

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



“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE
LA CARRETERA DEL CIRCUITO TURÍSTICO
LAGO SAGRADO DE LOS INCAS, TRAMO KM.
00+000 AL KM. 10+000 CCOTA-CHARCAS-PUNO”
TESIS

PRESENTADA POR:

ENRIQUE NATALIO PAQUITA MERMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LA CARRETERA DEL
CIRCUITO TURÍSTICO LAGO SAGRADO DE LOS INCAS, TRAMO
KM. 00+000 AL KM. 10+000 CCOTA-CHARCAS-PUNO”

TESIS

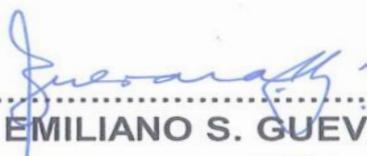
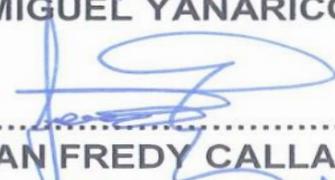
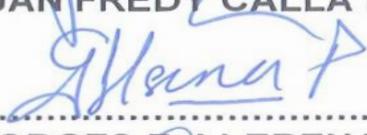
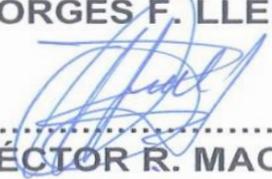
PRESENTADA POR:

ENRIQUE NATALIO PAQUITA MERMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	 M. Sc. EMILIANO S. GUEVARA GUERRA
PRIMER MIEMBRO	:	 Ing. MIGUEL YANARICO APAZA
SEGUNDO MIEMBRO	:	 M. Sc. JUAN FREDY CALLA FERNÁNDEZ
ASESOR DE TESIS	:	 Ing. GEORGES F. LLERENA PEREDO
DIRECTOR DE TESIS	:	 M. Sc. HÉCTOR R. MACHACA CONDORI
ÁREA	:	GEOTECNIA
TEMA	:	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DE CARRETERAS

PUNO - PERÚ

2015

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres: Facundo Paquita, Mónica Merma por su abnegado sacrificio por brindarme su apoyo moral y emocional, con dedicación, que ha hecho posible la culminación con éxito mis estudios, de esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

- El autor agradece: a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, a la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, en especial a la escuela profesional de Ingeniería Geológica, y a su equipo de docentes, por haberme cobijado en sus claustros y permitir mi formación profesional.
- A la Gerencia de infraestructura regional, del Gobierno Regional de Puno por darme la oportunidad de realizar esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
LISTA DE CUADROS	XII
LISTA DE TABLAS	XIII
LISTA DE FIGURAS	XIV
LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS	XV
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT	XVIII

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 ANTECEDENTES	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 HIPÓTESIS	6
1.4.1 Hipótesis general.....	6
1.4.2 Hipótesis específico.....	6
1.5 OBJETIVO.....	7
1.5.1 Objetivo general	7

1.5.2	Objetivo específico	7
1.6	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.6.1	Etapa de gabinete I	7
1.6.2	Etapa de campo I	8
1.6.3	Etapa de campo II	8
1.6.4	Análisis de laboratorio de mecánica de suelos.....	8
1.6.5	Etapa de gabinete II	9
1.7	INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	PAVIMENTO	10
2.2	CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO.....	10
2.3	TIPO DE PAVIMENTO	11
2.3.1	Pavimento flexible	11
2.3.1.1	Carpeta de rodado.....	11
2.3.1.2	Base	12
2.3.1.3	Sub - base	12
2.3.1.4	Sub - rasante.....	13
2.4	ESTUDIO DE SUELO	14
2.5	ENSAYOS DE LABORATORIO	15
2.5.1	Contenido de humedad	15
2.5.2	Análisis granulométrico por tamizado.....	16

2.5.3	Límites de consistencia	18
2.5.4	Clasificación de suelos	19
2.5.4.1	Clasificación de gravas y arenas.....	19
2.5.4.2	Clasificación de limos y arcillas	19
2.5.5	Proctor modificado.....	21
2.5.5.1	Expresión de resultados	22
2.5.6	Valor relativo de soporte “CBR”	22
2.5.6.1	Determinación de la expansión	23
2.5.6.2	Calculo del CBR	24
2.5.7	Abrasión los ángeles	24
2.5.8	Partículas planas y alargadas	26
2.5.9	Caras fracturadas en los agregados.....	27
2.5.10	Equivalente de arena y agregados finos (ASTM D-2419)	28
2.5.11	Ensayo de durabilidad.....	29
2.6	CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO (Método cono de arena)	31
2.6.1	Cálculos.....	31
2.7	EXPLORACIÓN DE CANTERAS	32
2.7.1	Etapas de reconocimiento del terreno.....	32
2.7.2	Etapas de estudios preliminares	33
2.7.3	Etapas de estudios definitivos.....	34
2.8	EXPLOTACIÓN DE CANTERAS.....	34
2.9	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE	34
2.9.1	Etapas preliminar	35

2.9.2	Etapa en proceso de construcción	35
2.9.3	Pavimento terminado.....	37
2.10	ANÁLISIS DEFORMACIONAL	37

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1	GENERALIDADES	39
3.2	UBICACIÓN Y ACCESO AL ÁREA DE PROYECTO	39
3.3	HIDROLOGIA	40
3.3.1	Clima	40
3.3.2	Vientos	41
3.3.3	Lluvias	41
3.3.4	Temperatura.....	41
3.3.5	Flora y fauna	42
3.4	DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS PRECIPITACIONES	42
3.5	SEQUIA E INUNDACIONES	43
3.6	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	43
3.6.1	Hidrografía del Lago Titicaca.....	44
3.7	GEOMORFOLOGÍA LOCAL	45
3.7.1	Montañas.....	45
3.7.2	Colinas y laderas	46
3.7.3	Lago	46
3.7.4	Planicies y superficies onduladas.....	46

3.7.5	Litoral lacustre y bofedales.....	46
3.8	ESTRATIGRAFÍA.....	47
3.8.1	Mesozoico.....	47
3.8.1.1	Formación de calizas Ayabacas.....	47
3.8.2	Cenozoico.....	47
3.8.2.1	Intrusivos (ROCAS ÍGNEAS).....	47
3.8.2.2	Depósitos aluviales y coluviales.....	48
3.8.2.3	Formacion Azangaro.....	48
3.9	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	49
3.10	GEODINÁMICA EXTERNA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	49

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1	INTRODUCCIÓN.....	50
4.2	EVALUACIÓN GEOLÓGICA.....	51
4.2.1	Investigación del subsuelo.....	51
4.2.1.1	Trabajos de campo.....	51
4.2.1.2	Técnicas de exploración.....	51
4.2.2	Perfil estratigráfico del eje de la carretera.....	51
4.2.3	Descripción del suelo de fundación.....	52
4.2.4	Clasificación de suelos en el eje de la carretera.....	52
4.2.5	Análisis del suelo de fundación.....	53
4.2.5.1	Características de suelos.....	53

4.2.5.2	Determinación de la capacidad de soporte del suelo de fundación “C. B. R.”	53
4.2.6	Sismicidad	54
4.3	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA.....	57
4.3.1	Generalidades	57
4.3.2	Trabajos realizados	57
4.3.3	Canteras asumidas para el pavimento	58
4.3.4	Material ligante (CANTERA QUIPATA)	60
4.3.4.1	Ubicación.....	60
4.3.4.2	Accesibilidad	60
4.3.4.3	Descripción del material	60
4.3.4.4	Método de explotación	60
4.3.4.5	Características físicas – mecánicas	60
4.3.4.6	Usos	61
4.3.4.7	Volumen de cantera Quipata.....	61
4.3.4.8	Especificaciones.....	61
4.3.5	Cantera de agregados (CARUCAYA).....	62
4.3.5.1	Ubicación.....	62
4.3.5.2	Accesibilidad	62
4.3.5.3	Descripción del material	62
4.3.5.4	Modo de explotación en campo.....	62
4.3.5.5	Usos	62
4.3.5.6	Volumen de cantera Carucaya.....	63

4.3.6	Piedra triturada de 1" a 1/4" (PLANTA CABANILLAS).....	63
4.3.6.1	Ubicación.....	63
4.3.6.2	Accesibilidad	64
4.3.6.3	Descripción del material	64
4.3.6.4	Usos	64
4.3.6.5	Volumen requerido	64
4.3.7	Fuentes de agua.....	64
4.3.8	Botaderos	65
4.3.9	Diseño de suelos	65
4.3.9.1	Diseño de suelos para sub-base granular	65
4.3.9.2	Diseño de suelos para base granular	65
4.3.10	Hidrología de la cuenca del lago Titicaca	66
4.4	PROCESO CONSTRUCTIVO	66
4.4.1	Movimiento de tierras (EXPLANACIONES).....	66
4.4.2	Alineaciones niveles y perfiles.....	66
4.4.2.1	Aspectos generales	66
4.4.2.2	Perfiles longitudinales del terreno.....	67
4.4.2.3	Perfiles transversales del terreno	67
4.4.2.4	Especificaciones.....	67
4.4.3	Clasificación de suelos	68
4.4.3.1	Aspectos generales	68
4.4.3.2	Especificaciones.....	68
4.4.4	Clasificación de las excavaciones	68

4.4.4.1 Aspectos generales	68
4.4.4.2 Excavaciones en material suelto	69
4.4.4.3 Excavaciones en roca suelta	69
4.4.4.4 Excavaciones en roca fija	69
4.4.5 Material para terraplén (RELLENO)	69
4.4.6 Ejecución de terraplén (RELLENO).....	70
4.4.7 Compactación	70
4.4.7.1 Aspectos generales	70
4.4.7.2 Controles	70
4.4.8 Material para sub-base.....	71
4.4.8.1 Aspecto general.....	71
4.4.8.2 Ejecución de la sub-base granular	72
4.4.8.3 Compactación	73
4.4.9 Material para base.....	73
4.4.9.1 Aspectos generales	73
4.4.9.2 Limitaciones y condiciones de la sub base.....	74
4.4.9.3 Ejecución de la base granular	74
4.4.9.4 Compactación	75
4.4.9.5 Controles	75
4.4.9.6 Culminación de base	76
4.5 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD	77
4.5.1 Geología del área de estudio	77
4.5.2 Identificación de zonas inestables.....	77

4.6	MEDICIÓN DE DEFLEXIONES COMO PARTE DEL CONTROL DE CALIDAD DE OBRA.....	78
4.6.1	Aspectos generales.....	78
4.6.2	Frecuencia de ensayos	78
4.6.2.1	Sub-base y base granular	78
4.6.3	El concepto de la deflexión admisible.....	79
4.6.4	Evaluación deflectométrica.....	79
4.6.5	Calculo de deflexión	80
	CONCLUSIONES	82
	RECOMENDACIONES	84
	BIBLIOGRAFÍA.....	86
	ANEXOS	88
ANEXO N° 1.	EXPLORACION DE CANTERAS Y MATERIAL DE SUB-RASANTE	
ANEXO N° 2.	CERTIFICADOS DE SUELO DE FUNDACION	
ANEXO N° 3.	DISEÑO DE SUB-BASE Y BASE GRANULAR	
ANEXO N° 4.	CERTIFICADOS DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA	
ANEXO N° 5.	CERTIFICADOS DE CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO IN-SITU	
ANEXO N° 6.	CERTIFICADOS DE CONTROL DE DEFLECTOMETRIA	
ANEXO N° 7.	PANEL FOTOGRAFICO	
ANEXO N° 8.	<i>PLANOS Y PERFILES</i>	

LISTA DE CUADROS

	Pág.
CUADRO Nº 01: ACCESO AL ÁREA DEL PROYECTO	40
CUADRO Nº 02: UBICACIÓN DE LA CARRETERA LAGO SAGRADO	40
CUADRO Nº 03: PRECIPITACION Y TEMPERATURA MEDIA ANUAL	41
CUADRO Nº 04: DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA VERTIENTE DE TITICACA	45
CUADRO Nº 05 : NORMAS APLICADAS.....	51
CUADRO Nº 06: DESCRIPCIÓN DE SUELOS DE FUNDACIÓN	52
CUADRO Nº 07: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS	53
CUADRO Nº 08: CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS DE FUNDACIÓN	54
CUADRO Nº 09: ESCALAS DE MAGNITUD E INTENSIDAD SISMICA	55
CUADRO Nº 10: ENSAYOS DE CALIDAD DE MATERIALES	58
CUADRO Nº 11: EXPLOTACIÓN DE CANTERAS.....	59
CUADRO Nº 12 : CARACTERISTICAS DEL MATERIAL TERRAPLEN.....	60
CUADRO Nº 13: RENDIMIENTO DE LA CANTERA QUIPATA	61
CUADRO Nº 14: ESPECIFICACIONES DE CANTERA QUIPATA.....	61
CUADRO Nº 15: RENDIMIENTO DE LA CANTERA CARUCAYA	63
CUADRO Nº 16: PROPORCIONES DE MEZCLA PARA SUB-BASE GRANULAR.....	65
CUADRO Nº 17: PROPORCIONES DE MEZCLA PARA BASE GRANULAR.....	65
CUADRO Nº 18: CALCULO DE DEFLEXIONES CORREGIDAS MÉTODO CONREVIAl.....	80

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA N° 01 : ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES EMPLEADOS EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	15
TABLA N° 02: HUSO GRANULOMÉTRICO PARA SUB-RASANTE	17
TABLA N° 03: HUSO GRANULOMÉTRICO PARA AFIRMADO.....	17
TABLA N° 04: HUSO GRANULOMÉTRICO PARA SUB-BASE Y BASE GRANULAR.....	18
TABLA N° 05: ENSAYO DE COMPACTACIÓN MODIFICADO (CBR)	23
TABLA N° 06: VALORES DE CARGA UNITARIA PATRÓN.....	24
TABLA N° 07: ESPECIFICACIONES PARA EL ENSAYO DE ABRASIÓN DE AGREGADOS.....	25
TABLA N° 08: ESPECIFICACIONES PARA EL ENSAYO DE ABRASIÓN PARA ROCAS.	26
TABLA N° 09: CANTIDAD DE MUESTRAS REQUERIDAS POR FRACCIÓN	28
TABLA N° 10: AGREGADOS GRUERSOS	30
TABLA N° 11: AGREGADO FINO.....	30
TABLA N° 12: RESUMEN DE ENSAYOS REQUERIDOS PARA SUB- RASANTE	33
TABLA N° 13: RESUMEN DE ENSAYOS REQUERIDOS PARA BASES Y SUB-BASES GRANULARES.....	36
TABLA N° 14: CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES PARA SUB-BASE ...	72
TABLA N° 15: AGREGADO FINO PARA BASE GRANULAR	73
TABLA N° 16: AGREGADO GRUESO PARA BASE GRANULAR.....	74
TABLA N° 17: FRECUENCIA DE CONTROLES PARA BASES Y SUB- BASES GRANULARES	76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA N° 01: COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.....	14
FIGURA N° 02. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS	20
FIGURA N° 03: CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO	21
FIGURA N° 04: DENSIDAD DE CAMPO IN-SITU	32
FIGURA N° 05: TÉCNICA DE COLOCADO DE VIGA BENKELMAN	38
FIGURA N° 06: COMPORTAMIENTO DE NIVELES DEL LAGO TITICACA (1920 – 2010)	43
FIGURA N° 07: COLUMNA ESTRATIGRAFICA LOCAL	48
FIGURA N° 08: MAPA DE ZONIFICACION SISMICA DEL PERU	56
FIGURA N° 09: EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CANTERA CARUCAYA.....	63

LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS

AASHTO	: American association state highway and transportation officials.
ASTM	: American standards and testing materials.
MTC	: Ministerio de transportes y comunicaciones.
CBR	: California Bearing ratio o “relación de soporte de california”
MDS	: Máxima densidad seca.
CHO	: Contenido de humedad óptima.
INV	: Instituto Nacional de Vías.
Dadm	: Deflexión admisible.
%	: Porcentaje.
HUSO	: Zona comprendida entre dos curvas granulométricas. (Según especificaciones técnicas)
SUCS	: Sistema Unificado de clasificación de Suelos
GW	: Grava bien graduada
GP	: Grava mal graduada
CL	: Arcilla de baja plasticidad
CH	: Arcilla de alta plasticidad
ML	: Limo de baja plasticidad
MH	: Limo de alta plasticidad
LL	: Limite Liquido
LP	: Limite Plástico
IP	: Índice de Plasticidad
MSNM	: Metros sobre nivel del mar

- MM** : Milímetro
- MTC** : Ministerio de transportes y comunicaciones
- UNI** : Universidad Nacional de Ingenierías

RESUMEN

El presente trabajo se localiza en los poblados de los distritos de Chucuito, Platería y Acora, y se enmarca dentro de la política sectorial de Infraestructura vial del Gobierno Regional de Puno. El tramo en su totalidad comprende 49+190 km, sin embargo el presente proyecto abarca solo 10 km, iniciando en la progresiva 0+000, considerando luego proseguir en los restantes 39+190 km, hacia Charcas punto final del tramo. Los estudios de evaluación geológica y geotécnica en el tramo de la carretera son favorables, la capacidad de valor relativo de soporte (CBR) del Suelo de fundación clasifican de regular a muy buena (11.3% a 58.2 %), con índice de plasticidad tolerable (20.3% y 7.1%); (ver anexos N° 4 y 8). La cantera Quipata como material de relleno y de mezcla, cumple con las exigencias de calidad de acuerdo a las especificaciones técnicas (LL.= 29.2%, IP.= 7.8%, CBR.= 48.1%) y lo propio con la cantera Carucaya (IP.= NP, Abrasión = 80.27%) y el material "piedra triturada" de 1" a ¼" (Abrasión los Ángeles 81.00%, Caras de Fractura 85%, Partículas planas y Alargadas 12.4%). El tramo de la progresiva 2+200 al 3+900 es una zona inundable, pero su impacto no tiene mayores consecuencias. Así mismo, a lo largo del tramo de la vía geológicamente es estable (clasifican GC, CL). Las progresivas 1+980 y 6+400 son áreas propensas a deslizamientos en posibles eventos sísmicos. El diseño de Suelos para la conformación de Sub-Base y Base granular, utilizó el siguiente diseño; para Sub-Base granular: 45% de ligante, y 55% de agregado, para Base granular: 20% de ligante, 60% de agregado y 20% de piedra triturada. Los controles de densidad de campo in-situ se desarrollaron conforme a las especificaciones técnicas, llegando a los resultados satisfactorios de 100% de su máxima densidad seca. El control final de calidad de la estructura, se complementó con el ensayo no destructivo utilizando el equipo de Viga Benkelman, con un camión de 8.2 toneladas, presión de inflado de 80 psi; los resultados fueron satisfactorios alcanzando una deflexión máxima de 48.40 mm, prog. 4+580, y una mínima de 13.20 mm, prog. 0+120, dichos resultados se encuentran por debajo de la Deflexión Admisible que es igual a 109 mm.

Palabras Clave: Base, Deflexión, Fundación, Sub-rasante, Sub-Base, Terraplén.

ABSTRACT

The current work is located in the villages of the districts of Chucuito, Plateria and Acora, and is done as part of the sectorial policy of Road Infrastructure of the Regional Government of Puno. The total stretch comprises 49 + 190 km, however the following project covers only 10 km, starting at the chainage 0 + 000, and then proceeding on the remaining 39 + 190 km, towards Charcas which is the end point of the stretch. The geological and geotechnical evaluation studies in the stretch of the road are favorable, the capacity of relative value of support of the Soil foundation according to the California Bearing Ratio is classified from regular to very good (11.3% to 58.2%), with a tolerable plasticity index (20.3% and 7.1%); (See annexes N° 2 and 8). The Quipata quarry as a filling and mixing material, fulfills the quality requirements according to the technical specifications (LL = 29.2%, IP = 7.8%, CBR = 48.1%) and the same with the quarry Carucaya (IP. = NP, Abrasion = 80.27%) and the "crushed stone" material from 1" to ¼" (los Angeles Abrasion 81.00%, Fracture Surfaces 85%, Flat and Extended Particles 12.4%). The stretch of the chainage 2 + 200 to 3 + 900 is a floodable zone, but its impact has no major consequences. Likewise, along the section of the route is geologically stable (classified GC, CL). The chainage 1 + 980 and 6 + 400 are landslides prone areas in possible seismic events. The design of Soils for the conformation of Sub-Base and granular Base, used the following design; For granular sub-base: 45% binder, and 55% aggregate, for granular base: 20% binder, 60% aggregate and 20% crushed stone. In-situ field density controls were developed according to the technical specifications, reaching satisfactory results of 100% of their maximum dry density. The final quality control of the structure was complemented with the non-destructive test using the Benkelman Viga equipment, with a 8.2 ton truck, 80 psi inflation pressure; The results were satisfactory reaching a maximum deflection of 48.40 mm, chainage 4 + 580, and a minimum of 13.20 mm, chainage 0 + 120, these results are below the Admissible Deflection which is equal to 109 mm.

Keywords: Base, Deflection, Foundation, Subgrade, Sub-Base, Embankment.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES

El presente trabajo de investigación geológica-geotécnica corresponde al proyecto construcción de la carretera circuito turístico Lago Sagrado de los Incas tramo I Ccota-Charcas Km. 0+000 al Km 10+000. En el que se ha desarrollado dentro de los lineamientos que establecen la institución del Gobierno Regional Puno (Gerencia Regional de Infraestructura), el área de estudio abarca todo el eje de la carretera en mención, todo esto ubicado en la península de Distritos de Chucuito y Platería, Provincia de Puno, Departamento de Puno.

A pesar de que muchos Ingenieros que se dedican, a la construcción de carreteras o vías urbanas, tiene una idea general bastante amplia en el estudio minucioso de la Geotecnia del terreno de fundación y el terraplén, el hecho indudable es que en muchos casos no poseen una sólida base técnica, por esto, es necesario ejecutar investigaciones para que las carreteras no sufran fallas en sus componentes estructurales.

El presente Proyecto de investigación, se desarrolla previamente a una evaluación y diagnóstico 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-Platería de 25 kilómetros. Para luego proseguir por la carretera asfaltada platería – Ccota de 03 kilómetros hasta llegar a la zona de obra.

Geográficamente se ubica en una zona con estaciones bien definidas que caracterizan climas semi-seco a frígida, estaciones secas entre los meses de Abril a Octubre caracterizados por la ausencia de lluvias y bajas temperaturas entre los meses de Junio y Julio, así mismo las épocas de precipitación pluvial donde la temperatura tiende a ser húmeda entre los meses de Noviembre a Marzo y emplazada sobre una altitud de promedio de 3825 m.s.n.m.

En esta investigación se trata lo referente al diseño de pavimento, donde, ésta se basa en la aplicación de principios con relación a condiciones Geológicas –Geotécnicas del terreno, los aspectos del tráfico en el periodo de diseño, clima, condiciones de la Sub-rasante y propiedades netamente del pavimento.

El diseño considera ecuaciones analíticas, 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

En el Perú, particularmente en la región Puno, las vías terrestres ocupan un lugar primordial en la comunicación de regiones y poblados respectivamente, con lo cual proporciona el intercambio de bienes y servicios para ofrecer al usuario el confort, y la seguridad adecuada ya que a través de las carreteras se satisfacen necesidades socioeconómicas produciendo el crecimiento económico y social de la región.

Cabe mencionar que las carreteras se relacionan con cada fase de nuestras actividades diarias, tanto que es casi imposible imaginar cómo sería la vida sin ellos; dependemos de los caminos para el movimiento de enseres, y viajar con propósitos sociales, recreativos y turísticos que requieren el funcionamiento de nuestra compleja sociedad.

Es importante considerar la variedad de investigaciones encaminadas 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.

El problema que enfrenta la presente investigación radica en que es 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, lo que en muchos casos puede producir soluciones incorrectas, gastos excesivos y afectaciones a la seguridad vial durante los trabajos que en ellos se efectúen.

En la actualidad se está llevando el uso de los ensayos no destructivos, que consiste en la evaluación estructural del pavimento, mediante la deflexión conocido como Viga Benkelman; en esta investigación se describirá los procedimientos para medir las deflexiones en campo y elaborar los deflectogramas, se cuantifica y mide las mismas fallas existentes, de modo que pueden representar por sí solas a esta problemática, ya que no incluye en su análisis una variedad de parámetros que deben ser considerados para tener un pronóstico del comportamiento adecuado del Sub rasante-pavimento.

En razón a esta situación, surgen las preguntas:

¿Cuáles son las características geológicas – geotécnicas de terreno para la carretera de circuito turístico Lago Sagrado de los Incas?

¿Cuáles son las condiciones geológicas del área de estudio donde se emplazara la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas?

¿Qué comportamiento geotécnico tiene el terreno para el diseño de terraplén y pavimento de la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas?

¿Qué propiedades físico mecánicas tienen los materiales de cantera para la construcción de la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas?

Como respuestas a estas interrogantes, es necesario considerar y efectuar las investigaciones in-situ y en laboratorio de las muestras obtenidas presentes en la zona de estudio, como son sus propiedades, las que controlan el comportamiento mecánico, factores geológicos, factores hidrogeológicos y factores geotécnicos (resistencia y deformabilidad)

El estudiar el terreno y conocerlo, es imprescindible, no solo como un problema técnico, sino también por sus consecuencias jurídicas que exige garantías por los daños ocasionados en los elementos estructurales del pavimento, es por esto que los estudios geotécnicos tienen mayor importancia en el presente estudio.

1.2 ANTECEDENTES

El Gobierno Regional de Puno como ente rector del desarrollo de la región viene priorizando las necesidades de infraestructura vial de la Región Puno. La carretera en estudio servirá como vía de transitabilidad a las zonas turísticas del área de influencia del proyecto, para que los turistas nacionales e internacionales tengan la accesibilidad a los distintos centros poblados de Ccota, Carana, Lukina Grande, Lukina Chico, Churo, Ccochiraya, Titilaka, playa de Charcas y otros áreas de influencia, integrando poblaciones cercanas a la ribera del Lago Titicaca, permitiendo mejorar la calidad de vida.

El antecedente más reciente de trabajos desarrollados en este tramo de vía, se remonta a Junio del año 2012 en que se iniciaron trabajos en; obras preliminares, movimiento de tierras, Sub-base granular y obras de arte, quedando partidas por culminar.

Hoy en día el crecimiento vehicular viene aumentando notablemente debido a la importancia de su uso y se hace necesario la realización de un estudio definitivo que permita la construcción de una carretera asfaltada que brinde un adecuado flujo vehicular y transporte de poblaciones que en su mayoría pertenecen a la provincia de Puno.

El presente tramo carretero, se encuentra como uno de los proyectos prioritarios para el Gobierno Regional de Puno, por lo que es su interés así como de los Gobiernos Locales del área de influencia, actualización del estudio de factibilidad y del estudio definitivo a fin de obtener viabilidad del proyecto y su ejecución.

Se debe tener en cuenta, que el proyecto se enmarca dentro de la política sectorial de Infraestructura vial del Gobierno Regional, relacionada en el programa de rehabilitación y mejoramiento de la red vial de carreteras.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación permitirá obtener nueva información acerca de las características físicas y mecánicas del Suelo de fundación, donde se emplazará la carretera en evaluación; mediante la ejecución de estudios y pruebas de laboratorio para poder determinar la capacidad portante necesaria, para que el proyecto sea garantizado y que permanezca en el tiempo necesario, y que no presente fallas estructurales durante su vida útil.

El presente estudio brindará información esencial para casos posteriores en los cuales, se presenta las características de los geomateriales, 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 e in- situ, además de la descripción de los perfiles estratigráficos, para luego utilizar estos resultados en diseño final del pavimento, para distribuir correctamente al terreno de fundación las cargas al que estará sometido, así evitar que existan asentamientos y fallas posteriores en la estabilidad de la carretera.

Además 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 geológico- geotécnico del área donde se emplazará la obra, para luego proponer un diseño adecuado del pavimento.

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

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis general

Es posible desarrollar la evaluación de las características geológicas-geotécnicas del terreno de fundación y otros, para la construcción de la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas, tramo I Ccota-Charcas.

1.4.2 Hipótesis específico

- Es posible identificar las condiciones geológicas del área de estudio donde se emplazará la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas.
- Es probable determinar el comportamiento geotécnico que tiene el terreno para el diseño del terraplén y pavimento, de la carretera circuito turístico Lago Sagrado de los Incas.
- Al determinar las propiedades físico-mecánicas que tienen los materiales de cantera, será posible realizar de manera óptima la construcción de la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas.

1.5 OBJETIVO

1.5.1 Objetivo general

- Evaluar las características geológicas- geotécnicas del terreno para la carretera y canteras del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas.

1.5.2 Objetivo específico

- Identificar las condiciones Geológicas del área de estudio donde se emplazará la carretera circuito turístico Lago Sagrado de los Incas.
- Determinar el comportamiento Geotécnico que tiene el terreno para el diseño del terraplén y pavimento de la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas.
- Evaluar las propiedades físico- mecánicas que tiene los materiales de cantera para la construcción de la carretera del circuito Lago Sagrado de los Incas.

1.6 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El proceso de investigación se realizará en dos etapas, y en el siguiente orden:

- Se sistematizará la información sobre la construcción de la carretera que comprende como obra de ingeniería, tales como el diseño de pavimento de acuerdo a las condiciones Geológicas y Geotécnicas del terreno.
- Se analizará el comportamiento de los Suelos para la determinación de las condiciones Geotécnicas, determinación de los posibles mecanismos de falla en el pavimento como consecuencia de un mal estudio Geotécnico.

1.6.1 Etapa de gabinete I

Etapa de recopilación, de selección y evaluación de información bibliográfica; revisión de topografía existente y relacionada con el estudio geológico-geotécnico como son:

- Información geológica –geotécnica, para el estudio del proyecto.
- Planos existentes de la zona de investigación, regional y local.
- Preparación de equipos de laboratorio, y de campo de mecánica de Suelos.

1.6.2 Etapa de campo I

- La etapa de inspección 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 del afloramiento de las unidades litológicas en el emplazamiento de la carretera.

1.6.3 Etapa de campo II

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

Se realizaron los siguientes trabajos:

- Levantamiento topográfico de la zona en estudio.
- Recorrido de campo a lo largo del eje de carretera, para la ubicación de calicatas para la ejecución, descripción y muestreo de Suelos.
- Excavación de calicatas en los márgenes del eje de carretera.
- Muestreo y/o toma de muestras en las calicatas preparadas y envío de muestras al laboratorio para los ensayos respectivos.

1.6.4 Análisis de laboratorio de mecánica de suelos

Se realizaron los ensayos y análisis, en el laboratorio de mecánica de Suelos del Gobierno Regional de Puno, la granulometría, límites de consistencia, proctor modificado, CBR (relación de soporte de california),

Abrasión los ángeles, caras fracturadas, particular chatas y alargadas, peso específico, humedad de campo. Otros ensayos especiales se realizaron en laboratorio particular, todo en cumplimiento a las normas técnicas existentes.

1.6.5 Etapa de gabinete II

Con la información existente de campo y resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de Suelos, en cooperación con los registros y trabajos desarrollados, durante el proceso de investigación, se realizará el análisis de resultados y parámetros de cálculos de diseño, para la ejecución de la carretera circuito turístico Lago Sagrado de los Incas, tramo I Ccota- Charcas.

Finalmente, el presente estudio y/o trabajo de investigación, es para la obtención de tesis de Ingeniero.

1.7 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

En el presente estudio de investigación en el emplazamiento de la carretera circuito turístico Lago Sagrado de los Incas, tramo I Ccota-charcas, se ha utilizado los siguientes equipos e instrumentos:

- Brújula brunton.
- Flexómetro.
- Martillo de geólogo.
- Sistema de posicionamiento global (GPS).
- Estación total, con sus accesorios, para levantamiento topográfico.
- Equipos de laboratorio de mecánica de Suelos tales como: tamices, balanza electrónica, casa grande, horno, equipos de proctor y CBR, equipo los ángeles, accesorios, formatos y registros, entre otros.
- Equipo de Viga Benkelman y sus accesorios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 PAVIMENTO

Un pavimento es un elemento estructural mono capa o multicapa, apoyado en toda su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo pre determinado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su vida de servicio. Estando formado por una o varias capas de espesores y calidades diferentes que se colocan sobre el terreno preparado para soportarlo, tiene por su función más importante el proporcionar una superficie resistente al desgaste y suave al deslizamiento; y un cuerpo estable y permanente bajo la acción de las cargas. (Vivar Romero German, 1995).

Es una estructura cuya función fundamental, es distribuir suficientemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el Suelo sub yacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que deben reunir un pavimento son una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger el Suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO

Un pavimento para cumplir sus funciones debe reunir los siguientes requisitos o características:

- Ofrecer resistencia a la acción de cargas impuestas por el tránsito.

- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial aceptable a las velocidades previstas del tránsito.
- Presentar una resistencia al desgaste abrasivo de las llantas o neumáticos.
- Debe presentar regularidad superficial, tanto transversal como longitudinalmente tal que permita la comodidad a los usuarios.
- Presentar comportamiento aceptable respecto al drenaje y sub-drenaje.
- Debe poseer el color adecuado (señalizaciones) para evitar reflejos y deslumbramientos, a fin de salvaguardar al usuario.
- El ruido generado por la fricción entre llantas contra el pavimento debe ser, tal que no perturbe el sentido auditivo del usuario. (MTC. “*manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras Lima Perú*”).

2.3 TIPO DE PAVIMENTO

2.3.1 Pavimento flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la Base y la Sub-Base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas, dependiendo de las necesidades particulares de la obra (Chang A. C. 2001).

2.3.1.1 Carpeta de rodado

La carpeta debe proporcionar al pavimento flexible, una superficie de rodamientos estable, capaz de resistir la ampliación directa de las cargas, la fricción de las llantas, los esfuerzos de drenaje, las producidas por las fuerzas centrífugas, los impactos; debe tener la textura necesaria para permitir un rodamiento seguro y cómodo.

2.3.1.2 Base

La Base, la función fundamental de la Base es, estructural y consiste en proporcionar un elemento resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas.

La Base tiene también una importante función drenante, según la que debe ser capaz de eliminar fácil y rápidamente el agua que llegue a infiltrarse a través de la carpeta, así como de impedir la ascensión capilar del agua que provenga de niveles inferiores.

El material pétreo que se emplea en la Base, debe reunir los siguientes requisitos:

- a. Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.
- b. No presentar cambios de volumen que sean perjudiciales.
- c. El porcentaje de desgaste, según el ensayo de "Abrasión" debe ser inferior a 50%.
- d. La fracción del material que pase el tamiz N° 40, debe tener un Límite Líquido menores al 25%, y un Índice de plasticidad inferior al 6%.
- e. La fracción que pasa el tamiz N° 200, no podrá exceder de $\frac{1}{2}$ y en ningún caso los $\frac{2}{3}$ de la fracción que pasa el tamiz N° 40.
- f. La gradación del material de Base, es menester que se halle dentro de los límites establecidos en las normas o en el pliego de especificaciones técnicas.
- g. El C. B. R. de diseño debe ser superior al 50%. (CESPEDES A. J. "los pavimentos en las vías terrestres; calles, carreteras y aeropistas")

2.3.1.3 Sub - base

La principal función de la Sub-Base consiste en servir de transición entre el material de la Base, generalmente granular grueso y el de la Sub-rasante, que tiende a ser mucho más fino. La Sub-Base actúa como filtro de la Base e impide su incrustación en la Sub rasante.

La Sub-Base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la Sub-rasante; por ejemplo, cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, que podían llegar a reflejarse en la superficie del pavimento.

El material de la Sub-Base debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado.

Este material puede ser Arena, Grava, Escorias o residuos de material seleccionado de cantera.

Si la función principal de la Sub-Base es de servir de capa de drenaje, el material a emplearse debe ser granular, y la cantidad de material fino (limos y arcillas) que pase el tamiz N° 200 no será mayor del 8%. (CESPEDES A. J. *“Los pavimentos en las vías terrestres; calles, carreteras y autopistas”*).

2.3.1.4 Sub - rasante

Se define así al terreno de fundación de los pavimentos, pudiendo estar constituida por el suelo natural estabilizado, o por material de préstamo, debidamente compactado para alcanzar mayor al 95 % de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo de laboratorio proctor modificado (ver figura N° 01); a su vez tiene las siguientes características:

- a. Si el terreno de fundación es pésimo, debe desecharse el material que lo compone siempre que sea posible, y sustituirse este por un Suelo de mejor calidad. (préstamo).
- b. Si el terreno de fundación es regular, habrá que colocar una Sub-Base de material seleccionado antes de colocar la Base.
- c. Si el terreno de fundación es regular o bueno, podría prescindirse de la Sub-Base en “pavimentos rígidos”. (CESPEDES A. J. *“Los pavimentos en las vías terrestres; calles, carreteras y autopistas”*).

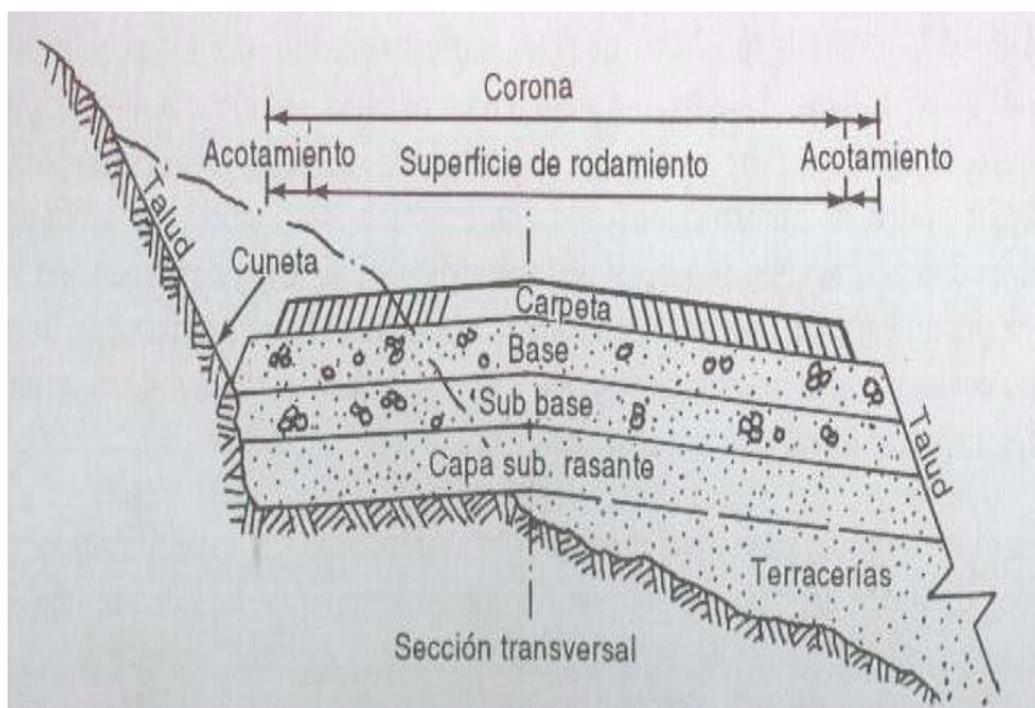


FIGURA N° 01: COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

FUENTE: CESPEDES A. J. "Los pavimentos en las vías terrestres; calles, carreteras y aeropistas".

- **PERALTE:** es la inclinación transversal de la superficie de rodadura en las curvas horizontales, la misma se da hacia el lado interior de la curva.

2.4 ESTUDIO DE SUELO

Las sub estructuras de pavimentos transmiten esfuerzos al terreno natural bajo ellas, esos esfuerzos a su vez, producen deformaciones que se reflejan en el comportamiento estructural del pavimento; de ahí la necesidad de estudiar el terreno de apoyo o cimentación, de éstas, además finalmente, la interacción del terreno de cimentación y la subestructura de las carreteras afectan, de tal manera al comportamiento conjunto; que es de extrema importancia el estudio de los métodos a disposición del Ingeniero para modificar condiciones del terreno de cimentación, cuando sean favorables, convirtiéndolas en más propicias, tales métodos también requiere atención (Córdova J. Y. 1999).

2.5 ENSAYOS DE LABORATORIO

La disciplina de la mecánica de Suelos estudia las propiedades y comportamiento mecánico del Suelo, con fines de diseñar y construir con criterios de ingeniería obras permanentes (civiles), empleando el Suelo como material estructural. (Ver tabla N° 01).

Es en realidad, en el laboratorio de mecánica de Suelos, se logra tener los datos definitivos de las características del Suelo, para el respectivo análisis y conclusión final (Browles J. E. 1982); en esta etapa, primeramente al realizar las pruebas de clasificación de Suelos (métodos SUCS y AASHTO).

TABLA N° 01 : ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES EMPLEADOS EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

REQUERIMIENTO DE ENSAYO	AFIRMADO	SUB BASE GRANULAR		BASE GRANULAR			
		<3000 msnm	>3000 msnm	<3000 msnm		>3000 msnm	
				AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
limite liquido (%) ASTM D-4318	35% max	25% max	25% max				
Indice plastico (%) ASTM D- 4318	4 a 9	6% max	6% max		4% max		2% max
ABRASION (%)	50% max	50% max	50% max	40% max		40% min	
equivalente arena (%)	20% min	25% min	35% min		35% min		45% min
CBR al 100%	40% min	40% min	40% min				
perdida con SO ₄ Naz(%)						12% max	
perdida con MgSO ₄ (%)						18% max	
Indice 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	
particulas 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-2010 MTC. VC, oficina de control de calidad.

