 512.00
 PESO PASANTE : 138.00

LIMITES DE CONSISTENCIA:
 LIMITE LIQUIDO : NP
 LIMITE PLASTICO : NP
 INDICE PLASTICO : NP

COEF. CURVATURA y UNIF.
 D10= 0.035 Cu= 11.7907
 D30= 0.159 Cc= 1.7721
 D60= 0.41

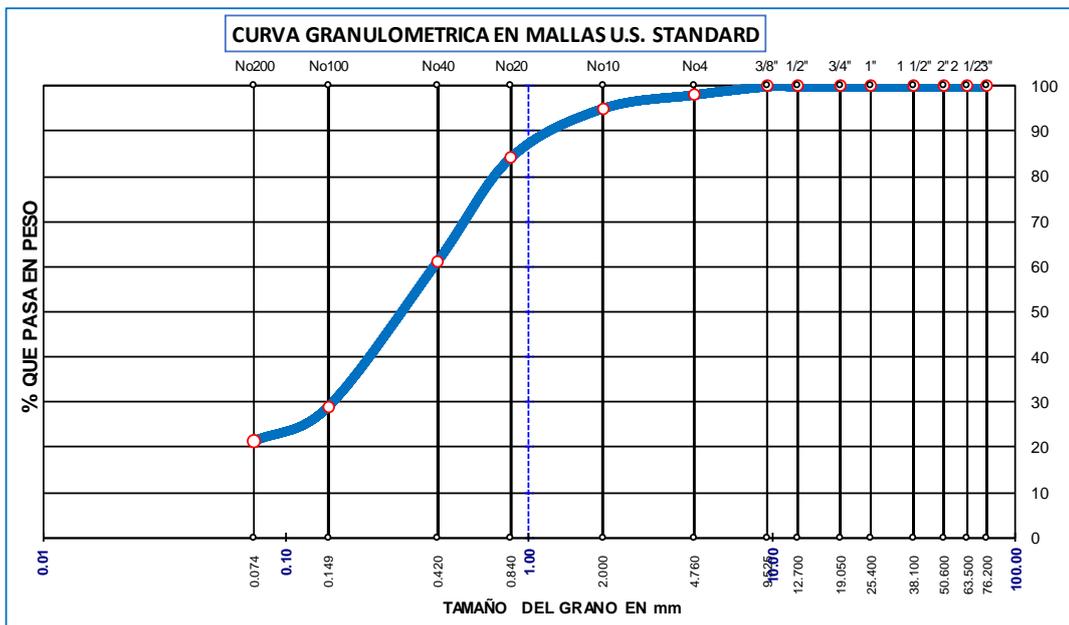
CLASIFICACION SUELOS:
 AASTHO : A-4
 S.U.C.S. : SC-SM
 GRAVA : 1.85
 ARENA : 37.08
 LIMO : 39.85
 ARCILLAS : 21.23
 HUM. NATURAL : 30.73%
 DENS. PROCTOR : 1.7 grs/cc
 C.B.R. Al 95% : 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 8+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-9 M-3

NUMERO DE CAPSULA	N°	94	85	
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	215.10	210.75	
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	200.85	195.50	
PESO DEL AGUA	gr.	14.25	15.25	
PESO DE LA CAPSULA	gr.	74.85	78.25	
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	126.00	117.25	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	11.31%	13.01%	
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	12.16%		

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

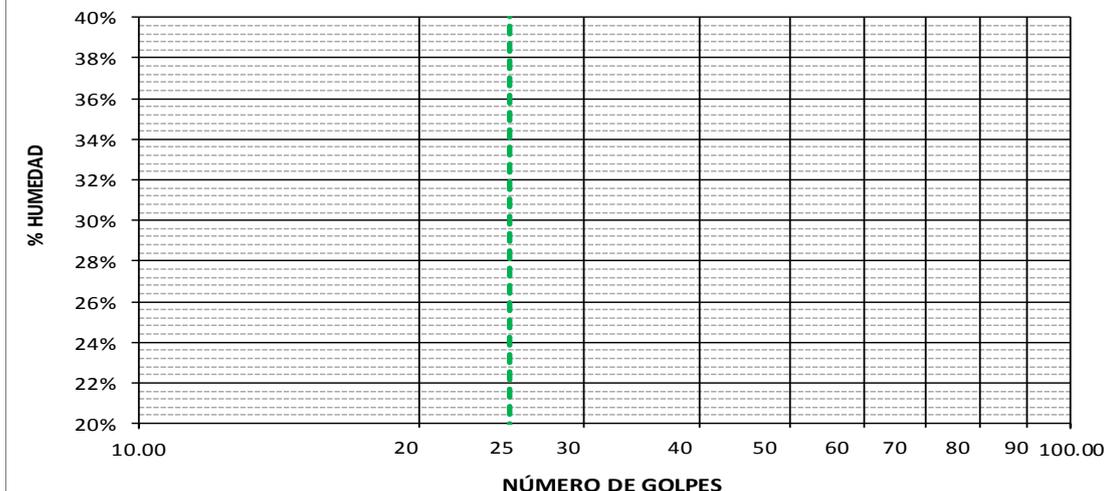
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 8+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-9 M-3

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No							
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.							
TARRO + SUELO SECO	gr.							
PESO DEL TARRO	gr.							
AGUA	gr.							
PESO DEL SUELO SECO	gr.							
CONTENIDO DE HUMEDAD	%							
NUMERO DE GOLPES	N							

LIMITE LIQUIDO =	NP	LIMITE PLASTICO =	NP	INDICE PLASTICO =	NP
------------------	----	-------------------	----	-------------------	----

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 8+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-9 M-3

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525	20.00	3.08	3.08	96.92	
N° 4	4.760	235.00	36.15	39.23	60.77	
N° 10	2.000	84.11	12.94	52.17	47.83	
N° 20	0.840	104.09	16.01	68.18	31.82	
N° 40	0.420	96.37	14.83	83.01	16.99	
N° 100	0.149	30.12	4.63	87.64	12.36	
N° 200	0.074	63.19	9.72	97.37	2.63	
BASE		17.12	2.63	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS

DATOS DE LA MUESTRA

PESO INICIAL : 650.00
 PESO M.LAVADA : 632.88
 PESO PASANTE : 17.12

LIMITES DE CONSISTENCIA:

LIMITE LIQUIDO : NP
 LIMITE PLASTICO : NP
 INDICE PLASTICO : NP

COEF. CURVATURA y UNIF.

D10= 0.131 Cu= 69.386
 D30= 0.789 Cc= 0.52361
 D60= 9.08

CLASIFICACION SUELOS:

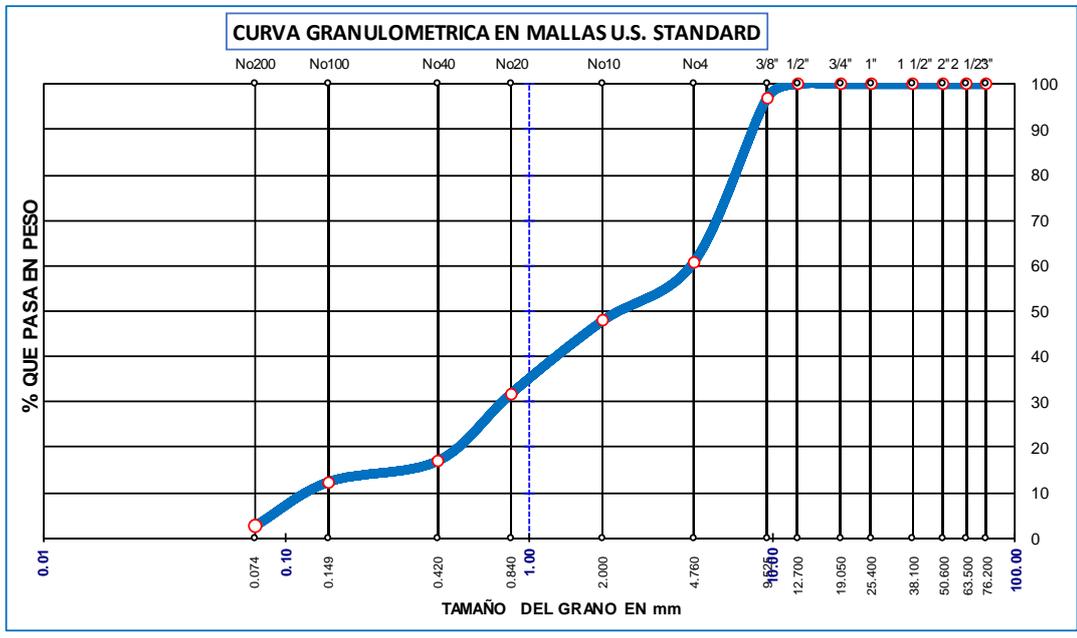
AASTHO : A-3
 S.U.C.S. : SW
 GRAVA : 39.23
 ARENA : 43.78
 LIMO : 14.36
 ARCILLAS : 2.63
 HUM. NATURAL : 12.16%
 DENS. PROCTOR. : 1.894 grs/cc
 C.B.R. Al 95% : 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



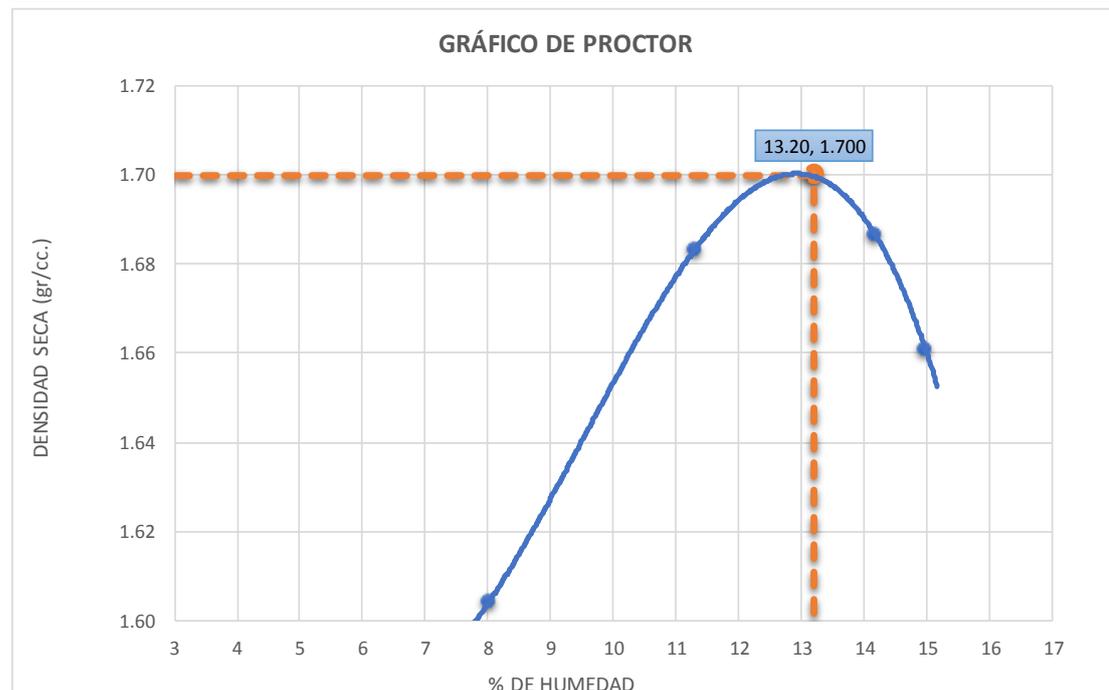
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 8+250 L. IZQ
MUESTRA	: C-9 M-2

Molde N°	MODELO CN-401	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2206 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	5330 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	952	9463	9578	9543
Peso del molde	gr.	5330	5330	5330	5330
Peso de la muestra compactada	gr.	3822	4133	4248	4213
Densidad húmeda	gr/cc	1.73	1.87	1.93	1.91
Densidad seca	gr/cc	1.60	1.68	1.69	1.66

Contenido de Agua										
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08	
Peso del Tarro	gr.	170.4	176.8	171.3	155.2	164.6	180.7	173.3	164.3	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	514.3	516.4	525.3	524.8	530.4	532.2	539.4	540.4	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	489.4	490.6	487.7	489.0	487.0	486.7	487.7	487.2	
Peso del agua	gr.	24.9	25.8	37.6	35.8	43.4	45.5	44.7	53.2	
Peso del suelo seco	gr.	319.0	313.8	316.4	333.8	322.4	306.0	314.4	322.9	
Contenido de humedad	%	7.8	8.2	11.9	10.7	13.5	14.9	14.2	16.5	
Promedio		8.0		11.3		14.2		15.0		

DENSIDAD MAXIMA :	1.700 grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:	13.20 %
--------------------------	---------------------	------------------------------	----------------



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 9+000 L. DER
MUESTRA	: C-12 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	24	41
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	183.12	181.20
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	163.00	162.00
PESO DEL AGUA	gr.	20.12	19.20
PESO DE LA CAPSULA	gr.	71.20	74.71
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	91.80	87.29
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	21.92%	22.00%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	21.96%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

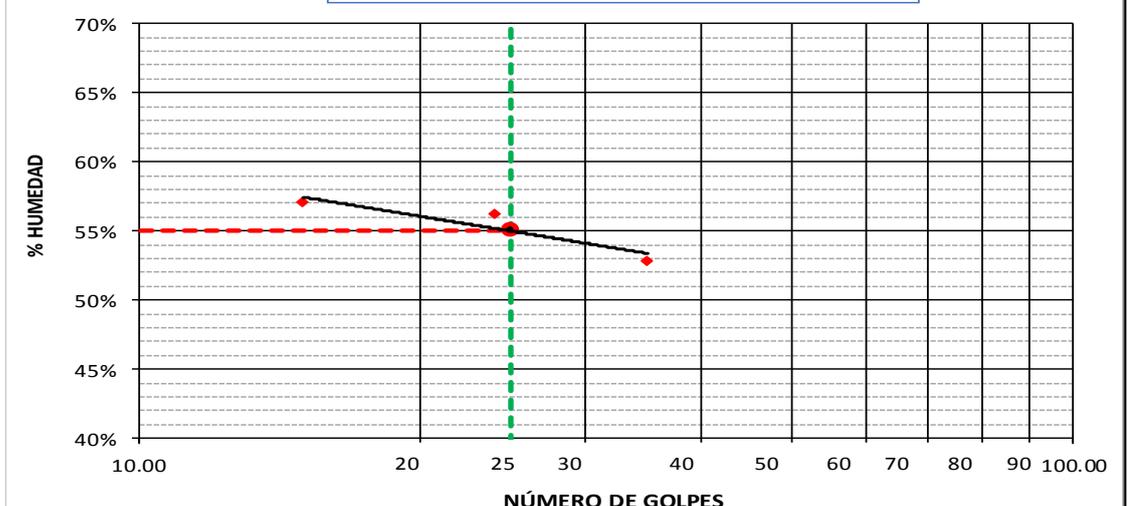
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	: DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 9+000 L. DER
MUESTRA	: C-12 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	N - 23	N - 3	12		21	17	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	25.42	24.63	25.98		20.65	20.70	
TARRO + SUELO SECO	gr.	21.80	21.40	22.25		18.40	18.70	
PESO DEL TARRO	gr.	15.45	15.65	15.19		13.17	14.65	
AGUA	gr.	3.62	3.23	3.73		2.25	2.00	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	6.35	5.75	7.06		5.23	4.05	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	57.01%	56.17%	52.83%		43.02%	49.38%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	24	35				

LIMITE LIQUIDO = 55.00 % LIMITE PLASTICO = 46.20 % INDICE PLASTICO = 8.80 %

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



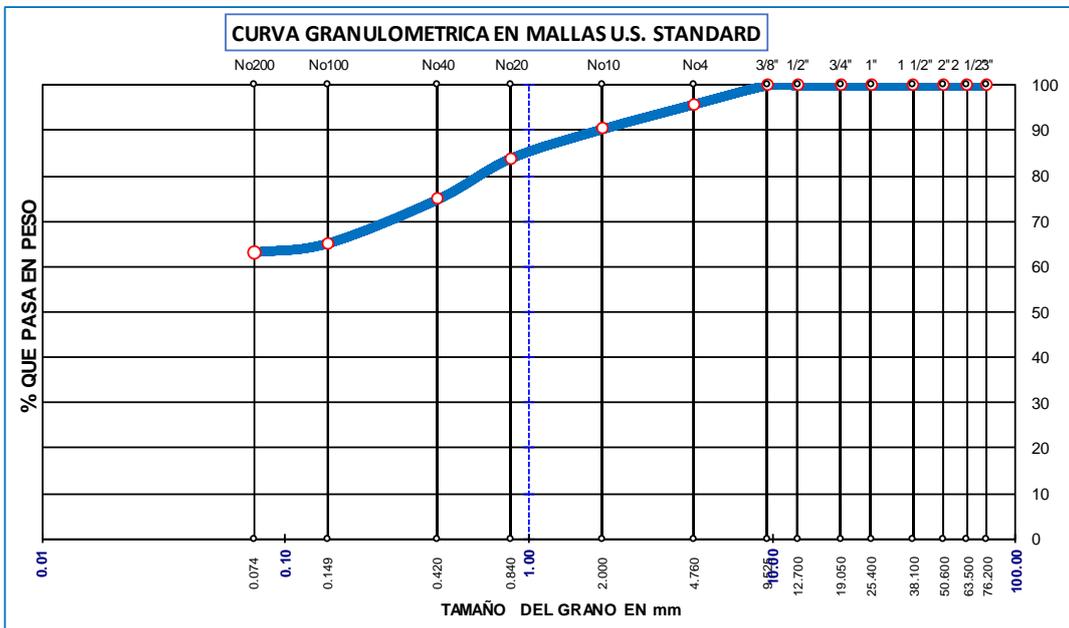
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA-SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 9+000 L. DER
MUESTRA : C-12 M-1

AMIESES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	23.00	4.18	4.18	95.82	
Nº 10	2.000	30.00	5.45	9.64	90.36	
Nº 20	0.840	35.45	6.45	16.08	83.92	
Nº 40	0.420	49.65	9.03	25.11	74.89	
Nº 100	0.149	53.07	9.65	34.76	65.24	
Nº 200	0.074	11.00	2.00	36.76	63.24	
BASE		347.83	63.24	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 550.00
PESO M.LAVADA	: 202.17
PESO PASANTE	: 347.83
LIMITES DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 55.00%
LIMITE PLASTICO	: 46.20%
INDICE PLASTICO	: 8.80%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.012	Cu= ---
D30= 0.035	Cc= ---
D60= ---	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-2
S.U.C.S.	: GC
GRAVA	: 4.18
ARENA	: 20.93
LIMO	: 11.65
ARCILLAS	: 63.24
HUM. NATURAL	: 21.96%
DENS. PROCTOR.	: 1.809 grs/cc
C.B.R. Al 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 9+000 L. DER.
MUESTRA	: C-12 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	73	96
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	178.17	174.39
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	159.14	156.43
PESO DEL AGUA	gr.	19.03	17.96
PESO DE LA CAPSULA	gr.	67.60	74.71
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	91.54	81.72
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	20.79%	21.98%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	21.38%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

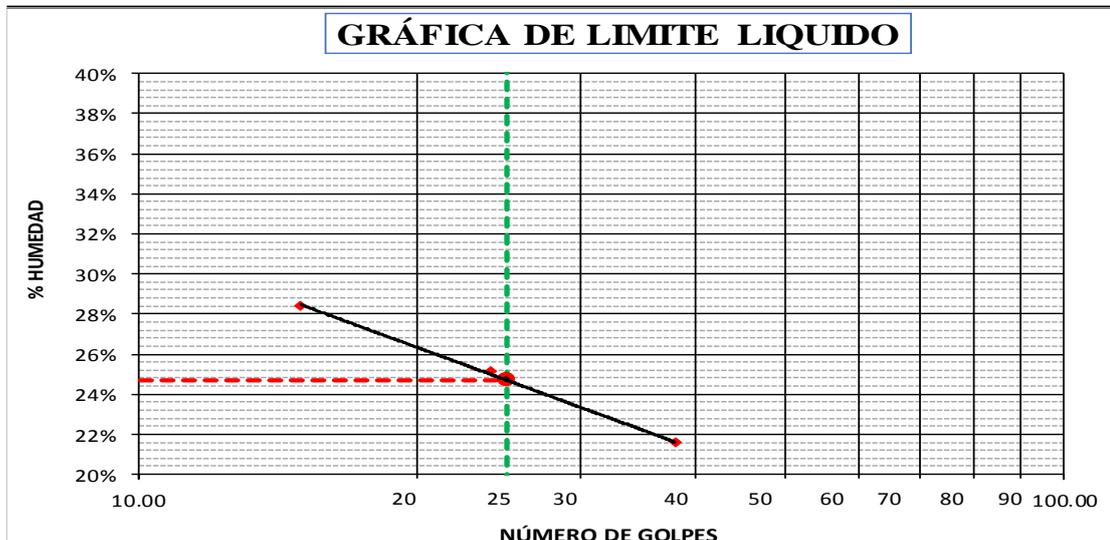
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
UBICACIÓN	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
TRAMO	DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
PROGRESIVA	CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
MUESTRA	KM. 9+000 L. DER.
	C-12 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No	N - 1				A1		
NRO DE TARRO	No	N - 2				A2		
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	26.30	24.63	25.25		19.83	20.79	
TARRO + SUELO SECO	gr.	24.00	22.68	23.48		18.63	19.49	
PESO DEL TARRO	gr.	15.90	14.92	15.27		13.10	13.20	
AGUA	gr.	2.3	1.95	1.77		1.20	1.30	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.1	7.76	8.21		5.53	6.29	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	28.40%	25.13%	21.56%		21.70%	20.67%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	24	38				

LIMITE LIQUIDO = 24.70 %	LIMITE PLASTICO = 21.18 %	INDICE PLASTICO = 3.52 %
---------------------------------	----------------------------------	---------------------------------

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 9+000 L. DER.
MUESTRA : C-12 M-2

AMICES	BERTUR	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	" A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	31.60	5.77	5.77	94.23	
Nº 10	2.000	9.40	1.72	7.48	92.52	
Nº 20	0.840	9.20	1.68	9.16	90.84	
Nº 40	0.420	12.70	2.32	11.48	88.52	
Nº 100	0.149	112.20	20.48	31.96	68.04	
Nº 200	0.074	93.10	17.00	48.96	51.04	
BASE		279.60	51.04	100.00	0.00	

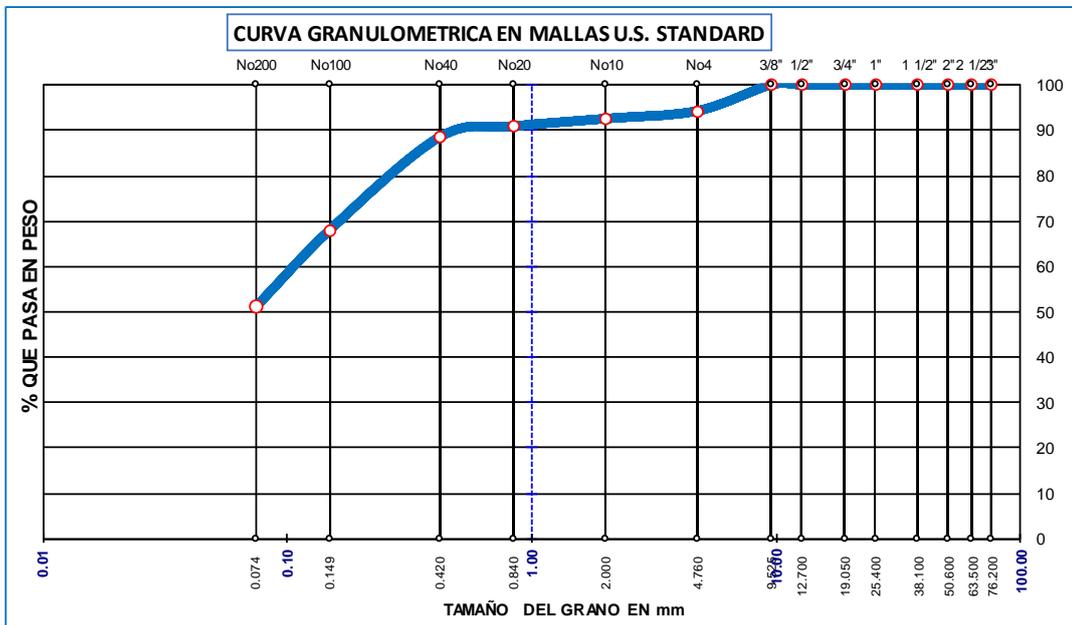
RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL :	547.80
PESO M.LAVADA :	268.20
PESO PASANTE :	279.60
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO :	24.70%
LIMITE PLASTICO :	21.18%
INDICE PLASTICO :	3.52%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.014	Cu= 7.83114
D30= 0.043	Cc= 1.14926
D60= 0.11	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASHTO :	A-4
S.U.C.S. :	SP - SM
GRAVA :	5.77
ARENA :	5.71
LIMO :	37.48
ARCILLAS :	51.04
HUM. NATURAL :	21.38%
DENS. PROCTOR :	1.809
C.B.R. Al 95% :	17.00
	grs/cc
	%

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



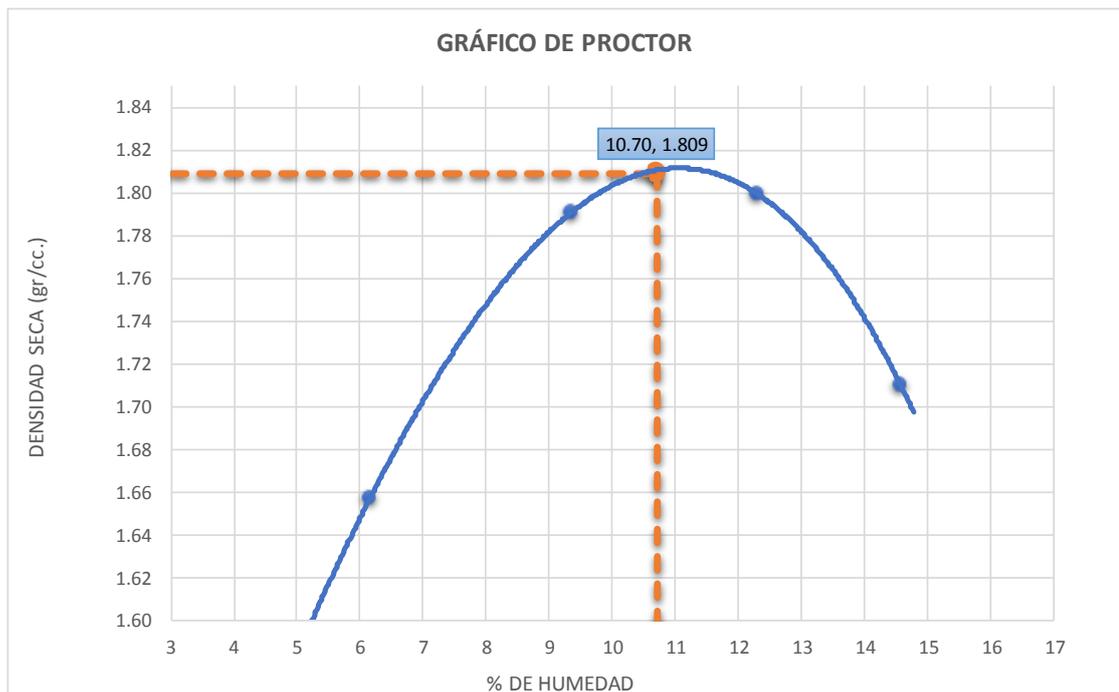
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODOS ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 9+000 L. DER.
MUESTRA	: C-12 M-2

Molde N°	MODELO CN-401	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2206 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	5330 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	9211	9649	9788	9652
Peso del molde	gr.	5330	5330	5330	5330
Peso de la muestra compactada	gr.	3881	4319	4458	4322
Densidad húmeda	gr/cc	1.76	1.96	2.02	1.96
Densidad seca	gr/cc	1.66	1.79	1.80	1.71

Contenido de Agua										
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08	
Peso del Tarro	gr.	166.9	177.4	158.3	165.9	174.6	188.9	180.3	170.1	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	525.1	517.5	541.4	532.6	545.9	546.9	548.7	548.5	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	501.4	500.6	505.7	504.2	506.0	507.0	502.0	500.2	
Peso del agua	gr.	23.7	16.9	35.7	28.4	39.9	39.9	46.7	48.3	
Peso del suelo seco	gr.	334.5	323.2	347.4	338.3	331.4	318.1	321.7	330.1	
Contenido de humedad	%	7.1	5.2	10.3	8.4	12.0	12.5	14.5	14.6	
Promedio		6.2		9.3		12.3		14.6		

DENSIDAD MAXIMA :	1.809	grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:	10.75	%
--------------------------	--------------	--------	------------------------------	--------------	---



**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA : C-16 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	45	56
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	217.67	221.54
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	207.03	210.45
PESO DEL AGUA	gr.	10.64	11.09
PESO DE LA CAPSULA	gr.	74.87	69.66
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	132.16	140.79
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	8.05%	7.88%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	7.96%	

**ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)**

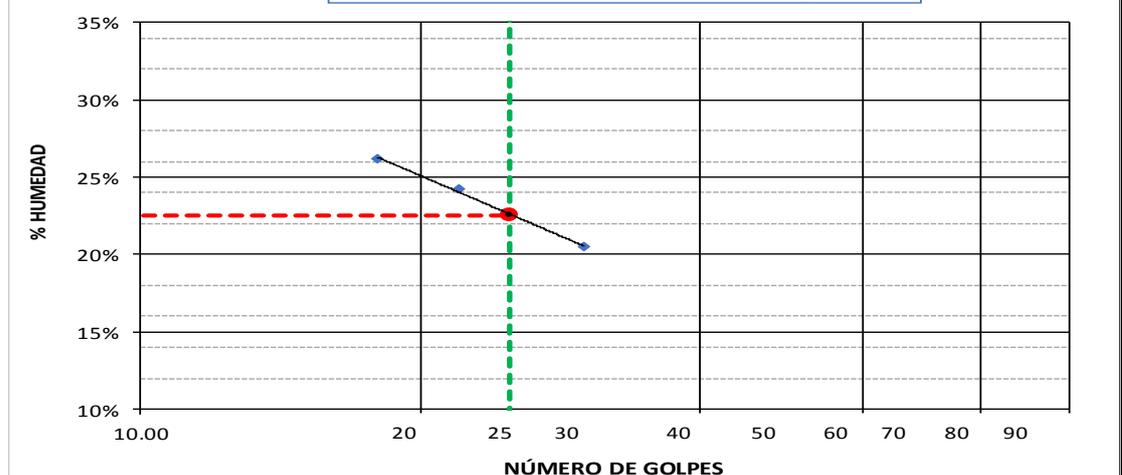
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA : C-16 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN	N	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	3
ENSAYO	No	32	38	35		29	28	
NRO DE TARRO	No							
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	27.79	27.9	24.32		6.38	6.91	
TARRO + SUELO SECO	gr.	24.87	24.54	21.49		6.07	6.51	
PESO DEL TARRO	gr.	10.61	10.65	10.68		4.27	4.25	
AGUA	gr.	2.92	3.36	2.83		0.31	0.40	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	14.26	13.89	10.81		1.80	2.26	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	20.48%	24.19%	26.18%		17.22%	17.70%	
NUMERO DE GOLPES	N	30	22	18				

LIMITE LIQUIDO = 22.50 % **LIMITE PLASTICO = 17.46 %** **INDICE PLASTICO = 5.04 %**

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA : C-16 M-1

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100	145.50	8.08	8.08	91.92	
1"	25.400	182.00	10.11	18.19	81.81	
3/4"	19.050	132.00	7.33	25.53	74.47	
1/2"	12.700	191.00	10.61	36.14	63.86	
3/8"	9.525	123.00	6.83	42.97	57.03	
N° 4	4.760	403.00	22.39	65.36	34.64	
N° 10	2.000	96.01	5.33	70.70	29.31	
N° 20	0.840	72.80	4.04	74.74	25.26	
N° 40	0.420	43.30	2.41	77.15	22.86	
N° 100	0.149	32.80	1.82	78.97	21.03	
N° 200	0.074	11.70	0.65	79.62	20.38	
BASE		366.89	20.38	100.00	0.00	

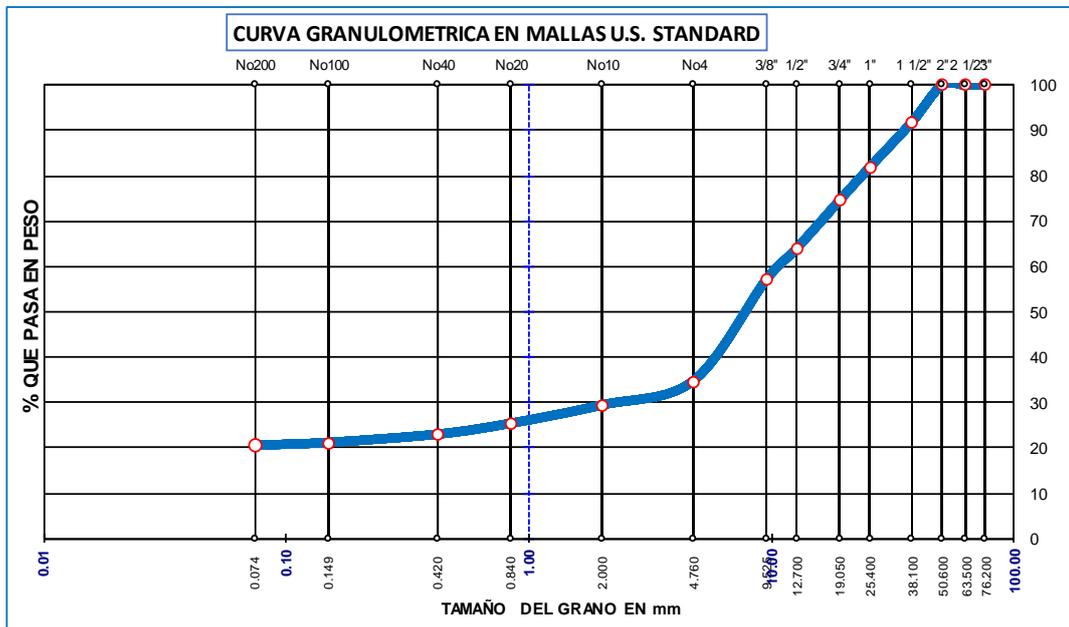
RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 1800.00
PESO M.LAVADA	: 1433.11
PESO PASANTE	: 366.89
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 22.50%
LIMITE PLASTICO	: 17.46%
INDICE PLASTICO	: 5.04%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.036	Cu= 300.398
D30= 2.980	Cc= 22.4359
D60= 10.91	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-1-b(0)
S.U.C.S.	: GC
GRAVA	: 65.36
ARENA	: 11.78
LIMO	: 2.47
ARCILLAS	: 20.38
HUM. NATURAL	: 7.96%
DENS. PROCTOR.	: 1.894 grs/cc
C.B.R. Al 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA : C-16 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	65	94	
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	325.70	335.30	
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	305.40	315.50	
PESO DEL AGUA	gr.	20.30	19.80	
PESO DE LA CAPSULA	gr.	70.00	74.85	
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	235.40	240.65	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	8.62%	8.23%	
PROMEDIO DE HUMEDAD	%		8.43%	

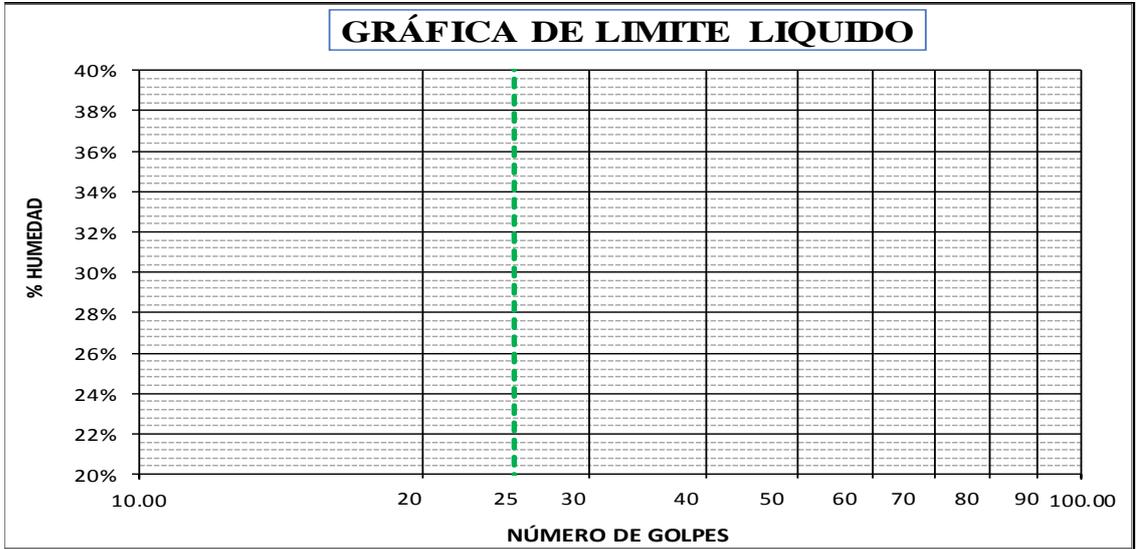
ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA : C-16 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No							
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.							
TARRO + SUELO SECO	gr.							
PESO DEL TARRO	gr.							
AGUA	gr.							
PESO DEL SUELO SECO	gr.							
CONTENIDO DE HUMEDAD	%							
NUMERO DE GOLPES	N							

LIMITE LIQUIDO = NP LIMITE PLASTICO = NP INDICE PLASTICO = NP



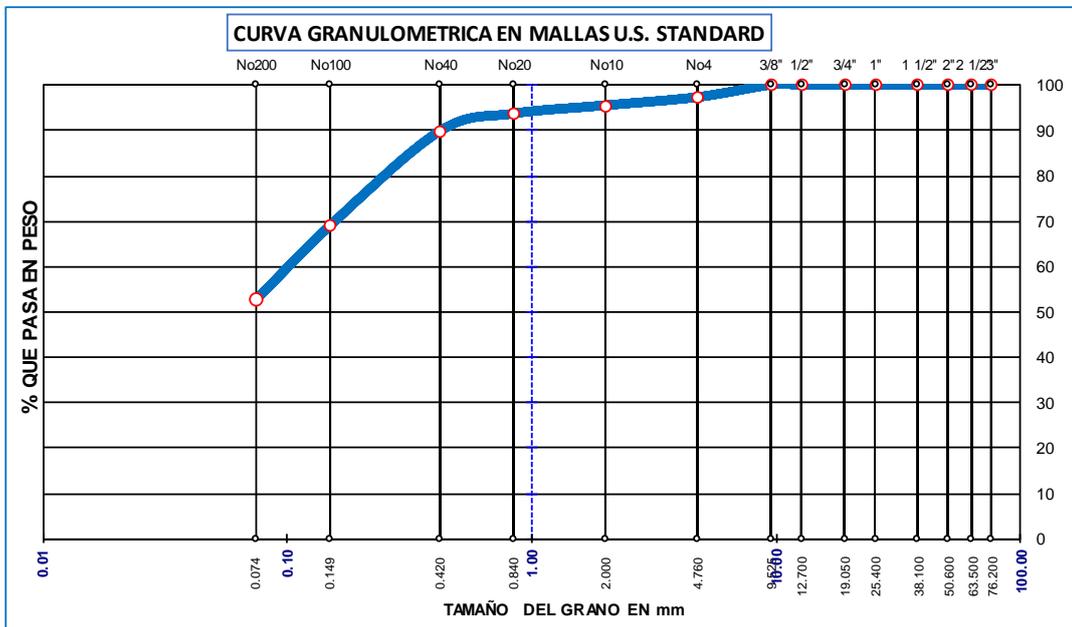
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA : C-16 M-2

AMICES	BERTUR.	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	" A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	15.00	2.72	2.72	97.28	
Nº 10	2.000	10.00	1.81	4.54	95.46	
Nº 20	0.840	10.00	1.81	6.35	93.65	
Nº 40	0.420	21.00	3.81	10.16	89.84	
Nº 100	0.149	115.00	20.87	31.03	68.97	
Nº 200	0.074	90.00	16.33	47.37	52.63	
BASE		290.00	52.63	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 551.00
PESO M.LAVADA	: 261.00
PESO PASANTE	: 290.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: NP
LIMITE PLASTICO	: NP
INDICE PLASTICO	: NP
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.014	Cu= 7.66951
D30= 0.042	Cc= 1.17348
D60= 0.11	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-4
S.U.C.S.	: SP-SC
GRAVA	: 2.72
ARENA	: 7.44
LIMO	: 37.21
ARCILLAS	: 52.63
HUM. NATURAL	: 8.43%
DENS. PROCTOR.	: 1.81 grs/cc
C.B.R. Al 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MIC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA	: C-16 M-3

NUMERO DE CAPSULA	N°	99	38
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	225.70	219.50
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	206.30	199.20
PESO DEL AGUA	gr.	19.40	20.30
PESO DE LA CAPSULA	gr.	74.60	68.77
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	131.70	130.43
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	14.73%	15.56%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	15.15%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MIC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

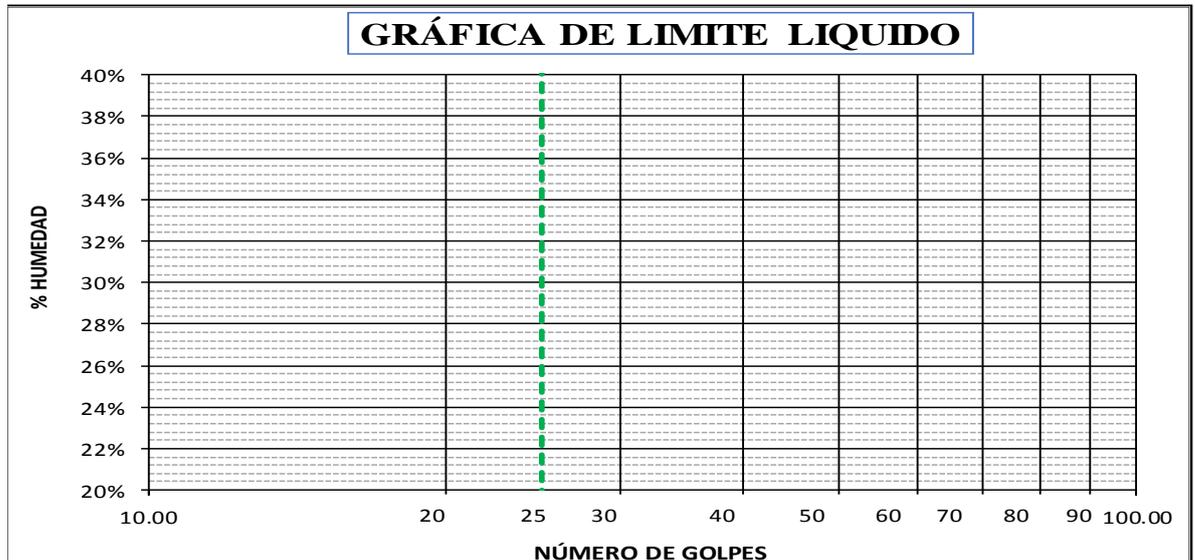
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA	: C-16 M-3

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No							
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.							
TARRO + SUELO SECO	gr.							
PESO DEL TARRO	gr.							
AGUA	gr.							
PESO DEL SUELO SECO	gr.							
CONTENIDO DE HUMEDAD	%							
NUMERO DE GOLPES	N							

LIMITE LIQUIDO =	NP	LIMITE PLASTICO =	NP	INDICE PLASTICO =	NP
------------------	----	-------------------	----	-------------------	----

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA : C-16 M-3

AMICIES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525	110.00	9.82	9.82	90.18	
Nº 4	4.760	380.00	33.93	43.75	56.25	
Nº 10	2.000	81.00	7.23	50.98	49.02	
Nº 20	0.840	120.00	10.71	61.70	38.30	
Nº 40	0.420	100.00	8.93	70.63	29.38	
Nº 100	0.149	85.00	7.59	78.21	21.79	
Nº 200	0.074	12.00	1.07	79.29	20.71	
BASE		232.00	20.71	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS

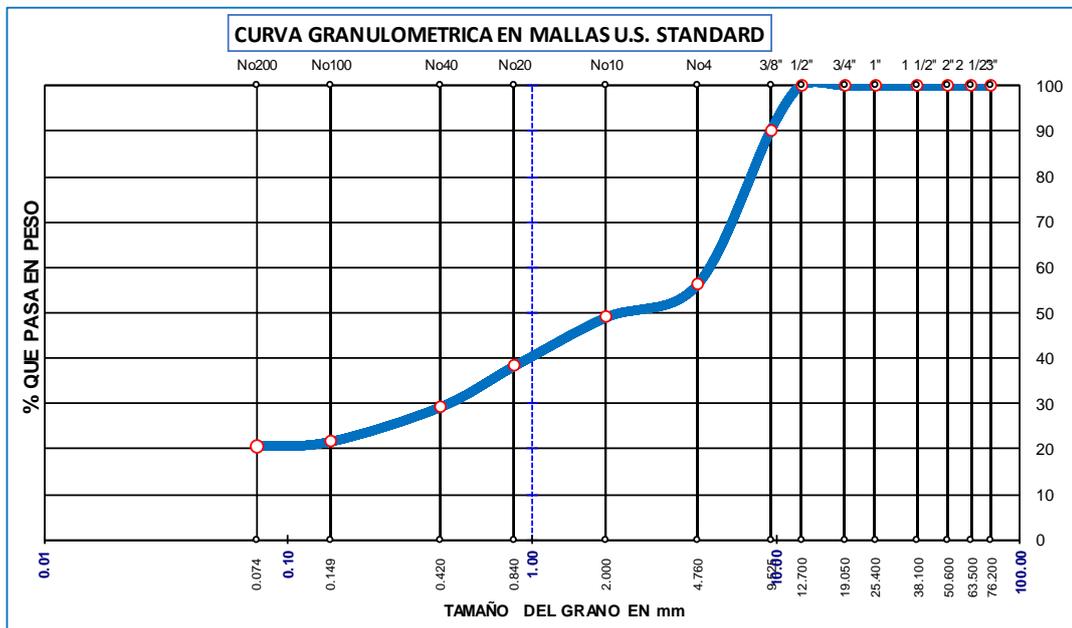
DATOS DE LA MUESTRA
 PESO INICIAL : 1120.00
 PESO M.LAVADA : 888.00
 PESO PASANTE : 232.00

LIMITES DE CONSISTENCIA:
 LIMITE LIQUIDO : NP
 LIMITE PLASTICO : NP
 INDICE PLASTICO : NP

COEF. CURVATURA y UNIF.
 D10= 0.036 Cu= 266.626
 D30= 0.449 Cc= 0.59353
 D60= 9.53

CLASIFICACION SUELOS:
 AASTHO : A-3
 S.U.C.S. : SW
 GRAVA : 43.75
 ARENA : 26.88
 LIMO : 8.66
 ARCILLAS : 20.71
 HUM. NATURAL : 15.15%
 DENS. PROCTOR. : 1.894 grs/cc
 C.B.R. AI 95% : 17.00 %

OBSERVACIONES :

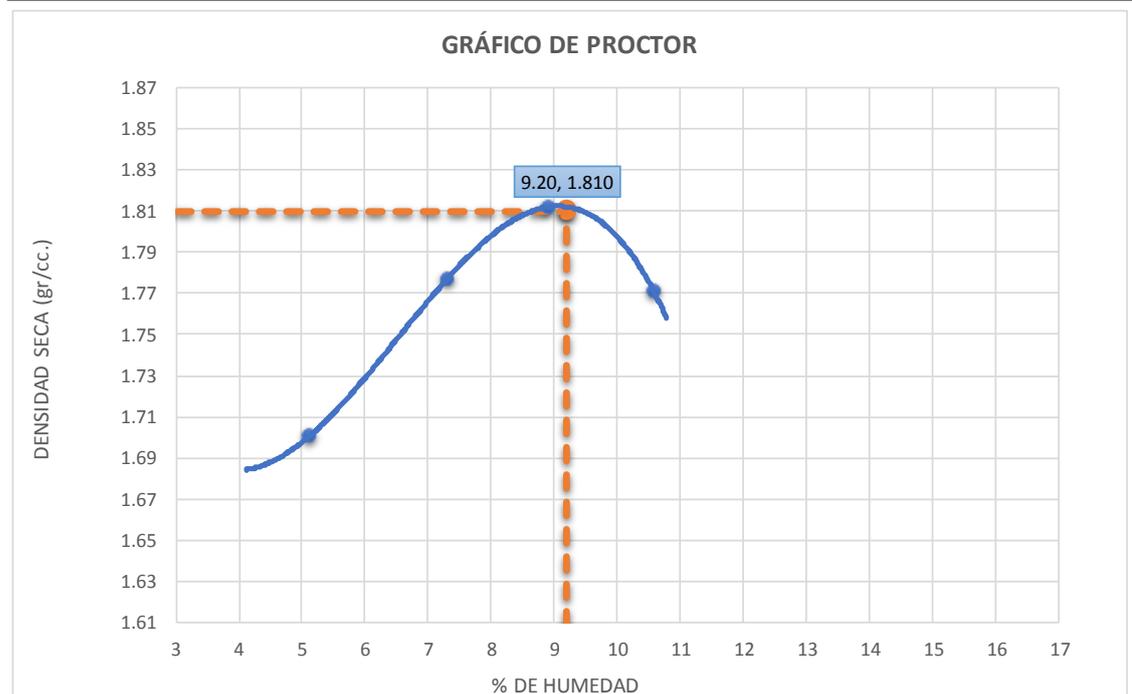


ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 10+000 L. DER.
MUESTRA	: C-16

Molde N°	MODELO CN-4 01	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2059 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	6175 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	9855	10102	10238	10207
Peso del molde	gr.	6175	6175	6175	6175
Peso de la muestra compactada	gr.	3680	3927	4063	4032
Densidad húmeda	gr/cc	1.79	1.91	1.97	1.96
Densidad seca	gr/cc	1.70	1.78	1.81	1.77

Contenido de Agua										
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08	
Peso del Tarro	gr.	166.9	177.4	158.3	165.9	174.6	188.9	180.3	170.1	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	518.1	517.5	530.4	529.6	534.9	535.9	535.7	535.5	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	501.4	500.6	505.7	504.2	506.0	507.0	502.0	500.2	
Peso del agua	gr.	16.7	16.9	24.7	25.4	28.9	28.9	33.7	35.3	
Peso del suelo seco	gr.	334.5	323.2	347.4	338.3	331.4	318.1	321.7	330.1	
Contenido de humedad	%	5.0	5.2	7.1	7.5	8.7	9.1	10.5	10.7	
Promedio		5.1		7.3		8.9		10.6		
DENSIDAD MAXIMA :		1.810		grs/cc		CONTENIDO DE HUMEDAD:	9.20		%	



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-21 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	76	88
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	89.00	88.00
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	80.00	78.00
PESO DEL AGUA	gr.	9.00	10.00
PESO DE LA CAPSULA	gr.	24.50	25.46
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	55.50	52.54
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	16.22%	19.03%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	17.62%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

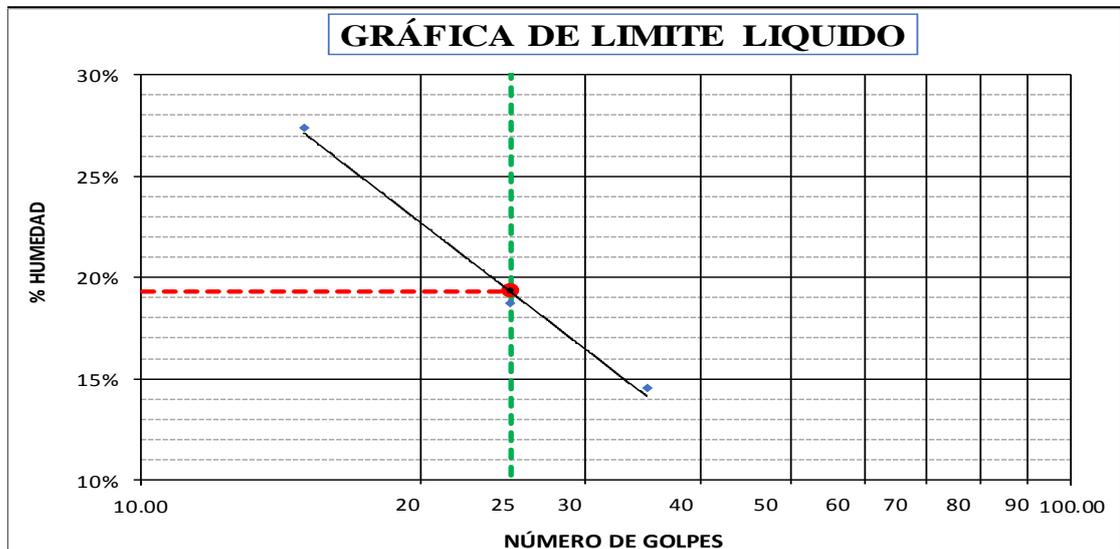
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-21 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	23	33	34		31	25	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	53.2	54.5	54.87		37.56	36.76	
TARRO + SUELO SECO	gr.	48.01	48	46.01		35.01	34.40	
PESO DEL TARRO	gr.	12.22	13.21	13.63		13.16	13.22	
AGUA	gr.	5.19	6.5	8.86		2.55	2.36	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	35.79	34.79	32.38		21.85	21.18	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	14.50%	18.68%	27.36%		11.67%	11.14%	
NUMERO DE GOLPES	N	35	25	15				

LIMITE LIQUIDO =	19.30 %	LIMITE PLASTICO =	11.41 %	INDICE PLASTICO =	7.89 %
-------------------------	----------------	--------------------------	----------------	--------------------------	---------------

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-21 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	99	38
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	210.20	213.40
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	190.50	193.60
PESO DEL AGUA	gr.	19.70	19.80
PESO DE LA CAPSULA	gr.	74.60	68.77
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	115.90	124.83
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	17.00%	15.86%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	16.43%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

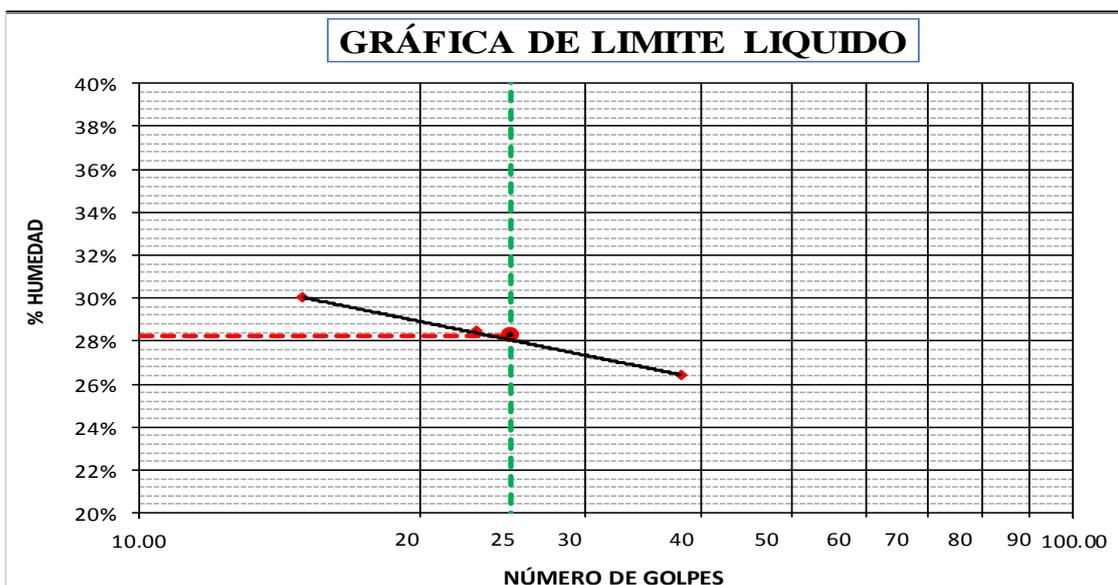
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-21 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	N - 2	N - 4	L - 1		A1	A2	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	25.96	25.74	25.09		21.54	20.84	
TARRO + SUELO SECO	gr.	23.50	23.44	23.03		20.68	19.95	
PESO DEL TARRO	gr.	15.30	15.35	15.23		15.88	15.10	
AGUA	gr.	2.46	2.3	2.06		0.86	0.89	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.2	8.09	7.8		4.80	4.85	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	30.00%	28.43%	26.41%		17.92%	18.35%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	23	38				

LIMITE LIQUIDO = 28.21 % LIMITE PLASTICO = 18.13 % INDICE PLASTICO = 10.08 %

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



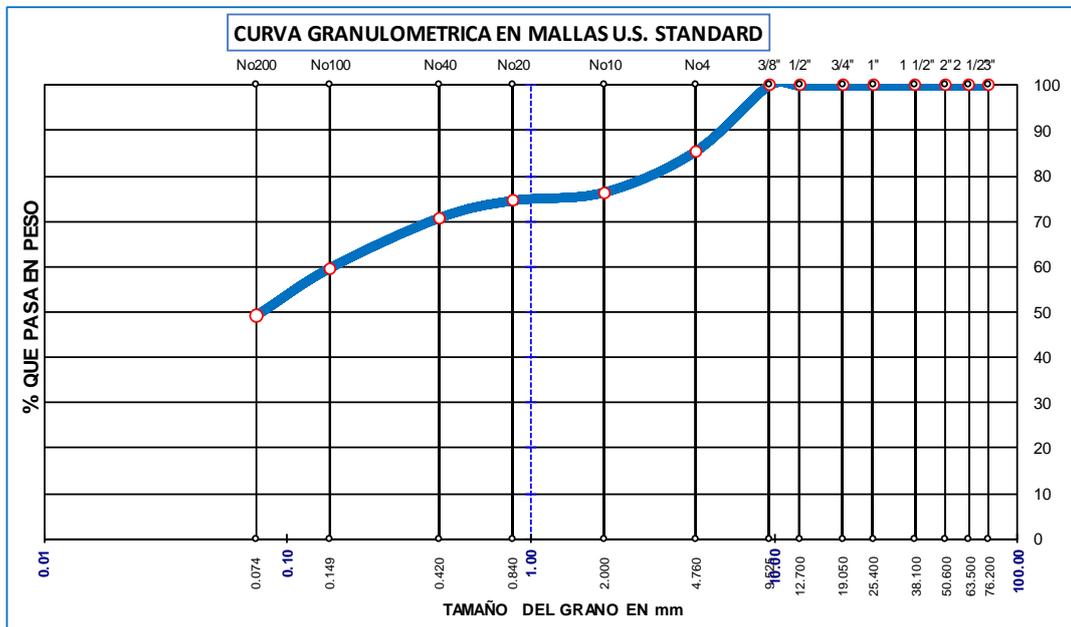
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-21 M-2

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	80.00	14.55	14.55	85.45	
Nº 10	2.000	50.00	9.09	23.64	76.36	
Nº 20	0.840	10.00	1.82	25.45	74.55	
Nº 40	0.420	21.00	3.82	29.27	70.73	
Nº 100	0.149	61.00	11.09	40.36	59.64	
Nº 200	0.074	58.00	10.55	50.91	49.09	
BASE		270.00	49.09	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 550.00
PESO M.LAVADA	: 280.00
PESO PASANTE	: 270.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 28.21%
LIMITE PLASTICO	: 18.13%
INDICE PLASTICO	: 10.08%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.103	Cu= 92.2518
D30= 1.521	Cc= 2.35091
D60= 9.53	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-7
S.U.C.S.	: CL-ML
GRAVA	: 14.55
ARENA	: 14.73
LIMO	: 21.64
ARCILLAS	: 49.09
HUM. NATURAL	: 16.43%
DENS. PROCTOR.	: 1.7 grs/cc
C.B.R. Al 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MIC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-21 M-3

