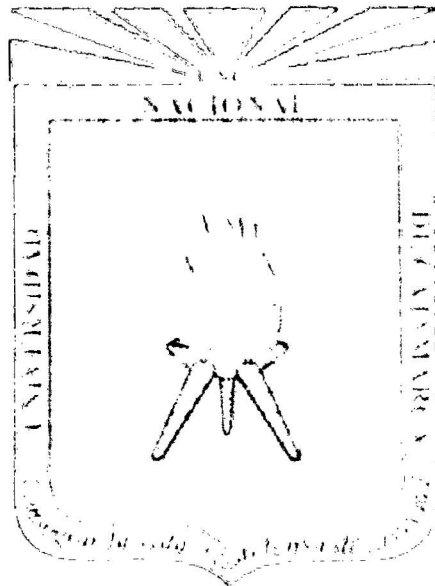


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



TESIS PROFESIONAL

"Análisis de mezclas de materiales de la cantera de Pinos y Tajo La Quinua para su uso en las vías de Minera Yanacocha"

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

URCIA DÍAZ, Pierre.

ASESORA:

Ing. ROSA LLIQUE MONDRAGÓN

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sobremanera a la Ingeniero Rosa Llique Mondragón y a todos los profesionales que me brindaron su desinteresado apoyo para poder desarrollar esta Tesis.

Agradezco también a la Empresa Minera Yanacocha y al Ing. Richard Balboa Zegarra, por la preocupación mostrada para el avance y culminación de esta Tesis.

A los familiares y amigos que sabiéndolo o no, han contribuido a la realización de mi Tesis y al logro de mis objetivos.

El Autor.

DEDICATORIA

Dedicado

A Dios que está siempre a mi lado, a mi madre Victoria, a mi hermana Sheyla y a mi tía Victoria, por estar siempre conmigo en todo momento, por su incondicional apoyo y por el amor que siempre me han tenido. Las llevo siempre en mi corazón.

TÍTULO

**“Análisis de mezclas de materiales de la cantera de Pinos y Tajo
La Quinoa para su uso en las vías de Minera Yanacocha”**

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN	
1.1. Introducción	01
1.2. Planteamiento del Problema	02
1.3. Formulación del Problema	06
1.4. Hipótesis de la Investigación	06
1.5. Justificación	06
1.6. Limitaciones	06
1.7. Alcances	07
1.8. Objetivos de la Investigación	07
1.9. Características Locales de Yanacocha	08
1.9.1. Ubicación	08
1.9.2. Accesibilidad	10
1.9.3. Topografía	11
1.9.4. Clima y Vegetación	11
1.9.5. Ubicación de Canteras y Tajos	12

CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos	13
2.2. Teorías existentes relativas al problema de investigación	13
2.3. Conceptos Importantes	14
2.4. Mezcla de Materiales	14
2.5. Capacidad de Carga o Capacidad Portante de un Suelo	16
2.6. Valor de la Relación de Soporte de un Suelo	17
2.7. Diferencia entre Valor Soporte – Capacidad Portante	17
2.8. Uso y Conservación de Vías	17
2.9. Análisis de Mecánica de Suelos	18
2.9.1. Muestreo de Suelos	18
2.9.2. Tipos de Ensayos de Laboratorio y Caracterización de Suelos	19
a. Ensayos generales para Clasificar los Suelos	19
b. Ensayos de Control de Calidad	19
c. Ensayos de Resistencia	19
2.9.3. Contenido de Humedad	20
2.9.4. Peso Específico	21
2.9.5. Análisis Granulométrico	22
2.9.6. Límites De Consistencia	24
2.9.7. Compactación	25
2.9.8. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)	28
2.9.9. Ensayo de Desgaste Abrasión (Para muestreo de canteras)	29
2.9.10. Clasificación e Identificación de Suelos	31
a. Sistema AASHTO	31
b. Sistema SUCS	33
2.9.11. Mezcla de Agregados	36
2.9.12. Especificaciones Técnicas	41
Bases Granulares	41
a. Granulometría	41
b. Agregado Grueso	43
c. Agregado Fino	43

CAPÍTULO III – MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Variables de Estudio	44
Variables Independientes	44
Variables Dependientes	44
3.2. Tipo y Diseño de la Investigación	44
3.3. Descripción de Materiales, Instrumentos y Equipos de Medición	45
3.4. Análisis e Interpretación de Datos	46
Método Empleado	46
Muestreo	46
Ensayos realizados	47
Tabulaciones de datos	48
Procesamiento Estadístico de Datos y Obtención de Resultados	48
Comparación de Resultados	48

CAPÍTULO IV – ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la Investigación	49
4.2. Análisis de la Información	51
4.3. Contrastación de la Hipótesis	52

CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.	53
5.2. Recomendaciones.	54

BIBLIOGRAFÍA

PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXOS

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

- Fotografía 1: Deformaciones en vía Zorro (parte alta).*
- Fotografía 2: Deterioro en vías de acceso frente a grifo de Brígida.*
- Fotografía 3: Presencia de ondulaciones en vía Honesta, parte baja.*
- Fotografía 4: Encalaminado en vía Brígida.*
- Fotografía 5: Presencia de ondulaciones en la vía Jota, parte alta.*
- Fotografía 6: Presencia de ondulaciones en vía Honesta.*
- Fotografía 7: Pesaje de Muestras Húmedas (Contenido de Humedad).*
- Fotografía 8: Pesaje de taras para Contenido de Humedad.*
- Fotografía 9: Determinación de Peso Específico del Material de Tajo La Quinoa.*
- Fotografía 10: Análisis Granulométrico por Lavado del Material de Tajo LQ.*
- Fotografía 11: Tamizado en seco del Material de La Quinoa.*
- Fotografía 12: Determinación del Límite Líquido del material de la Cantera de Pinos.*
- Fotografía 13: Determinación del Límite Plástico del Material de Cantera Pinos.*
- Fotografía 14: Ensayo Próctor Modificado con Material de Cantera Pinos.*
- Fotografía 15: Comportamiento del Material de Tajo LQ frente a la humedad (Próctor Modificado).*
- Fotografía 16: CBR de Material de Cantera de Pinos.*
- Fotografía 17: Ensayo de CBR de Material de Cantera de Pinos*
- Fotografía 18: Análisis Granulométrico por lavado de las 3 mezclas de materiales.*
- Fotografía 19: Mezcla de Materiales de LQ y Pinos lista para hacer ensayo de Próctor Modificado.*
- Fotografía 20: Próctor Modificado de una de las mezclas de materiales obtenidas.*
- Fotografía 21: Próctor Modificado de una de las mezclas de materiales.*
- Fotografía 22: CBR de las Mezclas de Materiales Obtenidas.*

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Mapa del Perú (ubicación del Departamento de Cajamarca).

Figura 2: Mapa del departamento de Cajamarca - (Ubicación de la Provincia de Cajamarca).

Figura 3: Mapa de la provincia de Cajamarca – Distrito de La Encañada.

Figura 4: Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua rugosa.

Figura 5: Ábaco de Casagrande.

Figura 6: Ejemplo de Gráfica de Límite Líquido.

Figura 7: Ejemplo de Gráfica de Análisis Granulométrico.

Figura 8: Ejemplo de Gráfica de Curva de Compactación.

Figura 9: Ejemplo de Gráfica de Curva Esfuerzo – Deformación.

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1: Accesibilidad a Yanacocha.*
- Tabla 2: Coordinadas Canteras y Tajos*
- Tabla 3: Muestreo de Suelos y Rocas.*
- Tabla 4: Ensayos de Laboratorio.*
- Tabla 5: Clasificación de Partículas del Suelo.*
- Tabla 6: Características de los Suelos según sus IP.*
- Tabla 7: Especificaciones de las Pruebas Próctor.*
- Tabla 8: Características de Compactación de los distintos tipos de Suelos.*
- Tabla 9: Comparación de los resultados con los ensayos Próctor Estándar y Modificado, realizada por el TRANSPORT RESEARCH LABORATORY BRITÁNICO (TRL).*
- Tabla 10: Clasificación Típica de C.B.R.*
- Tabla 11: Carga Abrasiva, Máquina de los Ángeles.*
- Tabla 12: Granulometría de la muestra del agregado para Ensayo de Desgaste o Abrasión.*
- Tabla 13: Porcentajes de Desgaste para evaluar los resultados del Ensayo de Desgaste o Abrasión.*
- Tabla 14: Clasificación de Suelos según AASHTO.*
- Tabla 15: Letras utilizadas en la Clasificación ASTM.*
- Tabla 16: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) Incluyendo Identificación y Descripción.*
- Tabla 17: Requerimientos granulométricos para Base Granular.*
- Tabla 18: Valor Relativo de Soporte – Base Granular.*
- Tabla 19: Requerimientos agregado grueso para Base Granular.*
- Tabla 20: Requerimientos agregado fino para Base Granular.*
- Tabla 21: Propiedades de los materiales de Tajo La Quinua.*
- Tabla 22: Propiedades de Material de Cantera Pinos*
- Tabla 23: Propiedades de Material de 75% La Quinua + 25% Pinos*
- Tabla 24: Propiedades de Material de 50% La Quinua + 50% Pinos*
- Tabla 25: Propiedades de Material de 25% La Quinua + 75% Pinos*
- Tabla 26: Ensayo Contenido de Humedad.*
- Tabla 27: Ensayo Peso Específico Material Fino.*

Tabla 28: Ensayo Peso Específico Material Grueso y Fino.

Tabla 29: Ensayo Límite Líquido.

Tabla 30: Ensayo Límite Plástico.

Tabla 31: Ensayo Análisis Granulométrico.

Tabla 32: Ensayo Compactación de Próctor Modificado.

Tabla 33: Ensayo California Bearing Ratio (Compactación CBR, Hinchamiento, Carga Penetración).

Tabla 34: Ensayo Abrasión.

RESUMEN

La estructura y la geometría de las vías de Minera Yanacocha se deterioran por el intenso tránsito al que son sometidas durante las 24 horas cada día, éstas son construidas con materiales provenientes de la Cantera Pinos y Tajo La Quinoa que individualmente, no cumplen con las especificaciones de granulometría, compactación, índice CBR y resistencia a la abrasión para su uso en vías. La investigación tiene como objetivo realizar el análisis de mezclas de materiales de la cantera Los Pinos y Tajo La Quinoa que cumpla con las especificaciones de base para su uso en las vías de Minera Yanacocha, se realizó ensayos con mezclas de tres diferentes proporciones de los materiales: 25% de material de la Cantera Los Pinos y 75% de material del Tajo La Quinoa, 50% de material de la Cantera Los Pinos y 50% de material del Tajo La Quinoa, 75% de material de la Cantera Los Pinos y 25% de material del Tajo La Quinoa. Se determinó que el material obtenido de la mezcla de 50% de Tajo La Quinoa más el 50% de la Cantera Pinos, cumple con las especificaciones requeridas para las vías.

ABSTRACT

The road's structure and geometry have been damaged because of the intensive traffic that they are exposed to day by day. These roads have been going built by using materials from Pinos quarry and La Quinoa pit, that don't comply Granulometric, Compaction and Abrasion Resistance needed to be used as a Base course in haul roads building. This investigation has the purpose of making the blending analysis from Pinos quarry and La Quinoa pit in order to find a material that comply technical specifications for its use as a base course in Yanacocha Mining. It has been realized an analysis with three different blendings in different proportions: 75% from material of La Quinoa pit and 25% of material from Pinos quarry, 50% from material of La Quinoa pit and 50% of material from Pinos quarry, and 25% from material of La Quinoa pit and 75% of material from Pinos quarry. At the end, it has been had that the material from the blending of 50% from material of La Quinoa pit and 50% of material from Pinos quarry, comply with the technical specifications for base courses.

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción:

La presencia o ausencia de lluvias, el mantenimiento inoportuno, insuficiente o inapropiado; y la falta de una Capa de Rodadura adecuada en las Vías de Acarreo Minero, contribuyen a que la estructura y la geometría de las vías se vean afectadas negativamente por el intenso tráfico al que están sometidas las 24 horas del día, lo que se ve reflejado en mayores Costos de Operación y en mayor número de accidentes.

La disponibilidad de materiales, sobre todo en tiempos de lluvia, es muy limitada, no habiendo material alguno que cumpla con las especificaciones adecuadas.

En la presente Tesis, se realiza la mezcla de dos materiales para obtener un tercer material que tenga las características adecuadas para poder utilizarlo en la conformación de Base en las vías de acarreo.

Un problema que se presenta a menudo es el de determinar en qué proporción mezclar dichos materiales para tener una cierta gradación que cumpla con los requisitos establecidos por las normas, para los tamices que especifica ésta; tema que se desarrollará en adelante.

1.2. Planteamiento del Problema:

Las operaciones de Minera Yanacocha se encuentran ubicadas entre los 3324 msnm y los 4200 msnm, al Nor-Este de la Ciudad de Cajamarca, por lo que la presencia o ausencia de lluvias; el mantenimiento inoportuno, insuficiente o inapropiado; y la falta de una Capa de Rodadura adecuada en las vías de acarreo minero, contribuyen a que la estructura y la geometría de las vías se vean afectadas negativamente por el intenso tráfico al que están sometidas las 24 horas del día, lo que se ve reflejado en mayores costos de operación y en mayor número de accidentes.

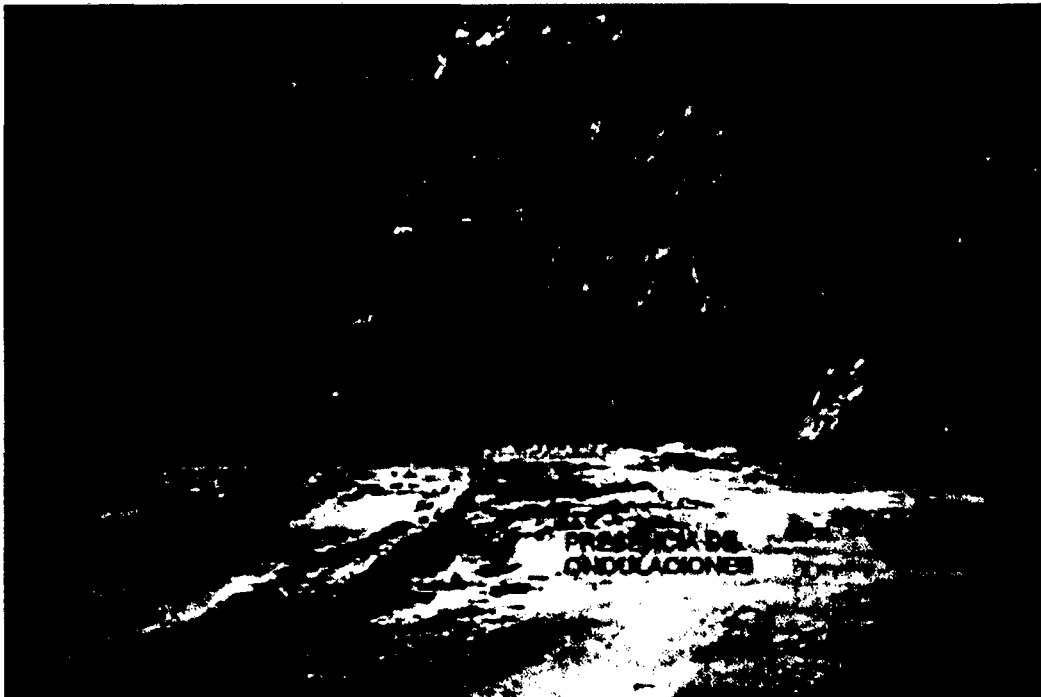
Fotografía 01: Deformaciones en vía Zorro (parte alta).



Fotografía 02: Deterioro en vías de acceso frente a grifo de Brígida.



Fotografía 03: Presencia de ondulaciones en vía Honesta, parte baja.



Fotografía 04: Encalaminado en vía Brigida.



Fotografía 05: Presencia de ondulaciones en la vía Jota, parte alta.



Fotografía 06: *Presencia de ondulaciones en vía Honesta.*



Todos los materiales utilizados tradicionalmente en los Caminos de Acarreo de MYSRL han sido procedentes de las Canteras o de los Tajos, por lo que no se ha seguido la práctica de mezclar dos o más materiales, en busca de un tercer material que cumpla con ciertas características granulométricas.

En este contexto, la presente investigación busca obtener mezclas de materiales que cumplan con las Características Granulométricas, de Compactación y Resistencia que garanticen su adecuado comportamiento para conformación de Base y que se adecuen económicamente a la realidad de las necesidades y los trabajos a realizar.

1.3. Formulación del Problema:

¿Cuál es la mezcla de los materiales de la cantera de Pinos y del tajo la Quinua que cumple con los requisitos para conformación de Base en las vías de Minera Yanacocha?

1.4. Hipótesis de la Investigación:

La mezcla de los materiales que cumple con los requisitos para material de Base para su uso en las vías de minera Yanacocha se obtiene con 50 % de material de cantera los Pinos y 50 % de material del Tajo la Quinua.

1.5. Justificación:

Con los estudios a los materiales existentes, se busca obtener una mezcla que cumpla con las Características Granulométricas, de Compactación y Resistencia que garanticen su adecuado comportamiento en la conformación de Base en las diferentes vías de Minera Yanacocha.

1.6. Limitaciones:

Para la realización del presente trabajo se tuvieron las siguientes limitaciones:

- La escasez de canteras y/o material aparente reduce las posibles opciones de mezclas para el presente trabajo de investigación por lo que la investigación estaría centrada en los materiales de la Cantera de Pinos y del Tajo La Quinua
- La toma de muestras de materiales durante la época seca del año resulta relativamente sencilla, en tanto que la época de lluvias restringe un poco los trabajos.

- Este estudio es únicamente válido para los materiales de la zona de estudio, llámese Tajo La Quinua y Cantera de Pinos. Cuando se requiera la utilización de materiales diferentes provenientes de otros tajos o canteras, tendrá que realizar un estudio para dichos materiales.

1.7. Alcances:

El presente trabajo serviría como preámbulo para estudios de investigación, ya que se centrará principalmente en el análisis de las características correspondientes a la mecánica de suelos, sin embargo, se podría ahondar más en temas como el diseño estructural e hidráulico de las vías, la mitigación del polvo en los caminos de acarreo, entre otros.

El beneficio está orientado principalmente a generar mayores condiciones de seguridad en vías de acarreo de Minera Yanacocha, a la optimización de recursos existentes, lo que generaría una mayor duración de las vías, además de un menor registro de daño en llantas de los equipos y por ende también un ahorro económico significativo.

1.8. Objetivos de la Investigación:

Objetivo General:

- Realizar el diseño de mezclas de materiales de las canteras de Pinos, y Tajo La Quinua para su uso como Base en las vías de Minera Yanacocha.

Objetivos Específicos:

- Determinar la granulometría y plasticidad de los materiales de las canteras y de las mezclas.
- Determinar la Densidad Seca Máxima y el Contenido Óptimo de Humedad de los materiales de las canteras y tajos, y de las mezclas.
- Determinar el CBR de la mezcla óptima.
- Determinar el porcentaje de abrasión de los materiales de las canteras y tajos.

1.9. Características Locales de Yanacocha:

1.9.1. Ubicación:

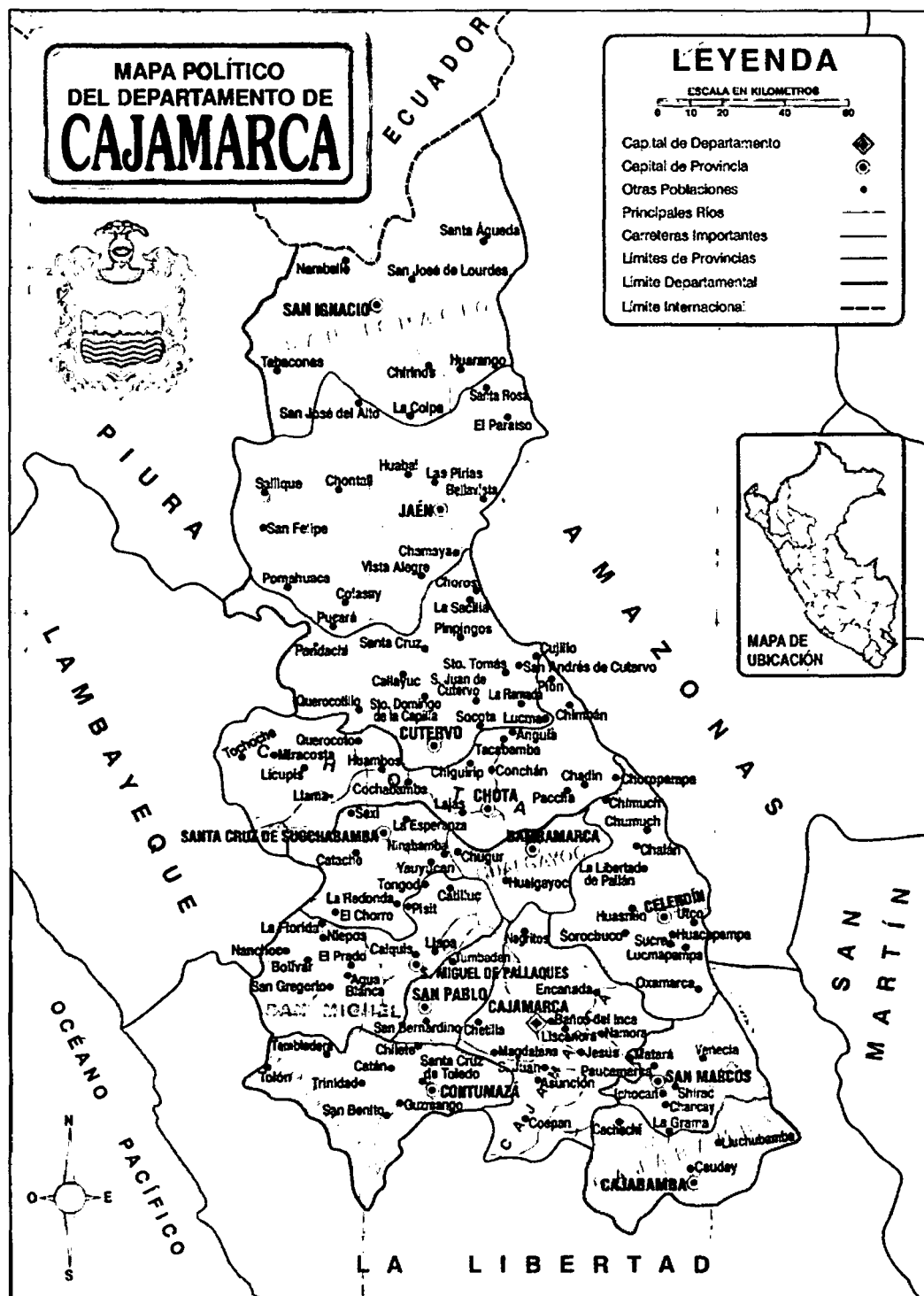
Yanacocha se ubica en el norte del territorio peruano, en el Departamento de Cajamarca, provincia de Celendín aproximadamente a unos 25 km, en línea recta al Nor-Este de la ciudad de Cajamarca, y cuyas elevaciones se encuentran entre las alturas de 3324 m.s.n.m. a 4200 m.s.n.m. Pertenece a la Franja Volcánica Terciaria Andina del norte del Perú.

Figura 1: Mapa del Perú (ubicación del Departamento de Cajamarca).



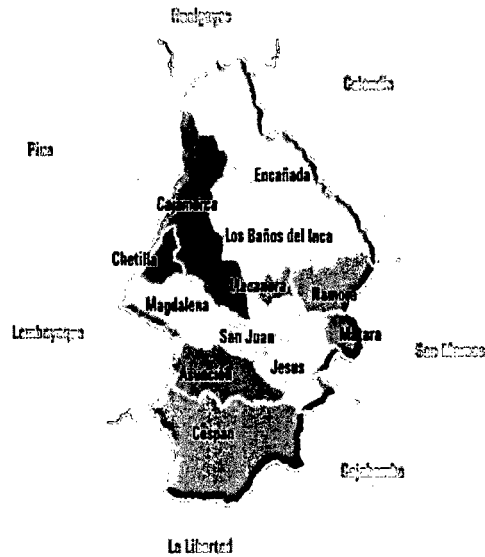
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Cajamarca

Figura 2: Mapa del departamento de Cajamarca (Ubicación de la Provincia de Cajamarca).



Fuente: http://peruroutes.com/cajamarca_datos.htm

Figura 3: Mapa de la provincia de Cajamarca – Distrito de La Encañada.



Fuente: <http://app.seace.gob.pe>

Sus coordenadas geográficas son:

78°25' - 78°33' -----Longitud Oeste

06°54' – 07°04' -----Latitud Sur

1.9.2. Accesibilidad:

La accesibilidad se puede hacer vía aérea o terrestre desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Cajamarca siguiendo la ruta:

Lima – Cajamarca (960 km).

A partir de la ciudad de Cajamarca se puede acceder vía terrestre aproximadamente 1 hora de viaje a la instalación de operaciones Minera Yanacocha a través del acceso Cajamarca – Hualgayoc; donde se tiene carretera hasta la operación.

Cajamarca – Oficinas Administrativas 27.4 Km.

Oficinas Administrativas – Área de Seguridad (Huandoy) 9 km.

Área de Seguridad (Huandoy) – Tajos 6-18 km.

Origen	Destino	Distancia
Lima	Cajamarca	960 km
Cajamarca	Oficinas Administrativas	27.4 km
Oficinas Administrativas	Garita (Huandoy)	9 km
Garita (Huandoy)	Operación (Tajos)	6 - 18 km
	Total Aproximado	1000 km

Tabla 1: Accesibilidad a Yanacocha

Fuente propia.

1.9.3. Topografía:

La topografía de la zona oscila entre ondulada y accidentada.

1.9.4. Clima y Vegetación:

La zona se encuentra en la región Puna y presenta un cuadro climático propio:

Clima sub-húmedo y templado.

Clima sub-húmedo y semi-frío.

Clima húmedo y frío.

La temperatura promedio anual fluctúa entre los 11°C. Las temperaturas máximas llegan a superar los 20°C mientras que las temperaturas mínimas promedio se encuentran por debajo de los -10°C, comúnmente llegándose a registrar temperaturas bajo cero, ocasionando heladas.

La vegetación es representada por el pino y plantas nativas como el ichu. Por la naturaleza de la región, ésta no es apta para el cultivo ni el sembrío.

1.9.5. Ubicación de Canteras y Tajos:

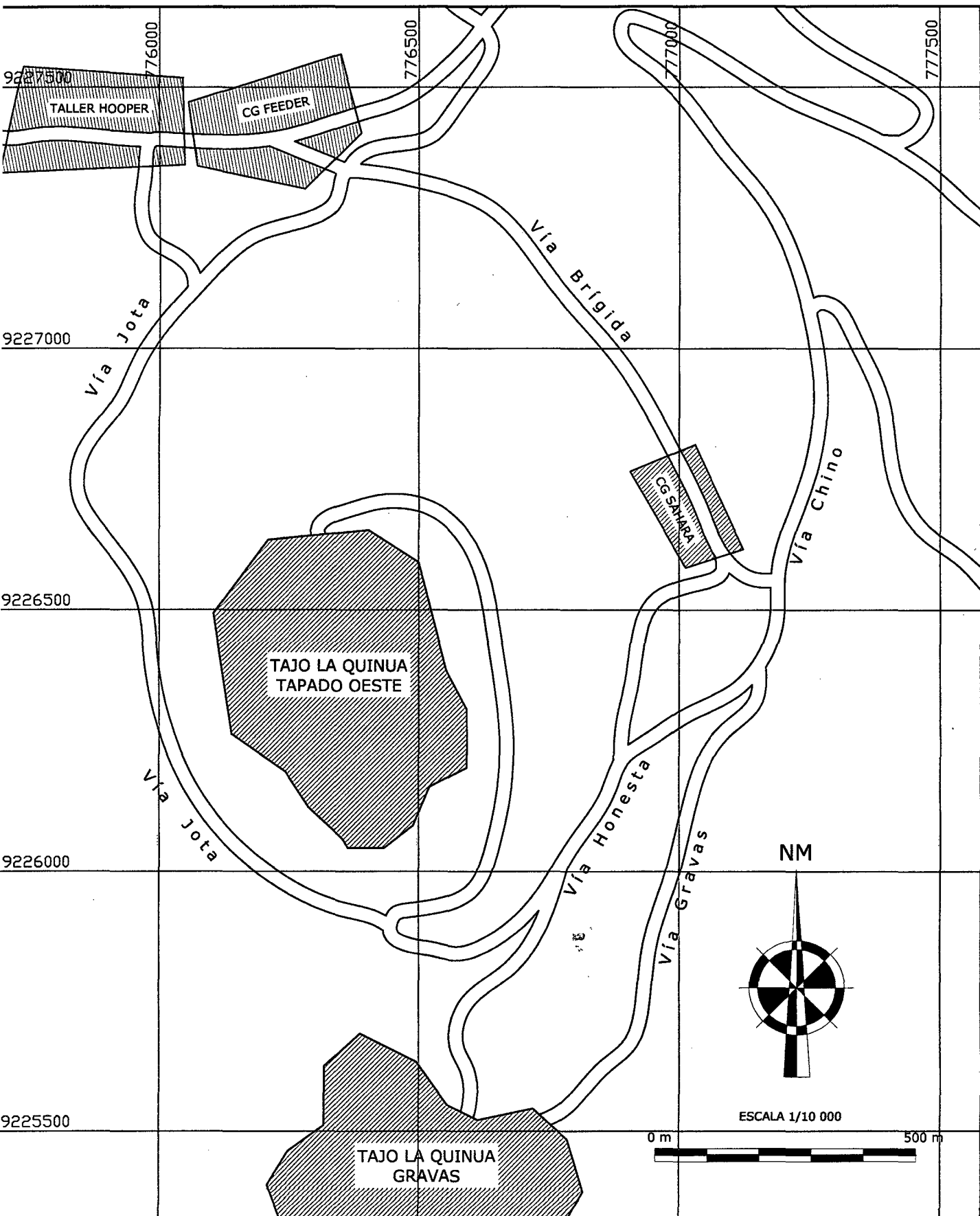
La cantera de Pinos se halla a una altura de 3952 msnm y los 3962 msnm, en la zona Nor-Este de Yanacocha, mientras que el tajo de La Quinoa se encuentra a 3288 msnm y 3508 msnm en la zona Sur-Oeste.

A continuación se muestran las coordenadas de los mismos:

	Coordenadas	
	UTM	Geográficas
TAJO LA QUINUA	X=776400	78°32'37.1"W
	Y=9226250	7°00'14.2"S
CANTERA PINOS	X=778890	78°31'20.7"W
	Y=9228100	6°59'12.8"S

Tabla 2: Coordenadas Canteras y Tajos

Fuente propia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 " UBICACIÓN DE TAJO LA QUINUA "



TESIS:
 ANÁLISIS DE MEZCLAS DE MATERIALES DE LA CANTERA DE PINOS Y TAJO LA QUINUA PARA SU USO EN LAS VÍAS DE MINERA YANACOCHA.