2.5.1 Contenido de humedad

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.

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

Dónde:

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

2.5.2 Análisis granulométrico por tamizado

Esta es una prueba definitiva para juzgar de la calidad de un material, de acuerdo con el fin a qué se destina y se verifica mediante la determinación de los tamaños de las partículas que forman el Suelo, por el procedimiento de cribado o por el de sedimentación (Juárez B. E. 1996).

Este proceso consiste en separar las partículas de un Suelo, tamizándolo a través de una sucesión de mallas de abertura cuadrada y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, a fin de relacionar dichos retenidos, como porcentaje de la muestra total, para obtener la composición granulométrica; con este procedimiento se clasifican las partículas de un Suelo hasta un tamaño mínimo de 0.074 mm., correspondiente a la malla N° 200.

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

(Ver tablas N° 02, N° 03, N° 04).

TABLA Nº 02: HUSO GRANULOMÉTRICO PARA SUB-RASANTE

tamiz	Porcentaje que pasa (%)		
	A	B	C
3"	100		
1 1/2"		100	
1"			100
Nº 4	30-70	30-70	40-80
Nº 200	0-15	0-15	5-20

Fuente: especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras EG-2010 MTC.
VC, oficina de control de calidad.

TABLA Nº 03: HUSO GRANULOMÉTRICO PARA AFIRMADO

MUESTRA		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
Nº 4	4,75 mm	30-65	50-85
Nº 10	2 mm	22-52	33-67
Nº 40	0,425 mm	15-35	20-45
Nº 200	0,075 mm	5-20	5-20

Fuente: Especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras EG-2010 MTC.
VC, oficina de control de calidad.

TABLA N° 04: HUSO GRANULOMÉTRICO PARA SUB-BASE Y BASE

GRANULAR

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
Pulg.	mm	A(1)	B	C	D
2"	50.000	100	100		
1"	25.000		75-95	100	100
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-2010 MTC.
VC, oficina de control de calidad.

- (1) La gradación "A" deberá emplearse en Zonas con altitud mayor o igual a 3000 msnm.

2.5.3 Límites de consistencia

Las pruebas de Atterberg tienen por objeto determinar la plasticidad de la porción de material que pasa tamiz N° 40 y que forma parte de un Suelo. La plasticidad es una propiedad de las arcillas que les permite cambiar su forma.

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 (Lambe W. T. y Whitman R. V. 1989).

El límite líquido y límite plástico nos da una idea de que tan compresible puede ser el Suelo.

➤ **LIMITE LÍQUIDO (LL)**

Lo fija 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.

➤ **LIMITE PLÁSTICO (LP)**

El límite plástico representa, el contenido de agua en el que comienza a 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)**

Esta propiedad, es la diferencia aritmética entre el límite líquido y límite plástico del Suelo, se calcula con la siguiente expresión:

$$IP = LL - LP \quad (\%)$$

2.5.4 Clasificación de suelos

2.5.4.1 Clasificación de gravas y arenas

En 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). Gravos 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). (Ver figuras N° 02 y N° 03).

2.5.4.2 Clasificación de limos y arcillas

De acuerdo con el sistema unificado de clasificación de Suelos (SUCS), los limos y arcillas están clasificados en función de los valores del

índice de plasticidad y límite líquido en una carta de plasticidad, la línea **A** de la carta separa las arcillas (C) de los limos (M) el límite líquido 50% separa los Suelos de alta plasticidad (H) de los de baja plasticidad (L) otras posibles clasificaciones de limos y arcillas están dadas por ML, CL, MH, y CH. Si los límites de consistencia de un punto de carta cercano al origen pueden recibir una clasificación dual CL-ML (ver figuras N° 02 y N° 03).

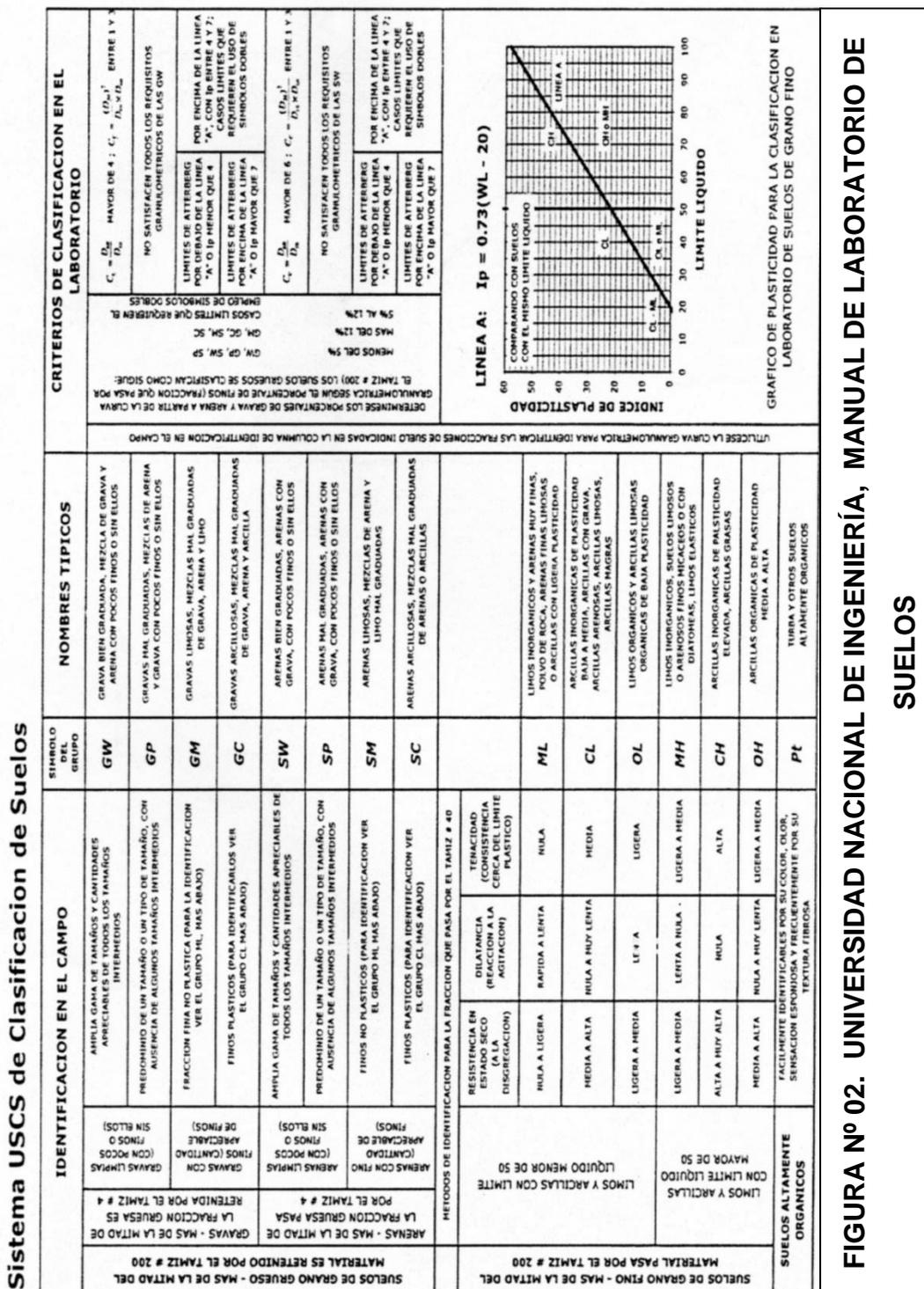


FIGURA N° 02. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS

SISTEMA DE CLASIFICACION 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				
W _L				≤ 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 y Arenas Limosas y Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
** A-7-5 : IP \leq (W _L - 30)						A-7-6 : IP $>$ (W _L - 30)					
$IG = (B/0.08 - 35) (0.2 + 0.005 (W_L - 40)) + (B/0.08 - 15) (IP - 10) * 0.01$											
* Para A-2-6 y A-2-7: $IG = (B/0.08 - 15) (IP - 10) * 0.01$											

FIGURA Nº 01: CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO

Fuente: "Universidad Nacional de Ingeniería, manual de laboratorio de Suelos.

2.5.5 Proctor modificado

Es un ensayo de compactación de Suelo que tiene como finalidad obtener la humedad óptima de compactación de un Suelo para una determinada energía de compactación. La humedad óptima es aquella humedad (% de agua) para la cual la densidad del Suelo es máxima, es decir que la cantidad de agua hemos de añadir a un Suelo para poderlo compactar, la máxima con una energía concreta (UNI 1975). Para encontrar este parámetro lo que hacemos es realizar cuatro (4) ensayos de un mismo Suelo, pero con diferentes humedades obtendremos cuatro (4) densidades y humedades diferentes, por lo tanto podemos usarlos para obtener la humedad óptima y máxima densidad seca mediante interpolación. (Ver anexos 3 y 4).

2.5.5.1 Expresión de resultados

Curva de compactación

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

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

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

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

Donde:

- **W** = humedad (%)
 - **Wh** = peso del agua (gr)
 - **Ws** = peso de los sólidos (seco) (gr)
 - **γ_s** = máxima densidad seca (gr/cc)
- c. Con los datos obtenidos de γ_s y w se construye una gráfica de curva de compactación según programa. (ver anexos 3 y 4).

2.5.6 Valor relativo de soporte “CBR”

El CBR de un Suelo es la carga unitaria correspondiente 0.1 o 0.2 (pulgada) de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia al corte de un Suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada, el ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un Suelo dado, sino que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el Suelo durante el ensayo (Crespo V. C. 1990).

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

El comportamiento de los Suelos varía de acuerdo a su grado de alteración (inalterado o alterado) y a su granulometría y características físicas (granulares, finos, y plásticos). (Ver tabla N° 05).

TABLA N° 05: 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.

2.5.6.1 Determinación de la expansión

Los especímenes son saturados por 96 horas, con una sobre carga igual peso del pavimento que se utilizará en el campo, pero en ningún caso será menor que 4.50 kg (Crespo V. C. 1990).

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

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

Las especificaciones establecen que los materiales de préstamo para:

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

2.5.6.2 Calculo del CBR

Las lecturas, tanto de las penetraciones como de las cargas se representan gráficamente en un sistema de coordenadas según programa. (Ver anexo 3).

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

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

La resistencia a la penetración que presenta a la hincada del pistón es la siguiente: (ver tabla N° 06).

TABLA N° 06: VALORES DE CARGA UNITARIA PATRÓN

Medidas		Penetración	Carga Unitaria Patrón	
mm.	Pulg.	MPa.	PSI.	Kg. /cm2.
2.5	0.10	6.9	1000	70
5.0	0.20	0.3	1500	105
7.5	0.30	13.0	1900	133
10.0	0.40	16.0	2300	161
12.7	0.50	18.0	2600	182

Fuente: ASTM D-4429, D-1883.

2.5.7 Abrasión los ángulos

Los agregados deben ser capaces de resistir el desgaste irreversible y degradación durante la producción, colocación y compactación de las obras de pavimentación, y sobre todo durante la vida del 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 de la Sub rasante (MTC 2000).

La cantidad de material a ensayar y el número de esferas a incluir, dependen de la granulometría del agregado grueso. En las tablas N° 07 y N° 08 se muestra el método a emplear, 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 de material suministrado para la obra y/o de cantera.

TABLA N° 07: ESPECIFICACIONES PARA EL ENSAYO DE ABRASIÓN DE AGREGADOS

Mallas		Cantidad de material a emplear (gr)			
		métodos			
Pasante	Retenido	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"	1252+-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
Numero de esferas		12	11	8	6
Numero de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo (min)		15	15	15	15

Fuente: ASTM C-131.

**TABLA Nº 08: ESPECIFICACIONES PARA EL ENSAYO DE ABRASIÓN
PARA ROCAS**

Mallas		Cantidad de material a emplear (gr)		
		métodos		
Pasante	Retenido	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
Numero de esferas		12	12	12
Numero de revoluciones		1000	1000	1000
Tiempo (min)		30	30	30

Fuente: ASTM C-535.

CALCULO:

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:

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

2.5.8 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 ¾", ¾" a ½", ½" a 3/8" etc. entre los agregados son detenidos al ser tamizados.

CÁLCULOS:

a) Partículas planas:

$$P_{ii}(\%) = \left(\frac{P_i}{W_i} \right) \times 100$$

- **P_{ii}** = partículas planas de la fracción i, ensayadas. (%).
- **P_i** = peso de las partículas que pasan por la ranura. (Gr).
- **W_i** = peso inicial de esta fracción. (Gr).

b) Partículas alargadas.

$$AL(\%) = \left(\frac{R_i}{W_i} \right) \times 100$$

- **AL** = partículas alargadas de la fracción, ensayadas. (%).
- **R_i** = peso de las partículas retenidas en barras. (Gr).
- **W_i** = peso inicial de esta fracción. (Gr).

2.5.9 Caras fracturadas en los agregados

Algunas especificaciones técnicas contienen requisitos relacionados al porcentaje de agregado grueso, 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 para carpeta o afirmado; dar fricción y textura a agregados empleados en pavimentación (MTC 2000).

Cara fracturada es una cara angular, lisa o superficie fracturada de una partícula de agregado formada por trituración, otros medios artificiales o por la naturaleza, a la vez una partícula de agregado es facturada si tiene el número mínimo de caras fracturadas especificadas. (Usualmente uno o dos, ver tabla N° 09).

TABLA N° 09: 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.

CALCULO:

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

- **P** = porcentaje de caras fracturadas. (%).
- **F** = peso de caras fracturadas. (gr).
- **Q** = peso de partículas cuestionables. (gr).
- **N** = peso de partículas no fracturadas. (gr).

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

Debido a que una buena cimentación de un camino necesita la menor cantidad de finos posible, sobre todo de arcillas, que son los materiales que en contacto con el agua causa un gran daño al pavimento, pues es necesario saber la cantidad de finos que contienen los materiales que serán utilizados en la estructura del pavimento es la adecuada, por tal motivo es necesario el

plantear una manera fácil y rápida que nos arroje dichos resultados; sobre todo cuando se detectan los bancos de materiales (MTC 2000).

El objetivo del ensayo, es obtener el porcentaje de materiales finos indeseable, principalmente las arcillas que son los materiales que en contacto con el agua le provocan daños a la estructura del pavimento. Este método de ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y características del material fino presente en una muestra de ensayo formado por suelo granular que pasa el tamiz N°4 (4.75mm), se calcula con la siguiente expresión:

CALCULO:

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

➤ **SE** = equivalente de arena expresado en porcentaje. (%)

2.5.11 Ensayo de durabilidad

Es 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 en agregado fino. El ensayo se realiza exponiendo una muestra de agregado a los ciclos alternativos de baño de inmersión en una solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio y secado en horno. (Ver tablas N° 10 y N° 11).

TABLA Nº 10: AGREGADOS GRUERSOS

Numero de orden	Mallas		%	Peso retenido
	Pasante	Retenida		(gr)
I	2 1/2"	1 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"	Nº 4		300+-5
Tamices mayores obtenidas en incrementos de 1"				7000+-1000

Fuente: ASTM C-88.

TABLA Nº 11: AGREGADO FINO

Mallas		peso requerido
Pasante	Retenido	(gr)
3/8"	Nº 4	150
Nº 4	Nº 8	150
Nº 8	Nº 16	150
Nº 16	Nº 30	150
Nº 30	Nº 50	150

Fuente: ASTM C-88.

2.6 CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO (Método cono de arena)

La densidad es una medida del estado de empaquetamiento de las partículas del Suelo, y para esto la máxima densidad seca es una de las medidas más apropiadas (MTC 2000).

El objetivo es determinar el grado de acomodo de las partículas de un Suelo en su estado natural o bien, de las de un material pétreo que forma parte de una estructura, ya sea que está se encuentre en construcción o concluida; fundamentalmente consiste en relacionar el peso volumétrico seco in-situ, con el respectivo peso volumétrico seco máximo de laboratorio, expresándose el resultado en porcentaje (Ver Figura N° 04, art. 2.6.1, y Anexo 5).

2.6.1 Cálculos

- a) Se obtiene la diferencia de arena.

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

- b) Se obtiene el volumen del sondeo.

$$V = \frac{\text{diferencia } D}{\text{peso Esp. arena}} \text{ (CC)}$$

- c) Se obtiene el peso volumétrico húmedo in-situ.

$$PVH = \frac{\text{peso húmedo de la muestra extraída}}{\text{volumen del sondeo "V"}} \text{ (gr/cc)}$$

- d) Se obtiene el peso volumétrico seco in-situ.

$$PVS = \frac{PVH}{1 + \frac{W}{100}} \text{ (gr/cc)}$$

$$W = \text{humedad de la muestra extraída. (\%)}$$

- e) Se obtiene el grado de compactación en porcentaje.

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

$$\gamma_{\max} = \text{máxima densidad seca de laboratorio. (gr/cc)}$$



FIGURA N° 04: DENSIDAD DE CAMPO IN-SITU

2.7 EXPLORACIÓN DE CANTERAS

Se define con este término al conjunto de actividades tendientes a determinar si una cantera reúne los requisitos mínimos para su explotación. Como es evidente, existen diferentes niveles de investigación, dependiendo del grado de información que se esté tratando de conseguir (Vivar Romero G. 1995).

2.7.1 Etapa de reconocimiento del terreno

Etapa en la que después de haberse considerado una cierta posibilidad, obtenida por referencias de una cantera que ha sido explotado en otra época, o por el estudio de cartas, mapas, fotografías aéreas o de satélites, se requiere caminar sobre el terreno para estudiar sus accesos, definir sus linderos, cubicar sus probables volúmenes explotables y elaborar un programa de exploración para las siguientes etapas del estudio. Así mismo, deberán quedar claramente definidos los siguientes aspectos:

- De los caminos de acceso y medios de transporte.
- De la geología y geomorfología.
- De la topografía.

- De la situación legal.
- De los volúmenes explotables.

2.7.2 Etapa de estudios preliminares

Etapa en la que por medio de procedimientos simples y expeditos puede obtenerse información sobre el espesor y composición del Sub-Suelo y demás datos, que permitan definir si la cantera es prometedora para la explotación con un fin específico, y por consiguiente es conveniente o no continuar la investigación sobre ella. Tales procedimientos van desde la excavación de calicatas y sondeos hasta la ejecución de pruebas in-situ, y de laboratorio. (Ver tabla N° 12).

TABLA N° 12: RESUMEN DE ENSAYOS REQUERIDOS PARA SUB-RASANTE

Ensayo	Norma		Descripción
	ASTM	AASHTO	
Granulometría	D-422 D-1140	T-88	Clasificación del material por el tamaño de sus partículas
Límites de atterberg	D-4318	T-89	Determinación de la consistencia para su clasificación
Proctor modificado	D-1557	T-180	Densidad en función del contenido de humedad
CBR	D-1883	T-193	Resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada

Fuente: Elaboración propia.

2.7.3 Etapa de estudios definitivos

Es la etapa más importante pues 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. (Ver Anexo 1 cuadro N°01).

2.8 EXPLOTACIÓN DE CANTERAS

Es el conjunto de actividades mediante las cuales se extraen materiales de una cantera para ser empleadas en una obra determinada. Las actividades necesarias durante la explotación de una cantera son:

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

El equipo usado en la explotación de canteras incluye alguno de los siguientes:

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

2.9 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Inicialmente es fundamental entender en qué consiste un pavimento, para luego comprender en qué etapas constructivas puede dividirse este; quizá una forma sencilla de conceptualizar la conformación de un pavimento flexible es mediante el siguiente esquema, donde un pavimento típicamente está conformado usualmente por cuatro capas para resistir las cargas provenientes

del peso de los vehículos; la Sub rasante o capa más interna que es la base del pavimento, encima de esta capa de espesor infinito se coloca una capa de material granular llamada Sub-Base; superpuesta a esta capa se dispone la Base granular, que por lo general es de mejor calidad, y finalmente se coloca la superficie de ruedo, que es la capa de pavimento superficial.

Las etapas constructivas del pavimento van acorde a la de 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).

2.9.1 Etapa preliminar

En todos los proyectos de ingeniería se requiere conocer previamente ciertas características del proyecto para obtener el diseño preliminar, en el caso de carreteras caminos de lastre, parqueos o cualquier otro tipo de área en las que se debe construir algún tipo de pavimento, será necesario inicialmente conocer las propiedades de los materiales que se utilizan 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 lleva a cabo la construcción de pavimento, de manera que pueda resistir los esfuerzos y deformaciones para un tránsito previsto, que de otro modo deberían analizarse opciones de mejoramiento o estabilización que lo hagan resistente.

2.9.2 Etapa en proceso de construcción

Dentro de la 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 pretende 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.

Para determinar dicha resistencia o características físico mecánica de la Base granular y Sub-Base granular se deberá realizar los siguientes ensayos que se indican en la tabla N° 13.

TABLA N° 13: RESUMEN DE ENSAYOS REQUERIDOS PARA BASES Y SUB-BASES GRANULARES

Ensayo	Norma		Descripción
	ASTM	AASHTO	
Granulometría	C-136 C-117	T-27 T-11	Clasificación del material por el tamaño de sus partículas
Abrasión los ángeles	C-131	T-96	determinación de resistencia y durabilidad de los agregados
Durabilidad		T-104	
límite líquido	D-4318	T-89	
índice de plasticidad	D-4318	T-89	
Caras facturadas	D-5821		
Proctor modificado	D-1557	T-180	Densidad en función del contenido de humedad
CBR	D-1883	T-193	Resistencia al corte de un Suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada.
límites de atterberg	D-4318	T-89	Determinación de su consistencia para su clasificación
CBR in-situ	D-4429	T-310	≥95% a la densidad máxima de laboratorio

Fuente: Elaboración propia.

2.9.3 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, permitiendo de esta manera identificar los puntos críticos que requiera de un mayor análisis y su corrección.

2.10 ANÁLISIS DEFORMACIONAL

La estructura típica de pavimento en nuestro medio está formado por diferentes capas de materiales seleccionados colocado sobre la Sub-rasante compactada, el objetivo es distribuir las cargas provenientes del tránsito, de manera que las presiones verticales a nivel de fundación sean menores a las admisibles por la estructura 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 A. C. 2001 y Mario S. H. 1995).

- Instituto del Asfalto $D_{adm} = 25.64 N^{-0.2383}$
- Criterio de Conrevial $D_{adm} = (1.15/N)^{0.25}$
- Criterio de California $D_{adm} = 6.237 N^{-0.165}$
- Criterio Yung H. Huang $D_{adm} = 26.32202 N^{-0.2438}$

N es el número de ejes equivalentes usado en el diseño aplicado a las ecuaciones 0.8×10^6 ejes equivalentes se tiene: 101, 109, $66 \left(\frac{1}{100}\text{mm}\right)$ de deformación admisible, respectivamente.

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. Los esfuerzos así generados producen fisuras que luego se reflejarán en la superficie de rodado (Ver Figura N° 05).



FIGURA N° 05: TÉCNICA DE COLOCADO DE VIGA BENKELMAN

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 GENERALIDADES

El presente trabajo de investigación de geología y geotecnia corresponde a obras complementarias al mejoramiento de la infraestructura vial del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas - Distrito de Capachica, Chucuito, Platería, Acora, Ccota-Charcas, sub-tramo Km 0+000 al Km 10+000, vía de acceso que sirve a la población establecida en los poblados de los Distritos indicados, en tal sentido, el proyecto se enmarca dentro de la política sectorial de infraestructura vial del Gobierno Regional de Puno, relacionada con el programa de rehabilitación y mejoramiento de la red vial de carreteras.

La implementación del proyecto permitirá brindar un mejor nivel de servicio a una gran zona con potencial económico, generado por los recursos hídricos, ganadería, flora, fauna, turístico y pesqueros.

3.2 UBICACIÓN Y ACCESO AL ÁREA DE PROYECTO

El área de estudio se encuentra ubicado políticamente en:

- Región : Puno
- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distritos : Chucuito, Platería.

Para llegar a la zona del proyecto se realiza a través de diferentes carreteras, tal como se muestra en el cuadro N° 01, y N° 02.

(Ver plano de ubicación U-01, en anexo 8).

CUADRO N° 01: ACCESO AL ÁREA DEL PROYECTO

Tramo	Distancia	Tiempo	Tipo de vía	Vía principal
	(Km)	(min)		
Puno-Platería	25	30	asfaltado	Puno-desaguadero
Platería-Ccota	3	5	asfaltado	Platería-Charcas

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 02: UBICACIÓN DE LA CARRETERA LAGO SAGRADO

Coordenadas UTM		
Norte	Este	Cota (msnm)
8240000	412000	3825
8246000	412000	

Fuente: Elaboración propia.

3.3 HIDROLOGIA

La hidrología regional está influenciada por presencia del Lago Titicaca, que alberga una superficie de 5862 km² (SENAMHI), esta área, de espejo de agua produce un efecto termorregulador de áreas adyacentes circundantes, entre 3809 m.s.n.m. (cota del lago), hasta 4.000 m.s.n.m. de altitud, el calor absorbido de día es irradiado durante la noche. (Ver cuadro N° 03).

3.3.1 Clima

La zona de estudio, tiene características de un clima típico de nuestro altiplano, con persistentes lluvias en el verano (Enero - Marzo) o a veces con una prolongada sequía.

Asimismo se nota la presencia de fuertes vientos en los meses de agosto a septiembre.

CUADRO N° 03: PRECIPITACION Y TEMPERATURA MEDIA ANUAL

REGISTRO DE PRECIPITACION Y DE													
ESTACIO :	Rincón de la Cruz-000821, Tipo Convencional Meteorológica												
LATITUD :	15°59'27.1"												
LONGITU :	69°48'40"												
ALTITUD :	3889msnm.												
REGION :	Puno											Fecha :	Enero del 2015
PROVINCIA :	Puno												
DISTRITO :	Acora												
PRECIPITACION (mm)													
AÑO	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL	AGO	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
2006	79,8	37,8	231,0	7,2	5,6	0,0	30,0	9,0	82,6	63,2	43,3	43,6	633,1
2007	178	196,0	118,4	51,6	9,6	0,0	0,0	32,2	22,6	30,8	48,0	102	789,6
2008	195	88,8	113,4	103,1	4,6	3,0	0,4	3,0	49,4	94,2	81,6	28,6	765,5
2009	41,2	75,2	46,1	64,4	3,4	5,8	2,8	2,6	43,6	18,6	22,0	83,8	409,5
2010	354	356,8	58,3	44,2	5,9	1,3	0,0	2,9	21,4	10,3	16,8	49,3	920,8
PROMEDIO	170	150,9	113,4	54,1	5,82	2,02	6,64	9,94	43,9	43,42	42,34	61,5	703,7
TEMPERATURA													
2006	9,7	9,2	8,5	7,9	6,5	5,9	6,0	6,3	7,5	9,0	9,5	8,9	7,9
2007	9,2	8,3	8,2	7,2	6,4	4,6	5,8	5,8	6,3	8,2	10,3	10,7	7,6
2008	8,9	10,3	9,3	7,6	6,3	5,5	5,0	6,2	7,0	8,5	9,8	9,7	7,8
2009	10,4	10,2	10,4	10,1	8,4	7,2	6,3	7,4	8,9	9,0	10,1	9,8	9,0
2010	8,5	8,1	10,7	9,9	9,5	4,7	4,2	5,6	6,7	8,2	9,3	10,1	8,0
	9,34	9,22	9,42	8,54	7,42	5,58	5,46	6,26	7,28	8,58	9,8	9,84	8,1

FUENTE: SENAMHI-PUNO.

3.3.2 Vientos

Los vientos dominantes, de fuerza moderada, generalmente perturbados por brisas locales, son de sectores noreste durante la época de lluvias y del sector oeste al sureste el resto del año. (SENAMHI-2012).

3.3.3 Lluvias

La precipitación que es uno de los componentes primarios del ciclo hidrológico, es considerada además como un fenómeno de tipo discontinuo.

La distribución de la precipitación es sumamente variable tanto en el espacio como en el tiempo. La estación de mayor frecuencia e intensidad de lluvias son los meses de diciembre y abril. (Ver cuadro N° 03).

3.3.4 Temperatura

Constituye uno de los elementos fundamentales que condicionan el comportamiento del clima, siendo variado debido a diversos factores, como la ubicación geográfica, altitud, nubosidad, entre otros. La temperatura mínima media mensual es de 5.46°C (Julio) y la temperatura máxima media mensual

es de 9.84 °C (SENAMHI) y debido al efecto térmico de la masa del agua del lago Titicaca. (Ver cuadro N° 03).

3.3.5 Flora y fauna

La bahía de Ccota y Quipata sirve el hábitat natural para el desarrollo de diferentes especies vegetales, como la totora otras plantas macrofitas que se desarrollan principalmente en las zonas ribereñas de la bahía y en la desembocadura de sus afluentes. Las principales especies sumergidas enraizadas en el fondo localmente denominadas como llachos y sus diferentes variedades, también existen especies flotantes libres (lentejas acuáticas), extendidas en algunos lugares de la bahía como el helecho acuático que aparenta alfombras flotantes de color verde rojizo, y la grama dulce en la parte seca.

La fauna más representativa de la bahía constituye las aves; destacan entre ellos el tikicho, la choca, patos silvestres, gaviotas andinas, parihuana o flamencos, el leccecho, y otros.

La ictio fauna nativa de la bahía está constituida generalmente por el carachi, el ispi entre otros; las especies introducidas que alcanza a un mayor valor comercial son la trucha y el pejerrey; así mismo existe una variedad de anfibios (ranas y sapos).

3.4 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS PRECIPITACIONES

La época de lluvias está centrada en Enero, comienza generalmente en Diciembre para terminarse en Marzo. La época seca centrada en Junio, se escalona de Mayo a Agosto, dos periodos de transición separan estas dos épocas, uno en Abril y el otro en Septiembre a Noviembre.

Según las cuencas, del 65 % al 75 % (SENAMHI) de las precipitación anual acumulada durante los cuatro meses de la época de lluvia, mientras que solamente del 3 % al 8 % (SENAMHI) intervienen durante la época seca. Los dos periodos intermedios corresponden a una partición de 18% a 29% (SENAMHI).

3.5 SEQUIA E INUNDACIONES

De la observación de la serie histórica de nivel del Lago Titicaca durante los años de 1920 y 2010, se puede deducir que los periodos más secos fueron los años 1943, 1944, y, que frecuencia de aparición de periodos secos con mayor a menor intensidad, es relativamente alta en relación a las inundaciones, en la segunda mitad de la década de los ochenta, varios años consecutivos de fuertes lluvias producirá un aumento de los aportes al Lago, cuyo nivel ascendiendo progresivamente, anegando decenas de hectáreas en las zonas ribereñas. Este fenómeno, que tuvo su máxima expresión en el periodo de 1986 y 1987. (Ver figura N° 06).

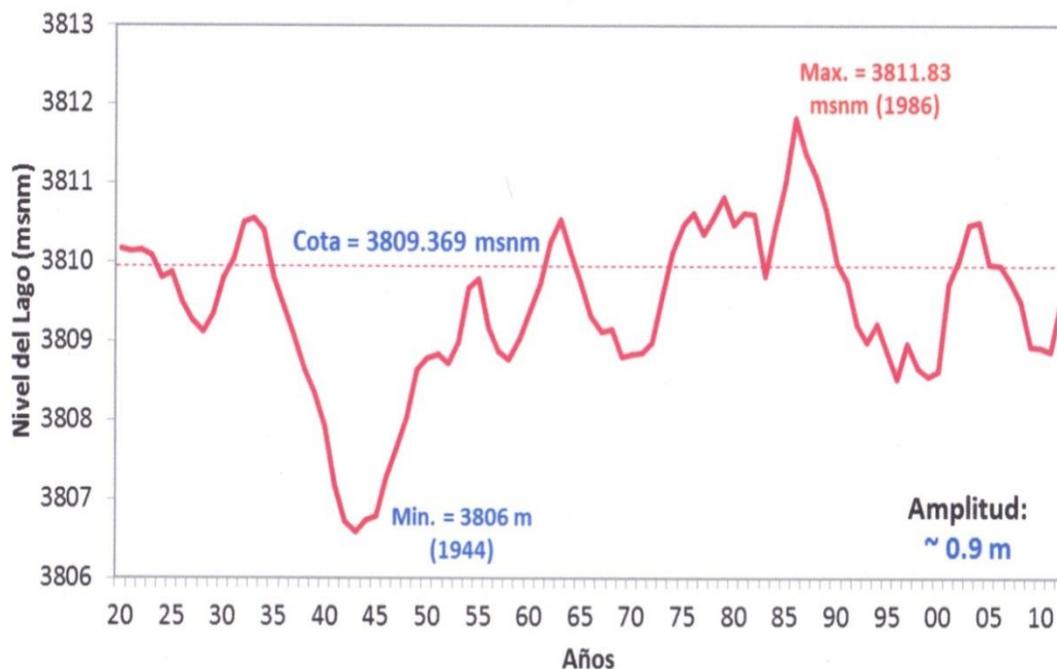


FIGURA N° 06: COMPORTAMIENTO DE NIVELES DEL LAGO TITICACA (1920 – 2010)

Fuente: SENAMHI -Puno, 2012.

3.6 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se halla ubicado entre las unidades geomorfológicas regionales que se reconocen como cordillera oriental y occidental, se ha diferenciado bajo el criterio morfológico estructural y litológico estas unidades reconocidas se presentan como:

- Montañas
- Colinas y laderas
- Superficie y planicies
- Litoral lacustre
- Lago
- Bofedales

La zona presenta el relieve de baja a moderada, accidentalmente las planicies abarcan una extensión de 1875 hectáreas aproximadamente (ver Anexo 8 GM-01), mientras las colinas y laderas abarcan a lo largo del tramo carretero, por otro lado el Lago abarca en tramo de 2500 m. longitudinales en su mayor consideración, en la zona de estudio se encuentra con pocas montañas con una elevación máxima de 3950 m (cerro Ccota), siendo el modelo principal inicialmente de los fenómenos tectónicos acompañados por factores erosivos, meteorización físico-mecánico, procesos eólicos que son las principales agentes de denudación existente.

3.6.1 Hidrografía del Lago Titicaca

La hoya hidrográfica del Titicaca, está formado por varios ríos que nacen en los nevados de la cordillera oriental y occidental. Estos ríos son torrentosos en los meses de Diciembre a Marzo dependiendo de las precipitaciones pluviales.

El relieve general de las cuencas de los ríos de la vertiente del Titicaca es variable, pudiendo establecerse dos zonas diferenciadas: una alta, en la cual la hoya hidrográfica es escarpada, fondo profundo y quebrado y de pendiente relativamente fuerte; y otra baja y gradual pero de cause ancho y profundo. El discurrir de la mayoría de los ríos principales es muy sinuoso en su parte alta y radial en la parte baja, drenando estos en diversas direcciones, pero confluyendo hacia el gran colector constituido por el Lago Titicaca. (Cuadro 04).

CUADRO Nº 04: DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA VERTIENTE DE TITICACA

VERTIENTE	CUENCAS	DISPONIBILIDAD HIDRICA (M ³ /S)
LAGO TITICACA	SUCHES	8.4
	HUANCANE	23.7
	RAMIS	88.2
	COATA	39.3
	ILLPA	7.5
	ILAVE	40.1
	MAURE	3.7
	ZAPATILLAS	3.2
	CCALLACCAME	7.8
TOTAL		221.9

Fuente: SENAMHI – PUNO.

Los ríos en la vertiente del Titicaca tiene un caudal equivalente a 221.9 m³/s, entre los que destacan son: el Ramis (88.2 m³/s) e ILave (40.1 m³/s); sólo una parte de la cuenca y del lago, y el resto a Bolivia. (SENAMHI)

3.7 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

La zona de desplazamiento del proyecto, destacan unidades geomorfficas bien definidas que conforman una topografía variada, reconociéndose sectores de suave pendiente, superficie onduladas, planicies, laderas, colinas, montañas entre otros. La zona de proyecto presenta un paisaje típico de la región altiplánica, en el área circundante al proyecto se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas.

3.7.1 Montañas

En el área de estudio, está constituido sólo por un relieve cordillerano que alcanza una cota de terreno de 4000 (cerro Ccota ver plano GM-02), en cuyo lugar aflora un intrusivo hipoabisal, cuya estructura está en contacto con

caliza Ayabacas y material cuaternario cuya formación estructural es compleja.

3.7.2 Colinas y laderas

Las colinas y laderas se encuentran muy bien ubicadas en forma conjunta del Km 0+200 al Km.2+200, del Km.4+000 al Km.6+100 y por último del km.6+500 al Km.10+000; las geoformas positivas constituidas por cadenas de cerros con apariencia de colinas y laderas alargadas mayormente constituidos por formación de calizas Ayabacas bastante meteorizadas conjuntamente con material cuaternario; estas colinas y laderas con afloramiento de rocas que tienen un drenaje combinado entre el paralelo y dentrítico. (Ver Anexo 8).

3.7.3 Lago

En la zona del proyecto, el Lago Titicaca abarca una longitud de 1.700 metros, ubicados entre las progresivas 2+200 al 3+900, según observaciones hechas en la zona de proyecto en el tramo antes indicado estructuralmente está controlado por una posible pequeña fosa tectónica. (Ver Anexo 8 PL-01).

3.7.4 Planicies y superficies onduladas

Las planicies en la zona de proyecto se encuentran ubicadas al contorno del centro poblado de Ccota conjuntamente con superficies onduladas, litológicamente están constituidas por gravas, arenas, limos y fragmentos de rocas volcánicas, arcillas y calizas, este tipo de geoformas están controlados por los procesos de degradación y erosión. (Ver Anexo 8 GM-02).

3.7.5 Litoral lacustre y bofedales

Este tipo de geoformas que se constituyen como una faja de tierra continental sometidas a los efectos y procesos de los movimientos de las aguas (olas) del Lago, en la zona del proyecto, estas se ubican con mucha frecuencia en el centro poblado de Ccota y aledaños, constituidas por gravas, arenas, cantos rodados, limos, arcillas y material orgánico; el bofedal que se encuentra en la zona de estudio, pues se ubica en el lugar denominado

Llacamaya, es un riachuelo que llegó a su senectud y que está cubierto por material orgánico y vegetación. (Ver Anexo 8 GM-02).

3.8 ESTRATIGRAFÍA

3.8.1 Mesozoico

3.8.1.1 Formación de calizas Ayabacas

Las calizas son de color gris claro con tonos plomo azulado de grano fino y compacto, sus fisuras están rellenos principalmente de calcita, poseen una superficie (textura) kárstica, toman una orientación aproximado de N 82° E/18 EW, las calizas afloran en todo el cuadrángulo del área de proyecto, tales como en el centro poblado de Ccota, Isla Quipata, Isla Chilata, centro poblado de Cochiraya y aledaños (ver plano G-02), las calizas son de origen marino, con edades que van desde el Mesozoico; Cretáceo superior. El término que fue definido por Newell en 1949 (INGEMMET) ver Figura N° 07 pág. 49.

3.8.2 Cenozoico

3.8.2.1 Intrusivos (ROCAS ÍGNEAS)

Se caracteriza litológicamente por ser una roca hipoabisal, sus afloramientos se ubican en dos zonas en el área del proyecto, la primera se ubica al Nor-Oeste del centro poblado de Ccota y la segunda se ubica en el poblado de Carana, estos intrusivos mantiene contacto con calizas (ver anexo 8. plano G-02).

Según las observaciones de campo y tomando la muestra respectiva, se describió macroscópicamente llegando a definir, la roca toma el nombre de diorita porfirítica, su componente principal es plagioclasas sódica, como fenocristales constituyen biotita, horblenda, piroxenas, a veces conserva una textura intermedia, su geoforma es un domo cónico con una pendiente fuerte. Sin embargo en algunos casos, intrusivos individuales han sido asignados a una edad Cenozoica Terciario más por omisión que por una firme evidencia de datación (INGEMMET boletín N° 32).

3.8.2.2 Depósitos aluviales y coluviales

En la zona de proyecto, los depósitos aluviales están constituidos por gravas redondeadas a sub-redondeadas, con matriz de arenas, limos y arcillas; estos depósitos están distribuidos ampliamente en la zona de Ccota, por otra parte, los depósitos coluviales se caracterizan porque sus bloques gruesos que lo constituyen son de angulosos a sub-angulosos conjuntamente con arenas y arcillas, ese tipo de formaciones en la zona de proyecto se aprecia poco, su afloramiento se ubica en el lugar determinado Carana. (Ver Anexo 8).

3.8.2.3 Formacion Azangaro

La formación Azángaro aflora en una pequeña área en el ámbito del Proyecto, en la Zona de Ccota, esta formación principalmente está constituida por areniscas, limos, arcillas y conglomerados, su distribución es en forma caótica. El ambiente de deposición para la formación Azángaro fue principalmente de origen lacustrino con márgenes fluviales. (Ver Anexo 8).

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOGRAFICAS	LITOLÓGÍA	POTENCIA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	TERCIARIO	PLIOCENO	CUATERNARIOS RECIENTES		3.0 m	gravas, arenas, limos, y arcillas. fragmentos de rocas o cantos rodados, arenas.
			Fm. AZANGARO		1.20 m	arenas, arcillas, limos, areniscas, y conglomerados
		MIOCENO	INTRUSIVO		5.0 m	Diorita porfirítica
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Fm. CALIZAS AYABACAS		4.0 m	Calizas de color gris plomo, con textura carstica

FIGURA N° 07: COLUMNA ESTRATIGRAFICA LOCAL

Fuente: Elaboración Propia.