NUMERO DE CAPSULA	N°	94	38
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	221.60	251.40
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	202.40	232.60
PESO DEL AGUA	gr.	19.20	18.80
PESO DE LA CAPSULA	gr.	74.85	68.77
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	127.55	163.83
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	15.05%	11.48%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	13.26%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

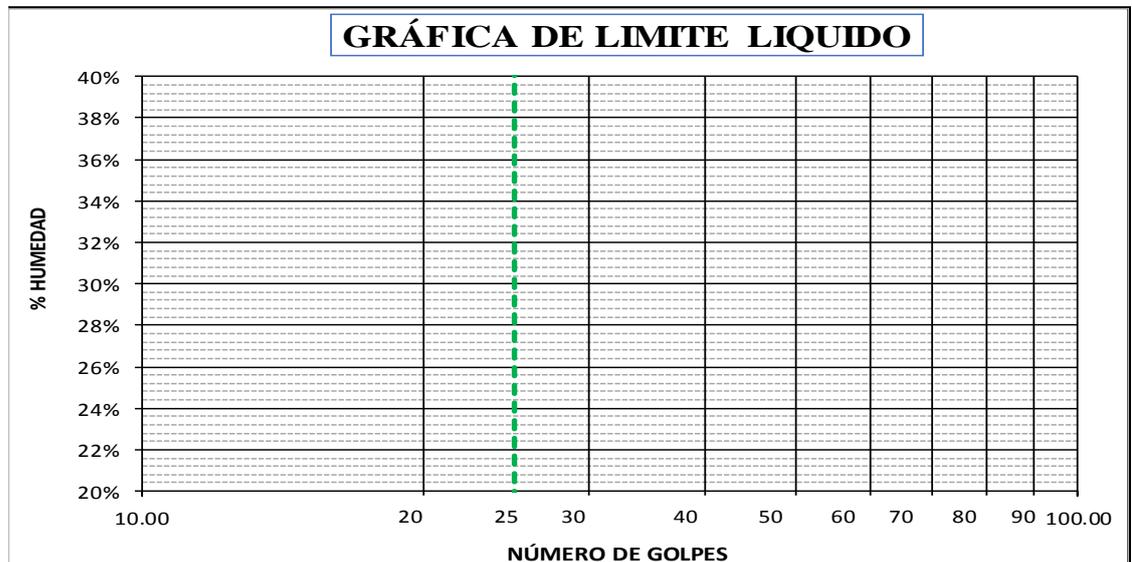
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-21 M-3

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No							
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.							
TARRO + SUELO SECO	gr.							
PESO DEL TARRO	gr.							
AGUA	gr.							
PESO DEL SUELO SECO	gr.							
CONTENIDO DE HUMEDAD	%							
NUMERO DE GOLPES	N							

LIMITE LIQUIDO = NP LIMITE PLASTICO = NP INDICE PLASTICO = NP

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



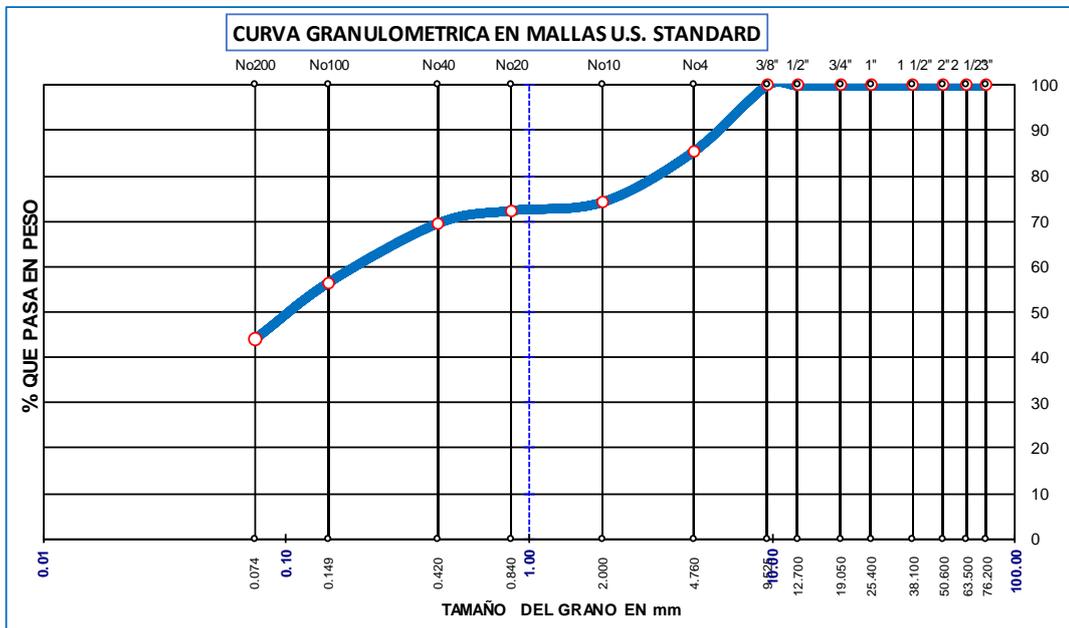
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-21 M-3

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	78.00	14.58	14.58	85.42	
Nº 10	2.000	60.00	11.21	25.79	74.21	
Nº 20	0.840	10.00	1.87	27.66	72.34	
Nº 40	0.420	15.00	2.80	30.47	69.53	
Nº 100	0.149	70.00	13.08	43.55	56.45	
Nº 200	0.074	67.00	12.52	56.07	43.93	
BASE		235.00	43.93	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 535.00
PESO M.LAVADA	: 300.00
PESO PASANTE	: 235.00
LIMITES DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: NP
LIMITE PLASTICO	: NP
INDICE PLASTICO	: NP
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.103	Cu= 92.2518
D30= 1.521	Cc= 2.35091
D60= 9.53	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-4
S.U.C.S.	: CL-ML
GRAVA	: 14.58
ARENA	: 15.89
LIMO	: 25.61
ARCILLAS	: 43.93
HUM. NATURAL	: 13.26%
DENS. PROCTOR.	: 1.894 grs/cc
C.B.R. Al 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :



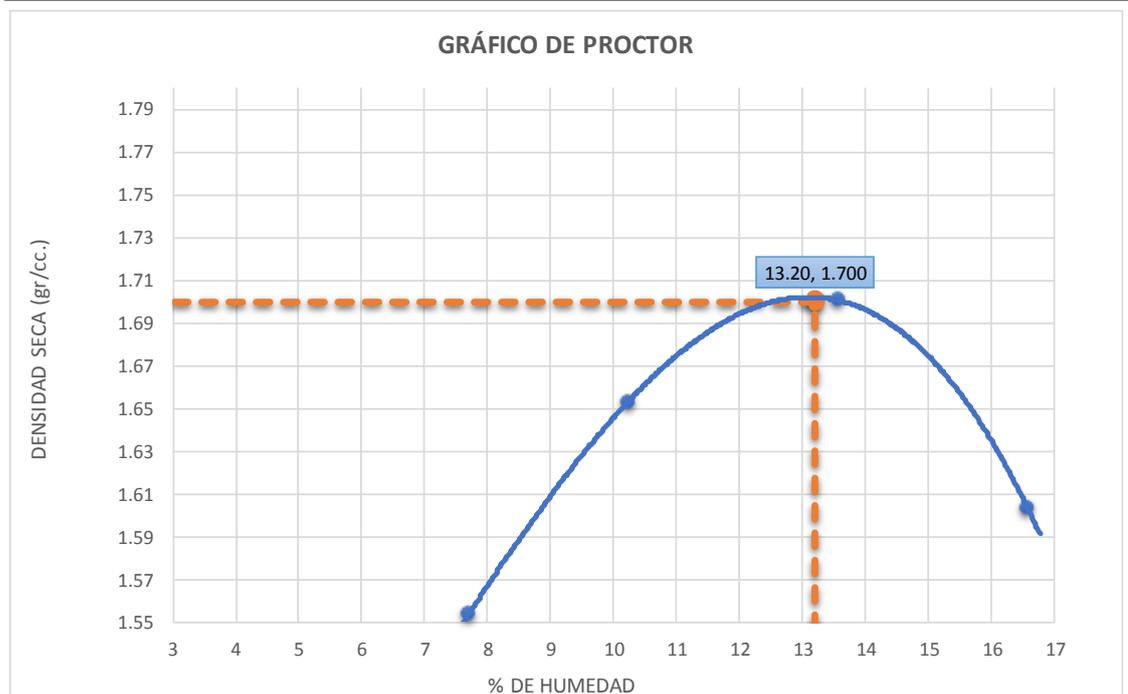
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODOS ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 11+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-21

Molde N°	MODELO CN-401	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2206 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	5330 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	9022	9350	9590	9454
Peso del molde	gr.	5330	5330	5330	5330
Peso de la muestra compactada	gr.	3692	4020	4260	4124
Densidad húmeda	gr/cc	167	182	193	187
Densidad seca	gr/cc	1.55	1.65	1.70	1.60

Contenido de Agua										
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08	
Peso del Tarro	gr.	166.9	177.4	158.3	165.9	174.6	188.9	180.3	170.1	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	525.1	527.5	540.4	539.6	650.9	550.9	555.7	554.5	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	501.4	500.6	505.7	504.2	595.0	507.0	502.0	500.2	
Peso del agua	gr.	23.7	26.9	34.7	35.4	55.9	43.9	53.7	54.3	
Peso del suelo seco	gr.	334.5	323.2	347.4	338.3	420.4	318.1	321.7	330.1	
Contenido de humedad	%	7.1	8.3	10.0	10.5	13.3	13.8	16.7	16.4	
Promedio		7.7		10.2		13.6		16.6		

DENSIDAD MAXIMA : 1.700 grs/cc **CONTENIDO DE HUMEDAD:** 13.20 %



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA	: C-24 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	22	34
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	34.65	35.55
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	34.01	34.75
PESO DEL AGUA	gr.	0.64	0.80
PESO DE LA CAPSULA	gr.	27.50	26.65
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	6.51	8.10
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	9.83%	9.88%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	9.85%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

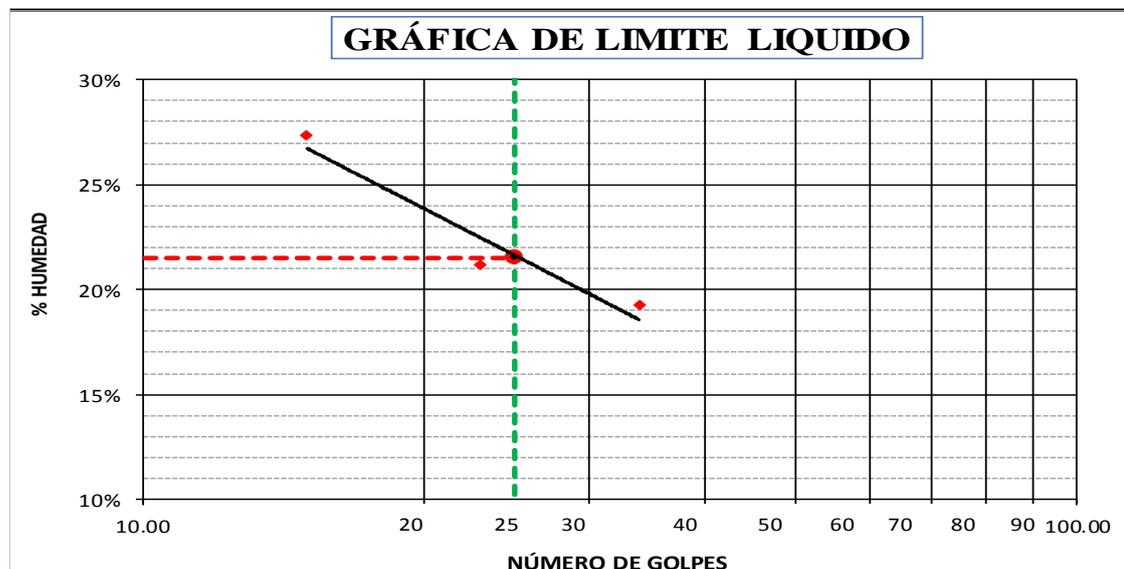
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	: DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA	: C-24 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	4	1	2
ENSAYO	No						
NRO DE TARRO	No	12	5	6		3	7
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	27.54	27.42	28.03		20.56	20.78
TARRO + SUELO SECO	gr.	25.13	25.50	26.23		19.90	20.06
PESO DEL TARRO	gr.	16.32	16.43	16.88		15.65	14.68
AGUA	gr.	2.41	1.92	1.8		0.66	0.72
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.81	9.07	9.35		4.25	5.38
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	27.36%	21.17%	19.25%		15.53%	13.38%
NUMERO DE GOLPES	N	15	23	34			

LIMITE LIQUIDO =	21.50 %	LIMITE PLASTICO =	14.46 %	INDICE PLASTICO =	7.04 %
-------------------------	----------------	--------------------------	----------------	--------------------------	---------------

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA : C-24 M-1

AMICESBERTUR ASTM	mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050	58.00	9.67	9.67	90.33	
1/2"	12.700	76.00	12.67	22.33	77.67	
3/8"	9.525	85.00	14.17	36.50	63.50	
Nº 4	4.760	66.00	11.00	47.50	52.50	
Nº 10	2.000	59.00	9.83	57.33	42.67	
Nº 20	0.840	67.00	11.17	68.50	31.50	
Nº 40	0.420	61.00	10.17	78.67	21.33	
Nº 100	0.149	29.00	4.83	83.50	16.50	
Nº 200	0.074	54.00	9.00	92.50	7.50	
BASE		45.00	7.50	100.00	0.00	

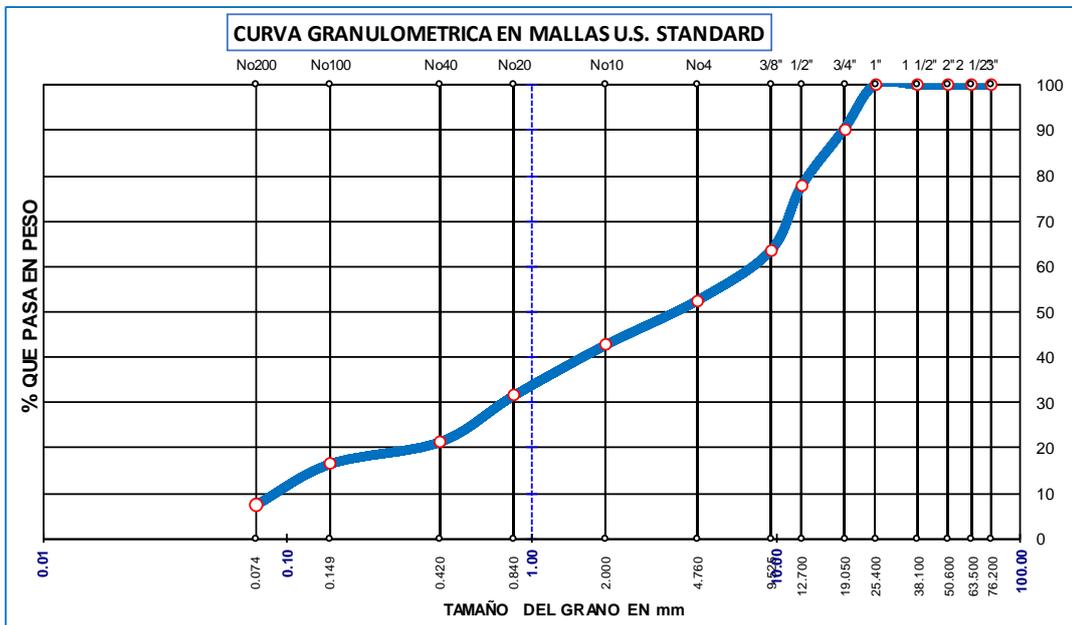
RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 600.00
PESO M.LAVADA	: 555.00
PESO PASANTE	: 45.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 21.50%
LIMITE PLASTICO	: 14.46%
INDICE PLASTICO	: 7.04%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.103	Cu= 92.2518
D30= 1.521	Cc= 2.35091
D60= 9.53	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-2-4(0)
S.U.C.S.	: GC
GRAVA	: 47.50
ARENA	: 31.17
LIMO	: 13.83
ARCILLAS	: 7.50
HUM. NATURAL	: 9.85%
DENS. PROCTOR.	: 1.82
C.B.R. Al 95%	: 17.00

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA : C-24 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	83	85
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	290.40	286.10
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	270.20	267.30
PESO DEL AGUA	gr.	20.20	18.80
PESO DE LA CAPSULA	gr.	76.55	78.25
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	193.65	189.05
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	10.43%	9.94%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	10.19%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

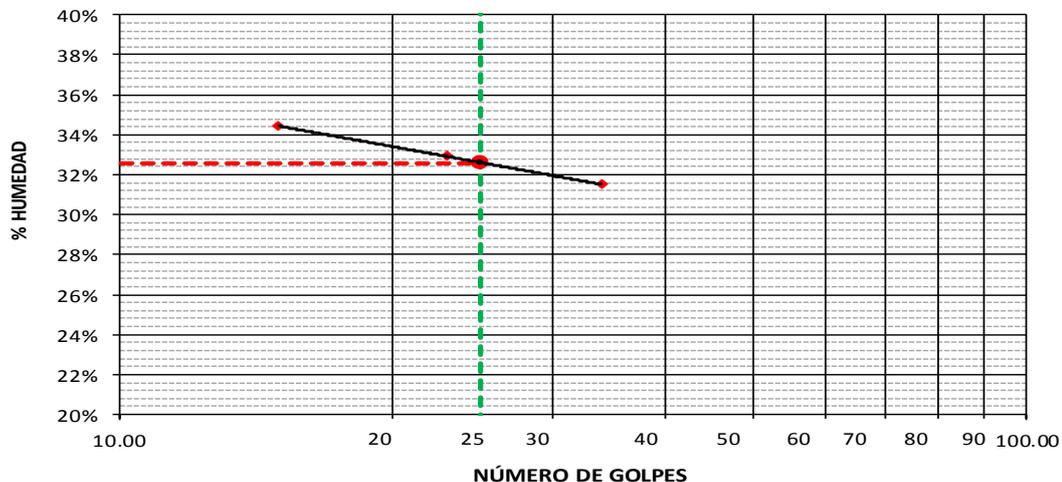
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA : C-24 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	4	1	2
ENSAYO	No						
NRO DE TARRO	No	N - 1	N - 2	L - 2		A1	A2
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	26.29	26.24	26.58		19.93	18.24
TARRO + SUELO SECO	gr.	23.45	23.51	23.99		19.12	17.46
PESO DEL TARRO	gr.	15.20	15.22	15.77		15.71	14.20
AGUA	gr.	2.84	2.73	2.59		0.81	0.78
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.25	8.29	8.22		3.41	3.26
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.42%	32.93%	31.51%		23.75%	23.93%
NUMERO DE GOLPES	N	15	23	34			

LIMITE LIQUIDO = **32.55 %** LIMITE PLASTICO = **23.84 %** INDICE PLASTICO = **8.71 %**

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA : C-24 M-2

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760				100.00	
Nº 10	2.000	9.00	1.64	1.64	98.36	
Nº 20	0.840	12.00	2.18	3.82	96.18	
Nº 40	0.420	20.00	3.64	7.45	92.55	
Nº 100	0.149	87.00	15.82	23.27	76.73	
Nº 200	0.074	49.00	8.91	32.18	67.82	
BASE		373.00	67.82	100.00	0.00	

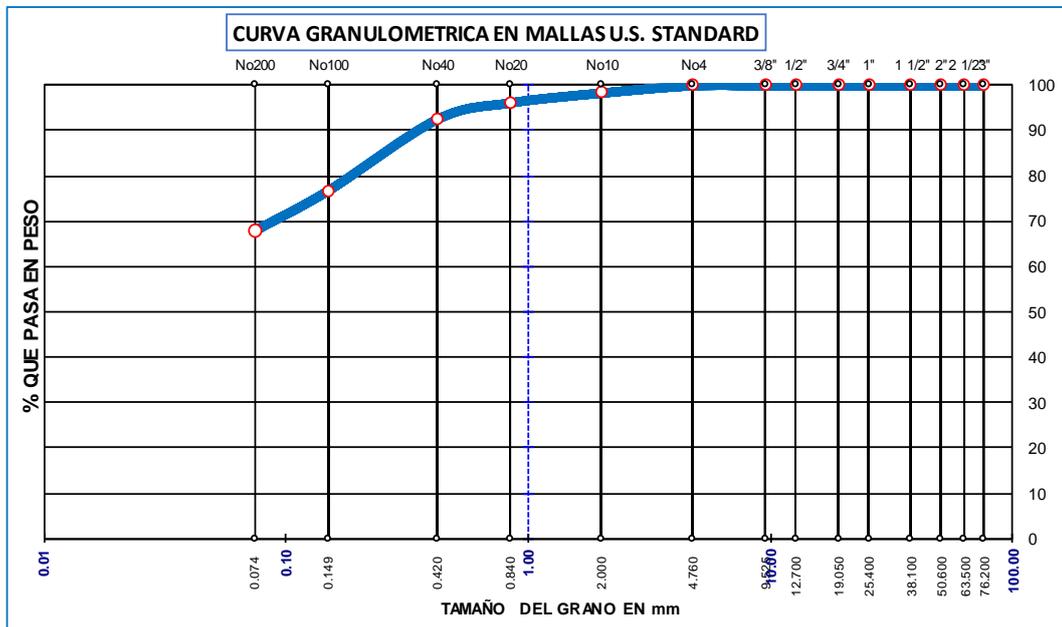
RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 550.00
PESO M.LAVADA	: 177.00
PESO PASANTE	: 373.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 32.55%
LIMITE PLASTICO	: 23.84%
INDICE PLASTICO	: 8.71%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.103	Cu= 92.2518
D30= 1.521	Cc= 2.35091
D60= 9.53	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-7
S.U.C.S.	: CL-ML
GRAVA	: 0.00
ARENA	: 7.45
LIMO	: 24.73
ARCILLAS	: 67.82
HUM. NATURAL	: 10.19%
DENS. PROCTOR.	: 1.82 grs/cc
C.B.R. Al 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)**

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA	: C-24 M-3

NUMERO DE CAPSULA	N°	65	94
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	247.50	239.60
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	227.20	218.70
PESO DEL AGUA	gr.	20.30	20.90
PESO DE LA CAPSULA	gr.	70.00	74.85
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	157.20	143.85
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	12.91%	14.53%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	13.72%	

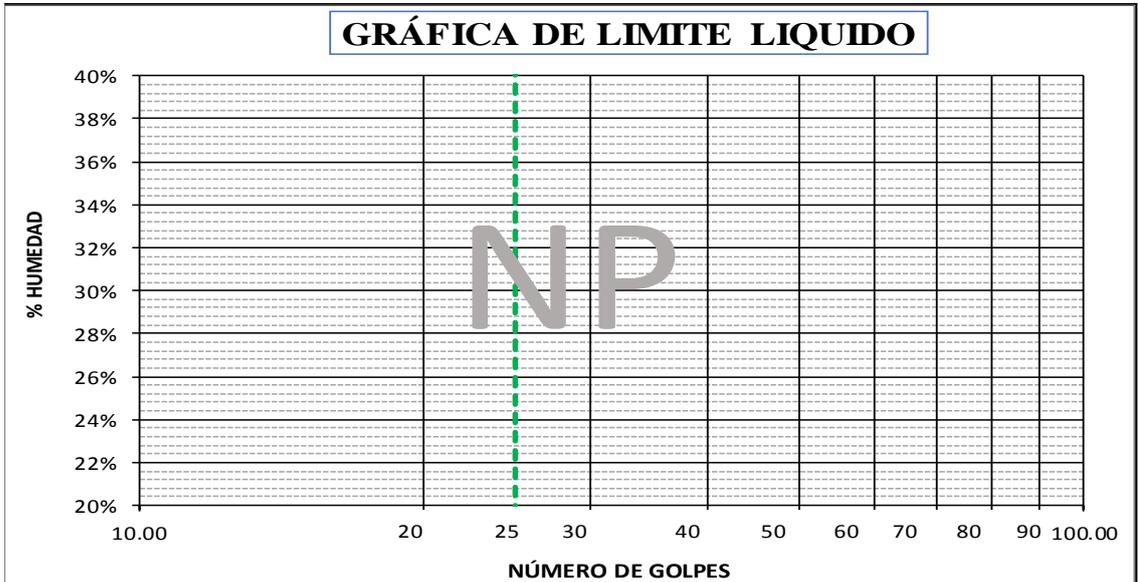
**ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)**

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA	: C-24 M-3

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	NP						
NRO DE TARRO							
TARRO + SUELO HUMEDO							
TARRO + SUELO SECO							
PESO DEL TARRO							
AGUA							
PESO DEL SUELO SECO							
CONTENIDO DE HUMEDAD							
NUMERO DE GOLPES							

LIMITE LIQUIDO = **NP** LIMITE PLASTICO = **NP** INDICE PLASTICO = **NP**



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA : C-24 M-3

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525	15.00	6.00	6.00	94.00	
Nº 4	4.760	25.00	10.00	16.00	84.00	
Nº 10	2.000	12.00	4.80	20.80	79.20	
Nº 20	0.840	10.00	4.00	24.80	75.20	
Nº 40	0.420	21.00	8.40	33.20	66.80	
Nº 100	0.149	81.00	32.40	65.60	34.40	
Nº 200	0.074	70.00	28.00	93.60	6.40	
BASE		16.00	6.40	100.00	0.00	

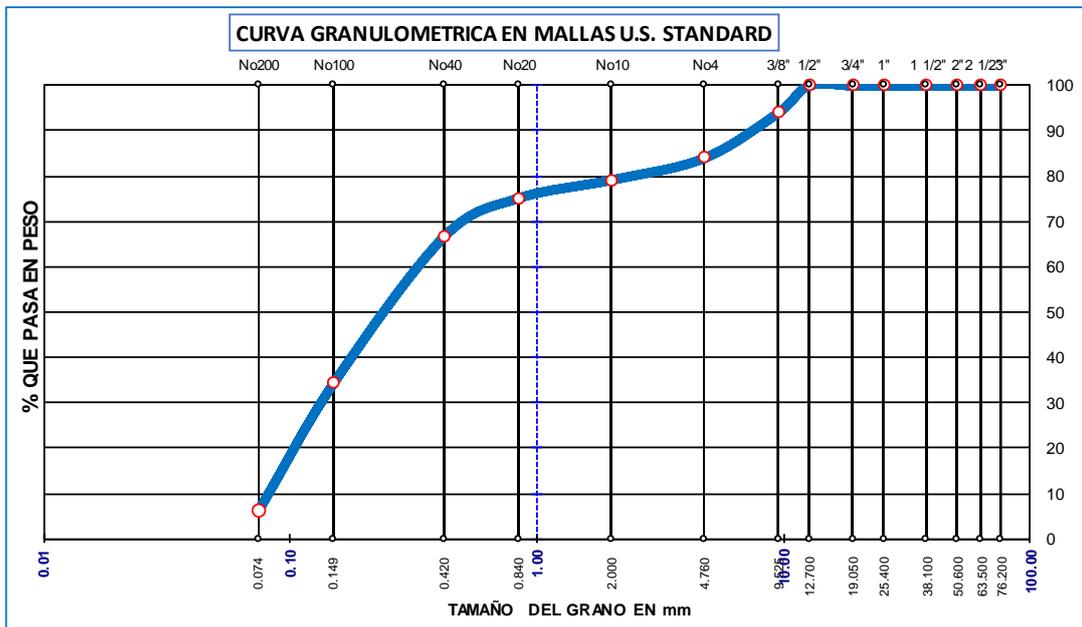
RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 250.00
PESO M.LAVADA	: 234.00
PESO PASANTE	: 16.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: NP
LIMITE PLASTICO	: NP
INDICE PLASTICO	: NP
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.103	Cu= 92.2518
D30= 1.521	Cc= 2.35091
D60= 9.53	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-3(0)
S.U.C.S.	: SP
GRAVA	: 16.00
ARENA	: 17.20
LIMO	: 60.40
ARCILLAS	: 6.40
HUM. NATURAL	: 13.72%
DENS. PROCTOR.	: 1.894 grs/cc
C.B.R. AI 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....