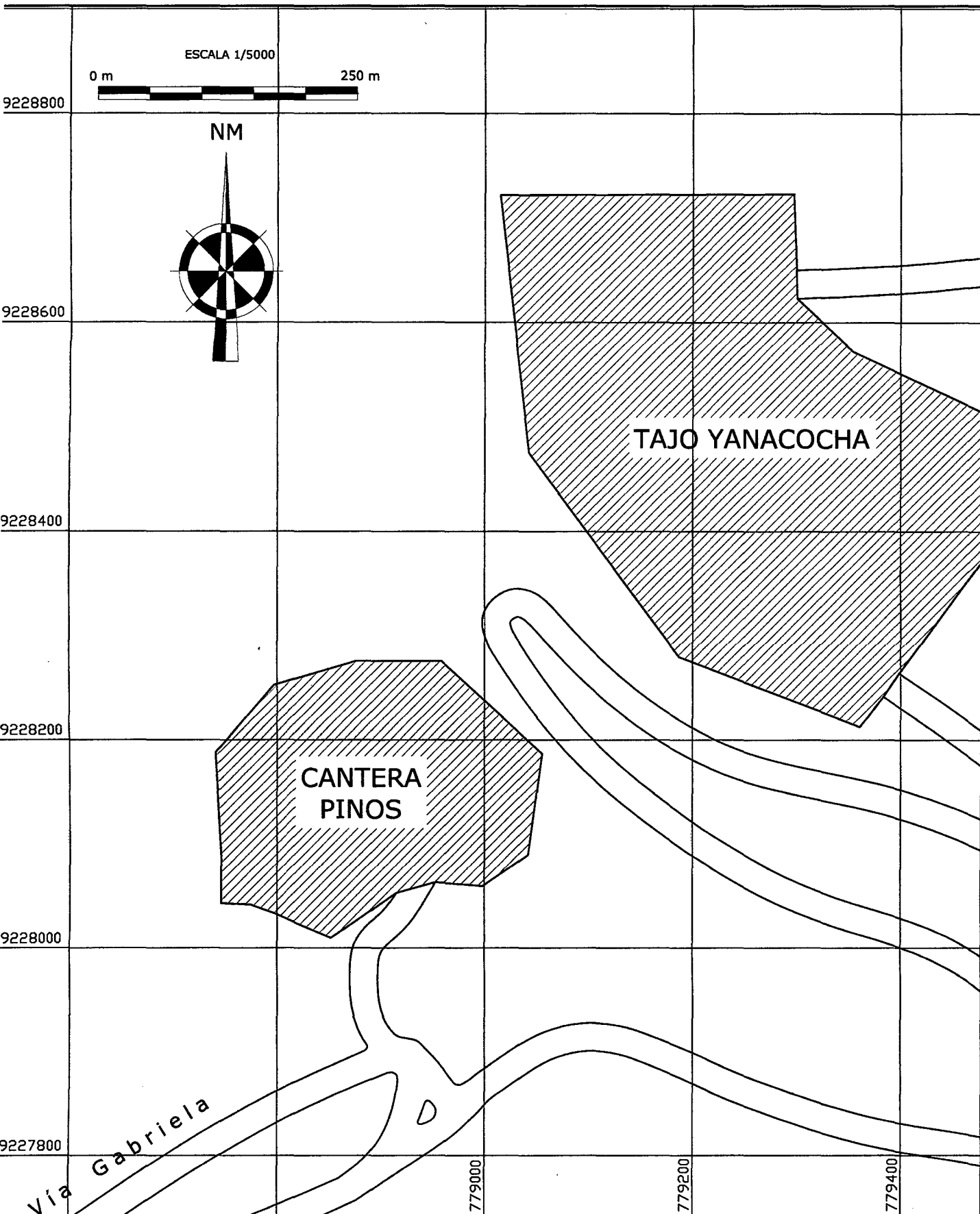
PLANO:
P-2

TESISTA: PIERRE URCIA DÍAZ

FECHA: 20 NOVIEMBRE DE 2014

ESCALA:
 1/10 000

9225000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 "UBICACIÓN DE CANTERA PINOS"



TESIS:
 ANÁLISIS DE MEZCLAS DE MATERIALES DE LA CANTERA DE PINOS Y
 TAJO LA QUINUA PARA SU USO EN LAS VÍAS DE MINERA YANACOCHA.

PLANO:
P-3

TESISTA: PIERRE URCIA DÍAZ

FECHA: 20 NOVIEMBRE DE 2014

ESCALA:
 1/5 000

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos:

En Minera Yanacocha, las lluvias son un fenómeno natural cuya ocurrencia es inevitable en épocas de lluvia, lo que ocasiona el ablandamiento y deformación de los materiales que conforman el cuerpo de las vías y derrapes de los vehículos por exceso de finos en la superficie de rodadura. Por otra parte, la ausencia de lluvias en verano ocasiona polvaredas que afectan la visibilidad y la seguridad de la transitabilidad, además del perjuicio que ocasionan a las piezas de los vehículos de acarreo.

2.2. Teorías existentes relativas al problema de investigación:

La Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes en Madrid – España, ha desarrollado la técnica de mezclar suelos para su uso in situ en el que se evalúan, además del mejoramiento de la Resistencia a la Compresión, al Esfuerzo Cortante y a la Compresión Simple, aspectos y características individuales de los materiales, tales como el Análisis Granulométrico y ensayos químicos para determinar contenidos de materia orgánica, carbonatos y sulfatos, dependiendo estos, del uso al que estará destinada la mezcla.

El ingeniero Enrique Pasquel Carbajal, docente de la Universidad Católica del Perú, ha deducido la forma de introducir variaciones en la granulometría de los agregados usados en la construcción, mezclándolos; obteniendo expresiones matemáticas que pueden calcular la gradación que resulta (tanto en peso como en volumen) según el uso que se le quiera dar. Dicha metodología viene dada en su bibliografía denominada "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú". Tema que se tocará más adelante.

2.3. Conceptos Importantes:

- **Suelos:**

Los suelos son un conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica y/o química de rocas preexistentes. *(Rico del Castillo, 2000)*

- **Cantera:**

Una cantera es una explotación, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o materiales áridos. Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial. *(Juan Herrera Herbert, 2007)*

- **Tajo:**

Las minas a cielo abierto, o minas a tajo abierto, son aquellas cuyo proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno, y con maquinarias mineras de gran tamaño. *(Juan Herrera Herbert, 2007)*

Como ejemplos de este tipo de minas se pueden citar a Tajo Yanacocha, Tajo La Quinoa, Tajo Maqui Maqui.

2.4. Mezcla de Materiales:

Técnica consistente en combinar dos o más suelos de diferentes propiedades físico-químicas con el objetivo de lograr una única capa de suelo resultante cuyas propiedades geotécnicas sean mejores como suelos combinados que de manera individual.

El mezclado de suelos puede utilizarse para la ejecución de explanadas, terraplenes, bases, sub-bases, etc.

Otra utilidad de esta técnica es su aplicación en capas impermeables para la construcción de balsas y vertederos. (*Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes, 2013*).

El mezclado de suelos suele buscar fundamentalmente tres tipos de correcciones:

a. Variación en la plasticidad de los materiales:

Al añadir a un material plástico materiales granulares de baja plasticidad se producen reducciones significativas de la plasticidad de éstos y viceversa. (*Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes, 2013*).

b. Variación en el esqueleto mineral de los materiales:

Al añadir a un material con gran cantidad de finos materiales granulares con una elevada proporción de gruesos se producen correcciones de las curvas granulométricas que dan como resultado materiales más continuos. (*Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes, 2013*).

c. Variación del Valor Soporte (CBR):

Un suelo puede mejorar su Valor de Soporte mediante el mezclado con otro suelo de mejores características físico-mecánicas.

Para la realización del mezclado de un suelo sólo es necesaria la aportación de los suelos que se quieren mezclar y la cantidad. (*Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes, 2013*).

2.5. Capacidad de Carga o Capacidad Portante de un Suelo:

Cuando una carga, tal y como la produce una cimentación, se coloca sobre un suelo, éste se deforma y la cimentación experimenta asentamientos. Si se sigue aumentando la carga, aumentarán los asentamientos y llegará un momento en el que se produzca la falla o rotura del terreno que soporta la cimentación. (Ayuso, 2010).

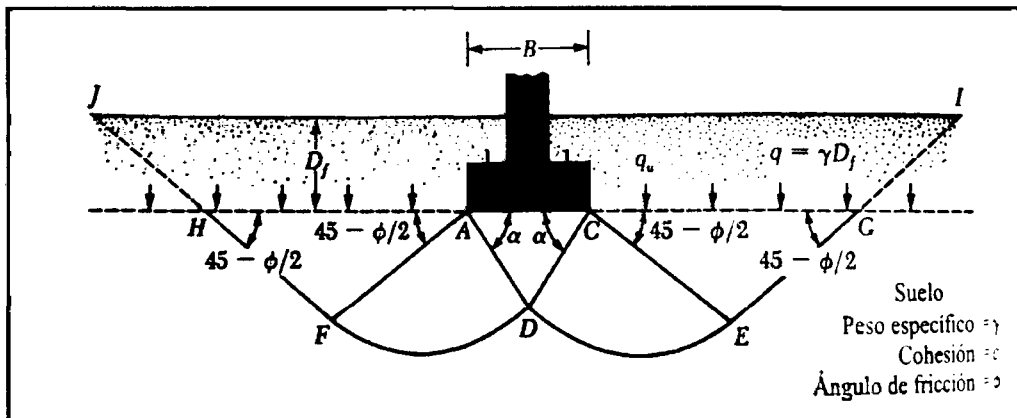


Figura 04: Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua rugosa.
Fuente: Braja, 2001.

$$q_h = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + \gamma D N_f + c N_c \dots\dots\dots \text{Fórmula 01}$$

La carga de rotura de un suelo depende del ancho de la cimentación B, del peso específico γ , de la resistencia al corte del terreno representada por los parámetros c (cohesión) y ϕ (ángulo de rozamiento) y de la profundidad de la cimentación D. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante general, local o por punzonamiento. (Braja, 2001)

2.6. Valor de la Relación de Soporte de un Suelo (Índice Resistente CBR):

Se llama valor de la relación de soporte de un suelo o índice resistente CBR, al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración (0.1" y 0.2") en una muestra patrón de material triturado y compactado.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} \times 100$$

2.7. Diferencia entre Valor Soporte – Capacidad Portante:

Mientras que el Valor Soporte es la relación que hay entre un esfuerzo en el terreno y un esfuerzo patrón ejercido por un pistón que penetra al suelo, la capacidad portante calcula el esfuerzo máximo que ese suelo puede soportar bajo el efecto de una carga uniformemente distribuida en el mismo.

2.8. Uso y Conservación de Vías:

El uso adecuado y la constante conservación de una vía, no sólo garantiza la inversión inicial de construcción, sino que disminuye el costo de explotación y alarga la vida de la carretera y de los vehículos que la usan (*Céspedes, 2001*).

Es muy importante entender claramente que la conservación, más que un problema económico, es un reto de muy alta técnica de ingeniería y por lo tanto, los trabajos deben ejecutarse en su oportunidad, ya que de ello depende el que las inversiones que se hagan, sean mínimas. (*Céspedes, 2001*).

2.9. Análisis de Mecánica de Suelos:

2.9.1. Muestreo de Suelos:

El muestreo de suelos sirve para determinar las propiedades de un suelo en laboratorio. Para tomar muestras individuales de un sondeo a cielo abierto (pozo de 1.50 m x 1.50 m de sección y de la profundidad requerida se efectúa el procedimiento siguiente:

Se rebaja la parte seca y suelta del suelo con el propósito de obtener una superficie fresca. Se toma una muestra de cada capa en un recipiente y se coloca una tarjeta de identificación. Las muestras se envían en bolsas al laboratorio. El tamaño de las muestras alteradas, puede variar a criterio de la dirección técnica, pero se sugieren, las siguientes cantidades. (MTC E 101-2000- Guía para muestreo de Suelos y Rocas)

Muestra para	Cantidad
Clasificación visual	50 - 500 gr.
Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares:	0,50 -2.5 Kg.
Ensayo de compactación y granulometría del suelo-agregado granular	20 - 40 Kg.
Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados	50 - 200 Kg.

Tabla 3: Muestreo de Suelos y Rocas

Fuente: MTC E 101-2000- Guía para muestreo de Suelos y Rocas

2.9.2. Tipos de Ensayos de Laboratorio y Caracterización de Suelos:

Los ensayos de laboratorio para carreteras se realizan de acuerdo a las normas peruanas MTC-2000 y sus equivalentes internacionales: ASTM y AASHTO, y son de tres tipos (*Rico del Castillo, 2000*):

a. Ensayos generales para Clasificar los Suelos:

Nos permiten determinar las principales características de los suelos, para poder clasificarlos e identificarlos adecuadamente. (*Rico del Castillo, 2000*)

Ensayo de Laboratorio	Norma		
	MTC	AASHTO	ASTM
Ensayos Generales			
Contenido de humedad del suelo	E108-2000	-	D2216
Peso específico	E113-2000	T100 -T84	D854
Análisis granulométrico	E107-2000	T88	D422
Límite Líquido de los suelos	E110-2000	T89	D4318
Límite Plástico e Índice de Plasticidad	E111-2000	T90	D4318
Ensayos Compactación			
Proctor Modificado	E115-2000	T181	D1557
Ensayos Resistencia			
Carga – Penetración C.B.R.	E132-2000	T193	D1883
Desgaste por Abrasión	E207-2000	T96	C131

Tabla 4: Ensayos de Laboratorio

****El ensayo T181 AASHTO: Moisture - density Relations of soils Using a 4.24.Kg. (10lb)**
Fuente: Fuente propia

b. Ensayos de Control de Calidad:

Se efectúan para asegurar una buena compactación, los resultados son de mucha utilidad para evaluar la resistencia del suelo especialmente en el momento de la construcción. (*Rico del Castillo, 2000*)

c. Ensayos de Resistencia:

Su finalidad es evaluar la capacidad de soporte del suelo, así como el desgaste. (*Rico del Castillo, 2000*)

2.9.3. Contenido de Humedad:

Es la cantidad de agua que hay en una muestra de suelo, se determina como la relación que existe entre el Peso del Agua (W_w) y el peso de su fase sólida (W_s). Generalmente se expresa en porcentaje.

La determinación de la humedad natural permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el especialista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado. (Crespo Villalaz, 2007)

El contenido de humedad en una masa de suelo es la cantidad de agua presente en dicha masa en términos de su peso en seco.

Se calcula con la siguiente fórmula (Crespo Villalaz, 2007):

$$W(\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots \text{Fórmula 01}$$

Donde

W (%) = Contenido de humedad del suelo, en %.

W_h = Peso del suelo húmedo.

W_s = Peso del suelo seco.

2.9.4. Peso Específico:

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. (Pasquel, 1998).

El peso específico se podría definir como el peso que una muestra de suelo o agregado puede tener en determinado volumen, sin considerar el volumen de sus vacíos.

También puede entenderse como el peso de un suelo contenido en una unidad de volumen, expresado en gr/cm³. Su mayor aplicación está en la conversión de pesos a volúmenes y viceversa.

a) Peso Específico de Arena Gruesa y Grava:

$$\gamma_s = \frac{W_s \cdot \gamma_a}{V_f - V_i} \dots \dots \dots \text{Fórmula 02}$$

Donde:

γ_s = Peso específico del suelo.

W_s = Peso de la muestra seca.

V_i = Volumen inicial del agua en la probeta.

V_f = Volumen final del material más el agua en la probeta.

γ_a = Peso específico del agua.

b) Peso Específico de Material Fino:

$$\gamma_s = \frac{W_s \cdot \gamma_a}{W_s + W_{fw} - W_{fws}} \dots \dots \dots \text{Fórmula 03}$$

Donde

γ_s = Peso específico del suelo, γ_a = Peso específico del agua.

W_s = Peso de la muestra seca.

W_{fw} = Peso de la fiola con agua hasta la marca de 500 ml.

W_{fws} = Peso de la fiola con material, el agua hasta la marca de 500 ml y sometida a la bomba de vacíos.

c) Peso Específico de suelo compuesto por partículas gruesas y finas:

$$\gamma_s \text{ prom} = \frac{1}{\frac{R_1}{100\gamma_1} + \frac{R_2}{100\gamma_2}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 04}$$

$\gamma_s \text{ prom}$ = Promedio ponderado del peso específico del suelo compuesto de partículas mayores y menores que la malla N°4.

R1 = Porcentaje de partículas de suelo retenidas en la malla N°4.

R2 = Porcentaje de partículas de suelo que pasan la malla N°4.

γ_1 = Peso específico de partículas de suelo retenidas en malla N°4.

γ_2 = Peso específico de partículas de suelo que pasan la malla N°4.

2.9.5. Análisis Granulométrico:

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño. De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos (*Crespo Villalaz, 2007*):

75mm.	2 mm.	0.2	0.05	0.005	>0.05
Grava	Gruesa	Fina	Limo	Arcilla	
	Arena				

Tabla 5: Clasificación de Partículas del Suelo

Fuente: Manual para el Diseño CNPBVT- MTC-2005. Figura Elab. Propia.

Los porcentajes se plotean para obtener de curvas de distribución granulométrica, donde se grafica el diámetro de las partículas en el eje de las abscisas y el porcentaje que pasa en el eje de las ordenadas (*Crespo Villalaz, 2007*).

Existen dos indicadores de importancia, el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de Curvatura (Cc). Para los cálculos de ambos se utiliza la variable Dx, definida como la luz del tamiz por el que pasa el X por ciento de muestra. (Crespo Villalaz, 2007).

a. Coeficiente de Uniformidad (Cu):

Su valor numérico decrece cuando la uniformidad de la muestra aumenta, y está relacionado con el origen del suelo, así se tiene (Rico del Castillo, 2000):

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots \dots \dots \text{Fórmula 05}$$

Si:

- Cu < 3 → Muy Uniforme, Arenas de Playa.
- 3 < Cu < 15 → Heterogéneo.
- 15 < Cu → Muy Heterogéneo, suelos glaciares.

b. Coeficiente de Curvatura (Cc):

Se expresa con la siguiente fórmula (Rico del Castillo, 2000):

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} \times D_{60})} \dots \dots \dots \text{Fórmula 06}$$

Si:

- 1 < Cc < 3 → Bien Gradado

2.9.6. Límites De Consistencia:

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. (Crespo Villalaz, 2007).

Para conocer la plasticidad, se hace uso de los límites de consistencia o límites de Atterberg que son: el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC). (Crespo Villalaz, 2007).

a. Límite Líquido (LL):

Contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico, es decir, tendrían una resistencia muy pequeña al corte definida en 25 g/cm² (Crespo Villalaz, 2007).

$$L.L = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100 \dots\dots\dots \text{Fórmula 07}$$

b. Límite Plástico (LP):

Contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra con el cual el suelo cohesivo cambia del estado semi sólido al plástico (Crespo Villalaz, 2007).

$$L.L = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100 \dots\dots\dots \text{Fórmula 08}$$

c. Índice de Plasticidad (IP):

Es el valor numérico de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (*Crespo Villalaz, 2007*).

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots \text{Fórmula 09}$$

Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la siguiente clasificación (*Manual para el Diseño CNPBVT-MTC 2005*).

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP > 20 %	Suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos poco arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcilla

Tabla 6: Características de los Suelos según sus IP

Fuente: *Manual para el Diseño CNPBVT- MTC 2005, Pág. 132*

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso para una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua. (*Manual para el Diseño CNPBVT- MTC 2005*).

2.9.7. Compactación:

La compactación incrementa las características de resistencia de los suelos, aumentando así la capacidad de carga de las cimentaciones construidas sobre ellos. Podemos decir que es la densificación del suelo por remoción de aire, que requiere energía mecánica. Los factores que afectan la

compactación son: los efectos del tipo de suelo, el efecto del esfuerzo de compactación, y la humedad de compactación. (*Braja M. Das, 2001*).

La compactación es una densificación rápida, donde se realiza la disminución de los huecos del suelo ocupados por aire. En el proceso no se produce pérdida de humedad, y si ésta es tan alta que satura el material, el agua actúa como un muelle (a este efecto, común en suelos plásticos con una humedad elevada, se le denomina Colchoneo). (*Kraemer, Pardillo, Rocci-2000*).

Para calcular la máxima densidad seca utilizamos la siguiente fórmula:

$$D_s = D_h / (1 + w \% / 100) \dots \dots \dots \text{Fórmula 10}$$

Donde

D_s = Máxima densidad seca.

D_h = Densidad húmeda.

W = Contenido de humedad en porcentaje.

Los métodos de compactación en el laboratorio se determinan mediante:

- Método Compactación Proctor Estándar según la norma MTC 116-2000.
- Método de Compactación Proctor Modificado según norma MTC 115-2000.

Especificaciones prueba Proctor Estándar ASTM 698			
Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del Molde	101.6 mm.	101.06 mm.	152.4 mm.
Volumen del Molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del Pistón	24.4 N	24.4 N	24.4 N
Nº de golpes del pisón por cada suelo	25	25	56
Nº de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	591.3 kN-m/m ³	591.3 kN-m/m ³	591.3 kN-m/m ³
Especificaciones prueba Proctor Modificado ASTM 1557			
Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del Molde	101.6 mm.	101.06 mm.	152.4 mm.
Volumen del Molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del Pistón	24.4 N	24.4 N	24.4 N
Nº de golpes del pisón por cada suelo	25	25	56
Nº de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³
Suelos a usarse en ambos métodos			
Suelo por usarse	Porción que pasa la malla Nº 4 (4.57mm.) Se usa si el 20% o menos por peso de material es retenido en a malla Nº 4	Porción que pasa la malla 9.5 mm. Se usa si el suelo retenido en la malla Nº 4 es más del 20% y 20% o menos por peso es retenido en la malla 3/8 (9.5 mm.).	Porción que pasa la malla 19 mm. Se usa si más de 20% por peso de material es retenido en la malla 9.5 mm. Es más del 20% y menos de 30% por peso retenido en la malla 3/4 (19 mm.).

Tabla 7: Especificaciones de las Pruebas Próctor

Fuente (Braja, 2001)

Clasificación AASHTO	Densidad seca máxima (kg./dm ³)	Humedad Óptima (%)
A-1	1.85 – 2.25	7 - 15
A-2	1.75 – 2.15	9 – 18
A-3	1.75 – 1.85	9 – 15
A-4	1.50 – 2.10	10 – 20
A-5	1.35 – 1.60	20 – 35
A-6	1.50 – 1.90	10 – 30
A-7-5	1.35 – 1.60	20 – 35
A-7-6	1.45 – 1.85	15 - 30

Tabla 8: Características de Compactación de los distintos tipos de Suelos

Fuente: Ingeniería de Carreteras, Tomo II.

Tipo de suelo	Densidad seca máxima (kg./dm ³)		Difer. (Kg./dm ³)	Humedad óptima (%)		Diferencia. (%)
	Estándar	Modificada		Estándar	Modificada	
Arcilla muy plástica	1.55	1.87	+ 0.32	28	18	- 10
Arcilla limosa	1.66	1.64	+ 0.28	21	12	- 9
Arcilla arenosa	1.84	2.05	+ 0.21	14	11	- 3
Arena	1.94	2.08	+ 0.14	11	9	- 2
Gravas y arenas bien gradadas	2.06	2.19	+ 0.13	9	8	- 1

Tabla 9: Comparación de los resultados con los ensayos Proctor Estándar y Modificado, realizada por el TRANSPORT RESEARCH LABORATORY BRITÁNICO (TRL)

Fuente: Ingeniería de Carreteras, Tomo II.

2.9.8. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio):

El número CBR se define como el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en la muestra compactada, dividido con el esfuerzo para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad, en una muestra patrón de material triturado y compactado. En forma de ecuación se expresa de la siguiente manera (Fernando Olivera Bustamante, 2002).

Este ensayo nos permitirá diseñar la estructura del afirmado y/o pavimento.

$$CBR = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} \times 100 \dots\dots\dots \text{Fórmula 11}$$

Para el diseño de obras viales, el CBR que se utiliza es el valor que se obtiene para una penetración de 0.1" a 0.2", considerando el mayor valor obtenido. (Fernando Olivera Bustamante, 2002).

Para determinar el CBR de un suelo se realizan los siguientes ensayos:

1º Compactación para CBR (Densidad Seca y Húmeda óptima)

2º Determinación de las propiedades de expansión del material - hinchamiento

3º Determinación de la resistencia a la penetración.

CBR	CLASIFICACIÓN	USOS	AASHTO
0-3	Muy pobre	Sub rasante	A5, A6, A7
3-7	Pobre a regular	Sub rasante	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Sub-base	A2, A4, A6, A7
20-50	Bueno	Base, Sub - Base	A1b, A2-5, A3, A2-6
Mayor a 50	Excelente	Base	A1a, A2-4, A3

Tabla 10: Clasificación Típica de C.B.R.

Fuente: Estructuración de Vías Terrestres.

2.9.9. Ensayo de Desgaste Abrasión (Para muestreo de canteras):

En este ensayo utilizamos la Máquina de los Ángeles, y consiste en determinar el desgaste por Abrasión del agregado grueso, previa selección del material a emplear por medio de un juego de tamices apropiados. (Olivera, 2002).

La carga abrasiva consistirá en esferas de acero o de fundición, de un diámetro entre 46.38 mm. (1 13/16") y 47.63 mm. (1 7/8"), y un peso comprendido entre 390 g y 445 g. La carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo: A, B, C o D, según se indica en la siguiente tabla (Olivera, 2002).

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso Total g.
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Tabla 11: Carga Abrasiva, Máquina de los Ángeles.
Fuente: Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras MTC E207-2000

La muestra consistirá en agregado limpio por lavado y secado en horno a una temperatura constante comprendida entre 105 y 110 °C (221 a 230°F), separada por fracciones de cada tamaño y recombinadas con una de las granulometrías indicadas en la Tabla 11. La granulometría(s) elegida(s) serán representativas del agregado tal y como va a ser utilizado en la obra. La muestra antes de ensayada deberá ser pesada con aproximación de 1 g. El porcentaje de desgaste del material se calculará según la fórmula (Olivera, 2002):

$$D(\%) = \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100 \dots \dots \dots \text{Fórmula 12}$$

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm.	(alt.)	mm.	(alt.)	A	B	C	D
37,5	(1 1/2")	-25,0	(1")	1250 ± 25			
25,0	(1")	-19,0	(3/4")	1250 ± 25			
19,0	(3/4")	-12,5	(1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5	(1/2")	-9,5	(3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5	(3/8")	-6,3	(1/4")			2500 ± 10	
6,3	(1 1/4")	-4,75	(Nº 4)			2500 ± 10	
4,75	(Nº 4)	-2,36	(Nº 8)				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Tabla 12: Granulometría de la muestra del agregado para Ensayo de Desgaste o Abrasión.
Fuente: Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras MTC E 207-2000

DESGASTE %	TIPO DE ENSAYO	UTILIDAD
30	AASHTO – 96	Para todo uso
50	AASHTO – 96	Para Capa de Base
60	AASHTO – 96	Para Capa e Sub base
Mayor de 60	AASHTO – 96	No sirve el material

Tabla 13: Porcentajes de desgaste para evaluar los resultados del Ensayo de Desgaste o Abrasión

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos. Raúl Valle Rodas

2.9.10. Clasificación e Identificación de Suelos:

Los dos sistemas de clasificación más difundida son: el AASHTO y el SUCS (Crespo, 2007).

a. Sistema AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del transporte):

Este sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

- Tamaño del grano.
- Plasticidad.
- Presencia de cantos rodados o boleos en la muestra.

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para la subrasante de carreteras, hacemos uso del Índice de Grupo, que está dado por la ecuación (Braja, 2001):

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd) \dots\dots\dots \text{Fórmula 13}$$

Donde

IG: Índice de Grupo: de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg.

a: F-35 (F=Fracción del porcentaje que pasa el tamiz 200). Expresado por un número entero positivo entre 1 y 40.

- b: F-15 (F=Fracción del porcentaje que pasa el tamiz 200).
Expresado por un número entero positivo entre 1 y 40.
- c: LL-40(LL=Límite Líquido). Expresado por un número entero
comprendido entre 0 y 20.
- d: IP-10 (IP=índice plástico). Expresado por un número entero
comprendido entre 0 y 20 o más.

Al IG siempre se lo reporta aproximándolo al número entero más cercano, a menos que su valor calculado sea negativo, en cuyo caso se reportará como cero (*Braja, 2001*).

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0,08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de: 2 mm 0,5 mm 0,08 mm	máx. 50 máx. 30 máx. 15	máx. 50 máx. 25	mín. 50 máx. 10	máx. 35	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites Atterberg Límite de liquidez Índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 40 máx. 10	mín. 40 máx. 10	máx. 40 mín. 10	mín. 40 mín. 10	máx. 40 máx. 10	máx. 40 máx. 10	máx. 40 mín. 10	mín. 40 IP < LL-30	mín. 40 IP < LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Tabla 14: Clasificación de Suelos según AASHTO

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales (EM-2000), Anexo 01

b. SISTEMA SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos):

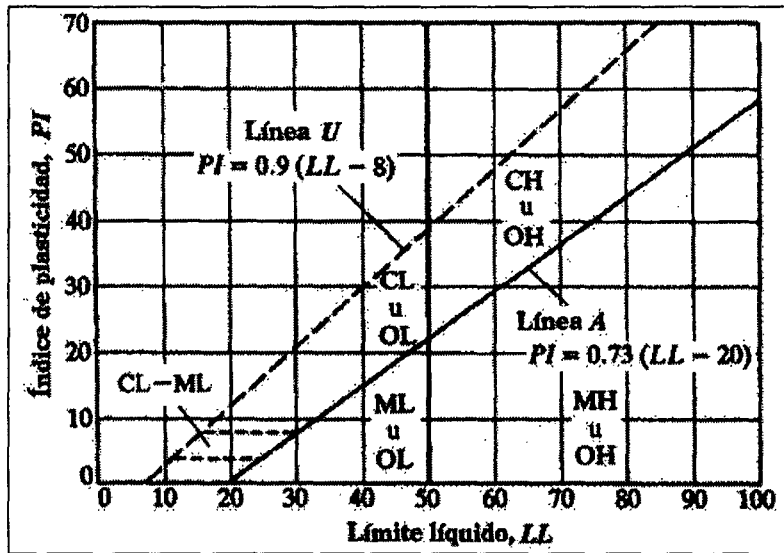
Se determina mediante el modo operativo ASTM D 2487. Así mismo la clasificación se detalla en la siguiente tabla (Braja M. Das, 2001):

Primera Letra	Palabra	Segunda Letra	Palabra
G	Grava << Gravel >>	W	Bien gradado <Well graded>
S	Arena << Sand >>	P	Mal gradado <poorly graded>
M	Limo << Mo >>	M	Limoso < Mo en sueco >
C	Arcilla << Clay >>	C	Arcilloso < Clayey >
O	Orgánico < Organic >>	L	Baja plasticidad < low plasticity>
PT	Turba << Peat >>	H	Alta plasticidad < High plasticity>

Tabla 15: Letras utilizadas en la Clasificación ASTM

Fuente: Ingeniería de Carreteras, Tomo II.

Figura 5: Ábaco de Casagrande



Fuente: Fuente: Manual de Ensayo de Materiales (EM-2000), Anexo 01

SUELO DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200		SUELO DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200																							
Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla N° 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.																									
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido mayor de 50	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla N° 4.																						
			GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla N° 4.																						
(PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE LA CM. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA N° 4)																									
PI	OH	CH	MH	OL	CL	ML	SC	SM	SP	SW	GC	GM	GP	GW											
															d	u	d	u							
Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		Limos litorgánicos, limos rubicundos o darcinosos, limos darcinosos.		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		Limos, inorgánicos, puros o roca, limos arenosos o limos orgánicos; plásticos.		Arcenas arcillosas, mezclas de arcenas y arcilla.					Arcenas mal graduadas, arcenas con grava, con poco o nada de finos.		Arcenas mal graduadas, arcenas con grava, con poco o nada de finos.		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.		Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.
CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO																									
<p>DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla N° 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE:</p> <p>Menos del 5%: GW, GP, SW, SP. Más de 12%: GM, GC, SM, SC. 5% al 12%: Casos de frontera que requieren el uso del símbolo doble **</p>																									
<p>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ mayor de 4.</p> <p>COEFICIENTE DE CURVATURA $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3.</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.</p>																									
<p>Límites de Atterberg: abajo de la "línea A" o I.P. menor que 4.</p> <p>Límites de Atterberg arriba de la "línea A" con I.P. mayor que 7.</p> <p>Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p>																									
<p>Límites de Atterberg: arriba de la "línea A" con I.P. menor que 4.</p> <p>Límites de Atterberg arriba de la "línea A" con I.P. mayor que 7.</p> <p>Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p>																									
<p>EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS</p> <p>G = grava; M = limo; O = suelos orgánicos; W = bien graduados; S = arcillas; C = arcillas; PL = turba; P = mal graduados; L = baja compresibilidad; H = alta compresibilidad.</p>																									
<p>CARTA DE PLASTICIDAD</p> <p>Para la Clasificación de Suelos de Partículas Finas en el Lab.</p>																									

Tabla 16: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) Incluyendo Identificación y Descripción.

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales (EM-2000), Anexo 01

** Clasificación de frontera – Los suelos que posean las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos, por ejemplo GW-GC, mezclas de arena y grava bien graduadas con cementante arcilloso.

o Todos los tamaños de las mallas en esta carta son los U.S. Standard.

* La división de los grupos GM y SM en subdivisiones *d* y *u* son para caminos y aeropuertos únicamente, la subdivisión está basada en los límites de Atterberg. El sufijo *d* se usa cuando el L.L. es de 28 o menos y el I.P. es de 6 o menos. El sufijo *u* es usado cuando el L.L. es mayor que 28.