3.9 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las estructuras en el área del proyecto, son el resultado de la deformación ocurrida durante uno o más pulsos del ciclo andino, (orogenia andina), este es el evento mayor, el cual plegó al grupo Puno y a las calizas Ayabacas en estructuras abiertas y amplias, la mezcla de calizas Ayabacas consiste de bloques fracturados algunos fuertemente plegados, y cuyas dimensiones varían entre docenas y centenas de metros de longitud, esos bloques a su vez están dispuestos caóticamente. (Ver Anexo 8 GM-01, G-01 y GM-02,G-02).

Es razonable suponer, que al menos las fallas están afectadas por intrusiones de diorita porfirítica, y las calizas Ayabacas, que probablemente descansan desde la base de la falla sobre dicha intrusión. (Ver Anexo 8).

3.10 GEODINÁMICA EXTERNA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Referente al fenómeno de la geodinámica, en la zona de proyecto sólo se puede identificar el fenómeno de inundación, este tipo de manifestaciones sólo puede presentarse en épocas de estiaje (Enero a Marzo); como se puede apreciar en el plano G- 02 y perfil PL-01 (ver anexo 8), el tramo que está sujeto a este tipo de fenómenos se ubica de km. 2 +200 a km. 3+ 900 en un aproximado de 1700 metros de longitud, el impacto de inundación tiene limitaciones pues depende de la precipitación pluvial que se produzca en la cuenca del Titicaca. Otros fenómenos que pueden afectar a las estructuras del pavimento no se prevean ya que en el área, no se han presentado fallas como hundimientos, levantamientos, ni desplazamientos de la Formación existente en la zona de proyecto.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

Luego de efectuar la parte de la etapa de reconocimiento geológico de la zona en estudio, se prosiguió con la investigación de Sub-Suelo con la finalidad de conocer las propiedades físico-mecánico de los materiales existentes, así mismo, fundamentalmente reconocer capacidad de soporte del Suelo de fundación (CBR), a lo largo del eje del tramo de carretera.

Así mismo se ubicaron las canteras que podrán suministrar materiales para la conformación de terraplén (Sub-rasante), Sub-Base y Base granular; las canteras han sido estudiados y seleccionados. Seleccionada siempre y cuando cumplan las especificaciones técnicas para la construcción de carreteras, las canteras seleccionadas fueron: cantera Quipata, cantera Carucaya y un tercero de material procesado en planta (piedra triturada); así mismo la evaluación hidrológica de la zona en estudio, que directamente está relacionado con el proceso constructivo de la carretera, durante este proceso se desarrollaron varias pruebas de control de calidad de los materiales de acabado en cada uno de los componentes estructurales del pavimento.

A su vez, como complemento al proceso constructivo se localizaron zonas inestables probables, estimadas según las condiciones geológicas y topográficas del terreno, ubicados en los km 1+980 y 6+400 respectivamente.

4.2 EVALUACIÓN GEOLÓGICA

4.2.1 Investigación del subsuelo

4.2.1.1 Trabajos de campo

Los trabajos de campo se efectuaron en el terreno natural, de acuerdo al Suelo limitado, procediéndose a determinar las características de los materiales existentes; se excavaron un total de 17 calicatas, cada 500 metros de longitud y a una profundidad de 1.20 metros, desde la superficie del terreno natural, lo cual nos permitió visualizar la estratigrafía y proceder con los ensayos en el laboratorio de mecánica de Suelos y pavimentos. (Ver fotos N° 01 y N° 02).

Para complementar el estudio se tomaron muestras inalteradas con el fin de clasificar el Suelo y determinar la capacidad de soporte del Suelo (CBR).

4.2.1.2 Técnicas de exploración

CUADRO N° 05 : NORMAS APLICADAS

DESCRIPCION	NORMA
Calicatas y técnicas de muestreo	ASTM D-440
Perforación manual	ASTM D-1452
Descripción visual del suelo	ASTM D-2487

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Perfil estratigráfico del eje de la carretera

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, se han establecido el perfil estratigráfico de las 17 calicatas, para luego continuar con el mismo material de profundidad indeterminada. (Ver plano E-01, E-02; en anexo 8).

4.2.3 Descripción del suelo de fundación

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación en los sectores estudiados. (Ver cuadro N° 06)

CUADRO N° 06: DESCRIPCIÓN DE SUELOS DE FUNDACIÓN

PROGRESIVAS		DESCRIPCION
DE	AL	
0+000	1+500	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad o mezcla de arcillas con limos, impermeable con resistencia a la tubificación alta, con resistencia al corte media.
1+500	2+000	Mezcla de gravas, arenas y arcillas; impermeable con resistencia a la tubificación muy alta, resistencia al corte alta, susceptibilidad a la licuación baja.
4+500	6+000	Mezcla de gravas, arenas y arcillas; impermeable con resistencia a la tubificación muy alta, resistencia al corte alta, susceptibilidad a la licuación baja.
6+500	8+500	Mezcla de gravas, arenas y arcillas; impermeable con resistencia a la tubificación muy alta, resistencia al corte alta, susceptibilidad a la licuación baja.
8+500	10+000	Existe contacto, arcillas inorgánicas de baja plasticidad, impermeable con resistencia a la tubificación alta con resistencia al corte media, susceptibilidad a la licuación media a alta.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Clasificación de suelos en el eje de la carretera

Particularmente los Suelos pueden ser clasificados solamente teniendo en cuenta las granulometrías y los límites de consistencia de Atterberg en varios sistemas de clasificación. Particularmente, se suele usar con mayor frecuencia en la ingeniería de cimentaciones, el denominado sistema unificado de clasificación de Suelos (SUCS), opcionalmente el sistema AASHTO. (Ver cuadro N° 07).

CUADRO N° 07: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROGRESIVAS		% QUE PASA				LL. (%)	IP (%)	CLASIFICACION DEL SUELO	
DE	AL	200>50	200<50	4>50	4<50			SUCS	AASHTO
0+000	0+500	91,5	99,8	49,1	18,1	CL	A - 7 - 5		
0+500	1+000	91,5	99,7	50,4	20,3	CL	A - 7 - 5		
1+000	1+500	13,4	39,2	26,1	7,7	GC	A - 2 - 4		
1+500	2+000	12,4	38,5	25,5	7,4	GC	A - 2 - 4		
4+500	5+000	12,9	38,7	28,3	8,0	GC	A - 2 - 4		
5+000	5+500	12,2	38,0	28,1	7,1	GC	A - 2 - 4		
5+500	6+000	14,4	38,6	32,7	7,3	GC	A - 2 - 4		
6+500	7+000	10,3	31,9	26,1	7,4	GC	A - 2 - 4		
7+000	7+500	12,8	37,2	27,6	7,0	GC	A - 2 - 4		
7+500	8+000	10,1	36,6	29,2	7,6	GC	A - 2 - 4		
8+000	8+500	12,5	36,0	26,0	7,1	GC	A - 2 - 4		
8+500	9+000	91,3	99,7	50,6	18,6	CL	A - 7 - 5		
9+000	9+500	91,6	99,7	49,8	18,8	CL	A - 7 - 5		
9+500	10+000	91,6	99,8	48,8	19,4	CL	A - 7 - 5		

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Análisis del suelo de fundación

4.2.5.1 Características de suelos

Muchas causas de falla de los pavimentos se encuentran en el Suelo de fundación pese a que la influencia de las solicitaciones no siempre llegan a afectarlo directamente, de allí la importancia de conocer con suficiente anticipación su naturaleza, su origen geológico y su comportamiento mecánico mediante los correspondientes estudios geotécnicos. En la zona de estudio los materiales clasifican como: gravas arcillosas de baja plasticidad (GC), y arcillas con limos de baja plasticidad (CL), lo que nos indica, los materiales que clasifiquen como grava arcillosa (GC) es compatible su uso como material de relleno, el material que clasifica como arcilla de baja plasticidad (CL) requiere de estabilización. (Ver Anexo 8 E-01 y E-02).

4.2.5.2 Determinación de la capacidad de soporte del suelo de fundación

“C. B. R.”

La capacidad de soporte del Suelo de fundación (Sub-rasante), se mide con el ensayo de CBR (California Bearing Ratio), para el caso de pavimentos flexibles. (Ver cuadro N° 08).

CUADRO N° 08: CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS DE FUNDACIÓN

PROGRESIVA	PROCTOR MODIFICADO		CBR (%)	CLASIFICACION	TIPO DE SUELO
	MDS	CHO			
0+500	1,732	21,31	11,3	Regular	CL
2+000	2,190	7,29	54,3	Muy Bueno	GC
5+500	2,200	6,10	58,2	Muy Bueno	GC
7+500	2,197	7,05	55,0	Muy Bueno	GC
9+500	1,709	22,00	11,7	Regular	CL

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6 Sismicidad

Según el mapa de zonificación sísmica del Perú (figura N° 06) se tiene:

- a) ZONA 1. Representa aquellas áreas en donde el potencial sísmico es bajo y no se espera la ocurrencia de sismos capaces de producir altos valores de aceleración. (ver cuadro N° 09).
- b) ZONA 2. Considera aquellas áreas en donde el potencial sísmico es intermedio y en general se produce sismos de magnitud moderada que genera aceleraciones de baja consideración. (ver cuadro N° 09).
- c) ZONA 3. Representa aquellas áreas en donde el potencial sísmico es alto, debido a que es afectado por la ocurrencia de sismos de magnitud elevada que producen aceleraciones mayores de consideración. (ver cuadro N° 09).

En función de las características sismo tectónicas, el área de estudio, tramo de la carretera Lago Sagrado de los Incas, tramo I Ccota- Charcas km. 0+000 al km. 10+000; se encuentra en la zona 2 (figura N° 06). Estos parámetros deben ser considerados como indicadores importantes al momento de proyectar el desarrollo de obras de ingeniería. (Ver Figura N° 08 y cuadro N°09).

CUADRO N° 09: ESCALAS DE MAGNITUD E INTENSIDAD SISMICA

Escala de Richter (magnitud)	Escala de Mercalli (magnitud)	EFFECTOS DEL TERREMOTO	ZONAS SISMICAS DEL PERU
< 3.5	I – IV	Generalmente no se siente, pero es registrado, en algunas ocasiones se siente como temblor en los edificios y muros.	ZONA 1
3.5 – 5.4	IV – VI	A menudo se siente, pero causa daños menores, en ocasiones se aprecia postes y arboles oscilando y movimientos en general.	ZONA 2
5.5 – 6.0	VI – VIII	Ocasiona daños ligeros a edificios bien diseñados, mientras otras construcciones mal diseñadas se derrumban.	
6.1 – 6.9	VIII – IX	Puede ocasionar daños severos en áreas muy poblados, edificios y grietas apreciables en el Suelo, movimiento de Suelos y Bloques de rocas.	ZONA 3
7.0 – 7.9	IX – X	Terremoto mayor, causa graves daños, muchas construcciones destruidas Suelos muy agrietados y deslizamiento de taludes.	
> 8	X - XII	Gran terremoto, destrucción total a comunidades cercanas y construcciones, se ven ondulaciones sobre la superficie del Suelo los objetos se mueven y se voltean.	

FUENTE: Instituto Geofísico del Perú. (Huaco D. y Rodríguez L. 1993).

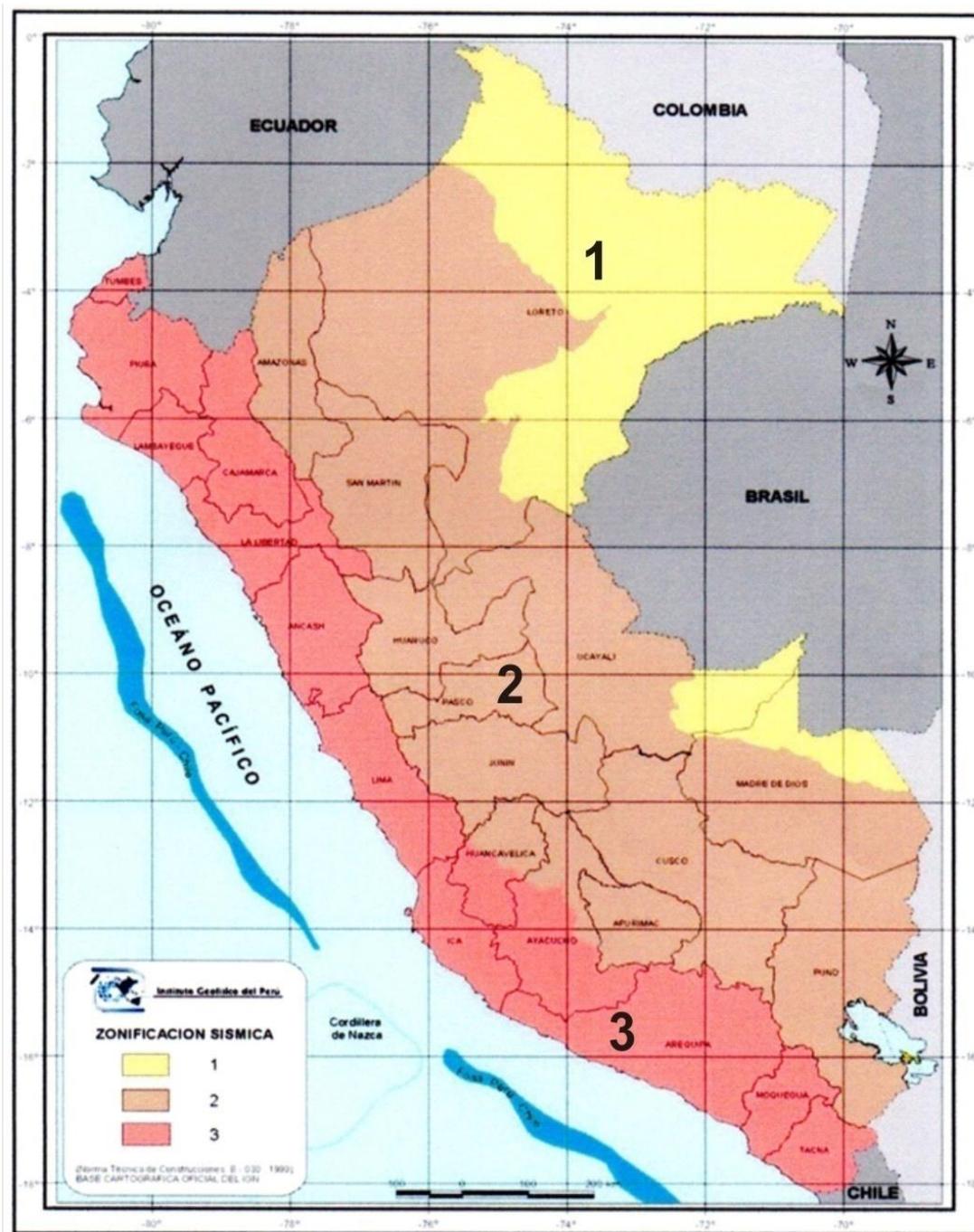


FIGURA N° 08: MAPA DE ZONIFICACION SISMICA DEL PERU

Fuente: Instituto geofísico del Perú (Huaco D. y Rodríguez L. 1993).

4.3 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

4.3.1 Generalidades

Uno de los principales objetivos del presente estudio, ha sido ubicar y determinar las propiedades físico- mecánicas del material para terraplén, Sub rasante, Sub Base, y Base granular, fuentes de agua y botaderos, que puedan abastecer durante la construcción de la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas tramo I Ccota- Charcas km. 0+000 al Km. 10+000.

4.3.2 Trabajos realizados

Los trabajos realizados referentes al estudio de canteras son los siguientes:

- A. ETAPA DE CAMPO.** Los trabajos de campo consistieron en visitar, explorar, verificar y realizar muestreos respectivos de cada una de las canteras seleccionadas, para realizar los ensayos en laboratorio de mecánica de Suelos y pavimentos, para determinar la calidad y las propiedades físico-mecánicas de los materiales de cada una de las canteras propuestas para el proyecto construcción de la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas tramo I Ccota -Charcas km. 0+00 al km. 10+000.
- B. ETAPA DE LABORATORIO.** Los agregados y/o Suelos empleados en la construcción de carreteras, deben cumplir con requisitos que exigen las especificaciones técnicas para garantizar un buen comportamiento del pavimento durante su periodo de vida de diseño.

A su llegada al laboratorio, las muestras deben ser preparadas para someterlas a diferentes ensayos de calidad de materiales. Dependiendo de la función que va a cumplir como parte de la construcción del pavimento; se las prepara para los siguientes ensayos (ver cuadro N° 10; y fotos N° 05, N° 06 en anexo 7).

CUADRO N° 10: ENSAYOS DE CALIDAD DE MATERIALES

ENSAYOS	Sub-Base Granular	Base Granular	Sub Rasante	Afirmado	ASFALTO	
					Grava	Arena
Análisis granulométrico	X	X	X	X	X	X
Límites de consistencia	X	X	X	X		X
Equivalente de arena	X	X		X		X
P.E. y Absorción	X	X	X	X	X	X
Peso unitario suelto					X	X
Peso unitario varillado					X	X
Abrasión	X	X	X	X	X	X
Proctor modificado	X	X	X	X		
CBR	X	X	X	X		
%Caras fracturadas	X	X			X	
% Partículas chatas y alargadas	X	X			X	
Contenido de sales solubles	X	X		X	X	X
Contenido orgánico	X	X				X
Adherencia					X	
Riedel Weber						X
Durabilidad	X	X	X	X	X	X

Fuente. Especificaciones técnicas de MTC, AASHTO, ASTM.

4.3.3 Canteras asumidas para el pavimento

Los requisitos de calidad que deben cumplir los diferentes materiales, para la construcción de terraplenes, afirmados, Bases y Sub-Bases granulares,

serán agregados naturales procedentes de excavaciones o canteras clasificados o podría provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Los materiales para Base granular, además será obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción producto de trituración mecánica.

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

En total se localizan tres (03) zonas de canteras, las que se indican a continuación (Ver cuadro N° 11, y croquis de ubicación en anexo 8).

CUADRO N° 11: EXPLOTACIÓN DE CANTERAS

Nº	NOMBRE DE CANTERA	UBICACIÓN (KM)	EXPLOTACION	USOS	TRATAMIENTO	TIPO DE MATERIAL
01	QUIPATA	5+400 l/d	Tractor/ Cargador	SR TE	Z, M	llenante y/o ligante
02	CARUCAYA	31	Cargador	SB B	Z, M	Agregado
03	CABANILLAS		Planta Chancadora	B	T, Z	Piedra chancada

Fuente: Elaboración propia.

- **SR** = Sub rasante
- **SB** = Sub Base
- **B** = Base
- **TE** = terraplén
- **Z** = zarandeo
- **T** = trituración
- **M** = mezcla

4.3.4 Material ligante (CANTERA QUIPATA)

4.3.4.1 Ubicación

Se ubica en el margen derecha de la carretera en construcción km. 5+400 lugar denominado cerro Quipata. (Ver croquis de ubicación en anexo 8).

4.3.4.2 Accesibilidad

Para acceder a la cantera, es por la misma carretera en construcción, pues la extracción del material se ubica al mismo costado de la carretera en construcción. (Ver croquis de ubicación en anexo 8).

4.3.4.3 Descripción del material

El materia ligante (llenante), en un Suelo que clasifica grava arcillosa (GC) con partículas mayores a 3", con un índice de plasticidad menor al 8%, con un desgaste a la abrasión de 18%, en tales condiciones el material estudiado es compatible utilizar como material de terraplén, en mezclas de dos o tres Suelos, tanto para Base y Sub-Base granular en la construcción de pavimentos.

4.3.4.4 Método de explotación

Permanente, utilizando maquinaria de extracción y selección; requiere desbroce de material orgánico entre 20 cm. a 30 cm. (ver anexo 7, foto N° 03).

4.3.4.5 Características físicas – mecánicas

CUADRO N° 12 : CARACTERISTICAS DEL MATERIAL TERRAPLEN

NOMBRE DE CANTERA	% QUE PASA EN PESO			CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS			
	3"	N° 4	N° 200	L L. (%)	I P. (%)	SUCS	ABRASION (%)
QUIPATA	100	37.8	10.5	29.2	7.8	GC	34.56

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.6 Usos

Una vez realizada la selección (zarandeo) se podrá emplear como material para la conformación y/o mezcla para el pavimento:

- a. Conformación de terraplén
- b. Material de Sub-Base (previa mezcla con material granular)
- c. Material de Base (previa mezcla con material granular y piedra triturada)

4.3.4.7 Volumen de cantera Quipata

CUADRO N° 13: RENDIMIENTO DE LA CANTERA QUIPATA

POTENCIA UTIL (m)	POTENCIA BRUTA (m³)	POTENCIA NETA (m³)	RENDIMIENTO (%)	TIPO DE MATERIAL
3.20	89,600.00	85,400.00	76.25	Relleno y/o terraplén

Fuente. Elaboración propia.

4.3.4.8 Especificaciones

El material requiere selección y/o zarandeo. (Ver cuadro N° 14)

CUADRO N° 14: ESPECIFICACIONES DE CANTERA QUIPATA

CARACTERISTICAS	NORMA INV	ESPECIFICACIONES TECNICAS	CARACTERISTICAS DE CANTERA QUIPATA	OBSERVACIONES
tamaño max.	E - 123	75 - 150 mm	76,200mm	Si cumple
%que pasa N° 10	E - 123	≤ 80%	26,80%	Si cumple
%que pasa N° 200	E - 123	≤ 35%	10,50%	Si cumple
limite liquido	E - 125	≤ 40%	29,20%	Si cumple
indice plastico	E - 126	≤ 15%	7,80%	Si cumple
CBR al 100%	E - 148	≥ 10%	48,10%	Si cumple

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INV).

4.3.5 Cantera de agregados (CARUCAYA)

4.3.5.1 Ubicación

Se ubica en el curso del río Loripongo en el lugar denominado Carucaya a 31 km. de la zona de proyecto (obra).

4.3.5.2 Accesibilidad

Desde el poblado de Platería, por la trocha carrozable que conduce a poblados de Inchupalla – Carucaya. (Ver croquis de ubicación, en anexo 8).

El acceso requiere mantenimiento permanente para evitar la contaminación de los pastizales por tratarse de una zona ganadera.

4.3.5.3 Descripción del material

El material es un agregado con una gradación buena, con rendimiento superior al 90 % (ver cuadro N° 15), se sitúa a lo largo del río Loripongo básicamente en las playas formadas en forma de meandros, se ubica tanto en la margen derecha así como en el margen izquierdo.

4.3.5.4 Modo de explotación en campo

Su explotación es permanente en períodos de estiaje, en épocas de avenida es limitado por el aumento de caudal del río; se debe utilizar maquinaria pesada (cargador frontal) para el acumulado, zarandeó, acopio y carguío (Ver Figura N° 09).

4.3.5.5 Usos

- Como material de Sub-Base granular, previa mezcla con material ligante.
- Como material de Base granular, previa mezcla con material ligante y piedra triturada.
- Para la elaboración de concreto masivo en general.

4.3.5.6 Volumen de cantera Carucaya

CUADRO N° 15: RENDIMIENTO DE LA CANTERA CARUCAYA

POTENCIA UTIL (m)	POTENCIA BRUTA (m3)	POTENCIA NETA (m3)	RENDIMIENTO (%)	TIPO DE MATERIAL
1,50	63.000.00	62.160.00	97.68	Agregado

Fuente. Elaboración propia.



FIGURA N° 09: EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CANTERA CARUCAYA

4.3.6 Piedra triturada de 1” a 1/4” (PLANTA CABANILLAS)

4.3.6.1 Ubicación

La planta chancadora se ubica instalada en la localidad de Cabanillas, provincia de San Román - Puno, a una distancia de 140 Km. desde la zona de proyecto (obra), ver foto N° 04 en anexo 7 y croquis de ubicación en anexo 8.

4.3.6.2 Accesibilidad

El acceso para llegar hasta la planta chancadora (Cabanillas), desde la zona de proyecto (obra) es por las siguientes rutas:

- Ccota a Platería 03 km carretera asfaltada
- Platería a Puno 25 km. carretera asfaltada
- Puno a Juliaca 42 km. carretera asfaltada
- Juliaca a Cabanillas 20 km. carretera asfaltada

4.3.6.3 Descripción del material

El material procedente de la planta chancadora (Cabanillas) es grava triturada zarandeado de dimensiones de 1" a 1/4", con las siguientes características:

- % de caras fracturadas: 85.00%
- % de partículas chatas y alargadas: 12.40%
- % de desgaste de abrasión: 19.73%

4.3.6.4 Usos

El uso del material triturado es únicamente para la conformación de Base granular, previa mezcla con material ligante (fino) y agregado, bajo las proporciones del diseño de materiales en el laboratorio.

4.3.6.5 Volumen requerido

El volumen de piedra o grava triturada de 1" a 1/4" requerido para la conformación de Base granular es en proporción de 20 % en la mezcla de Suelos, que equivale a 5000 m³.

4.3.7 Fuentes de agua

Se encuentra ubicado en la misma zona de proyecto (obra), a lo largo de la obra en construcción tal como se puede apreciar en el plano G-02.

4.3.8 Botaderos

Se localizó 2 botaderos en la zona de Quipata ubicado en el Km. 4+820 y 5+200 margen derecho con capacidades de 20000 m³ y 15000 m³ respectivamente.

4.3.9 Diseño de suelos

4.3.9.1 Diseño de suelos para sub-base granular

Uno de los problemas más frecuentes en los trabajos de pavimentación es la mezcla de Suelo, para lograr uno de mejor calidad que cumpla con los requisitos de una determinada especificación técnica. (Ver cuadro N° 16).

CUADRO N° 16: PROPORCIONES DE MEZCLA PARA SUB-BASE GRANULAR

Nº	TIPO DE MATERIAL	PROPORCION	PROCEDENCIA
1	Ligante	45%	Cantera Quipata
2	Agregado	55%	Cantera Carucaya

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con el huso granulométrico de gradación "A", ASTM D-1241

(Ver anexo 3).

4.3.9.2 Diseño de suelos para base granular

CUADRO N° 17: PROPORCIONES DE MEZCLA PARA BASE GRANULAR

Nº	TIPO DE MATERIAL	PROPORCION	PROCEDENCIA
1	Ligante	20%	Cantera Quipata
2	Agregado	60%	Cantera Carucaya
3	Piedra triturada de 1" - 1/4"	20%	Planta Cabanillas

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con el huso granulométrico de gradación "A", ASTM D-1241

(Ver anexo 3).

4.3.10 Hidrología de la cuenca del lago Titicaca

Los ríos de la vertiente del Titicaca nacen a la falda de las cordilleras occidental, Vilcanota, oriental, y real, entre los 4000 msnm, y 6000 msnm., alimentan sus cursos de agua, principalmente, con las precipitaciones estacionales que ocurre en la parte alta, dando origen a un régimen de escurrimiento irregular y de carácter torrencioso, concentrándose entre 3 a 5 meses al año, principalmente de Diciembre a Abril período durante el cual se estima que fluye del 60 % al 80 % del escurrimiento total anual (SENAMHI).

4.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

4.4.1 Movimiento de tierras (EXPLANACIONES)

Las cotas de proyecto de rasante y Sub-rasante de las obras de pavimentación establecen la necesidad de modificar el perfil natural del Suelo, siendo necesario en algunos casos rebajar dichas cotas, y en otros casos elevarlos.

En el primer caso corresponde efectuar un trabajo de corte o excavación, y en el segundo, trabajo de relleno o de terraplén.

En ambos casos debe efectuarse lo que constituye propiamente un movimiento de tierras.

4.4.2 Alineaciones niveles y perfiles

4.4.2.1 Aspectos generales

En todo proyecto de pavimentación se consultan planos de perfiles longitudinales y transversales, relacionados con la línea de la calzada, esos planos deben servir como guía para establecer las cotas que definirán la alineación y las alturas de excavación o de relleno (Chang A. C. 2001).

Una vez definido el trazado en planta de una obra vial, es necesario conocer la conformación del terreno circundante para definir la posición final de

la rasante, y las características de las secciones transversales que resultarán al imponer la plataforma de proyecto.

Los diversos tipos de perfiles que se levantan, tiene por objeto presentar con fidelidad la forma y las dimensiones del terreno presente según los planos principales. Estos definen tridimensionalmente la obra en proyecto, a una escala que permiten ubicar sus diversos componentes.

4.4.2.2 Perfiles longitudinales del terreno

Se llama perfil longitudinal del terreno a la intersección de este con una superficie de generatrices verticales que contiene el eje del proyecto.

4.4.2.3 Perfiles transversales del terreno

Se define como perfil transversal de un camino o carretera a la intersección del camino con un plano vertical que es normal, en el punto de interés a la superficie vertical que contiene el eje del proyecto. El perfil transversal tiene por objeto presentar en un corte por un plano transversal, la posición que tendrá la obra proyectada respecto al proyecto, y a partir de esta información, determinar las distintas cantidades de obra, ya sea en forma gráfica o analítica.

4.4.2.4 Especificaciones

Antes de comenzar cualquier operación relacionada con movimiento de tierras se deberán estacar distancias no superiores a 20 metros entre sí, en el pie de los terraplenes y los bordes superiores de los cortes.

Las excavaciones deberán alcanzar con exactitud los trazos que muestran los planos, debiéndose respetar estrictamente las alineaciones, niveles, taludes y secciones transversales.

Las excavaciones de corte incluyen en algunos casos, además la demolición de revestimientos asfálticos existentes, de pavimentos de hormigón incluso Bases y Sub-Bases cuando corresponda.

4.4.3 Clasificación de suelos

4.4.3.1 Aspectos generales

De acuerdo a la mecánica de Suelos, se ha establecido sistemas de clasificación de Suelos, como por ejemplo SUCS o AASHTO. Estos sistemas de clasificación se consideran en general Suelos de tipo granulares y limo-arcillosos, dentro de los cuales existe sub-divisiones que están relacionadas con el tamaño de las partículas del Suelo y límites de consistencia.

Esta clasificación reviste importancia en el movimiento de tierras (explanaciones), ya que una vez efectuadas la capa superior del Suelo ya rectificadas de acuerdo al nivel de proyecto de la Sub-rasante, debe tener una capacidad mínima aceptable para soportar las cargas transmitidas desde la superficie del pavimento.

Considerando la clasificación AASHTO o SUCS se acepta que cumplan esta condición, los Suelos clasificados como a A-1 (GW; SW), A-2 (GM, SM), A-3 (SW), y además los que explícitamente recomienda el laboratorio de Suelos.

(Ver figuras N° 02 y N° 03)

4.4.3.2 Especificaciones

Se clasificará como roca el material constitutivo de aquellas excavaciones que deben efectuarse en formaciones geológicas firmemente cementadas, mediante el uso imprescindible sistemático y permanente de explosivos.

Los materiales que no cumplan con esta condición, se clasificarán como terreno de cualquier naturaleza (Suelo).

4.4.4 Clasificación de las excavaciones

4.4.4.1 Aspectos generales

Para los efectos de determinar el costo de ejecutar una excavación se establece otra clasificación, basada en la mayor o menor dureza del terreno, y

que debe ser usada para la ubicación de los movimientos de tierra (explanaciones o canteras), pues de esta clasificación dependerá los medios necesarios para realizar la excavación, las que varían con la naturaleza del terreno (Valderrama Mendoza 2001).

4.4.4.2 Excavaciones en material suelto

Puede ser ejecutada valiéndose exclusivamente de un equipo pesado cargador frontal, el material del Suelo puede ser en tal caso una mezcla de gravas, arenas, arcillas y limos moderadamente consolidados o bien fuertemente consolidados.

4.4.4.3 Excavaciones en roca suelta

La excavación puede ser efectuada valiéndose necesariamente de uso de maquinaria especializada (excavadora), el tipo de material puede ser una roca semi-descompuesta o frágil.

4.4.4.4 Excavaciones en roca fija

Ya que precisa para su ejecución del uso de explosivos. El material puede estar constituido por un manto de roca, o por bloques de roca de gran tamaño, que no puede ser removido mediante el uso de maquinaria pesada.

4.4.5 Material para terraplén (RELLENO)

Todos los materiales que se emplean en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes de canteras aprobadas; deberán estar libres de sustancias perjudiciales o materia orgánica.

Los materiales que se emplean en la construcción de terraplenes deberán cumplir los requisitos indicados en el Instituto nacional de vías (ver cuadro N° 14), así mismo el material deberá ser verificado preferentemente por el laboratorio, o en base a los métodos prácticos de reconocimiento de Suelo.

4.4.6 Ejecución de terraplén (RELLENO)

El terraplén debe efectuarse por capas horizontales de espesor suelto no mayor de 0.30 m., en todo el ancho de la vía y en longitudes adecuadas, de acuerdo al método empleado en la distribución, mezcla y compactación. En caso de ser transportado y vaciado mediante camiones u otro equipo de volteo, la distribución debe ser efectuada mediante moto niveladora u otro equipo adecuado. Si el material no fuese uniforme, se debe proceder además a mezclarlo hasta obtener la debida uniformidad, al mismo tiempo deberá controlarse el tamaño máximo de los áridos que contenga dicho material, eliminando todo aquel que supere el tamaño máximo permitido.

4.4.7 Compactación

4.4.7.1 Aspectos generales

La compactación es el procedimiento de aplicar energía al Suelo suelto para eliminar espacios vacíos aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades. Su objetivo es el mejoramiento de las propiedades de Ingeniería del Suelo.

El material deberá ser compactado con el grado que fije el laboratorio, de acuerdo al ensayo proctor modificado y para cumplir con este requisito debe tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Espesor de la capa de material suelto
- Presión ejercida por el rodillo
- Número de pasadas del rodillo
- Control de humedad en el momento de la operación

4.4.7.2 Controles

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

a. CALIDAD DE LOS MATERIALES

De cada procedencia de los Suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán muestras y de cada fracción de ella se determinarán:

- Granulometría
- Límites de consistencia
- Abrasión
- C. B. R., y Clasificación.

b. COMPACTACIÓN

Los determina la densidad de campo in-situ de cada capa compactada se realiza a los tramos por aprobar, se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) determinaciones de densidad de campo in-situ, los sitios para las mediciones se elegirán al azar.

Las densidades individuales del tramo deberán ser como mínimo el 95 % de su máxima densidad seca obtenida en el ensayo de laboratorio proctor modificado, de referencia para la base y cuerpo del terraplén mayor a 95 % con respecto a la máxima obtenida en el mismo ensayo, cuando se verifique la compactación de la corona del terraplén (Sub-rasante).

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

4.4.8 Material para sub-base**4.4.8.1 Aspecto general**

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

En cuanto a materiales se podría usar partículas limpias con Suelos tipo grava arenosa, arenas arcillosas o Suelos similares, además debe cumplir los siguientes características (ver tabla N° 14).

TABLA N° 14: CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES PARA SUB-BASE

Ensayo	≤3000	≥3000	Norma	Norma
	msnm	msnm	ASTM	MTC
Limite liquido	25%max	25%max	D-4318	E-110
Índice plástico	6%max	4%max	D-4318	E-111
Abrasión	50%max	50%max	D-131	E-207
Equivalente arena	25%min	35%min	D-2419	E-114
CBR (%)	40%min	40%min	D-1883	E-132
Partículas chatas y alargadas (%)	20%max	20%max	D-4791	E-221

Fuente: Elaboración propia.

4.4.8.2 Ejecución de la sub-base granular

El material debidamente preparado se extenderá sobre la plataforma del camino, incluyendo las áreas de bermas, mediante equipos distribuidores apropiados, debiendo quedar el material listo para hacer compactado sin necesidad de mayor manipulación para obtener el espesor y perfil transversal deseado.

La Sub-Base se deberá construirse con capas de espesor compactado no superior a 0.30 m., e inferior a 0.12 m., espesores superiores a 0.30 m., se extenderán y se compactarán en capas, el material extendido debe ser de una granulometría homogénea, no debiendo presentar bolsones o nidos (grumos) de materiales finos o gruesos.

Ningún material deberá ser colocado sobre una capa blanda barrosa o helada.

4.4.8.3 Compactación

Una vez esparcido el material, éste deberá compactarse debidamente al 100% de su MDS proctor modificado, mediante equipos de rodillo de tipo vibratorio o el equipo apropiado y riegos adicionales para mantener la humedad de compactación. El rodillado deberá progresar en forma gradual desde el punto bajo de los costados hacia el centro del eje de vía en construcción, traslapando cada pasada con la mitad del ancho del rodillo.

Además la Sub-Base granular deberá mantenerse en su longitud total, mediante el uso de moto niveladora y rodillos apropiados para recibir la capa inmediatamente superior, su control se debe efectuar cada 250 m² en pista. (MTC E-124, ASTM D-2922, AASHTO T- 238 y ver foto N° 09 en anexo 7)

4.4.9 Material para base

4.4.9.1 Aspectos generales

Los materiales a utilizar en la construcción de la Base granular deberán estar libres de residuos orgánicos, arcillas, u otro material perjudicial. Además debe cumplir los siguientes requisitos. (Ver tablas N° 15 y N° 16)

TABLA N° 15: AGREGADO FINO PARA BASE GRANULAR

Ensayos	Norma MTC	≤3000 (msnm)	≥3000 (msnm)
Índice de plasticidad	E-111	<4%	<2%
Equivalente de arena	E-114	>35%	>45%
Sales solubles totales	E-219	<0,5%	<0,5%
Índice de durabilidad	E-214	>35%	>35%

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 16: AGREGADO GRUESO PARA BASE GRANULAR

ENSAYOS	NORMA		<3000	≥3000
	MTC	ASTM	(msnm)	(msnm)
Caras fracturadas	E-210	D-5821	>80%	>80%
Abrasión	E-207	C-131	<40%	<40%
Partículas chatas y alagadas	E-111	D-4791	<15%	<15%
sales solubles totales	E-114	D-1888	<0,5%	<0,5%
durabilidad sulfato de sodio	E-219	C-88		<12%
durabilidad sulfato de magnesio	E-214	C-88		<12%

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.9.2 Limitaciones y condiciones de la sub base

Con anterioridad a la construcción de la Base, se deberá limpiarse y retirarse todas sustancias extrañas a la Sub-Base previamente aceptada. Los bordes o puntos blandos deformables que se presentan en su superficie o cualquier área que tenga una compactación inadecuada o cualquier desviación de la superficie, deberán corregirse.

La fase de construcción de la Base deberá suspenderse cuando las condiciones meteorológicas afecten en forma perjudicial la calidad de la capa terminada (lluvias). No deberá ser colocada cuando la temperatura ambiental esté en descenso o alcance a 3° C.

4.4.9.3 Ejecución de la base granular

La construcción de la Base deberá ajustarse a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto y cubriendo un ancho mayor al que la berma de a lo menos 10 cm. a ambos costados, se depositarán y se esparcirán los

materiales por cordones, en una capa uniforme sin segregación de tamaños, de manera que la capa tenga el espesor requerido al ser compactada.

No se permitirán el acarreo sobre la Base no compactada, el material de Base granular que haya sido procesado en una planta o que haya sido mezclado in-situ, deberá tenderse en una capa uniforme con la profundidad y ancho indicados en los planos del proyecto.

El esparcido se realizará mediante una motoniveladora u otro equipo apropiado, durante el tendido, deberá cuidarse de evitar cortes en la capa subyacente, la operación deberá continuar hasta que el material haya alcanzado por lo menos un 99% de su máxima densidad seca, dada por el ensayo de proctor modificado en laboratorio.

4.4.9.4 Compactación

Después que el material haya sido esparcido, se le deberá compactar por medio de rodillo y riego, la compactación deberá avanzar gradualmente desde los costados hacia el centro del eje de la vía en construcción, el rodillado deberá continuar hasta lograr la densidad especificada (100% MDS) y hasta que no sea visible el deslizamiento del material delante del compactado (ver Anexo 5).

La distribución y el rodillado continuarán alternadamente tal como se requiere para lograr una Base lisa y uniformemente compactada. No se deberán compactar cuando la capa subyacente se encuentre blanda o dúctil, o cuando la compactación cause ondulaciones en la capa de la Base.

4.4.9.5 Controles

TABLA N° 17: FRECUENCIA DE CONTROLES PARA BASES Y SUB-BASES GRANULARES

ENSAYOS	control y frecuencia	lugar de muestreo	Especificaciones	
			MTC	ASTM
Granulometría	750 m3	Cantera	E-204	D-422
Limite liquido	750 m3	Cantera	E-110	D-4318
Índice plástico	750 m3	Cantera	E-111	D-4318
Abrasión	2000 m3	Cantera	E-207	C-131
Equivalente de arena	2000 m3	Cantera	E-114	D-1419
Sales solubles	2000 m3	Cantera	E-219	D-1888
CBR	2000 m3	Cantera	E-132	D-1883
Caras fracturadas	2000 m3	Cantera	E-210	D-5821
Chatas y alargadas	2000 m3	Cantera	E-221	D-4791
Perdida de NaSO ₄	2000 m3	Cantera	E-209	C-88
Densidad húmeda	750 m2	Pista	E-115	D-1557
Compactación	250 m2	Pista	E-124	D-2922

Fuente: Elaboración propia.

4.4.9.6 Culminación de base

Cualquier área de la Base terminada cuyo espesor compactado sea inferior al indicado o tenga ondas, irregularidades que excedan de 1cm. deberán corregirse mediante escarificación de la superficie, perfilando, recompactando la respectiva área en cuestión.