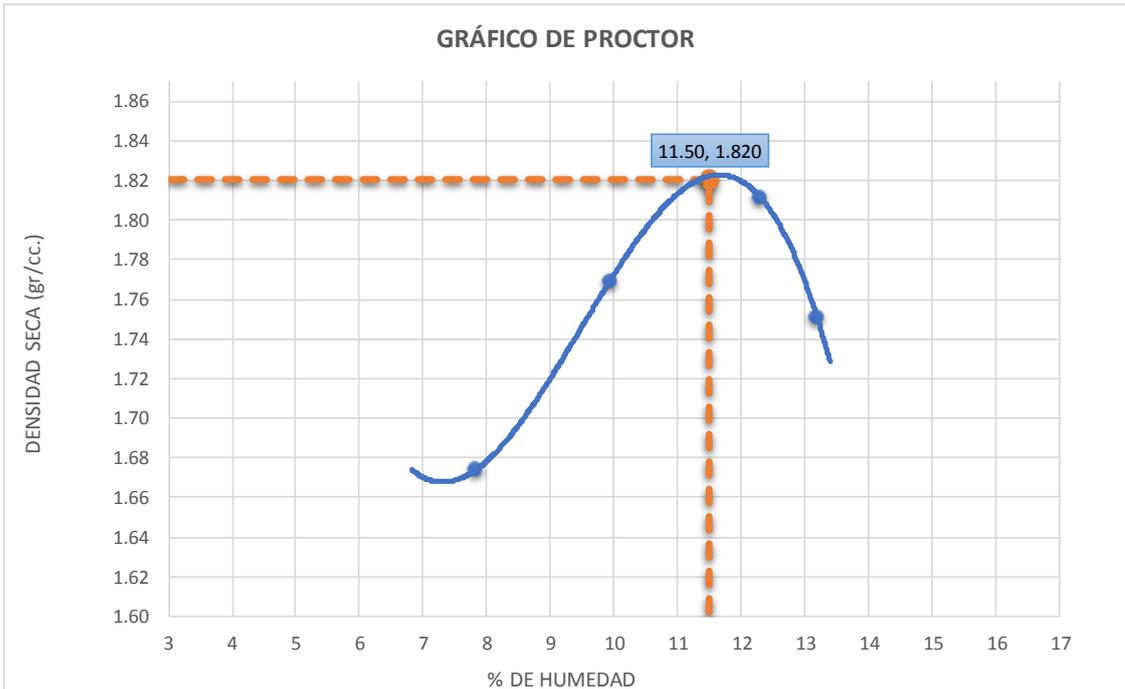


ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 12+000 L. DER.
MUESTRA	: C-24

Molde N°	MODELO CN-4 01	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2206 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	5330 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	9311	9620	9818	9702
Peso del molde	gr.	5330	5330	5330	5330
Peso de la muestra compactada	gr.	3981	4290	4488	4372
Densidad húmeda	gr/cc	180	194	2.03	198
Densidad seca	gr/cc	1.67	1.77	1.81	1.75

Contenido de Agua										
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08	
Peso del Tarro	gr.	166.9	177.4	158.3	165.9	174.6	188.9	180.3	170.1	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	532.1	521.5	539.4	538.6	545.9	546.9	543.7	544.5	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	501.4	500.6	505.7	504.2	506.0	507.0	502.0	500.2	
Peso del agua	gr.	30.7	20.9	33.7	34.4	39.9	39.9	41.7	44.3	
Peso del suelo seco	gr.	334.5	323.2	347.4	338.3	331.4	318.1	321.7	330.1	
Contenido de humedad	%	9.2	6.5	9.7	10.2	12.0	12.5	13.0	13.4	
Promedio		7.8		9.9		12.3		13.2		
DENSIDAD MAXIMA :		1.820 grs/cc		CONTENIDO DE HUMEDAD:				11.50 %		



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-29 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	12	23	
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	69.09	70.06	
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	67.70	68.67	
PESO DEL AGUA	gr.	1.39	1.39	
PESO DE LA CAPSULA	gr.	54.65	55.60	
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	13.05	13.07	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	10.65%	10.64%	
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	10.64%		

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111, 210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

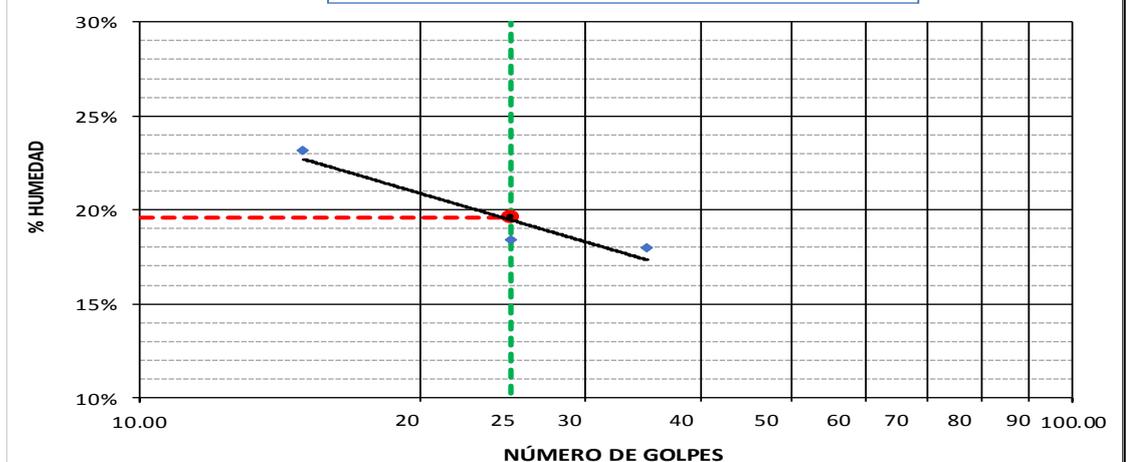
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-29 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	23	42	35		13	17	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	28.05	27.41	28.65		35.12	35.87	
TARRO + SUELO SECO	gr.	24.67	24.9	26		33.10	33.60	
PESO DEL TARRO	gr.	10.06	11.25	11.27		13.10	13.20	
AGUA	gr.	3.38	2.51	2.65		2.02	2.27	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	14.61	13.65	14.73		20.00	20.40	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	23.13%	18.39%	17.99%		10.10%	11.13%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	25	35				

LIMITE LIQUIDO =	19.61 %	LIMITE PLASTICO =	10.61 %	INDICE PLASTICO =	9.00 %
-------------------------	----------------	--------------------------	----------------	--------------------------	---------------

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-29 M-1

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050	54.00	10.80	10.80	89.20	
1/2"	12.700	65.00	13.00	23.80	76.20	
3/8"	9.525	66.00	13.20	37.00	63.00	
N° 4	4.760	69.00	13.80	50.80	49.20	
N° 10	2.000	36.00	7.20	58.00	42.00	
N° 20	0.840	39.00	7.80	65.80	34.20	
N° 40	0.420	30.00	6.00	71.80	28.20	
N° 100	0.149	60.00	12.00	83.80	16.20	
N° 200	0.074	53.00	10.60	94.40	5.60	
BASE		28.00	5.60	100.00	0.00	

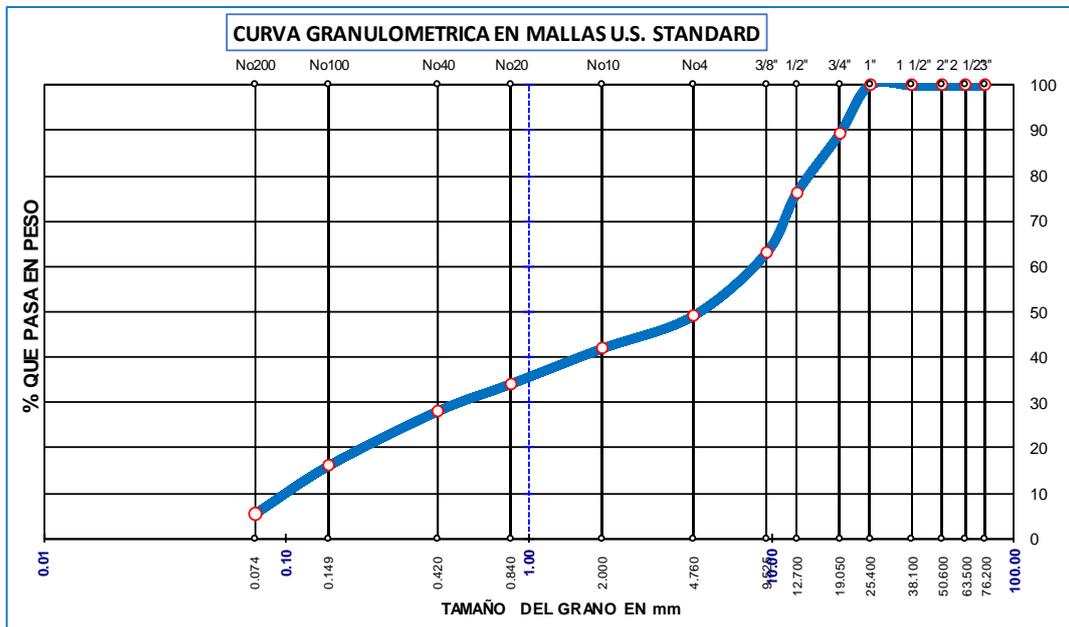
RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 500.00
PESO M.LAVADA	: 472.00
PESO PASANTE	: 28.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 19.61%
LIMITE PLASTICO	: 10.61%
INDICE PLASTICO	: 9.00%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.105	Cu= 90.6003
D30= 0.546	Cc= 0.2977
D60= 9.53	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-2-4(0)
S.U.C.S.	: GC
GRAVA	: 50.80
ARENA	: 21.00
LIMO	: 22.60
ARCILLAS	: 5.60
HUM. NATURAL	: 10.64%
DENS. PROCTOR.	: 1.69 grs/cc
C.B.R. Al 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)**

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-29 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	38	65
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	227.40	237.40
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	207.90	217.90
PESO DEL AGUA	gr.	19.50	19.50
PESO DE LA CAPSULA	gr.	68.77	70.00
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	139.13	147.90
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	14.02%	13.18%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	13.60%	

**ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)**

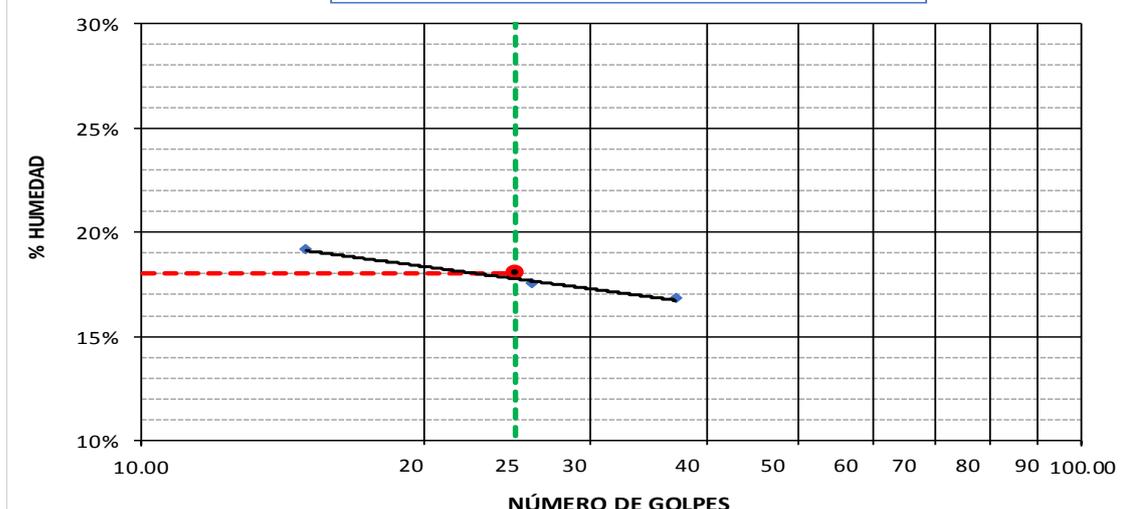
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-29 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	38	48	53		20	1	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	26.24	27.24	30.67		36.80	35.00	
TARRO + SUELO SECO	gr.	23.73	24.84	27.87		33.21	34.11	
PESO DEL TARRO	gr.	10.63	11.16	11.22		13.10	13.20	
AGUA	gr.	2.51	2.4	2.8		3.59	0.89	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	13.1	13.68	16.65		20.11	20.91	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	19.16%	17.54%	16.82%		17.83%	4.24%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	26	37				

LIMITE LIQUIDO =	18.00 %	LIMITE PLASTICO =	11.03 %	INDICE PLASTICO =	6.97 %
-------------------------	----------------	--------------------------	----------------	--------------------------	---------------

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-29 M-2

AMICES ASTM	BERTUR mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760				100.00	
Nº 10	2.000	5.00	1.25	1.25	98.75	
Nº 20	0.840	12.00	3.00	4.25	95.75	
Nº 40	0.420	20.00	5.00	9.25	90.75	
Nº 100	0.149	50.00	12.50	21.75	78.25	
Nº 200	0.074	45.00	11.25	33.00	67.00	
BASE		268.00	67.00	100.00	0.00	

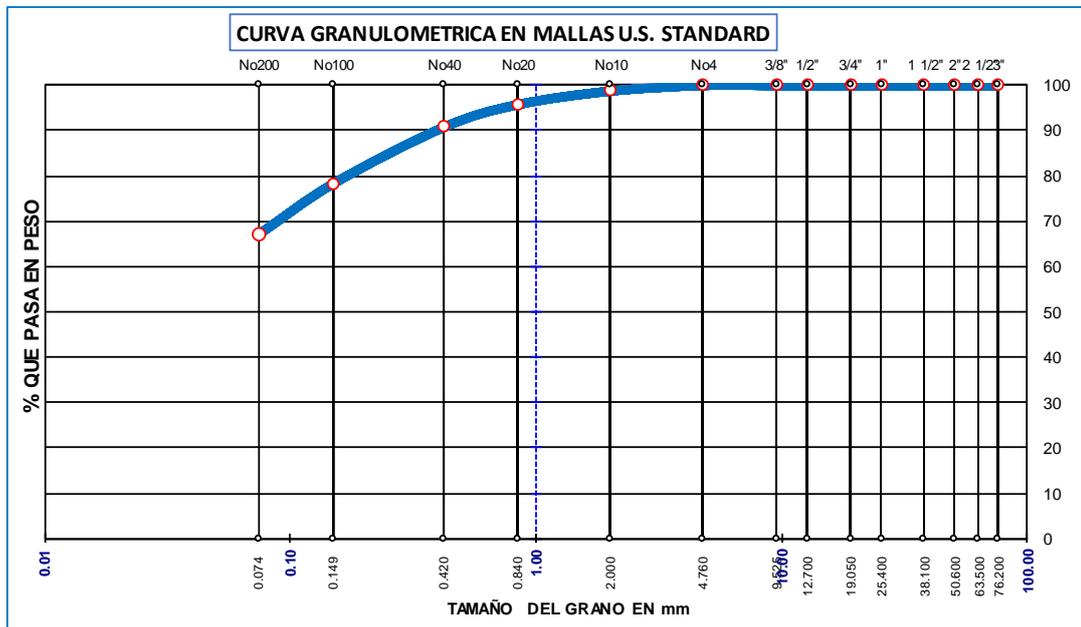
RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 400.00
PESO M.LAVADA	: 132.00
PESO PASANTE	: 268.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 18.00%
LIMITE PLASTICO	: 11.03%
INDICE PLASTICO	: 6.97%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.011	Cu= 6
D30= 0.033	Cc= 1.5
D60= 0.07	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-7
S.U.C.S.	: CL
GRAVA	: 0.00
ARENA	: 9.25
LIMO	: 23.75
ARCILLAS	: 67.00
HUM. NATURAL	: 13.60%
DENS. PROCTOR	: 1.69 grs/cc
C.B.R. AI 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MIC E 108 - 2000)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-29 M-3

NUMERO DE CAPSULA	N°	99	85
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	212.40	237.60
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	192.50	216.90
PESO DEL AGUA	gr.	19.90	20.70
PESO DE LA CAPSULA	gr.	74.60	78.25
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	117.90	138.65
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	16.88%	14.93%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	15.90%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MIC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

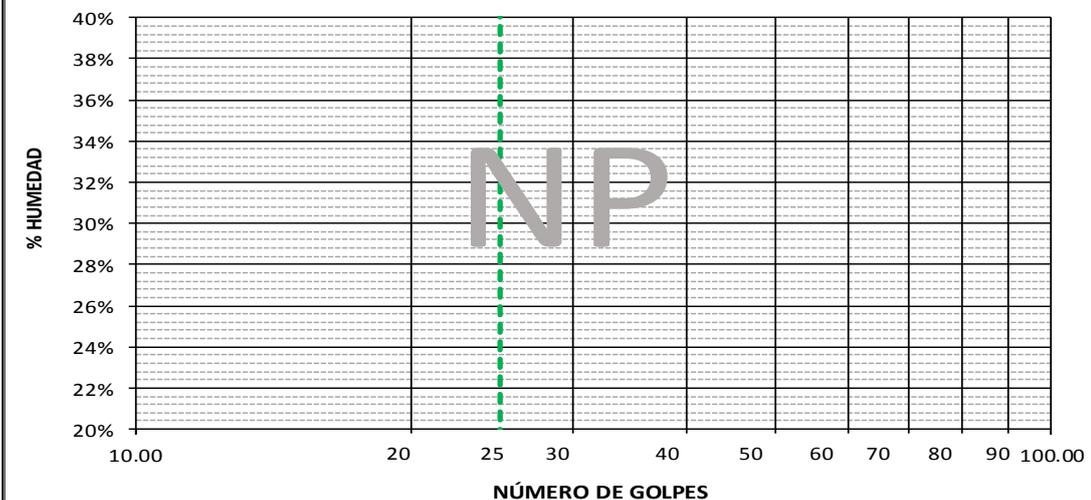
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-29 M-3

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	4	1	2
ENSAYO	No						
NRO DE TARRO	No						
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.						
TARRO + SUELO SECO	gr.						
PESO DEL TARRO	gr.						
AGUA	gr.						
PESO DEL SUELO SECO	gr.						
CONTENIDO DE HUMEDAD	%						
NUMERO DE GOLPES	N						

LIMITE LIQUIDO = NP LIMITE PLASTICO = NP INDICE PLASTICO = NP

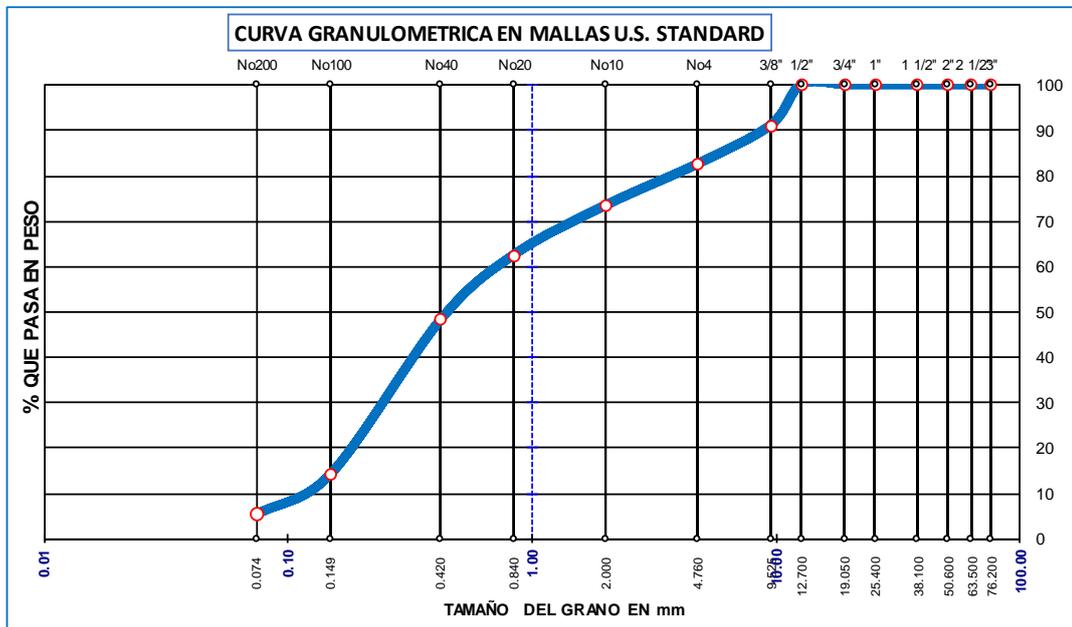
GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA : C-29 M-3

AMICIES	BERTUR	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	RESULTADOS DE ENSAYOS	
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	" A "	DATOS DE LA MUESTRA	
3"	76.200				100.00		PESO INICIAL : 560.00	
2 1/2"	63.500				100.00		PESO M.LAVADA : 530.00	
2"	50.600				100.00		PESO PASANTE : 30.00	
1 1/2"	38.100				100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:	
1"	25.400				100.00		LIMITE LIQUIDO : NP	
3/4"	19.050				100.00		LIMITE PLASTICO : NP	
1/2"	12.700				100.00		INDICE PLASTICO : NP	
3/8"	9.525	50.00	8.93	8.93	91.07		COEF. CURVATURA y UNIF.	
Nº 4	4.760	48.00	8.57	17.50	82.50		D10= #i/DIV/0! Cu= #i/DIV/0!	
Nº 10	2.000	51.00	9.11	26.61	73.39		D30= #i/DIV/0! Cc= #i/DIV/0!	
Nº 20	0.840	61.00	10.89	37.50	62.50		D60= #i/DIV/0!	
Nº 40	0.420	80.00	14.29	51.79	48.21		CLASIFICACION SUELOS:	
Nº 100	0.149	190.00	33.93	85.71	14.29		AASTHO : A-1-b(0)	
Nº 200	0.074	50.00	8.93	94.64	5.36		S.U.C.S. : SP	
BASE		30.00	5.36	100.00	0.00		GRAVA : 17.50	
OBSERVACIONES :							ARENA : 34.29	
							LIMO : 42.86	
							ARCILLAS : 5.36	
							HUM. NATURAL : 15.90%	
							DENS. PROCTOR. : 1.894 grs/cc	
							C.B.R. Al 95% : 17.00 %	

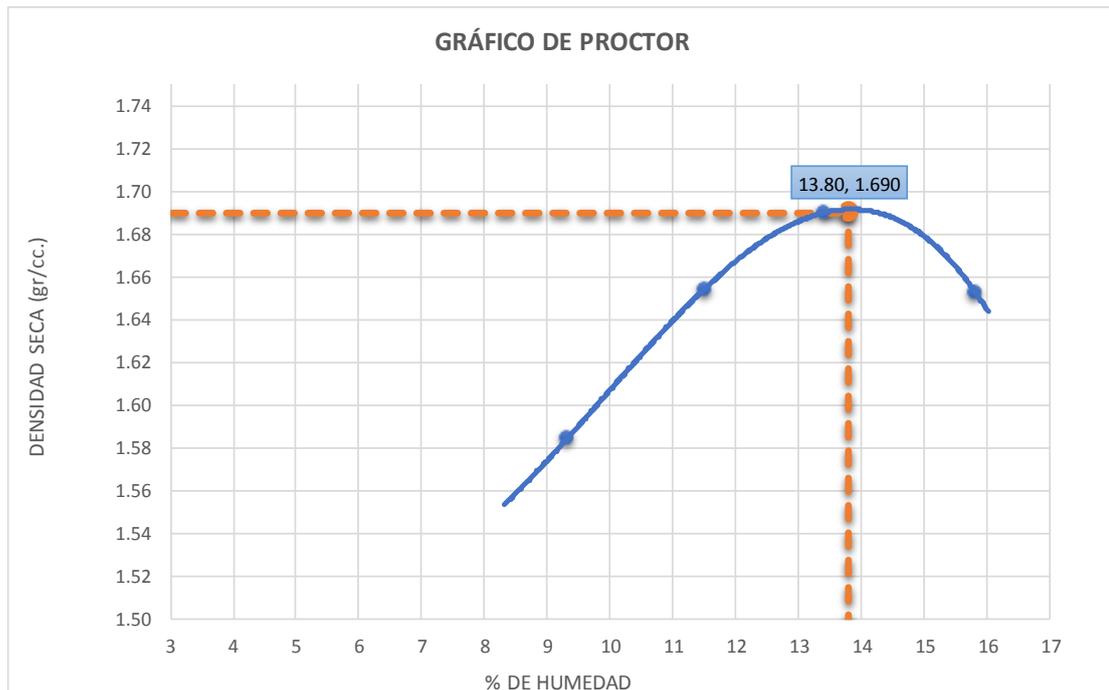


ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 13+250 L. IZQ.
MUESTRA	: C-29

Molde N°	MODELO CN-401	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2206 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	5330 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	9151	9400	9558	9552
Peso del molde	gr.	5330	5330	5330	5330
Peso de la muestra compactada	gr.	3821	4070	4228	4222
Densidad húmeda	gr/cc	1.73	1.84	1.92	1.91
Densidad seca	gr/cc	1.58	1.65	1.69	1.65

Contenido de Agua										
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08	
Peso del Tarro	gr.	169.4	170.8	176.4	166.4	177.3	168.5	180.3	170.1	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	516.1	518.8	521.0	523.1	528.0	531.5	525.9	527.6	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	487.1	488.6	485.7	486.0	487.1	488.0	478.1	479.4	
Peso del agua	gr.	29.0	30.2	35.3	37.1	40.9	43.5	47.8	48.2	
Peso del suelo seco	gr.	317.7	317.8	309.3	319.6	309.8	319.5	297.8	309.3	
Contenido de humedad	%	9.1	9.5	11.4	11.6	13.2	13.6	16.1	15.6	
Promedio		9.3		11.5		13.4		15.8		
DENSIDAD MAXIMA :		1.690 grs/cc		CONTENIDO DE HUMEDAD:				13.80 %		



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA	: C-32 M-1

NUMERO DE CAPSULA	N°	65	94
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	350.40	345.50
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	325.03	319.00
PESO DEL AGUA	gr.	25.37	26.50
PESO DE LA CAPSULA	gr.	70.00	74.85
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	255.03	244.15
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	9.95%	10.85%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	10.40%	

**ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)**

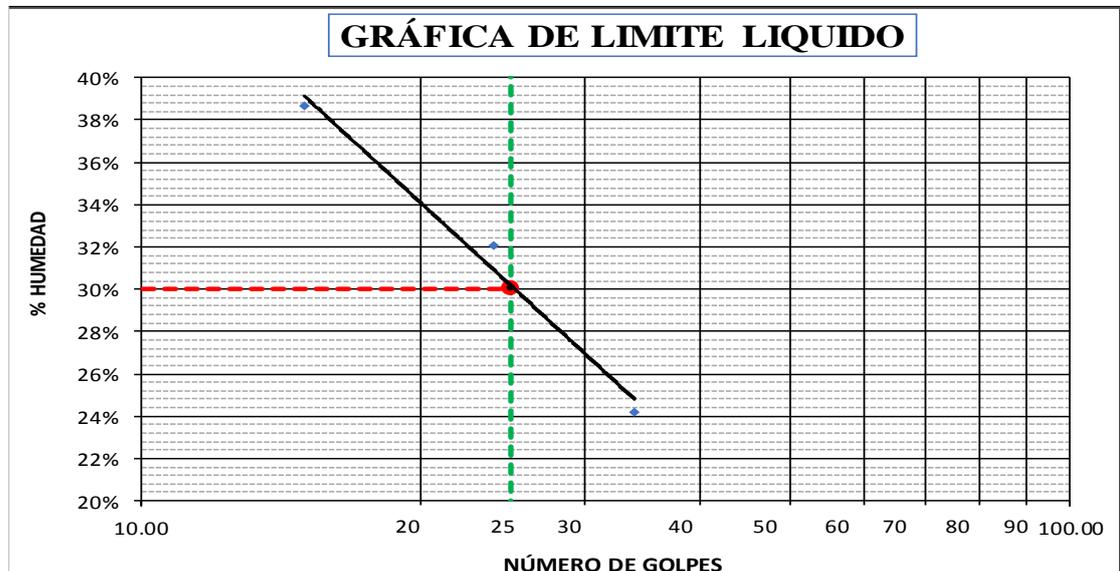
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA	: C-32 M-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	4	1	2
ENSAYO	No						
NRO DE TARRO	No	N - 7	N - 2	L - 4		A1	A2
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	40.6	41.89	42.5		36.80	35.00
TARRO + SUELO SECO	gr.	35.21	34.98	34.4		32.70	31.00
PESO DEL TARRO	gr.	12.9	13.4	13.45		13.10	13.20
AGUA	gr.	5.39	6.91	8.1		4.10	4.00
PESO DEL SUELO SECO	gr.	22.31	21.58	20.95		19.60	17.80
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	24.16%	32.02%	38.66%		20.92%	22.47%
NUMERO DE GOLPES	N	34	24	15			

LIMITE LIQUIDO = 30.00 % LIMITE PLASTICO = 21.70 % INDICE PLASTICO = 8.30 %

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA : C-32 M-1

AMIESBERTUR ASTM	mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050	67.00	12.64	12.64	87.36	
1/2"	12.700	59.00	11.13	23.77	76.23	
3/8"	9.525	99.00	18.68	42.45	57.55	
Nº 4	4.760	50.00	9.43	51.89	48.11	
Nº 10	2.000	29.00	5.47	57.36	42.64	
Nº 20	0.840	25.00	4.72	62.08	37.92	
Nº 40	0.420	30.00	5.66	67.74	32.26	
Nº 100	0.149	80.00	15.09	82.83	17.17	
Nº 200	0.074	50.00	9.43	92.26	7.74	
BASE		41.00	7.74	100.00	0.00	

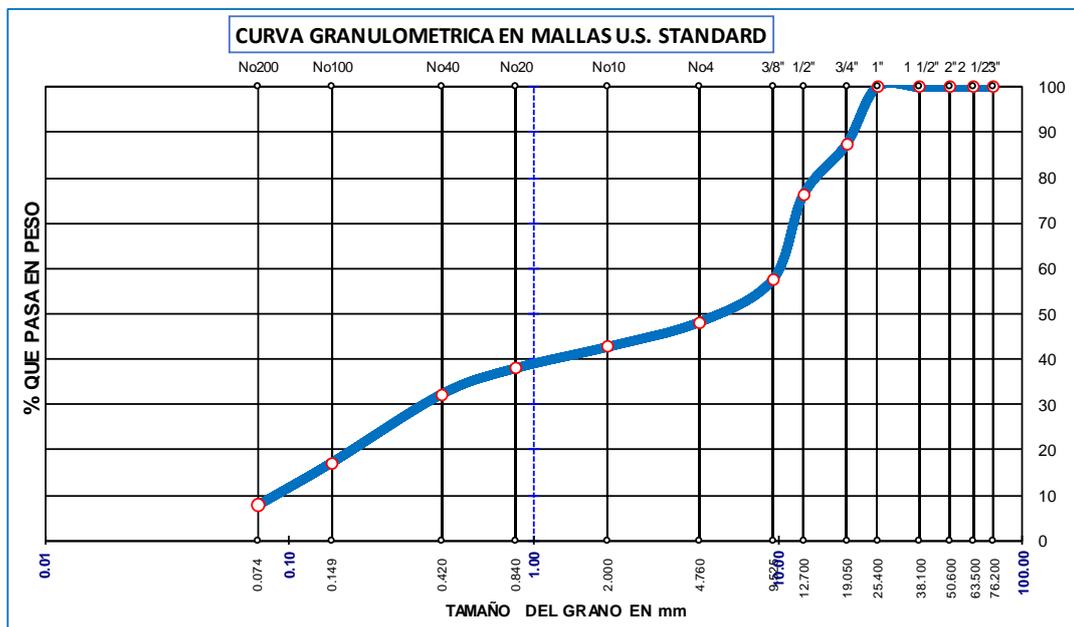
RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 530.00
PESO M.LAVADA	: 489.00
PESO PASANTE	: 41.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 30.00%
LIMITE PLASTICO	: 21.70%
INDICE PLASTICO	: 8.30%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.092	Cu= 108.064
D30= 0.379	Cc= 0.15733
D60= 9.94	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-2-4(0)
S.U.C.S.	: GC
GRAVA	: 51.89
ARENA	: 15.85
LIMO	: 24.53
ARCILLAS	: 7.74
HUM. NATURAL	: 10.40%
DENS. PROCTOR.	: 1.894 grs/cc
C.B.R. Al 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA	: C-32 M-2