2.9.11. Mezcla de Agregados:

A la luz de los conceptos detallados sobre granulometría y la forma de caracterizarla numéricamente para optimizar las gradaciones, se deduce que la manera de introducir modificaciones granulométricas en los agregados es mezclándolos. *(Pasquel, 1998)*.

Existen muchos métodos matemáticos y gráficos para mezclar agregados, que en algunos casos permiten determinar la distribución granulométrica en peso y otros en volumen absoluto (que es la más adecuada), pero en este acápite desarrollaremos únicamente las expresiones matemáticas que permitan calcular la gradación resultante tanto en peso como en volumen absoluto, dependiendo del uso que le demos. *(Pasquel, 1998)*.

Hay que partir de que en el laboratorio al hacer la prueba de tamizado, contamos con pesos retenidos en cada malla, que se convierten en porcentajes retenidos en cada malla referidos al peso total, y que luego estos porcentajes se van acumulando para poder dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica. Adicionalmente contamos con los pesos específicos de cada uno de los agregados que se desea mezclar. *(Pasquel, 1998)*.

En estas condiciones, tenemos que la mezcla de agregados en peso en base a los porcentajes retenidos acumulativos en cada malla se deduce de la siguiente manera:

Sea:

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.

A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.

P_t = Peso total del agregado P a mezclarse.

A_t = Peso total del agregado A a mezclarse.

K = Proporción de mezcla en peso

$$K = \frac{P_t}{A_t} \dots\dots\dots \text{Fórmula 14}$$

El porcentaje retenido acumulativo de la mezcla de P y A para la malla n viene dado por:

$$\% \text{Mezcla en peso } (P + A)_n = \frac{P_n + A_n}{P_t + A_t} \cdot 100 \dots\dots\dots \text{Fórmula 15}$$

Pero de (14) se deduce que $P_t = K \cdot A_t$ y reemplazando en (15) se tiene:

$$\% \text{Mezcla en peso } (P + A)_n = \frac{P_n + A_n}{A_t \cdot K + A_t} \cdot 100 = \frac{P_n}{A_t \cdot (K + 1)} \cdot 100 + \frac{A_n}{A_t \cdot (K + 1)} \cdot 100$$

$$\% \text{Mezcla en peso } (P + A)_n = \frac{P_n}{A_t \cdot (K + 1)} \cdot 100 + \frac{A_n}{A_t \cdot (K + 1)} \cdot 100 \dots\dots\dots \text{Fórmula 16}$$

Pero por otro lado:

$$\frac{P_n}{P_t} \cdot 100 = \%P_n = \% \text{ Retenido acum. de P en la malla n} \dots\dots\dots \text{Fórmula 17}$$

$$\frac{A_n}{A_t} \cdot 100 = \%A_n = \% \text{ Retenido acum. de A en la malla n} \dots\dots\dots \text{Fórmula 18}$$

Se concluye reemplazando (17) y (18) en (16) que el porcentaje retenido acumulativo de la mezcla de los agregados P y A en peso para la malla n, en la proporción K viene dada por:

$$\% \text{Mezcla en peso } (P + A)_n = \frac{K\%P_n + \%A_n}{K+1} \dots\dots\dots \text{Fórmula 19}$$

Esta expresión se puede usar sin problemas para calcular mezclas de agregados de peso específico similar ya que no se introduce mucho error en comparación con hacerlos en volumen absoluto, pero cuando varían mucho se deben utilizar las siguientes expresiones:

Sea:

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.

A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.

$\%P_n$ = % retenido acumulativo del agregado P en la malla n en peso.

$\%A_n$ = % retenido acumulativo del agregado A en la malla n en peso.

VP_n = Volumen absoluto acumulativo del agregado P en la malla n.

VA_n = Volumen absoluto acumulativo del agregado A en la malla n.

$\%VP_n$ = % retenido acumulado del agregado P en la malla n en volumen absoluto.

$\%VA_n$ = % retenido acumulado del agregado A en la malla n en volumen absoluto.

P_t = Peso acumulativo total del agregado P.

A_t = Peso acumulativo total del agregado A

G_p = Gravedad Específica del agregado P.

G_A = Gravedad específica del agregado A.

Tenemos que:

$$VP_n = \frac{P_n}{G_p} \dots\dots\dots \text{Fórmula 20} \quad \text{y} \quad VA_n = \frac{A_n}{G_A} \dots\dots\dots \text{Fórmula 21}$$

$$K = \frac{P_t}{A_t} = \text{Proporción de mezcla en peso.}$$

$$Z = \frac{P_t/G_p}{A_t/G_A} = K \frac{G_A}{G_p}$$

$$Z = K \frac{G_A}{G_p} = \text{Proporción de mezcla en volumen absoluto.} \dots\dots\dots \text{Fórmula 22}$$

Con estas consideraciones, tendremos que el % retenido acumulativo de la mezcla de P y A para la malla n en volumen absoluto será:

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n \text{ en volumen absoluto} = \frac{P_n/G_p + A_n/G_A}{P_t/G_p + A_t/G_A} \cdot 100 \dots\dots\dots \text{Fórmula 23}$$

Reemplazando (22) en (23) y simplificando se obtiene:

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n \text{ en volumen absoluto} = \frac{Z\%P_n + \%A_n}{Z+1} \dots\dots\dots \text{Fórmula 24}$$

Si los pesos específicos son iguales o muy similares, se tiene que $Z=K$ y la fórmula (24) adquiere la misma expresión que la (19), verificándose pues matemáticamente que en estos casos mezclar en peso o en volumen absoluto producen la misma distribución granulométrica. (Pasquel, 1998).

Cuando se mezclan 3 agregados hay que aplicar las fórmulas de 2 en 2 y el peso específico promedio luego de mezclar los dos primeros viene dado por:

$$G_{\text{PROMEDIO}} = G_{PA} = \frac{G_p G_A}{\%P G_p + \%A G_A} \dots\dots\dots \text{Fórmula 25}$$

Donde:

% P = % en Peso en que interviene el agregado P en la mezcla.

% A = % en Peso en que interviene el agregado A en la mezcla.

En base a estas expresiones y al concepto de Módulo de Fineza, podemos deducir las siguientes expresiones:

$$MF_P = \text{Módulo de fineza del agregado P} = 0.01 \sum_{3^n}^{100} P_n \dots \dots \dots \text{Fórmula 26}$$

$$MF_A = \text{Módulo de fineza del agregado A} = 0.01 \sum_{3^n}^{100} A_n \dots \dots \dots \text{Fórmula 27}$$

El módulo de fineza de la mezcla de P y A en volumen absoluto será:

$$MF_{(P+A)} = 0.01 \sum_{3^n}^{100} \frac{Z\%P_n + \%A_n}{Z+1} = \frac{Z.MF_P + MF_A}{Z+1} \dots \dots \dots \text{Fórmula 28}$$

$$\text{Pero } Z = \frac{\%P_V}{\%A_V} = \frac{\% \text{ En Vol. Abs. en que interviene P}}{\% \text{ En Vol. Abs. en que interviene A}} \dots \dots \dots \text{Fórmula 29}$$

Reemplazando y despejando se tiene:

$$\frac{Z}{Z+1} = \%P_V \dots \dots \dots \text{Fórmula 30}$$

y

$$\frac{1}{Z+1} = \%A_V \dots \dots \dots \text{Fórmula 31}$$

Reemplazando (30) y (31) en (28) tenemos finalmente:

$$MF_{(P+A)} \text{ en Volumen Absoluto} = \%P_V . MF_P + \%A_V . MF_A \dots \dots \dots \text{Fórmula 32}$$

La expresión se ha deducido para una mezcla en volumen absoluto, pero obviamente se deduce similarmente para una mezcla en peso donde se tiene:

$$MF_{(P+A)} \text{ en Peso} = \%P \cdot MF_P + \%A \cdot MF_A \dots\dots\dots \text{Fórmula 33}$$

Donde:

% P = % en peso en que interviene P en la mezcla.

% A = % en peso en que interviene A en la mezcla.

Estas deducciones sirven para comprender el significado práctico de las expresiones finales que son las que se aplican en un caso real en obra. (Pasquel, 1998).

2.9.12. Especificaciones Técnicas:

Bases granulares:

Los materiales para la construcción de la base granular deberán ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad (*Especificaciones Técnicas Generales para Construcción- MTC, 2013*):

a. Granulometría:

La composición final de los materiales presentará una granulometría continua, bien gradada y según los requerimientos de una de las franjas granulométricas que se indican en la Tabla 17. (*Especificaciones Técnicas Generales para Construcción- MTC, 2013*).

<i>Requerimientos granulométricos para base granular</i>				
Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Tabla 17: *Requerimientos granulométricos para base granular*

(1) La curva de Gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm.

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (MTC)

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que se indican en la Tabla 18:

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Mín. 80%
---------------------------------------	----------

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

Tabla 18: *Valor Relativo de Soporte*

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (MTC)

b. Agregado Grueso:

Se denominará así a los materiales retenidos en la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos.

(Especificaciones Técnicas Generales para Construcción- MTC, 2013):

Deberán cumplir las características, indicadas en la Tabla 19.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	>=3.000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C131	T96	40% máx.	40% máx.

Tabla 19: Requerimientos agregado grueso.

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (MTC)

c. Agregado Fino:

Se denominará así a los materiales que pasan la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos.

Deberán cumplir las características, indicadas en la Tabla 20. *(Especificaciones Técnicas Generales para Construcción- MTC, 2013):*

Ensayo	Norma MTC	Requerimientos Altitud	
		< 3.000 msnm	>=3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	40% máx.	40% máx.

Tabla 20: Requerimientos agregado fino

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (MTC)

CAPÍTULO III - MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Variables de Estudio:

Variables Independientes:

Porcentajes de los materiales de la Cantera de Pinos y del tajo la Quinua para mezclar.

Variables Dependientes:

Propiedades de los materiales de la mezcla.

3.2. Tipo y Diseño de la Investigación:

Por su finalidad: Investigación Aplicada, Práctica o Empírica, porque busca la aplicación de los conocimientos y sus consecuencias prácticas en campo. Se busca el conocimiento para facilitar la toma de decisiones in situ.

Por su Estrategia o Enfoque Metodológico: Investigación Cuantitativa, ya que pretende ayudar a tomar decisiones entre ciertas alternativas, usando magnitudes numéricas que pueden ser tratadas mediante herramientas de campo.

Por su Objetivo o Alcance: Investigación Descriptiva, ya que el objetivo de estudio son las características y las propiedades físico-mecánicas de los materiales de tajo la Quinua, cantera de Pinos y sus mezclas. Asimismo puede servir para trabajos posteriores o de mayor profundidad.

Por su control en el diseño de la prueba: Investigación Experimental, porque se presenta mediante la manipulación de una o más variables (se realizaron ensayos en laboratorio) en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de descubrir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

3.3. Descripción de Materiales, Instrumentos y Equipos de Medición:

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- a. Taras debidamente identificadas.
- b. Estufa con control de temperatura.
- c. Fiola de Vidrio.
- d. Balanza con aproximación de 0.1 gr.
- e. Bomba de vacíos.
- f. Copa de Casagrande.
- g. Ranurador de metal.
- h. Ranurador de plástico.
- i. Espátula.
- j. Juego de Tamices (1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°100, N°200).
- k. Papel filtro.
- l. Equipo Próctor Modificado: Consiste en un molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión.
- m. Recipiente de 6 kg de capacidad.
- n. Balanza con aproximación de 1 gr.
- o. Pisón Próctor Modificado.
- p. Probeta de 1000 ml.
- q. Comba, cincel, brocha, alicate, enrasador.
- r. Equipo CBR: Consiste en 3 moldes cilíndricos con placa de basa y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión, 3 sobrecargas cada una de 4.5 kg de peso y 3 trípodes).
- s. Deflectómetros.
- t. Bandeja de mezclas.
- u. Prensa Hidráulica: Es la máquina que aplicará presión sobre las muestras drenadas del ensayo de CBR. Aplicará diversas cargas, las que serán graficadas versus la deformación que ocasionen en la muestra; y así poder obtener finalmente la curva Esfuerzo-Deformación de la muestra.
- v. Máquina de los Ángeles.
- w. Muestra alterada de Tajo La Quinua, muestra alterada de Cantera Pinos.

3.4. Análisis e Interpretación de Datos:

Método empleado:

Para la elaboración del presente trabajo, se ha empleado el Método Experimental.

Muestreo:

Los materiales (muestras del tajo La Quinoa y de la cantera de Pinos) fueron obtenidos en coordinación con la Gerencia del Área de Operaciones Mina de Minera Yanacocha SRL y proviene de los stocks de material disparado y acumulado en la cantera de los Pinos, en la zona nor-este del área operativa de Yanacocha; y del material disponible del tajo La Quinoa, en la zona suroeste de Yanacocha.

El muestreo estuvo a cargo del autor, con asesoramiento del personal técnico de la sub-área de Vías y con el consentimiento del área de Seguridad y Prevención de Pérdidas (EHS). Se realizó de conformidad con la Norma MTC E 101 – 2000.

Ensayos realizados:

Se realizaron, de manera secuencial, tanto de los materiales del tajo La Quinua y cantera de Pinos, así como de sus respectivas mezclas, los siguientes ensayos:

1. Contenido de humedad natural, de acuerdo con la norma *MTC E108 – 2000 (ASTM D2216, NTP 339.127)*.
2. Se realizó el ensayo de peso específico, de acuerdo con la norma *MTC E113 – 2000 (ASTM D854, AASHTO T100, NTP 339.131)*:
3. Se determinó la Plasticidad de los materiales, según la norma *MTC E110-2000, MTC E111-2000 (ASTM D4318, AASHTO T89, NTP 339.129)*.
4. Análisis granulométrico, según la norma *MTC E107-2000 (ASTM D422, AASHTO T88, NTP 339.128)*.

Cabe mencionar que paralelamente se realizaron, semi-empíricamente, gráficas de granulometría a partir de la distribución granulométrica de los materiales de la cantera de Pinos y del tajo La Quinua, aplicando la metodología para la mezcla de materiales en peso y en volumen, desarrollada por el ingeniero Enrique Pasquel Carbajal, estimando las distribuciones granulométricas de las mezclas, bastante similares a las reales y sin necesidad de realizar las mezclas mismas.

5. Se procedió luego con la clasificación de los materiales por Método *SUCS Anexo N° 1 – EM 2000 (ASTM D2487, NTP 339.134)*.
6. Se realizó el ensayo de Compactación por Próctor Modificado *MTC E115 – 2000 (ASTM D1557, NTP 339.141)*.
7. Se realizaron las pruebas de CBR *MTC E132 – 2000 (NTP 339.145)*.
8. Finalmente se realizó el ensayo de Abrasión *MTC E207 - 2000 (NTP 400.019:2002)*.

Tabulaciones de datos:

Los datos obtenidos en cada ensayo se indican más adelante en los formatos correspondientes a los ensayos (Sección de Anexos).

Obtención de Resultados:

El ajuste de las curvas Esfuerzo – Deformación, se realizó utilizando el Método de la Curva de Mínimos Cuadrados y el coeficiente de correlación, para determinar las ecuaciones cuadráticas de cada gráfica.

Comparación de Resultados:

Los resultados obtenidos fueron comparados con los estándares planteados en las Especificaciones Técnicas del MTC, verificando así, si los materiales analizados cumplían o no con la normativa para su uso como capa de Base.

CAPÍTULO IV - ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la Investigación:

Las siguientes tablas muestran el resumen de los análisis realizados a cada muestra de suelo:

	LQ	ESPECIF. BASE	CUMPLE
W(%)	28.70		
Yesp	2.24		
LL	46		
LP	33		
IP	12.89	40% máx	SI
SUCS	GM		
¿Cumple Husos?		Gradación A	NO
Wopt	23		
Ds Máx	1.416		
95% Ds Máx	1.35		
CBR al 100% (0.1")	65	80% mín	NO
CBR al 95% (0.1")	38		
% ABRASIÓN	59.32	40% máx	NO

Tabla 21: Propiedades de Material de Tajo La Quinua

	PINOS	ESPECIF. BASE	CUMPLE
W(%)	2.98		
Yesp	2.47		
LL	17		
LP	NO TIENE		
IP	N.P.	40% máx	SI
SUCS	GW		
¿Cumple Husos?		Gradación A	SI
Wopt	4.15		
Ds Máx	2.103		
95% Ds Máx	1.35		
CBR al 100% (0.1")	76	80% mín	NO
CBR al 95% (0.1")	29		
% ABRASIÓN	31.75	40% máx	SI

Tabla 22: Propiedades de Material de Cantera Pinos

	75LQ-25P	ESPECIF. BASE	CUMPLE
W(%)	20.20		
Yesp	-		
LL	38		
LP	26		
IP	11.23	40% máx	SI
SUCS	GM		
¿Cumple Husos?		Gradación A	NO
Wopt	18.5		
Ds Máx	1.735		
95% Ds Máx	1.65		
CBR al 100% (0.1")	69	80% mín	NO
CBR al 95% (0.1")	40		
% ABRASIÓN	42.15	40% máx	NO

Tabla 23: Propiedades de Material de 75% La Quinoa + 25% Pinos

	50LQ-50P	ESPECIF. BASE	CUMPLE
W(%)	16.71		
Yesp	-		
LL	28		
LP	25		
IP	3.90	40% máx	SI
SUCS	GM		
¿Cumple Husos?		Gradación A	NO
Wopt	14.8		
Ds Máx	1.78		
95% Ds Máx	1.69		
CBR al 100% (0.1")	84	80% mín	SI
CBR al 95% (0.1")	67		
% ABRASIÓN	38.00	40% máx	SI

Tabla 24: Propiedades de Material de 50% La Quinoa + 50% Pinos

	25LQ-75P	ESPECIF. BASE	CUMPLE
W(%)	11.10		
Yesp	-		
LL	21		
LP	17		
IP	3.12	40% máx	SI
SUCS	GM		
¿Cumple Husos?		Gradación A	SI
Wopt	10.5		
Ds Máx	1.922		
95% Ds Máx	1.83		
CBR al 100% (0.1")	67	80% mín	NO
CBR al 95% (0.1")	44		
% ABRASIÓN	35.18	40% máx	SI

Tabla 25: Propiedades de Material de 25% La Quinua + 75% Pinos

4.2. Análisis de la Información:

Al realizar el análisis granulométrico de las mezclas entre la cantera de Pinos y tajo La Quinua mediante la metodología propuesta por el Ing. Pasquei, se obtienen curvas granulométricas que pueden ser utilizadas para predecir de manera semi-empírica, la probable granulometría de las mezclas que puedan proponerse con esos materiales, y que coincidentemente, son muy similares a las gráficas obtenidas en laboratorio al mezclar los materiales.

Luego de haber realizado los ensayos correspondientes a los materiales de las canteras de Pinos y tajo La Quinua, se puede observar que no cumplen con las especificaciones de Granulometría, Compactación y Resistencia a la Abrasión para poder ser utilizados como capa de Base en las vías de Minera Yanacocha. El material de Pinos, a pesar de hallarse dentro de los husos granulométricos especificados por la Norma Técnica, no llega a tener el Valor CBR necesario para ser utilizado como Base.

La mezcla conformada por un 75% del material de La Quinua y 25% del material de Pinos, presenta una resistencia a la Abrasión menor que la de la cantera de Pinos aunque mayor que el material de La Quinua, Esta mezcla ha resultado en un valor CBR mayor que el de los materiales individuales (Pinos y La Quinua). Además se observa que la composición de sus partículas no se encuentra dentro de los husos granulométricos para capas de Base.

La mezcla conformada por un 50% del material de La Quinua y 50% del material de Pinos, presenta un desgaste por abrasión de 38%, menor al que presenta el material de La Quinua y muy cercano al de Pinos, cumpliendo además con el porcentaje límite que exigen las especificaciones técnicas para Bases. Del mismo modo, el ajuste de la granulometría para esta mezcla, probablemente ha resultado en una mejor distribución de las partículas, por lo que el CBR es mucho mayor que el de los materiales de tajo La Quinua, cantera de Pinos, y sus mezclas.

La mezcla conformada por 25% de Tajo La Quinua y 75% de Cantera Pinos, cumple las especificaciones de Granulometría y Abrasión para capas de Base, sin embargo no llega a tener el valor CBR necesario de 80%.

4.3. Contrastación de Hipótesis:

Hipótesis: La mezcla de los materiales que cumple con los requisitos para su uso en las vías de minera Yanacocha se obtiene con 50 % de material de cantera los Pinos y 50 % de material del Tajo la Quinua.

Al mezclar los materiales de la Cantera de Pinos y el Tajo de La Quinua en distintas proporciones se obtienen materiales con mejores características Granulométricas, de Compactación y Resistencia a la Abrasión, la mezcla obtenida del 50% de tajo La Quinua + 50% de cantera de Pinos no logra cumplir con las especificaciones de Granulometría, a pesar que mejora las del tajo La Quinua, sin embargo, presenta un mayor valor CBR y resistencia a la abrasión, por lo que sí podría considerarse apropiado para poder ser utilizado como material de Base.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes (ANTER). "Mezcla de Suelos In Situ". 2013. Edic. 2013. Madrid. España.
- Ayuso M, J. Caballero R, A. Et al. "Mecánica de Suelos y Cimentaciones". (2010). Edic. 2010.
- Braja M, D. (2001). "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Thomson Learning, México D.F. México.
- Céspedes A, J. (2000) "Carreteras Diseño Moderno". Edic.2001.Cajamarca. Perú.
- Crespo V, C. (2007). "Mecánica de Suelos y Cimentaciones". Edic- 6ta. Limusa Noriega. México D.F. México.
- Crespo V, C. (2007). "Vías de Comunicación", Edic.4ta. Limusa Noriega Editores. México D.F. México.
- Hurtado de Barrera, J. (2008) "Notas del Módulo V: La Investigación Holística". Diplomado Internacional Proyectos de Investigación Científica y Humanística. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. Perú.
- Kraemer, Pardillo, Rocci. (2000). "Ingeniería de Carreteras-Tomo II". Edic.2000. Limusa Wiley. México D.F. México.
- "Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo Volumen de Tránsito". Edic. 2008. Lima. Perú.
- Minera Yanacocha. "Manual de Vías 2012 - Última Versión". Edic.2012.
- Pasquel C.E.1998.Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Edit. CIP. Lima.380p.
- Rico R. A., Del Castillo., H. (2000). "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas)-Volumen I". Edic. 16ta. Limusa Noriega. México D.F. México.
- Valle R, R. "Carreteras, Calles y Aeropuertos", Edic. 4ta., El Ateneo, Barcelona. España.
- Norma MTC E 101-2000. "Guía para Muestreo de Suelos y Rocas"
- Norma MTC E 107-2000. "Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado."
- Norma MTC E 108-2000. "Método de ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un suelo.
- Norma MTC E 110-2000. "Determinación del Límite Líquido de los suelos"
- Norma MTC E 111-2000. "Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad".

- Norma MTC E 113-2000. Gravedad Específica de los Suelos.
- Norma MTC E 115-2000. Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.
- Norma MTC E 132-2000. CBR de suelos (Laboratorio).
- Norma MTC E 207-2000. Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½”).
- Manual de Carreteras. Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción. EG-2013.
- Norma MTC E Anexo N° 1. Sistemas de Clasificación de los suelos.

Consultas en línea:

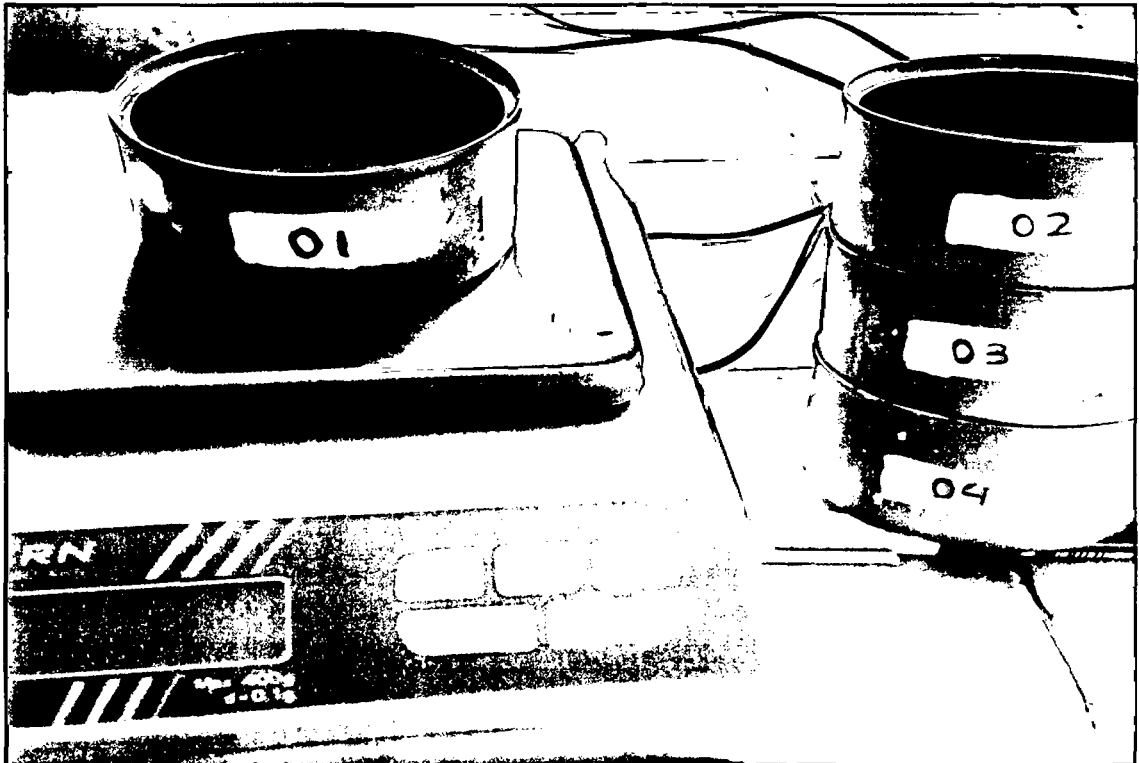
- Wikipedia. Departamento de Cajamarca: Mapa del departamento de Cajamarca. [Artículo de internet] Wikipedia, 2014. p. 1. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Cajamarca [Consulta: 10 de agosto de 2014].
- Peruroutes.com. Departamento de Cajamarca: Provincia de Cajamarca. [Artículo de internet] Peruroutes, 2014. p. 1. Disponible en: http://peruroutes.com/cajamarca_datos.htm [Consulta: 10 de agosto de 2014].
- Seace.gob.pe. Provincia de Cajamarca: Distritos de Cajamarca. [Artículo de internet] Seace.gob.pe. 2014. p. 1. Disponible en: http://app.seace.gob.pe/mon/ProcesoReporteGrafPb.jsp?tipo_cons=2&dep_codigo=06&pro_codigo=01&tipo_cons_sub=8&anhoentidad=2010&anho_re p= [Consulta: 10 de agosto de 2014].

PANEL FOTOGRÁFICO

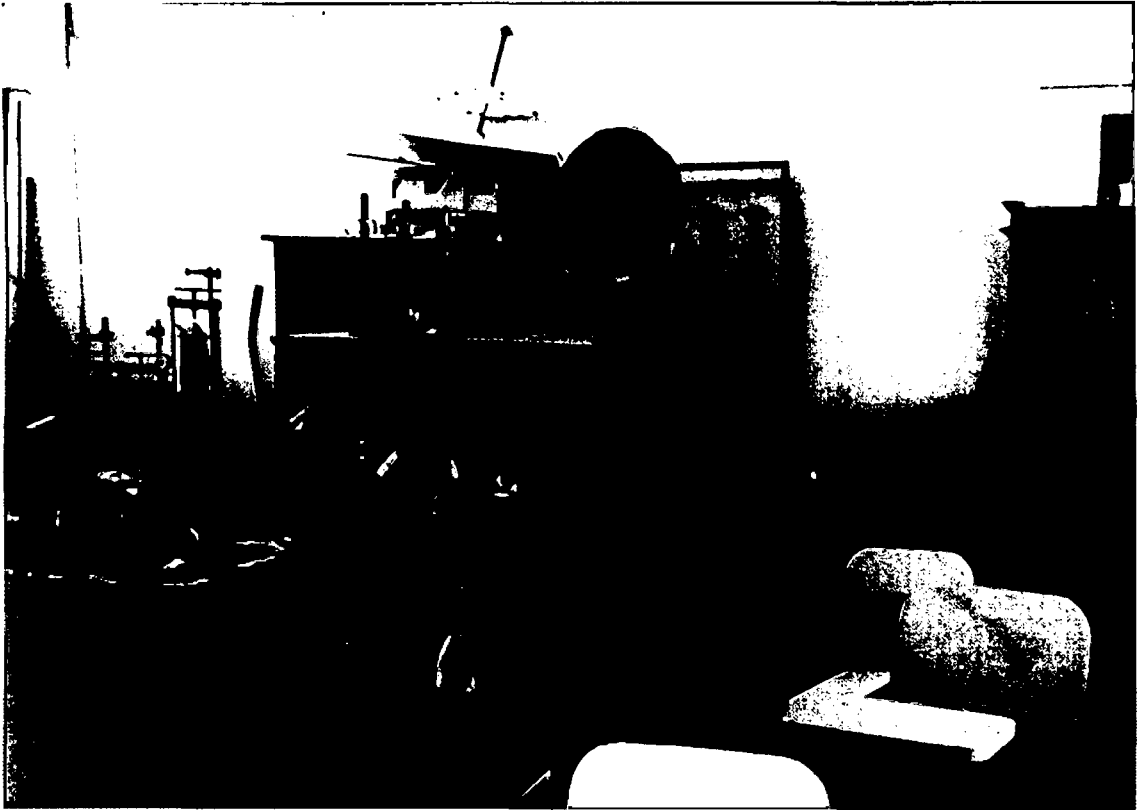
Fotografía 7: Pesaje de Muestras Húmedas (Contenido de Humedad).



Fotografía 8: Pesaje de taras para Contenido de Humedad.



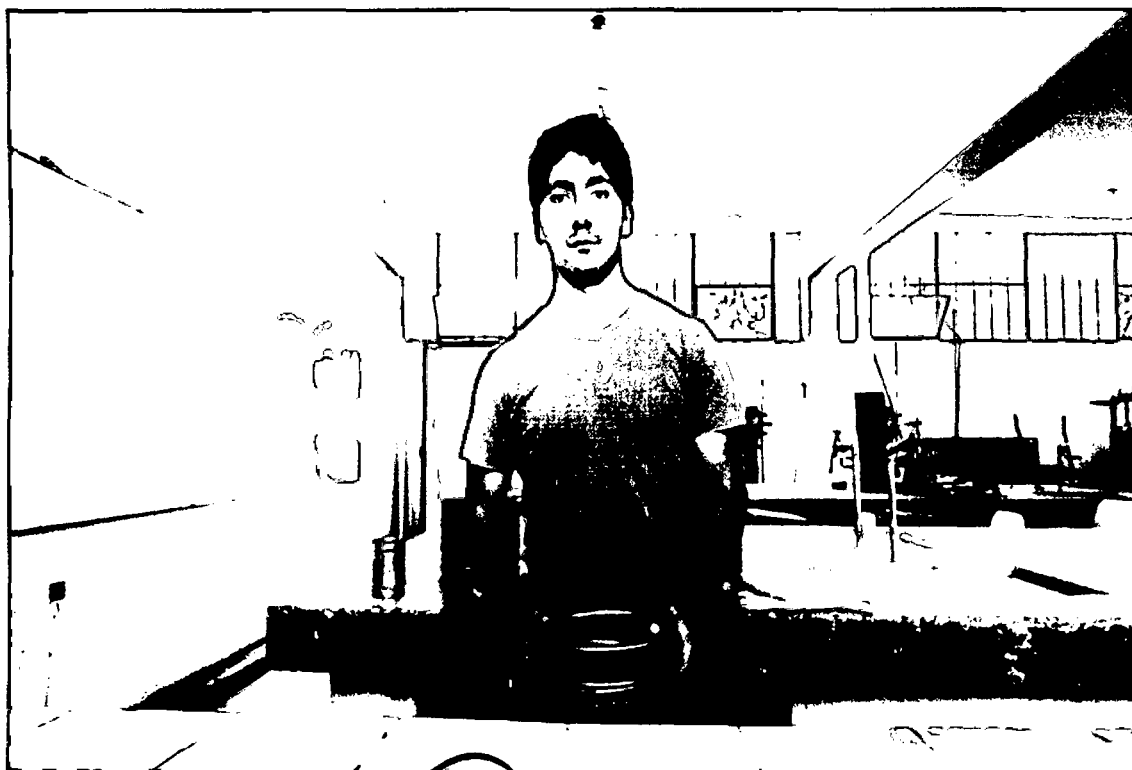
Fotografía 9: Determinación de Peso Especifico del Material de Tajo La Quinoa.