La superficie de la Base terminada, no deberá tener ningún punto cuya cota varíe en más de 1.5 cm. sobre o bajo los niveles establecidos en los planos, los espesores no podrán ser inferiores al 5 % del espesor especificado.

4.5 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD

4.5.1 Geología del área de estudio

El reconocimiento y evaluación de campo en el trayecto de la carretera (km.0+000 al km. 10+000), tuvo por finalidad la caracterización y medición de datos en el terreno para su posterior análisis, la actividad se enmarca en dos sitios, donde se obtiene información relativa en aspectos litológicos, geométricos, y físico-mecánico de los materiales que se leen en los cortes de taludes de la carretera estudiada, a su vez, se detalla información de probables movimientos de masas de los taludes de Rocas y Suelos estudiados.

4.5.2 Identificación de zonas inestables

ESTACIÓN N° 1: km. 1+980

- a) DESCRIPCIÓN: está constituido por bloques de rocas intrusivo hipoabisal de angulosos a sub angulosos, fracturado y superficialmente meteorizada cubierta por pátinas amarillentas (finos). Esos bloques son compactos y cortados por grietas horizontales.
- b) LOCALIDADES: buenos afloramientos se observan en el Km. 1+960 al Km.2+000 de la carretera.
- c) ASPECTOS ESPECÍFICOS: talud rocoso de 6 metros de alto con pendiente de 60 grados.
- d) GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD: bajo, terreno propenso a rodamiento de bloques de roca debido a roturas superficiales de materiales que lo conforman y a su condición topográfica local. (ver foto N° 07, anexo 7).

ESTACIÓN N° 2; km. 6+400

- a) DESCRIPCIÓN: está constituido por roca caliza fracturada y de superficie meteorizada con fracturas verticales.
- b) LOCALIDADES: buenos afloramientos se observan en el km. 6+460 de la carretera.

- c) **ASPECTOS ESPECÍFICOS:** talud rocoso de 12 metros de altura con 50 grados de pendiente.
- d) **GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD:** bajo, constituye un sitio propenso a posibles derrumbes de Roca y Suelo debido a las características topográficas y geológicas. (ver foto N° 08, en anexo 7).

4.6 MEDICIÓN DE DEFLEXIONES COMO PARTE DEL CONTROL DE CALIDAD DE OBRA

4.6.1 Aspectos generales

Como parte del control de calidad durante la ejecución de la obra, la medición de las deflexiones se efectuará a una frecuencia mucho mayor que los ensayos de materiales, permitiendo de esta manera identificar los puntos críticos que requieran de un mayor análisis para su posterior mejoramiento.

La Viga Benkelman es uno de los equipos de mayor uso para la medición de deflexiones, como 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 S. H. y Pablo M. A. 1985).

Los resultados obtenidos son comparados con límites de deflexión admisible, y parámetros de capacidad estructural obtenidos mediante métodos empíricos y también con análisis efectuados con métodos racionales.

4.6.2 Frecuencia de ensayos

4.6.2.1 Sub-base y base granular

La medición de las deflexiones se efectúa en los dos carriles en ambos sentidos, cada 50 m., y en forma alterna, el propósito de las mediciones es el oportuno diagnóstico y aplicación de medidas correctivas cuando se presentan valores notoriamente altos. (Valores superiores a la deflexión admisible).

4.6.3 El concepto de la deflexión admisible

La deflexión es un parámetro utilizado para la verificación de la capacidad estructural de un pavimento (Mario S. H. y Pablo M. A. 1985).

Métodos empíricos proponen el uso de fórmulas para el cálculo de la deflexión admisible la cual es utilizada con la finalidad de comparar las medidas obtenidas en campo, con este valor para determinar si la estructura del pavimento brinda un soporte estructural adecuado.

Entre las fórmulas empleadas para calcular la deflexión admisible se encuentra:

- Criterio del Instituto del asfalto. $D_{adm.} = 25.64N^{-0.2383}$
- Criterio de CONREVIAl. $D_{adm.} = (1.15/N)^{0.25}$
- Criterio de california. $D_{adm.} = 6.237N^{-0.165}$

Donde “N” es el número de ejes equivalentes utilizado para el diseño de pavimento, estas fórmulas por ser empíricas son muy sensibles a parámetros como el tráfico de la vía, características de los materiales y condiciones de carga bajo los cuales han sido desarrolladas.

- Para un tráfico de $N = 0.8 \times 10^6$ EAL
- Criterio de Instituto de Asfalto = 101 (1/100mm)
- Criterio de CONREVIAl = 109 (1/100mm)
- Criterio de California = 66 (1/100mm)

4.6.4 Evaluación deflectométrica

La evaluación estructural del pavimento se ha llevado a cabo mediante ensayos no destructivos, empleando la medición de las deflexiones con la Viga Benkelman, y que consiste en estudiar las deformaciones verticales y horizontales que experimenta un pavimento, cuando está actuando sobre él, una carga estandarizada; es decir, es la respuesta del conjunto, pavimento-Sub-rasante. (Ver foto N° 10 en anexo 7 y ver anexo 6).

4.6.5 Cálculo 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, estos cálculos se ilustra en un ejemplo en el cuadro N° 18, determinados para un sub-tramo y el carril correspondiente, calculándose con la siguiente expresión:

$$D_{corr} = LF \cdot CB \cdot CA$$

Donde:

- **D_{corr}** = Deflexión corregida. (1/100mm)
- **LF** = Lectura final de dial en campo. (mm)
- **CB** = Correlación de brazos de la Viga Benkelman. (mm)
- **CA** = Factor de corrección ambiental.

CUADRO N° 18: CALCULO DE DEFLEXIONES CORREGIDAS MÉTODO CONREVIAL

Progresiva	Lado	L.F.	C.B.	C.A.	D _{corr} (1/100 mm)	D _{adm} (1/100 mm)
0+000	Der.	13	2 en 1	1 .10	28.60	109
0+040	Der.	11	2 en 1	1 .10	24.20	109
0+080	Der.	13	2 en 1	1 .10	28.60	109
0+120	Der.	6	2 en 1	1 .10	13.20	109
0+160	Der.	12	2 en 1	1 .10	26.40	109
0+100	izq.	11	2 en 1	1 .10	24.20	109
0+140	izq.	15	2 en 1	1 .10	33.00	109
0+180	izq.	10	2 en 1	1 .10	22.00	109
0+220	izq.	14	2 en 1	1 .10	30.80	109
0+260	izq.	12	2 en 1	1 .10	26.40	109

Fuente: Elaboración propia.

- **L.F.** = Lectura final del Dial. (mm)
- **C.B.** = Correlación de brazo de viga Benkelman. (mm)
- **C.A.** = Corrección ambiental
- **Dcorr.** = Deflexión corregida. (mm)
- **Dadm.** = Deflexión admisible. (mm)

CONCLUSIONES

PRIMERA: Geomorfológicamente el tramo de la carretera atraviesa por unidades geomorfológicas denominados superficies onduladas, laderas y colinas (constituido por calizas y depósitos aluviales recientes) de la formación de calizas Ayavacas.

SEGUNDA: La estratigrafía local está conformado por rocas Mesozoico (Fm. de calizas Ayavacas), Cenozoico (Cuaternario reciente).

TERCERA: El intrusivo diorítico (hipoabisal) es considerado como de edad terciaria dentro del área de estudio.

CUARTA: La composición del Suelo de fundación del eje en el tramo de la carretera, presenta arcillas de baja plasticidad y gravas arcillosos que se prolongan hasta profundidades mayores a 1.20 metros.

QUINTA: La cantera para la conformación de terraplén será asumida por la cantera Quipata, pues ésta cantera reúne requisitos mínimos exigidos por las especificaciones técnicas. ASTM, AASHTO, INV y MTC.

SEXTA: La cantera Carucaya se asignará para suministrar el material agregado natural, la piedra chancada (triturada de 1" a 1/4") se suministrarán de la planta Cabanillas.

SÉTIMA: Para la conformación de Sub-Base granular, se mezclarán los materiales de cantera Quipata (45%) con las siguientes características: IP=7.8%, Abrasión=34.56%, tamaño máximo 3", y cantera Carucaya (55%) con IP=NP, Abrasión=80.27% (ver anexo 4); en proporciones que indique el laboratorio y en cumplimiento con las especificaciones técnicas ASTM, MTC. y AASHTO.

OCTAVA: Para la conformación de Base granular, se realizarán la mezcla de tres materiales en proporciones según las indicaciones de laboratorio, el diseño deberá cumplir las especificaciones técnicas vigentes ASTM, MTC. y AASHTO, los materiales seleccionados son de cantera Quipata (20%), cantera

Carucaya (60%) y piedra triturada de 1" a ¼" (20%) con IP=NP, Abrasión=81.00% (los ensayos especiales ver los anexos 4 y 5).

NOVENA: En el mapa de zonificación sísmica, el área de proyecto se encuentra en la zona-2, lo cual advierte que su potencial sísmico es intermedio con sismos de magnitud moderada que podrían generar aceleraciones, por lo tanto, se debe considerar que la zona de proyecto al estar cerca de la línea de costa, puede ser afectada por sismos con origen en la convergencia de placas, que pueden generar daños importantes y efectos secundarios cómo deslizamientos de tierra y rocas. (Ver cuadro N° 09)

DÉCIMA: En la información registrada sobre los niveles del Lago Titicaca, en el periodo de 1920-2010, durante este periodo, en 1944-1945 la cota mínima del Lago llegó a descender a 3806 msnm. durante este periodo, la zona de proyecto se encontraba completamente seco (prog. 2+200 al 3+900); en 1986 y 1987 la cota del Lago ascendió alcanzando un máximo de 3811.83 msnm. durante este periodo la zona de proyecto se encontró completamente inundado (prog. 2+200 al 3+900), las diferencias del nivel corresponden entonces al fuerte ascenso de las aguas provocadas por el máximo de los aportes globales de las precipitaciones y de los tributarios de la cuenca Titicaca.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: En las canteras designadas para suministrar materiales Quipata y Carucaya, se deberán realizar trabajos de limpieza y/o desbroce de material orgánico y sustancias perjudiciales en espesores de 0.10 m y 0.30 m. respectivamente.

SEGUNDA: Durante la etapa de explotación de las canteras, se deberá realizar los ensayos de laboratorio como parte de control de calidad de materiales cada 1000 m³ para su confiabilidad en las canteras, en referencia de los Especificaciones técnicas.

TERCERA: El material de terraplén se deberá zarandear por malla de 4" antes de su uso, el material para Sub-Base y Base granular, el mezclado (dosificación) se realizará en obra y/o en zonas de acopio en proporciones y diseño indicado bajo estricto control de parte de laboratorio.

CUARTA: En la zona de inundación (prog. 2+200 – 3+ 900), levantar el relleno de terraplén de 4.33 metros de altura, su conformación se llevará bajo estricto control de calidad de material y en cumplimiento de las especificaciones del Instituto nacional de vías (INV) y demás normas técnicas complementarias.

QUINTA: Los controles de calidad de materiales para el terraplén se llevará cada 1000 m³ y 3000 m³ respectivamente; y los controles de calidad de materiales para el Sub-Base y Base granular los ensayos se llevará a cada 750 m³ y 2000 m³ respectivamente.

SEXTA: El control de compactación in-situ; para el caso de terraplén se deberá realizar pruebas cada 250 m² y 500 m² en pista; y para el caso de Sub-Base y Base granular los controles de prueba se realizará cada 250 m² en pista.

SÉTIMA: Como parte del complemento al control de calidad de la estructura del pavimento se deberá realizar ensayos de deflectometría en pista, cada 50 metros en ambos carriles en forma alterna; los resultados de análisis serán comparados y no deberán ser superiores a la deflexión admisible, de ser el caso lo contrario, se deberán tomar acciones correctivas en Obra.

OCTAVA: De acuerdo a las características sísmicas y tectónicas del área del proyecto, es necesario considerar para el futuro la posible ocurrencia de sismos que podrían generar aceleraciones sísmicas en el terreno, del orden de 200 – 250 cm/seg² (Huaco, D. y Rodríguez, L. 1983), suficiente como para producir deslizamientos de Suelos y Rocas en zonas donde existan superficies con pendiente igual o mayor a 45⁰, por lo tanto, se recomienda considerar las previsiones del caso a efecto de evitar daños (deslizamientos, derrumbes de rocas y suelos), en el tramo de carretera Ccota- Charcas colocando señalizaciones.

NOVENA: En la estación N° 1; Km. 1+980, se recomienda realizar trabajos de remoción de material inestable, en la cresta de la talud y ubicar lo suficientemente razonable zanjas de coronación para evacuar aguas superficiales, y construir bermas en el pie de la talud. En la estación N° 2; Km. 6+400, se sugiere construir bermas en el pie de la talud con drenaje horizontal, bajar la inclinación de la talud y construir bermas en forma escalonada (talud compuesto) y ubicar zanjas de coronación en lugares apropiados, así mismo en ambos casos ubicar señalizaciones.

DÉCIMA: El material de préstamo que se utilizara para la conformación de terraplén, en las progresivas 2+200 al 3+900, provendrá de la cantera Carana ubicado a 10 kilómetros de la Obra en combinación con la cantera Quipata, los controles de calidad de materiales se realizara bajo el estricto cumplimiento de las especificaciones técnicas.

BIBLIOGRAFÍA

- BROWLES J. E. (1982) *“Manual de laboratorio de mecánica de suelos”*. Editorial Mac Graw – Hill latinoamericana. Bogotá – Colombia
- CÉSPEDES ABANTO, JOSE. (2000) *“los pavimentos en las vías terrestres calles, carreteras y aeropistas”*; universidad nacional de Cajamarca
- CORDOVA, J. Y. (1999). *“estudio geológico – geotécnicos y prospección de materiales”*. Comité internacional española de grandes presas. Madrid España.
- CHANG A. C., (2001) Curso de postgrado *“Diseño Avanzado de Pavimentos”*, Notas de clase, Sección de Postgrado UNI.
- CRESPO V.C. (1990) *“Mecánica de suelos y cimentaciones”* editorial Limusa noriega. México.
- CHEREQUE M. W. (1990) *“hidrología”*. Editorial Puc. Lima – Perú.
- GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTRO DE FOMENTO (2009) *“guía de cimentaciones en obras de carreteras”*.
- HUACO, D. y Rodríguez, L., (1993) *“Atenuación de la intensidad y la aceleración en el Perú”*. Instituto Geofísico del Perú.
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO (INGEMMET), BOLETÍN N°33 (1995) *“Geología de la cordillera occidental y altiplano al oeste del lago Titicaca- sur del Perú”*. (Proyecto integrado del sur)
- JUAREZ BADILLO, EULALIO; (1996) *“mecánica de suelos”*: tomo i, ii y iii, Edit. Limusa, México.
- LAMBE, WILLIAM T. Y WHITMAN, ROBERT V.; (1989) *“Mecánica de suelos”*, Edit. Limusa, México.
- MARIO S. H. Y PABLO M. A. (1985) *“Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones”*, Edit. L. B. internacional Inc. y LAGESA.

- MINISTERIO DE TRASPORTES Y COMUNICACIONES. (2000) *“Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calle y carreteras”*
Lima- Perú.
- SENAMHI, (2012) *“Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú”*.
- TRONCOSO J. H. (1997)- *“Fundamentos de ingeniería geotécnica antisísmica”*;
segunda edición; ediciones Universidad Católica de Chile.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍAS: (1975) *“manual de laboratorio de Suelos”*. UNI – lima.
- VALDERRAMA MENDOZA: (2001) *“Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica”*. Ed. San Marcos, Lima.
- VIVAR ROMERO G., (1995) *“Diseño y construcción de Pavimentos”*, Libro N° 6, colección del Ingeniero civil.

ANEXOS

ANEXO N° 1. EXPLORACION DE CANTERAS Y MATERIAL DE SUB-RASANTE

ANEXO N° 2. CERTIFICADOS DE SUELO DE FUNDACION

ANEXO N° 3. DISEÑO DE SUB-BASE Y BASE GRANULAR

ANEXO N° 4. CERTIFICADOS DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

ANEXO N° 5. CERTIFICADOS DE CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO IN-SITU

ANEXO N° 6. CERTIFICADOS DE CONTROL DE DEFLECTOMETRIA

ANEXO N° 7. PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO N° 8. *PLANOS Y PERFILES*

ANEXO N° 1

EXPLORACION DE CANTERAS Y MATERIAL DE SUB-RASANTE



GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO

ENSAYO DE CONSTANTES FISICOS

OBRA	: Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	: Material Granular
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	PROF.	: 150 metros
SECTOR	: Distrito de Platería, Puno	FECHA	: 03 de Marzo del 2013
UBICACIÓN	: Cantera Carucaya (Agregado de rio)		

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110- 2000 LP MTC E-111-2000

METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Nro. DE GOLPES	10	100
TARA Nº	10	100
SUELO HUMEDO + TARA	10	100
SUELO SECO + TARA	10	100
PESO DEL AGUA	10	100
PESO DE LA TARA	10	100
PESO DEL SUELO SECO	10	100
HUMEDAD %	10	100

NP

% DE HUMEDAD

Nro. DE GOLPES

LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		INDICE PLASTICO	
LL. :	%	LP. :	%	IP. :	%



GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

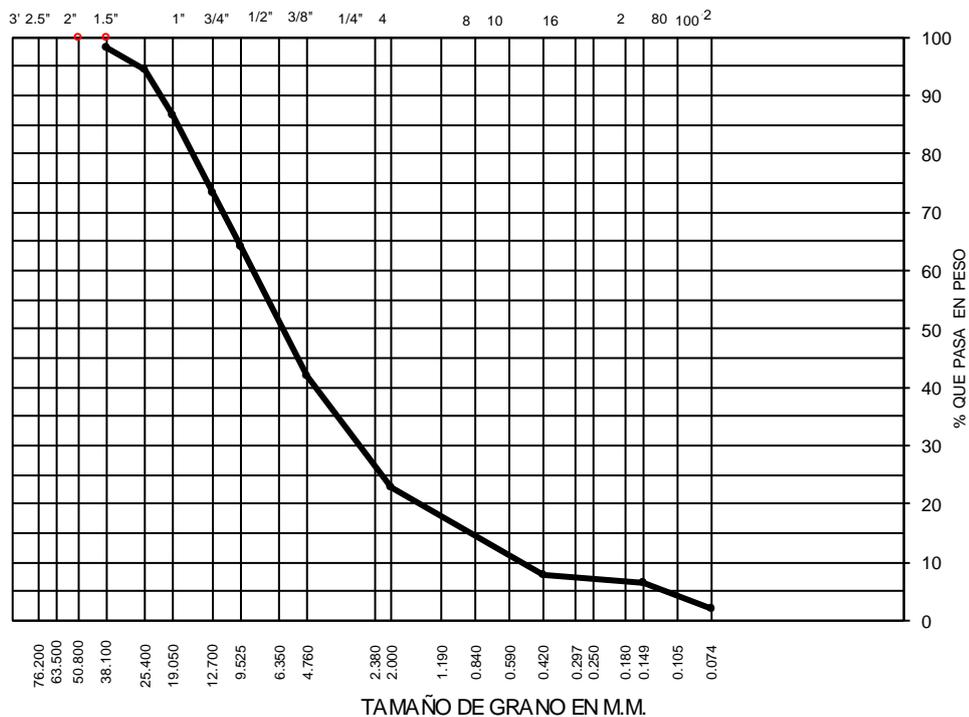
(METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422, MTC E-107)

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago sagrado de los Incas
TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I **MUESTRA**: Agregado de Rio Carucaya
SECTOR : Distrito de Plateria, Puno **REALIZA** : Enrique N. Paquita M.
UBICACIÓN : Cantera Rio Carucaya **FECHA** : 03 de Marzo del 2013

TAMICES	PESO RE	%RET.	%RET. A	% Q' PASA	ESPECIFICACIONES	
Pulg.	ABERT. mm.					
3"	76.200				DATOS DE LA MUESTRA	
2 1/2"	63.500					
2"	50.800				Peso Inicial 5781	
1 1/2"	38.100	103.0	1.8	1.8	98.2	Fraccion 563.1
1"	25.400	207.0	3.6	5.4	94.6	CLASIFICACION
3/4"	19.050	471.0	8.1	13.5	86.5	AASHTO A-1-a
1/2"	12.700	752.0	13.0	26.5	73.5	SUCS GW
3/8"	9.525	541.0	9.4	35.9	64.1	% Grava 58.1
1/4"	6.350	0.0	0.0	35.9	64.1	% Arena 40.0
# 4	4.760	1283.0	22.2	58.1	41.9	% Fino 1.9
# 8	2.380					L.L. NP
# 10	2.000	257.2	19.2	77.2	22.8	L'P. NP
# 16	1.190					IP. NP
# 20	0.840					
# 30	0.590					
# 40	0.420	201.8	15.0	92.2	7.8	
# 50	0.295					
# 60	0.250					
# 80	0.180					
#100	0.149	20.0	1.5	93.7	6.3	
#140	0.105					
# 200	0.074	78.8	5.9	98.1	1.9	
< 200						

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA





GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO			
DETERMINACION DE CONTROL DE HUMEDAD DE CAMPO			
MTC E-108-2000			
METODO ASTM D-2216			
OBRA	: Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas		
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	MUESTRA	: Material de Sub-rasante
SECTOR	: Distrito de Chucuito Puno	REALIZA	: E. N. P. M.
UBICACIÓN	: Cantera Quipata	FECHA	: 05 de Marzo del 2013
1	N° DE TARA	38	39
2	PESO SUELO HUMEDO + TARA	279.4	283.5
3	PESO SUELO SECO + TARA	258.6	263.5
4	PESO DEL AGUA	20.8	20.0
5	PESO DE LA TARA	24.2	22.6
6	PESO NETO DEL SUELO SECO	234.4	240.9
7	PORCENTAJE DE HUMEDAD	8.9	8.3
8	HUMEDAD PROMEDIO	8.6	

OBSERVACIONES:



GOBIERNO REGIONAL PUNO

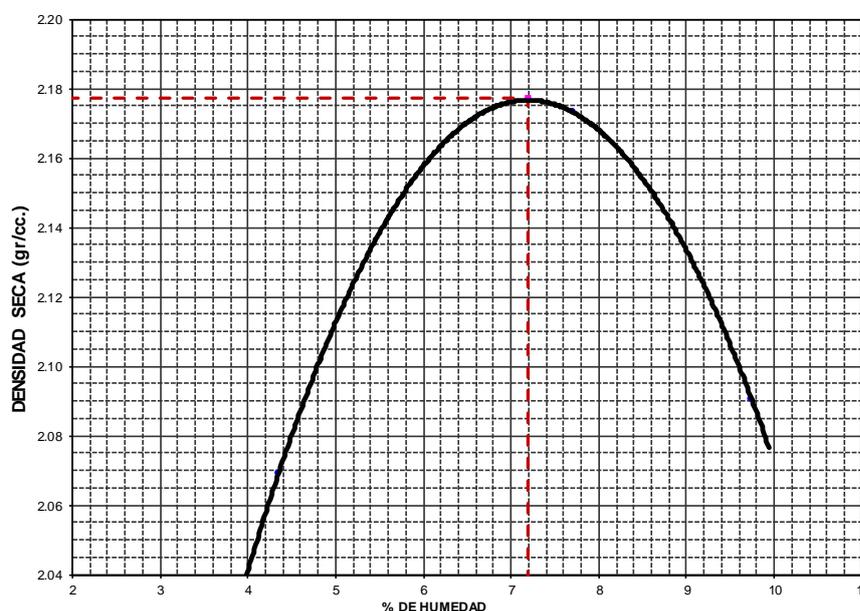
LABORATORIO

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

MTC- E 115 - 2000

METODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180-"D"

OBRA	:	Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas		
TRAMO	:	Ccota-Charcas, tramo I	MUESTRA	: Material de Sub-rasante
SECTOR	:	Distrito de Chucuito, Puno	REALIZA	: E. N. P. M.
UBICACIÓN	:	Cantera Quipata	FECHA	: 05 de Marzo del 2013
Molde N°	MODELO CN-45	01	Método de compactación	C
Volumen Molde		2179 cc	N° de capas	: 05
Peso del Molde		6260 grs.	N° de golpes por capa	: 56
Determinación	N°	01	02	03
Peso del molde y Muestra	gr.	10965	11360	1259
Peso del molde	gr.	6260	6260	6260
Peso de la muestra compactada	gr.	4705	5100	4999
Densidad húmeda	gr/cc	2.16	2.34	2.29
Densidad seca	gr/cc	2.07	2.17	2.09
Contenido de Agua				
Tarro	N°	16	05	12
Peso del Tarro	gr.	24.6	22.2	24.7
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	291.1	251.6	298.4
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	280.0	235.2	274.1
Peso del agua	gr.	11.1	16.4	24.3
Peso del suelo seco	gr.	255.4	213.0	249.4
Contenido de humedad	%	4.3	7.7	9.7
Promedio		4.4	7.7	9.7
DENSIDAD MAXIMA :		2.177	grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:
				7.20
				%





GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO

GRAVEDAD ESPECIFICA, ABSORCION DE LOS

AGREGADOS Y POROSIDAD

(MTC E-206 - 99, ASTM C-127)

OBRA : Mej. Inf. Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
SECTOR : Distrito de Chucuito, Puno
UBICACIÓN : Cantera Quipata

MUESTRA : Material de Sub-rasante
REALIZA : E. P. M.
FECHA : 05 de Marzo del 2013

AGREGADO GRUESO

MUESTRAS		Unid	1	2	PROMEDIO
A	PESO MAT.SAL SUP.SECA (en aire)	gr	564.6	567.2	
B	PESO MAT.SAT.SUP.SECA (en agua)	gr	351.7	353.7	
C	VOL.MASAS + VOL.DE VACIOS = A - B		212.9	213.5	
D	PESO DE MAT.SECO EN ESTUFA (105 °C)	°C	559.8	562.9	
E	VOLUMEN DE MASA = C.(A - D)	cc	208.1	209.2	
PE. BULK (base seca) = D/C			2.63	2.64	
PE. BULK (base saturada) = A/C			2.65	2.66	2.65
PE. APARENTE (base seca) = D/E			2.69	2.69	2.69
% DE ABSORCION = ((A.D)/D)*100			0.86	0.76	0.81
% DE POROSIDAD = ((A.D)/E)*100			2.31	2.06	2.18

OBSERVACIONES:



GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO

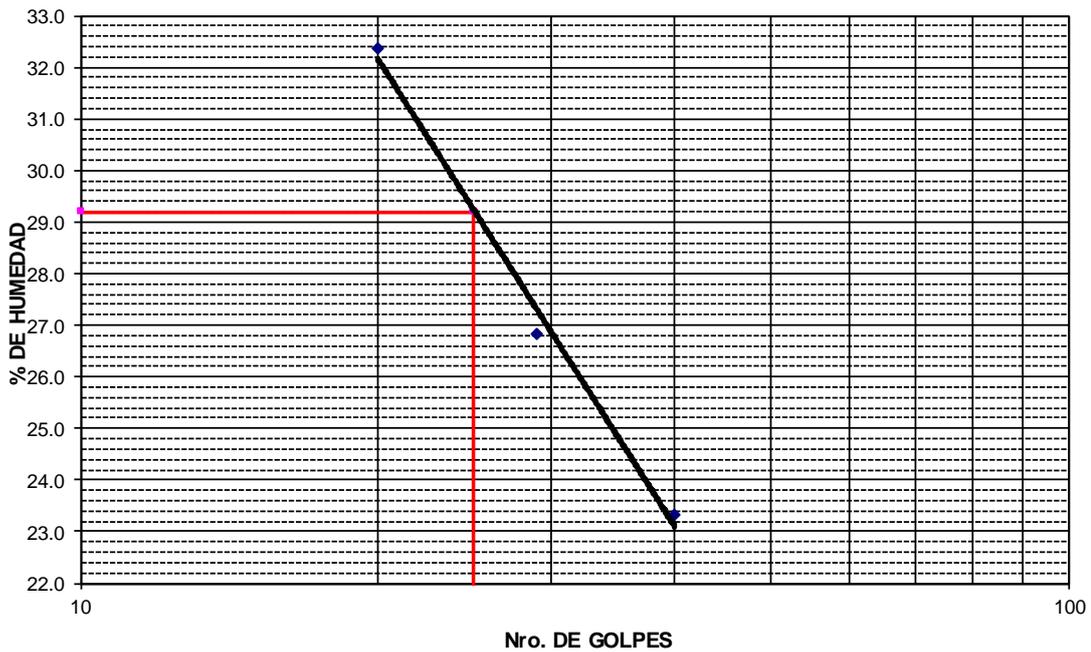
ENSAYO DE CONSTANTES FISICOS

OBRA	:	Mej. Inf. Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	:	Material de Sub-rasante
TRAMO	:	Ccota-Charcas, tramo I	REALIZA	:	E. N. P. M.
SECTOR	:	Distrito de Chucuito, Puno	FECHA	:	05 de Marzo del 2013
UBICACIÓN	:	Cantera Quipata			

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110- 2000 LP MTC E-111-2000
METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

Nro. DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
	20	29	40	12	36		
TARA N°	32	31	33	12	36	I	20.21
SUELO HUMEDO + TARA	63.90	53.90	48.70	47.50	46.60	II	22.67
SUELO SECO + TARA	53.80	47.70	43.20	43.70	42.70	III	0.00
PESO DEL AGUA	10.10	6.20	4.90	3.80	3.90	=	21.4 %
PESO DE LA TARA	22.60	24.60	22.20	24.90	25.50		
PESO DEL SUELO SECO	312	23.1	210	18.8	17.2		
HUMEDAD %	32.4	26.8	23.3	20.2	22.7	I	II



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 29.2 %	LP. : 21.4 %	IP. : 7.8 %



GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

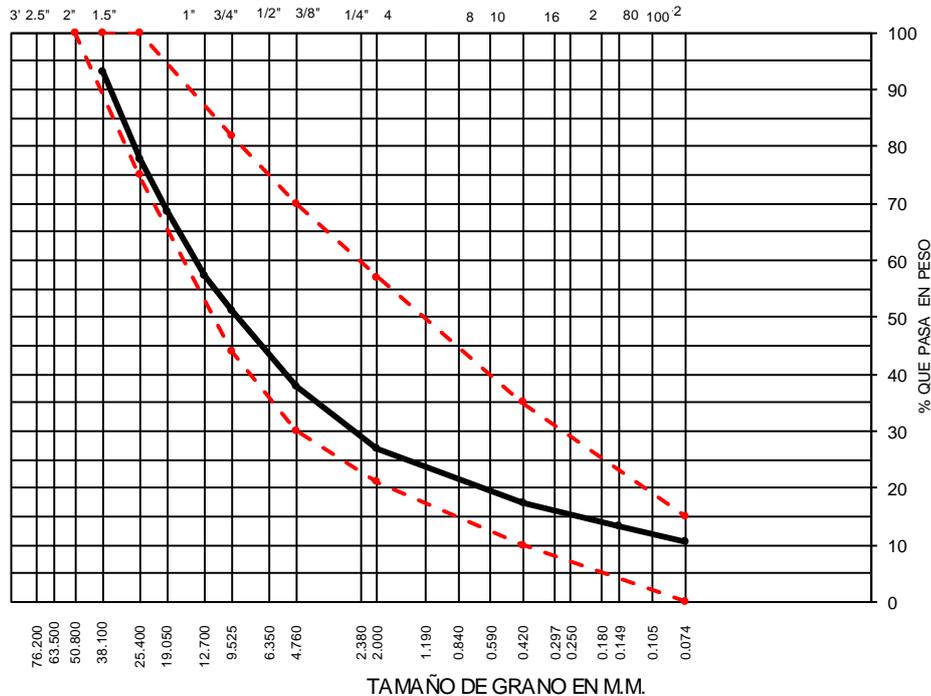
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422, MTC E-107)

OBRA : Mej. Inf. Vial Cir. Turistico Lago Sagrado de los Incas
TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I **MUESTRA**: Material de Sub-rasante
SECTOR : Distrito de Chucuito, Puno **REALIZA** : Enrique N. Paquita Merma
UBICACIÓN : Cantera Quipata **FECHA** : 05 de Marzo del 2013

TAMICES		PESO RE	%RET.	%RET. A	% Q' PAS	ESPECIFICACIONES	
Pulg.	ABERT. mm.					A	
3"	76.200		0.0	0.0	100.0	100	DATOS DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		Peso Inicial 4402 gr.
2"	50.800	167.0	3.8	3.8	96.2	100	Fraccion 524.4 gr.
1 1/2"	38.100	135.0	3.1	6.9	93.1		
1"	25.400	680.0	15.4	22.3	77.7		
3/4"	19.050	404.0	9.2	31.5	68.5		CLASIFICACION
1/2"	12.700	489.0	11.1	42.6	57.4		AASHTO A-2-4
3/8"	9.525	275.0	6.2	48.8	51.2		SUCS GC
1/4"	6.350	0.0	0.0	48.8	51.2		
# 4	4.760	590.0	13.4	62.2	37.8	30 70	L L 29.2
# 8	2.380						L P 21.4
# 10	2.000	152.0	10.9	73.2	26.8		IP 7.8
# 16	1.190						% de Grava 62.2
# 20	0.840						% de Arena 27.2
# 30	0.590						% de Finos 10.5
# 40	0.420	130.2	9.4	82.6	17.4		
# 50	0.295						
# 60	0.250						OBSERVACIONES :
# 80	0.180						Material Zarandeado por
#100	0.149						malla de 3'
#140	0.105						
# 200	0.074	95.7	6.9	89.5	10.5	0 - 15	
<200							

CURVA GRANULOMETRICA





GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Laboratorio Geotecnico

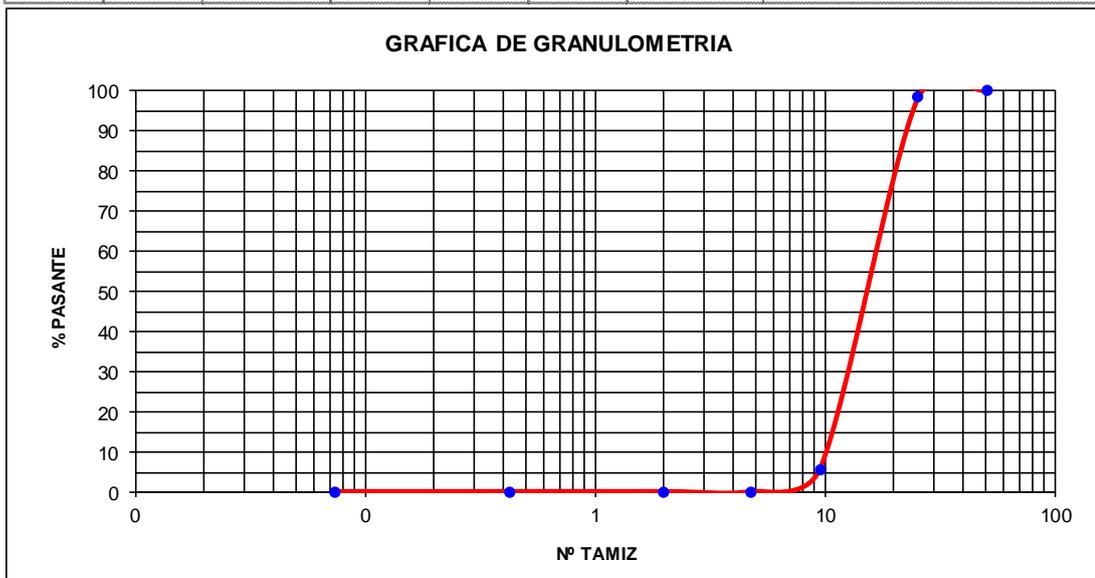
ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITANTE : Residente de Obra
 UBICACION : Planta Chancadora de Cabanillas
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA :
 MUESTRA : Piedra Chancada de 1" a 1/4"

OPERADOR : S. P. H.
 ESPECIALISTA : E. N. P. M.
 FECHA : 17 de Abril del 2014
 CODIGO

PROCEDENCIA DEL MATERIAL :			MUESTRA : CANTERA			NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.	
Nº DE MALLAS EN SERIE AMERICANA	ABERTURA DE MALLAS	PESO RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS DE ENSAYOS
3"	76.200			-	100.0		Peso Inicial (gr) : 3234.90
2 1/2"	63.500		-	-	100.0		Peso fracción : _____
2"	50.800	-	-	-	100.0		K = : 0.000
1 1/2"	38.100	0.00	-	-	100.0		Limite Liquido : NP
1"	25.400	53.80	1.66	1.66	98.3		Limite Plastico : NP
3/4"	19.050	994.90	30.76	32.42	67.6		Indice Plastico : NP
1/2"	12.700	1442.60	44.59	77.01	23.0		% de humedad : _____
3/8"	9.525	555.30	17.2	94.2	5.8		% de grava : 99.9
1/4"	6.350	0.00	0.0	94.2	5.8		% de arena : 0.12 %
Nº 4	4.760	184.30	5.7	99.9	0.1		Tamaño maximo : _____
Nº 6	3.360				0.1		% Pasante Nº200 : 0.12 gr/cm3
Nº 8	2.380	0.00	0.0	99.9	0.1		Color : _____
Nº 10	2.000	1.40	0.0	99.9	0.1		Clasific. SUCS : _____
Nº16	1.190				0.1		Clasific. AASHTO : _____
Nº 20	0.840	0.90	0.0	99.9	0.1		Tamaño max.de C : _____
Nº 30	0.590				0.1		ABR. ANGELES. : _____
Nº 40	0.426	0.60	0.0	100.0	0.1		Observaciones :
Nº 50	0.297	0.00	0.0	100.0	0.1		
Nº 80	0.177	-			0.1		
Nº 100	0.149	0.50	0.0	100.0	0.1		
Nº 200	0.074	0.20	0.0	100.0	0.1		
-200		0.00	0.0	100.0			

GRAFICA DE GRANULOMETRIA





GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 Jr. CARABAYA Nº 351

ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITANTE : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Planta Chancadora "CABANILLAS" FECHA : 7 de Mayo del 2014
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I OPERADOR : S. P. H.
 PROGRESIVA : ESPECIALISTA : E. N. P. M.
 MUESTRA : Piedra Chancada para Base de 1" a 1/4"

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO			
QUE PASA	RETENIDO	100 Revoluciones		500 Revoluciones	
		GRADACION		GRADACION "B"	
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"				2,503.40
1/2"	3/8"				2,497.30
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 04				
N° 04	N° 08				
Peso Inicial					5,000.70
retenido en la Malla N° 12					4,050.57
Que pasa la Malla N° 12					950.13
% de Pérdida					19.00%
PERDIDA PROMEDIO %					19.00%
ESFERAS		Peso Gr.:	5.004	Nro:	12
OBSERVACIONE:		RESISTENCIA AL DESGASTE = 81.00%			
		PORCENTAJE DE PERDIDA = 19.00%			



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 Jr. CARABAYA N° 351

ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

PROYECTO : Mej. Inf. Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITANTE : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno FECHA : 13 de Mayo del 2014
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I OPERADOR : S. P. H.
 PROGRESIVA: Km. 7+400 L/D ESPECIALISTA: E. N. P. M.
 MUESTRA : Grava de Cantera Quipata

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO			
QUE PASA	RETENIDO	100 Revoluciones		500 Revoluciones	
		GRADACION		GRADACION	"B"
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"				2,509.00
1/2"	3/8"				2,510.00
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 04				
N° 04	N° 08				
Peso Inicial					5,019.00
retenido en la Malla N° 12					3,284.20
Que pasa la Malla N° 12					1,734.80
% de Pérdida					34.56%
PERDIDA PROMEDIO %					34.56%
ESFERAS		Peso Gr.:	5.004	Nro:	12
OBSERVACIONE: RESISTENCIA AL DESGASTE = 65.44%					
PORCENTAJE DE PERDIDA = 34.56%					



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 Jr. CARABAYA N° 351

ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

PROYECTO : Mej. Inf. Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITANTE : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno FECHA : 13 de Mayo del 2014
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I OPERADOR : S. P. H.
 CANTERA : Huayna-ccakata, QUIPATA ESPEC. : E. N. P. M.
 MUESTRA : Roca

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO			
QUE PASA	RETENIDO	00 Revoluciones		1000 Revoluciones	
		GRADACION		GRADACION "E"	
3"	2 1/2"				2498.5
2 1/2"	2"				2462.2
2"	1 1/2"				5071.9
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"				
1/2"	3/8"				
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 04				
N° 04	N° 08				
Peso Inicial					10,032.60
retenido en la Malla N° 12					6,542.30
Que pasa la Malla N° 12					3,490.30
% de Pérdida					34.79%
PERDIDA PROMEDIO %					34.79%
ESFERAS		Peso Gr.:	5.004	Nro:	12
OBSERVACION		RESISTENCIA AL DESGASTE = 65.21%			
		PORCENTAJE DE PERDIDA = 34.79%			



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 Jr. CARABAYA N° 351

ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

PROYECTO : MEJ. INF. VIAL CIRCUITO LAGO SAGRADO DE LOS INCAS TRAMO: CCOTA - CHARCAS
 SOLICITANTE : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Plateria - Puno FECHA : Marzo del 2014
 TRAMO : I CCOTA - CHARCAS OPERADOR : S. P. H.
 PROGRESIVA : ESPECIALISTA : E. N. P. M.
 MUESTRA : Grava de cantera Carucaya