NUMERO DE CAPSULA	N°	23	13
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	54.30	56.24
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	51.00	52.10
PESO DEL AGUA	gr.	3.30	4.14
PESO DE LA CAPSULA	gr.	16.32	16.65
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	34.68	35.45
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	9.52%	11.68%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	10.60%	

**ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MIC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)**

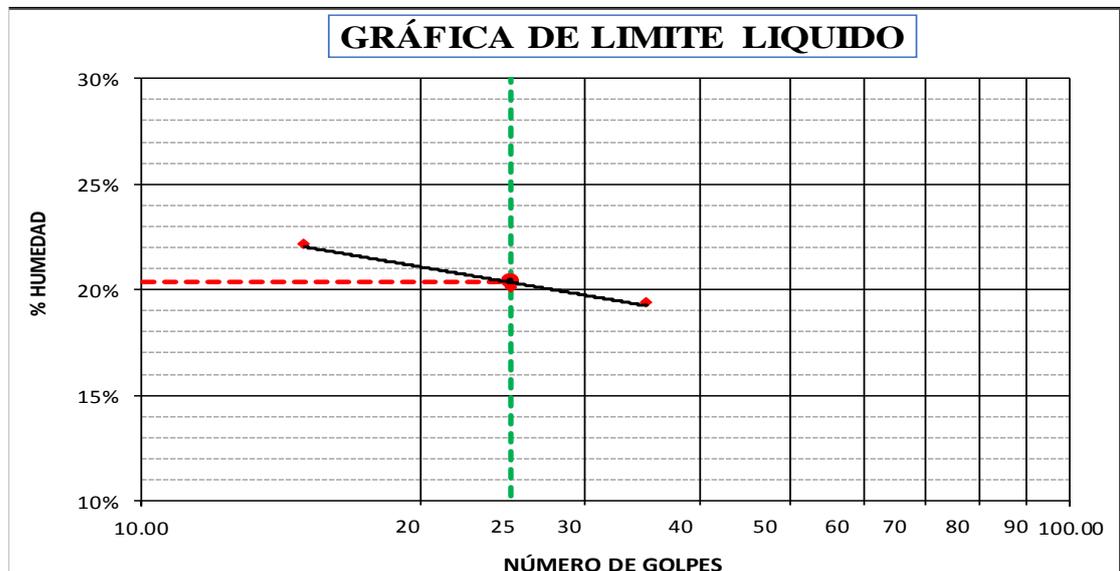
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA	: C-32 M-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	4	8	9		6	12	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	26.78	27.34	27.21		20.23	19.87	
TARRO + SUELO SECO	gr.	24.70	25.40	25.30		19.50	19.23	
PESO DEL TARRO	gr.	15.30	15.75	15.45		14.55	14.59	
AGUA	gr.	2.08	1.94	1.91		0.73	0.64	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	9.4	9.65	9.85		4.95	4.64	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	22.13%	20.10%	19.39%		14.75%	13.79%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	25	35				

LIMITE LIQUIDO =	20.40 %	LIMITE PLASTICO =	14.27 %	INDICE PLASTICO =	6.13 %
-------------------------	----------------	--------------------------	----------------	--------------------------	---------------

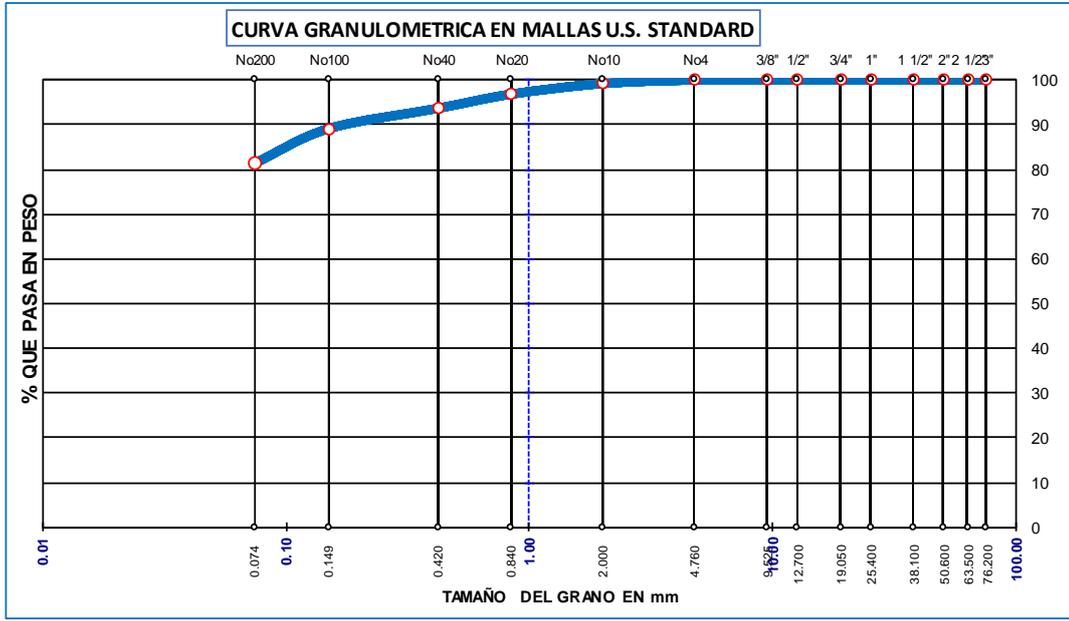
GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA : C-32 M-2

AMIESES	BERTUR	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	RESULTADOS DE ENSAYOS	
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	" A "	DATOS DE LA MUESTRA	
3"	76.200				100.00		PESO INICIAL : 500.00	
2 1/2"	63.500				100.00		PESO M.LAVADA : 94.00	
2"	50.600				100.00		PESO PASANTE : 406.00	
1 1/2"	38.100				100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:	
1"	25.400				100.00		LIMITE LIQUIDO : 20.40%	
3/4"	19.050				100.00		LIMITE PLASTICO : 14.27%	
1/2"	12.700				100.00		INDICE PLASTICO : 6.13%	
3/8"	9.525				100.00		COEF. CURVATURA y UNIF.	
Nº 4	4.760				100.00		D10= 0.009 Cu= 6	
Nº 10	2.000	4.00	0.80	0.80	99.20		D30= 0.027 Cc= 1.5	
Nº 20	0.840	12.00	2.40	3.20	96.80		CLASIFICACION SUELOS:	
Nº 40	0.420	16.00	3.20	6.40	93.60		AASTHO : A-4(2)	
Nº 100	0.149	23.00	4.60	11.00	89.00		S.U.C.S. : CL-ML	
Nº 200	0.074	39.00	7.80	18.80	81.20		GRAVA : 0.00	
BASE		406.00	81.20	100.00	0.00		ARENA : 6.40	
OBSERVACIONES :							LIMO : 12.40	
							ARCILLAS : 81.20	
							HUM. NATURAL : 10.60%	
							DENS. PROCTOR. : 1.68 grs/cc	
							C.B.R. Al 95% : 17.00 %	



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA	: C-32 M-3

NUMERO DE CAPSULA	N°	84	67
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	206.06	209.08
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	191.93	195.72
PESO DEL AGUA	gr.	14.13	13.36
PESO DE LA CAPSULA	gr.	61.18	66.17
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	130.75	129.55
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	10.81%	10.31%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	10.56%	

ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

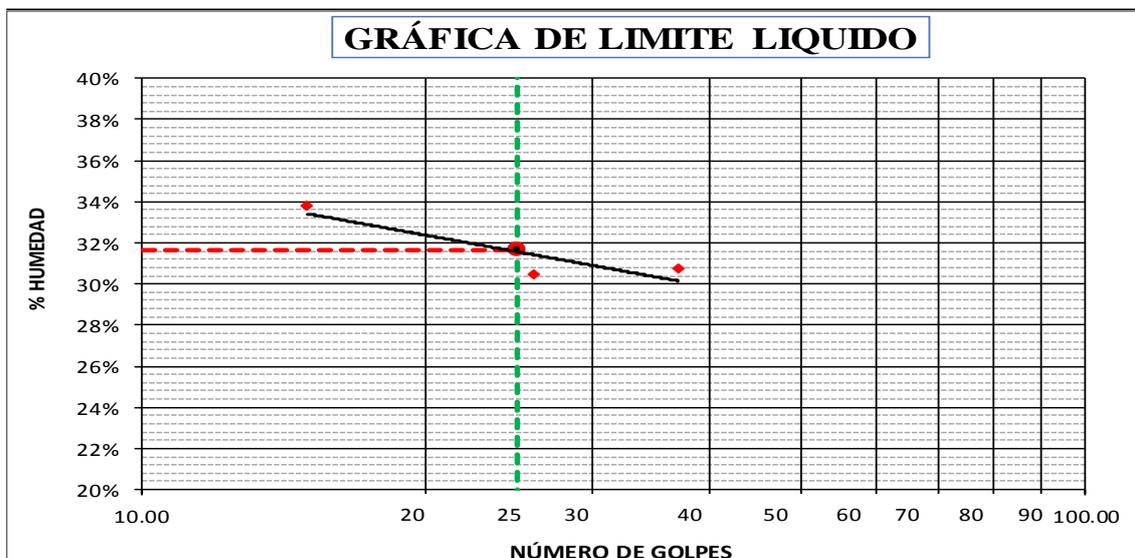
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA	: C-32 M-3

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	N - 1	N - 2	L - 3		A1	A2	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	25.88	26.01	25.68		19.17	19.06	
TARRO + SUELO SECO	gr.	22.93	23.38	23.04		18.32	18.22	
PESO DEL TARRO	gr.	14.20	14.75	14.45		14.71	14.68	
AGUA	gr.	2.95	2.63	2.64		0.85	0.84	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.73	8.63	8.59		3.61	3.54	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	33.79%	30.48%	30.73%		23.55%	23.73%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	26	37				

LIMITE LIQUIDO =	31.62 %	LIMITE PLASTICO =	23.64 %	INDICE PLASTICO =	7.98 %
------------------	---------	-------------------	---------	-------------------	--------

GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO



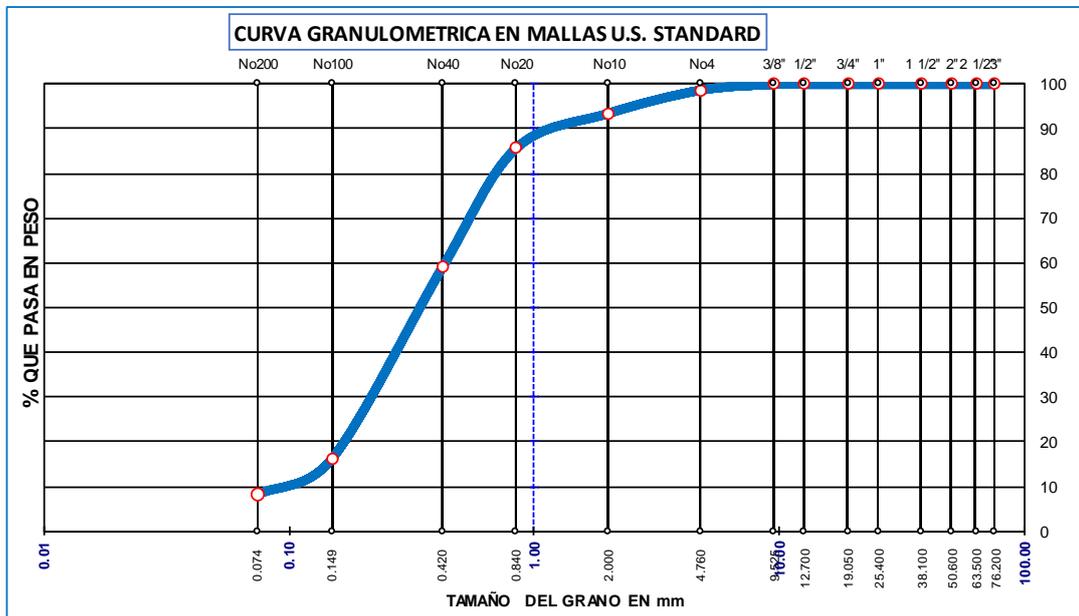
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA : KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA : C-32 M-3

AMICIESBERTUR ASTM	mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600				100.00	
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400				100.00	
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700				100.00	
3/8"	9.525				100.00	
Nº 4	4.760	10.00	1.33	1.33	98.67	
Nº 10	2.000	39.00	5.20	6.53	93.47	
Nº 20	0.840	59.00	7.87	14.40	85.60	
Nº 40	0.420	200.00	26.67	41.07	58.93	
Nº 100	0.149	320.00	42.67	83.73	16.27	
Nº 200	0.074	60.00	8.00	91.73	8.27	
BASE		62.00	8.27	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 750.00
PESO M.LAVADA	: 688.00
PESO PASANTE	: 62.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 31.62%
LIMITE PLASTICO	: 23.64%
INDICE PLASTICO	: 7.98%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.090	Cu= 4.83989
D30= 0.236	Cc= 1.41558
D60= 0.44	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A-2-4(0)
S.U.C.S.	: SP
GRAVA	: 1.33
ARENA	: 39.73
LIMO	: 50.67
ARCILLAS	: 8.27
HUM. NATURAL	: 10.56%
DENS. PROCTOR.	: 1.68 grs/cc
C.B.R. AI 95%	: 17.00 %

OBSERVACIONES :

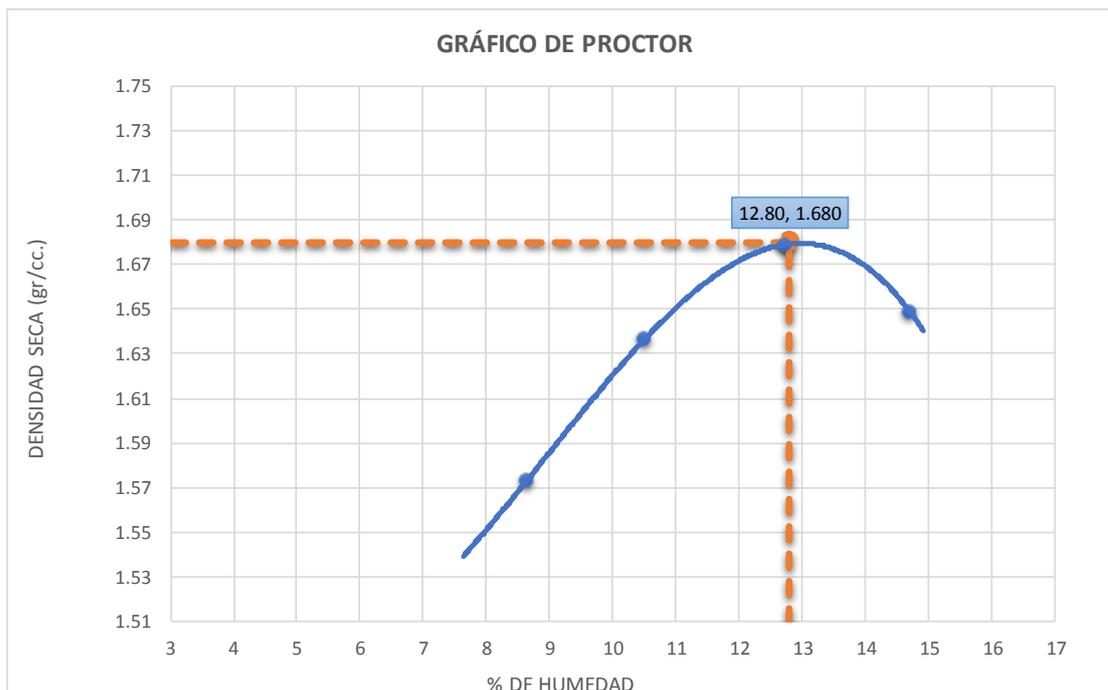


ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 14+000 L. DER.
MUESTRA	: C-32

Molde N°	MODELO CN-401	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2206 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	5330 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	9100	9320	9505	9502
Peso del molde	gr.	5330	5330	5330	5330
Peso de la muestra compactada	gr.	3770	3990	4175	4172
Densidad húmeda	gr/cc	1.71	1.81	1.89	1.89
Densidad seca	gr/cc	1.57	1.64	1.68	1.65

Contenido de Agua									
Tarro	N°	01	02	03	04	05	06	07	08
Peso del Tarro	gr.	170.4	176.8	171.3	155.2	164.6	180.7	180.3	170.1
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	518.3	516.4	520.3	524.8	527.4	526.2	532.4	534.4
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	489.4	490.6	487.7	489.0	487.0	486.7	487.7	487.2
Peso del agua	gr.	28.9	25.8	32.6	35.8	40.4	39.5	44.7	47.2
Peso del suelo seco	gr.	319.0	313.8	316.4	333.8	322.4	306.0	307.4	317.1
Contenido de humedad	%	9.1	8.2	10.3	10.7	12.5	12.9	14.5	14.9
Promedio		8.6		10.5		12.7		14.7	
DENSIDAD MAXIMA :		1.680 grs/cc		CONTENIDO DE HUMEDAD:				12.80 %	



Anexo 2. Ensayos de exploración de canteras.

<p>REGIÓN PUNO</p>	<p>GOBIERNO REGIONAL - PUNO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>			
	<p>DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)</p>			
<p>PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO</p>				
<p>UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO</p>				
<p>TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA</p>				
<p>MUESTRA : MATERIAL ROCA CANTERA ARGULLUNI</p>				
Capsula No	No	65	38	
Suelo Humedo +Capsula	gr.	318.40	294.60	
Peso del Suelo Seco +Capsula	gr.	310.60	289.40	
Peso del Agua	gr.	7.80	5.20	
Peso de la Capsula	gr.	70.00	68.77	
Peso del Suelo Seco	gr.	240.60	220.63	
%de Humedad	%	3.24%	2.36%	
Promedio de Humedad	%	2.80%		

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

<p>PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO</p>				
<p>UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO</p>				
<p>TRAMO : MAQUERA - CALLATA PACUNCANI</p>				
<p>MUESTRA : CANTERA ARGULLUNI</p>				
NUMERO DE CAPSULA	N°	53	61	
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	51.24	45.16	
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	50.51	44.20	
PESO DEL AGUA	gr.	0.73	0.96	
PESO DE LA CAPSULA	gr.	10.68	11.24	
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	39.83	32.96	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	1.83%	2.91%	
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	2.37%		

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : MAQUERA - CALLATA PACUNCANI
MUESTRA : CANTERA ARGULLUNI

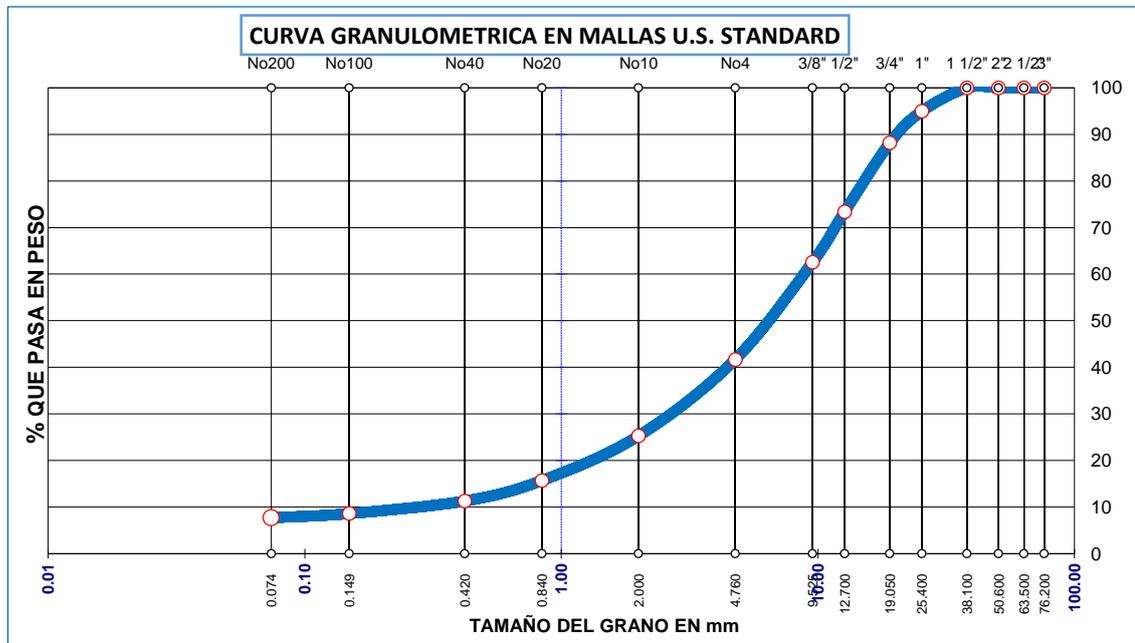
AMICESTUR.	BERTUR.	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	RESULTADOS DE ENSAYOS	
ASTM	mm	ENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	" A "	DATOS DE LA MUESTRA	
3"	76.200				100.00		PESO INICIAL : 7708.00	
2 1/2"	63.500				100.00		PESO FRAC. : 578.00	
2"	50.600	270.00	3.50	0.00	100.00		K : 1513.32	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:	
1"	25.400	387.00	5.02	5.02	94.98		LIMITE LIQUIDO : 23.71%	
3/4"	19.050	524.00	6.80	11.82	88.18		LIMITE PLASTICO : 15.17%	
1/2"	12.700	1140.00	14.79	26.61	73.39		INDICE PLASTICO : 8.54%	
3/8"	9.525	836.00	10.85	37.45	62.55		COEF. CURVATURA y UNIF.	
N° 4	4.760	1607.00	20.85	58.30	41.70		D10= 0.290	Cu= 32.8646
N° 10	2.000	227.00	16.40	74.70	25.30		D30= 4.158	Cc= 6.26266
N° 20	0.840	133.00	9.60	84.30	15.70		D60= 9.53	
N° 40	0.420	61.00	4.40	88.70	11.30		CLASIFICACION SUELOS:	
N° 100	0.149	37.00	2.70	91.40	8.60		AASTHO : A-1-a(0)	
N° 200	0.074	13.00	0.90	92.30	7.70		S.U.C.S. : GP-GC	
-200		107.04	7.70	100.00	0.00		GRAVA : 61.81	
							ARENA : 30.40	
							LIMO : 3.60	
							ARCILLAS : 7.70	
							HUM. NATURAL : 2.37%	
							DENS. PROCTOR. : 2.12	grs/cc
							C.B.R. Al 95% : #REF!	%

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....



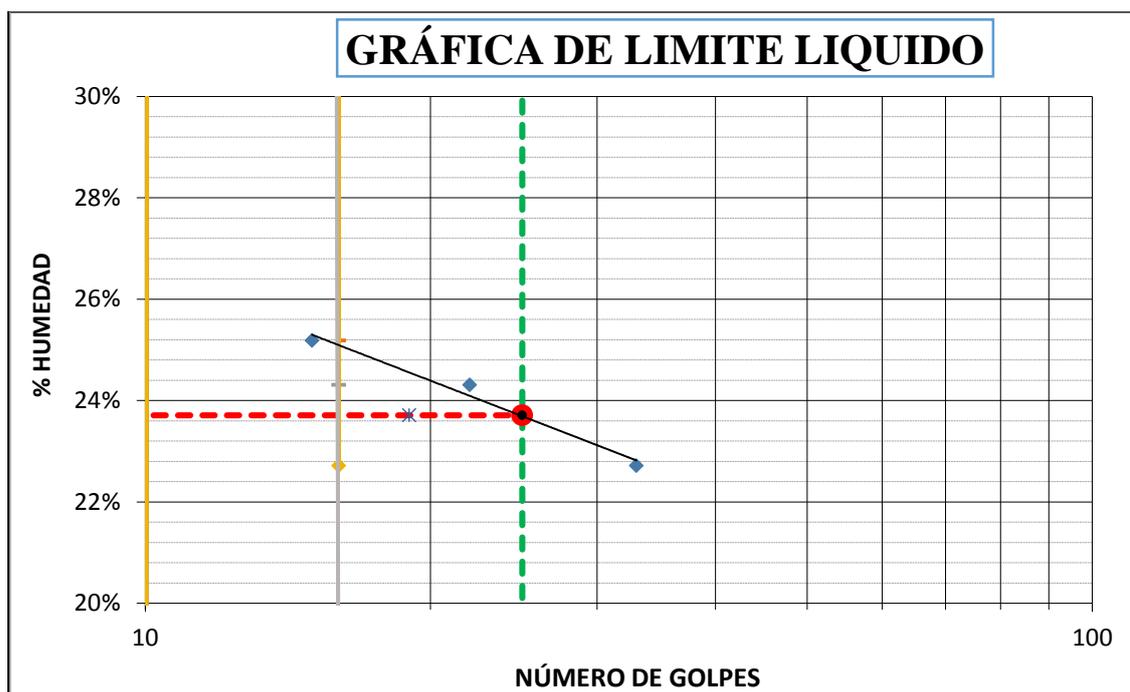
**ANÁLISIS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA
(LÍMITE LÍQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LÍMITE PLÁSTICO)**

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
	: DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: MAQUERA - CALLATA PACUNCANI
MUESTRA	: CANTERA ARGULLUNI

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
		1	2	3	4	1	2	
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	49	53	61		28	8	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	29.05	27.31	29.23		7.17	6.67	
TARRO + SUELO SECO	gr.	25.35	24.05	25.9		6.79	6.35	
PESO DEL TARRO	gr.	10.66	10.64	11.24		4.26	4.26	
AGUA	gr.	3.7	3.26	3.33		0.38	0.32	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	14.69	13.41	14.66		2.53	2.09	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	25.19%	24.31%	22.71%		15.02%	15.31%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	22	33				

LÍMITE LÍQUIDO =	23.71 %	LÍMITE PLÁSTICO =	15.17 %	ÍNDICE PLÁSTICO =	8.54 %
-------------------------	----------------	--------------------------	----------------	--------------------------	---------------

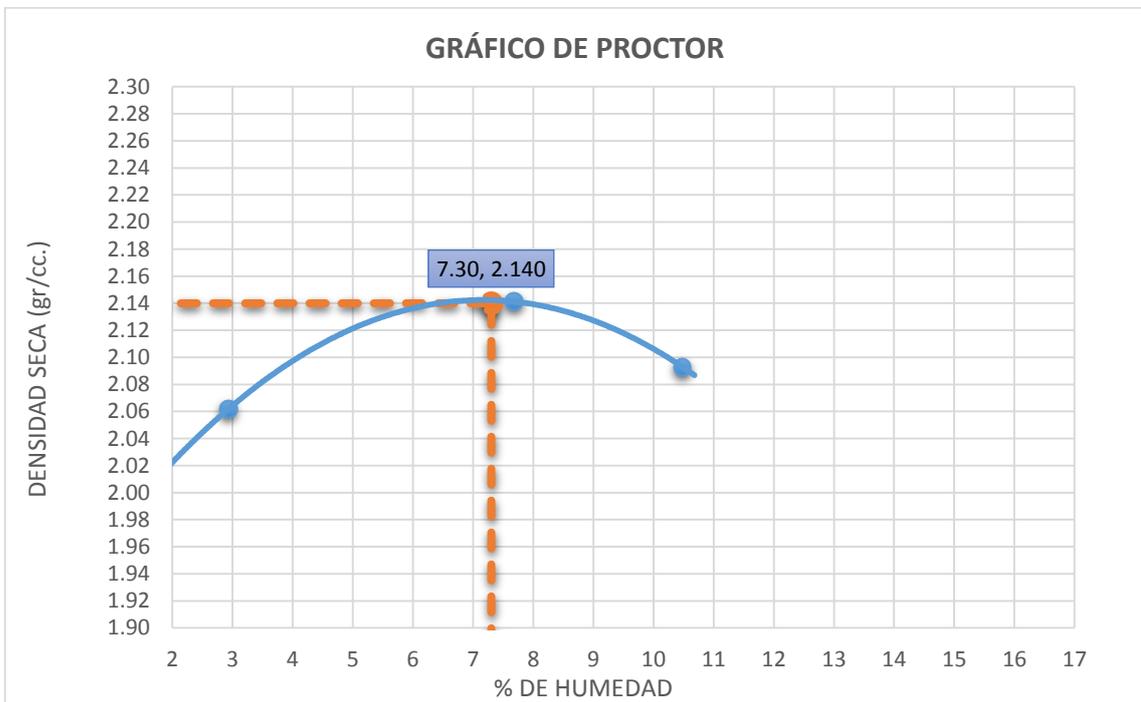


ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: MAQUERA - CALLATA PACUNCANI
MUESTRA	: CANTERA ARGULLUNI

Molde N°	MODELO CN-401	Método de compactación	"B"	
Volumen Molde	2104 cc	N° de capas	: 05	
Peso del Molde	5905 grs.	N° de golpes por capa	: 56	
Determinación	N°	01	02	03
Peso del molde y Muestra	gr.	10370	10770	10756
Peso del molde	gr.	5905	5905	5905
Peso de la muestra compactada	gr.	4465	4865	4851
Densidad húmeda	gr/cc	2.12	2.31	2.31
Densidad seca	gr/cc	2.06	2.09	2.14

Contenido de Agua									
Tarro	N°	85	65	38	83	85	99		
Peso del Tarro	gr.	77.7	69.8	68.4	76.1	70.2	74.4		
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	134.7	150.6	140.3	151.7	242.8	202.3		
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	133.2	148.1	136.9	141.3	230.2	193.4		
Peso del agua	gr.	15	2.5	3.4	10.4	12.7	8.8		
Peso del suelo seco	gr.	55.6	78.4	68.5	65.2	160.0	119.0		
Contenido de humedad	%	2.7	3.2	5.0	15.9	7.9	7.4		
Promedio		2.9		10.5		7.7			
DENSIDAD MAXIMA :		2.120		grs/cc		CONTENIDO DE HUMEDAD:		7.30	%