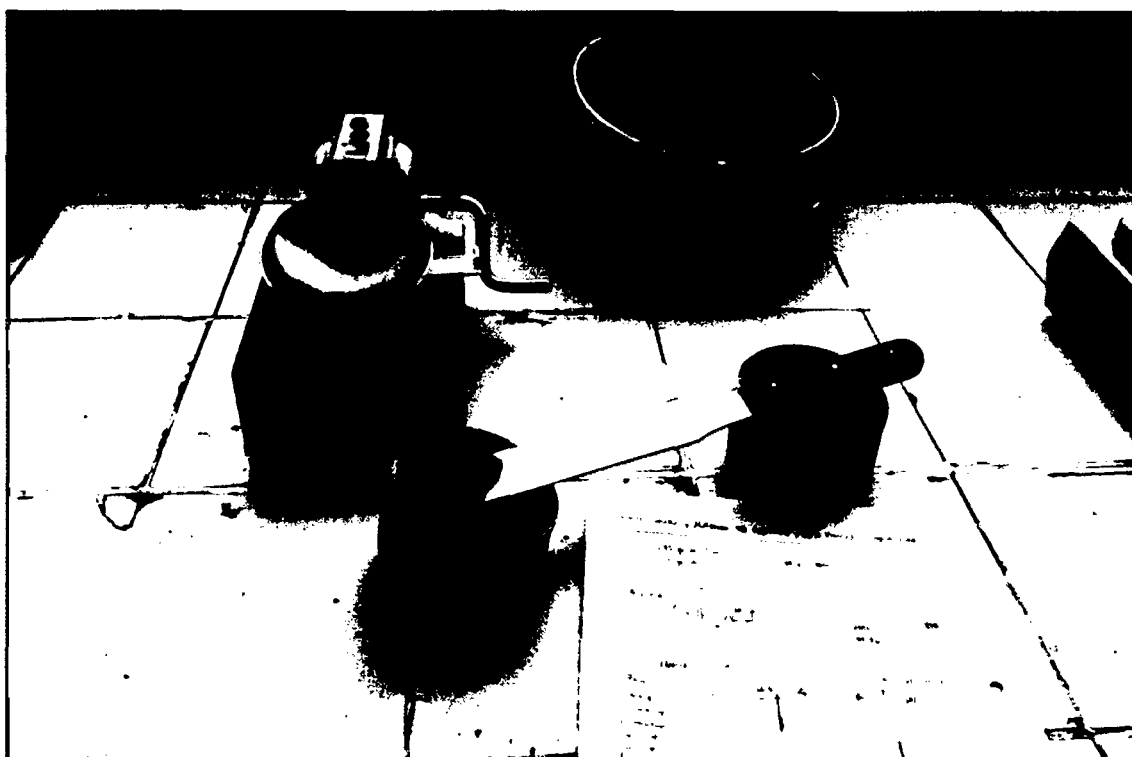
Fotografía 10: Análisis Granulométrico por Lavado del Material de Tajo LQ.



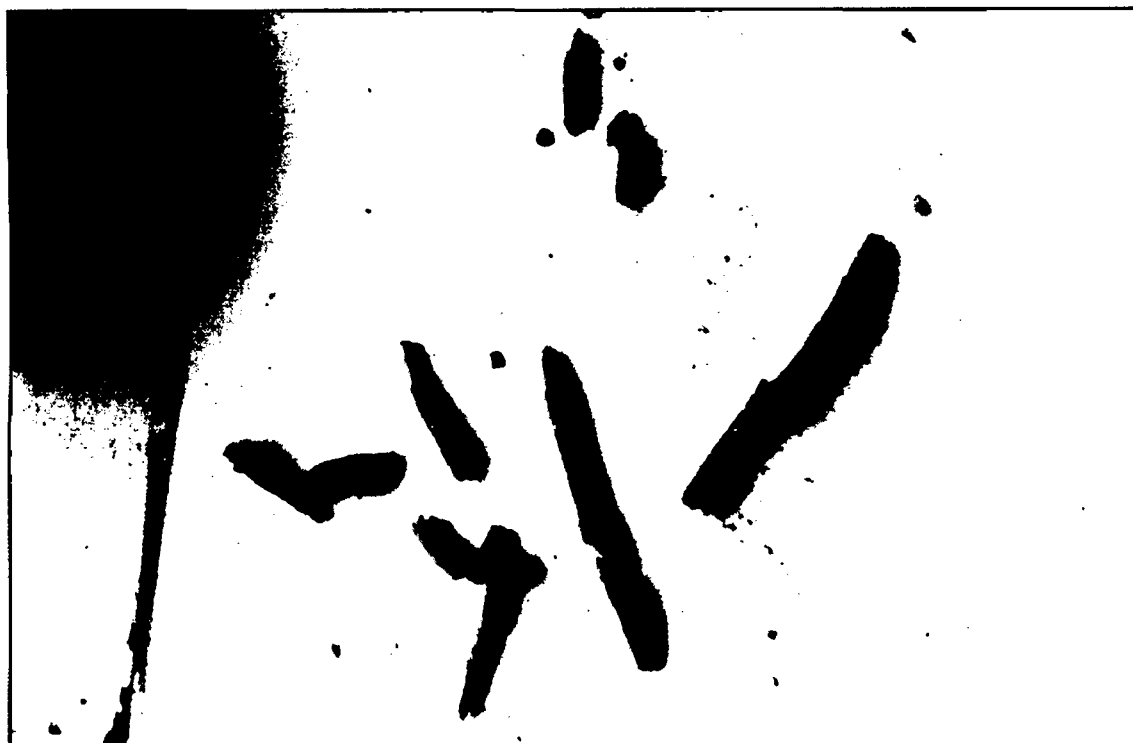
Fotografía 11: Tamizado en seco del Material de La Quinua.



Fotografía 12: Determinación del Límite Líquido del material de la Cantera de Pinos.



Fotografía 13: Determinación del Límite Plástico del Material de Cantera Pinos.



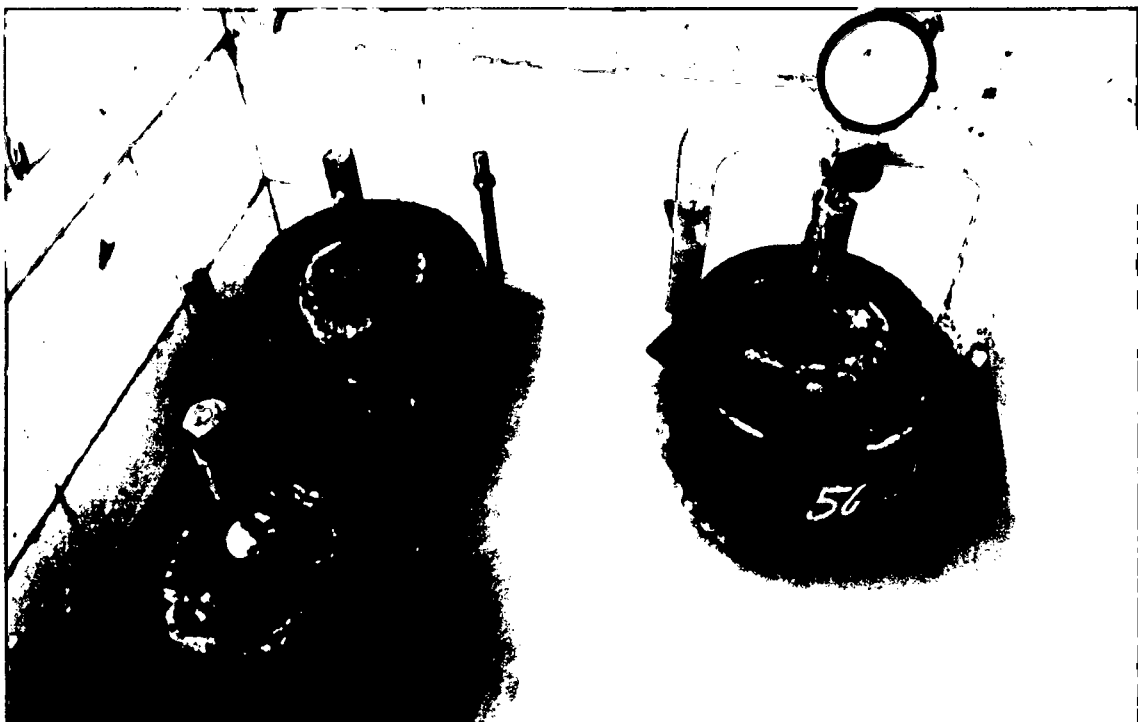
Fotografía 14: Ensayo Próctor Modificado con Material de Cantera Pinos.



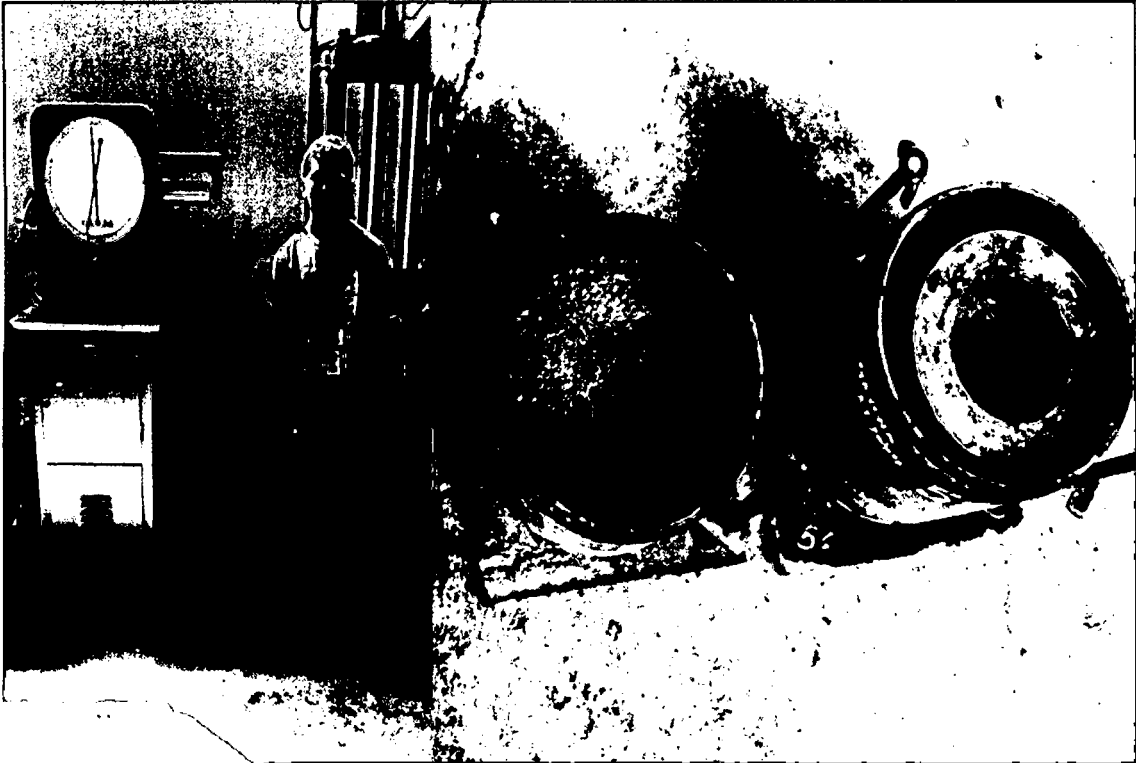
Fotografía 15: Comportamiento del Material de Tajo LQ frente a la humedad (Próctor Modificado).



Fotografía 16: CBR de Material de Cantera de Pinos.



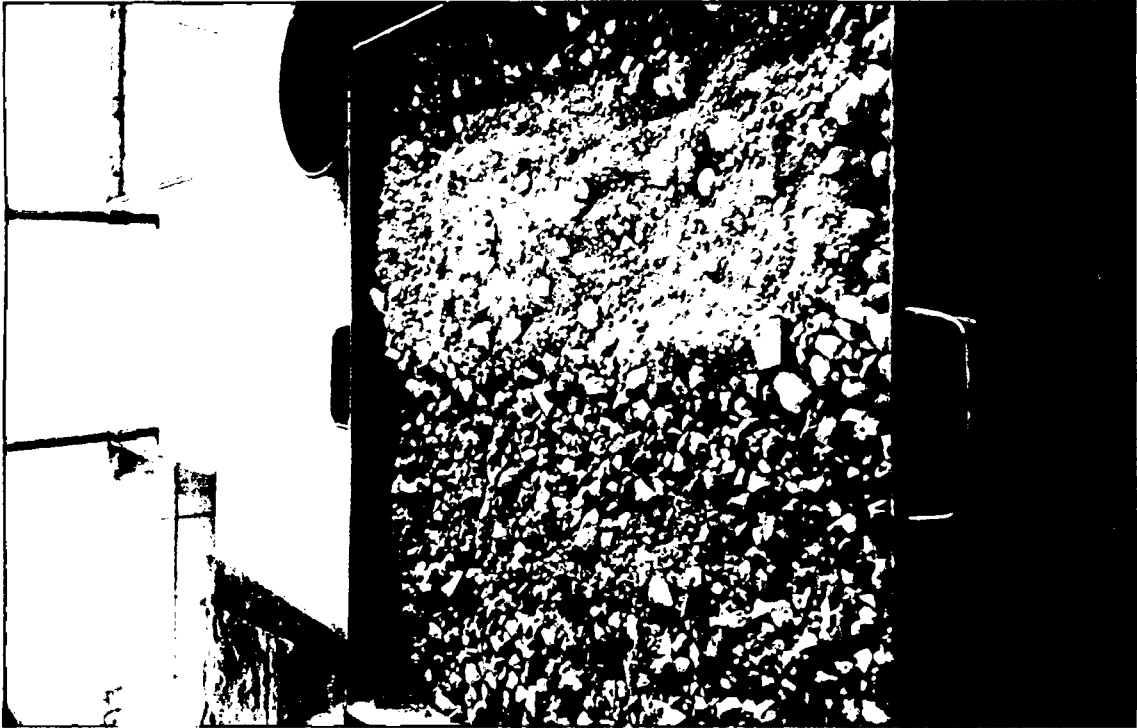
Fotografía 17: Ensayo de CBR de Material de Cantera de Pinos



Fotografía 18: Análisis Granulométrico por lavado de las 3 mezclas de materiales.



Fotografía 19: Mezcla de Materiales de LQ y Pinos lista para hacer ensayo de Próctor Modificado.



Fotografía 20: Próctor Modificado de una de las mezclas de materiales obtenidas.



Fotografía 21: Próctor Modificado de una de las mezclas de materiales.



Fotografía 22: CBR de las Mezclas de Materiales Obtenidas.



ANEXOS

FORMATOS DE LLENADO DE DATOS

<p>A) ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD</p> <p>TESIS: UBICACIÓN: FECHA: SOLICITANTE: REALIZADO POR:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Material 1</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Muestra 1</th> <th>Muestra 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wt (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Wh-t (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws-t (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Wh (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ww (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W (%)</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Material 1				Muestra 1	Muestra 2	Wt (gr)			Wh-t (gr)			Ws-t (gr)			Wh (gr)			Ws (gr)			Ww (gr)			W (%)			<p>B) ENSAYO: PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL FINO</p> <p>TESIS: UBICACIÓN: FECHA: SOLICITANTE: REALIZADO POR:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Material 1</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Muestra 1</th> <th>Muestra 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wms (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Wfw (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Wfws (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>ys (gr/cm³)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ys prom (gr/cm³)</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Material 1				Muestra 1	Muestra 2	Wms (gr)			Wfw (gr)			Wfws (gr)			ys (gr/cm ³)			Ys prom (gr/cm ³)		
Material 1																																																	
	Muestra 1	Muestra 2																																															
Wt (gr)																																																	
Wh-t (gr)																																																	
Ws-t (gr)																																																	
Wh (gr)																																																	
Ws (gr)																																																	
Ww (gr)																																																	
W (%)																																																	
Material 1																																																	
	Muestra 1	Muestra 2																																															
Wms (gr)																																																	
Wfw (gr)																																																	
Wfws (gr)																																																	
ys (gr/cm ³)																																																	
Ys prom (gr/cm ³)																																																	

Tabla 26: Ensayo Contenido de Humedad

Tabla 27: Ensayo Peso Específico Material Fino

<p>C) ENSAYO: PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL CON PARTICULAS GRUESAS Y FINAS</p> <p>TESIS: UBICACIÓN: FECHA: SOLICITANTE: REALIZADO POR:</p> <p style="text-align: center;">% que queda = <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p style="text-align: center;">Tamiz 04</p> <p style="text-align: center;">% que pasa = <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Partículas Finas</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Muestra 1</th> <th>Muestra 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wms (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Wfw (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Wfws (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>ys (gr/cm³)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ys prom (gr/cm³)</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Partículas Gruesas</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Muestra 1</th> <th>Muestra 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wms (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Wfw (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Wfws (gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>ys (gr/cm³)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ys prom (gr/cm³)</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Ys prom = <input style="width: 50px;" type="text"/></p>	Partículas Finas				Muestra 1	Muestra 2	Wms (gr)			Wfw (gr)			Wfws (gr)			ys (gr/cm ³)			Ys prom (gr/cm ³)			Partículas Gruesas				Muestra 1	Muestra 2	Wms (gr)			Wfw (gr)			Wfws (gr)			ys (gr/cm ³)			Ys prom (gr/cm ³)		
Partículas Finas																																										
	Muestra 1	Muestra 2																																								
Wms (gr)																																										
Wfw (gr)																																										
Wfws (gr)																																										
ys (gr/cm ³)																																										
Ys prom (gr/cm ³)																																										
Partículas Gruesas																																										
	Muestra 1	Muestra 2																																								
Wms (gr)																																										
Wfw (gr)																																										
Wfws (gr)																																										
ys (gr/cm ³)																																										
Ys prom (gr/cm ³)																																										

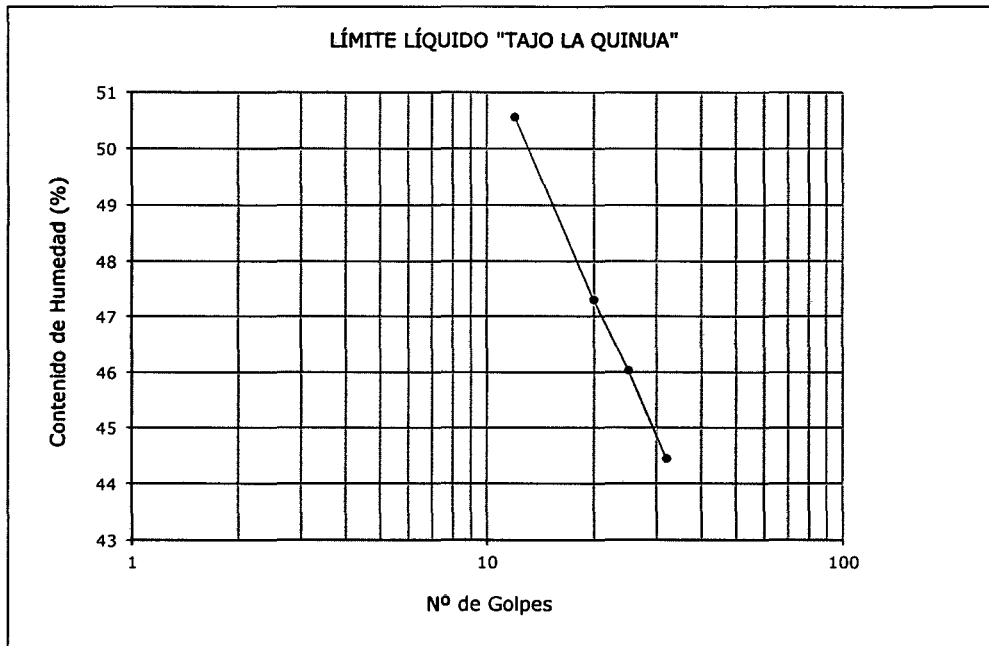
Tabla 28: Ensayo Peso Específico Material Grueso y Fino

<p>D) ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO</p> <p>TESIS: UBICACIÓN: FECHA: SOLICITANTE: REALIZADO POR:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>LL1</th> <th>LL2</th> <th>LL3</th> <th>LL4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>W_(gr)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W_{ms}(gr)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W_{ms}d(gr)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W_{ar}(gr)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W_{ms}(gr)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº Golpes</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W%</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>LL</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;">ÍNDICE DE PLASTICIDAD</p> <p style="text-align: center;">IP = LL - LP = <input style="width: 50px;" type="text"/></p>		LL1	LL2	LL3	LL4	W _(gr)					W _{ms} (gr)					W _{ms} d(gr)					W _{ar} (gr)					W _{ms} (gr)					Nº Golpes					W%					LL					<p>E) ENSAYO: LÍMITE PLÁSTICO</p> <p>TESIS: UBICACIÓN: FECHA: SOLICITANTE: REALIZADO POR:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>LL1</th> <th>LL2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>W_(gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W_{ms}(gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W_{ms}d(gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W_{ar}(gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W_{ms}(gr)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>W%</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>LP</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		LL1	LL2	W _(gr)			W _{ms} (gr)			W _{ms} d(gr)			W _{ar} (gr)			W _{ms} (gr)			W%			LP		
	LL1	LL2	LL3	LL4																																																																		
W _(gr)																																																																						
W _{ms} (gr)																																																																						
W _{ms} d(gr)																																																																						
W _{ar} (gr)																																																																						
W _{ms} (gr)																																																																						
Nº Golpes																																																																						
W%																																																																						
LL																																																																						
	LL1	LL2																																																																				
W _(gr)																																																																						
W _{ms} (gr)																																																																						
W _{ms} d(gr)																																																																						
W _{ar} (gr)																																																																						
W _{ms} (gr)																																																																						
W%																																																																						
LP																																																																						

Tabla 29: Ensayo Límite Líquido

Tabla 30: Ensayo Límite Plástico

Figura 6: Ejemplo de Gráfica de Límite Líquido



F) ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

TESIS:

UBICACIÓN:

FECHA:

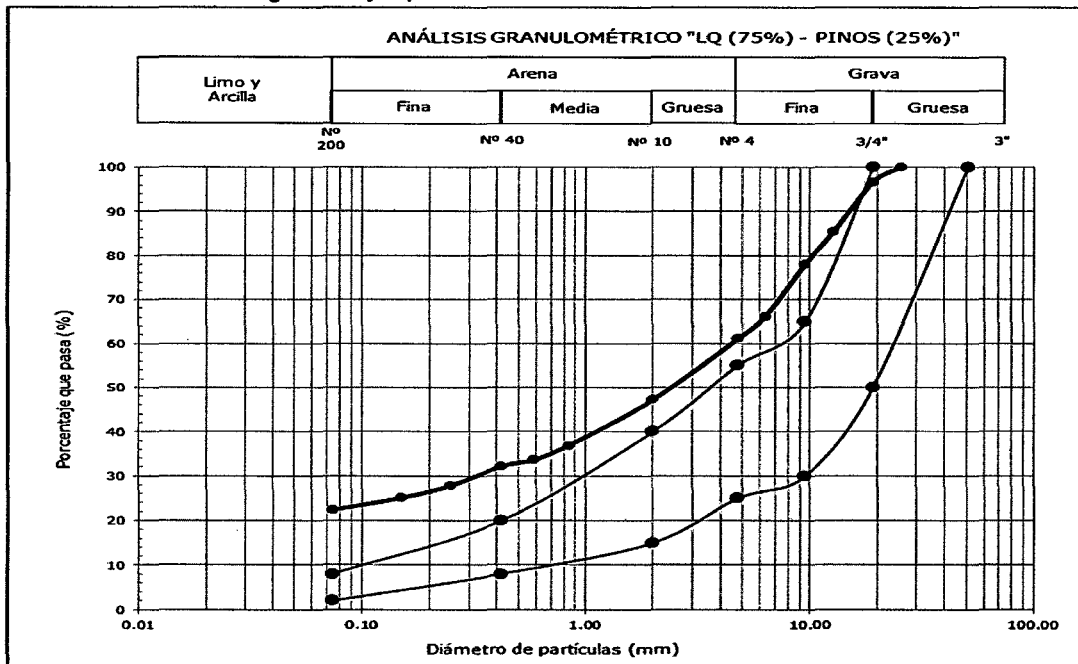
SOLICITANTE:

REALIZADO POR:

Malla	Malla (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	%PASA
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
Nº4					
Nº10					
Nº20					
Nº30					
Nº40					
Nº60					
Nº100					
Nº200					
Pérdida por lavado					

Tabla 31: Ensayo Análisis Granulométrico

Figura 7: Ejemplo de Gráfica de Análisis Granulométrico



G) ENSAYO: COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO

TESIS:

UBICACIÓN:

FECHA:

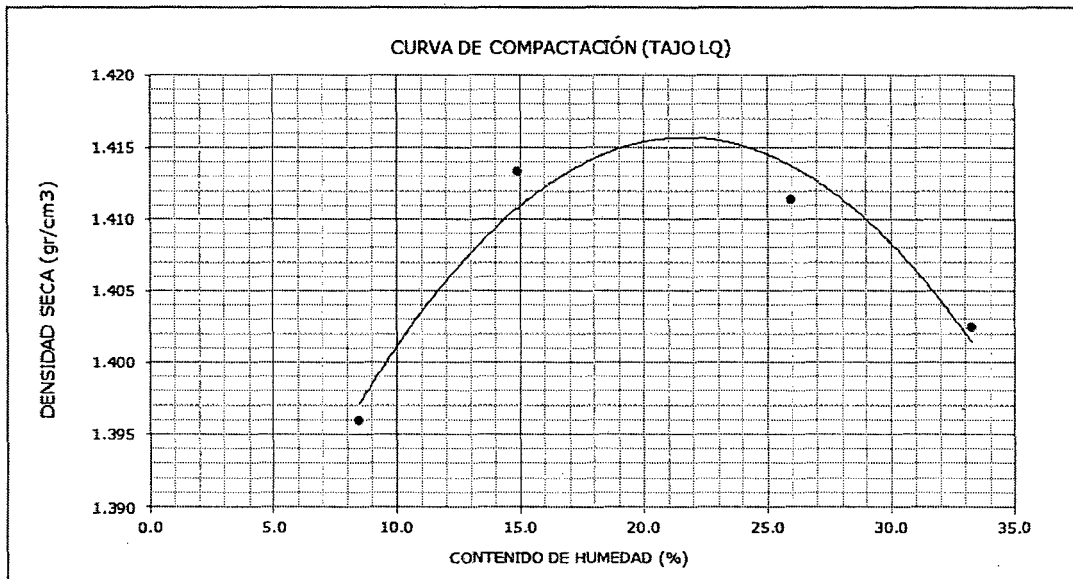
SOLICITANTE:

REALIZADO POR:

Molde N°	A		B		C		D		E	
N° Capas										
N° golpes por capa										
Peso molde (gr)										
Wmh + molde (gr)										
Wmh (gr)										
Vmh (cm ³)										
Dh (gr/cm ³)										
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Pt (gr)										
Wmh + t (gr)										
Wms + t (gr)										
Ww (gr)										
Wms (gr)										
W (%)										
Wprom (%)										
Ds (gr/cm ³)										

Tabla 32: Ensayo Compactación de Próctor Modificado

Figura 8: Ejemplo de Gráfica de Curva de Compactación



H) ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO

TESIS:
 UBICACIÓN:
 FECHA:
 SOLICITANTE:
 REALIZADO POR:

ENSAYO: COMPACTACIÓN CBR

Molde N°	1			2			3					
N° Capas	5			5			5					
N° Golpes por capa	27			27			56					
CONDICIÓN DE MUESTRA												
	Antes de empapar			Después			Antes de empapar			Después		
Peso molde (gr)												
Wmh + molde (gr)												
Wmh (gr)												
Vmh (cm3)												
Densidad húmeda (gr/cm3)												
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Ensayo N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
Wt (gr)												
Wmh + t (gr)												
Wms + t (gr)												
VWw (gr)												
Wms (gr)												
w (%)												
w prom (%)												
Densidad seca (gr/cm3)												

ENSAYO: HINCHAMIENTO

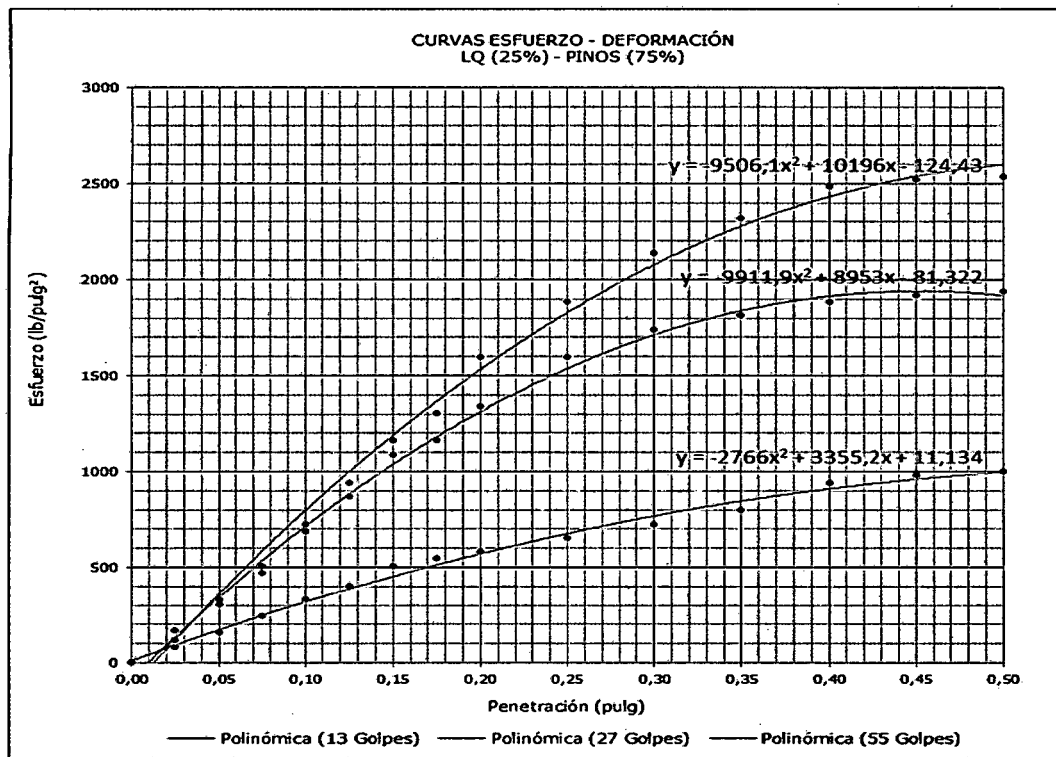
Tiempo		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
horas	días	Deform.	mm	%	Deform.	mm	%	Deform.	mm	%
0	0									
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									

ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)	kg	kg/cm2	lb/pulg2	kg	kg/cm2	lb/pulg2	kg	kg/cm2	lb/pulg2
0.00	0.00									
0.64	0.03									
1.27	0.05									
1.91	0.08									
2.54	0.10									
3.18	0.13									
3.81	0.15									
4.45	0.18									
5.08	0.20									
6.35	0.25									
7.62	0.30									
8.89	0.35									
10.16	0.40									
11.43	0.45									
12.70	0.50									

Tabla 33: Ensayo California Bearing Ratio (Compactación CBR, Hinchamiento, Carga Penetración)

Figura 9: Ejemplo de Gráfica de Curva Esfuerzo = Deformación.



Prueba	1	OBSERVACIONES:						
Gradación usada	A	MUESTREADO CERCA A LA VÍA SAHARA BAJA - LA QUINUA						
Nº de esferas	12							
Nº de revoluciones	500							
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5001.4							
Peso muestra seca después de ensayo (g)	2034.5							
Pérdida (g)	2966.9							
% de desgaste	59.3							
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑO DEL TAMIZ		PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"							
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"	1250.8						
1"	3/4"	1249.0						
3/4"	1/2"	1251.3						
1/2"	3/8"	1250.3						
3/8"	1/4"							
1/4"	Nº 4							
Nº 4	Nº 8							
Nº de esferas		12	11	8	6	12	12	12
Nº de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Tabla 34: Ensayo Abrasión

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD

Norma MTC E 113-2000

FECHA: 10/12/2013

	Tajo La Quinoa	
	M1	M2
Wt (gr)	27.90	26.70
Wh+t (gr)	135.00	134.00
Ws+t (gr)	110.50	110.70
Wh (gr)	107.10	107.30
Ws (gr)	82.60	84.00
Ww (gr)	24.50	23.30
W (%)	29.66	27.74
	28.70	

	Cantera Pinos	
	M1	M2
Wt (gr)	26.20	27.70
Wh+t (gr)	143.30	138.50
Ws+t (gr)	139.90	135.30
Wh (gr)	117.10	110.80
Ws (gr)	113.70	107.60
Ww (gr)	3.40	3.20
W (%)	2.99	2.97
	2.98	

ENSAYO: PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL CON PARTÍCULAS GRUESAS Y FINAS (Tajo LO):

Norma MTC E 113-2000

FECHA: 20/12/2013

Para esto, se pesó el material.