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO			
QUE PASA	RETENIDO	100 Revoluciones		500 Revoluciones	
		GRADUACION		GRADUACION "A"	
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				1,249.80
1"	3/4"				1,250.10
3/4"	1/2"				1,251.30
1/2"	3/8"				1,250.70
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 04				
N° 04	N° 08				
Peso Inicial					5,001.90
retenido en la Malla N° 12					4,014.97
Que pasa la Malla N° 12					986.93
% de Pérdida					19.73%
PERDIDA PROMEDIO %					19.73%
ESFERAS		Peso Gr.:	5.004	Nro:	12
OBSERVACIONE: RESISTENCIA AL DESGASTE = 80.27%					
PORCENTAJE DE PERDIDA = 19.73%					

ANEXO N° 2

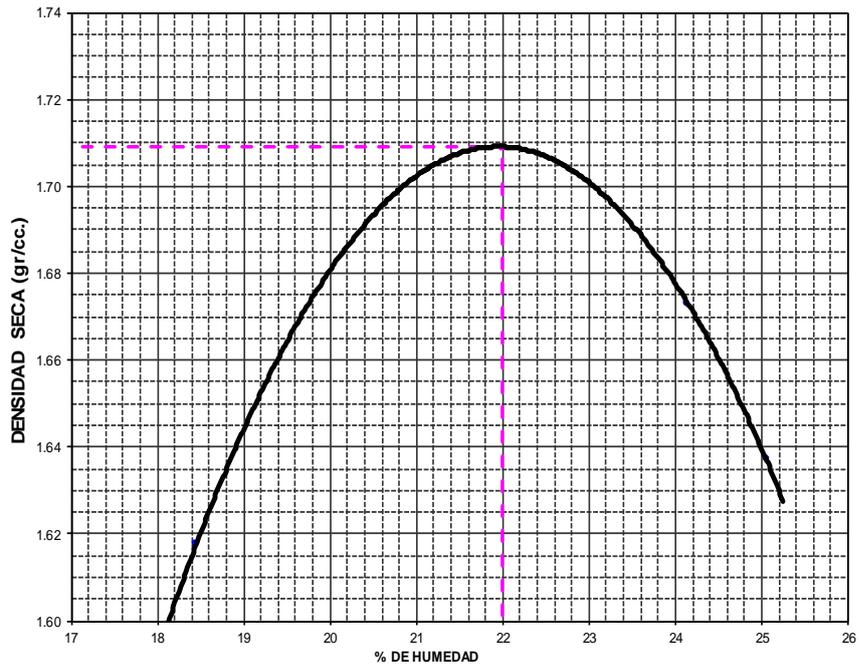
CERTIFICADOS DE SUELO DE FUNDACION

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

MTC- E 115 - 2000

METODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180-"D"

OBRA :		Mej. Inf. Vial Circuito Turístico Lago sagrado de los incas			
TRAMO :		Ccota-Charcas, tramo I		MUESTRA : Suelo de Fundacion	
SECTOR :		Distrito de Chucuito, Puno		PROF. : 120 m	
UBICACIÓN :		Km. 9+500		FECHA : 19/05/2013	
Molde N°	MODELO CN-45	01	Método de compactación		"B"
Volumen Molde	2179	cc	N° de capas		: 05
Peso del Molde	6263	grs.	N° de golpes por capa		: 56
Determinación	N°	01	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	10438	10789	10724	
Peso del molde	gr.	6263	6263	6263	
Peso de la muestra compactada	gr.	4175	4526	4461	
Densidad húmeda	gr/cc	1.92	2.08	2.05	
Densidad seca	gr/cc	1.62	1.67	1.64	
Contenido de Agua					
Tarro	N°	33	39	10	
Peso del Tarro	gr.	22.1	22.6	24.9	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	29.3	41.9	58.2	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	12.6	18.7	31.5	
Peso del agua	gr.	16.7	23.2	26.7	
Peso del suelo seco	gr.	90.5	96.1	106.6	
Contenido de humedad	%	18.5	24.1	25.0	
Promedio		18.5	24.1	25.1	
DENSIDAD MAXIMA :		1.709	grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:	
				22.00 %	

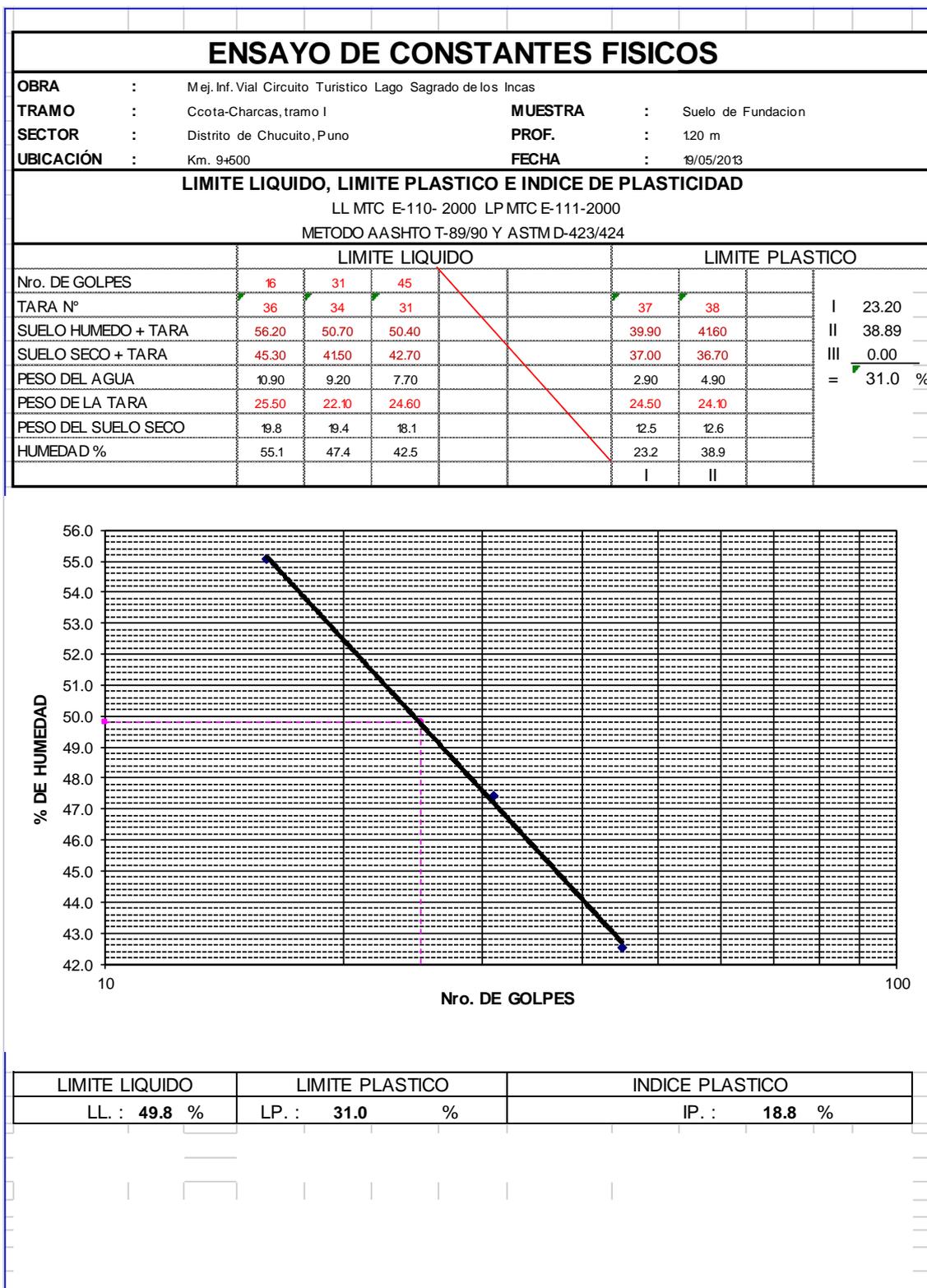


LABORATORIO
DETERMINACION DE CONTROL DE HUMEDAD DE CAMPO
MTC E-108-2000
METODO ASTM D-2216

OBRA	: Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	: Suelo de Fundacion
TRAMO	: Ccota - Charcas, tramo I	PROFUND.	: 120 m.
SECTOR	: Distrito de Chucuito, Puno	FECHA	: 19 de Mayo del 2013
UBICACIÓN	: Km 9+500		

1	N° DE TARA	10	35
2	PESO SUELO HUMEDO + TARA	201.3	198.5
3	PESO SUELO SECO + TARA	169.7	167.4
4	PESO DEL AGUA	31.6	31.1
5	PESO DE LA TARA	24.9	22.9
6	PESO NETO DEL SUELO SECO	144.8	144.5
7	PORCENTAJE DE HUMEDAD	21.8	21.5
8	HUMEDAD PROMEDIO	21.7	

OBSERVACIONES:





GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

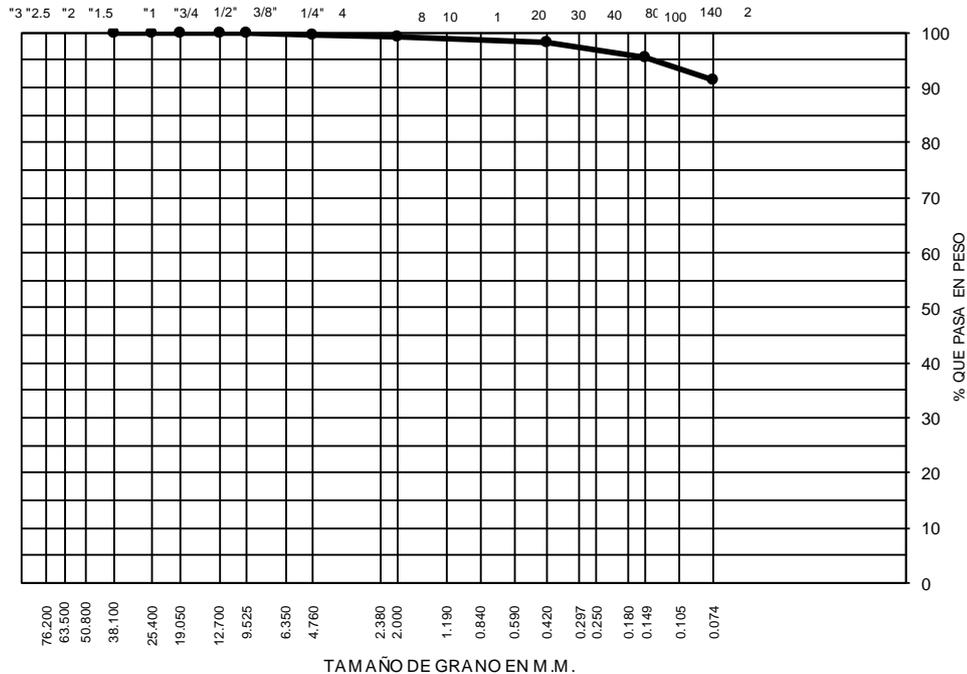
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000
METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

OBRA	: Mej. Inf. Vial circuito Turístico lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	: Suelo de Fundacion
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	ESPEC.	: E. N. P. M.
SECTOR	: Distrito de chucuito, Puno	FECHA	: 19 de Mayo del 2013
UBICACIÓN	: Km. 9+500		

TAMICES		PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q' PASA	ESPECIFICACIONES
Pulg.	ABERT. mm.					
3"	76.200					DATOS DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					peso fraccion
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	CLASIFICACION DE SUELOS
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	SUCS CL
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
# 4	4.760	16	0.3	0.3	99.7	LL 49.8
# 8	2.380					LP 31.0
# 10	2.000	2.4	0.4	0.6	99.4	IP 18.80
# 16	1.180					
# 20	0.840	2.3	0.4	1.0	99.0	%de Grava : 0.3
# 30	0.590					%de Arena : 8.2
# 40	0.420	5.5	0.9	19	98.1	%de Finos : 91.6
# 50	0.295					OBSERVACIONES :
# 60	0.250					
# 80	0.180					
# 100	0.149	16.8	2.7	4.6	95.4	
# 140	0.105					
# 200	0.074	24.4	3.9	8.4	91.6	
< 200						

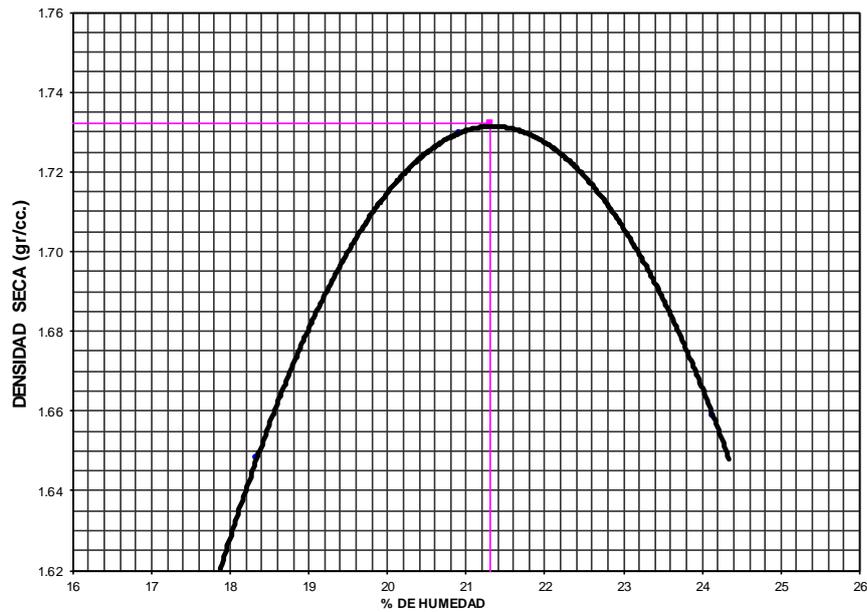
CURVA GRANULOMETRICA



ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

MTC- E 115 - 2000
METODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180-"D"

OBRA	:	Mej. Inf. Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas					
TRAMO	:	Ccota-Charcas, tramo I		MUESTRA	:	Suelo de Fundacion	
SECTOR	:	Distrito de Plateria, Puno		PROF.	:	120 m	
UBICACIÓN	:	Km. 0+600		FECHA	:	16 de Mayo del 2013	
Molde N°	MODELO CN-45	01	Método de compactación		"B"		
Volumen Molde		2179 cc	N° de capas		: 05		
Peso del Molde		6263 grs.	N° de golpes por capa		: 56		
Determinación	N°	01	02	03	04		
Peso del molde y Muestra	gr.	10513	10820	10750			
Peso del molde	gr.	6263	6263	6263			
Peso de la muestra compactada	gr.	4250	4557	4487			
Densidad húmeda	gr/cc	1.95	2.09	2.06			
Densidad seca	gr/cc	1.65	1.73	1.66			
Contenido de Agua							
Tarro	N°	41	43	45			
Peso del Tarro	gr.	22.1	22.6	24.9			
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	129.2	142.3	158.1			
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	112.6	121.6	132.2			
Peso del agua	gr.	16.6	20.7	25.9			
Peso del suelo seco	gr.	90.5	99.0	107.3			
Contenido de humedad	%	18.3	20.9	24.1			
Promedio		18.3	20.9	24.1			
DENSIDAD MAXIMA :		1.732	grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:		21.31	%

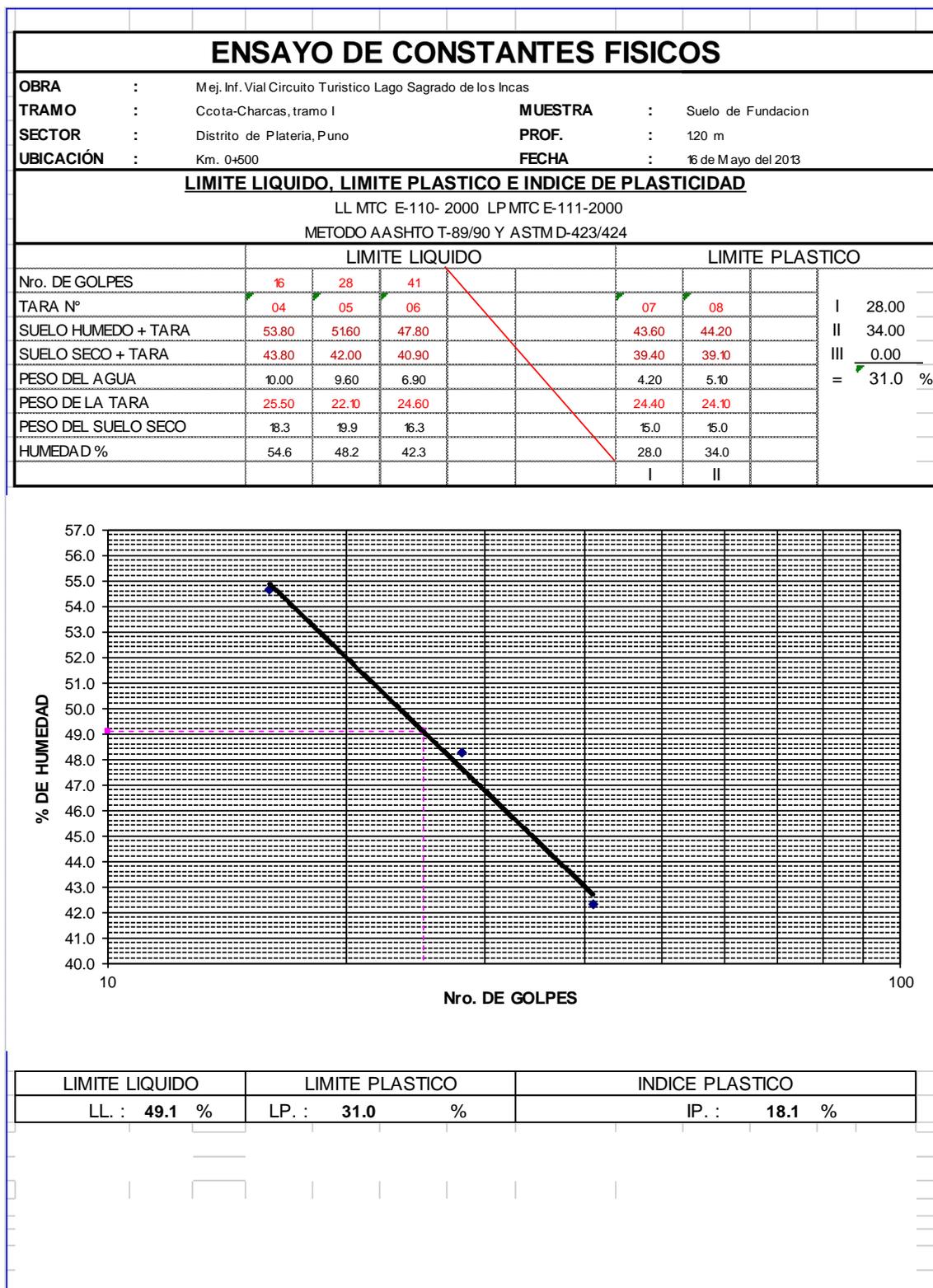


LABORATORIO
DETERMINACION DE CONTROL DE HUMEDAD DE CAMPO
MTC E-108-2000
METODO ASTM D-2216

OBRA	: Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	: Suelo de Fundacion
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	PROFUND.	: 120 m.
SECTOR	: Distrito de Plateria, Puno	FECHA	: 16 de Mayo del 2013
UBICACIÓN	: Km. 0+500		

1	N° DE TARA	35	10
2	PESO SUELO HUMEDO + TARA	196.3	197.2
3	PESO SUELO SECO + TARA	166.7	167.1
4	PESO DEL AGUA	29.6	30.1
5	PESO DE LA TARA	22.9	24.9
6	PESO NETO DEL SUELO SECO	143.8	142.2
7	PORCENTAJE DE HUMEDAD	20.6	21.2
8	HUMEDAD PROMEDIO	20.9	

OBSERVACIONES:





GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

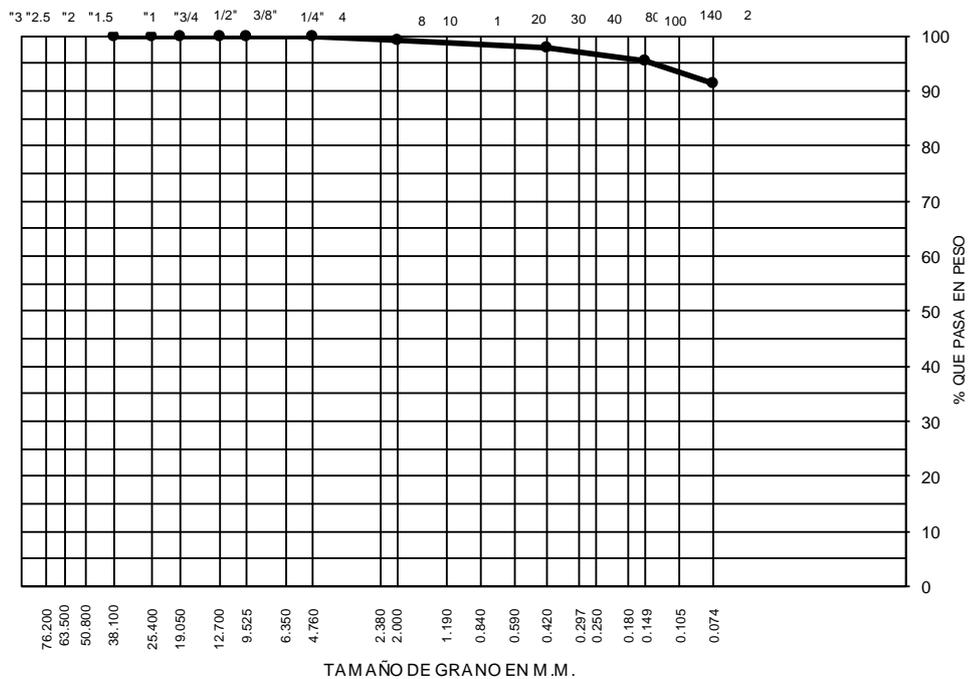
MTC E 107-2000

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

OBRA	Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado delos Incas	MUESTRA	Suelo de Fundacion
TRAMO	Ccota-Charcas, tramo I	PROF.	120 m
SECTOR	Distrito de Plateria Puno	FECHA	16 de Mayo del 2013
UBICACIÓN	Km. 0+500		

TAMICES		PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q' PASA	ESPECIFICACIONES
Pulg.	ABERT. mm.					
DATOS DE LA MUESTRA						
3"	76.200					Peso Inicial 630.7
2 1/2"	63.500					peso fraccion
2"	50.800					
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	CLASIFICACION DE SUELOS
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	AASHTO A-7-5
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	SUCS CL
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	LL 49.10
# 4	4.760	12	0.2	0.2	99.8	LP 31.0
# 8	2.380					IP 18.1
# 10	2.000	2.6	0.4	0.6	99.4	
# 16	1.190					% de Grava : 0.2
# 20	0.840	3.1	0.5	1.1	98.9	% de Arena : 8.3
# 30	0.590					% de Finos : 91.5
# 40	0.420	5.4	0.9	2.0	98.0	
# 50	0.295					
# 60	0.250					OBSERVACIONES :
# 80	0.180					
# 100	0.149	15.2	2.4	4.4	95.6	
# 140	0.105					
# 200	0.074	26.3	4.2	8.5	91.5	
< 200						

CURVA GRANULOMETRICA



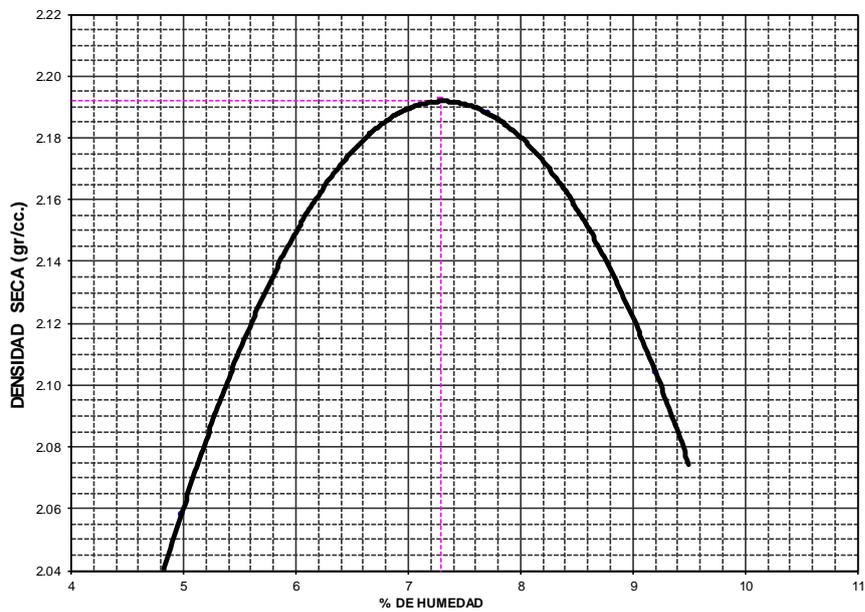


GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

MTC- E 115 - 2000
METODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180-"D"

OBRA :	Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas			
TRAMO :	Ccota-Charcas, tramo I	MUESTRA :	Suelo de Fundacion	
SECTOR :	Distrito de Plateria, Puno	PROF. :	120 metros	
UBICACIÓN :	Km. 2+000	FECHA :	12 de Mayo del 2013	
Molde N°	MODELO CN-45	01	Método de compactación	C
Volumen Molde	2179	cc	N° de capas	: 05
Peso del Molde	6260	grs.	N° de golpes por capa	: 56
Determinación	N°	01	02	03
Peso del molde y Muestra	gr.	10968	11395	1267
Peso del molde	gr.	6260	6260	6260
Peso de la muestra compactada	gr.	4708	5135	5007
Densidad húmeda	gr/cc	2.16	2.36	2.30
Densidad seca	gr/cc	2.06	2.19	2.10
Contenido de Agua				
Tarro	N°	16	05	12
Peso del Tarro	gr.	24.6	22.2	24.7
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	292.1	252.7	296.5
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	279.4	236.2	273.6
Peso del agua	gr.	12.7	16.5	22.9
Peso del suelo seco	gr.	254.8	214.0	248.9
Contenido de humedad	%	5.0	7.7	9.2
Promedio		5.0	7.7	9.2
DENSIDAD MAXIMA :	2.192	grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:	7.29 %





GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO DETERMINACION DE CONTROL DE HUMEDAD DE CAMPO MTC E-108-2000 METODO ASTM D-2216			
OBRA	: Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas		
TRAMO	: Ccota Charcas, tramo I	MUESTRA	: Suelo de Fundacion
SECTOR	: Distrito de Plateria, Puno	PROFUNDIDA	: 120 metros
UBICACIÓN	: Km. 2+000	FECHA	: 03/11/2012
1	N° DE TARA	07	08
2	PESO SUELO HUMEDO + TARA	145.7	205.2
3	PESO SUELO SECO + TARA	125.9	181.4
4	PESO DEL AGUA	19.8	23.8
5	PESO DE LA TARA	43.0	43.1
6	PESO NETO DEL SUELO SECO	83.0	138.3
7	PORCENTAJE DE HUMEDAD	23.9	17.2
8	HUMEDAD PROMEDIO	20.5	

OBSERVACIONES:



GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ENSAYO DE CONSTANTES FISICOS

OBRA	: Mej. Inf. Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	: Suelo de Fundacion
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	PROF.	: 120 m
SECTOR	: Distrito de Plateria, Puno	FECHA	: 15/05/2013
UBICACIÓN	: Km. 2+000		

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110- 2000 LP MTC E-111-2000
METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

Nro. DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
	18	30	42	07	08		
TARA N°	32	31	33	07	08	I	19.08
SUELO HUMEDO + TARA	65.90	52.30	46.80	45.23	46.23	II	17.02
SUELO SECO + TARA	56.40	46.90	42.50	41.94	43.20	III	0.00
PESO DEL AGUA	9.50	5.40	4.30	3.29	3.03	=	18.1 %
PESO DE LA TARA	22.50	24.60	22.20	24.70	25.40		
PESO DEL SUELO SECO	33.9	22.3	20.3	17.2	17.8		
HUMEDAD %	28.0	24.2	21.2	19.1	17.0	I	II



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 25.5 %	LP. : 18.1 %	IP. : 7.4 %



GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO

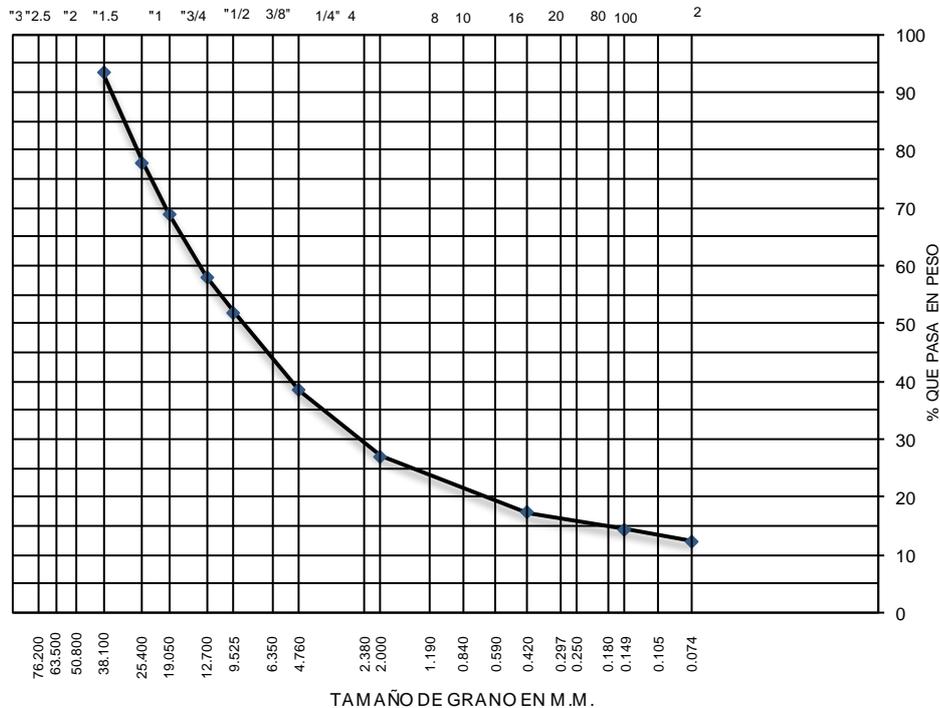
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000
METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

OBRA :	Mej. Inf. Vial Cir. Tur. Lago Sagrado delos Incas	MUESTRA :	Suelo de Fundacion
TRAMO :	Ccota-Charcas, tramo I	REALIZA :	Enrique N. Paquita M.
SECTOR :	Distrito de Plateria, Puno	FECHA :	15 de Mayo del 2013
UBICACIÓN :	Km. 2+000		

TAMICES		PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q' PASA	DATOS DE LA MUESTRA	
Pulg.	ABERT. mm.						
3"	76.200	0			100.0	Peso Inicial	4387
2 1/2"	63.500	0.0			100.0	Fraccion	508.3
2"	50.800	62.0	3.7	3.7		CLASIFICACION AASHTO A-2-4 SUCS GC	
1 1/2"	38.100	29.0	2.9	6.6	93.4	LL	25.5
1"	25.400	678.0	5.5	22.1	77.9	LP	18.1
3/4"	19.050	392.0	8.9	31.0	69.0	IP	7.4
1/2"	12.700	481.0	11.0	42.0	58.0	OBSERVACIONES : La muestra procede de 120 metros de profundidad	
3/8"	9.525	270.0	6.2	48.1	51.9		
1/4"	6.350						
# 4	4.760	588.0	13.4	61.5	38.5		
# 8	2.380						
# 10	2.000	50.6	11.4	72.9	27.1		
# 16	1.190						
# 20	0.840						
# 30	0.590						
# 40	0.420	28.5	9.7	82.7	17.3		
# 50	0.295						
# 60	0.250						
# 80	0.180						
# 100	0.149						
# 140	0.105						
# 200	0.074	65.8	5.0	87.6	12.4		
< 200							

CURVA GRANULOMETRICA



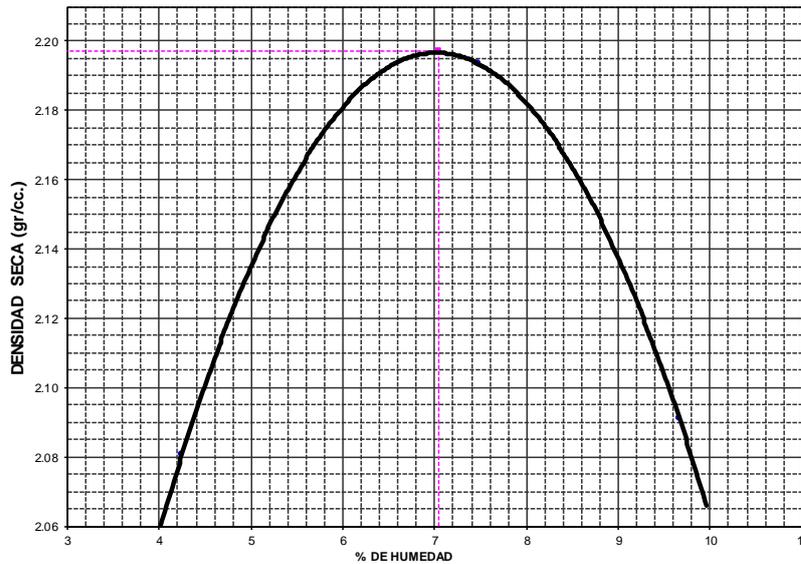


GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

MTC- E 115 - 2000
METODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180-"D"

OBRA :	Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas					
TRAMO :	Ccota - Charcas, tramo I	MUESTRA :	Suelo de Fundacion			
SECTOR :	Distrito de Chucuito, Puno	PROF. :	120 m			
UBICACIÓN :	Km. 7+500	FECHA :	13 de Mayo del 2013			
Molde Nº	MODELO CN-45	01	Método de compactación	C		
Volumen Molde	2179	cc	Nº de capas	: 05		
Peso del Molde	6260	grs.	Nº de golpes por capa	: 56		
Determinación	Nº	01	02	03		
Peso del molde y Muestra	gr.	10987	11397	1257		
Peso del molde	gr.	6260	6260	6260		
Peso de la muestra compactada	gr.	4727	5137	4997		
Densidad húmeda	gr/cc	2.17	2.36	2.29		
Densidad seca	gr/cc	2.08	2.19	2.09		
Contenido de Agua						
Tarro	Nº	16	05	12	18	07
Peso del Tarro	gr.	24.6	22.2	24.7		
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	292.0	252.1	299.4		
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	281.1	236.1	275.2		
Peso del agua	gr.	10.9	16.0	24.2		
Peso del suelo seco	gr.	256.5	213.9	250.5		
Contenido de humedad	%	4.2	7.5	9.7		
Promedio		4.3		7.5		9.7
DENSIDAD MAXIMA :	2.197	grs/cc		CONTENIDO DE HUMEDAD:	7.05	%





GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO			
DETERMINACION DE CONTROL DE HUMEDAD DE CAMPO			
MTC E-108-2000			
METODO ASTM D-2216			
OBRA	: Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas		
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	MUESTRA	: Suelo de Fundacion
SECTOR	: Distrito de Chucuito, Puno	PROFUNDIDA	: 120 metros
UBICACIÓN	: Km. 7+500	FECHA	: 03/11/2012
1	N° DE TARA	07	08
2	PESO SUELO HUMEDO + TARA	210.9	220.9
3	PESO SUELO SECO + TARA	182.3	204.1
4	PESO DEL AGUA	28.6	16.8
5	PESO DE LA TARA	43.2	43.1
6	PESO NETO DEL SUELO SECO	139.1	161.0
7	PORCENTAJE DE HUMEDAD	20.6	10.4
8	HUMEDAD PROMEDIO	15.5	

OBSERVACIONES:



GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

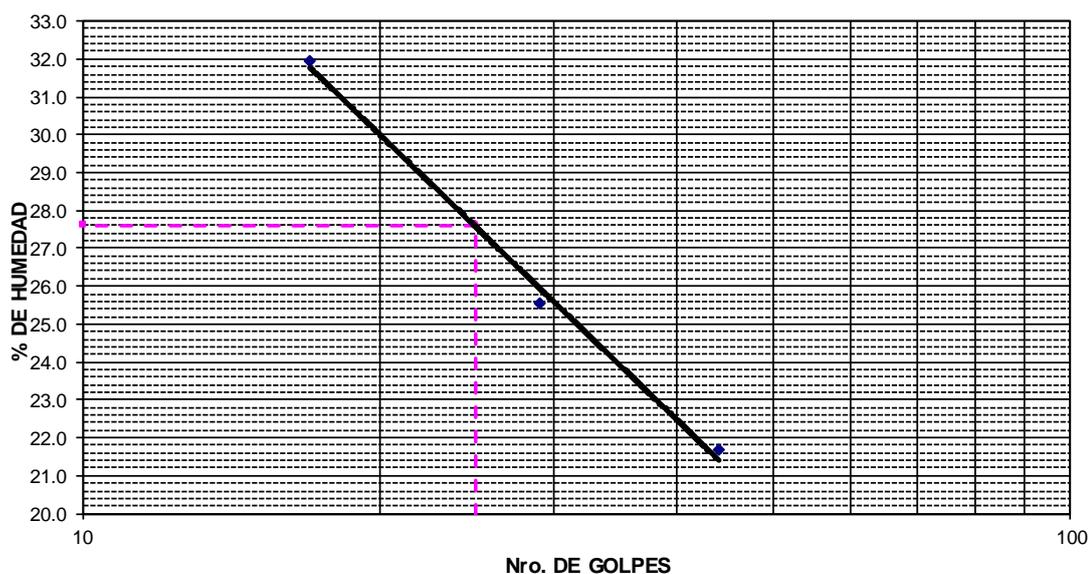
ENSAYO DE CONSTANTES FISICOS

OBRA	: Mej. Inf. Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	: Suelo de Fundacion
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	PROF.	: 120 m
SECTOR	: Distrito de Chucuito, Puno	FECHA	: 13/05/2013
UBICACIÓN	: Km. 7+500		

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110- 2000 LP MTC E-111-2000
METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

Nro. DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
	17	29	44	05	07		
TARA N°	32	31	33			I	20.72
SUELO HUMEDO + TARA	63.40	53.75	47.91	48.24	46.50	II	20.57
SUELO SECO + TARA	53.52	47.82	43.35	44.20	42.90	III	0.00
PESO DEL AGUA	9.88	5.93	4.56	4.04	3.60	=	20.6 %
PESO DE LA TARA	22.60	24.60	22.30	24.70	25.40		
PESO DEL SUELO SECO	30.9	23.2	21.1	19.5	17.5		
HUMEDAD %	32.0	25.5	21.7	20.7	20.6	I	II



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 27.6 %	LP. : 20.6 %	IP. : 7.0 %



GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

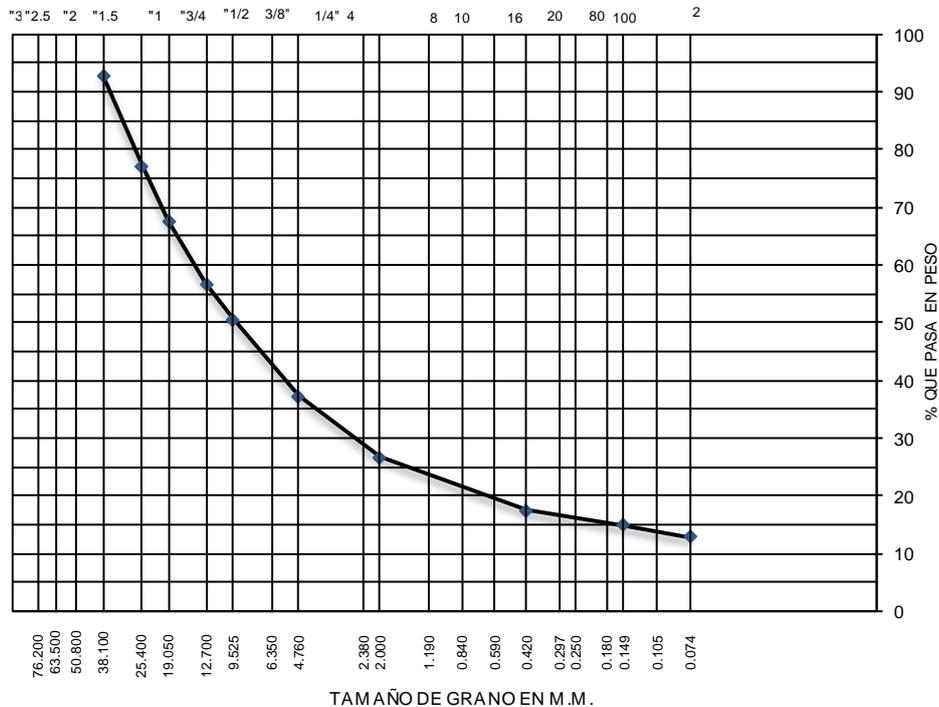
MTC E 107-2000

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

OBRA :	Mej. Inf. Vial Cir. Tur. Lago Sagrado delos Incas	MUESTRA :	Suelo de Fundacion
TRAMO :	Ccota-Charcas, tramo I	REALIZA :	Enrique N. Paquita M.
SECTOR :	Distrito de Chucuito, Puno	FECHA :	13/05/2013
UBICACIÓN :	Km. 7+500		