<p align="center">ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES" MTC E 207 ASTM C131 AASHTO T 96</p>				
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA MUESTRA : RELLENO CANTERA ARGULLUNI				
TAMICES ASTM		PESO AGREGADO EN GRAMOS	ESFERAS	
QUE PASA	RETENIDO		Peso gr.	
			N°	12
3"	2 1/2"		Revoluciones	1000
2 1/2"	2"		Gradación	"A"
2"	1 1/2"	5010	P. Inicial gr.	10006
1 1/2"	1"	4996	P. Ret en la malla N° 12	8654
1"	3/4"			
3/4"	1/2"		Que pasa la malla N° 12	3067.5
1/2"	3/8"		Porcentaje de perdida	30.66%
3/8"	1/4"			
1/4"	N° 04		Perdida promedio	31%
N° 04	N° 08			
OBSERVACIONES		RESISTENCIA AL DESGASTE = 69.34%		
		PORCENTAJE DE PERDIDA = 30.66%		
<p align="center">NTP 400.019: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.</p>				

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
 UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
 TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
 MUESTRA : CANTERA HUANCUNI

Capsula No	No	68	90
Suelo Humedo +Capsula	gr.	351.42	342.36
Peso del Suelo Seco +Capsula	gr.	341.15	332.13
Peso del Agua	gr.	10.27	10.23
Peso de la Capsula	gr.	68.82	73.46
Peso del Suelo Seco	gr.	272.33	258.67
%de Humedad	%	3.77%	3.95%
Promedio de Humedad	%	3.86%	

ENSAYOS DE CONSTANTES FISICOS MTC E 111 ASTM D 4318 AASHTO T 90

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
 UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
 TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
 MUESTRA : CANTERA HUANCUNI

LIMITE LIQUIDO

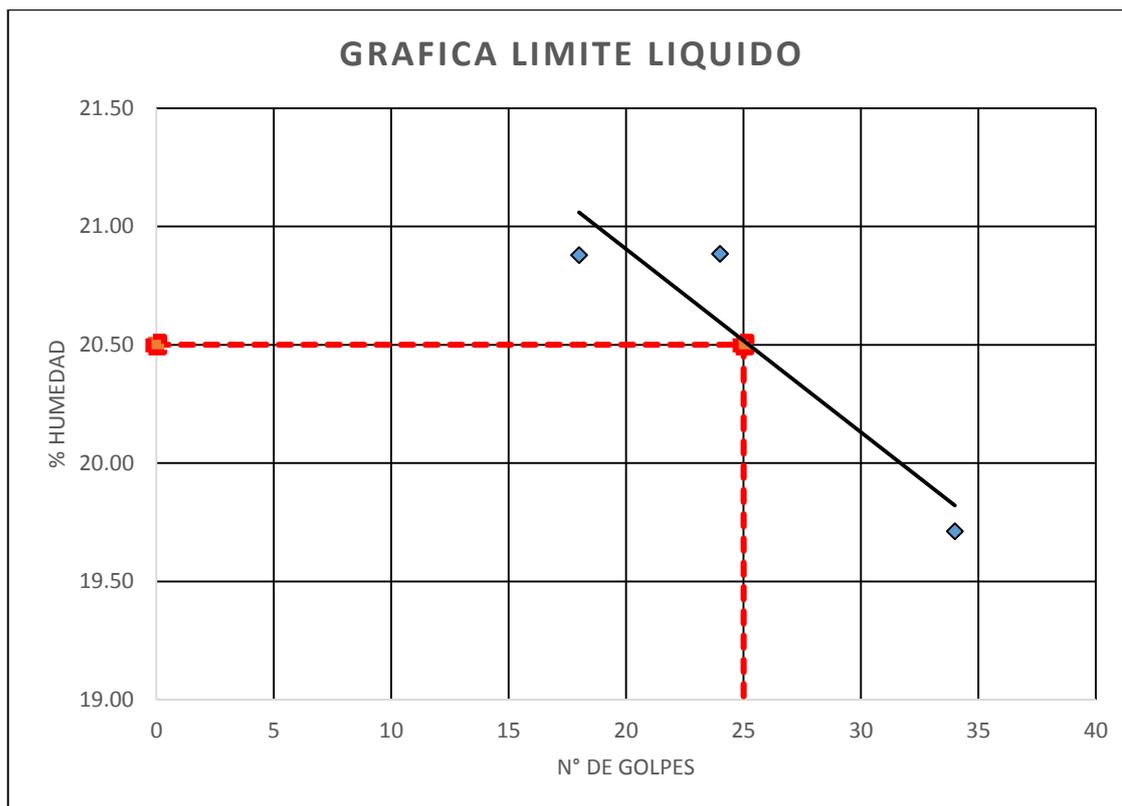
Nro. De Tarro		38	52	58
T. + Suelo Húmedo	Gr.	27.10	26.63	26.58
T. + Suelo Seco	Gr.	24.25	23.94	23.98
Agua	Gr.	2.85	2.69	2.60
Peso del Tarro	Gr.	10.60	11.06	10.79
Suelo Seco	Gr.	13.65	12.88	13.19
% de Humedad		20.88	20.89	19.71
Nro. De Golpes		18	24	34

LIMITE PLASTICO

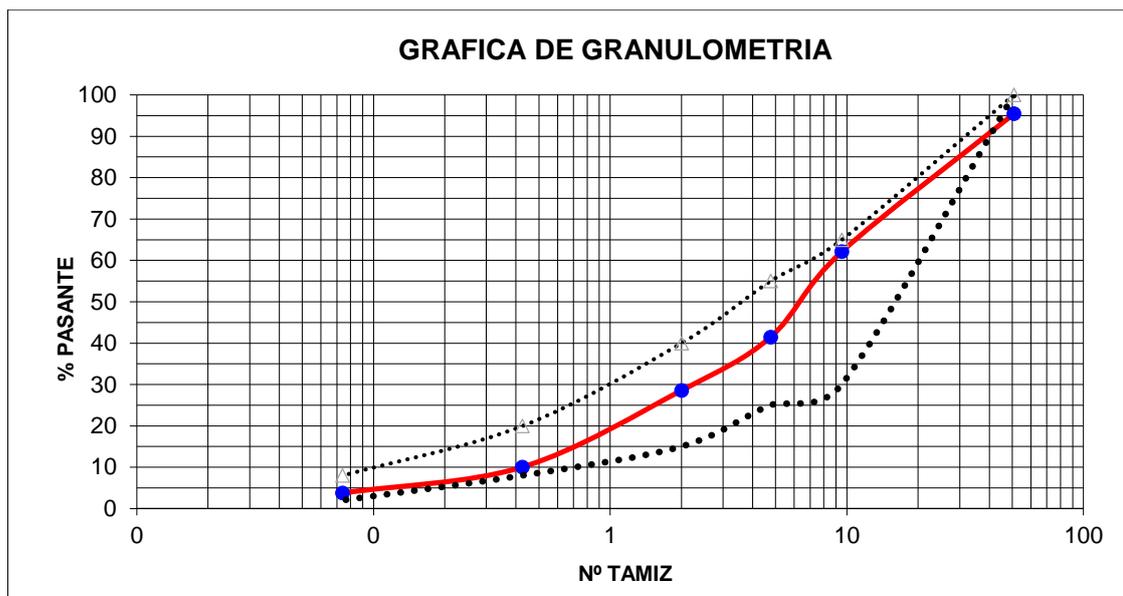
Nro. De Tarro		10	1
T. + Suelo Húmedo	Gr.	11.18	11.96
T. + Suelo Seco	Gr.	10.41	10.86
Agua	Gr.	0.77	1.10
Peso del Tarro	Gr.	6.01	4.30
Suelo Seco	Gr.	4.40	6.56
% de Humedad		17.50	16.77
		17.13	

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO

L.L. = 20.50 %	L.P. = 17.13 %	I.P. = 3.37 %
----------------	----------------	---------------



ANALISIS GRANULOMETRICO									
MTC E 204 ASTM C 136 AASHTO T 27									
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA MUESTRA : CANTERA HUANCUNI									
PROCEDENCIA DEL MATERIAL :			CANTERA HUANCUNI				NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.		
N° DE MALLAS EN SERIE / AMERI- CANA	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS DE ENSAYOS	
								Peso Inicial	
3"	76.200			-	100.0			Peso Inicial	: 6,585.70 Gr.
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.0			Peso fracción	: 0,564.20 Gr.
2"	50.800	302.10	4.59	4.6	95.4	100	100	K =	: 1360.945
1 1/2"	38.100	-	-	4.6	95.4			Limite Liquido	: 20.50%
1"	25.400	372.40	5.65	10.2	89.8			Limite Plastico	: 17.13%
3/4"	19.050	372.50	5.66	15.9	84.1			Indice Plastico	: 3.37%
1/2"	12.700	770.60	11.70	27.6	72.4			CLASIFICACION	
3/8"	9.525	677.80	10.29	37.9	62.1	30	65	AASHTO	: A-1-a (0)
1/4"	6.350		-	37.9	62.1			SUCS	: GW
N° 4	4.760	1,360.10	20.65	58.5	41.5			Hum. Natural	: 3.86%
N° 10	2.000	175.10	12.90	71.4	28.6	15	40	Dens Proctor	: 2.19 gr/cm3
N° 20	0.840	133.90	9.80	81.2	18.8			Cont. H. Optima	: 7.00 %
N° 40	0.426	117.90	8.70	89.9	10.1	8	20	C.B.R.	:
N° 100	0.149	61.20	4.50	94.4	5.6			ABR. ANGELES	: 28.36%
N° 200	0.074	25.10	1.80	96.2	3.8	2	8		
-200		51.04	3.80	100.0	(0.0)				



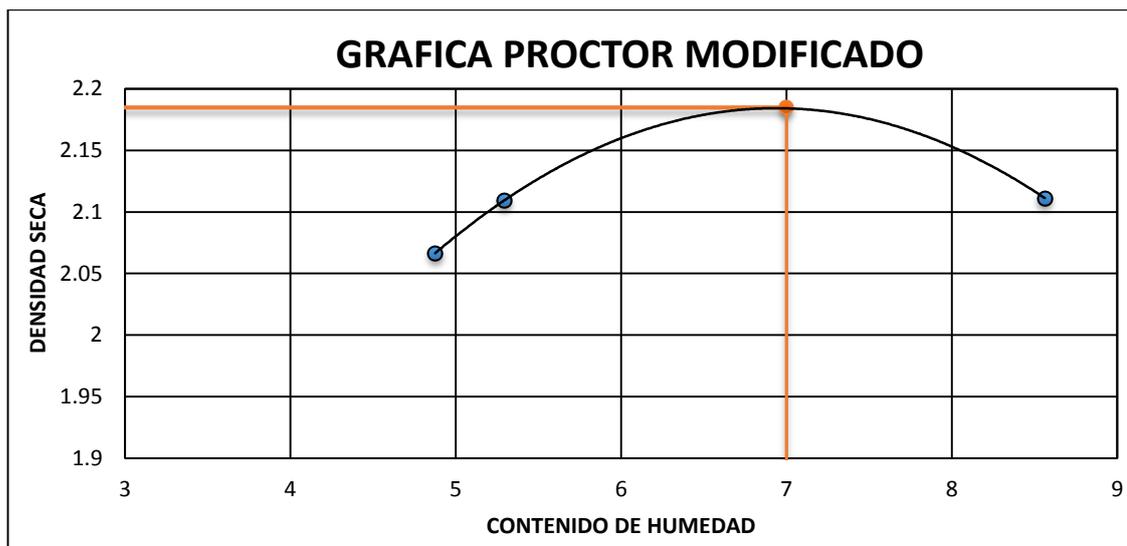
ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 ASTM D 1557 AASHTO T180

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
MUESTRA : CANTERA HUANCUINI

Molde Nro.	01	Método de Compactación	AASHTO - T - 180 " D "
Volumen Molde	2,114.23	Nro. De Golpes	05
Peso Molde	5,890.00	Nro. De Golpes por Capa	56

COMPACTACION						
Determinación	Nº	01	02	03	04	05
Peso molde + muestra	Gr.	10472	10586	10736		
Peso del molde	Gr.	5890	5890	5890		
Peso de muestra compact.	Gr.	4582	4696	4846		
Densidad Húmeda	Gr/cc	2.17	2.22	2.29		
Densidad seca	Gr/cc	2.07	2.11	2.11		

CONTENIDO DE AGUA										
Molde	Nº	39	62	90	68	98	40			
Peso del Tarro	Gr.	90.4	69.3	73.4	68.8	65.74	84.34			
Peso T + peso Suelo Humedo	Gr.	369.1	337.8	311.7	332.3	378.38	393.88			
Peso T + peso Suelo Seco	Gr.	356.6	325.0	299.2	319.6	354.60	368.60			
Peso agua	Gr.	12.54	12.88	12.42	12.76	23.78	25.28			
Peso Suelo Seco	Gr.	266.2	255.6	225.8	250.8	288.9	284.3			
Contenido de humedad	%	4.71	5.04	5.50	5.09	8.23	8.89			
Prom. Cont. de Humedad	%	4.88		5.29		8.56				
DENSIDAD MAXIMA = 2.18 Gr/cm3					OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD = 7.00 %					



ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

MTC E 207 ASTM C131 AASHTO T 96

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
MUESTRA : CANTERA HUANCUNI

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO EN GRAMOS	ESFERAS	
QUE PASA	RETENIDO			
			Peso gr.	5008.9
			N°	12
3"	2 1/2"		Revoluciones	500
2 1/2"	2"		Gradación	"A"
2"	1 1/2"		P. Inicial gr.	5013.5
1 1/2"	1"	1251.5	P. Ret. N° 12	3591.5
1"	3/4"	1254.2		
3/4"	1/2"	1258.3	Que pasa la N° 12	1422
1/2"	3/8"	1249.5	Porcentaje de perdida	28.36%
3/8"	1/4"			
1/4"	N° 04		Perdida promedio	28%
N° 04	N° 08			

OBSERVACIONES : -RESISTENCIA AL DESGASTE = 71.64%
 PORCENTAJE DE PERDIDA = 28.36%

NTP 400.019: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.

Anexo 3. Diseño de sub base granular.

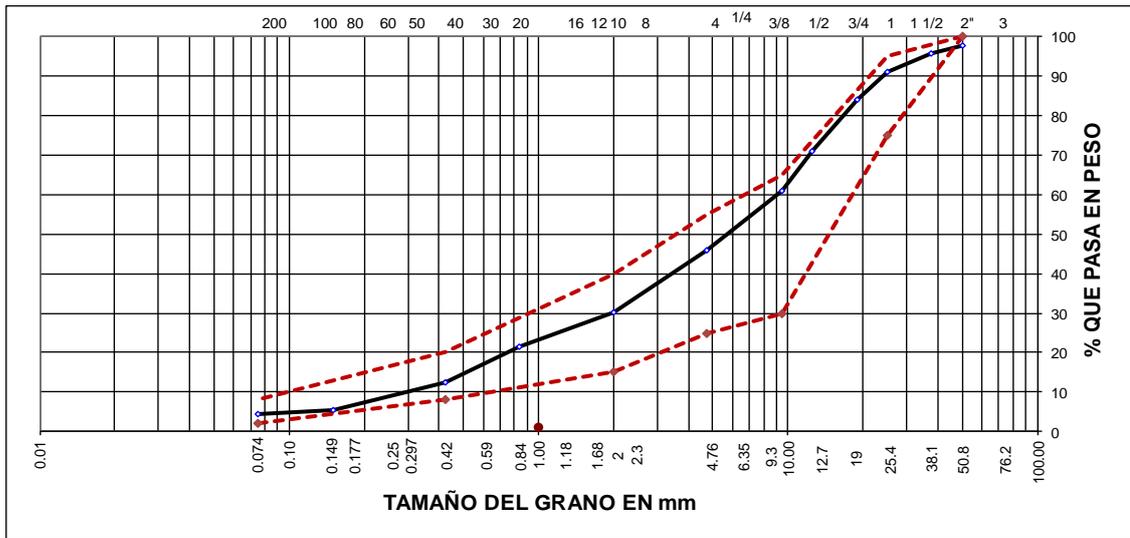
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA -SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CAMICACHI - CALLATA PACONCANI
PROGRASIVA	: KM. 6+000 al KM 14+000
MUESTRA	: DISEÑO PARA SUB BASE GRANULAR

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Material A	Material B	Material C	MEZCLA FINAL	Especificaciones A
3"	75.000	100.00	100.0			
2 1/2"	63.000	100.00	100.0			
2"	50.000	96.50	100.0	0.0	97.9	100
1 1/2"	37.500	93.25	100.0	0.0	96.0	
1"	25.000	88.23	95.4	0.0	91.1	75 95
3/4"	19.000	81.43	88.4	0.0	84.2	
1/2"	12.500	66.65	77.5	0.0	71.0	
3/8"	9.500	55.80	68.8	0.0	61.0	30 - 65
No.04	4.750	34.95	62.4	0.0	45.9	25 - 55
No.10	2.000	21.25	43.3	0.0	30.1	15 - 40
No.20	0.840	13.25	33.9	0.0	21.5	
No.40	0.425	9.55	16.9	0.0	12.5	8 - 20
No.100	0.150	7.35	2.3	0.0	5.3	
No.200	0.075	6.55	0.9	0.0	4.3	2 - 8
<No.200						

MEZCLA DE MATERIALES	
Material A	: 60.00 %
Material B	: 40.00 %
Material C	: 0.00 %
Total	: 100.00 %
PROCEDENCIA DE MATERIALES	
Material A	Ligante-Argulluni
Material B	Hormigon-Callata
Material C	
CLASIFICACION	
A-1-a(0)	
GW	

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO	:	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO		
UBICACIÓN	:	DEP.PUNO PROV. EL COLLAO		
TRAMO	:	CAMICACHI- CALLATA PACONCANI		
PROGRESIVA	:	KM. 6+000 AL KM. 14+000		
MUESTRA	:	SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PACONCANI RIO 60%+L. ARGULLUNI 40%		
Capsula No	No	67	84	
Suelo Humedo +Capsula	gr.	322.25	307.96	
Peso del Suelo Seco +Capsula	gr.	305.50	291.64	
Peso del Agua	gr.	16.75	16.32	
Peso de la Capsula	gr.	66.13	61.08	
Peso del Suelo Seco	gr.	239.37	230.56	
%de Humedad	%	7.00%	7.08%	
Promedio de Humedad	%	7.04%		

ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES" MTC E 207 ASTM C131 AASHTO T 96

PROYECTO	:	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO		
UBICACIÓN	:	DEP.PUNO PROV. EL COLLAO		
TRAMO	:	CAMICACHI- CALLATA PACONCANI		
PROGRESIVA	:	KM. 6+000 AL KM. 14+000		
MUESTRA	:	SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PACONCANI RIO 60% + L. ARGULLUNI 40%		
TAMICES ASTM		PESO AGREGADO EN GRAMOS	ESFERAS	
QUE PASA	RETENIDO		Peso gr.	
3"	2 1/2"			5008.9
			N°	12
			Revoluciones	500
2 1/2"	2"		Gradación	"A"
2"	1 1/2"		P. Inicial gr.	5007.9
1 1/2"	1"	1253.8	P. Ret. N° 12	3265.8
1"	3/4"	1249.5		
3/4"	1/2"	1245.7	Que pasa la N° 12	1742.1
1/2"	3/8"	1258.9	Porcentaje de perdida	34.79%
3/8"	1/4"			
1/4"	N° 04		Perdida promedio	35%
N° 04	N° 08			
OBSERVACIONES		-RESISTENCIA AL DESGASTE = 65.21%		
		PORCENTAJE DE PERDIDA = 34.79%		
NTP 400.019: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.				

ENSAYO DE CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS (SALES SOLUBLES)

NORMA MTC E-219

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
 UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
 TRAMO : CAMICACHI- CALLATA PACONCANI
 PROGRESIVA : KM. 6+000 AL KM. 14+000
 MUESTRA : SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PACONCANI RIO 60% + L. ARGULLUNI 40%

MATERIAL: AGREGADO GRUESO

TAMAÑO DE MALLA		ESCALONADO ORIGINAL	PESO DE FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	PESO DE FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA EN PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"						
2 1/2"	2"						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	18.2	1158.00	1152.00	6.0	0.52	0.09
1"	3/4"	14.1	895.00	889.00	6.0	0.67	0.09
3/4"	1/2"	36.4	769.00	767.00	2.0	0.26	0.09
1/2"	3/8"	15.6	408.00	405.00	3.0	0.74	0.11
3/8"	N° 04	15.7	312.00	310.00	2.0	0.64	0.10
TOTALES		100.0	3542.00			%	0.50

OBSERVACIONES : Ensayo efectuado en cinco ciclos con reactivos de sulfato de sodio anhidrido.

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

METODO MTC E-221

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
 UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
 TRAMO : CAMICACHI- CALLATA PACONCANI
 PROGRESIVA : KM. 6+000 AL KM. 14+000
 MUESTRA : SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PACONCANI RIO 60% + L. ARGULLUNI 40%

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	apertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)			100.0									
1"	25.400	590.0	20.3	79.7	25.0	4.2	0.9	34.0	0.0	0.0	531.0	90.0	18.3
3/4"	19.050	663.0	22.8	56.9	29.0	4.4	1.0	45.0	1.5	0.1	590.0	89.0	20.3
1/2"	12.700	468.0	16.1	40.7	36.0	7.7	1.2	18.0	0.6	0.0	416.0	88.9	14.3
3/8"	8.750	383.0	13.2	47.9	15.0	3.9	0.5	20.0	0.7	0.0	349.0	91.1	12.0
N°4	4.760	800.0	27.5	43.1	14.0	1.8	0.5	31.0	1.1	0.0	758.0	94.8	26.1
	TOTAL	2904.0	100.0		119.0		4.1	148.0		0.1	2644.0		91.0

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	2904.0
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	4.2

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

METODO MTC E-114, ASTM D 2419, AASHTO T 176

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CAMICACHI- CALLATA PACONCANI
PROGRESIVA	: KM. 6+000 AL KM. 14+000
MUESTRA	: SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PACONCANI RIO 60% + L. ARGULLUNI 40%

DATOS DE LA MUESTRA

	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4) mm	4.70	4.71	4.76	5.75	
Hora de entrada a saturación	09:29	09:31	09:33	09:35	
Hora de salida de saturación (más 10')	09:39	09:41	09:43	09:45	
Hora de entrada a decantación	09:49	09:51	09:53	09:55	
Hora de salida de decantación (más 20')	10:09	10:11	10:13	10:15	
Altura máxima de material fino cm	5.42	5.00	6.12	6.22	
Altura máxima de la arena cm	3.50	3.52	3.61	3.70	
Equivalente de arena %	64.6%	70.4%	59.0%	59.5%	63%

Observaciones : Mínimo 45 % min. según especificaciones técnicas EG - 2013

**DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS
METODO MTC E-210**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
 UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
 TRAMO : CAMICACHI- CALLATA PAONCANI
 PROGRESIVA : KM. 6+000 AL KM. 14+000
 MUESTRA : SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PAONCANI RIO 60% + L. ARGULLUNI 40%

DATOS DE LA MUESTRA

A. CON UNA CARA FRACTURADA

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"	590	155	26.3	7.37	193.5	
1"	3/4"	663	87	13.1	4.13	54.3	
3/4"	1/2"	468	54	11.5	2.57	29.6	
1/2"	3/8"	383	52	13.6	2.47	33.6	
Total:		2104	348		16.5	311.0	

Porcentaje con una Cara Fracturada = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} \equiv 18.8\% \%$

B. CON DOS O MAS CARAS FRACTURADA

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"	590	305	51.7	14.5	749.4	
1"	3/4"	663	448	67.6	21.3	1438.8	
3/4"	1/2"	468	292	62.4	13.9	865.9	
1/2"	3/8"	383	253	66.1	12.0	794.3	
Total:		2104	1443.7		61.8	3857.6	

Porcentaje con dos Cara Fracturadas = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} \equiv 62.4\% \%$

Partículas con una ó mas caras de Fractura **81.2%**

Resultados	
CARAS DE FRACTURA =	81.2%
	62.4%

**ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE ARIDOS POR EL USO DE SULFATO DE SODIO
(ENSAYO DE DURABILIDAD)
NORMA AASHTO T-104 ASTM C-88 MTC E-209**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
 UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
 TRAMO : CAMCACHI- CALLATA PACONCANI
 PROGRESIVA : KM. 6+000 AL KM. 14+000
 MUESTRA : SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PACONCANI RIO 60% + L. ARGULLUNI 40%

TAMAÑO DE MALLA		ESCALO- NADO ORIGINAL	PESO DE FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	PESO DE FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA EN PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"						
2 1/2"	2"						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	18.2	997.00	961.00	36.0	3.61	0.66
1"	3/4"	14.1	1021.00	930.40	90.6	8.87	1.25
3/4"	1/2"	36.4	865.00	840.00	25.0	2.89	1.05
1/2"	3/8"	15.6	405.00	320.00	85.0	20.99	3.27
3/8"	N° 04	15.7	365.00	319.00	46.0	12.60	1.98
TOTALES		100.0	3653.00			%	8.21

OBSERVACIONES : Ensayo efectuado en cinco ciclos con reactivos de sulfato de sodio anhidrido.

ENSAYO DE C.B.R.
(MTC E 132 - 2000, MÉTODO ASTM D - 1883)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CAMICACHI- CALLATA PACONCANI
PROGRESIVA : KM. 6+000 AL KM. 14+000
MUESTRA : SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PACONCANI RIO 60% + L. ARGULLUNI 40%

MOLDE	Modelo CN 450	01	02	03
CAPAS	Nº	05	05	05
Golpes por capa	Nº	12	25	56

Condicion de la muestra	Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado						
Peso suelo humedo + molde	10810	10960	11723	11973	12052	12160						
Peso molde gr.	6591	6591	6990	6990	6785	6784						
Peso del Suelo humedo gr.	4219	4369	4733	4983	5267	5376						
Volumen del Suelo gr.	2138	2138	2138	2138	2185	2185						
Densidad humeda gr/cc	1.97	2.04	2.21	2.33	2.41	2.46						
% de humedad	10.0	11.2	9.9	10.8	9.8	10.3						
Densidad seca gr/cc	1.79	1.84	2.01	2.10	2.19	2.23						
Tarro Nº	01	02	20	21	03	04	22	23	05	06	24	25
Tarro + suelo humedo gr.	516.8	516.1	511.9	510.5	517.0	519.6	519.5	521.3	517.0	514.6	516.4	522.7
Tarro + suelo seco gr.	485.6	484.7	477.7	475.6	485.2	487.1	486.4	487.1	486.7	485.1	486.0	487.0
Peso del agua gr.	31.2	31.4	34.2	34.9	31.8	32.5	33.1	34.2	30.3	29.5	30.4	35.7
Peso de tarro gr.	166.9	177.4	169.6	166.8	158.3	165.9	174.2	176.5	174.6	188.9	180.3	150.8
Peso del suelo seco gr.	318.7	307.3	308.1	308.8	326.9	321.2	312.2	310.6	312.1	296.2	305.7	336.2
% de humedad	9.8	10.2	11.1	11.3	9.7	10.1	10.6	11.0	9.7	10.0	9.9	10.6
Promedio de humedad	10.0		11.2		9.9		10.8		9.8		10.3	

% EXPANSIÓN = 0.86 %

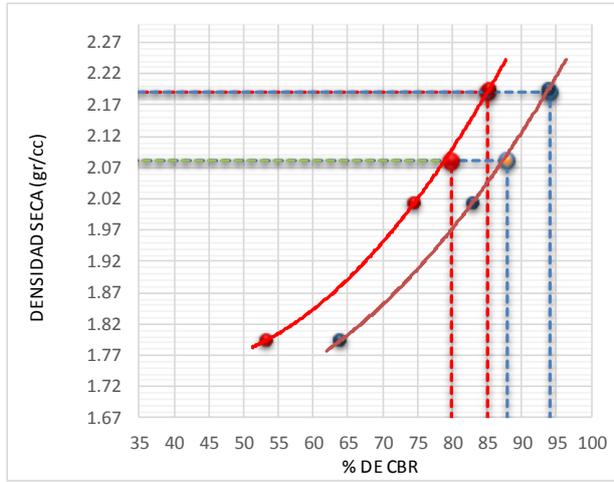
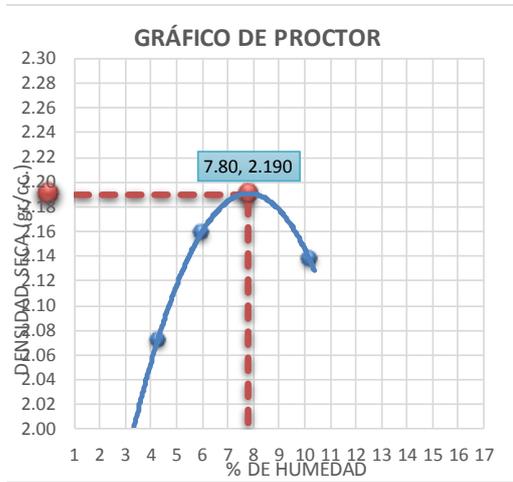
Fecha	Hora	Tiempo	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			Dial	mm.	%	Dial	mm.	%	Dial	mm.	%
05/11/2018	07:00 a.m.	00.00	0.18	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
06/11/2018	07:00 a.m.	24.00	0.43	0.25	0.22	0.37	0.19	0.17	0.31	0.18	0.16
07/11/2018	07:00 a.m.	48.00	0.74	0.56	0.49	0.68	0.50	0.44	0.60	0.47	0.41
08/11/2018	07:00 a.m.	72.00	1.07	0.89	0.78	0.96	0.81	0.71	0.92	0.79	0.69
09/11/2018	07:00 a.m.	96.00	1.23	1.05	0.92	1.12	0.94	0.82	1.08	0.95	0.83

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		Carga Slump.	MOLDE Nro: 01				MOLDE Nro: 02				MOLDE Nro: 03					
mm.	Tiempo		Carga Corregida	Dial	Kg.	Presión k/cm ²	C.B.R.	Carga Corregida	Dial	Kg.	Presión k/cm ²	C.B.R.	Carga Corregida	Dial	Kg.	Presión k/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.63	30'		35	187	9.9		55	282	15.0			90	447	23.7		
1.27	1'		50	258	13.7		85	424	22.5			150	731	38.8		
1.91	1.30'		80	400	21.2		140	684	36.3			200	967	51.3		
2.54	2'	70	145	707	37.5	53.6	205	991	52.6	75.1		235	1133	60.1	85.8	
3.81	3'		200	967	51.3		280	1346	71.4			335	1606	85.1		
5.08	4'	105	265	1275	67.6	64.4	345	1653	87.7	83.5		391	1870	99.2	94.5	
6.35	5'		350	1677	88.9		445	2126	112.7			648	3085	163.6		
7.62	6'	133	400	1913	101.4		648	3085	163.6			748	3558	188.7		
8.89	7'		512	2442	129.5		746	3548	188.2			848	4031	213.7		
10.16	8'	181	630	3000	159.1		886	4210	223.3			982	4664	247.3		

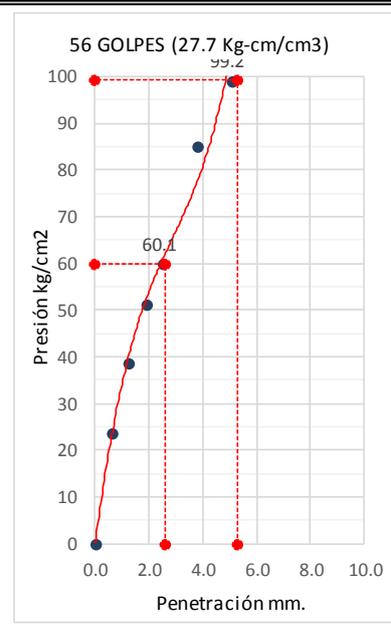
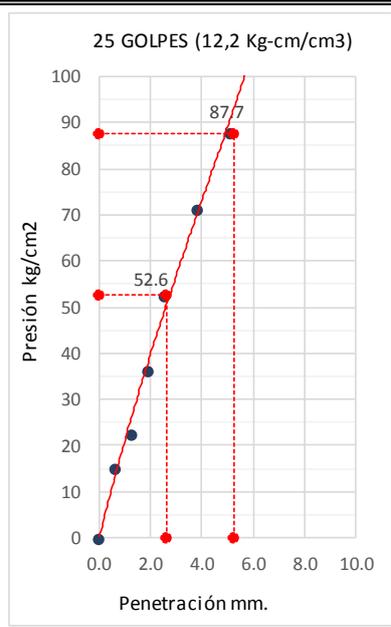
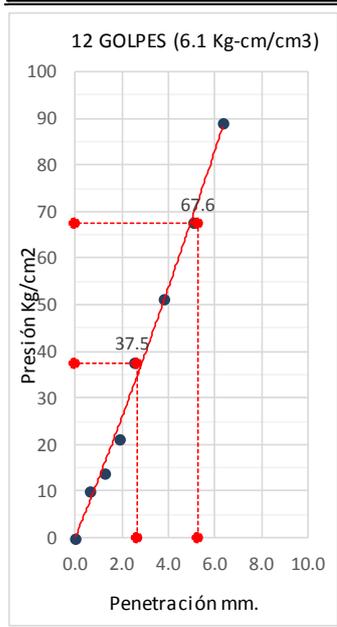
OBSERVACIONES: C.B.R. Al 95% de su máxima densidad seca y a 2.54 mm. de penetración = **80.0 %**
 C.B.R. Al 95% de su máxima densidad seca y a 5.08 mm. de penetración = **88.0 %**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : CAMICACHI- CALLATA PACONCANI
PROGRESIV/ : KM. 6+000 AL KM. 14+000
MUESTRA : SUB BASE GRANULAR, H. CALLATA PACONCANI RIO 60% + L. ARGULLUNI 40%



C.B.R.(0.1"): 53.2 % C.B.R.(0.1"): 74.6 % C.B.R.(0.1"): 85.3 %
 C.B.R.(0.2"): 64.0 % C.B.R.(0.2"): 82.9 % C.B.R.(0.2"): 93.9 %

GRÁFICO PENETRACIÓN DE CBR



METODO DE COMPACTACIÓN AASTHO :	"D"	PENETRACIÓN MDS 1"		MDS 2"
MÁXIMA DENSIDAD SECA(gr./cc) :	2.19	CBR AL 100%	85.0	94.0
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	7.8	CBR AL 95%	80.0	88.0

Anexo 4. Certificados de control de calidad.