El mismo, se tamiza por la malla N° 04.

$$\begin{array}{l} \text{Tamiz } \nearrow \\ 04 \searrow \end{array} \quad \begin{array}{l} \% \text{ que queda} = 384 \text{ gr} = 50.59\% \\ \\ \\ \\ \% \text{ que pasa} = \frac{375}{759} \text{ gr} = 49.41\% \end{array}$$

PARA PARTÍCULAS FINAS	Tajo La Quinoa	
	M1	M2
Wms (gr)	51	64
Wfw (gr)	643	643
Wfws (gr)	673	681
ys (gr/cm ³)	2.43	2.46
Ys prom (gr/cm ³)	2.45	

Luego, usaremos la siguiente fórmula:

$$Y_{s \text{ prom}} = \frac{1}{\frac{R1}{100(\gamma1)} + \frac{R2}{100(\gamma2)}}$$

$$Y_{s \text{ prom}} = \frac{1}{\frac{57,68}{100(2,37)} + \frac{42,32}{100(2,62)}}$$

$Y_{s \text{ prom}} = 2.24 \text{ gr/cm}^3$

PARA PARTÍCULAS GRUESAS	Tajo La Quinoa	
	M1	M2
Paire (gr)	42.6	53.4
Psum (gr)	22.42	27.3
ys (gr/cm ³)	2.11	2.05
Ys prom (gr/cm ³)	2.08	

ENSAYO: PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL CON PARTÍCULAS GRUESAS Y FINAS (Cantera Pinos):

Norma MTC E 113-2000

FECHA: 20/12/2013

Para esto, se pesó el material.

El mismo, se tamiza por la malla N° 04.

$$\begin{array}{l} \text{Tamiz } \nearrow \\ 04 \searrow \end{array} \quad \begin{array}{l} \% \text{ que queda} = 308 \text{ gr} = 57.68\% \\ \\ \\ \\ \% \text{ que pasa} = \frac{226}{534} \text{ gr} = 42.32\% \end{array}$$

Luego, usaremos la siguiente fórmula:

$$Y_{s \text{ prom}} = \frac{1}{\frac{R1}{100(\gamma1)} + \frac{R2}{100(\gamma2)}}$$

$$Y_{s \text{ prom}} = \frac{1}{\frac{57,68}{100(2,37)} + \frac{42,32}{100(2,62)}}$$

$Y_{s \text{ prom}} = 2.472 \text{ gr/cm}^3$
--

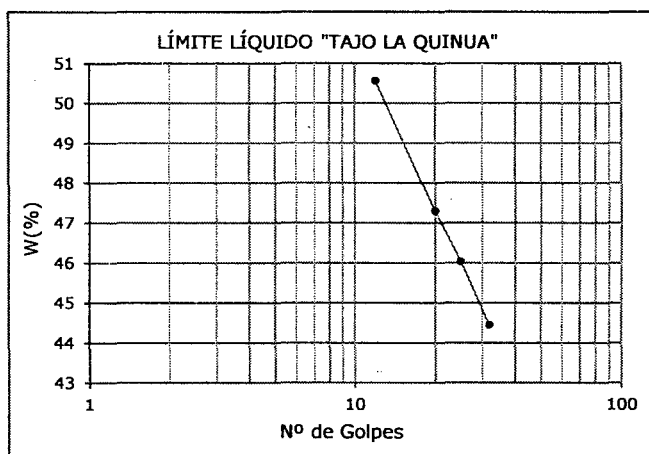
PARA PARTÍCULAS FINAS	Cantera Pinos	
	M1	M2
Wms (gr)	104	113
Wfw (gr)	642	642
Wfws (gr)	707	711
ys (gr/cm ³)	2.67	2.57
Ys prom (gr/cm ³)	2.62	

PARA PARTÍCULAS GRUESAS	Cantera Pinos	
	M1	M2
Paire (gr)	57.9	64.1
Psum (gr)	33.7	36.9
ys (gr/cm ³)	2.39	2.36
Ys prom (gr/cm ³)	2.37	

ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO (TAJO LA QUINUA)
Norma MTC E 110-2000

FECHA: 17/02/2014

	LL1	LL2	LL3	LL4
W _t (gr)	26.9	26.6	39.1	27.3
W _{mh+t} (gr)	40.3	37.5	48.3	35.1
W _{ms+t} (gr)	35.8	34	45.4	32.7
W _w (gr)	4.5	3.5	2.9	2.4
W _{ms} (gr)	8.9	7.4	6.3	5.4
Nº Golpes	12	20	25	32
W%	50.56	47.30	46.03	44.44
LL	46			



ENSAYO: LÍMITE PLÁSTICO (TAJO LA QUINUA)
Norma MTC E 111-2000

FECHA: 17/02/2014

	LP1	LP2
W _t (gr)	39.1	39.1
W _{mh+t} (gr)	45.7	43.8
W _{ms+t} (gr)	44.1	42.6
W _w (gr)	1.6	1.2
W _{ms} (gr)	5	3.5
W%	32.00	34.29
LP	33	

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAJO LQ)

$$IP = LL - LP = 13$$

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO (TAJO LA QUINUA)

Norma MTC E 107-2000

FECHA: 20/12/2013

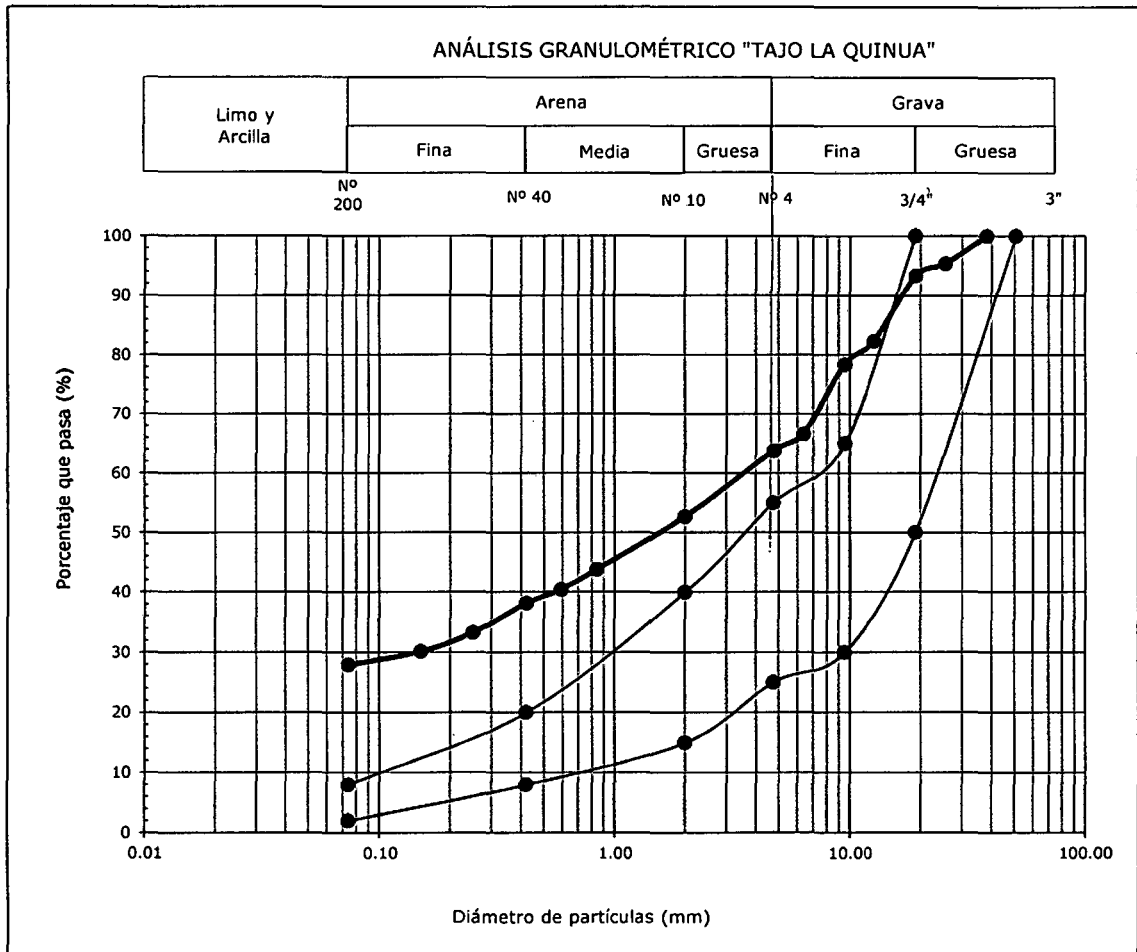
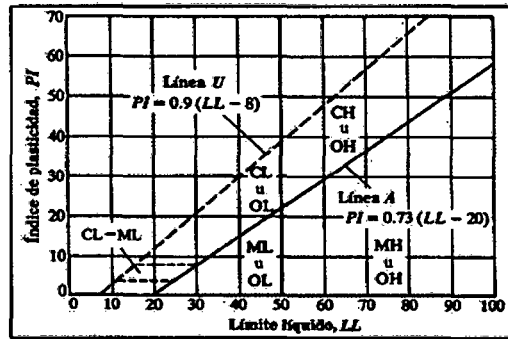
Malla	Malla (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	%PASA
1 1/2"	38.10		0.00	0.00	100.00
1"	25.40	17.30	4.64	4.64	95.36
3/4"	19.05	7.70	2.06	6.70	93.30
1/2"	12.70	40.90	10.97	17.67	82.33
3/8"	9.53	14.50	3.89	21.55	78.45
1/4"	6.35	44.20	11.85	33.40	66.60
Nº4	4.76	10.40	2.79	36.19	63.81
Nº10	2.00	41.50	11.13	47.32	52.68
Nº20	0.84	33.20	8.90	56.22	43.78
Nº30	0.59	12.40	3.32	59.54	40.46
Nº40	0.42	8.50	2.28	61.82	38.18
Nº60	0.25	18.20	4.88	66.70	33.30
Nº100	0.15	11.70	3.14	69.84	30.16
Nº200	0.07	8.30	2.23	72.06	27.94
Pérdida por lavado	0.00	104.20	27.94	100.0	0.00

Porcentaje de finos:	27.9 %
% retenido en malla Nº 200:	72.1 %
Peso de la fracción gruesa:	268.8 gr
Peso retenido en malla Nº 4:	135.0 gr
% fracción gruesa retenido en malla Nº 4:	50.2 %

- * Como más de la mitad del material es retenido en la malla Nº200, pertenece a Suelos de Partículas Gruesas.
- * Como más del 50% de la fracción de material grueso es retenido en la malla Nº 4, entra en clasificación de Gravas.

LL = 46	Según la carta de plasticidad, ubicamos los límites LL e IP, que se intersectan debajo de la Línea A y con LL>28 por lo que el suelo será clasificado como GMu.
IP = 13	

CLASIFICACION SUCS:	GMu + 4.64 > 1"
DESCRIPCIÓN:	GRAVA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA, GRAVA Y LIMO.
COLOR:	ROJIZO



ENSAYO: COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO (TAJO LQ)

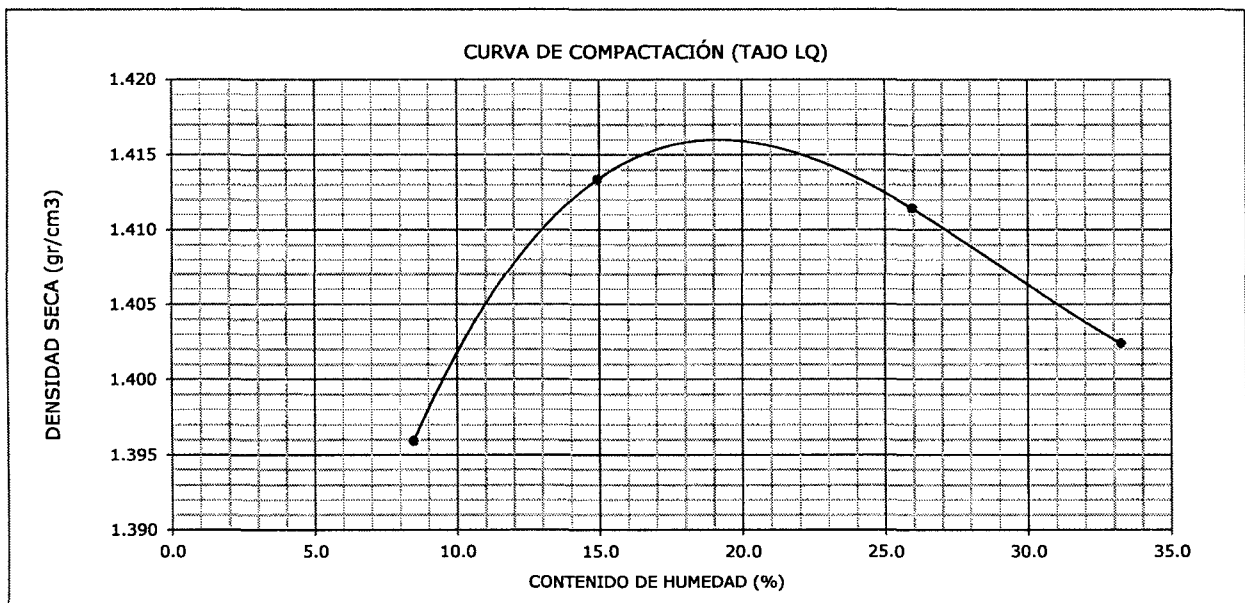
Norma MTC E 115-2000 - MÉTODO "C"

FECHA: 16/04/2014

Molde N°	A		B		C		D	
N° Capas	5		5		5		5	
N° golpes por capa	56		56		56		56	
Peso molde (gr)	6295		6295		6295		6295	
Wmh + molde (gr)	9455		9685		10005		10195	
Wmh (gr)	3160		3390		3710		3900	
Vmh (cm3)	2086.8		2086.8		2086.8		2086.8	
Dh (gr/cm3)	1.51		1.62		1.78		1.87	
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h
Pt (gr)	25.9	27.1	27.3	27	26.8	27.2	27.6	26.7
Wmh + t (gr)	111.8	93.1	117.9	118.2	145.2	140.2	105.4	94.5
Wms + t (gr)	105.8	87.4	105.1	107.4	120.7	117	85.5	78
Ww (gr)	6	5.7	12.8	10.8	24.5	23.2	19.9	16.5
Wms (gr)	79.9	60.3	77.8	80.4	93.9	89.8	57.9	51.3
W (%)	7.509	9.453	16.45	13.43	26.09	25.84	34.37	32.16
Wprom (%)	8.48		14.94		25.96		33.27	
Ds (gr/cm3)	1.40		1.41		1.41		1.40	

Wopt = 23 %

Ds Máx = 1.416 gr/cm3



ENSAYO: ABRASIÓN EN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (Tajo LQ):

Norma MTC E 207-2000 - Método A

FECHA: 16/09/2014

Prueba	1	OBSERVACIONES:						
Gradación usada	A	MUESTREO CERCA A LA VÍA SAHARA BAJA - LA QUINUA						
N° de esferas	12							
N° de revoluciones	500							
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5001.4							
Peso muestra seca después de ensayo (g)	2034.5							
Pérdida (g)	2966.9							
% de desgaste	59.3							
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑO DEL TAMIZ		PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"							
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"	1250.8						
1"	3/4"	1249.0						
3/4"	1/2"	1251.3						
1/2"	3/8"	1250.3						
3/8"	1/4"							
1/4"	N° 4							
N° 4	N° 8							
N° de esferas		12	11	8	6	12	12	12
N° de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO (Tajo La Quinua)**Norma MTC E 132-2000**

FECHA: 04/06/2014

ENSAYO: COMPACTACIÓN CBR (Tajo La Quinua)

Molde Nº	1		2		3				
Nº Capas	5		5		5				
Nº Golpes por capa	13		27		56				
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS			
Peso molde (gr)	7960	7960	7635	7635	7775	7775			
Wmh + molde (gr)	11245	11645	11160	11460	11460	11695			
Wmh (gr)	3285	3685	3525	3825	3685	3920			
Vmh (cm ³)	2114.3	2114	2114.3	2114	2114.3	2114			
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.55	1.743	1.67	1.809	1.74	1.854			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Ensayo Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Wt (gr)	26	27.6	26.1	27.6	27.7	27.7	27.3	26.4	26.4
Wmh + t (gr)	127.1	158.1	141.7	140.5	139.9	173.3	131.5	151.6	181.9
Wms + t (gr)	106.2	131.3	112.5	118.4	116.9	139.1	114.5	131.2	146
Ww (gr)	20.9	26.8	29.2	22.1	23	34.2	17	20.4	35.9
Wms (gr)	80.2	103.7	86.4	90.8	89.2	111.4	87.2	104.8	119.6
w (%)	26.06	25.84	33.8	24.34	25.78	30.7	19.5	19.47	30.02
w prom (%)	25.95	33.80		25.06	30.70		19.48	30.02	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.23	1.30		1.33	1.38		1.46	1.43	

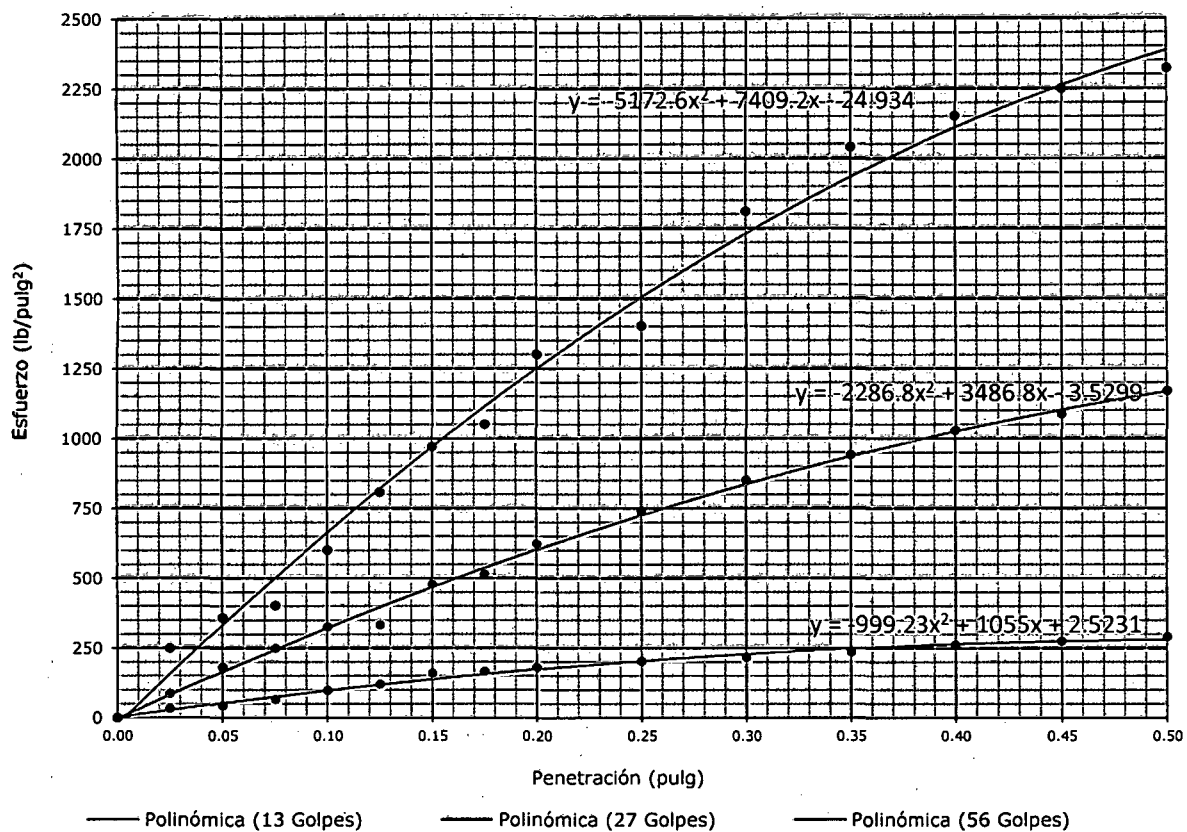
ENSAYO: HINCHAMIENTO (Tajo La Quinua)

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
(HORAS)	(DÍAS)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.080	0.080	0.148	0.100	0.100	0.185	0.140	0.140	0.259
48	2	0.120	0.120	0.222	0.160	0.160	0.296	0.215	0.215	0.398
72	3	0.120	0.120	0.222	0.160	0.160	0.296	0.220	0.220	0.407
96	4	0.120	0.120	0.222	0.160	0.160	0.296	0.220	0.220	0.407

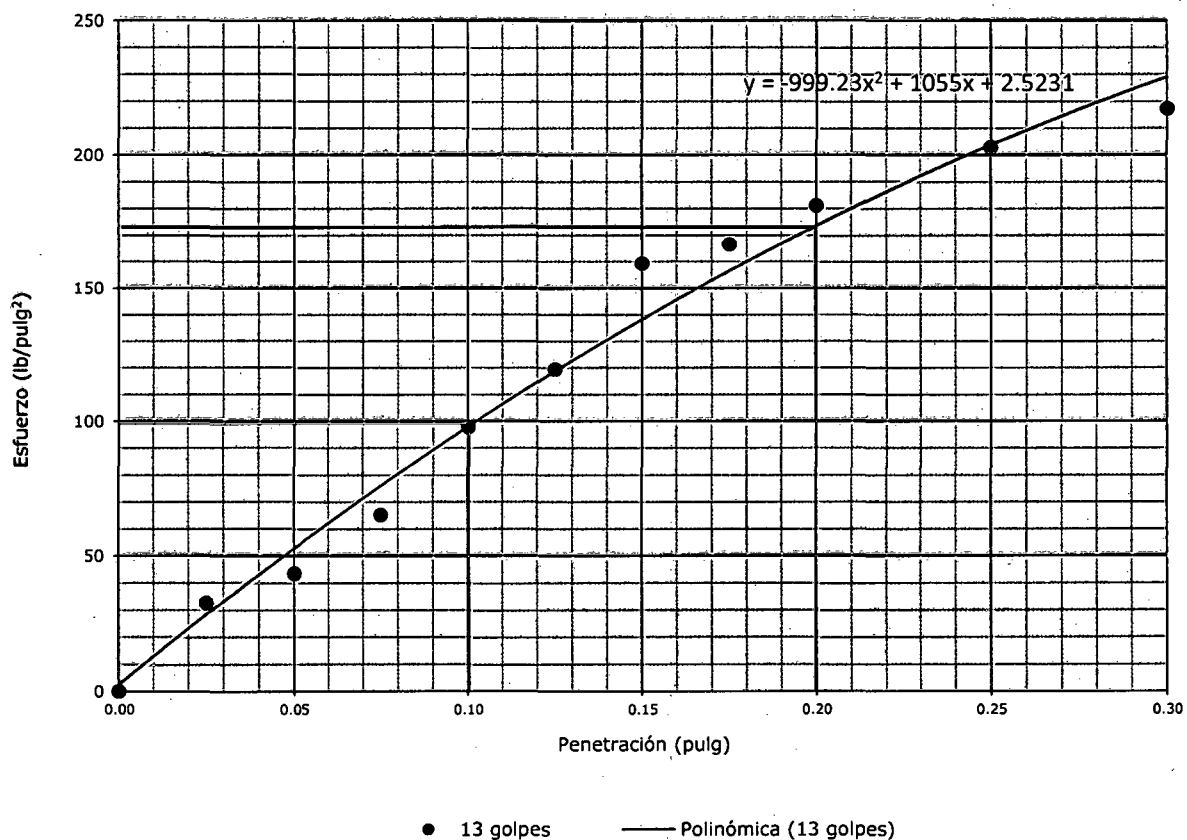
ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN (Tajo La Quinua)

PENETRACIÓN		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	(lb/pulg ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	(lb/pulg ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	(lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00
0.64	0.025	45.00	2.292	32.60	120.00	6.112	86.93	345.00	17.57	249.91
1.27	0.050	60.00	3.056	43.46	250.00	12.73	181.10	495.00	25.21	358.57
1.91	0.075	90.00	4.584	65.19	345.00	17.57	249.91	555.00	28.27	402.03
2.54	0.100	135.00	6.875	97.79	450.00	22.92	325.97	830.00	42.27	601.24
3.18	0.125	165.00	8.403	119.52	460.00	23.43	333.22	1115.00	56.79	807.69
3.81	0.150	220.00	11.2	159.36	660.00	33.61	478.09	1340.00	68.25	970.67
4.45	0.175	230.00	11.71	166.61	710.00	36.16	514.31	1450.00	73.85	1050.35
5.08	0.200	250.00	12.73	181.10	860.00	43.8	622.97	1795.00	91.42	1300.26
6.35	0.250	280.00	14.26	202.83	1020.00	51.95	738.87	1935.00	98.55	1401.68
7.62	0.300	300.00	15.28	217.31	1175.00	59.84	851.15	2500.00	127.3	1810.95
8.89	0.350	325.00	16.55	235.42	1300.00	66.21	941.70	2815.00	143.4	2039.13
10.16	0.400	360.00	18.33	260.78	1420.00	72.32	1028.62	2970.00	151.3	2151.41
11.43	0.450	380.00	19.35	275.26	1500.00	76.39	1086.57	3105.00	158.1	2249.20
12.70	0.500	400.00	20.37	289.75	1615.00	82.25	1169.88	3205.00	163.2	2321.64

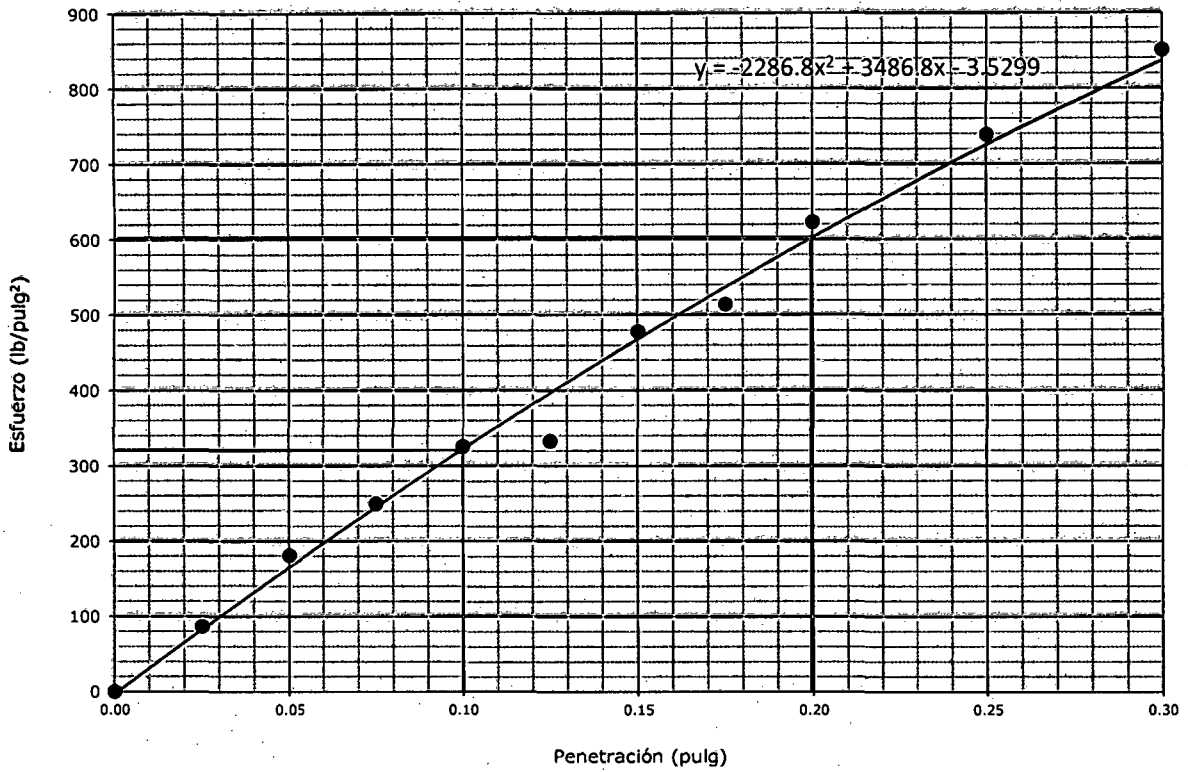
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
(Tajo La Quinua)



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
(Tajo La Quinua - MOLDE 1)

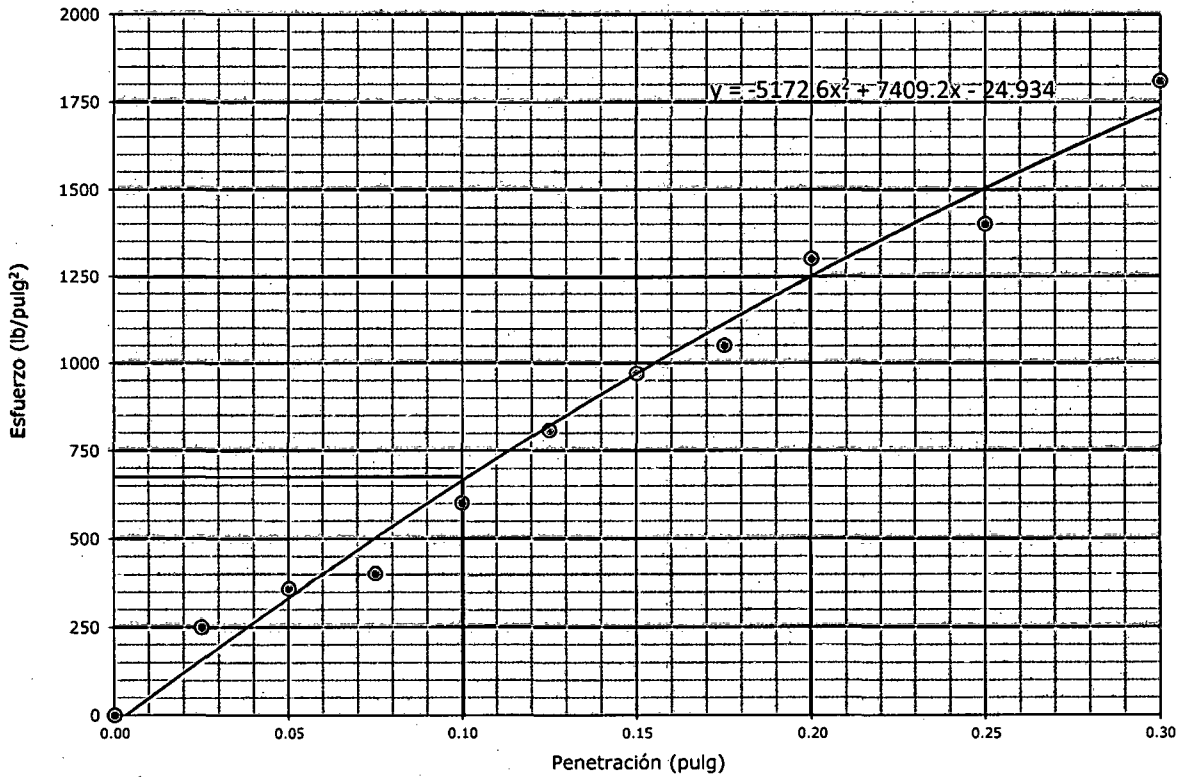


CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
(Tajo La Quinua - MOLDE 2)



● 27 golpes — Polinómica (27 golpes)

CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
(Tajo La Quinua - MOLDE 3)



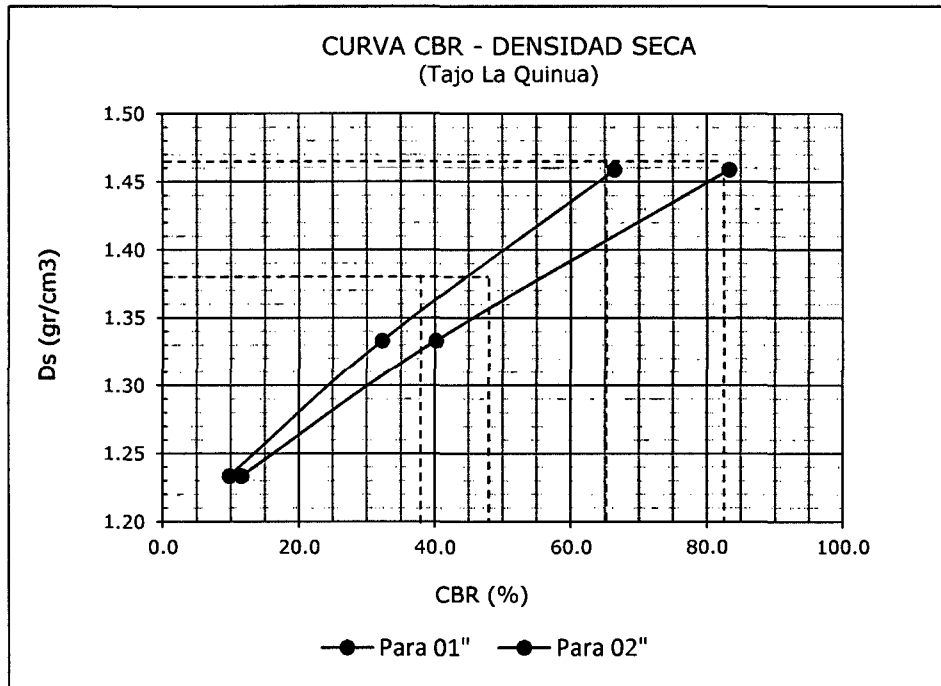
⊙ 56 golpes — Polinómica (56 golpes)

ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN (Tajo La Quinua)

Penetración (")	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
Esfuerzo terreno (lb/pulg ²)	98.0	173.6	322.3	602.4	664.3	1250.0
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	9.803	11.57	32.23	40.16	66.43	83.33

C.B.R. Y DENSIDAD SECA (Tajo La Quinua)

Penetración (")	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
CBR (%)	9.803	11.57	32.23	40.16	66.43	83.33
Ds (gr/cm ³)	1.234	1.234	1.333	1.333	1.459	1.459

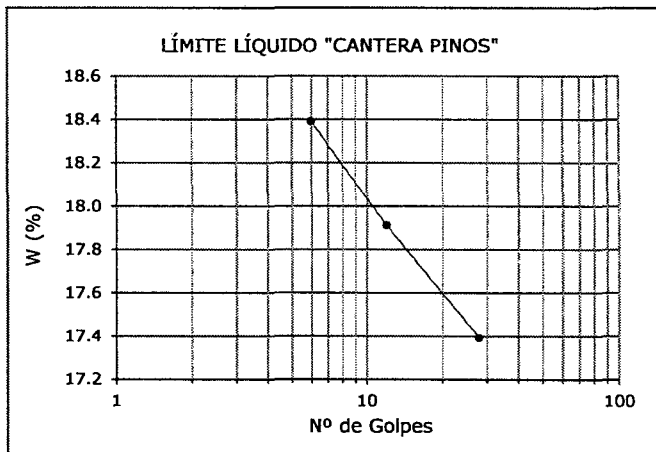


Ds Máx = 1.42 gr/cm ³	CBR (0.1") = 65 %
	CBR (0.2") = 82 %
95% Ds Máx = 1.35 gr/cm ³	CBR (0.1") = 38 %
	CBR (0.2") = 48 %

ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO (CANTERA DE PINOS)
Norma MTC E 110-2000

FECHA: 17/02/2014

	LL1	LL2	LL3
$W_t(\text{gr})$	29.8	40.2	44.4
$W_{mh+t}(\text{gr})$	40.1	48.1	52.5
$W_{ms+t}(\text{gr})$	38.5	46.9	51.3
$W_w(\text{gr})$	1.6	1.2	1.2
$W_{ms}(\text{gr})$	8.7	6.7	6.9
Nº Golpes	6	12	28
W%	18.39	17.91	17.39
LL	17		



ENSAYO: LÍMITE PLÁSTICO (CANTERA DE PINOS)
Norma MTC E 111-2000

FECHA: 17/02/2014

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (CANTERA PINOS)

$$IP = LL - LP = \text{N.P.}$$

* Se realizó el ensayo de Límite Plástico en Laboratorio, sin embargo el material es demasiado arenoso y hay muy poca presencia de arcilla.