TAMICES		PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q PASA	CLASIFICACION
Pulg.	ABERT. mm.					
3"	76.200	0			100.0	DATOS DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500	0.0			100.0	
2"	50.800	178.0	4.0	4.0		Peso Inicial 4410 gr.
1 1/2"	38.100	139.0	3.2	7.2	92.8	Fraccion 528.9 gr.
1"	25.400	689.0	15.6	22.8	77.2	CLASIFICACION
3/4"	19.050	420.0	9.5	32.3	67.7	AASHTO A-2-4
1/2"	12.700	485.0	11.0	43.3	56.7	SUCS GC
3/8"	9.525	271.0	6.1	49.5	50.5	
1/4"	6.350					LL 27.6
# 4	4.760	588.0	13.3	62.8	37.2	LP 20.6
# 8	2.380					IP 7
# 10	2.000	50.6	10.6	73.4	26.6	
# 16	1.190					
# 20	0.840					
# 30	0.590					
# 40	0.420	129.3	9.1	82.5	17.5	
# 50	0.295					
# 60	0.250					OBSERVACIONES :
# 80	0.180					
# 100	0.149					
# 140	0.105					La muestra procede de
# 200	0.074	67.5	4.7	87.2	12.8	120 metros de profundidad
< 200						

CURVA GRANULOMETRICA





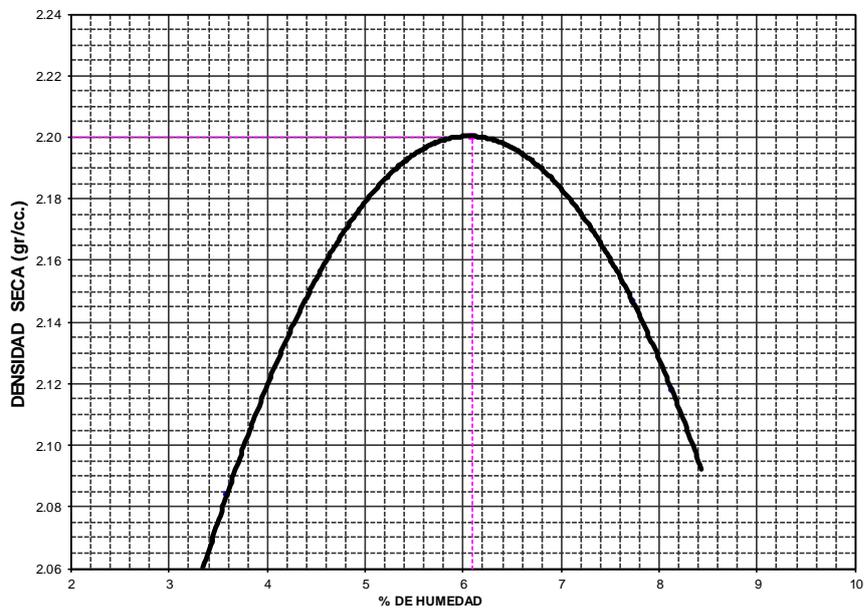
GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

MTC- E 115 - 2000
METODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180-"D"

OBRA	: Mej. Inf. Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas					
TRAMO	: Ccota - Charcas, tramo I		MUESTRA	: Suelo de Fundacion		
SECTOR	: Distrito de Chucuito, Puno		PROF.	: 120 m		
UBICACIÓN	: Km. 5+500		FECHA	: 12/05/2018		
Molde N°	MODELO CN-45	01	Método de compactación	C		
Volumen Molde	2179	cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	6260	grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	01	02	03		
Peso del molde y Muestra	gr.	10964	12299	12250		
Peso del molde	gr.	6260	6260	6260		
Peso de la muestra compactada	gr.	4704	5039	4990		
Densidad húmeda	gr/cc	2.16	2.31	2.29		
Densidad seca	gr/cc	2.08	2.15	2.12		
Contenido de Agua						
Tarro	N°	16	05	12	18	07
Peso del Tarro	gr.	24.6	22.2	24.7		
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	290.2	250.7	293.5		
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	281.0	234.3	273.3		
Peso del agua	gr.	9.2	16.4	20.2		
Peso del suelo seco	gr.	256.4	212.1	248.6		
Contenido de humedad	%	3.6	7.7	8.1		
Promedio		3.6	7.7	8.1		
DENSIDAD MAXIMA :	2.200	grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:	6.10	%	





GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO			
DETERMINACION DE CONTROL DE HUMEDAD DE CAMPO			
MTC E-108-2000			
METODO ASTM D-2216			
OBRA	: Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas		
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	MUESTRA	: Suelo de Fundacion
SECTOR	: Distrito de Chucuito, Puno	PROFUNDIDA	: 120 metros
UBICACIÓN	: Km. 5+500	FECHA	: 12/05/2013
1	N° DE TARA	6	3
2	PESO SUELO HUMEDO + TARA	147.6	158.9
3	PESO SUELO SECO + TARA	136.7	146.6
4	PESO DEL AGUA	10.9	12.3
5	PESO DE LA TARA	22.9	24.7
6	PESO NETO DEL SUELO SECO	113.8	121.9
7	PORCENTAJE DE HUMEDAD	9.6	10.1
8	HUMEDAD PROMEDIO	9.8	

OBSERVACIONES:



GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ENSAYO DE CONSTANTES FISICOS

OBRA	: Mej. Inf. Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	: Suelo de Fundación
TRAMO	: Ccota - Charcas	PROF.	: 120 m.
SECTOR	: Distrito de Chucuito, Puno	FECHA	: 12/05/2013
UBICACIÓN	: Km. 5+500		

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110-2000 LP MTC E-111-2000
METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

Nro. DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
	15	23	32	01	03		
TARA N°	28	30	34			I	21.11
SUELO HUMEDO + TARA	23.60	23.70	23.61	21.8	21.35	II	20.84
SUELO SECO + TARA	21.60	21.79	21.77	20.27	20.41	III	0.00
PESO DEL AGUA	2.00	1.91	1.84	0.91	0.94	=	21.0 %
PESO DE LA TARA	14.90	15.00	15.06	15.96	15.90		
PESO DEL SUELO SECO	6.7	6.8	6.7	4.3	4.5		
HUMEDAD %	29.9	28.1	27.4	21.1	20.8	I	II



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 28.1 %	LP. : 21.0 %	IP. : 7.1 %



GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000
METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

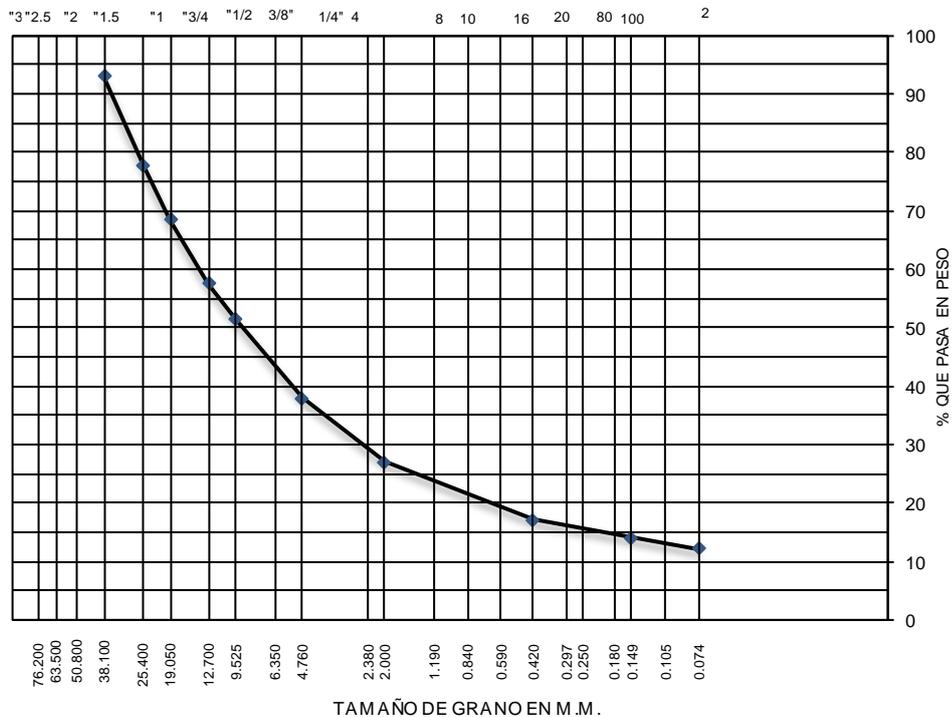
OBRA : Mej. Inf. Vial Cir. Tur. Lago Sagrado delos Incas
TRAMO : Ccota Charcas
SECTOR : Distrito de Chucuito, Puno
UBICACIÓN : Km. 5+500
MUESTRA : Suelo de Fundacion
REALIZA : Enrique N. Paquita M.
FECHA : 12/05/2013

TAMICES	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q' PASA	CLASIFICACION
3"	76.200	0		100.0	
2 1/2"	63.500	0.0		100.0	
2"	50.800	169.0	3.8	3.8	
1 1/2"	38.100	138.0	3.1	6.9	
1"	25.400	685.0	15.4	22.3	
3/4"	19.050	410.0	9.2	31.5	
1/2"	12.700	485.0	10.9	42.4	
3/8"	9.525	279.0	6.3	48.7	
1/4"	6.350				
# 4	4.760	595.0	13.4	62.0	
# 8	2.380				
# 10	2.000	154.6	110	73.1	
# 16	1.190				
# 20	0.840				
# 30	0.590				
# 40	0.420	138.4	9.9	82.9	
# 50	0.295				
# 60	0.250				
# 80	0.180				
# 100	0.149				
# 140	0.105				
# 200	0.074	69.1	4.9	87.8	
<200					

DATOS DE LA MUESTRA
 Peso Inicial 4450
 Fraccion 532.6
CLASIFICACION
 AASHTO A-2-4
 SUCS GC
 LL 28.1
 LP 21
 IP 7.1

OBSERVACIONES :
 El material procede de 120 metros de Profundidad

CURVA GRANULOMETRICA



ANEXO N° 3

DISEÑO DE SUB-BASE Y BASE GRANULAR



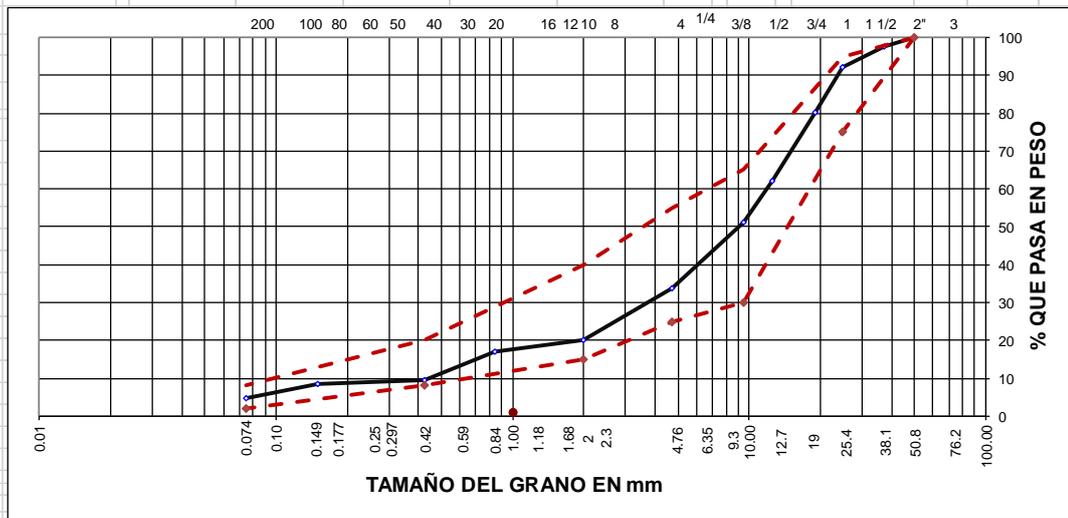
GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas
TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I **ESPECIALISTA** : Enrique N. Paquita Merma
MUESTRA : Diseño de Base Granular **OPERADOR** : Silverio Pari Humpiri
UBICACIÓN : Multi-Distrital, Plateria-Chucuito; Puno-Peru **FECHA** : 22 de Febrero del 2014
PROGRESIVA : de Km. 0+000 al Km. 10+000

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Material A	Material B	Material C	MEZCLA FINAL	Especificacion A	MEZCLA DE MATERIALES
3"	75.000	100.00	100.00				
2 1/2"	63.000	100.00	100.00				Material A : 20.00 %
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100	Material B : 60.00 %
1 1/2"	37.500	94.2	98.2	100.0	97.8		Material C : 20.00 %
1"	25.000	81.4	94.6	95.5	92.1		Total : 100.00 %
3/4"	19.000	71.1	86.5	69.7	80.1		PROCEDENCIA DE MATERIALES
1/2"	12.500	60.0	73.5	29.7	62.0		
3/8"	9.500	54.5	64.1	8.6	51.1	30 - 65	Material B Agregado de Rio
No.04	4.750	41.6	41.9	1.0	33.7	25 - 55	Material C P. Ch. de 1" a 1/4"
No.10	2.000	30.8	22.8	0.7	20.0	15 - 40	
No.20	0.840	30.8	17.9	0.7	17.1		
No.40	0.425	22.9	7.8	0.5	9.4	8 - 20	
No.100	0.150	22.9	6.3	0.5	8.5		
No.200	0.075	17.9	1.9	0.4	4.8	2 - 8	
<No.200							

REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

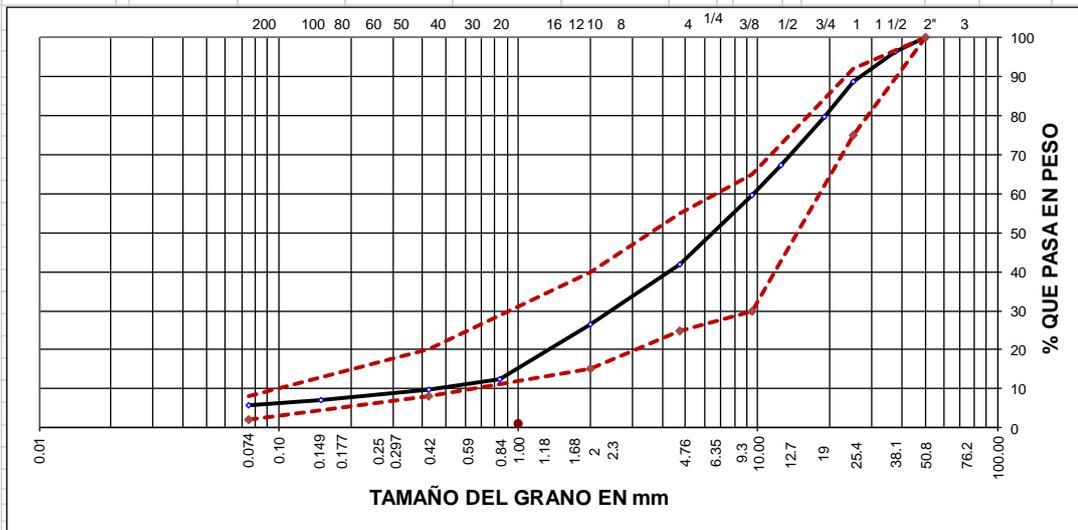
Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I **ESPECIALISTA** : Enrique N. Paquita Merma
MUESTRA : Diseño de Sub-Base Granular **OPERADOR** : Silverio Pari Humpiri
UBICACIÓN : Multi-Distrital, Plateria-Chucuito; Puno-Peru **FECHA** : 12 de Marzo del 2013
PROGRESIVA : de Km. 0+000 al Km. 10+000

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Material A	Material B	Material C	MEZCLA FINAL	Especificacion A	MEZCLA DE MATERIALES
3"	75.000	100.00	100.00				
2 1/2"	63.000	100.00	100.00				Material B : 55.00 %
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100	Material C : 0.00 %
1 1/2"	37.500	94.2	98.2	100.0	96.4		Total : 100.00 %
1"	25.000	81.4	94.6	100.0	88.7		PROCEDENCIA DE MATERIALES
3/4"	19.000	71.1	86.5	100.0	79.6		Material A Ligante-Quipata
1/2"	12.500	60.0	73.5	100.0	67.4		Material B Hormigon-Carucaya
3/8"	9.500	54.4	64.1	100.0	59.7	30 - 65	Material C
No.04	4.750	41.6	41.9	100.0	41.8	25 - 55	
No.10	2.000	30.8	22.8	100.0	26.4	15 - 40	
No.20	0.840	11.0	13.6	100.0	12.4		
No.40	0.425	11.9	7.8	100.0	9.6	8 - 20	
No.100	0.150	7.8	6.3	100.0	7.0		
No.200	0.075	10.1	1.9	100.0	5.6	2 - 8	
<No.200							

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



ANEXO N° 4

CERTIFICADOS DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA



GOBIERNO REGIONAL PUNO LABORATORIO

ENSAYO DE CONSTANTES FISICOS

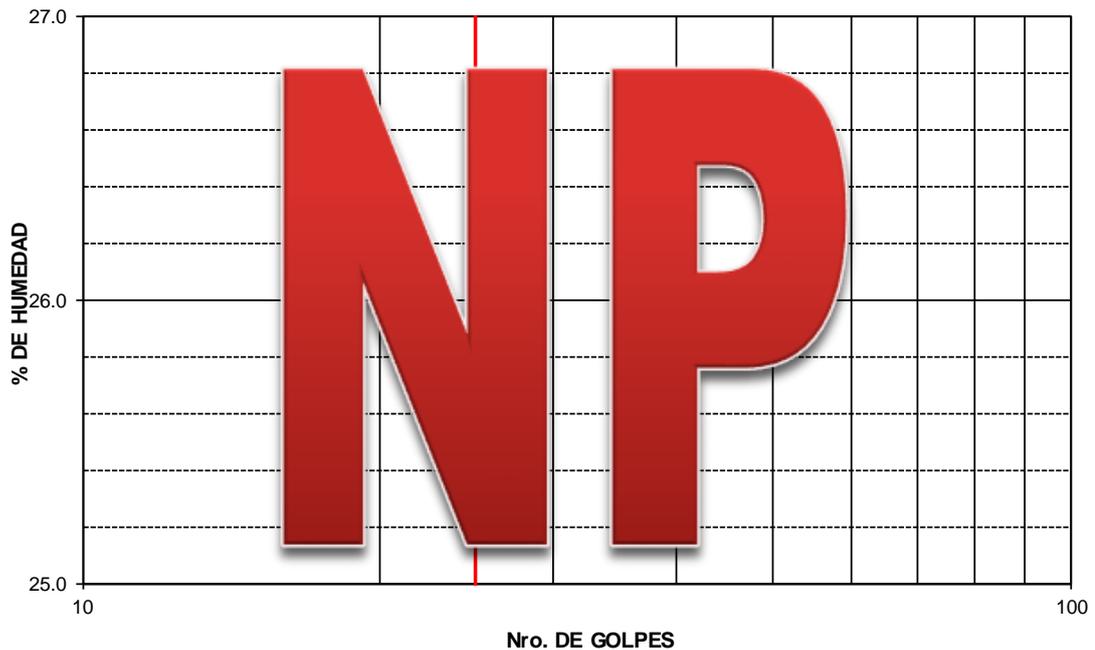
OBRA	: Mej. Inf. Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA	: Base Granular
TRAMO	: Ccota-Charcas, tramo I	REALIZA	: Enrique N. Paquita Merma
SECTOR	: Distrito de Plateria, Puno	FECHA	: 10 de Agosto del 2014
UBICACIÓN	: Km. 0+000 al Km. 2+000		

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110- 2000 LP MTC E-111-2000
METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Nro. DE GOLPES	10	100
TARA N°		
SUELO HUMEDO + TARA		
SUELO SECO + TARA		
PESO DEL AGUA		
PESO DE LA TARA		
PESO DEL SUELO SECO		
HUMEDAD %		

NIP



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : %	LP. : %	IP. : %

		<h1>GOBIERNO REGIONAL PUNO</h1>		
<h2>LABORATORIO</h2>				
<u>GRAVEDAD ESPECIFICA, ABSORCION DE LOS AGREGADOS Y POROSIDAD</u>				
MTC E-206 - 99 ASTM C-127				
OBRA : Mej. Inf. Vial Cir. Tur. Lago Sagrado de los Incas				
TRAMO : Ccota - Charcas, tramo I		MUESTRA : Base Granular		
SECTOR : Diastrito de Plateria, Puno		REALIZA : Enrique N. Paquita M.		
UBICACIÓN : Km. 0+000 al Km. 2+000		FECHA : 10 de Agosto del 2014		
AGREGADO GRUESO				
MUESTRAS		1	2	PROMEDIO
A	PESO MAT.SAL SUP.SECA (en aire)	526.5	556.1	
B	PESO MAT.SAT.SUP.SECA (en agua)	320.1	338.8	
C	VOL.MASAS + VOL.DE VACIOS = A - B	206.4	217.3	
D	PESO DE MAT.SECO EN ESTUFA (105 °C)	516.2	546.6	
E	VOLUMEN DE MASA = C.(A - D)	196.1	207.8	
PE. BULK (base seca) = D/C		2.50	2.52	
PE. BULK (base saturada) = A/C		2.55	2.56	2.56
PE. APARENTE (base seca) = D/E		2.63	2.63	2.63
% DE ABSORCION = ((A.D)/D)*100		2.00	1.74	1.87
% DE POROSIDAD = ((A.D)/E)*100		5.25	4.57	4.91
OBSERVACIONES:				
(Empty space for observations)				



GOBIERNO REGIONAL PUNO

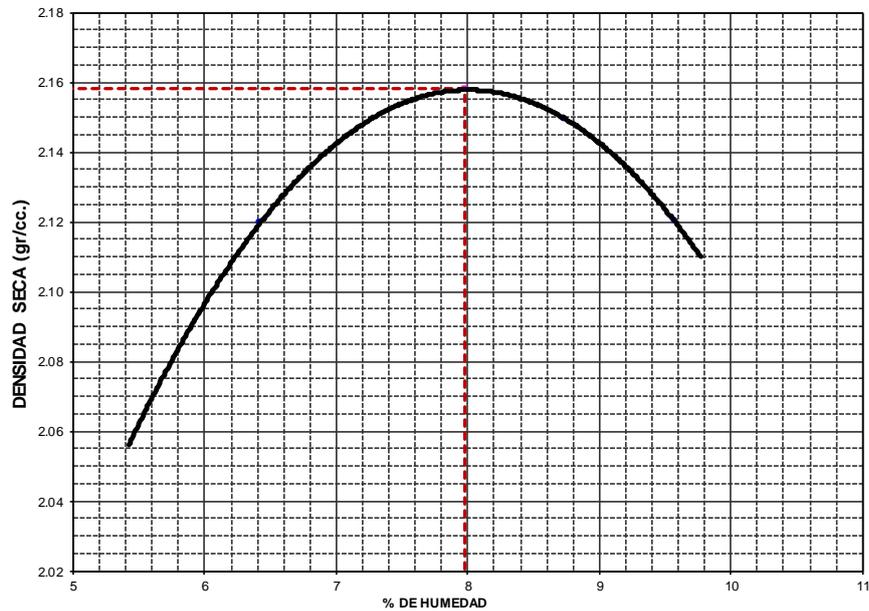
LABORATORIO

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

MTC- E 115 - 2000

METODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180-"D"

OBRA	:	Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago sagrado de los Incas			
TRAMO	:	Ccota-Charcas, tramo I	MUESTRA : Base Granular		
SECTOR	:	Distrito de Plateria, Puno	REALIZA : Enrique N. Paquita Merma		
UBICACIÓN	:	km. 0+000 al 2+000	FECHA : 10 de Agosto del 2014		
Molde N°	MODELO CN-45	01	Método de compactación	C	
Volumen Molde		2179 cc	N° de capas	: 05	
Peso del Molde		6261 grs.	N° de golpes por capa	: 56	
Determinación	N°	01	02	03	
Peso del molde y Muestra	gr.	1176	1354	1323	
Peso del molde	gr.	6261	6261	6261	
Peso de la muestra compactada	gr.	495	5093	5062	
Densidad húmeda	gr/cc	2.26	2.34	2.32	
Densidad seca	gr/cc	2.12	2.15	2.12	
Contenido de Agua					
Tarro	N°	10	33	36	
Peso del Tarro	gr.	22.6	22.2	25.7	
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	312	333.6	468.7	
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	293.8	308.6	430.0	
Peso del agua	gr.	17.4	25.0	38.7	
Peso del suelo seco	gr.	271.2	286.4	404.3	
Contenido de humedad	%	6.4	8.7	9.6	
Promedio		6.4	8.7	9.6	
DENSIDAD MAXIMA :		2.158	grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:	7.98 %





GOBIERNO REGIONAL PUNO

LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

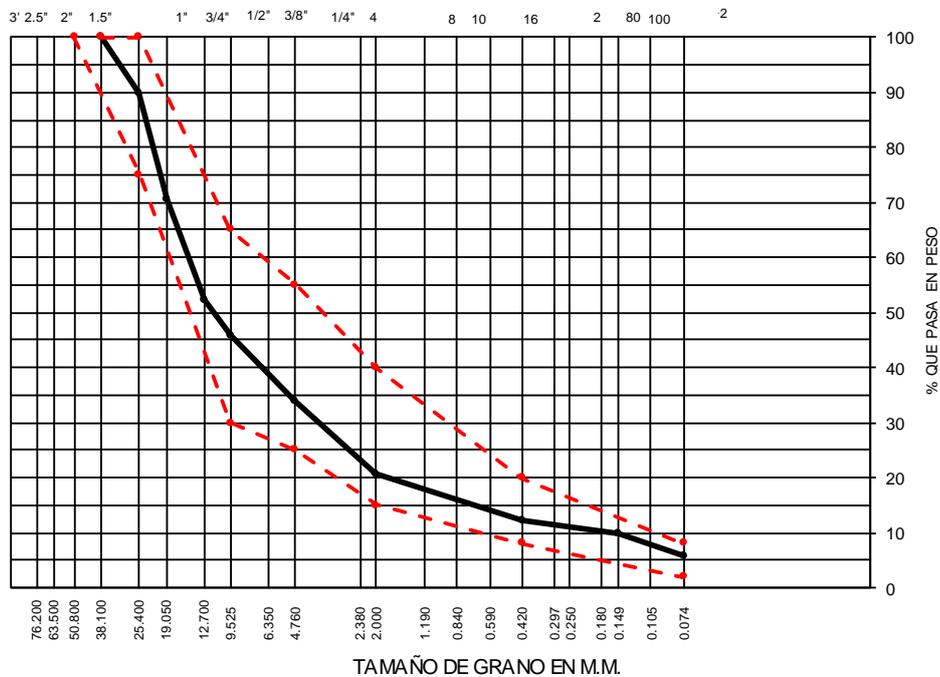
MTC E 107-2000

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I **MUESTRA** : Base Granular
SECTOR : Distrito de Plateria, Puno **REALIZA** : Enrique N. Paquita M.
UBICACIÓN : Km. 0+000 al km. 2+000 **FECHA** : 10 de Agosto del 2014

TAMICES	PESO RE	%RET.	%RET. A	% Q' PASA	ESPECIFICACIONES	
Pulg.	ABERT. mm				A	
3"	76.200					DATOS DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500					Peso Inicial 4020 gr.
2"	50.800				100	Fraccion 520.7 gr.
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0		
1"	25.400	410.0	10.2	89.8	75 - 95	CLASIFICACION
3/4"	19.050	771.0	19.2	70.6		AASHTO
1/2"	12.700	735.0	18.3	52.3		SUCS
3/8"	9.525	265.0	6.6	45.7	30 - 65	
1/4"	6.350	72.0	1.8	44.0		L.L.
# 4	4.760	401.0	10.0	34.0	25 - 55	L.P.
# 8	2.380					I.P.
# 10	2.000	201.4	13.1	20.8	15 - 40	NP
# 16	1.190					% Grava 66.0 %
# 20	0.840					% Arena 28.3 %
# 30	0.590					% Fino 5.6 %
# 40	0.420	131.9	8.6	12.2	8 - 20	
# 50	0.295					
# 60	0.250					OBSERVACIONES :
# 80	0.180					control de calidad en Obra
# 100	0.149	37.1	2.4	9.8		Ligante 20%
# 140	0.105					Agregado 60%
# 200	0.074	100.9	6.6	5.6	2 - 8	pedra Chancada 1"-1/4" 20%
< 200						

CURVA GRANULOMETRICA





GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

Laboratorio Geotecnico

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

METODO MTC E-221

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas

SOLICITANTE: Residente de Obra

UBICACIÓN : Distrito de Plateria, Puno

TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I

PROGRESIVA: Km. 0+000 al Km. 2+000

MUESTRA : Sub-Base Granular

FECHA : 13 de Setiembre del 20113

OPERADOR : Silverio Pari Humpiri

ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
1"	25.400			100.0									
3/4"	19.050	367.0	20.9	79.1	84.1	22.9	4.8	21.8	5.9	1.2	261.1	71.1	14.9
1/2"	12.700	494.0	28.2	50.9	53.8	10.9	3.1	34.1	6.9	1.9	406.1	82.2	23.2
3/8"	8.750	281.0	16.0	34.9	27.6	9.8	1.6	10.7	3.8	0.6	242.7	86.4	13.8
N°4"	6.350	611.0	34.9	0.0	40.2	6.6	2.3	30.7	5.0	1.8	540.1	88.4	30.8
	TOTAL	1753.0	100.0		205.7		11.7	97.3		5.6	1450.0		82.7

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	1753.0
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	17.3



GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

Laboratorio Geotecnico

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS METODO MTC E-221

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas

SOLICITANTE: Residente de Obra

UBICACIÓN : Distrito de Plateria, Puno

FECHA : 10 de Agosto del 2014

TRAMO : Coota-Charcas, tramo I

OPERADOR : Silverio Pari Humpiri

PROGRESIVA: Km. 0+000 al Km. 2+000

ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma

MUESTRA : Base Granular

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
1"	25.400			100.0									
3/4"	19.050	457.8	24.3	75.7	76.5	16.7	4.1	0.0	0.0	0.0	381.3	83.3	20.2
1/2"	12.700	610.1	32.4	43.4	65.4	10.7	3.5	67.3	11.0	3.6	477.4	78.2	25.3
3/8"	8.750	314.1	16.7	26.7	21.9	7.0	1.2	14.5	4.6	0.8	277.7	88.4	14.7
N°4"	6.350	503.3	26.7	0.0	8.7	1.7	0.5	3.1	0.6	0.2	491.5	97.7	26.1
TOTAL		1885.3	100.0		172.5		9.1	84.9		4.5	1627.9		86.3

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	1885.3
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	13.7



GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

Laboratorio Geotecnico

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

METODO MTC E-221

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas

SOLICITANTE: Residente de Obra

UBICACIÓN : Cantera "CARUCAYA"

TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I

PROGRESIVA:

MUESTRA : Hormigon grueso (Cantera Crucaya)

FECHA : 16 de Mayo del 2014

OPERADOR : Silverio Pari Humpiri

ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma

JEFE DE LAB.:

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
1"	25.400			100.0									
3/4"	19.050	366.5	20.9	79.1	9.6	2.6	0.5	21.8	5.9	1.2	335.1	91.4	19.1
1/2"	12.700	493.5	28.2	50.9	31.2	6.3	1.8	34.1	6.9	1.9	428.2	86.8	24.4
3/8"	8.750	281.3	16.1	34.8	27.7	9.8	1.6	10.7	3.8	0.6	242.9	86.3	13.9
N°4"	6.350	610.2	34.8	0.0	40.2	6.6	2.3	30.7	5.0	1.8	539.3	88.4	30.8
	TOTAL	1751.5	100.0		108.7		6.2	97.3		5.6	1545.5		88.2

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	1751.5
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADA	(%)	11.8

.....
TÉCNICO LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

Laboratorio Geotecnico

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

METODO MTC E-221

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico lago sagrado de los Incas

SOLICITANTE: Residente de Obra

UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno (Zona de Acopio)

FECHA : 19/5/2014

TRAMO : CCOTA - CHARCAS

OPERADOR : Silverio Pari Humpiri

PROCEDE : Planta Chancadora "Cabanillas"

ESPECIALISTA: Enrique N. Paquita Merma

MUESTRA : Piedra Chancada de 1" a 1/4"

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
1"	25.400			100.0									
3/4"	19.050	1263.1	39.1	60.9	64.3	5.1	2.0	39.5	3.1	1.2	1159.3	91.8	35.9
1/2"	12.700	1070.5	33.2	27.7	89.1	8.3	2.8	42.1	3.9	1.3	939.3	87.7	29.1
3/8"	8.750	384.1	11.9	15.8	34.2	8.9	1.1	21.7	5.6	0.7	328.2	85.4	10.2
N°4"	6.350	510.2	15.8	0.0	15.1	3.0	0.5	8.1	1.6	0.3	487.0	95.5	15.1
	TOTAL	3227.9	100.0		202.7		6.3	111.4		3.5	2913.8		90.3
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		(g)	3227.9										
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS		(%)	9.7										



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
Jr. CARABAYA Nº 351

**DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS
METODO MTC E-210**

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITANTE : Residente de Obra
 UBICACIÓN : D: Distrito de Plateria, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 FECHA : 10 de Agosto del 2014
 PROGRESIVA: 1-Km. 0+000 al km. 2+000
 ESPEC. : Enrique N. Pacllita Merma
 MUESTRA : Base Granular
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri

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"						
1"	3/4"	503	124	24.7	89.0	2194.0	
3/4"	1/2"	925	156	16.9	72.0	1214.3	
1/2"	3/8"	471	48	10.2	63.0	642.0	
Total:		1899	328		224.0	4050.3	

Porcentaje con una Cara Fracturada = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 18.1 \%$

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"						
1"	3/4"	503	372	74.0	89.0	6582.1	
3/4"	1/2"	925	542	58.6	72.0	4218.8	
1/2"	3/8"	471	280	59.4	63.0	3745.2	
Total:		1899	1194		224.0	14546.1	

Porcentaje con dos Cara Fracturadas = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 64.9 \%$

Partículas con una ó mas caras de Fractura		83.0%
Resultados		
CARAS DE FRACTURA =		83.0
		64.9



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Jr. CARABAYA Nº 351

**DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS
METODO MTC E-210**

PROYECTO : M Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico lago Sagrado de los Incas
SOLICITANTE : G Residente de Obra
UBICACIÓN : Distrito de Chucuito - Puno
TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
FECHA : ABR., 2014.
PROGRESIVA : Km. 4+680, Zona de Acopio
ESPEC. : Enrique N. Paquita Merma
MUESTRA : Piedra Chancada de 1" a 1/4"
OPERADOR : Silverio Pari Humpiri

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"						
1"	3/4"	821	185	22.5	79.0	1780.1	
3/4"	1/2"	1231	231	18.8	62.0	1163.4	
1/2"	3/8"	658	72	10.9	52.0	569.0	
Total:		2710	488		193.0	3512.6	

Porcentaje con una Cara Fracturada = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 18.2 \%$

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"						
1"	3/4"	821	491	59.8	79.0	4724.6	
3/4"	1/2"	1231	812	66.0	62.0	4089.7	
1/2"	3/8"	658	411	62.5	52.0	3248.0	
Total:		2710	1714		193.0	12062.3	

Porcentaje con dos Cara Fracturadas = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 62.5 \%$

Partículas con una ó mas caras de Fractura **80.7%**

Resultados

CARAS DE FRACTURA = **80.7**
62.5

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

EQUIVALENTE DE ARENA

(ASTM D-2419, MTC E-114)

Laboratorio Geotécnico

PROYECTO	: Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas		
TRAMO	: Ccota - Charcas, tramo I	MUESTRA	: Base Granular
UBICACIÓN	: Km. 0+000 a Km. 2+000	FECHA	: 24 de Julio del 2014
SECTOR	: Distrito de Plateria, Puno	OPERADOR	: Felipe J. Caceres Pineda
SOLICITA	: Residente de Obra	ESPEC.	: Enrique N. Paquita Merma

DETALLES	NUMERO DE MUESTRAS		
	1	2	3
Hora de Entrada a Saturacion	03:00 p.m.	03:03 p.m.	01:05 p.m.
Hora de Salida de Saturacion (mas de 10")	03:10 p.m.	03:13 p.m.	01:15 p.m.
Hora de Entrada a Decantacion	03:12 p.m.	03:15 p.m.	01:17 p.m.
Hora de Salida de Decantacion (mas de 20")	03:32 p.m.	03:35 p.m.	01:37 p.m.
Altura Maxima del Material Fino (arcilla) mm	6.60	6.40	6.30
Altura Maxima de la Arena mm	3.50	3.50	3.40
Equivalente de Arena %	53.03	54.69	53.97
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO %	53.90		

OBSERVACIONES:

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Laboratorio Geotecnico

ENSAYO DE DURABILIDAD

(AASHTO T-104, ASTM C-88, MTC E-209)

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas

TRAMO : Ccota - Charcas, tramo I

SECTOR : Distrito de Plateria, Puno

UBICACIÓN : Km. 0+000 al Km. 2+000

REACTIVO : Sulfato de Sodio

MUESTRA : Base Granular

OPERAD. : Felipe Caceres Pineda

FECHA : 23 de Febrero del 2014

ESPEC. : Enrique N. Paquita Merma

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO DE MALLAS		ESCALONADO DE MUESTRA ORIGINAL (%)	PESO INICIAL (grs.)	PESO FINAL (grs.)	PERDIDAS EN PESO		PERDIDAS CORREGIDAS (%)
PASANTE	RETENIDO				(grs.)	(%)	
3"	2 1/2"						
2 1/2"	2"						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	5.9	289.0	243.4	45.6	15.78	0.93
1"	3/4"	17.9	762.0	717.4	44.6	5.85	1.05
3/4"	1/2"	24.9	923.8	869.2	54.6	5.91	1.47
1/2"	3/8"	25.6	842.6	792.0	50.6	6.01	1.54
3/8"	Nro. 4	25.7	521.6	466.0	55.6	10.66	2.74
TOTALES		100.0	3339.0	INDICE DE DURABILIDAD			7.73

AGREGADO FINO

TAMAÑO DE MALLAS		ESCALONADO DE MUESTRA ORIGINAL (%)	PESO INICIAL (grs.)	PESO FINAL (grs.)	PERDIDAS EN PESO		PERDIDAS CORREGIDAS (%)
PASANTE	RETENIDO				(grs.)	(%)	
3/8"	Nro. 4	25.00	100.00	73.00	27.00	27.00	6.75
Nro. 4	Nro. 8	18.00	100.00	71.00	29.00	29.00	5.22
Nro. 8	Nro. 16	17.00	100.00	67.00	33.00	33.00	5.61
Nro. 16	Nro. 30	21.00	100.00	58.00	42.00	42.00	8.82
Nro. 30	Nro. 50	19.00	100.00	47.00	53.00	53.00	10.07
				INDICE DE DURABILIDAD			36.47

OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

ENSAYO C. B. R.