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA
METODO MTC E-114, ASTM D 2419, AASHTO T 176

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 6+000 al KM 6+250
MUESTRA	: AGREGADO FINO (CANTERA CALLATA PACONCANI)

DATOS DE LA MUESTRA

	IDENTIFICACION				Promedio	
	1	2	3	4		
Tamaño máximo (pasa malla N° 4) mm	4.56	4.50	4.62	5.70	/	
Hora de entrada a saturación	15:40	15:42	15:44	15:46		
Hora de salida de saturación (más 10')	15:50	15:52	15:54	15:56		
Hora de entrada a decantación	16:00	16:02	16:04	16:06		
Hora de salida de decantación (más 20')	16:20	16:22	16:24	16:26		
Altura máxima de material fino cm	5.80	6.50	6.70	6.22		
Altura máxima de la arena cm	4.40	4.70	4.60	4.80		
Equivalente de arena %	75.9%	72.3%	68.7%	77.2%		73%

Observaciones : Minimo 35 % min. según especificaciones tecnicas

ENSAYO DE CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS (SALES SOLUBLES)	
NORMA MTC E-219	
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO PUNO
UBICACIÓN	DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	CALACOTA SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	KM. 6+000 al KM 6+250
MUESTRA	AGREGADO GRUESO: GRAVA (CANTERA CALLATA PACONCANI)

MATERIAL: AGREGADO GRUESO

TAMAÑO DE MALLA		ESCALONADO ORIGINAL	PESO DE FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	PESO DE FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA EN PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"						
2 1/2"	2"						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	18.2	1060.00	1020.60	6.0	0.57	0.10
1"	3/4"	14.1	990.00	930.40	8.0	0.81	0.11
3/4"	1/2"	36.4	880.00	830.80	8.0	0.91	0.33
1/2"	3/8"	15.6	360.00	318.50	7.0	1.94	0.30
3/8"	N° 04	15.7	300.00	320.15	2.5	0.83	0.13
TOTALES		100.0	3590.00			%	0.98

OBSERVACIONES : Ensayo efectuado en cinco ciclos con reactivos de sulfato de sodio anhidrido.

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS METODO MTC E-221

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	KM. 6+000 al KM 6+250
MUESTRA	AGREGADO GRUESO: GRAVA (CALLATA PACONCANI)

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	apertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)			100.0									
1"	25.400	99.0	3.6	96.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	100.0	0.4
3/4"	19.050	515.0	18.7	77.8	30.0	5.8	1.1	14.8	0.5	0.0	155.0	30.1	5.6
1/2"	12.700	748.0	27.1	50.7	65.0	8.7	2.4	60.4	2.2	0.1	35.0	4.7	1.3
3/8"	8.750	499.0	18.1	36.2	25.0	5.0	0.9	16.2	0.6	0.0	48.0	9.6	1.7
N°4	4.760	900.0	32.6	22.2	7.9	0.9	0.3	8.4	0.3	0.0	98.0	10.9	3.5
TOTAL		2761.0	100.0		127.9		4.6	99.8		0.1	346.0		12.5

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	2761.0
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	4.8

ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

MTC E 207 ASTM C131 AASHTO T 96

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA
(RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO

UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO

TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA

PROGRASIVA : KM. 6+000 al KM 6+250

MUESTRA : SUB BASE 60% CANTERA ARGULLUNI, 40% CALLATA PACONCANI

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO EN GRAMOS	ESFERAS	
QUE PASA	RETENIDO		Peso gr.	
				5008.9
			N°	12
3"	2 1/2"		Revoluciones	500
2 1/2"	2"		Gradación	"A"
2"	1 1/2"		P. Inicial gr.	5004.2
1 1/2"	1"	1250.5	P. Ret. N° 12	3812.6
1"	3/4"	1249.6		
3/4"	1/2"	1251.8	Que pasa la N° 12	1191.6
1/2"	3/8"	1252.3	Porcentaje de perdida	23.81%
3/8"	1/4"			
1/4"	N° 04		Perdida promedio	24%
N° 04	N° 08			

OBSERVACIONES : -RESISTENCIA AL DESGASTE = 76.19%

PORCENTAJE DE PERDIDA = 23.81%

NTP 400.019: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO

UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO

TRAMO : MAQUERA - CALLATA PACUNCANI

PROGRESIVA : KM. 7+120 7+360

MUESTRA : SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACONCANI

NUMERO DE CAPSULA	N°	A-7	A-8	
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	118.89	115.39	
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	114.22	111.06	
PESO DEL AGUA	gr.	4.67	4.33	
PESO DE LA CAPSULA	gr.	39.79	39.32	
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	74.43	71.74	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	6.27%	6.04%	
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	6.16%		

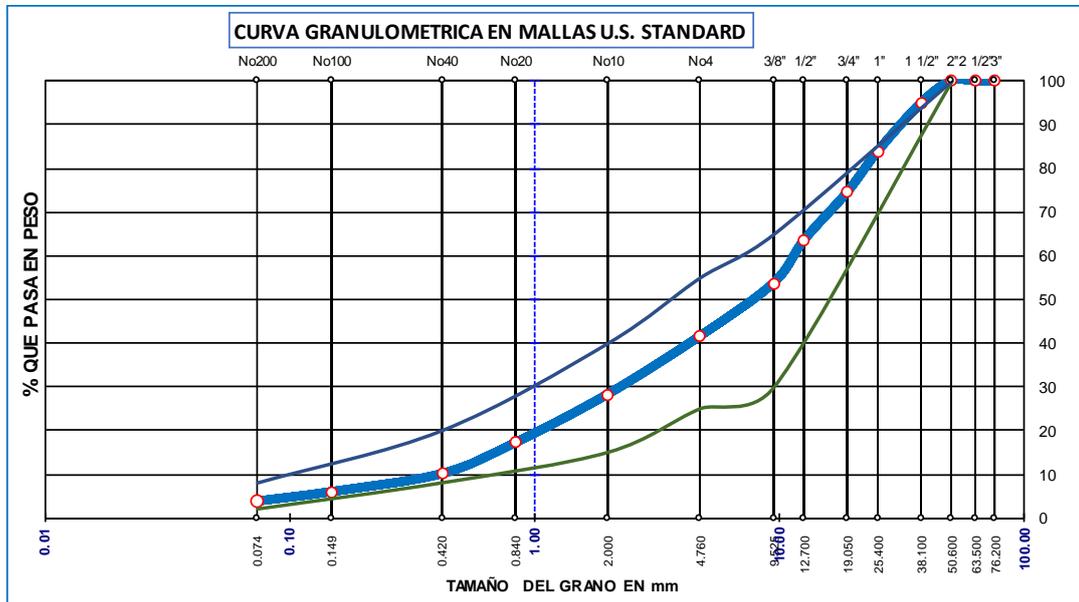
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : MAQUERA - CALLATA PACUNCANI
PROGRESIVA : KM. 7+120 7+360
MUESTRA : SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACUNCANI

AMICIES ASTM	BERTUR mm	PESO ENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200				100.00	100 100
2 1/2"	63.500				100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	302.00	5.07	5.07	94.93	
1"	25.400	658.00	11.04	16.11	83.89	30 65
3/4"	19.050	558.00	9.36	25.47	74.53	
1/2"	12.700	654.00	10.97	36.45	63.55	
3/8"	9.525	587.00	9.85	46.30	53.70	25 55
Nº 4	4.760	725.00	12.17	58.47	41.53	
Nº 10	2.000	792.00	13.29	71.76	28.24	15 60
Nº 20	0.840	659.00	11.06	82.82	17.18	
Nº 40	0.420	425.00	7.13	89.95	10.05	8 20
Nº 100	0.149	245.00	4.11	94.06	5.94	
Nº 200	0.074	130.00	2.18	96.24	3.76	2 8
-200		224.04	3.76	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL :	5959.00
PESO FRAC. :	0.00
K :	0.00
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO :	NP
LIMITE PLASTICO :	NP
INDICE PLASTICO :	NP
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.417	Cu= 27.7395
D30= 2.995	Cc= 1.86317
D60= 11.56	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO :	A-1-b
S.U.C.S. :	GC
GRAVA :	58.47
ARENA :	31.48
LIMO :	6.29
ARCILLAS :	3.76
HUM. NATURAL :	6.16%
DENS. PROCTOR. :	2.15 grs/cc
C.B.R. Al 95% :	%

OBSERVACIONES :



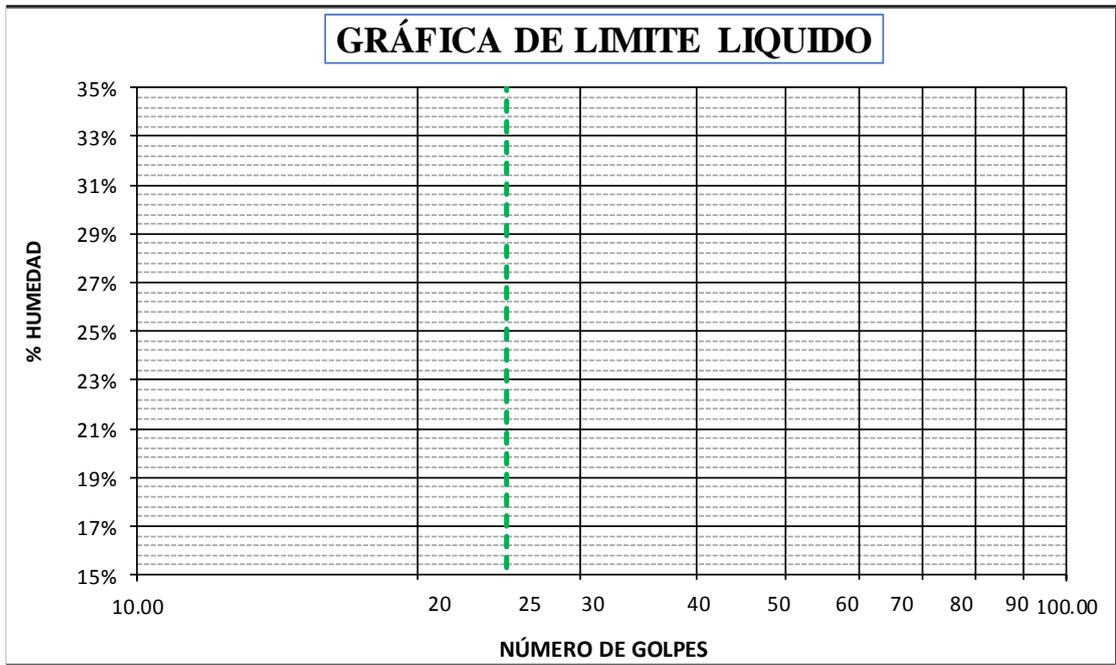
ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111,210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

PROYECTO	:	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11)
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
TRAMO	:	MAQUERA - CALLATA PACUNCANI
PROGRESIVA	:	KM. 7+120 7+360
MUESTRA	:	SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACONCANI

LIMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4			
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No							
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.							
TARRO + SUELO SECO	gr.							
PESO DEL TARRO	gr.							
AGUA	gr.							
PESO DEL SUELO SECO	gr.							
CONTENIDO DE HUMEDAD	%							
NUMERO DE GOLPES	N							

LIMITE LIQUIDO = NP LIMITE PLASTICO = NP INDICE PLASTICO = NP



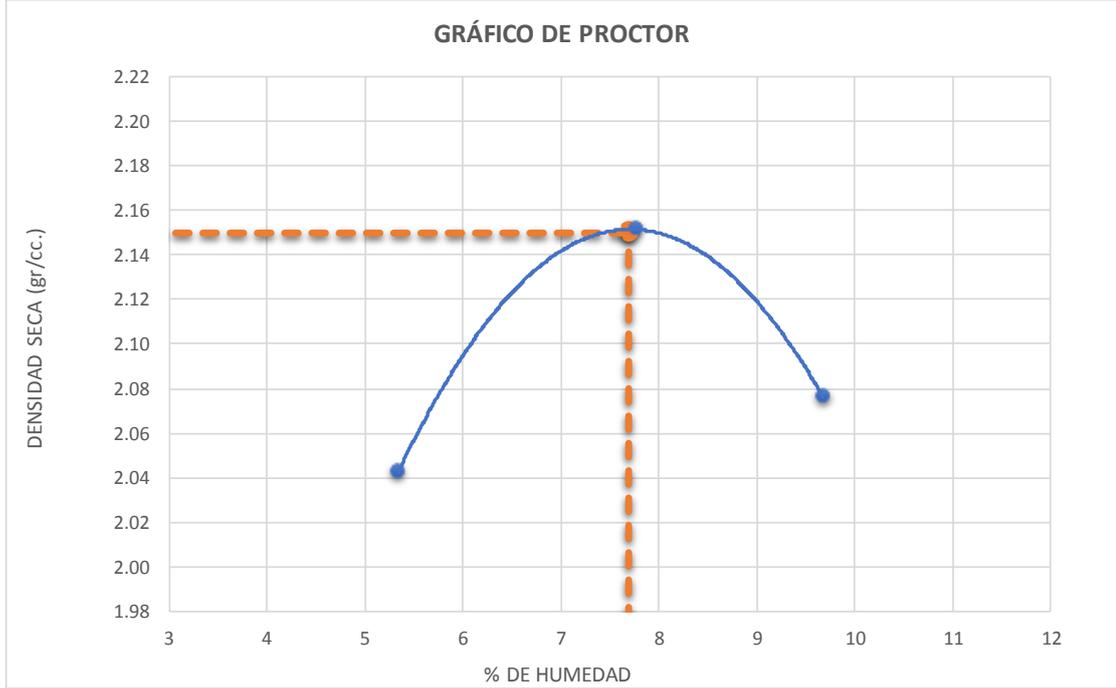
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR
(MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: MAQUERA - CALLATA PACUNCANI
PROGRESIVA	: KM. 7+120 7+360
MUESTRA	: SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACUNCANI

Molde N°	MODELO CN-4 01	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2290 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	6832 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	1759	1242	12047	
Peso del molde	gr.	6832	6832	6832	
Peso de la muestra compactada	gr.	4927	5310	5215	
Densidad húmeda	gr/cc	2.15	2.32	2.28	
Densidad seca	gr/cc	2.04	2.15	2.08	

Contenido de Agua									
Tarro	N°	A-10	A-7	A-8	A-5	A-4	A-1		
Peso del Tarro	gr.	39.8	39.8	39.3	38.5	36.3	39.1		
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	128.5	109.6	111.6	106.4	110.2	105.6		
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	124.1	106.0	106.6	101.3	103.6	99.8		
Peso del agua	gr.	4.4	3.6	5.0	5.1	6.6	5.8		
Peso del suelo seco	gr.	84.3	66.2	67.3	62.8	67.3	60.8		
Contenido de humedad	%	5.2	5.5	7.4	8.2	9.9	9.5		
Promedio		5.3		7.8		9.7			

DENSIDAD MAXIMA : **2.150** grs/cc **CONTENIDO DE HUMEDAD:** **7.70** %



ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA
METODO MTC E-114, ASTM D 2419, AASHTO T 176

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 7+120 7+360
MUESTRA	: SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACONCANI

DATOS DE LA MUESTRA

	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4) mm	4.56	4.50	4.62		
Hora de entrada a saturación	15:40	15:42	15:44		
Hora de salida de saturación (más 10')	15:50	15:52	15:54		
Hora de entrada a decantación	16:00	16:02	16:04		
Hora de salida de decantación (más 20')	16:20	16:22	16:24		
Altura máxima de material fino cm	8.50	8.60	8.00		
Altura máxima de la arena cm	3.10	3.10	3.12		
Equivalente de arena %	36.5%	36.0%	39.0%		37%

Observaciones : Minimo 35 % min. según especificaciones tecnicas

ENSAYO DE CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS (SALES SOLUBLES)
NORMA MTC E-219

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO PUNO
UBICACIÓN	: DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO	: CALACOTA SANTA ROSA DE HUAYLLATA
PROGRESIVA	: KM. 7+120 7+360
MUESTRA	: SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACONCANI

MATERIAL: AGREGADO GRUESO

TAMAÑO DE MALLA		ESCALONADO ORIGINAL	PESO DE FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	PESO DE FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA EN PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"						
2 1/2"	2"						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	18.2	1240.00	1220.60	19.4	1.56	0.28
1"	3/4"	14.1	986.00	980.00	6.0	0.61	0.09
3/4"	1/2"	36.4	826.00	825.00	1.0	0.12	0.04
1/2"	3/8"	15.6	366.00	359.00	7.0	1.91	0.30
3/8"	N° 04	15.7	298.00	295.00	3.0	1.01	0.16
TOTALES		100.0	3716.00			%	0.87

OBSERVACIONES : Ensayo efectuado en cinco ciclos con reactivos de sulfato de sodio anhidrido.

ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

MTC E 207 ASTM C131 AASHTO T 96

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO

UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO

TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA

PROGRESIVA : KM. 7+120 7+360

MUESTRA : SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACONCANI

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO EN GRAMOS	ESFERAS	
QUE PASA	RETENIDO		Peso gr.	
				5008.9
			N°	12
3"	2 1/2"		Revoluciones	500
2 1/2"	2"		Gradación	"A"
2"	1 1/2"		P. Inicial gr.	5004.2
1 1/2"	1"	1250.5	P. Ret. N° 12	3812.6
1"	3/4"	1249.6		
3/4"	1/2"	1251.8	Que pasa la N° 12	1191.6
1/2"	3/8"	1252.3	Porcentaje de perdida	23.81%
3/8"	1/4"			
1/4"	N° 04		Perdida promedio	24%
N° 04	N° 08			
OBSERVACIONES		-RESISTENCIA AL DESGASTE = 76.19%		
		PORCENTAJE DE PERDIDA = 23.81%		
NTP 400.019: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.				

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

METODO MTC E-221

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO

UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO

TRAMO : CALACOTA- SANTA ROSA DE HUAYLLATA

PROGRESIVA : KM. 7+120 7+360

MUESTRA : SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACONCANI

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	apertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)			100.0									
1"	25.400	1103.0	19.7	80.3	29.0	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0	1049.0	100.0	18.7
3/4"	19.050	476.0	8.5	71.9	78.0	16.4	1.4	11.0	0.2	0.0	374.0	78.6	6.7
1/2"	12.700	1011.0	18.0	53.8	46.0	4.5	0.8	19.0	0.3	0.0	945.0	93.5	16.8
3/8"	8.750	920.0	16.4	57.1	31.0	3.4	0.6	20.0	0.4	0.0	869.0	94.5	15.5
N°4	4.760	2100.0	37.4	28.1	350.0	16.7	6.2	289.0	5.2	0.1	1416.0	67.4	25.2
	TOTAL	5610.0	100.0		534.0		9.0	363.0		0.1	4653.0		82.9
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		(g)	5610.0										
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS		(%)	9.1										

ENSAYO DE C.B.R.
(MIC E 132 - 2000, MÉTODO ASTM D - 1883)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
SOLICITANTE : GOBIERNO REGIONAL - PUNO
UBICACIÓN : DEP. PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : MAQUERA - CALLATA PACUNCANI
PROGRESIVA : KM. 7+120 7+360
MUESTRA : SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACUNCANI

MOLDE	Modelo CN 450	01	02	03
CAPAS	Nº	05	05	05
Golpes por capa	Nº	12	25	56

Condición de la muestra	Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado
Peso suelo humedo + molde	10610	10760	11223	11373	11352	11460
Peso molde gr.	6591	6591	6990	6990	6785	6784
Peso del Suelo humedo gr.	4019	4169	4233	4383	4567	4676
Volumen del Suelo gr.	2138	2138	2138	2138	2185	2185
Densidad humeda gr/cc	1.88	1.95	1.98	2.05	2.09	2.14
% de humedad	10.0	11.2	9.9	10.8	9.8	10.3
Densidad seca gr/cc	1.71	1.75	1.80	1.85	1.90	1.94

Tarro	Nº	01	02	20	21	03	04	22	23	05	06	24	25
Tarro + suelo humedo	gr.	516.8	516.1	511.9	510.5	517.0	519.6	519.5	521.3	517.0	514.6	516.4	522.7
Tarro + suelo seco	gr.	485.6	484.7	477.7	475.6	485.2	487.1	486.4	487.1	486.7	485.1	486.0	487.0
Peso del agua	gr.	31.2	31.4	34.2	34.9	31.8	32.5	33.1	34.2	30.3	29.5	30.4	35.7
Peso de tarro	gr.	166.9	177.4	169.6	166.8	158.3	165.9	174.2	176.5	174.6	188.9	180.3	150.8
Peso del suelo seco	gr.	318.7	307.3	308.1	308.8	326.9	321.2	312.2	310.6	312.1	296.2	305.7	336.2
% de humedad	%	9.8	10.2	11.1	11.3	9.7	10.1	10.6	11.0	9.7	10.0	9.9	10.6
Promedio de humedad		10.0		11.2		9.9		10.8		9.8		10.3	

% EXPANSIÓN = 0.86 %

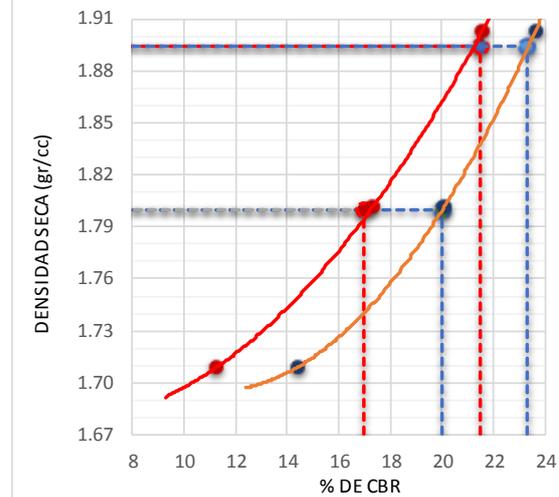
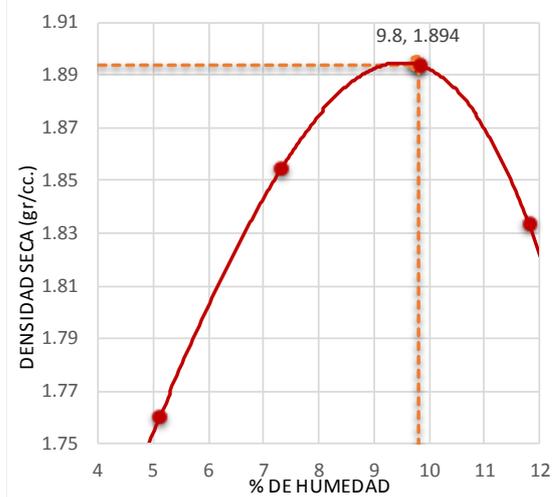
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	EXPANSIÓN		Dial	EXPANSIÓN		Dial	EXPANSIÓN	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
05/03/2019	07:00 a.m.	00.00	0.18	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
06/03/2019	07:00 a.m.	24.00	0.43	0.25	0.22	0.37	0.19	0.17	0.31	0.18	0.16
07/03/2019	07:00 a.m.	48.00	0.74	0.56	0.49	0.68	0.50	0.44	0.60	0.47	0.41
08/03/2019	07:00 a.m.	72.00	1.07	0.89	0.78	0.96	0.81	0.71	0.92	0.79	0.69
09/03/2019	07:00 a.m.	96.00	1.23	1.05	0.92	1.12	0.94	0.82	1.08	0.95	0.83

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		Carga	MOLDE Nro: 01				MOLDE Nro: 02				MOLDE Nro: 03			
mm.	Tiempo		Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión
mm.	Tiempo	Slump.	Dial	Kg.	k/cm ²	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm ²	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm ²	C.B.R.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	30"		7	55	2.9		10	69	3.7		18	107	5.7	
1.27	1'		10	69	3.7		19	112	5.9		31	169	8.9	
1.91	1.30'		17	102	5.4		37	197	10.4		49	254	13.4	
2.54	2'	70	27	150	7.9	11.3	44	230	12.2	17.4	56	287	15.2	21.7
3.81	3'		45	235	12.4		69	348	18.5		81	405	21.5	
5.08	4'	105	56	287	15.2		80	400	21.2		95	471	25.0	
6.35	5'		71	358	19.0		95	471	25.0		112	551	29.2	
7.62	6'	133	79	395	21.0		110	542	28.7		124	608	32.3	
8.89	7'		90	447	23.7		118	580	30.7		133	651	34.5	
10.16	8'	181	98	485	25.7		129	632	33.5		146	712	37.8	

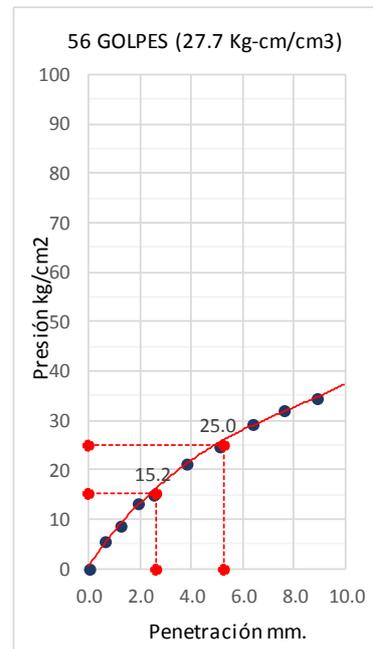
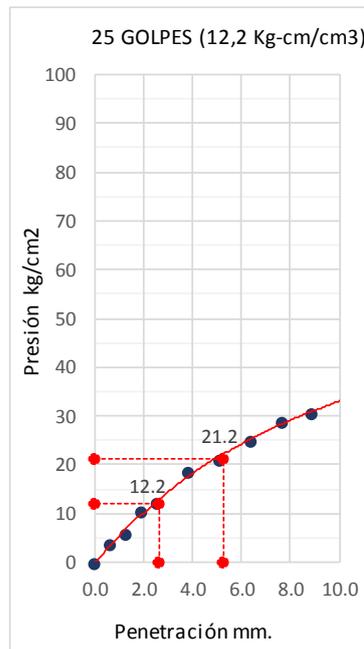
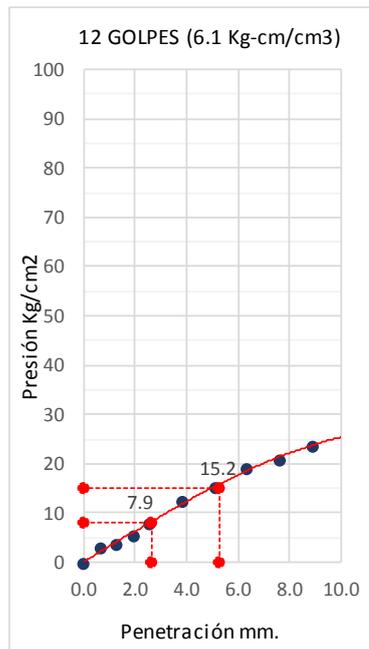
OBSERVACIONES: C.B.R. Al 95% de su máxima densidad seca y a 2.54 mm. de penetración = **17.0** %
 C.B.R. Al 95% de su máxima densidad seca y a 5.08 mm. de penetración = **20.0** %