LP =	NO TIENE
IP =	N.P.

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO (CANTERA DE PINOS)

Norma MTC E 107-2000

FECHA: 20/12/2013

Malla	Malla (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	%PASA
3/4"	19.05		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	79.30	11.39	11.39	88.61
3/8"	9.53	83.90	12.05	23.45	76.55
1/4"	6.35	160.70	23.09	46.54	53.46
Nº4	4.76	49.40	7.10	53.64	46.36
Nº10	2.00	161.60	23.22	76.85	23.15
Nº20	0.84	64.60	9.28	86.14	13.86
Nº30	0.59	19.10	2.74	88.88	11.12
Nº40	0.42	10.80	1.55	90.43	9.57
Nº60	0.25	16.10	2.31	92.74	7.26
Nº100	0.15	8.20	1.18	93.92	6.08
Nº200	0.07	8.60	1.24	95.16	4.84
Pérdida por lavado	0.00	33.70	4.84	100.0	0.00

Porcentaje de finos:	4.8 %
% retenido en malla Nº 200:	95.2 %
Peso de la fracción gruesa:	662.3 gr
Peso retenido en malla Nº 4:	373.3 gr
% fracción gruesa retenido en malla Nº 4:	56.4 %

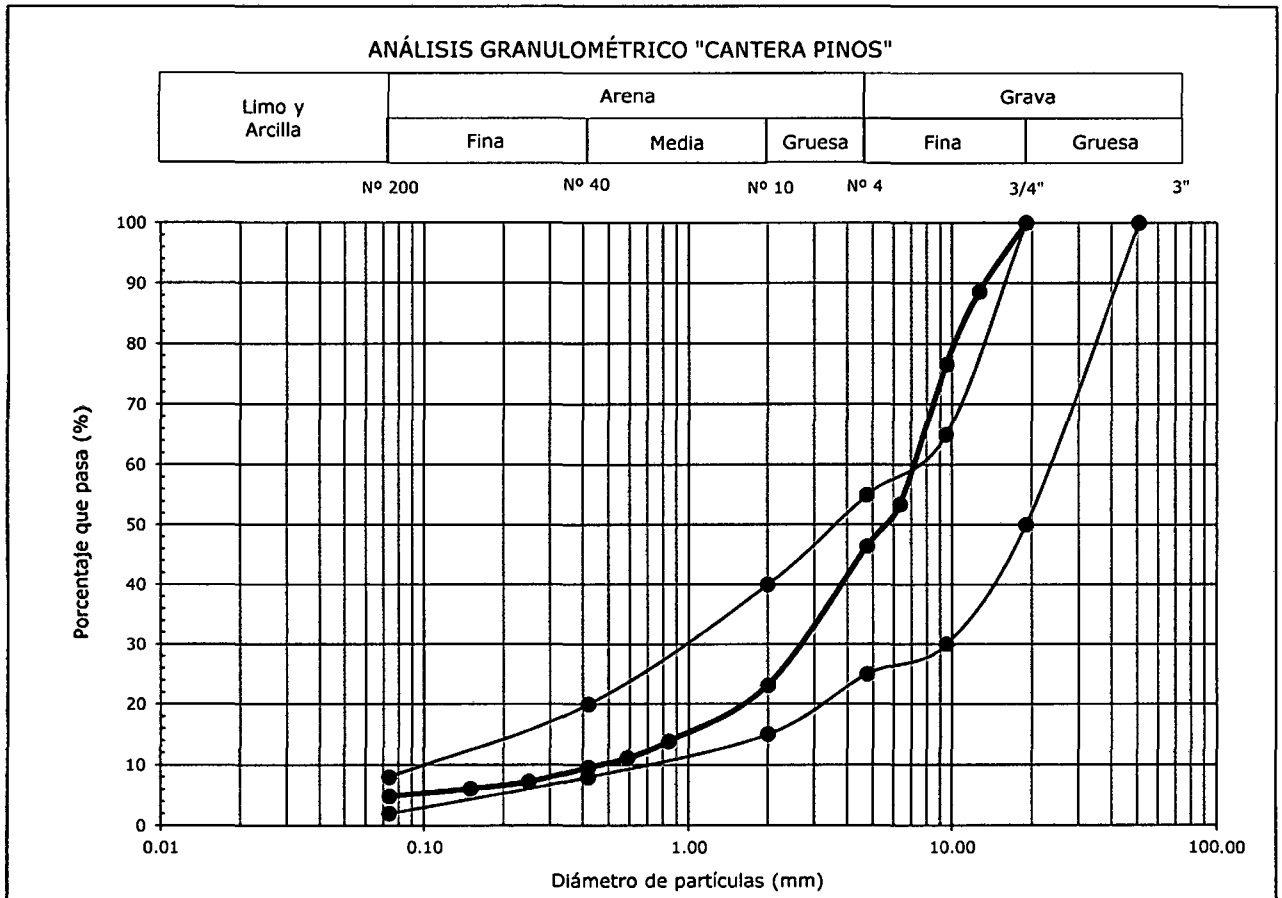
- * Como más de la mitad del material es retenido en la malla Nº200, pertenece a Suelos de Partículas Gruesas.
- * Como más del 50% de la fracción de material grueso es retenido en la malla Nº 4, entra en clasificación de Gravas.
- * LL = 17
- * LP = NO TIENE
- * IP = N.P.

De acuerdo a los valores para D10, D30 y D60, se obtienen valores de Cc y Cu:

El D₆₀ = 7.00 mm Cu = 15.22
 El D₃₀ = 2.50 mm Cc = 1.941
 El D₁₀ = 0.46 mm

CLASIFICACIÓN SUCS:	GW + 11.39 > 1/2"
DESCRIPCIÓN:	GRAVA BIEN GRADADA. MEZCLA DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS
COLOR:	PLOMO

Como Cu > 4 y 1 < Cc < 3, clasificaremos al material de la Cantera de Pinos como GW.

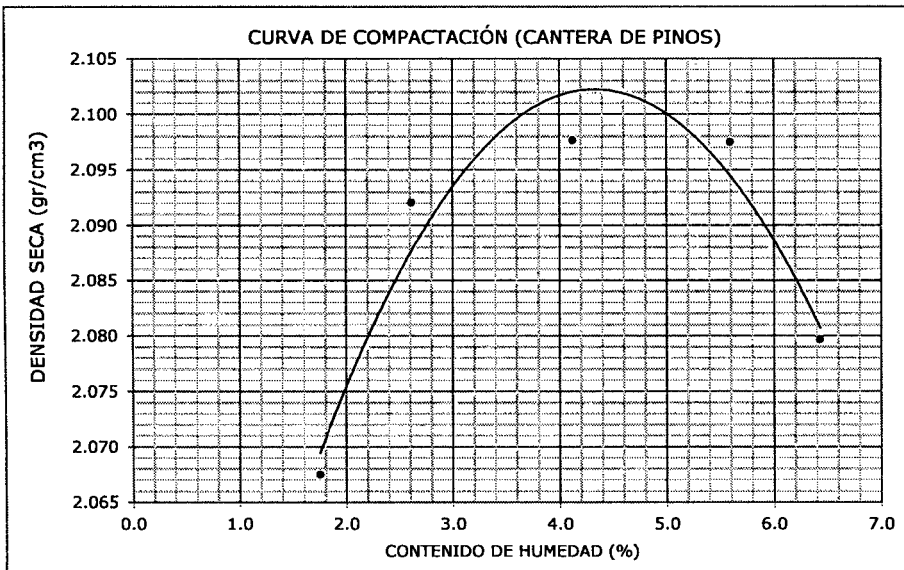


ENSAYO: COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO (CANTERA DE PINOS)

Norma MTC E 115-2000 - MÉTODO "C"

FECHA: 16/04/2014

Molde N°	A		B		C		D		E	
N° Capas	5		5		5		5		5	
N° golpes por capa	56		56		56		56		56	
Peso molde (gr)	6295		6295		6295		6295		6295	
Wmh + molde (gr)	10685		10775		10853		10917		10914	
Wmh (gr)	4390		4480		4558		4622		4619	
Vmh (cm ³)	2086.8		2086.8		2086.8		2086.8		2086.8	
Dh (gr/cm ³)	2.10		2.15		2.18		2.21		2.21	
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h	g	h
Pt (gr)	26.8	24.5	26.9	27.1	27.8	27.7	27.7	27.1	47.4	39.2
Wmh + t (gr)	232.1	265.1	242.5	258.8	243.0	267.9	268.1	247.0	240.9	271.5
Wms + t (gr)	228.7	260.8	236.8	253.1	234.0	258.9	255.4	235.3	229.5	257.1
Ww (gr)	3.4	4.3	5.7	5.7	9.0	9.0	12.7	11.7	11.4	14.4
Wms (gr)	201.9	236.3	209.9	226.0	206.2	231.2	227.7	208.2	182.1	217.9
W (%)	1.684	1.82	2.716	2.522	4.365	3.893	5.578	5.62	6.26	6.609
Wprom (%)	1.75		2.62		4.13		5.60		6.43	
Ds (gr/cm ³)	2.068		2.092		2.098		2.097		2.080	



Wopt = 4.15 %
Ds Máx = 2.103 gr/cm ³

ENSAYO: ABRASIÓN EN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (CANTERA DE PINOS):

Norma MTC E 207-2000 - Método A

FECHA: 16/09/2014

Prueba	1	OBSERVACIONES:						
Gradación usada	A	MUESTREO CERCA A LA VÍA SAHARA BAJA - LA QUINUA						
N° de esferas	12							
N° de revoluciones	500							
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5004.4							
Peso muestra seca después de ensayo (g)	3415.7							
Pérdida (g)	1588.7							
% de desgaste	31.7							
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑO DEL TAMIZ		PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"							
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"	1250						
1"	3/4"	1253.2						
3/4"	1/2"	1251.2						
1/2"	3/8"	1250						
3/8"	1/4"							
1/4"	N° 4							
N° 4	N° 8							
N° de esferas		12	11	8	6	12	12	12
N° de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO (Cantera Pinos)

Norma MTC E 132-2000

FECHA: 04/06/2014

ENSAYO: COMPACTACIÓN CBR (Cantera Pinos)

Molde Nº	1		2		3				
Nº Capas	5		5		5				
Nº Golpes por capa	13		27		56				
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS			
Peso molde (gr)	7960	7960	7635	7635	7775	7775			
Wmh + molde (gr)	12220	12480	12065	12300	12395	12585			
Wmh (gr)	4260	4520	4430	4665	4620	4810			
Vmh (cm ³)	2114.3	2114	2114.3	2114	2114.3	2114			
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.01	2.138	2.10	2.206	2.19	2.275			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Ensayo Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Wt (gr)	26.4	27.7	26.4	26.1	27.2	26.1	27.1	27.3	27.2
Wmh + t (gr)	156.9	162.9	179.2	153.3	129	181.8	156.5	152	177.4
Wms + t (gr)	153.2	158.5	168.7	149	125.9	171	152	147.4	167.1
Ww (gr)	3.7	4.4	10.5	4.3	3.1	10.8	4.5	4.6	10.3
Wms (gr)	126.8	130.8	142.3	122.9	98.7	144.9	124.9	120.1	139.9
w (%)	2.92	3.36	7.38	3.50	3.14	7.45	3.60	3.83	7.36
w prom (%)	3.14		7.38	3.32		7.45	3.72		7.36
Densidad seca (gr/cm ³)	1.95	1.99	2.03	2.05	2.11	2.12			

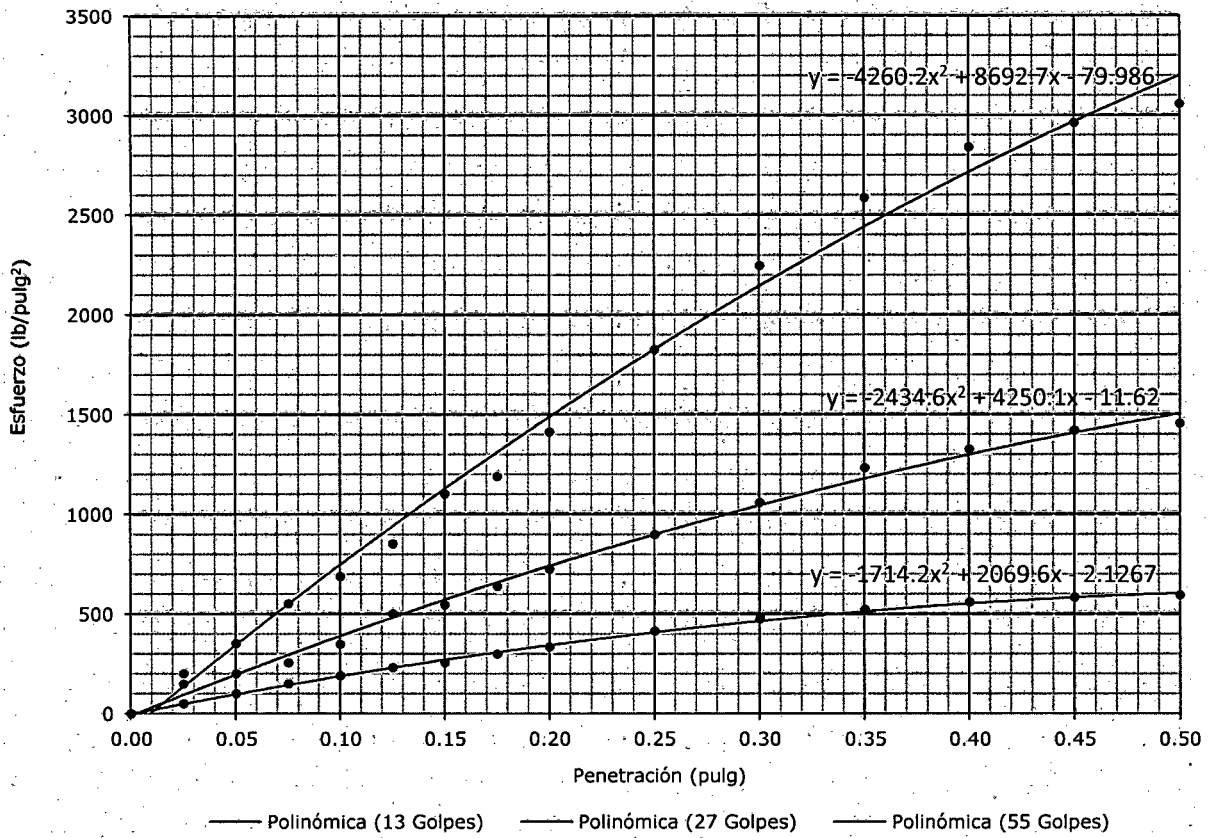
ENSAYO: HINCHAMIENTO (Cantera Pinos)

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)
(HORAS)	(DÍAS)									
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
96	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

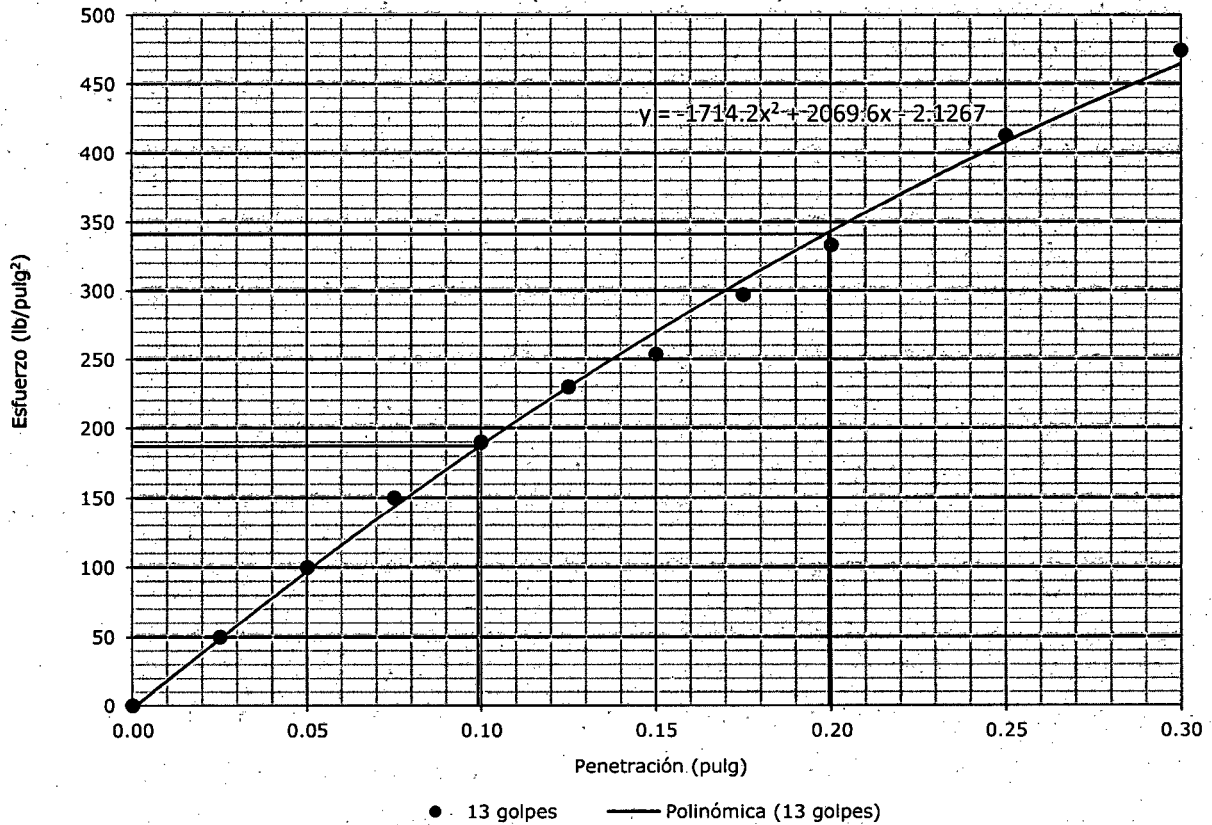
ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN (Cantera Pinos)

PENETRACIÓN		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)	(kg)	(kg/cm ²)	(lb/pulg ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(lb/pulg ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(lb/pulg ²)
0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
0.64	0.03	60.00	3.1	50.00	205.00	10.4	148.50	275.00	14.0	199.20
1.27	0.05	110.00	5.6	100.00	275.00	14.0	199.20	485.00	24.7	351.33
1.91	0.08	170.00	8.7	150.00	350.00	17.8	253.53	760.00	38.7	550.53
2.54	0.10	230.00	11.7	190.00	480.00	24.4	347.70	950.00	48.4	688.16
3.18	0.13	290.00	14.8	230.00	690.00	35.1	499.82	1175.00	59.8	851.15
3.81	0.15	350.00	17.8	253.53	750.00	38.2	543.29	1520.00	77.4	1101.06
4.45	0.18	410.00	20.9	297.00	880.00	44.8	637.46	1640.00	83.5	1187.99
5.08	0.20	460.00	23.4	333.22	1000.00	50.9	724.38	1950.00	99.3	1412.54
6.35	0.25	570.00	29.0	412.90	1240.00	63.2	898.23	2520.00	128.3	1825.44
7.62	0.30	655.00	33.4	474.47	1460.00	74.4	1057.60	3100.00	157.9	2245.58
8.89	0.35	720.00	36.7	521.55	1700.00	86.6	1231.45	3570.00	181.8	2586.04
10.16	0.40	770.00	39.2	557.77	1830.00	93.2	1325.62	3920.00	199.6	2839.58
11.43	0.45	805.00	41.0	583.13	1960.00	99.8	1419.79	4090.00	208.3	2962.72
12.70	0.50	820.00	41.8	593.99	2010.00	102.4	1456.01	4220.00	214.9	3056.89

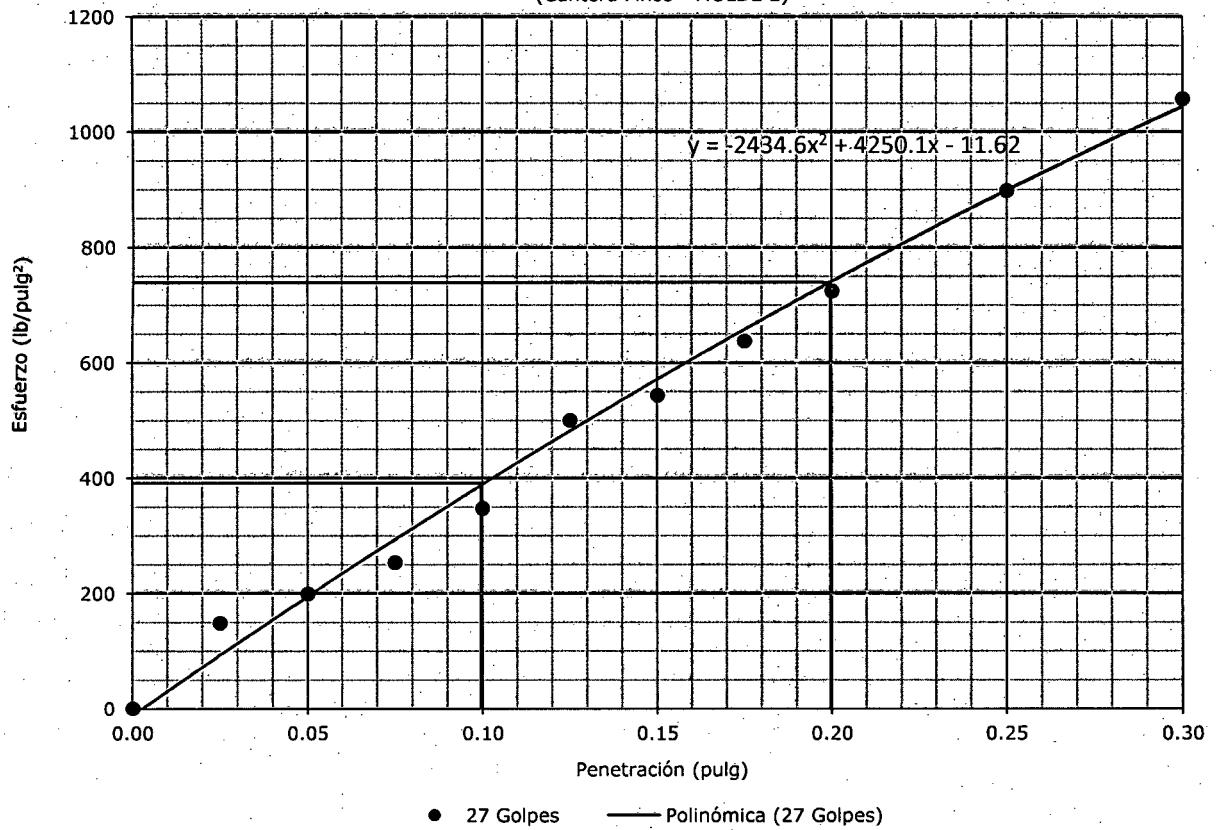
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
(Cantera Pinos)



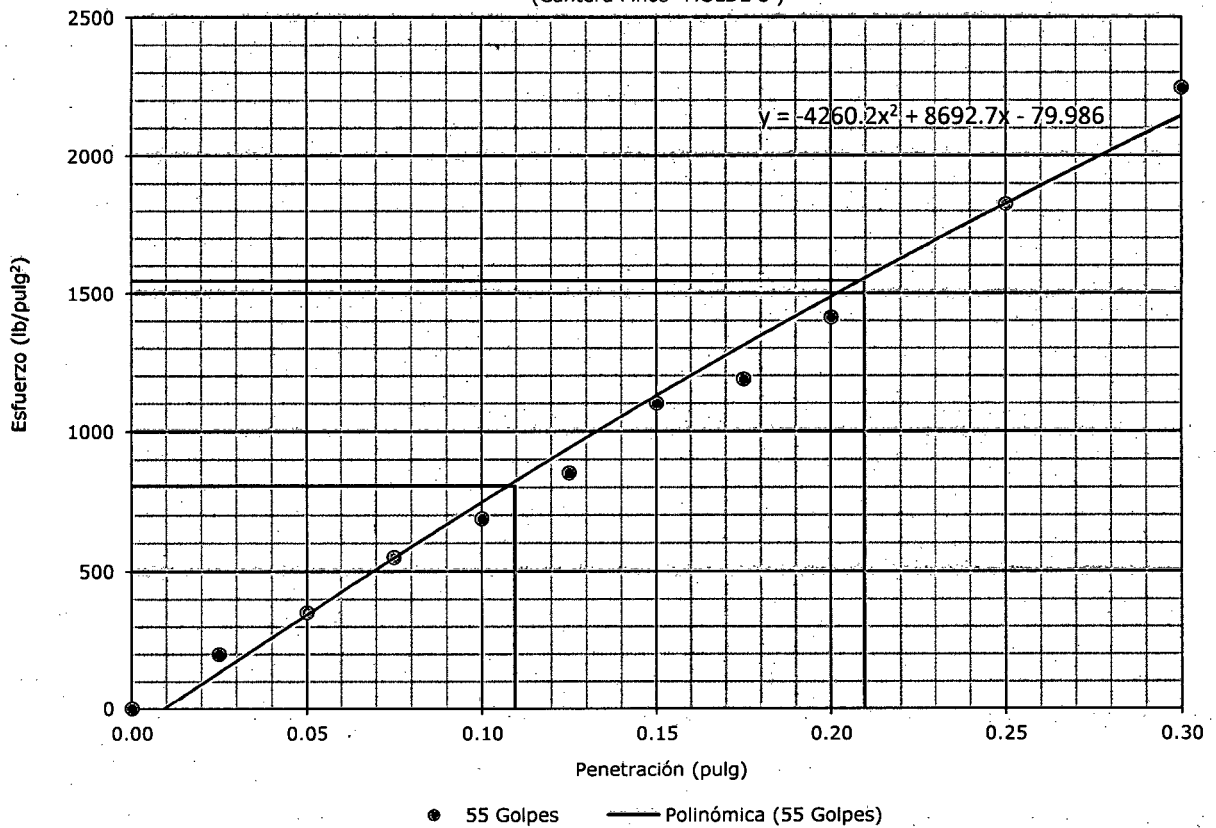
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
(Cantera Pinos - MOLDE 1)



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
(Cantera Pinos - MOLDE 2)



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
(Cantera Pinos- MOLDE 3)

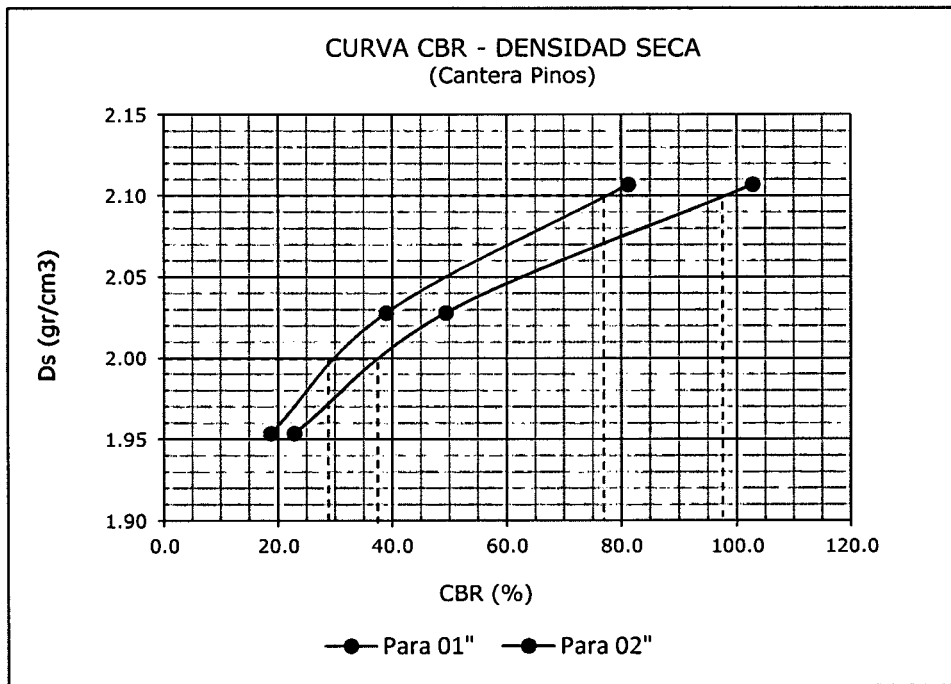


ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN (Cantera Pinos)