(ASTM D - 1883)

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITA : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA : Km. 9+500
 MUESTRA : Suelo de Fundacion
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 FECHA : 18 de Mayo del 2013

MOLDE	Nº	04	05	06			
CAPAS	Nº	05	05	05			
Golpes por Capa	Nº	56	25	12			
Condición Muestra		Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado
Peso suelo húmedo + molde grs.		11983		11946		11378	
Peso molde grs.		6991		7309		6737	
Peso suelo húmedo grs.		4992		4637		4641	
Volumen del Molde c.c.		2305		2322		2341	
Densidad húmeda gr/cc.		2.17		2.00		1.98	
% de Humedad %		24.77		24.83		27.04	
Densidad seca gr/cc.		1.74		1.60		1.56	
Tarro Nº		78		76		39	
Tarro más suelo húmedo grs.		249.60		250.10		277.10	
Tarro más suelo seco grs.		213.90		212.70		237.40	
Peso de Agua grs.		35.70		37.40		39.70	
Peso de tarro grs.		69.80		62.10		90.60	
Peso suelo seco grs.		144.10		150.60		146.80	
% de humedad %		24.77		24.83		27.04	
Promedio Humedad %		24.77		24.83		27.04	

% DE EXPANSIÓN 3.44

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
			56	mm.	%	25	mm.	%	12	mm.	%
21/5/13	10:30	0.00	0.16	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00
22/5/13	10:30	24.00	0.57	0.57	0.45	0.65	0.65	0.51	0.57	0.57	0.45
23/5/13	10:30	48.00	0.72	0.72	0.57	0.89	0.89	0.70	0.88	0.88	0.69
24/5/13	10:30	72.00	1.30	1.30	1.02	1.22	1.22	0.96	1.25	1.25	0.98
25/5/13	10:30	96.00	1.87	1.87	1.47	1.97	1.97	1.55	1.60	1.60	1.26

PENETRACIÓN

Penetración		Carga	Dial	Carga Corregida		CBR	Dial	Carga Corregida		CBR	Dial	Carga Corregida		CBR
mm.	Tiempo	Patrón		Kg	K/cm²			Kg	K/cm²			Kg	K/cm²	
0.630	30"		10	79	4.1		6	59	3.1		4	50	2.6	
1.270	1'		14	98	5.1		10	79	4.1		8	69	3.6	
1.910	1'30"		21	132	6.8		11	84	4.3		10	79	4.1	
2.540	2'	70	28	166	8.6	12.3	17	113	5.8	8.3	14	98	5.1	7.3
3.810	3'		41	229	11.9		28	166	8.6		19	123	6.3	
5.089	4'	105	52	283	14.6		40	225	11.6		27	161	8.3	
6.350	5'													
7.620	6'	133												
8.890	7'													
10.16	8'	181												

ANILLO CAPACIDAD SOBRECARGA CONSTANTE

OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

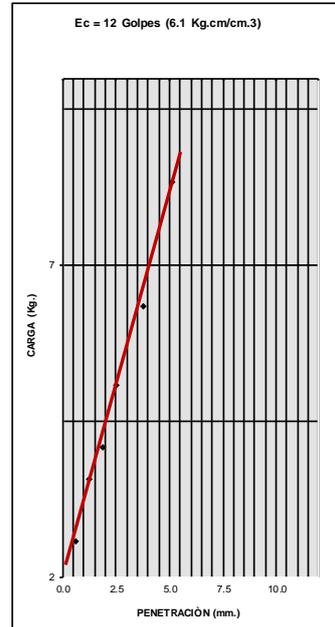
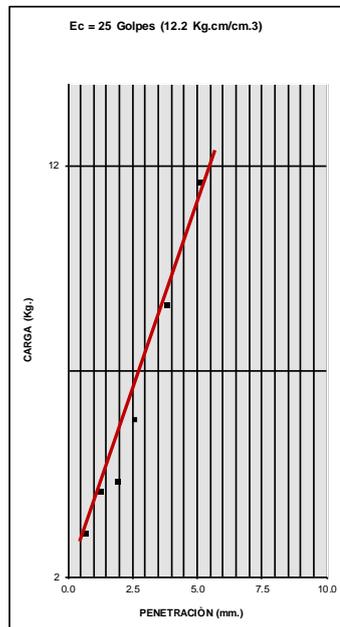
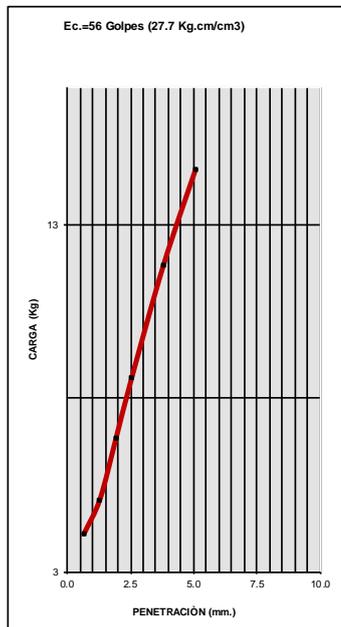
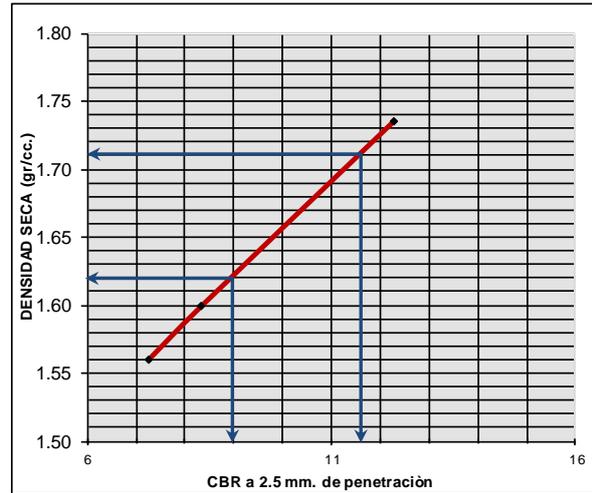
GRAFICO C.B.R.

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SILICITA : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA : Km. 9+500
 MUESTRA : Suelo de Fundacion
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 FECHA : 18 de Mayo del 2013

Proctor Modificado M. D. S. 1.71 gr/cc.
 Contenido de Humedad Optima 22.01 %

RESULTADOS			
CBR al 95 % de su M.D.S.	0.2"	8.01	%
CBR al 100 % de su M.D.S.	0.2"	11.7	%



OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

ENSAYO C. B. R.

(ASTM D - 1883)

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITA : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Plateria, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA : Km. 0+500
 MUESTRA : Suelo de Fundacion
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 FECHA : 12 de Junio del 2013

MOLDE	Nº	04	05	06			
CAPAS	Nº	05	05	05			
Golpes por Capa	Nº	56	25	12			
Condición Muestra		Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado
Peso suelo húmedo + molde grs.		11978		11956		11390	
Peso molde grs.		6991		7309		6737	
Peso suelo húmedo grs.		4987		4647		4653	
Volumen del Molde c.c.		2305		2322		2341	
Densidad húmeda gr/cc.		2.16		2.00		1.99	
% de Humedad %		23.12		24.88		27.28	
Densidad seca gr/cc.		1.76		1.60		1.56	
Tarro Nº		78		76		39	
Tarro más suelo húmedo grs.		250.40		251.30		279.10	
Tarro más suelo seco grs.		214.80		213.60		238.70	
Peso de Agua grs.		35.60		37.70		40.40	
Peso de tarro grs.		60.80		62.10		90.60	
Peso suelo seco grs.		154.00		151.50		148.10	
% de humedad %		23.12		24.88		27.28	
Promedio Humedad %		23.12		24.88		27.28	

% DE EXPANSIÓN 4.00

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
			56	mm.	%	25	mm.	%	12	mm.	%
15/6/13	11:00	0.00	0.80	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	1.90	0.00	0.00
16/6/13	11:00	24.00	1.11	1.11	0.87	1.86	1.86	1.46	2.32	2.32	1.83
17/6/13	11:00	48.00	1.34	1.34	1.06	2.08	2.08	1.64	2.54	2.54	2.00
18/6/13	11:00	72.00	1.49	1.49	1.17	2.18	2.18	1.72	2.75	2.75	2.17
19/6/13	11:00	96.00	1.67	1.67	1.31	2.42	2.42	1.91	2.96	2.96	2.33

PENETRACIÓN

Penetración		Carga	Dial	Carga Corregida		CBR	Dial	Carga Corregida		CBR	Dial	Carga Corregida		CBR
mm.	Tiempo	Patrón		Kg	K/cm²			Kg	K/cm²			Kg	K/cm²	
0.630	30"		8	69	3.6		5	54	2.8		3	45	2.3	
1.270	1'		13	93	4.8		9	74	3.8		7	64	3.3	
1.910	1'30"		20	127	6.6		10	79	4.1		9	74	3.8	
2.540	2'	70	27	161	8.3	11.9	16	108	5.6	8.0	13	93	4.8	6.9
3.810	3'		40	225	11.6		27	161	8.3		18	118	6.1	
5.089	4'	105	51	278	14.4		39	220	11.4		26	157	8.1	
6.350	5'													
7.620	6'	133												
8.890	7'													
10.16	8'	181												

ANILLO CAPACIDAD SOBRECARGA CONSTANTE

OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

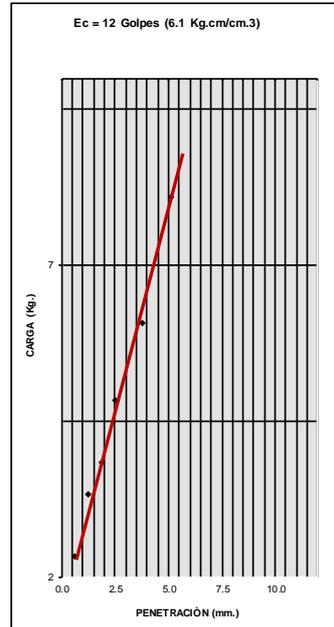
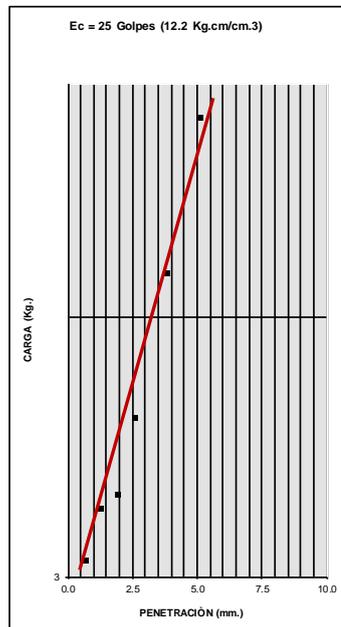
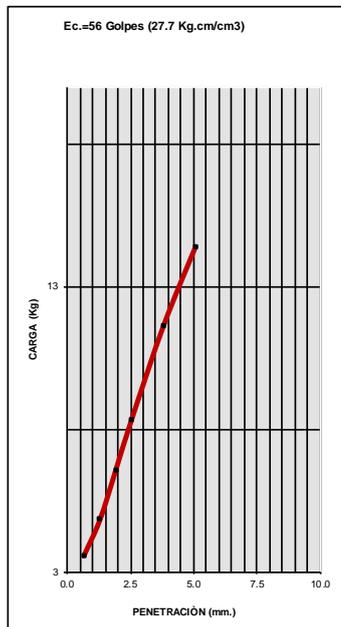
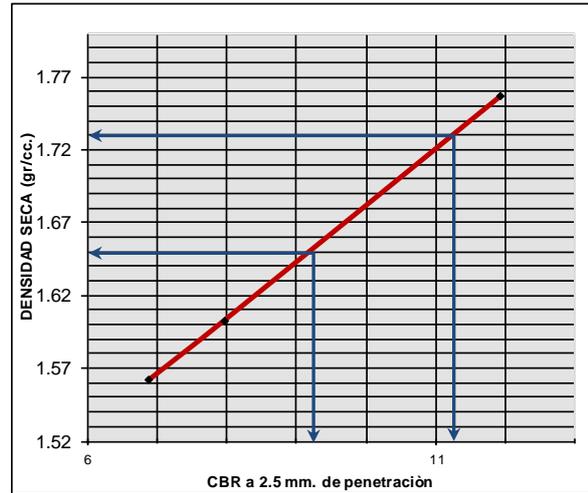
GRAFICO C.B.R.

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SILICITA : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Plateria, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA : Km. 0+600
 MUESTRA : Suelo de Fundacion
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 FECHA : 12 de Junio del 2013

Proctor Modificado M. D. S. 1.73 gr/cc.
 Contenido de Humedad Optima 21.31 %

RESULTADOS			
CBR al 95 % de su M.D.S.	0.2"	9.2	%
CBR al 100 % de su M.D.S.	0.2"	11.3	%



OBSERVACIONES : _____

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

ENSAYO C. B. R.

(ASTM D - 1883)

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITA : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA : Km. 7+500
 MUESTRA : Suelo de Fundacion
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 ESPECIALISTA : Enrique N Paquita Merma
 FECHA : 15 de Julio del 2013

MOLDE	Nº	04	05	06			
CAPAS	Nº	05	05	05			
Golpes por Capa	Nº	56	25	12			
Condición Muestra		Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado
Peso suelo húmedo + molde grs.		12915		12441		12296	
Peso molde grs.		7476		6873		7155	
Peso suelo húmedo grs.		5439		5568		5141	
Volumen del Molde c.c.		2305		2341		2440	
Densidad húmeda gr/cc.		2.36		2.38		2.11	
% de Humedad %		6.19		12.33		4.27	
Densidad seca gr/cc.		2.22		2.12		2.02	
Tarro Nº		30		70		79	
Tarro más suelo húmedo grs.		283.70		295.30		268.30	
Tarro más suelo seco grs.		272.60		269.70		260.40	
Peso de Agua grs.		11.10		25.60		7.90	
Peso de tarro grs.		93.40		62.10		75.40	
Peso suelo seco grs.		179.20		207.60		185.00	
% de humedad %		6.19		12.33		4.27	
Promedio Humedad %		6.19		12.33		4.27	

% DE EXPANSIÓN 2.24

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
16/7/13	14:30	0.00	0.10	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
17/7/13	14:30	24.00	0.27	0.27	0.21	0.32	0.32	0.25	0.40	0.40	0.31
18/7/13	14:30	48.00	0.58	0.58	0.46	0.61	0.61	0.48	0.72	0.72	0.57
19/7/13	14:30	72.00	0.92	0.92	0.72	0.92	0.92	0.72	1.08	1.08	0.85
20/7/13	14:30	96.00	1.18	1.18	0.93	1.23	1.23	0.97	1.31	1.31	1.03

PENETRACIÓN

Penetración		Carga	Dial	Carga Corregida		CBR	Dial	Carga Corregida		CBR	Dial	Carga Corregida		CBR
mm.	Tiempo	Patrón		Kg	K/cm²			Kg	K/cm²			Kg	K/cm²	
0.630	30"		45	249	12.9		19	123	6.3		13	93	4.8	
1.270	1'		82	429	22.2		39	220	11.4		35	200	10.4	
1.910	1'30"		108	555	28.7		67	356	18.4		57	307	15.9	
2.540	2'	70	153	774	40.0	57.1	121	618	32.0	45.6	83	434	22.4	32.0
3.810	3'		223	1114	57.6		152	769	39.7		130	662	34.2	
5.089	4'	105	284	1410	72.9		203	1017	52.5		168	847	43.8	
6.350	5'													
7.620	6'	133												
8.890	7'													
10.16	8'	181												

ANILLO CAPACIDAD SOBRECARGA CONSTANTE

OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

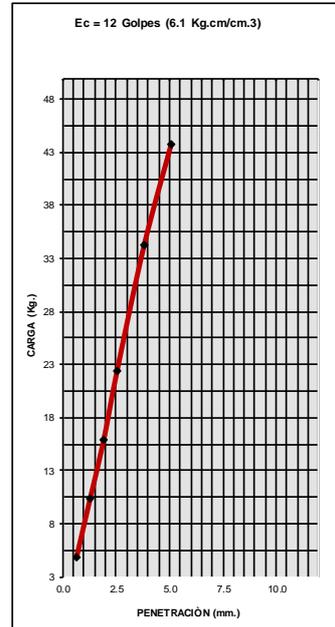
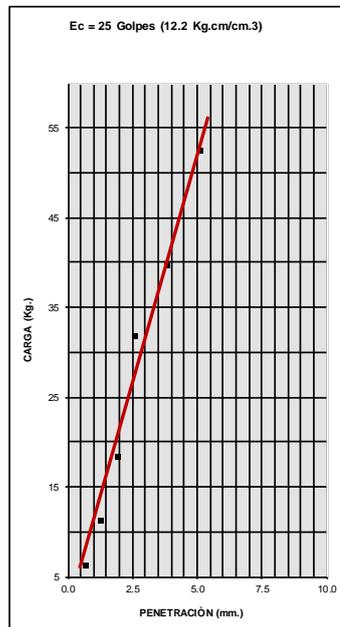
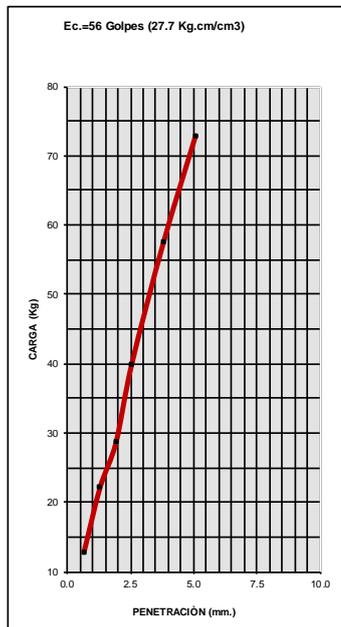
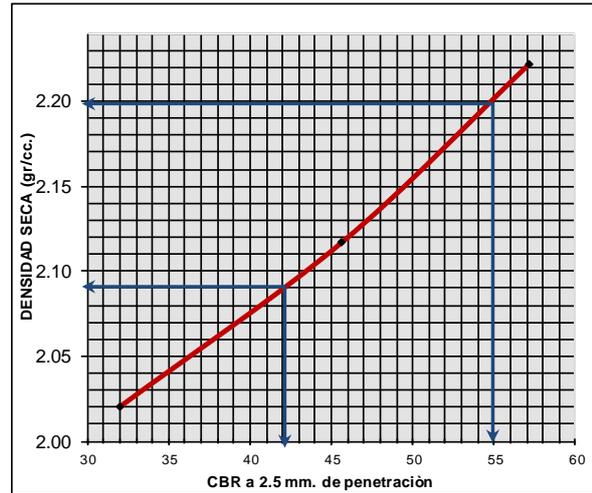
GRAFICO C.B.R.

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SILICITA : Residente de Obra MUESTRA : Suelo de Fundacion
 UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I ESPECIALISTA : Enrique N Paquita Merma
 PROGRESIVA : Km. 7+600 FECHA : 15 de Julio del 2013

Proctor Modificado M. D. S. 2.20 gr/cc.
 Contenido de Humedad Optima 7.05 %

RESULTADOS			
CBR al 95 % de su M.D.S.	0.2"	42.2	%
CBR al 100 % de su M.D.S.	0.2"	55.0	%



OBSERVACIONES : _____

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

ENSAYO C. B. R.

(ASTM D - 1883)

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITA : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Platería, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA : Km. 5+600
 MUESTRA : Suelo de Fundacion
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 FECHA : 11 de Julio del 2013

MOLDE	N°	04	05	06			
CAPAS	N°	05	05	05			
Golpes por Capa	N°	56	25	12			
Condición Muestra		Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado
Peso suelo húmedo + molde grs.		12918		12438		12295	
Peso molde grs.		7476		6873		7155	
Peso suelo húmedo grs.		5442		5565		5140	
Volumen del Molde c.c.		2305		2341		2440	
Densidad húmeda gr/cc.		2.36		2.38		2.11	
% de Humedad %		6.40		12.11		4.01	
Densidad seca gr/cc.		2.22		2.12		2.03	
Tarro N°		30		70		79	
Tarro más suelo húmedo grs.		282.80		294.50		267.5	
Tarro más suelo seco grs.		271.40		269.40		260.1	
Peso de Agua grs.		11.40		25.10		7.40	
Peso de tarro grs.		93.40		62.10		75.4	
Peso suelo seco grs.		178.00		207.30		184.7	
% de humedad %		6.40		12.11		4.0	
Promedio Humedad %		6.40		12.11		4.01	

% DE EXPANSIÓN 2.24

Fecha	Hora	Tiempo	Dial		Expansión		Dial		Expansión		Dial		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
12/7/13	11:00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	
13/7/13	11:00	24.00	0.29	0.29	0.23	0.34	0.34	0.27	0.42	0.42	0.42	0.33		
14/7/13	11:00	48.00	0.60	0.60	0.47	0.66	0.66	0.52	0.71	0.71	0.71	0.56		
15/7/13	11:00	72.00	0.95	0.95	0.75	0.98	0.98	0.77	1.05	1.05	1.05	0.83		
16/7/13	11:00	96.00	1.16	1.16	0.91	1.25	1.25	0.98	1.29	1.29	1.29	1.02		

PENETRACIÓN

Penetración mm.	Tiempo	Carga Patrón	Dial		Carga Corregida		CBR	Dial		Carga Corregida		CBR	Dial		Carga Corregida		CBR
			mm	%	Kg	K/cm²		mm	%	Kg	K/cm²		mm	%	Kg	K/cm²	
0.630	30"		44	244	12.6		18	118	6.1		13	93	4.8				
1.270	1'		81	424	21.9		37	210	10.9		34	195	10.1				
1.910	1'30"		107	550	28.4		68	361	18.6		58	312	16.1				
2.540	2'	70	150	759	39.2	56.0	120	613	31.7	45.3	84	438	22.7	32.4			
3.810	3'		221	1104	57.1		150	759	39.2		129	657	34.0				
5.089	4'	105	285	1415	73.1		200	1002	51.8		167	842	43.5				
6.350	5'																
7.620	6'	133															
8.890	7'																
10.16	8'	181															

ANILLO CAPACIDAD SOBRECARGA CONSTANTE

OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

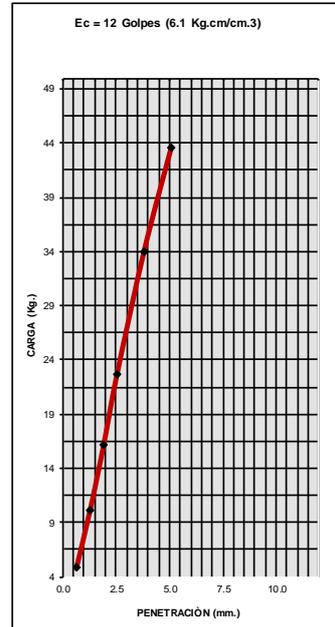
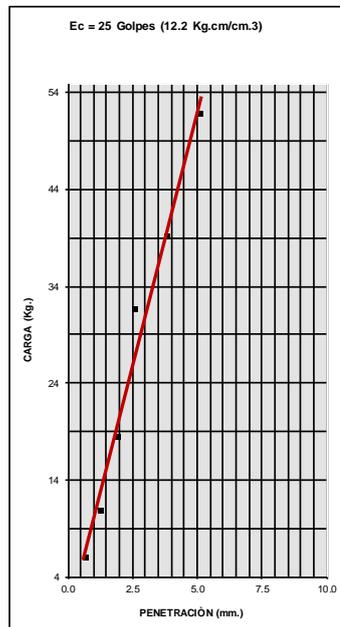
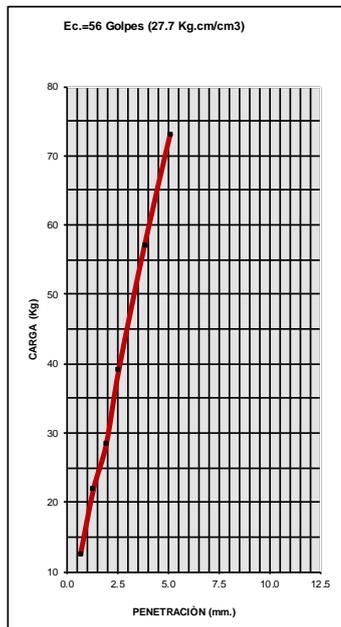
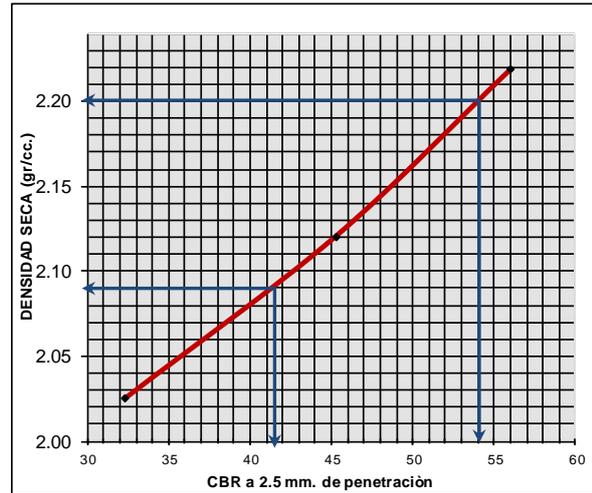
GRAFICO C.B.R.

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SILICITA : Residente de Obra MUESTRA : Suelo de Fundacion
 UBICACIÓN : Distrito de Plateria, Puno OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 PROGRESIVA : Km. 5+600 FECHA : 11 de Julio del 2013

Proctor Modificado M. D. S. 2.20 gr/cc.
 Contenido de Humedad Optima 6.10 %

RESULTADOS			
CBR al 95 % de su M.D.S.	0.2"	43.4	%
CBR al 100 % de su M.D.S.	0.2"	58.2	%



OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

GRAFICO C.B.R.

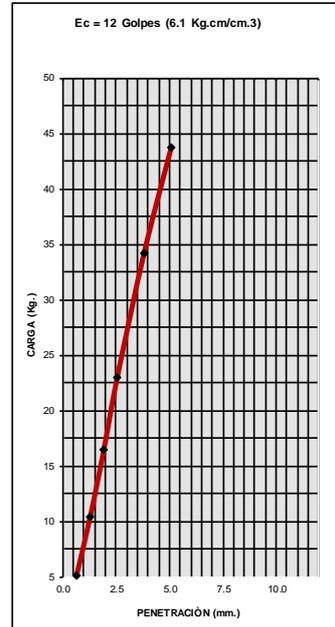
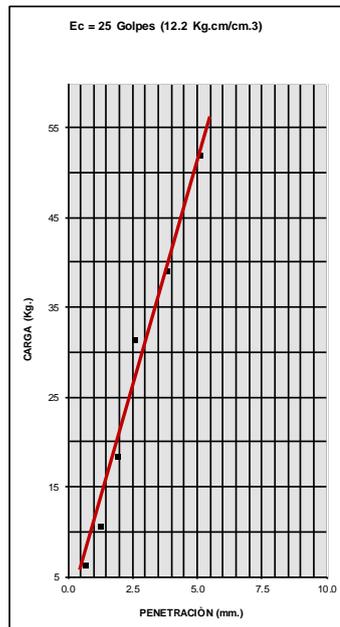
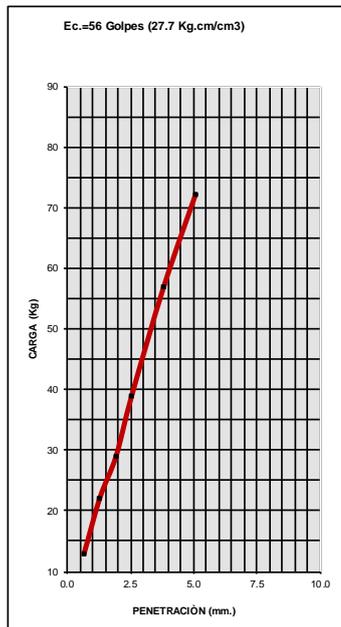
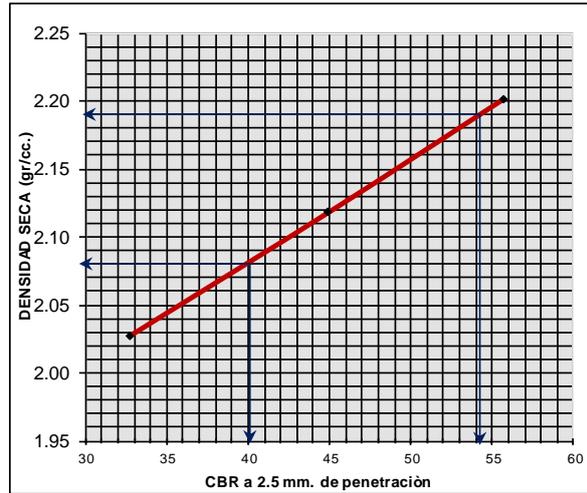
Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagardo de los Incas
 SILICITA : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA : Km. 2+000

MUESTRA : Suelo de Fundacion
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 FECHA : 01 de Julio del 2013

Proctor Modificado M. D. S. 2.19 gr/cc.
 Contenido de Humedad Optima 7.29 %

RESULTADOS			
CBR al 95 % de su M.D.S.	0.2"	40.1	%
CBR al 100 % de su M.D.S.	0.2"	54.3	%



OBSERVACIONES : _____

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

ENSAYO C. B. R.

(ASTM D - 1883)

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITA : Residente de Obra MUESTRA : Sub-Base Granular
 UBICACIÓN : Distrito de Platería, Puno OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 PROGRESIVA : Km. 0+000 al Km. 2+000 FECHA : 16 de Setiembre del 2013

MOLDE	Nº	04	05	06			
CAPAS	Nº	05	05	05			
Golpes por Capa	Nº	56	25	12			
Condición Muestra		Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado
Peso suelo húmedo + molde	grs.	12590		12540		11740	
Peso molde	grs.	7689		7645		7520	
Peso suelo húmedo	grs.	4901		4895		4220	
Volumen del Molde	c.c.	2004		2031		1904	
Densidad húmeda	gr/cc.	2.45		2.41		2.22	
% de Humedad	%	7.72		7.57		7.77	
Densidad seca	gr/cc.	2.27		2.24		2.06	
Tarro	Nº	12		16		17	
Tarro más suelo húmedo	grs.	351.20		365.60		353.10	
Tarro más suelo seco	grs.	326.80		341.60		329.30	
Peso de Agua	grs.	24.40		24.00		23.80	
Peso de tarro	grs.	10.73		24.70		22.90	
Peso suelo seco	grs.	316.07		316.90		306.40	
% de humedad	%	7.72		7.57		7.77	
Promedio Humedad	%	7.72		7.57		7.77	

% DE EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

Penetración		Carga		Dial		Carga Corregida		CBR		Dial		Carga Corregida		CBR	
mm.	Tiempo	Patrón		Kg	K/cm²			Kg	K/cm²			Kg	K/cm²		
0.630	30 "		30	176	9.1			25	152	7.8		15	103		5.3
1.270	1'		110	565	29.2			80	419	21.7		50	273		14.1
1.910	1'30"		190	954	49.3			155	783	40.5		102	526		27.2
2.540	2'	70	263	1308	67.6	96.6		250	1245	64.4	91.9	170	856	44.3	63.2
3.810	3'		425	2096	108.3			425	2096	108.3		320	1585		81.9
5.089	4'	105	565	2776	143.5			610	2995	154.8		480	2363		122.1
6.350	5'														
7.620	6'	133													
8.890	7'														
10.16	8'	181													

ANILLO CAPACIDAD SOBRECARGA CONSTANTE

OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

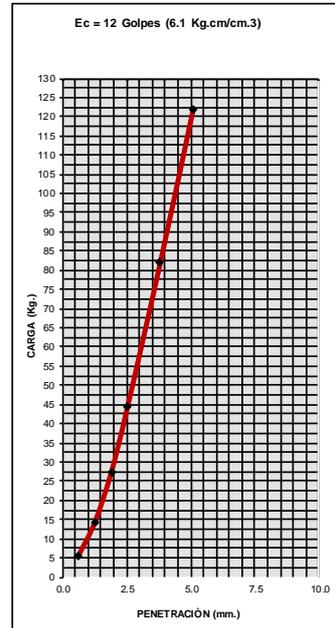
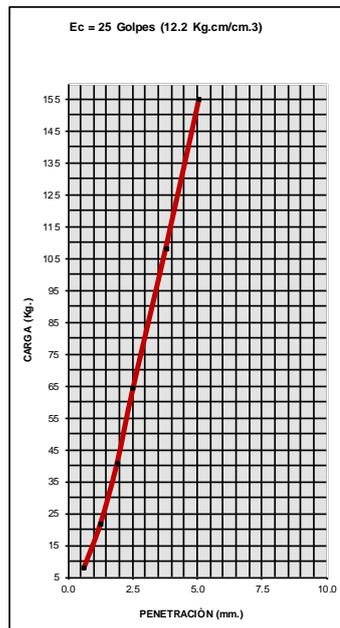
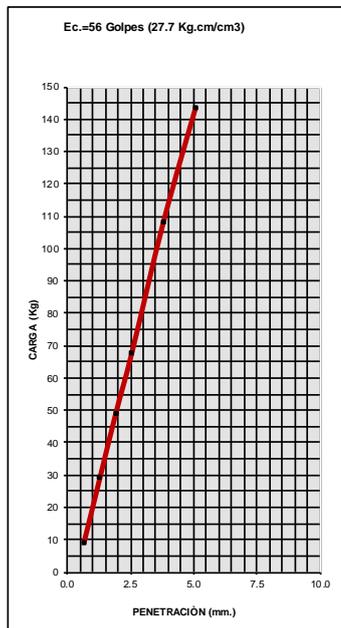
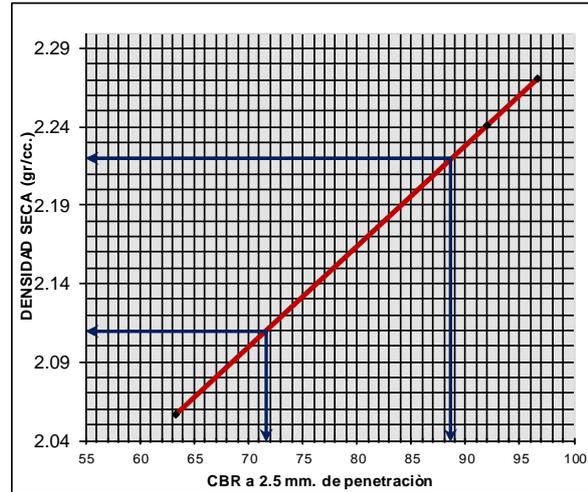
GRAFICO C.B.R.

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas
 SILICITA : Residente de Obra MUESTRA : Sub-Base Granular
 UBICACIÓN : Distrito de Platería, Puno OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 PROGRESIVA : Km. 0+000 al Km. 2+000 FECHA : 16 de Setiembre del 2013

Proctor Modificado M. D. S. 2.22 gr/cc.
 Contenido de Humedad Óptima 7.29 %

RESULTADOS			
CBR al 95 % de su M.D.S.	0.2"	71.8	%
CBR al 100 % de su M.D.S.	0.2"	88.7	%



OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

ENSAYO C. B. R.

(ASTM D - 1883)

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas
 SOLICITA : Residente de Obra MUESTRA : Base Granular
 UBICACIÓN : Distrito de Plateria, Puno OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 PROGRESIVA : Km. 0+000 al Km. 2+000 FECHA : 13 de Agosto 2014

MOLDE	N°	04	05	06			
CAPAS	N°	05	05	05			
Golpes por Capa	N°	56	25	12			
Condición Muestra		Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado	Opti. Humedad	Saturado
Peso suelo húmedo + molde	grs.	12417		12380		12271	
Peso molde	grs.	6991		7011		7163	
Peso suelo húmedo	grs.	5426		5369		5108	
Volumen del Molde	c.c.	2323		2319		2323	
Densidad húmeda	gr/cc.	2.34		2.32		2.20	
% de Humedad	%	7.31		7.34		8.63	
Densidad seca	gr/cc.	2.18		2.16		2.02	
Tarro	N°	12		16		17	
Tarro más suelo húmedo	grs.	293.00		323.00		303.50	
Tarro más suelo seco	grs.	277.30		307.10		284.30	
Peso de Agua	grs.	15.70		15.90		19.20	
Peso de tarro	grs.	62.50		90.60		61.80	
Peso suelo seco	grs.	214.80		216.50		222.50	
% de humedad	%	7.31		7.34		8.63	
Promedio Humedad	%	7.31		7.34		8.63	

% DE EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión	Dial	Expansión	Dial	Expansión
				mm. %		mm. %		mm. %
NO EXPANSIVO								

PENETRACIÓN

Penetración	Carga	Dial	Carga Corregida	CBR	Dial	Carga Corregida	CBR	Dial	Carga Corregida	CBR
mm.	Patrón		Kg K/cm²			Kg K/cm²			Kg K/cm²	
0.630	30"		50 273 14.1		45	249 12.9		28	166 8.6	
1.270	1'		105 540 27.9		90	468 24.2		35	200 10.4	
1.910	1'30"		180 905 46.8		150	759 39.2		50	273 14.1	
2.540	2'	70	250 1245 64.4 91.9		230	1148 59.3 84.8		100	516 26.7 38.1	
3.810	3'		300 1488 76.9		310	1537 79.4		120	613 31.7	
5.089	4'	105	400 1974 102.0		380	1877 97.0		200	1002 51.8	
6.350	5'									
7.620	6'	133								
8.890	7'									
10.16	8'	181								

ANILLO CAPACIDAD SOBRECARGA CONSTANTE

OBSERVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

GRAFICO C.B.R.

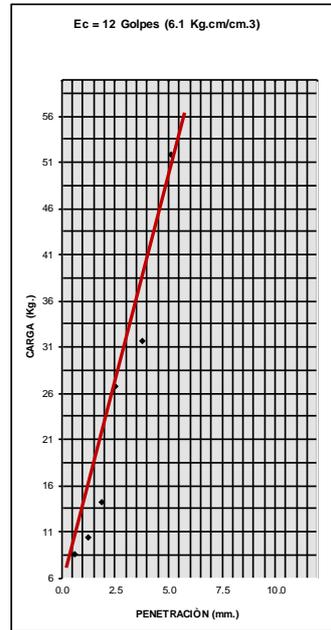
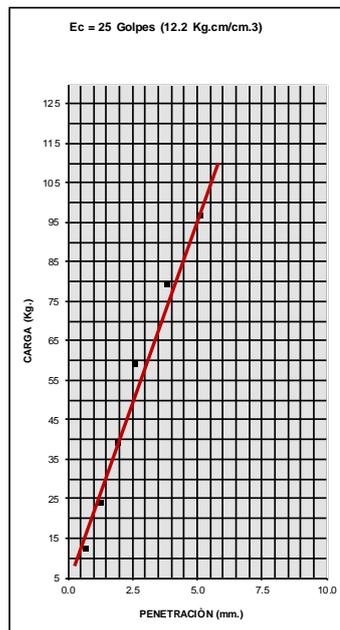
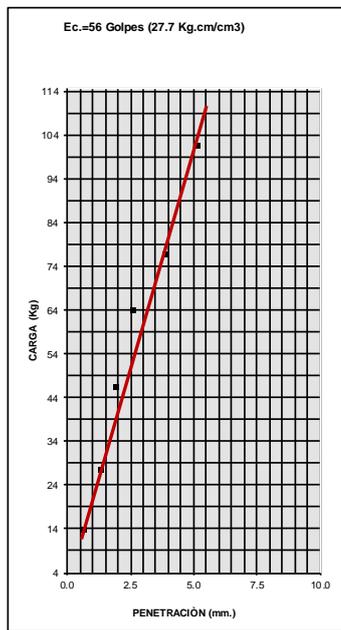
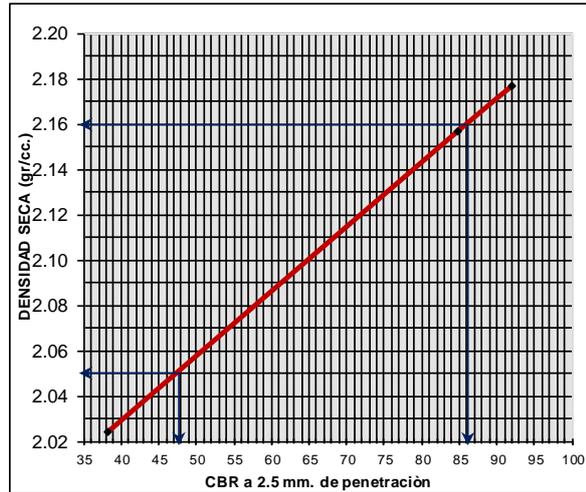
Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura vial Circuito tueristico Lago Sagrado de los Incas
 SILICITA : Residente de Obra
 UBICACIÓN : Distrito de Platería, Puno
 TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I
 PROGRESIVA : Km. 0+000 al Km. 2+000

MUESTRA : Base Granular
 OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
 ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
 FECHA :

Proctor Modificado M. D. S. 2.16 gr/cc.
 Contenido de Humedad Optima 7.98 %

RESULTADOS			
CBR al 95 % de su M.D.S.	0.2"	48.1	%
CBR al 100 % de su M.D.S.	0.2"	86.4	%



OBSERVACIONES : _____

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

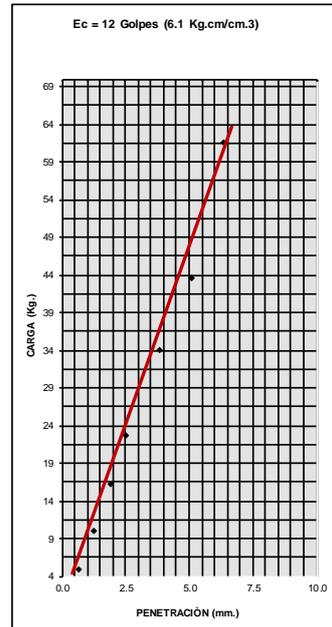
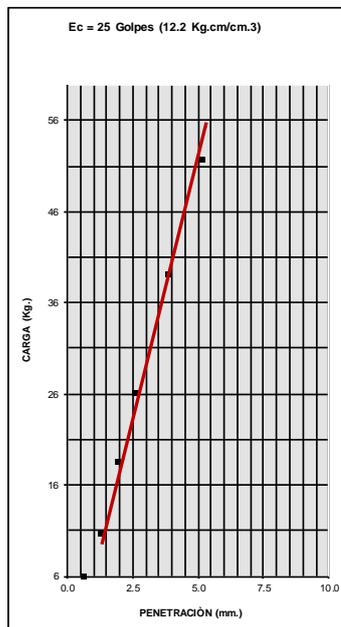
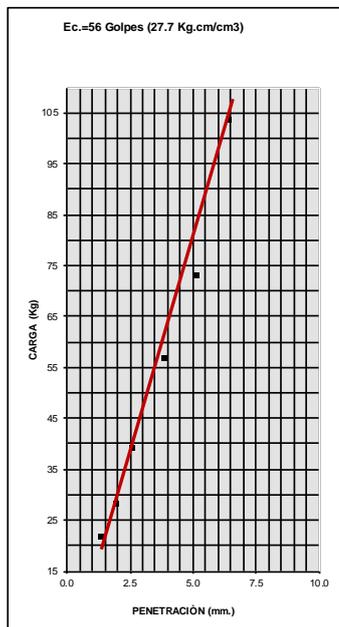
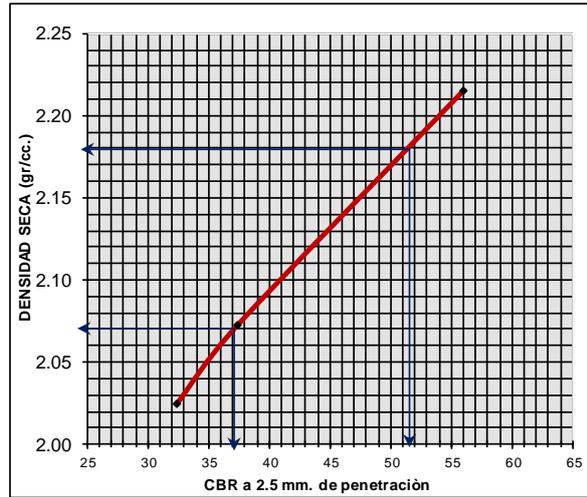
GRAFICO C.B.R.