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALACOTA - SANTA ROSA DE HUAYLLATA (RUTA R-11) DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO - PUNO
SOLICITANTE : GOBIERNO REGIONAL - PUNO
UBICACIÓN : DEP.PUNO PROV. EL COLLAO
TRAMO : MAQUERA - CALLATA PACUNCANI
PROGRESIVA : KM. 7+120 7+360
MUESTRA : SUB BASE 60% ARGULLUNI 40% CALLATA PACUNCANI



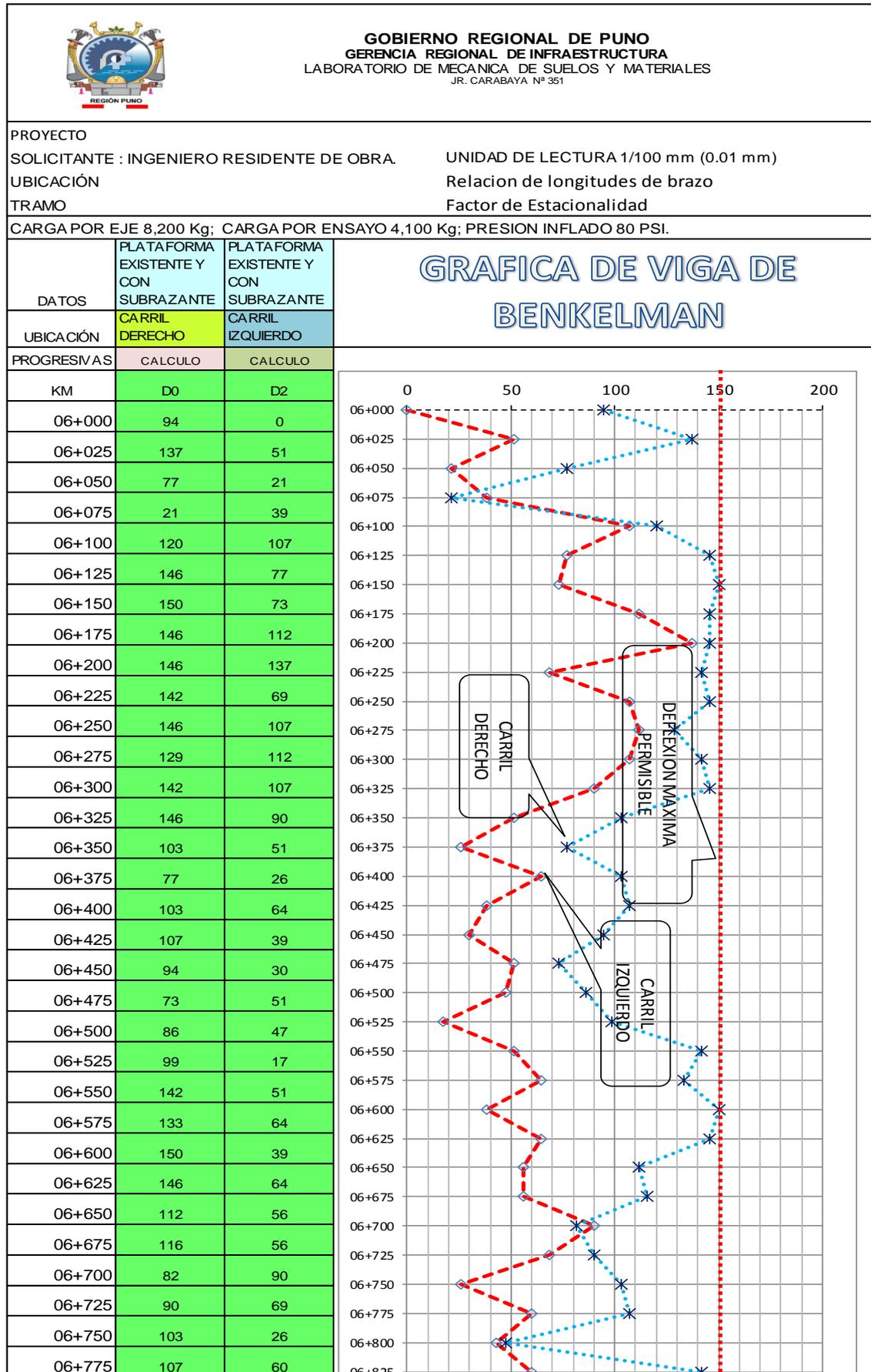
C.B.R.(0.1"): 11.3 % C.B.R.(0.1"): 17.3 % C.B.R.(0.1"): 21.6 %
 C.B.R.(0.2"): 14.4 % C.B.R.(0.2"): 20.1 % C.B.R.(0.2"): 23.6 %

GRÁFICO PENETRACIÓN DE CBR

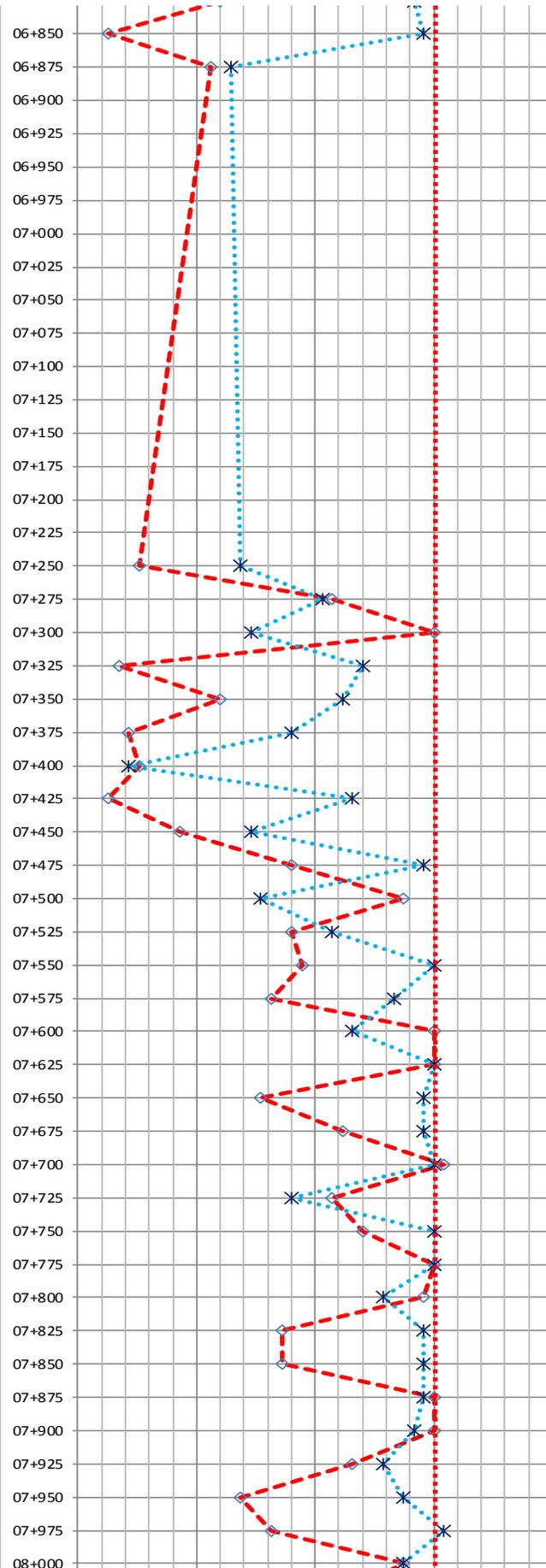


METODO DE COMPACTACIÓN AASTHO :	"D"	PENETRACIÓN MDS 1" MDS 2"	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc)	1.89	CBR AL 100%	21.5 23.3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.8	CBR AL 95%	17.0 20.0

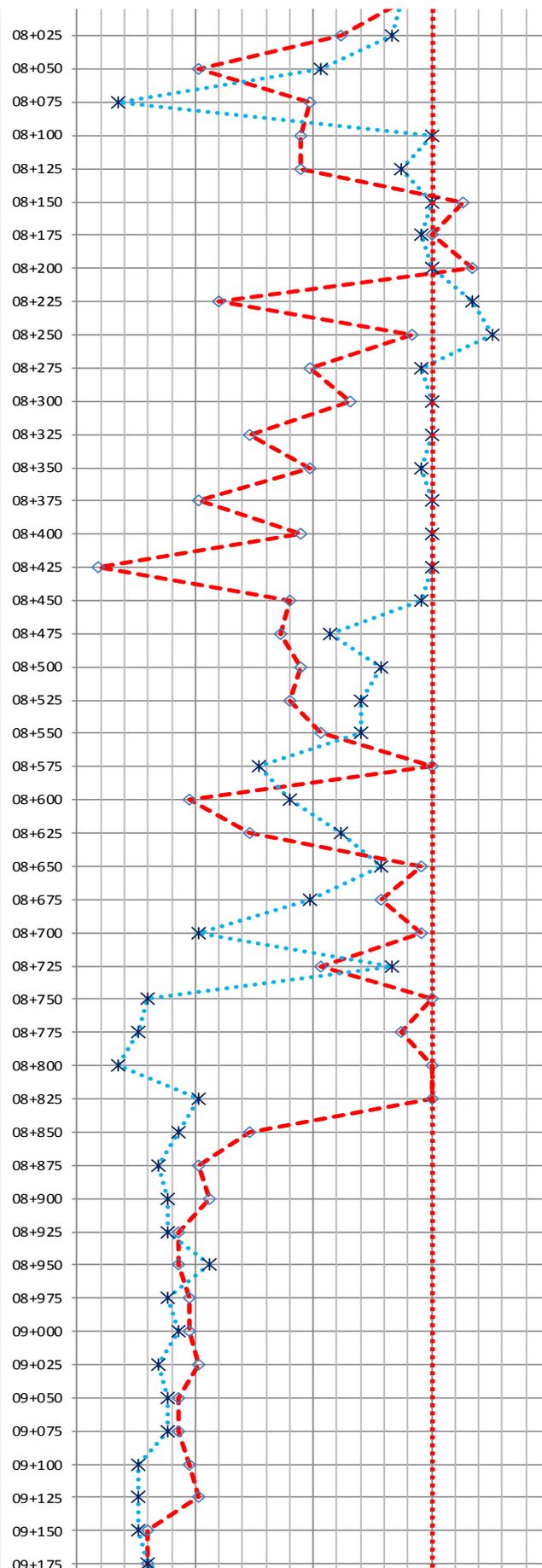
Anexo 5. Certificados de control de deflectometria (viga benkelman).



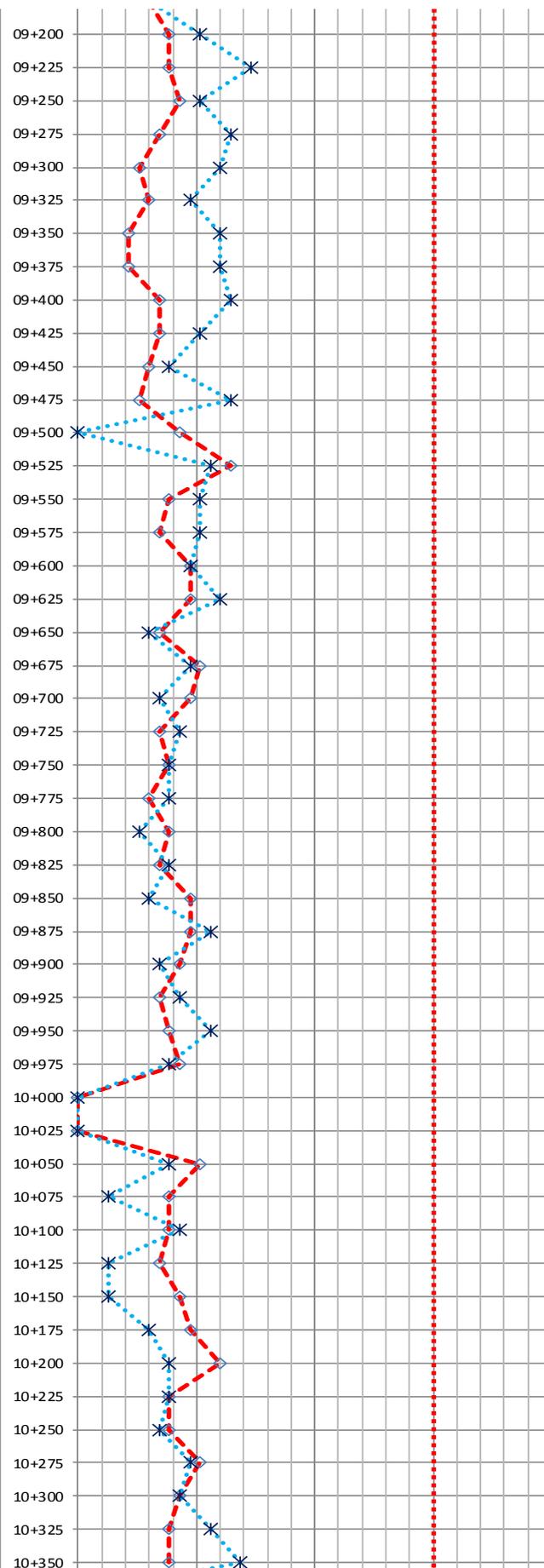
06+800	47	43
06+825	142	60
06+850	146	13
06+875	64	56
07+250	69	26
07+275	103	107
07+300	73	150
07+325	120	17
07+350	112	60
07+375	90	21
07+400	21	26
07+425	116	13
07+450	73	43
07+475	146	90
07+500	77	137
07+525	107	90
07+550	150	94
07+575	133	82
07+600	116	150
07+625	150	150
07+650	146	77
07+675	146	112
07+700	150	154
07+725	90	107
07+750	150	120
07+775	150	150
07+800	129	146
07+825	146	86
07+850	146	86
07+875	146	150
07+900	142	150
07+925	129	116
07+950	137	69
07+975	154	82
08+000	137	137
08+025	133	112
08+050	103	51
08+075	17	99
08+100	150	94
08+125	137	94
08+150	150	163
08+175	146	150
08+200	150	167
08+225	167	60
08+250	176	142



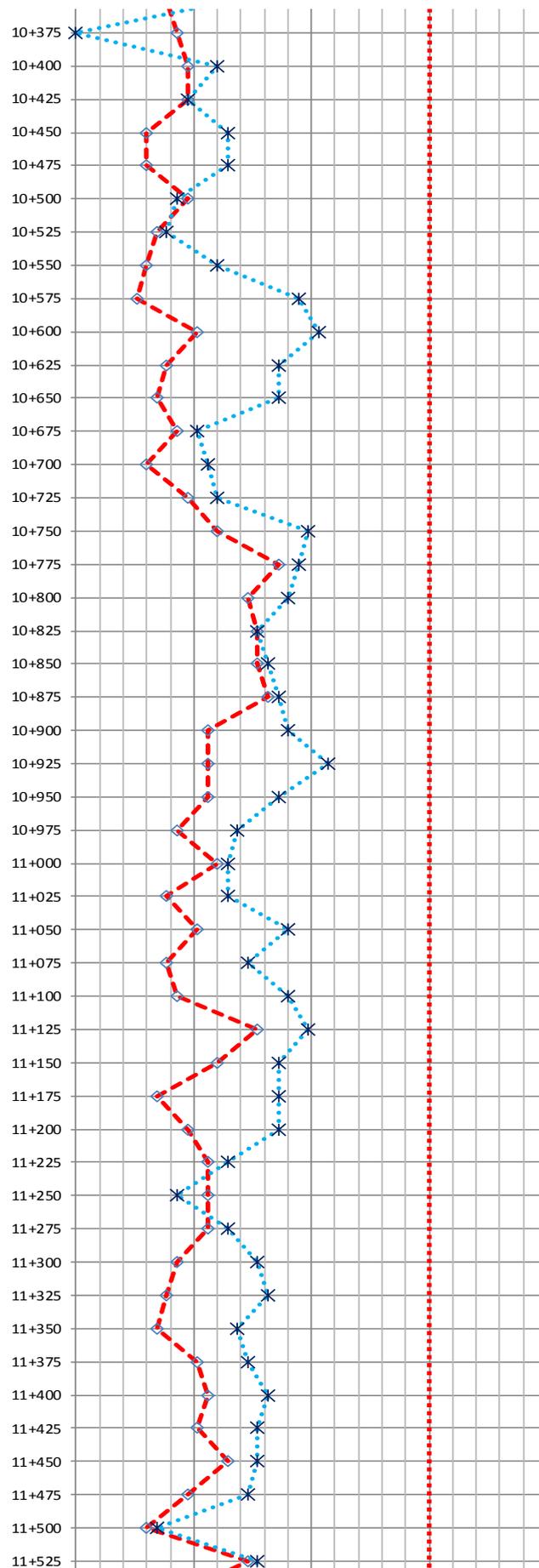
08+275	146	99
08+300	150	116
08+325	150	73
08+350	146	99
08+375	150	51
08+400	150	94
08+425	150	9
08+450	146	90
08+475	107	86
08+500	129	94
08+525	120	90
08+550	120	103
08+575	77	150
08+600	90	47
08+625	112	73
08+650	129	146
08+675	99	129
08+700	51	146
08+725	133	103
08+750	30	150
08+775	26	137
08+800	17	150
08+825	51	150
08+850	43	73
08+875	34	51
08+900	39	56
08+925	39	43
08+950	56	43
08+975	39	47
09+000	43	47
09+025	34	51
09+050	39	43
09+075	39	43
09+100	26	47
09+125	26	51
09+150	26	30
09+175	30	30
09+200	51	39
09+225	73	39
09+250	51	43
09+275	64	34
09+300	60	26
09+325	47	30
09+350	60	21
09+375	60	21



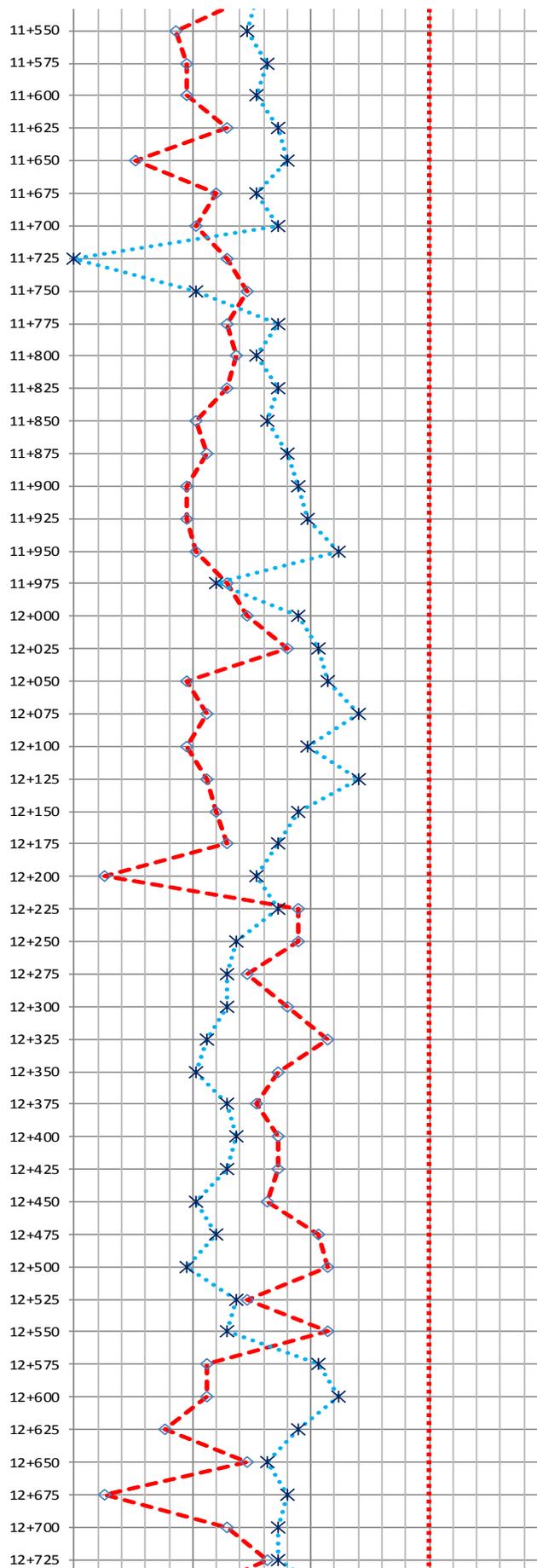
09+400	64	34
09+425	51	34
09+450	39	30
09+475	64	26
09+500	0	43
09+525	56	64
09+550	51	39
09+575	51	34
09+600	47	47
09+625	60	47
09+650	30	34
09+675	47	51
09+700	34	47
09+725	43	34
09+750	39	39
09+775	39	30
09+800	26	39
09+825	39	34
09+850	30	47
09+875	56	47
09+900	34	43
09+925	43	34
09+950	56	39
09+975	39	43
10+000	0	0
10+025	0	0
10+050	39	51
10+075	13	39
10+100	43	39
10+125	13	34
10+150	13	43
10+175	30	47
10+200	39	60
10+225	39	39
10+250	34	39
10+275	47	51
10+300	43	43
10+325	56	39
10+350	69	39
10+375	0	43
10+400	60	47
10+425	47	47
10+450	64	30
10+475	64	30
10+500	43	47



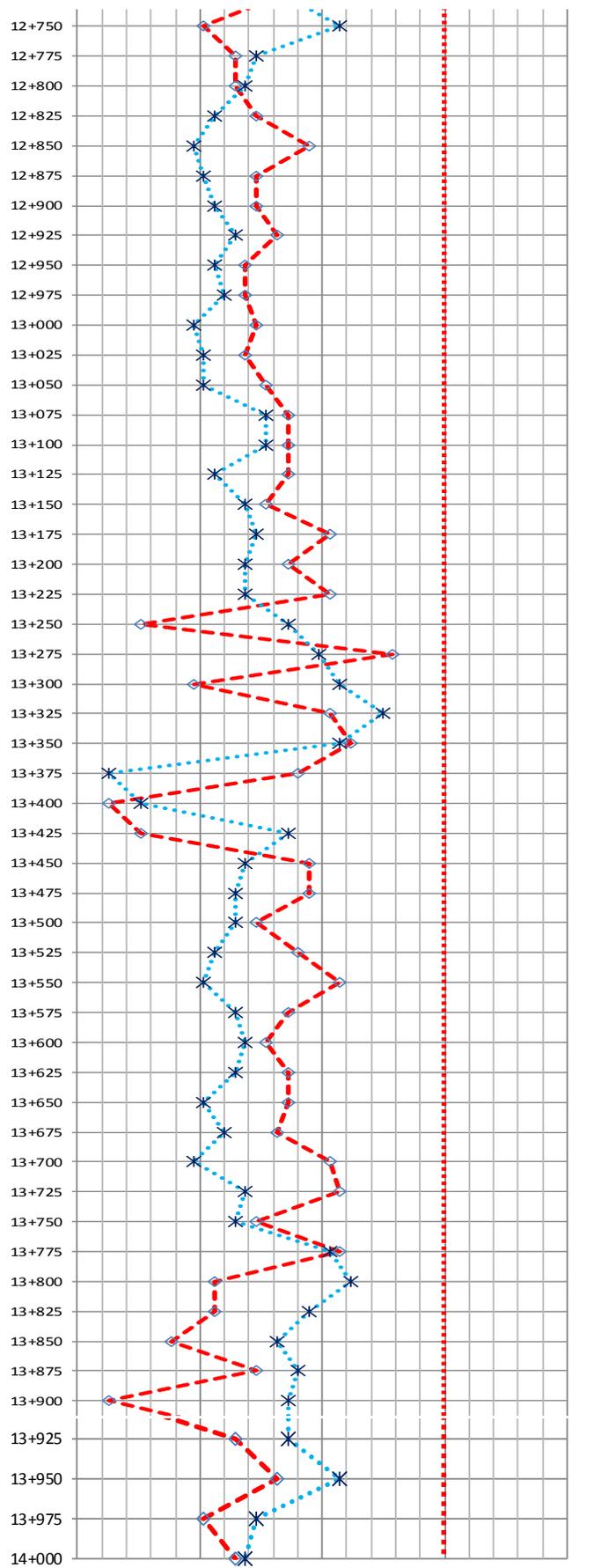
10+525	39	34
10+550	60	30
10+575	94	26
10+600	103	51
10+625	86	39
10+650	86	34
10+675	51	43
10+700	56	30
10+725	60	47
10+750	99	60
10+775	94	86
10+800	90	73
10+825	77	77
10+850	82	77
10+875	86	82
10+900	90	56
10+925	107	56
10+950	86	56
10+975	69	43
11+000	64	60
11+025	64	39
11+050	90	51
11+075	73	39
11+100	90	43
11+125	99	77
11+150	86	60
11+175	86	34
11+200	86	47
11+225	64	56
11+250	43	56
11+275	64	56
11+300	77	43
11+325	82	39
11+350	69	34
11+375	73	51
11+400	82	56
11+425	77	51
11+450	77	64
11+475	73	47
11+500	34	30
11+525	77	73
11+550	73	43
11+575	82	47
11+600	77	47
11+625	86	64



11+650	90	26
11+675	77	60
11+700	86	51
11+725	0	64
11+750	51	73
11+775	86	64
11+800	77	69
11+825	86	64
11+850	82	51
11+875	90	56
11+900	94	47
11+925	99	47
11+950	112	51
11+975	60	64
12+000	94	73
12+025	103	90
12+050	107	47
12+075	120	56
12+100	99	47
12+125	120	56
12+150	94	60
12+175	86	64
12+200	77	13
12+225	86	94
12+250	69	94
12+275	64	73
12+300	64	90
12+325	56	107
12+350	51	86
12+375	64	77
12+400	69	86
12+425	64	86
12+450	51	82
12+475	60	103
12+500	47	107
12+525	69	73
12+550	64	107
12+575	103	56
12+600	112	56
12+625	94	39
12+650	82	73
12+675	90	13
12+700	86	64
12+725	86	82
12+750	107	51
12+775	73	64



12+800	69	64
12+825	56	73
12+850	47	94
12+875	51	73
12+900	56	73
12+925	64	82
12+950	56	69
12+975	60	69
13+000	47	73
13+025	51	69
13+050	51	77
13+075	77	86
13+100	77	86
13+125	56	86
13+150	69	77
13+175	73	103
13+200	69	86
13+225	69	103
13+250	86	26
13+275	99	129
13+300	107	47
13+325	124	103
13+350	107	112
13+375	13	90
13+400	26	13
13+425	86	26
13+450	69	94
13+475	64	94
13+500	64	73
13+525	56	90
13+550	51	107
13+575	64	86
13+600	69	77
13+625	64	86
13+650	51	86
13+675	60	82
13+700	47	103
13+725	69	107
13+750	64	73
13+775	103	107
13+800	112	56
13+825	94	56
13+850	82	39
13+875	90	73
13+900	86	13
13+925	86	64
13+950	107	82
13+975	73	51
14+000	69	64



Anexo 6. Panel fotográfico.

FOTO N° 01



DESCRIPCION:

Control de densidad de campo in situ, método cono de arena.

FOTO N° 02



DESCRIPCION:

Excavación de calicatas y evaluación de estratos en el terreno de suelos de fundación, en el eje de la carretera en estudio.

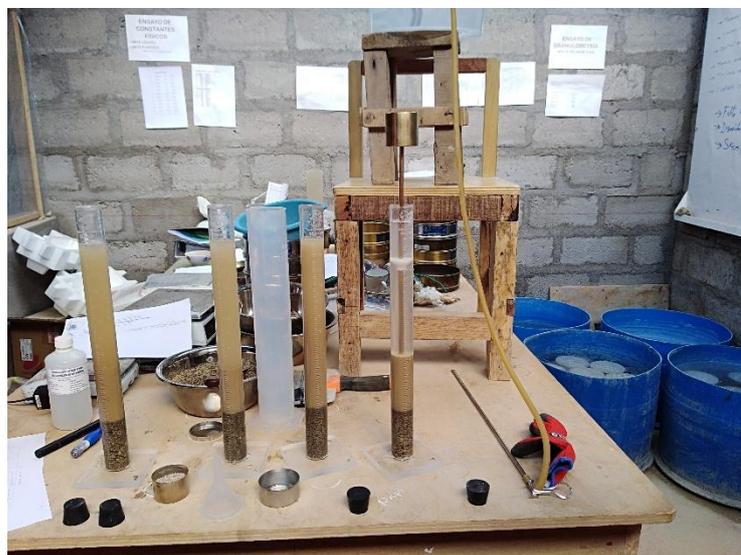
FOTO N° 03



DESCRIPCION:

Toma de muestra de la cantera Huancuni y ensayo para el análisis granulométrico en laboratorio.

FOTO N° 04



DESCRIPCION:

Ensayo de equivalente de arena en laboratorio. (Cantera Argulluni)

FOTO N° 05

**DESCRIPCION:**

Técnica de colocación de la Viga Benkelman en el punto de prueba en la carretera Calacota Santa Rosa de Huayllata. (Sub Base granular).

Anexo 7. Planos

1. Plano de ubicación
2. Mapa de pendientes
3. Plano geomorfológico regional
4. Plano geomorfológico local
5. Plano geológico regional
6. Plano geológico local
7. Croquis de ubicación de canteras