Penetración (")	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
Esfuerzo terreno (lb/pulg ²)	187.7	343.2	389.3	741.1	812.3	1542.3
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	18.77	22.88	38.93	49.4	81.23	102.8

C.B.R. Y DENSIDAD SECA (Cantera Pinos)

Penetración (")	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
CBR (%)	18.77	22.88	38.93	49.4	81.23	102.8
Ds (gr/cm ³)	1.953	1.953	2.028	2.028	2.107	2.107



Ds Máx = 2.10 gr/cm³

CBR (0.1") = 76 %

CBR (0.2") = 95 %

95% Ds Máx = 2.00 gr/cm³

CBR (0.1") = 29 %

CBR (0.2") = 35 %

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD (Mezclas)**NORMA ASTM D 2216**

FECHA: 28/06/2014

	75LQ - 25P	
	M1	M2
Wt (gr)	27.3	26.8
Wh+t (gr)	126.1	143.5
Ws+t (gr)	109.4	124
Wh (gr)	98.8	116.7
Ws (gr)	82.1	97.2
Ww (gr)	16.7	19.5
W (%)	20.34	20.06
	20.20	

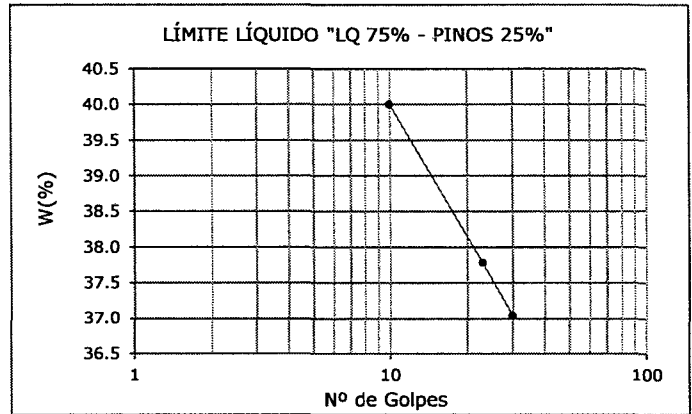
	50LQ - 50P	
	M1	M2
Wt (gr)	26.8	27.3
Wh+t (gr)	118	124
Ws+t (gr)	104.8	110.3
Wh (gr)	91.2	96.7
Ws (gr)	78.0	83.0
Ww (gr)	13.2	13.7
W (%)	16.92	16.51
	16.71	

	25LQ - 75P	
	M1	M2
Wt (gr)	27.1	27.4
Wh+t (gr)	152.6	112.5
Ws+t (gr)	140.2	103.9
Wh (gr)	125.5	85.1
Ws (gr)	113.1	76.5
Ww (gr)	12.4	8.6
W (%)	10.96	11.24
	11.10	

ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO (LQ 75% - PINOS 25%)**Norma MTC E 110-2000**

FECHA: 28/06/2014

	LL1	LL2	LL3
W _t (gr)	29	27.9	28.7
W _{mh+t} (gr)	38.8	40.3	36.1
W _{ms+t} (gr)	36	36.9	34.1
W _w (gr)	2.8	3.4	2
W _{ms} (gr)	7	9	5.4
Nº Golpes	10	23	30
W%	40.00	37.78	37.04
LL	38		

**ENSAYO: LÍMITE PLÁSTICO (LQ 75% - PINOS 25%)****Norma MTC E 111-2000**

FECHA: 28/06/2014

	LP5	LP6
W _t (gr)	29.1	28.2
W _{mh+t} (gr)	37.9	43.6
W _{ms+t} (gr)	36	40.5
W _w (gr)	1.9	3.1
W _{ms} (gr)	6.9	12.3
W%	27.54	25.2
LP	26	

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (LQ 75% - PINOS 25%)

$$IP = LL - LP = 11$$

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO LO (75%) - PINOS (25%)

Norma MTC E 107-2000

FECHA: 12/07/2014

Malla	Malla (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	%PASA
1"	25.40		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	27.30	3.41	3.41	96.59
1/2"	12.70	89.50	11.19	14.60	85.40
3/8"	9.53	58.90	7.36	21.96	78.04
1/4"	6.35	94.70	11.84	33.80	66.20
Nº4	4.76	41.60	5.20	39.00	61.00
Nº10	2.00	110.50	13.81	52.81	47.19
Nº20	0.84	82.90	10.36	63.18	36.83
Nº30	0.59	26.00	3.25	66.43	33.58
Nº40	0.42	11.90	1.49	67.91	32.09
Nº60	0.25	33.90	4.24	72.15	27.85
Nº100	0.15	22.10	2.76	74.91	25.09
Nº200	0.07	22.10	2.76	77.68	22.33
Pérdida por lavado	0.00	178.60	22.33	100.0	0.00

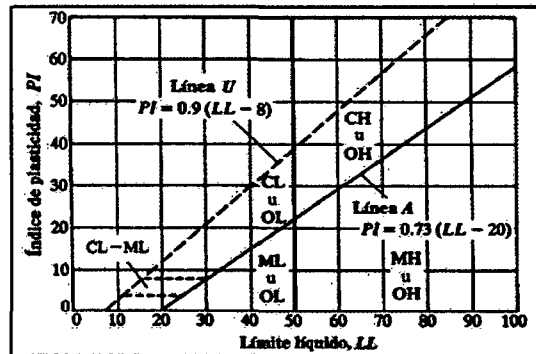
Porcentaje de finos:	22.3 %
% retenido en malla Nº 200:	77.7 %
Peso de la fracción gruesa:	621.4 gr
Peso retenido en malla Nº 4:	312.0 gr
% fracción gruesa retenido en malla Nº 4:	50.2 %

- * Como más de la mitad del material es retenido en la malla Nº200, pertenece a Suelos de Partículas Gruesas.
- * Como más del 50% de la fracción de material grueso es retenido en la malla Nº 4, entra en clasificación de Gravas.

LL = 38
 Según la carta de plasticidad, ubicamos los límites LL e IP, que se intersectan debajo de la Línea A, con $IP < 4$ y $LL > 28$ por lo que el suelo será clasificado como GMu.

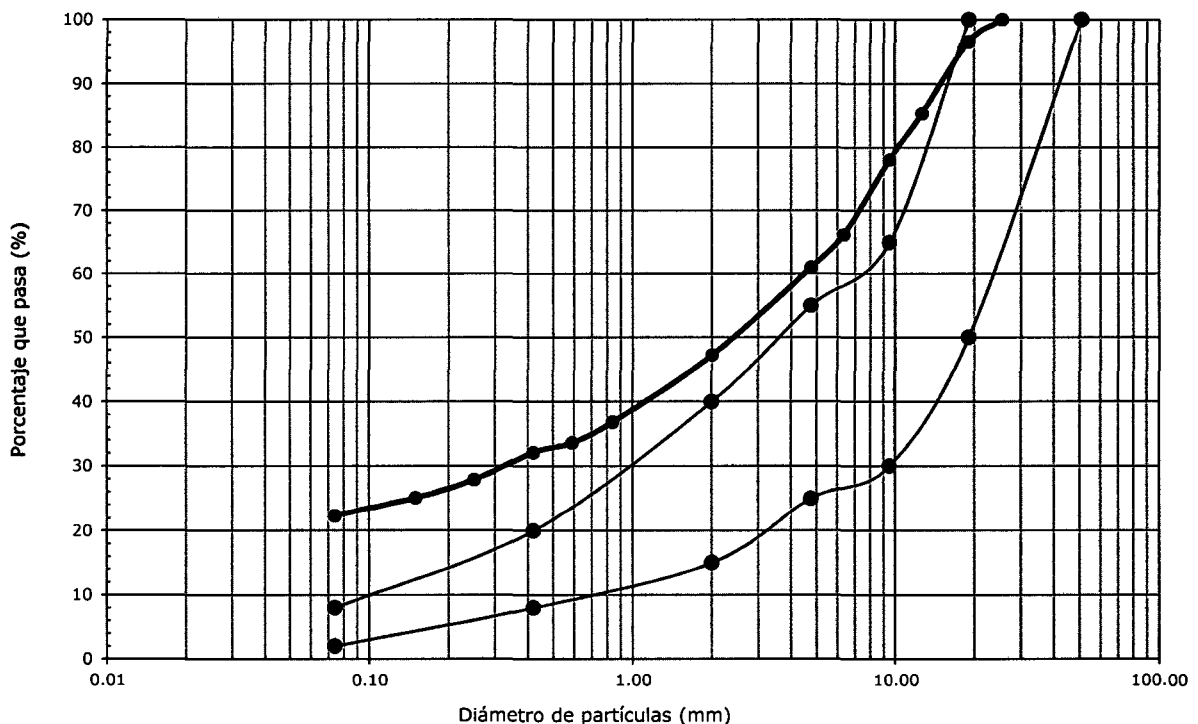
IP = 11

CLASIFICACIÓN SUCS:	GMu + $3.41 > 3/4"$
DESCRIPCIÓN:	GRAVA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA, GRAVA Y LIMO.
COLOR:	ROJIZO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO "LQ (75%) - PINOS (25%)"

Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	Nº 200	Nº 40	Nº 10	Nº 4	3/4" 3"



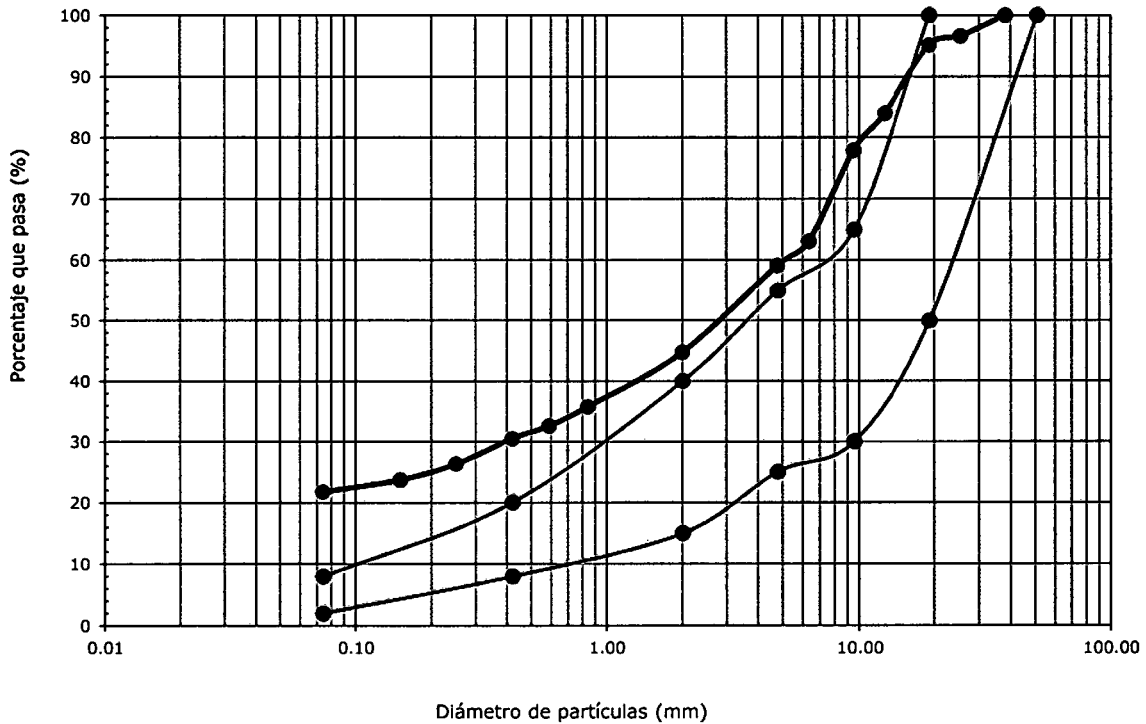
METODOLOGÍA ENRIQUE PASQUEL (75% La Quinua - 25% Pinos):

Pt = (material La Quinua) = 750 gr Gp = 2.24 MFp = 4.82
 At = (material Pinos) = 250 gr Ga = 2.47 MFa = 6.64
 K = (Proporción de mezc = 3 Z = 2.72 MF(p+a) = 5.27

Tamiz	Tamiz (mm)	Tajo LQ			Cantera Pinos			Mezcla		Gráfica	
		G = 2.24			G = 2.47			50% LQ	50% LQ	50% LQ	50% LQ
		Peso en gr.	% Ret. Ind.	% Ret. Acum. (Pn)	Peso en gr.	% Ret. Ind.	% Ret. Acum. (An)	50% Pinos en peso K= 3	50% Pinos en volumen V =	50% Pinos en peso K= Z =	50% Pinos en volumen V =
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"	25.40	17.30	4.64	4.64	0	0	0.00	3.48	3.39	96.52	96.61
3/4"	19.05	7.70	2.06	6.70	0	0.00	0.00	5.03	4.90	94.97	95.10
1/2"	12.70	40.90	10.97	17.67	79.30	11.39	11.39	16.10	15.98	83.90	84.02
3/8"	9.53	14.50	3.89	21.55	83.90	12.05	23.45	22.03	22.06	77.97	77.94
1/4"	6.35	44.20	11.85	33.40	160.70	23.09	46.54	36.69	36.93	63.31	63.07
Nº4	4.76	10.40	2.79	36.19	49.40	7.10	53.64	40.55	40.88	59.45	59.12
Nº10	2.00	41.50	11.13	47.32	161.60	23.22	76.85	54.70	55.25	45.30	44.75
Nº20	0.84	33.20	8.90	56.22	64.60	9.28	86.14	63.70	64.25	36.30	35.75
Nº30	0.59	12.40	3.32	59.54	19.10	2.74	88.88	66.88	67.42	33.12	32.58
Nº40	0.42	8.50	2.28	61.82	10.80	1.55	90.43	68.98	69.50	31.02	30.50
Nº60	0.25	18.20	4.88	66.70	16.10	2.31	92.74	73.21	73.69	26.79	26.31
Nº100	0.15	11.70	3.14	69.84	8.20	1.18	93.92	75.86	76.31	24.14	23.69
Nº200	0.07	8.30	2.23	72.06	8.60	1.24	95.16	77.84	78.26	22.16	21.74
		104.20	27.94	100.00	33.70	4.84	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00

GRANULOMETRÍA (Método Pasquel) "75% La Quinua + 25% Pinos"

Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	Nº 200	Nº 40	Nº 10	Nº 4	3/4" 3"



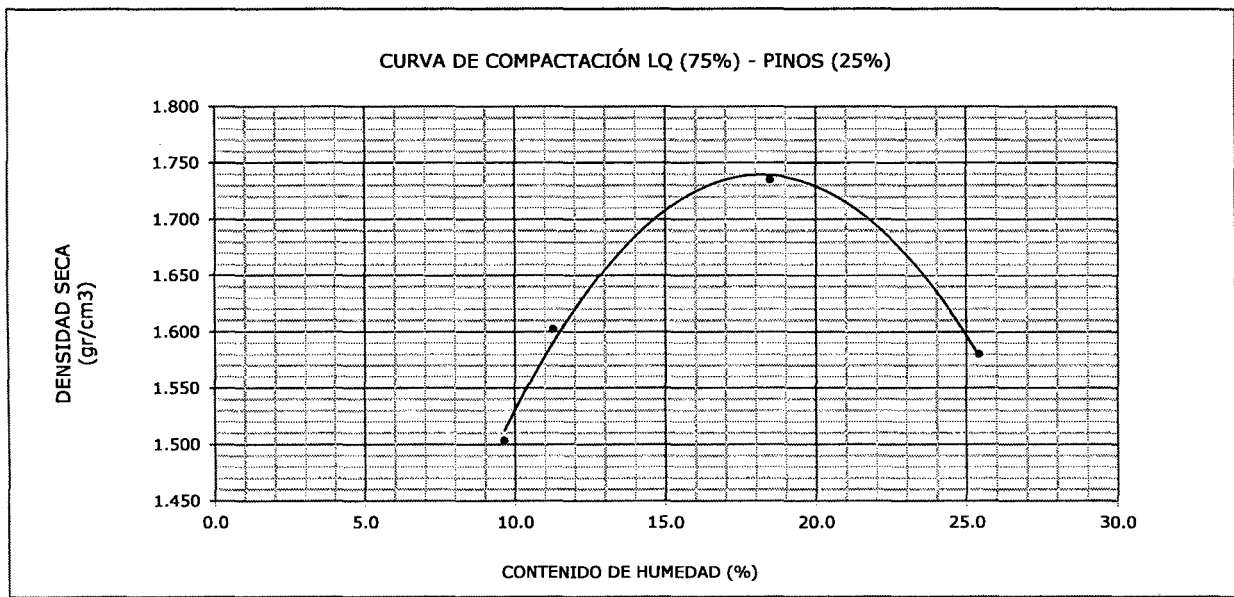
ENSAYO: COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO LQ (75%) - PINOS (25%)

Norma MTC E 115-2000 - MÉTODO "C"

FECHA: 05/08/2014

Molde N°	A		B		C		D	
N° Capas	5		5		5		5	
N° golpes por capa	56		56		56		56	
Peso molde (gr)	6295		6295		6295		6295	
Wmh + molde (gr)	9735		10015		10585		10430	
Wmh (gr)	3440		3720		4290		4135	
Vmh (cm3)	2086.77		2086.77		2086.77		2086.77	
Dh (gr/cm3)	1.65		1.78		2.06		1.98	
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h
Pt (gr)	27.2	27.3	26.8	26.1	27.4	27.2	26.8	27.4
Wmh + t (gr)	127.2	109.9	97.8	99.1	115.8	141.9	156.5	126.0
Wms + t (gr)	118.8	102.3	90.8	91.5	102.3	123.6	130.5	105.8
Ww (gr)	8.4	7.6	7	7.6	13.5	18.3	26	20.2
Wms (gr)	91.6	75	64	65.4	74.9	96.4	103.7	78.4
W (%)	9.17	10.13	10.94	11.62	18.02	18.98	25.07	25.77
Wprom (%)	9.65		11.28		18.50		25.42	
Ds (gr/cm3)	1.50		1.60		1.73		1.58	

Wopt = 18.5 %
Ds Máx = 1.735 gr/cm3



ENSAYO: ABRASIÓN EN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES LQ (75%) - PINOS (25%):

Norma MTC E 207-2000 - Método A

FECHA: 11/11/2014

Prueba	1	OBSERVACIONES:						
Gradación usada	A	MUESTREO CERCA A LA VÍA SAHARA BAJA - LA QUINUA						
N° de esferas	12							
N° de revoluciones	500							
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5025.8							
Peso muestra seca después de ensayo (g)	2907.6							
Pérdida (g)	2118.2							
% de desgaste	42.1							
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑO DEL TAMIZ		PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"							
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"	1258.6						
1"	3/4"	1252.7						
3/4"	1/2"	1255.4						
1/2"	3/8"	1259.1						
3/8"	1/4"							
1/4"	N° 4							
N° 4	N° 8							
N° de esferas		12	11	8	6	12	12	12
N° de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO LQ (75%) - PINOS (25%)**Norma MTC E 132-2000**

FECHA: 13/08/2014

ENSAYO: COMPACTACIÓN CBR LQ (75%) - PINOS (25%)

Molde N°	1		2		3				
N° Capas	5		5		5				
N° Golpes por capa	13		27		56				
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS			
Peso molde (gr)	7960	7960	7635	7635	7775	7775			
Wmh + molde (gr)	11995	12640	12165	12280	12480	12710			
Wmh (gr)	4035	4680	4530	4645	4705	4935			
Vmh (cm3)	2114.3	2114	2114.3	2114	2114.3	2114			
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.91	2.213	2.14	2.197	2.23	2.334			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Ensayo N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Wt (gr)	26.8	26.1	26.1	27.3	27.8	27.8	26.1	26.2	27.4
Wmh + t (gr)	146.1	140.8	130.5	164.8	149.4	137.7	186.9	216.7	139.4
Wms + t (gr)	127.7	123.1	109.7	141.2	129.6	116.8	161.7	186.2	119.3
Ww (gr)	18.4	17.7	20.8	23.6	19.8	20.9	25.2	30.5	20.1
Wms (gr)	100.9	97	83.6	113.9	101.8	89	135.6	160	91.9
w (%)	18.24	18.25	24.88	20.72	19.45	23.48	18.58	19.06	21.87
w prom (%)	18.24		24.88	20.08		23.48	18.82		21.87
Densidad seca (gr/cm3)	1.61	1.77	1.78	1.78	1.78	1.78	1.87	1.92	1.92

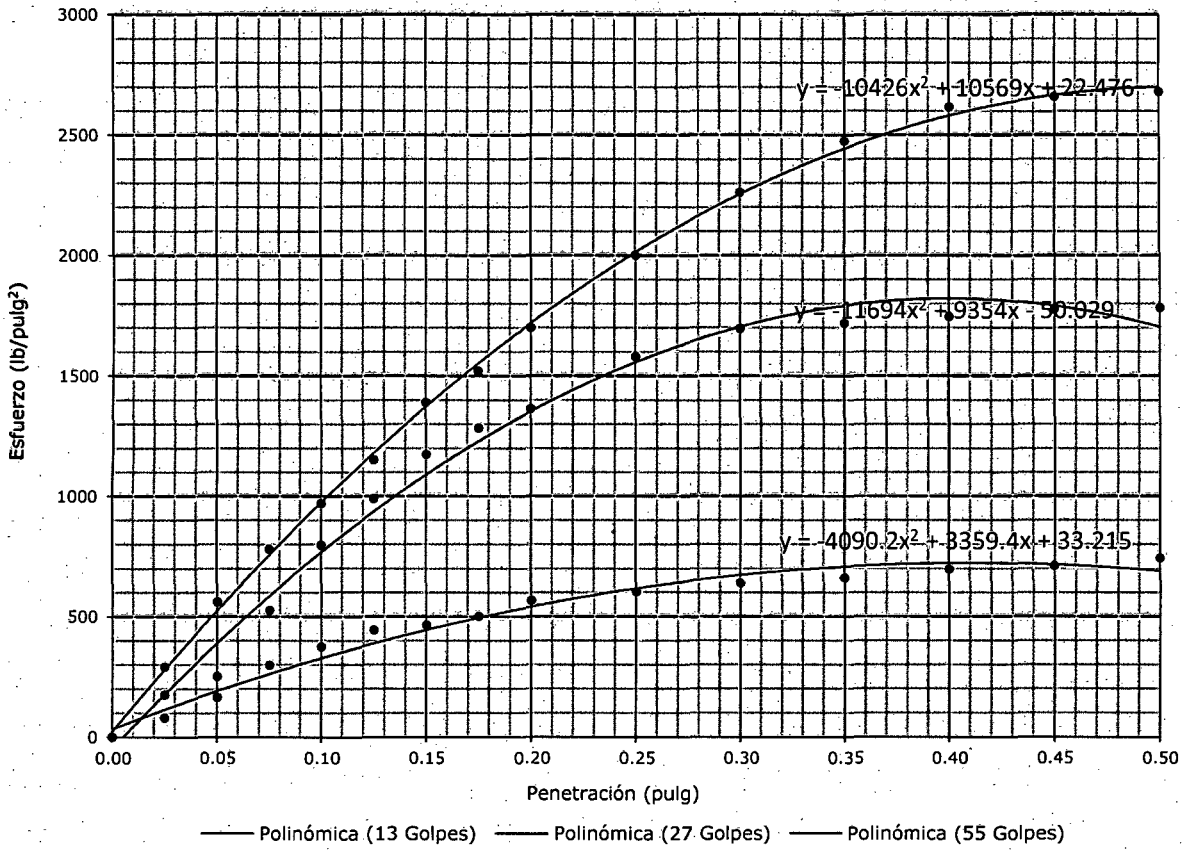
ENSAYO: HINCHAMIENTO LQ (75%) - PINOS (25%)

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
(HORAS)	(DÍAS)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.060	0.060	0.111	0.080	0.080	0.148	0.100	0.100	0.185
48	2	0.095	0.095	0.176	0.105	0.105	0.194	0.152	0.152	0.281
72	3	0.095	0.095	0.176	0.105	0.105	0.194	0.183	0.183	0.339
96	4	0.095	0.095	0.176	0.105	0.105	0.194	0.183	0.183	0.339

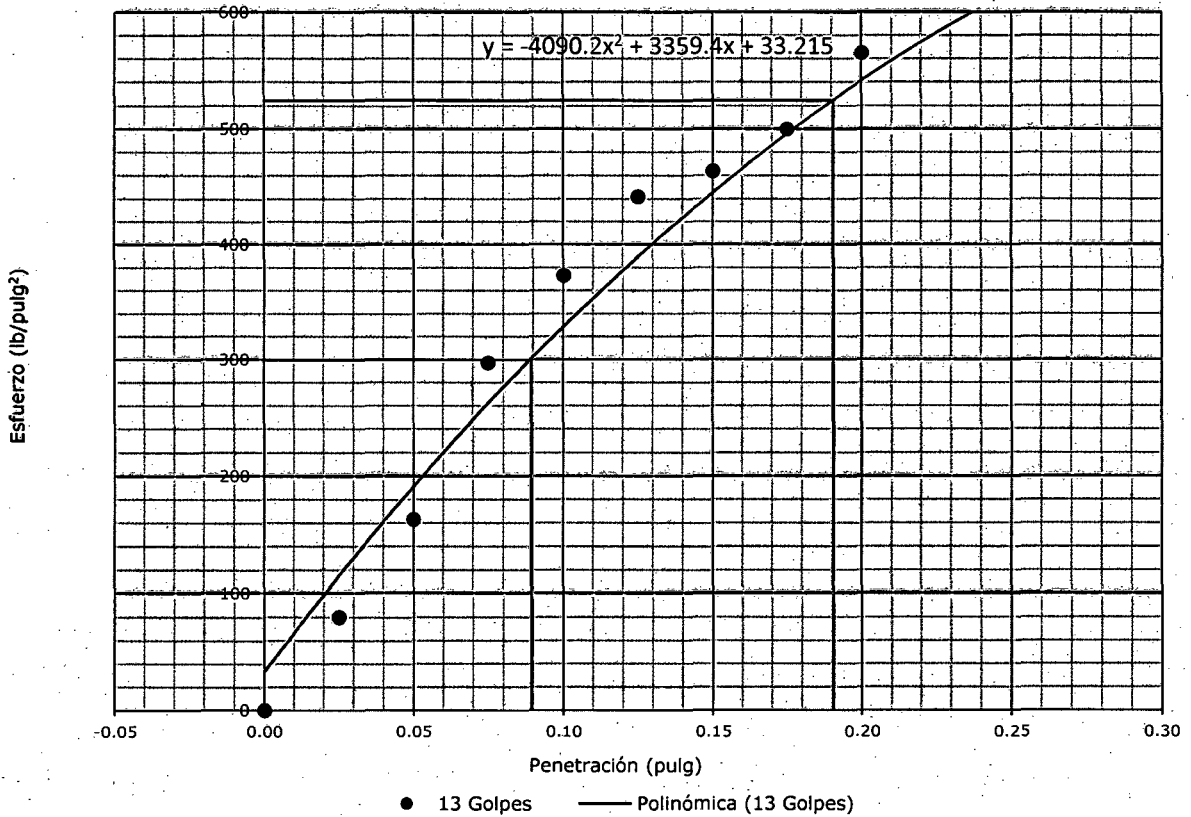
ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN LQ (75%) - PINOS (25%)

PENETRACIÓN		MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		(kg)	(kg/cm2)	(lb/pulg2)	(kg)	(kg/cm2)	(lb/pulg2)	(kg)	(kg/cm2)	(lb/pulg2)
0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
0.64	0.03	110.00	5.6	79.68	240.00	12.2	173.85	150.00	7.6	290.00
1.27	0.05	225.00	11.5	162.99	345.00	17.6	249.91	290.00	14.8	560.00
1.91	0.08	410.00	20.9	297.00	725.00	36.9	525.18	480.00	24.4	780.00
2.54	0.10	515.00	26.2	373.06	1100.00	56.0	796.82	760.00	38.7	970.00
3.18	0.13	610.00	31.1	441.87	1365.00	69.5	988.78	1095.00	55.8	1150.00
3.81	0.15	640.00	32.6	463.60	1620.00	82.5	1173.50	1520.00	77.4	1390.00
4.45	0.18	690.00	35.1	499.82	1770.00	90.1	1282.16	1910.00	97.3	1520.00
5.08	0.20	780.00	39.7	565.02	1880.00	95.7	1361.84	2245.00	114.3	1700.00
6.35	0.25	830.00	42.3	601.24	2180.00	111.0	1579.15	2760.00	140.6	1999.29
7.62	0.30	880.00	44.8	637.46	2340.00	119.2	1695.05	3120.00	158.9	2260.07
8.89	0.35	910.00	46.3	659.19	2370.00	120.7	1716.78	3415.00	173.9	2473.76
10.16	0.40	960.00	48.9	695.41	2410.00	122.7	1745.76	3610.00	183.9	2615.02
11.43	0.45	980.00	49.9	709.89	2450.00	124.8	1774.73	3670.00	186.9	2658.48
12.70	0.50	1025.00	52.2	742.49	2460.00	125.3	1781.98	3700.00	188.4	2680.21

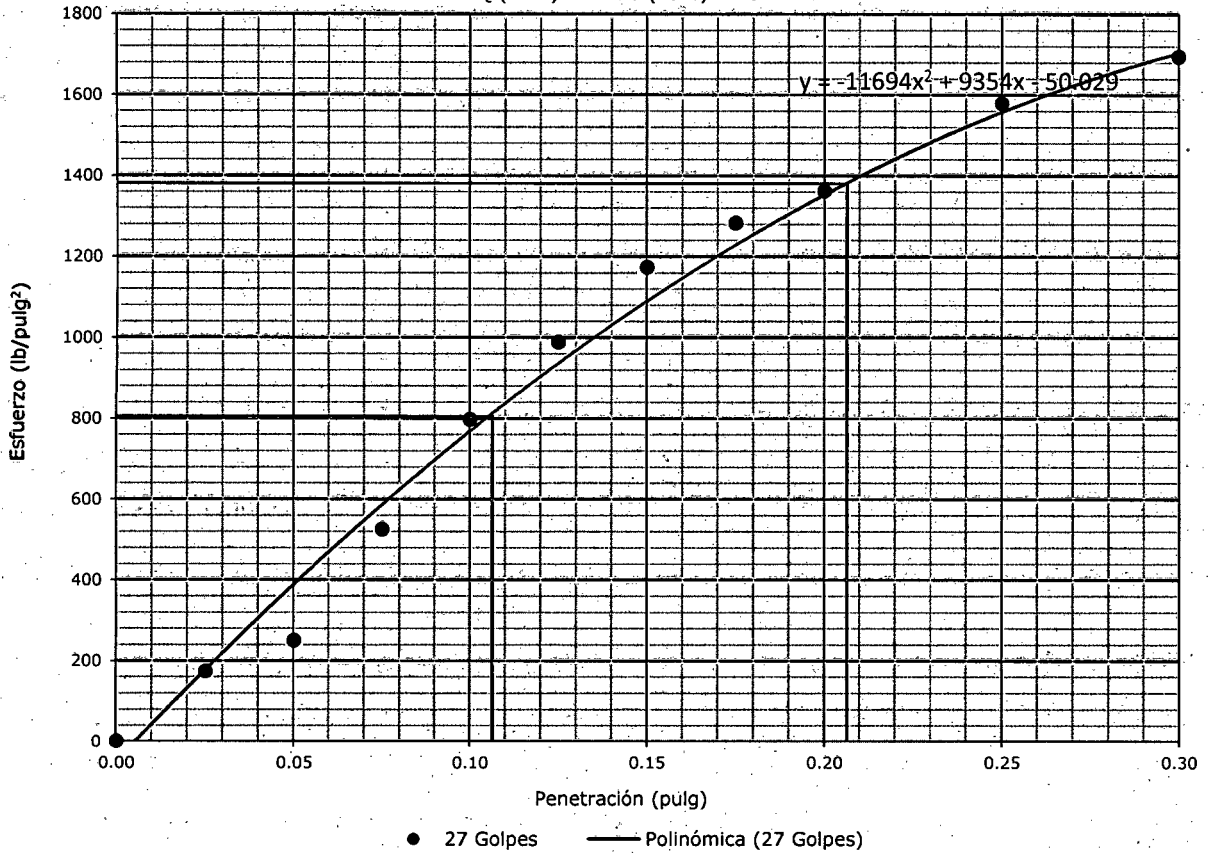
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (75%) - PINOS (25%)