Laboratorio Geotecnico

OBRA : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas	MUESTRA : Terraplén y/o Subrasante
SILICITA : Residente de Obra	OPERADOR : Silverio Pari Humpiri
UBICACIÓN : Distrito de Chucuito, Puno	ESPECIALISTA : Enrique N. Paquita Merma
TRAMO : Ccota-Charcas, tramo I	FECHA : 09 de Marzo del 2013
CANTERA : Quipata	

Proctor Modificado M. D. S. 2.18 gr/cc.
 Contenido de Humedad Óptima 7.2 %

RESULTADOS			
CBR al 95 % de su M. D. S.	0.2"	37.4	%
CBR al 100 % de su M. D. S.	0.2"	51.5	%



OBSERVACIONES : _____

ANEXO N° 5

CERTIFICADOS DE CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO IN-SITU, METODO CONO DE ARENA

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO Laboratorio Geotecnico													
OBRA		Mejoramiento de Infraestructura vial Circuito turístico Lago Sagrado de los Incas											
EJECUTA		Gerencia Regional de Infraestructura											
SUPERVISA		Supervisor de Obra					PROGRESIVA					de 4+880 al 5+200	
DIRECCION		Campamento Quipata											
ASUNTO		Control de Compactado de Sub-Base Granular					REALIZA					Enrique N. Paquita Merma	
UBICACIÓN		Distrito de Chucuito, Puno					OPERADOR					Silverio Pari Humpiri	
							FECHA					23 de Julio del 2010	
DENSIDAD IN SITU													
1	Progresiva		Km.	4+880	4+920	4+960	5+000	5+040	5+080	5+120	5+160	5+200	
2	Capa.		N°	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	
3	Ubicación		Lado	Der.	Izq.	Eje	Der.	Izq.	Eje	Der.	Izq.	Eje	
4	Profundidad		m.	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
5	Peso del frasco + arena		Gr.	6,594.00	6,552.00	6,527.00	6,501.00	6,482.00	6,448.00	6,411.00	6,387.00	6,347.00	
6	Peso del frasco + arena sobrante		Gr.	1,384.00	1,348.00	1,312.00	1,297.00	1,283.00	1,253.00	1,312.00	1,411.00	1,423.00	
7	Peso de la arena del cono		Gr.	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	
8	Peso de la arena del hueco (5-6-7)		Gr.	3,500.00	3,494.00	3,505.00	3,494.00	3,489.00	3,485.00	3,389.00	3,266.00	3,214.00	
9	Densidad Aparente de la arena		Gr/cc.	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	
10	Volumen del hueco (8/9)		cc.	2,573.53	2,569.12	2,577.21	2,569.12	2,565.44	2,562.50	2,491.91	2,401.47	2,363.24	
11	Peso del suelo + Grava		Gr.	6,160.00	6,156.00	6,162.00	6,155.00	6,142.00	6,145.00	5,936.00	5,734.00	5,648.00	
12	Peso Grava retenido en el tamiz 3/4"		Gr.	821.00	913.00	725.00	683.00	714.00	912.00	629.00	913.00	823.00	
13	Contenido Grava 3/4" (12/11)*100		%	13.33	14.83	11.77	11.10	11.62	14.84	10.60	15.92	14.57	
14	Peso especifico de la Grava		Gr/cc.	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	
15	Volumen de la Grava (12/14)		cc.	310.98	345.83	274.62	258.71	270.45	345.45	238.26	345.83	311.74	
16	Peso Neto del suelo (11-12)		Gr.	5,339.00	5,243.00	5,437.00	5,472.00	5,428.00	5,233.00	5,307.00	4,821.00	4,825.00	
17	Volumen del suelo (10-15)		Gr.	2,262.54	2,223.28	2,302.58	2,310.41	2,294.99	2,217.05	2,253.65	2,055.64	2,051.49	
18	Densidad Humeda (16/17)		Gr/cc.	2.36	2.36	2.36	2.37	2.37	2.36	2.35	2.35	2.35	
CONTROL DE HUMEDAD													
1	Peso tara +Muestra Humedo		Gr.										
2	Peso tara +Muestra seco		Gr.										
3	Peso del agua		Gr.	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	
4	Peso de la tara		Gr.										
5	Peso muestra seco		Gr.										
6	Contenido de Humedad		%	7.10	7.20	7.20	7.20	7.30	7.30	7.20	7.10	7.20	
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO													
1	Maxina Densidad seca Proctor Modificad		Gr./cc	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	
2	Optimo contenido de Humedad.		%	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	
3	Densidad Seca (18/(1+6/100))		Gr./cc	2.20	2.20	2.20	2.21	2.20	2.20	2.20	2.19	2.19	
4	Grado de Compactacion.		%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
OBSERVACIONES : El control de calidad (compactación por el metodo de cono de arena se hizo en la presencia de la supervisión													

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO Laboratorio Geotecnico												
OBRA		Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas										
EJECUTA		Gerencia Regional de Infraestructura										
SUPERVISA		Supervisor de Obra					PROGRESIVA : de 0+040 al 0+360					
DIRECCION		Campamento Quipata					REALIZA : Enrique N. Paquita Merma					
ASUNTO		Control de Compactado de Sub-Base Granular					OPERADOR : Silverio Pari Humpiri					
UBICACIÓN		Distrito de Plateria, Puno					FECHA : 23 de Julio del 2010					
DENSIDAD IN SITU												
1	Progresiva	Km.	0+040	0+080	0+120	0+160	0+200	0+240	0+280	0+320	0+360	
2	Capa.	N°	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base	Sub-Base
3	Ubicación	Lado	Izq.	Der.	Eje	Izq.	Der.	Eje	Izq.	Der.	Eje	
4	Profundidad	m.	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
5	Peso del frasco + arena	Gr.	6,823.00	6,795.00	6,724.00	6,687.00	6,659.00	6,625.00	6,597.00	6,573.00	6,548.00	
6	Peso del frasco + arena sobrante	Gr.	1,463.00	1,394.00	1,253.00	1,301.00	1,284.00	1,253.00	1,271.00	1,259.00	1,281.00	
7	Peso de la arena del cono	Gr.	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	
8	Peso de la arena del hueco (5-6-7)	Gr.	3,650.00	3,691.00	3,761.00	3,676.00	3,665.00	3,662.00	3,616.00	3,604.00	3,557.00	
9	Densidad Aparente de la arena	Gr./cc.	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	
10	Volumen del hueco (8/9)	cc.	2,683.82	2,713.97	2,765.44	2,702.94	2,694.85	2,692.65	2,658.82	2,650.00	2,615.44	
11	Peso del suelo + Grava	Gr.	6,486.00	6,523.00	6,648.00	6,532.00	6,504.00	6,473.00	6,387.00	6,369.00	6,294.00	
12	Peso Grava retenido en el tamiz 3/4"	Gr.	839.00	812.00	891.00	811.00	739.00	718.00	811.00	765.00	801.00	
13	Contenido Grava 3/4"(12/11)*100	%	12.94	12.45	13.40	12.42	11.36	11.09	12.70	12.01	12.73	
14	Peso especifico de la Grava	Gr./cc.	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	
15	Volumen de la Grava (12/14)	cc.	317.80	307.58	337.50	307.20	279.92	271.97	307.20	289.77	303.41	
16	Peso Neto del suelo (11-12)	Gr.	5,647.00	5,711.00	5,757.00	5,721.00	5,765.00	5,755.00	5,576.00	5,604.00	5,493.00	
17	Volumen del suelo (10-15)	Gr.	2,366.02	2,406.39	2,427.94	2,395.74	2,414.93	2,420.68	2,351.63	2,360.23	2,312.03	
18	Densidad Humeda (16/17)	Gr./cc.	2.39	2.37	2.37	2.39	2.39	2.38	2.37	2.37	2.38	
CONTROL DE HUMEDAD												
1	Peso tara +Muestra Humedo	Gr.										
2	Peso tara +Muestra seco	Gr.										
3	Peso del agua	Gr.	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY
4	Peso de la tara	Gr.										
5	Peso muestra seco	Gr.										
6	Contenido de Humedad	%	7.10	7.20	7.20	7.20	7.10	7.00	7.00	7.10	7.10	
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO												
1	Maxina Densidad seca Proctor Modificada	Gr./cc.	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
2	Optimo contenido de Humedad.	%	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29
3	Densidad Seca (18/(1+6/100))	Gr./cc.	2.23	2.21	2.21	2.23	2.23	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
4	Grado de Compactacion.	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
OBSERVACIONES : El control de calidad (compactación por el metodo de cono de arena se hizo en la presencia de la supervisión												

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO Laboratorio Geotecnico														
OBRA		Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turistico Lago Sagrado de los Incas												
EJECUTA		Gerencia Regional de Infraestructura												
SUPERVISA		Supervisor de Obra							PROGRESIVA				: de 0+020 al 0+260	
DIRECCION		Control de Compactado de Base Granular							ESPECIALISTA				: Enrique N. Paquita Merma	
ASUNTO		compactado de Base							OPERADOR				: Silverio Pari Humpiri	
UBICACIÓN		Distrito de Plateria, Puno							FECHA				: 21 de Agosto del 2014	
DENSIDAD IN SITU														
1	Progresiva		Km.	0+020	0+050	0+080	0+110	0+140	0+170	0+200	0+230	0+260		
2	Capa.		N°	Base	Base	Base	Base	Base	Base	Base	Base	Base		
3	Ubicación		Lado	Izq	Eje	Der	Eje	Izq	Eje	Der	Eje	Izq.		
4	Profundidad		m.	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14		
5	Peso del frasco + arena		Gr.	6,873.00	6,830.00	6,793.00	6,772.00	6,800.00	6,776.00	6,748.00	6,730.00	6,583.00		
6	Peso del frasco + arena sobrante		Gr.	1,435.00	1,418.00	1,300.00	1,230.00	1,680.00	1,602.00	1,513.00	1,372.00	1,342.00		
7	Peso de la arena del cono		Gr.	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00		
8	Peso de la arena del hueco (5-6-7)		Gr.	3,728.00	3,702.00	3,783.00	3,832.00	3,410.00	3,464.00	3,525.00	3,648.00	3,531.00		
9	Densidad Aparente de la arena		Gr./cc.	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36		
10	Volumen del hueco (8/9)		cc.	2,741.18	2,722.06	2,781.62	2,817.65	2,507.35	2,547.06	2,591.91	2,682.35	2,596.32		
11	Peso del suelo + Grava		Gr.	6,456.00	6,449.00	6,598.00	6,645.00	5,940.00	6,034.00	6,118.00	6,300.00	6,114.00		
12	Peso Grava retenido en el tamiz 3/4"		Gr.	847.00	906.00	1,015.00	965.00	748.00	969.00	646.00	821.00	692.00		
13	Contenido Grava 3/4" (12/11)*100		%	13.12	14.05	15.38	14.52	12.59	16.06	10.56	13.03	11.32		
14	Peso específico de la Grava		Gr./cc.	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63		
15	Volumen de la Grava (12/14)		cc.	322.05	344.49	385.93	366.92	284.41	368.44	245.63	312.17	263.12		
16	Peso Neto del suelo (11-12)		Gr.	5,609.00	5,543.00	5,583.00	5,680.00	5,192.00	5,065.00	5,472.00	5,479.00	5,422.00		
17	Volumen del suelo (10-15)		Gr.	2,419.12	2,377.57	2,395.69	2,450.73	2,222.94	2,178.62	2,346.28	2,370.19	2,333.21		
18	Densidad Humeda (16/17)		Gr./cc.	2.32	2.33	2.33	2.32	2.34	2.32	2.33	2.31	2.32		
CONTROL DE HUMEDAD														
1	Peso tara +Muestra Humedo		Gr.											
2	Peso tara +Muestra seco		Gr.											
3	Peso del agua		Gr.	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY		
4	Peso de la tara		Gr.											
5	Peso muestra seco		Gr.											
6	Contenido de Humedad		%	7.80	7.70	7.70	7.90	7.80	7.60	7.70	7.60	7.80		
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO														
1	Maxima Densidad seca Proctor Modificado		Gr./cc.	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16		
2	Optimo contenido de Humedad.		%	7.98	7.98	7.98	7.98	7.98	7.98	7.98	7.98	7.98		
3	Densidad Seca (18/(1+6/100))		Gr./cc.	2.15	2.16	2.16	2.15	2.17	2.16	2.17	2.15	2.16		
4	Grado de Compactacion.		%	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
OBSERVACIONES : El control de calidad (compactación por el metodo de cono de arena se hizo en la presencia de la supervisión														

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO Laboratorio Geotécnico											
OBRA		Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas									
EJECUTA		Gerencia regional de Infraestructura									
SUPERVISA		Supervisión Regional de Puno					PROGRESIVA : de 5+800 al 6+010				
DIRECCION		Campamento Quipata					REALIZA : Enrique N. Paquita Merma				
ASUNTO		Control de Compactado de Base Granular					OPERADOR : Silverio Pari Humpiri				
UBICACIÓN		Distrito de Chucuito, Puno					FECHA : 17 de Junio del 2014				
DENSIDAD IN SITU											
1	Progresiva		Km.	5+800	5+830	5+860	5+890	5+920	5+950	5+980	6+010
2	Capa.		N°	Base	Base	Base	Base	Base	Base	Base	Base
3	Ubicación		Lado	Eje	Der.	Eje	Izq.	Eje	Der.	Eje	Eje
4	Profundidad		m.	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
5	Peso del frasco + arena		Gr.	6,689.00	6,660.00	6,625.00	6,587.00	6,570.00	6,482.00	6,412.00	6,387.00
6	Peso del frasco + arena sobrante		Gr.	1,224.00	1,134.00	1,127.00	1,301.00	1,035.00	995.00	956.00	1,014.00
7	Peso de la arena del cono		Gr.	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00	1,710.00
8	Peso de la arena del hueco (5-6-7)		Gr.	3,755.00	3,816.00	3,788.00	3,576.00	3,825.00	3,777.00	3,746.00	3,663.00
9	Densidad Aparente de la arena		Gr./cc	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
10	Volumen del hueco (8/9)		cc.	2,761.03	2,805.88	2,785.29	2,629.41	2,812.50	2,777.21	2,754.41	2,693.38
11	Peso del suelo + Grava		Gr.	6,530.00	6,585.00	6,588.00	6,232.00	6,618.00	6,541.00	6,497.00	6,391.00
12	Peso Grava retenido en el tamiz 3/4"		Gr.	683.00	691.00	702.00	731.00	802.00	817.00	741.00	724.00
13	Contenido Grava 3/4"(12/11)*100		%	10.46	10.49	10.66	11.73	12.12	12.49	11.41	11.33
14	Peso específico de la Grava		Gr./cc	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
15	Volumen de la Grava (12/14)		cc.	259.70	262.74	266.92	277.95	304.94	310.65	281.75	275.29
16	Peso Neto del suelo (11-12)		Gr.	5,847.00	5,894.00	5,886.00	5,501.00	5,816.00	5,724.00	5,756.00	5,667.00
17	Volumen del suelo (10-15)		Gr.	2,501.33	2,543.14	2,518.37	2,351.46	2,507.56	2,466.56	2,472.66	2,418.10
18	Densidad Humeda (16/17)		Gr./cc	2.34	2.32	2.34	2.34	2.32	2.32	2.33	2.34
CONTROL DE HUMEDAD											
1	Peso tara +Muestra Humedo		Gr.								
2	Peso tara +Muestra seco		Gr.								
3	Peso del agua		Gr.	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY
4	Peso de la tara		Gr.								
5	Peso muestra seco		Gr.								
6	Contenido de Humedad		%	7.80	7.80	7.90	7.90	7.90	7.90	7.90	8.00
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO											
1	Maxima Densidad seca Proctor Modificado		Gr./cc	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
2	Optimo contenido de Humedad.		%	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
3	Densidad Seca (18/(1+6/100))		Gr./cc	2.17	2.15	2.17	2.17	2.15	2.15	2.16	2.17
4	Grado de Compactacion.		%	100	100	100	100	100	100	100	100
OBSERVACIONES : El control de calidad (compactación por el método de cono de arena se hizo en la presencia de la supervisión											

ANEXO N° 6

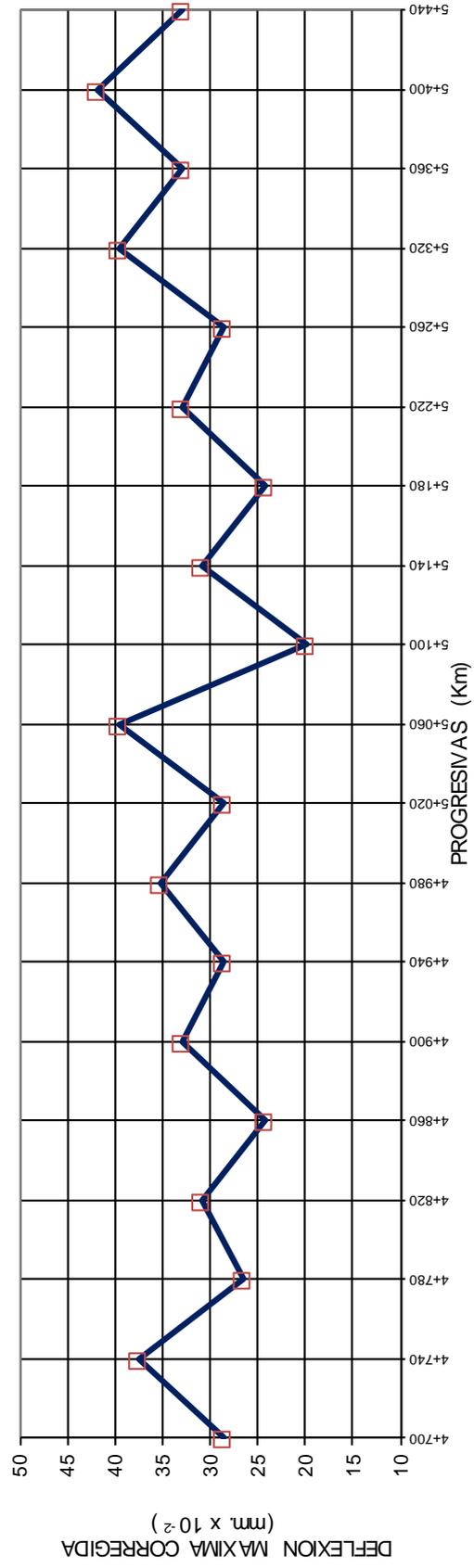
CERTIFICADOS DE CONTROL DE DEFLECTOMETRIA “VIGA BENKELMAN”

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas
ESTRUCTURA : Base Granular
PROGRESIVA : de 4+700 al 5+440
CARRIL : Izquierdo
FECHA : Agosto del 2014

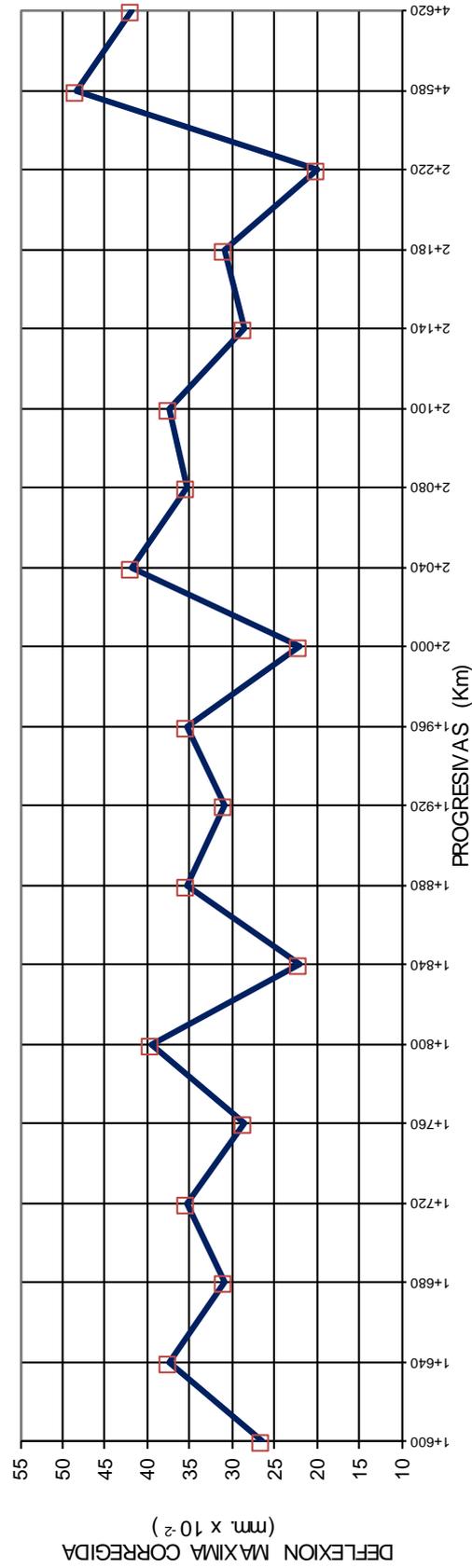
DEFLECTOGRAMA



GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas
ESTRUCTURA : Base Granular
PROGRESIVA : de 1+600 al 4+620
CARRIL : Izquierdo
FECHA : Agosto del 2014

DEFLECTOGRAMA

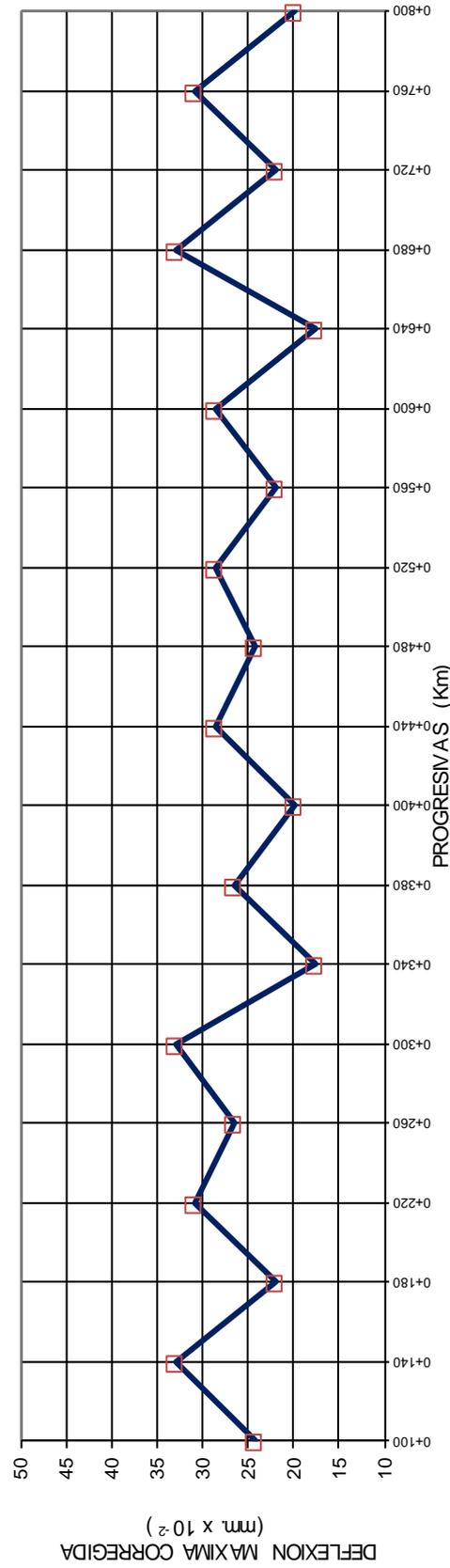


GOBIERNO REGIONAL DE PUNO																					
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA																					
Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas																					
Base Granular																					
de 1+600 al 4+620																					
IZQUIERDO																					
FECHA : Agosto del 2014																					
EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN																					
RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO 2:1																					
UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm																					
0,01mm																					
(ASTM D-4695, MTC E-1002)																					
Corrección por Temperatura																					
DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (DMA.)																					
E.N.P.M.																					
1 x 10 ² mm																					
Nº	PROGRESIVA KM	Lado	LECTURA DE VIGA EN DIALES					TEMP. AMBIENT °C	TEMP. PAVIMENT °C	HORA	DEFLEXION DIALES			DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 ⁻²					Radio de Curvatura (cm)	TIPO SECCION	Deflexión Máxima Admisible x 10 ² mm
			L25	L75	L 300	L max	L0				D0	D25	D0	D25	DSTD D.std.	DMP D _p	Do (mm)	D0			
1	1+600	L. Izq.	0	3	8	0	12			12.00	3	24.00	6.00	6.00	6.60	157.83			109		
2	1+640	L. Izq.	0	5	9	0	17		17.00	5	34.00	10.00	1.10	37.40	118.37			109			
3	1+680	L. Izq.	0	7	11	0	14		14.00	7	28.00	14.00	1.10	30.80	202.92			109			
4	1+720	L. Izq.	0	6	9	0	16		16.00	6	32.00	12.00	1.10	35.20	142.05			109			
5	1+760	L. Izq.	0	7	9	0	13		13.00	7	26.00	14.00	1.10	28.60	236.74			109			
6	1+800	L. Izq.	0	9	13	0	18		18.00	9	36.00	18.00	1.10	39.60	157.83			109			
7	1+840	L. Izq.	0	3	7	0	10		10.00	3	20.00	6.00	1.10	22.00	202.92			109			
8	1+880	L. Izq.	0	9	13	0	16		16.00	9	32.00	18.00	1.10	35.20	202.92			109			
9	1+920	L. Izq.	0	5	10	0	14		14.00	5	28.00	10.00	1.10	30.80	157.83			109			
10	1+960	L. Izq.	0	8	11	0	16		16.00	8	32.00	16.00	1.10	35.20	177.56			109			
11	2+000	L. Izq.	0	6	7	0	10		10.00	6	20.00	12.00	1.10	22.00	355.11			109			
12	2+040	L. Izq.	0	4	9	0	19		19.00	4	38.00	8.00	1.10	41.80	94.70			109			
13	2+080	L. Izq.	0	7	12	0	16		16.00	7	32.00	14.00	1.10	35.20	157.83			109			
14	2+100	L. Izq.	0	4	7	0	17		17.00	4	34.00	8.00	1.10	37.40	109.27			109			
15	2+140	L. Izq.	0	9	12	0	13		13.00	9	26.00	18.00	1.10	28.60	355.11			109			
16	2+180	L. Izq.	0	7	9	0	14		14.00	7	28.00	14.00	1.10	30.80	202.92			109			
17	2+220	L. Izq.	0	5	8	0	9		9.00	5	18.00	10.00	1.10	19.80	355.11			109			
18	4+580	L. Izq.	0	9	14	0	22		22.00	9	44.00	18.00	1.10	48.40	109.27			109			
19	4+620	L. Izq.	0	7	12	0	19		19.00	7	38.00	14.00	1.10	41.80	118.37			109			

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas
ESTRUCTURA : Base Granular
PROGRESIVA : de 0+100 al 0+800
CARRIL : Izquierdo
FECHA : Agosto del 2014

DEFLECTOGRAMA

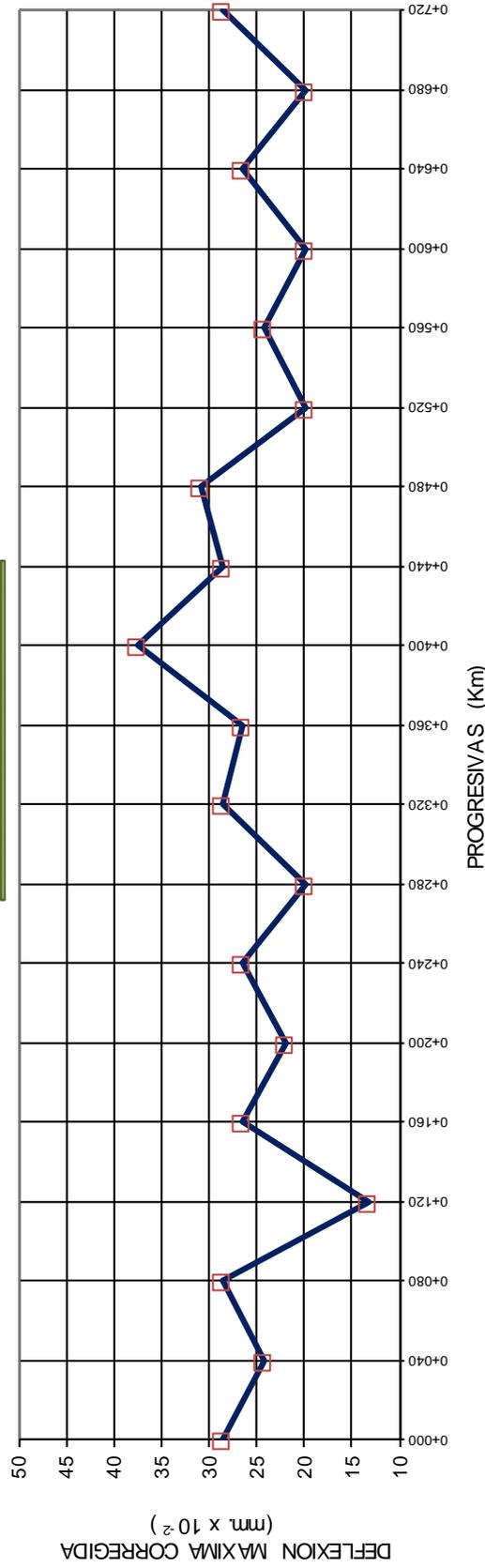


GOBIERNO REGIONAL DE PUNO																												
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA																												
Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas																												
Base Granular																												
de 0+100 al 0+800																												
IZQUIERDO																												
FECHA																												
: Agosto del 2014																												
CORRECCION POR TEMPERATURA																												
DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (DMA.)																												
Especialista : E. N. P. M.																												
1 x 10 ² mm																												
Nº	PROGRESIVA KM	Lado	LECTURA DE VIGA EN DIALES					TEMP. AMBIENT °C	TEMP. PAVIMENT °C	HORA	DEFLEXION DIALES			DEFLEXION DE LONGITUDES DE BRAZO			CORRECCION por Estacion "Kv"	DEFLEXION CORREGIDA M. M. x 10 ²				Radio de Curvatura (cm)	TIPO SECCION		Deflexión Máxima Admisible x 10 ² mm			
			L25	L75	L 100	L max	L0				D0	D25	D0	D25	DSTD D.std.	DMP D _p		D0	D25	D0	D25		T	CC		C 12L		
1	0+100	L. Izq.	0	6	7	0	11				11.00	6	22.00	12.00	1.10	24.20	33.00	13.20	284.09									109
2	0+140	L. Izq.	0	3	6	0	15			15.00	3	30.00	6.00	1.10	33.00			6.60	118.37								109	
3	0+180	L. Izq.	0	5	7	0	10			10.00	5	20.00	10.00	1.10	22.00			11.00	284.09								109	
4	0+220	L. Izq.	0	4	8	0	14			14.00	4	28.00	8.00	1.10	30.80			8.80	142.05								109	
5	0+260	L. Izq.	0	7	10	0	12			12.00	7	24.00	14.00	1.10	26.40			15.40	284.09								109	
6	0+300	L. Izq.	0	6	9	0	15			15.00	6	30.00	12.00	1.10	33.00			13.20	157.83								109	
7	0+340	L. Izq.	0	4	7	0	8			8.00	4	16.00	8.00	1.10	17.60			8.80	355.11								109	
8	0+380	L. Izq.	0	8	11	0	12			12.00	8	24.00	16.00	1.10	26.40			17.60	355.11								109	
9	0+400	L. Izq.	0	5	7	0	9			9.00	5	18.00	10.00	1.10	19.80			11.00	355.11								109	
10	0+440	L. Izq.	0	7	10	0	13			13.00	7	26.00	14.00	1.10	28.60			15.40	236.74								109	
11	0+480	L. Izq.	0	8	9	0	11			11.00	8	22.00	16.00	1.10	24.20			17.60	473.48								109	
12	0+520	L. Izq.	0	8	11	0	13			13.00	8	26.00	16.00	1.10	28.60			17.60	284.09								109	
13	0+560	L. Izq.	0	7	9	0	10			10.00	7	20.00	14.00	1.10	22.00			15.40	473.48								109	
14	0+600	L. Izq.	0	9	12	0	13			13.00	9	26.00	18.00	1.10	28.60			19.80	355.11								109	
15	0+640	L. Izq.	0	5	6	0	8			8.00	5	16.00	10.00	1.10	17.60			11.00	473.48								109	
16	0+680	L. Izq.	0	4	6	0	15			15.00	4	30.00	8.00	1.10	33.00			8.80	129.13								109	
17	0+720	L. Izq.	0	5	8	0	10			10.00	5	20.00	10.00	1.10	22.00			11.00	284.09								109	
18	0+760	L. Izq.	0	5	9	0	14			14.00	5	28.00	10.00	1.10	30.80			11.00	157.83								109	
19	0+800	L. Izq.	0	3	6	0	9			9.00	3	18.00	6.00	1.10	19.80			6.60	236.74								109	

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas
ESTRUCTURA : Base Granular
PROGRESIVA : de 0+000 al 0+720
CARRIL : Derecho
FECHA : Agosto del 2014

DEFLECTOGRAMA

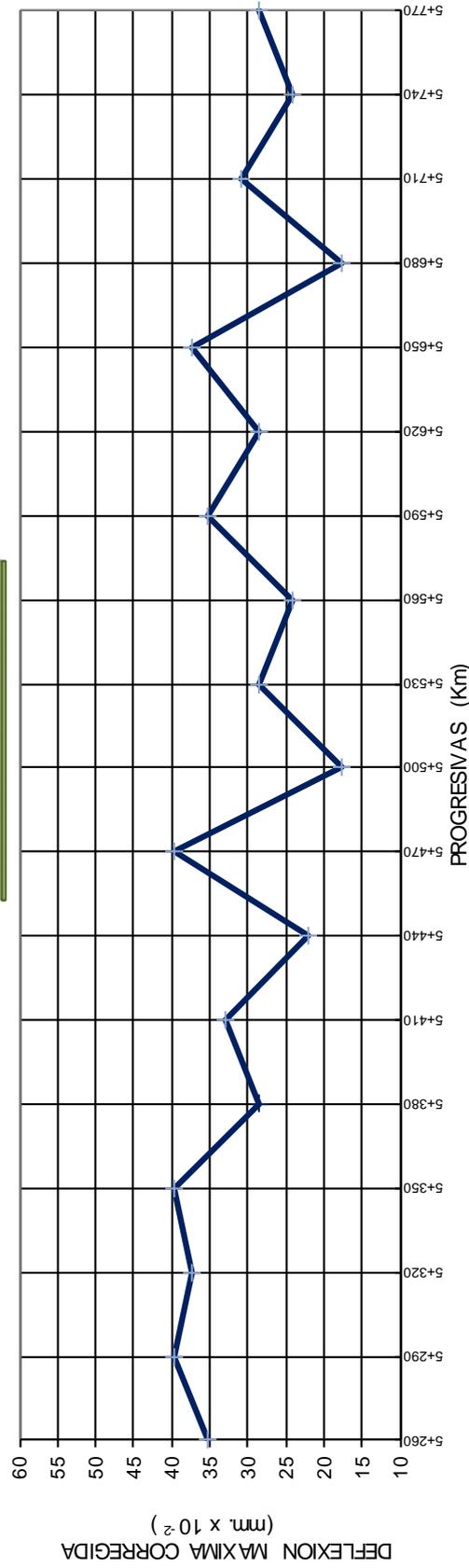


GOBIERNO REGIONAL DE PUNO																						
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA																						
Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas																						
OBRA : Base Granular																						
ESTRUCTURA : de 0+000 al 0+720																						
PROGRESIVA : Derecho																						
CARRIL																						
FECHA : Agosto del 2014																						
EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN																						
RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO 2:1																						
CORRECCION POR TEMPERATURA 1.0																						
UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm 0.01mm																						
DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (DMA.) E. N. P. M. Especialista																						
(ASTM D-4695, MTC E-1002)																						
1 x 10 ² mm																						
Nº	PROGRESIVA KM	Lado	LECTURA DE VIGA EN DIALES						TEMP. AMBIENT °C	TEMP. PAVIMENT °C	HORA	DEFLEXION DIALES			DEFLEXION CORREGIDA M. M. x 10 ²			Radio de Curvatura (cm)	TIPO SECCION		Deflexión Máxima Admisible x 10 ² mm	
			L25	L75	L 100	L max	D0	D25				D0	D25	D0	DSTD D.std.	DMP D _p	D0		D25 (mm)	T		CC
1	0+000	L. Der.	0	6	8	0	13	13.00	6	26.00	12.00	1.10	28.60	13.20	202.92	13.20	202.92					
2	0+040	L. Der.	0	4	7	0	11	11.00	4	22.00	8.00	1.10	24.20	8.80	202.92	8.80	202.92					
3	0+080	L. Der.	0	6	8	0	13	13.00	6	26.00	12.00	1.10	28.60	13.20	202.92	13.20	202.92					
4	0+120	L. Der.	0	3	4	0	6	6.00	3	12.00	6.00	1.10	13.20	6.60	473.48	6.60	473.48					
5	0+160	L. Der.	0	8	11	0	12	12.00	8	24.00	16.00	1.10	26.40	17.60	355.11	17.60	355.11					
6	0+200	L. Der.	0	3	6	0	10	10.00	3	20.00	6.00	1.10	22.00	6.60	202.92	6.60	202.92					
7	0+240	L. Der.	0	7	10	0	12	12.00	7	24.00	14.00	1.10	26.40	15.40	284.09	15.40	284.09					
8	0+280	L. Der.	0	4	7	0	9	9.00	4	18.00	8.00	1.10	19.80	8.80	284.09	8.80	284.09					
9	0+320	L. Der.	0	5	7	0	13	13.00	5	26.00	10.00	1.10	28.60	11.00	177.56	11.00	177.56					
10	0+360	L. Der.	0	8	9	0	12	12.00	8	24.00	16.00	1.10	26.40	17.60	355.11	17.60	355.11					
11	0+400	L. Der.	0	12	15	0	17	17.00	12	34.00	24.00	1.10	37.40	26.40	284.09	26.40	284.09					
12	0+440	L. Der.	0	9	12	0	13	13.00	9	26.00	18.00	1.10	28.60	19.80	355.11	19.80	355.11					
13	0+480	L. Der.	0	7	9	0	14	14.00	7	28.00	14.00	1.10	30.80	15.40	202.92	15.40	202.92					
14	0+520	L. Der.	0	4	6	0	9	9.00	4	18.00	8.00	1.10	19.80	8.80	284.09	8.80	284.09					
15	0+560	L. Der.	0	5	8	0	11	11.00	5	22.00	10.00	1.10	24.20	11.00	236.74	11.00	236.74					
16	0+600	L. Der.	0	4	6	0	9	9.00	4	18.00	8.00	1.10	19.80	8.80	284.09	8.80	284.09					
17	0+640	L. Der.	0	5	7	0	12	12.00	5	24.00	10.00	1.10	26.40	11.00	202.92	11.00	202.92					
18	0+680	L. Der.	0	3	6	0	9	9.00	3	18.00	6.00	1.10	19.80	6.60	236.74	6.60	236.74					
19	0+720	L. Der.	0	6	10	0	13	13.00	6	26.00	12.00	1.10	28.60	13.20	202.92	13.20	202.92					

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO : Mejoramiento de Infraestructura Vial Circuito Turístico Lago Sagrado de los Incas
ESTRUCTURA : Base Granular
PROGRESIVA : de 5+260 al 5+770
CARRIL : Derecho
FECHA : Mayo del 2014

DEFLECTOGRAMA



ANEXO N° 7

PANEL FOTOGRAFICO DE LA OBRA



Foto N° 01. Excavación de Calicatas con apoyo de retroexcavadora. (Suelo de fundación)



Foto N° 02. Evaluación de estratos en el Suelo de fundación, en el eje de la carretera en Estudio.



Foto N° 03. Explotación de cantera Quipata. (Zarandeo del material Sub-rasante)



Foto N° 04. Procesamiento de material en planta Cabanillas. (Piedra triturada de 1" a 1¼")



Foto N° 05. Ensayos de granulometría en laboratorio. (Muestra de canteras en estudio)



Foto N° 06. Ensayos de límites de consistencia en laboratorio. (Cantera Quipata)



Foto N° 07. Zona inestable en casos de Sismos. (Km. 1+980, Estación N° 1)



Foto N° 08. Zona inestable en casos de Sismos y/o por exceso de precipitación pluvial en la zona. (Km. 6+400, Estación N° 2)



Foto N° 09. Control de densidad de campo in-situ, método: cono de arena. Estos controles se realizan en capas de Sub-rasante, Sub-Base y Bases granulares.



Foto N° 10. Técnica de colocación de equipo de Viga Benkelman en el punto de prueba de la carretera en construcción. (Base granular)

ANEXO N° 8

PLANOS Y PERFILES DE LA OBRA

1. U-01, Plano de Ubicación
2. E-01, Perfil Estratigráfico de suelo de fundación
3. E-02, Perfil Estratigráfico de suelo de fundación
4. PL-01, Perfil longitudinal del tramo de la carretera en construcción
5. Croquis de ubicación de canteras
6. G-01, Plano Geológico Regional
7. GM-01, Plano Geomorfológico Regional
8. G-02, Plano Geológico Local
9. GM-02, Plano Geomorfológico Local