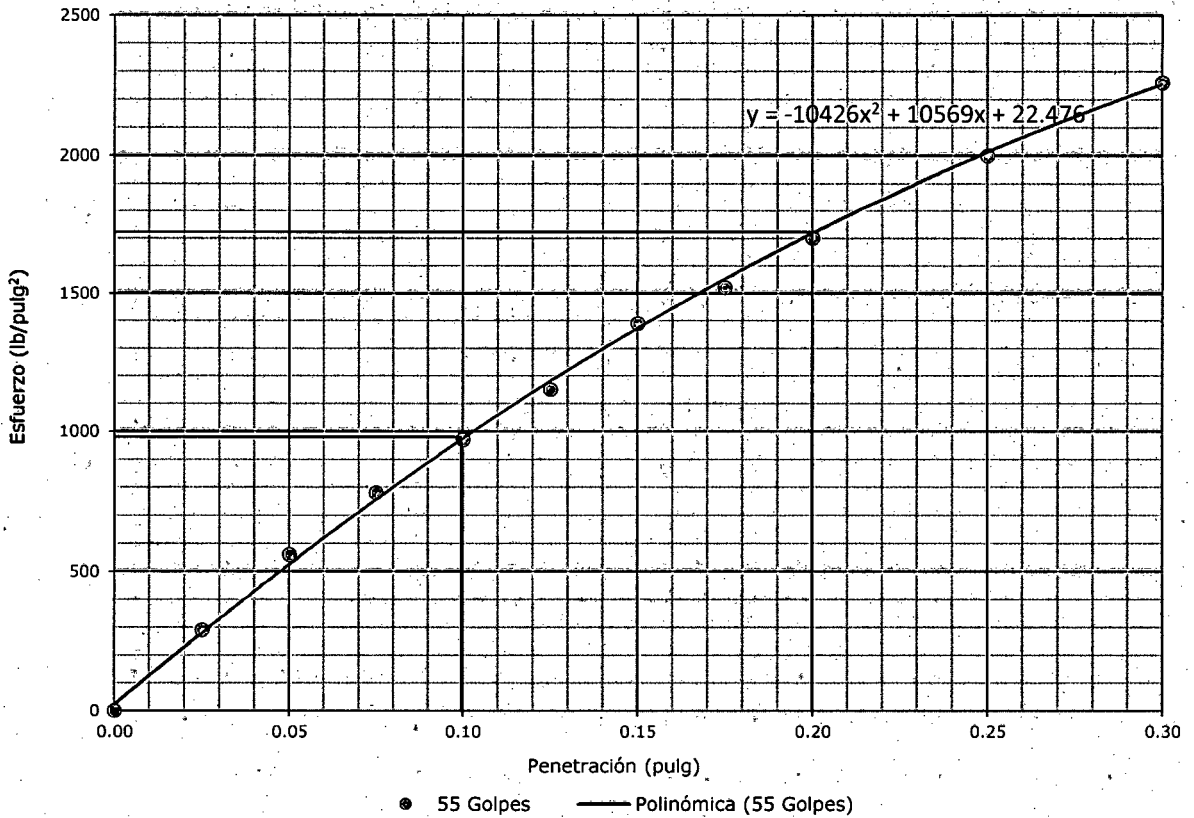
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (75%) - PINOS (25%) - MOLDE 1



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (75%) - PINOS (25%) - MOLDE 2



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (75%) - PINOS (25%) - MOLDE 3

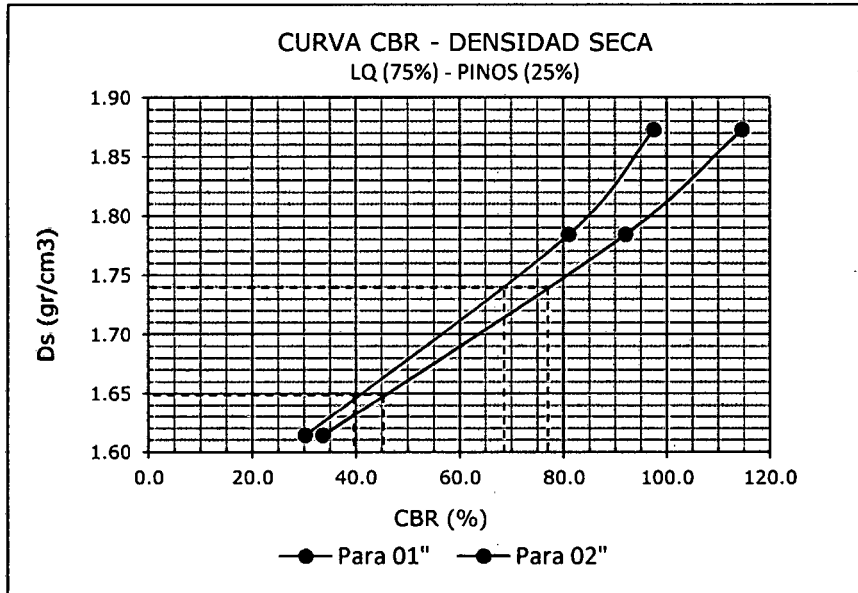


ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN LQ (75%) - PINOS (25%)

Penetración (")	MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
Esfuerzo terreno (lb/pulg2)	302.4	504.4	810.1	1380.6	975.1	1719.2
Esfuerzo patrón (lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	30.24	33.63	81.01	92.04	97.51	114.6

C.B.R. Y DENSIDAD SECA LQ (75%) - PINOS (25%)

Penetración (")	MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
CBR (%)	30.24	33.63	81.01	92.04	97.51	114.6
Ds (gr/cm3)	1.614	1.614	1.784	1.784	1.873	1.873



Ds Máx = 1.74 gr/cm3

CBR (0.1") = 69 %

CBR (0.2") = 77 %

95% Ds Máx = 1.65 gr/cm3

CBR (0.1") = 40 %

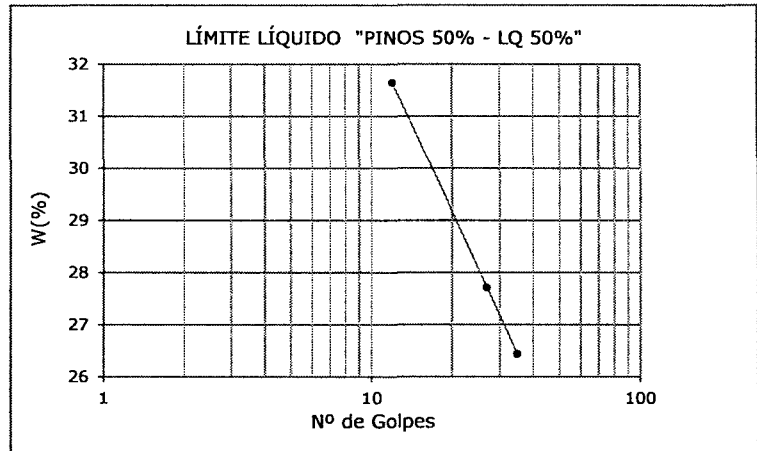
CBR (0.2") = 28 %

ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO (PINOS 50% - LQ 50%)

Norma MTC E 110-2000

FECHA: 28/06/2014

	LL1	LL2	LL3
$W_{t(gr)}$	27.2	27.3	27.1
$W_{mh+t(gr)}$	37.6	37.9	38.1
$W_{ms+t(gr)}$	35.1	35.6	35.8
$W_{w(gr)}$	2.5	2.3	2.3
$W_{ms(gr)}$	7.9	8.3	8.7
Nº Golpes	12	27	35
W%	31.65	27.71	26.44
LL	28		

**ENSAYO: LÍMITE PLÁST. (PINOS 50% - LQ 50%)**

Norma MTC E 111-2000

FECHA: 28/06/2014

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (LQ 50% - PINOS 50%)

$$IP = LL - LP = 4$$

	LP5	LP6
$W_{t(gr)}$	27.4	28.3
$W_{mh+t(gr)}$	33.6	36.8
$W_{ms+t(gr)}$	32.4	35.1
$W_{w(gr)}$	1.2	1.7
$W_{ms(gr)}$	5	6.8
W%	24.00	25.00
LP	25	

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO LQ (50%) - PINOS (50%)

Norma MTC E 107-2000

FECHA: 12/07/2014

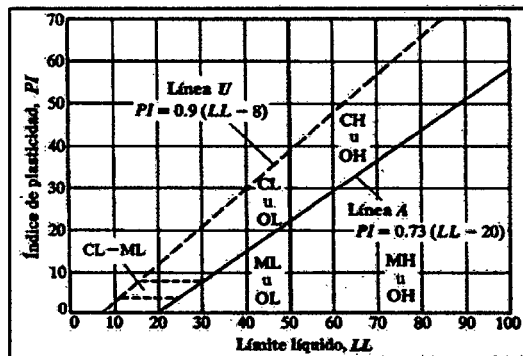
Malla	Malla (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	%PASA
1"	25.40		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	34.30	4.08	4.08	95.92
1/2"	12.70	102.90	12.25	16.33	83.67
3/8"	9.53	98.20	11.69	28.02	71.98
1/4"	6.35	137.90	16.42	44.44	55.56
Nº4	4.76	45.30	5.39	49.83	50.17
Nº10	2.00	128.90	15.35	65.18	34.82
Nº20	0.84	56.50	6.73	71.90	28.10
Nº30	0.59	18.00	2.14	74.05	25.95
Nº40	0.42	8.20	0.98	75.02	24.98
Nº60	0.25	24.30	2.89	77.92	22.08
Nº100	0.15	15.80	1.88	79.80	20.20
Nº200	0.07	15.30	1.82	81.62	18.38
Pérdida por lavado	0.00	154.40	18.38	100.0	0.00

Porcentaje de finos:	18.4 %
% retenido en malla Nº 200:	81.6 %
Peso de la fracción gruesa:	685.6 gr
Peso retenido en malla Nº 4:	418.6 gr
% fracción gruesa retenido en malla Nº 4:	61.1 %

- * Como más de la mitad del material es retenido en la malla Nº200, pertenece a Suelos de Partículas Gruesas.
- * Como más del 50% de la fracción de material grueso es retenido en la malla Nº 4, entra en clasificación de Gravas.

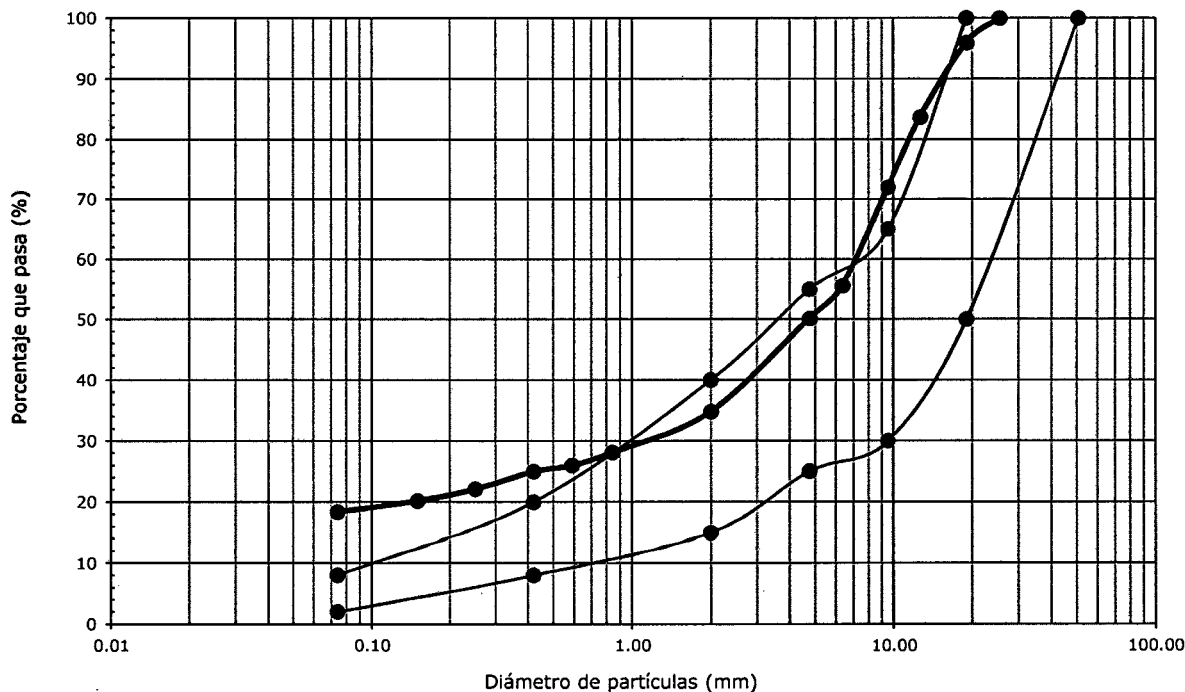
LL = 28	Según la carta de plasticidad, ubicamos los límites LL e IP, que se intersectan debajo de la Línea A, con LL > 28, por lo que el suelo será clasificado como GMu.
IP = 4	

CLASIFICACIÓN SUCS:	GMu + 4.08 > 1/2"
DESCRIPCIÓN:	GRAVA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA, GRAVA Y LIMO.
COLOR:	MARRON



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO "LQ (50%) - PINOS (50%)"

Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	Nº 200	Nº 40	Nº 10	Nº 4	3/4" 3"



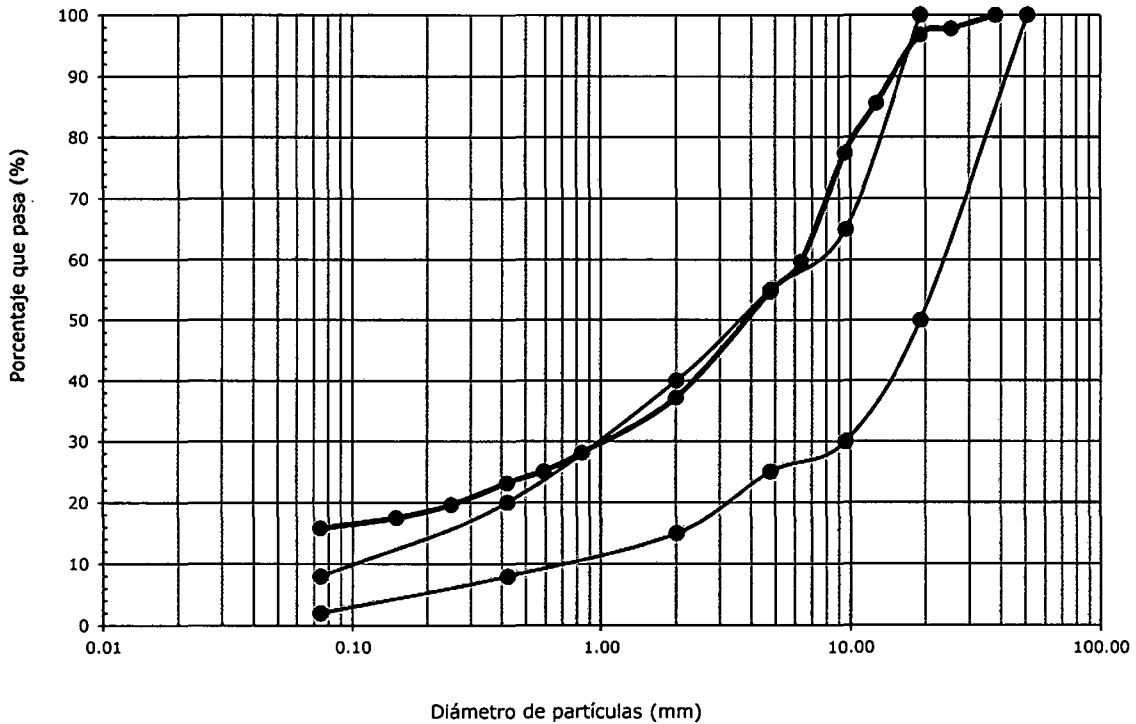
METODOLOGÍA ENRIQUE PASQUEL (50% La Quinua - 50% Pinos):

Pt = (material La Quinua) = 400 gr Gp = 2.24 MFp = 4.82
 At = (material Pinos) = 400 gr Ga = 2.47 MFa = 6.64
 K = (Proporción de mezc = 1 Z = 0.91 MF(p+a) = 5.73

Tamiz	Tamiz (mm)	Tajo LQ			Cantera Pinos			Mezcla		Gráfica	
		G = 2.24			G = 2.47			50% LQ	50% LQ	50% LQ	50% LQ
		Peso en gr.	% Ret. Ind.	% Ret. Acum. (Pn)	Peso en gr.	% Ret. Ind.	% Ret. Acum. (An)	50% Pinos en peso K= 1	50% Pinos en volumen V =	50% Pinos en peso K= Z =	50% Pinos en volumen V =
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"	25.40	17.30	4.64	6.64	0	0	0.00	2.32	2.21	97.68	
3/4"	19.05	7.70	2.06	6.70	0	0.00	0.00	3.35	3.19	96.65	
1/2"	12.70	40.90	10.97	17.67	79.30	11.39	11.39	14.53	14.38	85.47	
3/8"	9.53	14.50	3.89	21.55	83.90	12.05	23.45	22.50	22.55	77.50	
1/4"	6.35	44.20	11.85	33.40	160.70	23.09	46.54	39.97	40.29	60.03	
Nº4	4.76	10.40	2.79	36.19	49.40	7.10	53.64	44.91	45.33	55.09	
Nº10	2.00	41.50	11.13	47.32	161.60	23.22	76.85	62.09	62.80	37.91	
Nº20	0.84	33.20	8.90	56.22	64.60	9.28	86.14	71.18	71.90	28.82	
Nº30	0.59	12.40	3.32	59.54	19.10	2.74	88.88	74.21	74.92	25.79	
Nº40	0.42	8.50	2.28	61.82	10.80	1.55	90.43	76.13	76.82	23.18	
Nº60	0.25	18.20	4.88	66.70	16.10	2.31	92.74	79.72	80.35	20.28	
Nº100	0.15	11.70	3.14	69.84	8.20	1.18	93.92	81.88	82.46	18.12	
Nº200	0.07	8.30	2.23	72.06	8.60	1.24	95.16	83.61	84.17	16.39	
		104.20	27.94	100.00	33.70	4.84	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00

GRANULOMETRÍA (Método Pasquel) "50% La Quinua + 50% Pinos"

Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	Nº 200	Nº 40	Nº 10	Nº 4	3/4" 3"

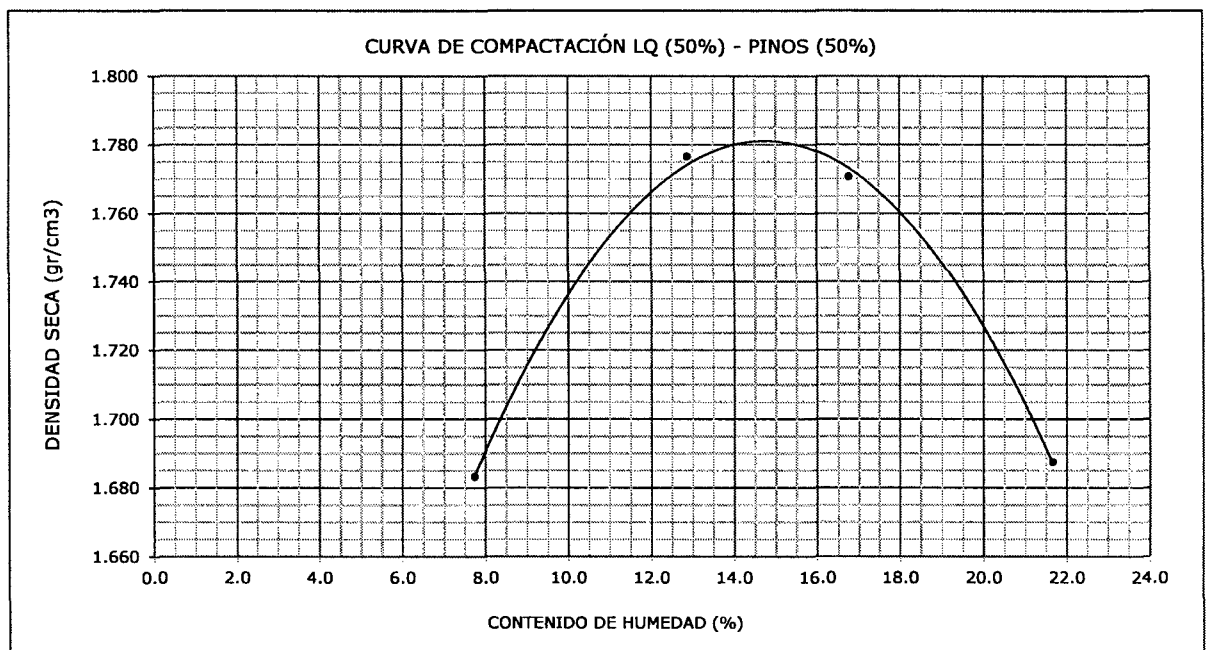


ENSAYO: COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO LQ (50%) - PINOS (50%)

Norma MTC E 115-2000 - MÉTODO "C"

FECHA: 05/08/2014

Molde N°	A		B		C		D	
N° Capas	5		5		5		5	
N° golpes por capa	56		56		56		56	
Peso molde (gr)	6295		6295		6295		6295	
Wmh + molde (gr)	10080		10480		10610		10580	
Wmh (gr)	3785		4185		4315		4285	
Vmh (cm ³)	2086.77		2086.77		2086.77		2086.77	
Dh (gr/cm ³)	1.81		2.01		2.07		2.05	
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h
Pt (gr)	26.9	25.5	27.5	27.4	27.5	27.4	28.0	27.7
Wmh + t (gr)	164.8	168.2	145.3	117.1	196.7	190.2	170.0	169.2
Wms + t (gr)	154.9	157.9	131.8	106.9	172.4	166.8	143.8	144.9
Ww (gr)	9.9	10.3	13.5	10.2	24.3	23.4	26.2	24.3
Wms (gr)	128	132.4	104.3	79.5	144.9	139.4	115.8	117.2
W (%)	7.734	7.779	12.94	12.83	16.77	16.79	22.63	20.73
Wprom (%)	7.76		12.89		16.78		21.68	
Ds (gr/cm ³)	1.68		1.78		1.77		1.69	



Wopt = 14.8 %
Ds Máx = 1.78 gr/cm ³

ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO LQ (50%) - PINOS (50%)**Norma MTC E 132-2000**

FECHA: 13/08/2014

ENSAYO: COMPACTACIÓN CBR LQ (50%) - PINOS (50%)

Molde Nº	1		2		3				
Nº Capas	5		5		5				
Nº Golpes por capa	13		27		56				
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS			
Peso molde (gr)	7960	7960	7635	7635	7775	7775			
Wmh + molde (gr)	11665	12095	11820	11980	12055	12155			
Wmh (gr)	3705	4135	4185	4345	4280	4380			
Vmh (cm ³)	2114.3	2114	2114.3	2114	2114.3	2114			
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.75	1.956	1.98	2.055	2.02	2.072			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Ensayo Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Wt (gr)	27.1	26.8	26.8	27.4	26.9	26.9	26.5	26.7	26.7
Wmh + t (gr)	182.3	145.6	164.2	160.7	215.3	111.1	175.8	123.6	132.8
Wms + t (gr)	162.1	130.7	142.9	144.9	192.6	99.9	158.7	112.5	117.3
Ww (gr)	20.2	14.9	21.3	15.8	22.7	11.2	17.1	11.1	15.5
Wms (gr)	135	103.9	116.1	117.5	165.7	73	132.2	85.8	90.6
w (%)	14.96	14.34	18.35	13.45	13.7	15.34	12.93	12.94	17.11
w prom (%)	14.65	18.35	13.57	15.34	12.94	17.11			
Densidad seca (gr/cm ³)	1.53	1.65	1.74	1.78	1.79	1.77			

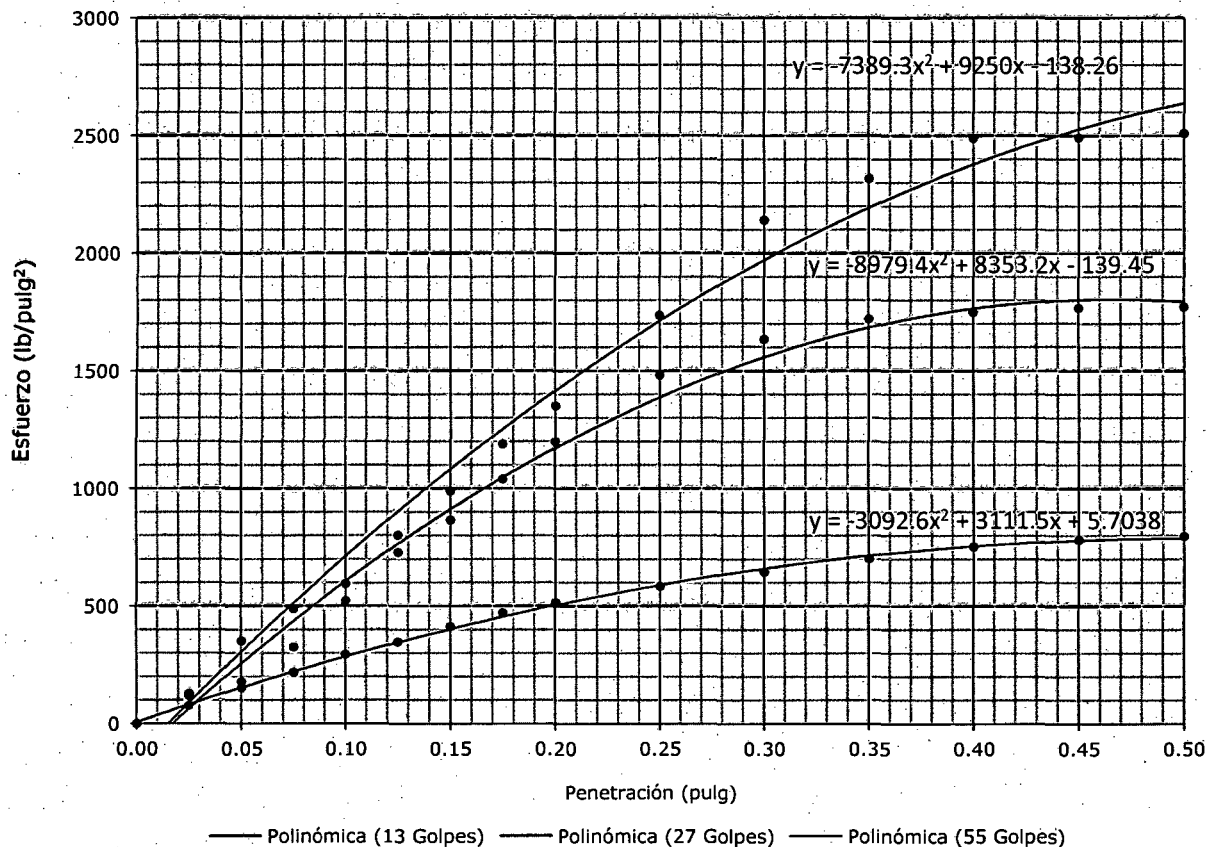
ENSAYO: HINCHAMIENTO LQ (50%) - PINOS (50%)

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)
(HORAS)	(DÍAS)									
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.040	0.040	0.074	0.065	0.065	0.120	0.080	0.080	0.148
48	2	0.065	0.065	0.120	0.082	0.082	0.152	0.105	0.105	0.194
72	3	0.065	0.065	0.120	0.082	0.082	0.152	0.106	0.106	0.196
96	4	0.065	0.065	0.120	0.082	0.082	0.152	0.106	0.106	0.196

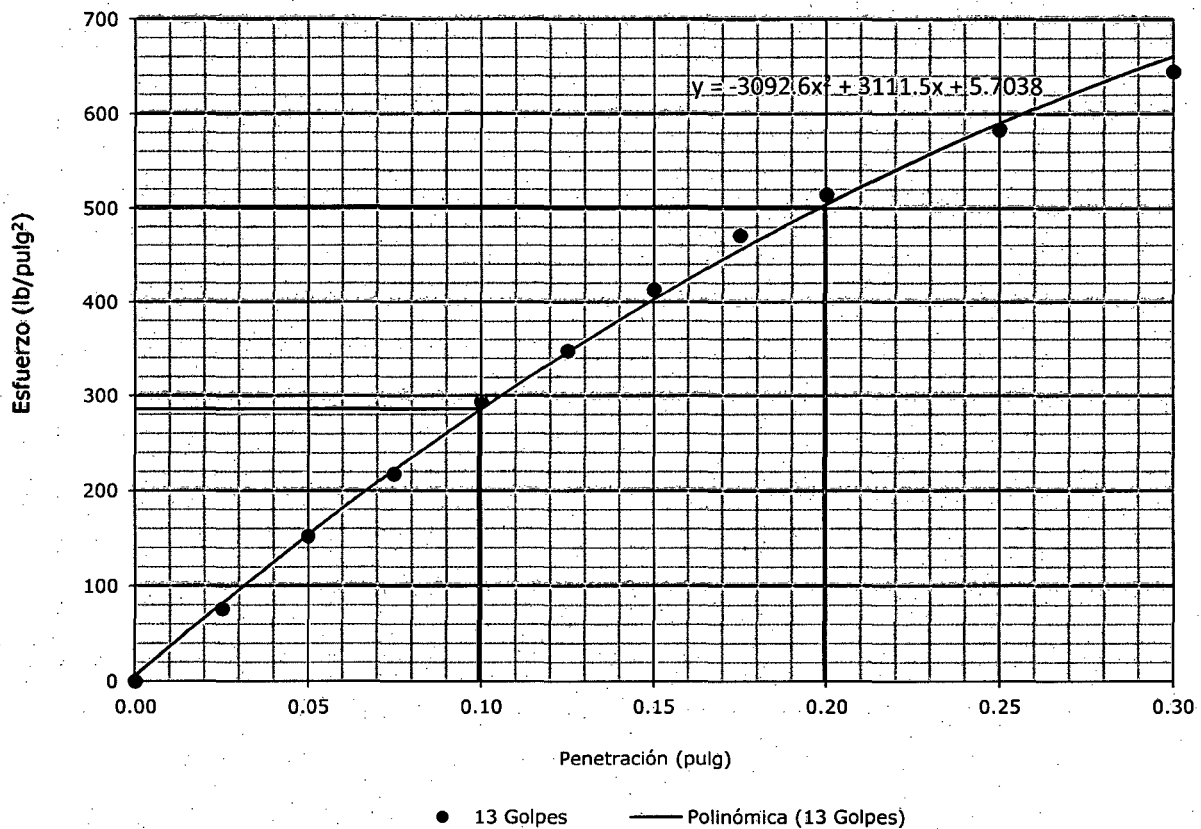
ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN LQ (50%) - PINOS (50%)

PENETRACIÓN		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)	(kg)	(kg/cm ²)	(lb/pulg ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(lb/pulg ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(lb/pulg ²)
0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
0.64	0.03	105.00	5.3	76.06	175.00	8.9	126.77	162.00	8.3	117.35
1.27	0.05	210.00	10.7	152.12	245.00	12.5	177.47	485.00	24.7	351.33
1.91	0.08	300.00	15.3	217.31	450.00	22.9	325.97	675.00	34.4	488.96
2.54	0.10	405.00	20.6	293.37	720.00	36.7	521.55	820.00	41.8	593.99
3.18	0.13	480.00	24.4	347.70	1005.00	51.2	728.00	1105.00	56.3	800.44
3.81	0.15	570.00	29.0	412.90	1195.00	60.9	865.64	1365.00	69.5	988.78
4.45	0.18	650.00	33.1	470.85	1435.00	73.1	1039.49	1640.00	83.5	1187.99
5.08	0.20	710.00	36.2	514.31	1655.00	84.3	1198.85	1865.00	95.0	1350.97
6.35	0.25	805.00	41.0	583.13	2045.00	104.2	1481.36	2395.00	122.0	1734.89
7.62	0.30	890.00	45.3	644.70	2255.00	114.8	1633.48	2955.00	150.5	2140.55
8.89	0.35	970.00	49.4	702.65	2375.00	121.0	1720.41	3200.00	163.0	2318.02
10.16	0.40	1040.00	53.0	753.36	2415.00	123.0	1749.38	3435.00	174.9	2488.25
11.43	0.45	1080.00	55.0	782.33	2440.00	124.3	1767.49	3440.00	175.2	2491.87
12.70	0.50	1100.00	56.0	796.82	2445.00	124.5	1771.11	3465.00	176.5	2509.98

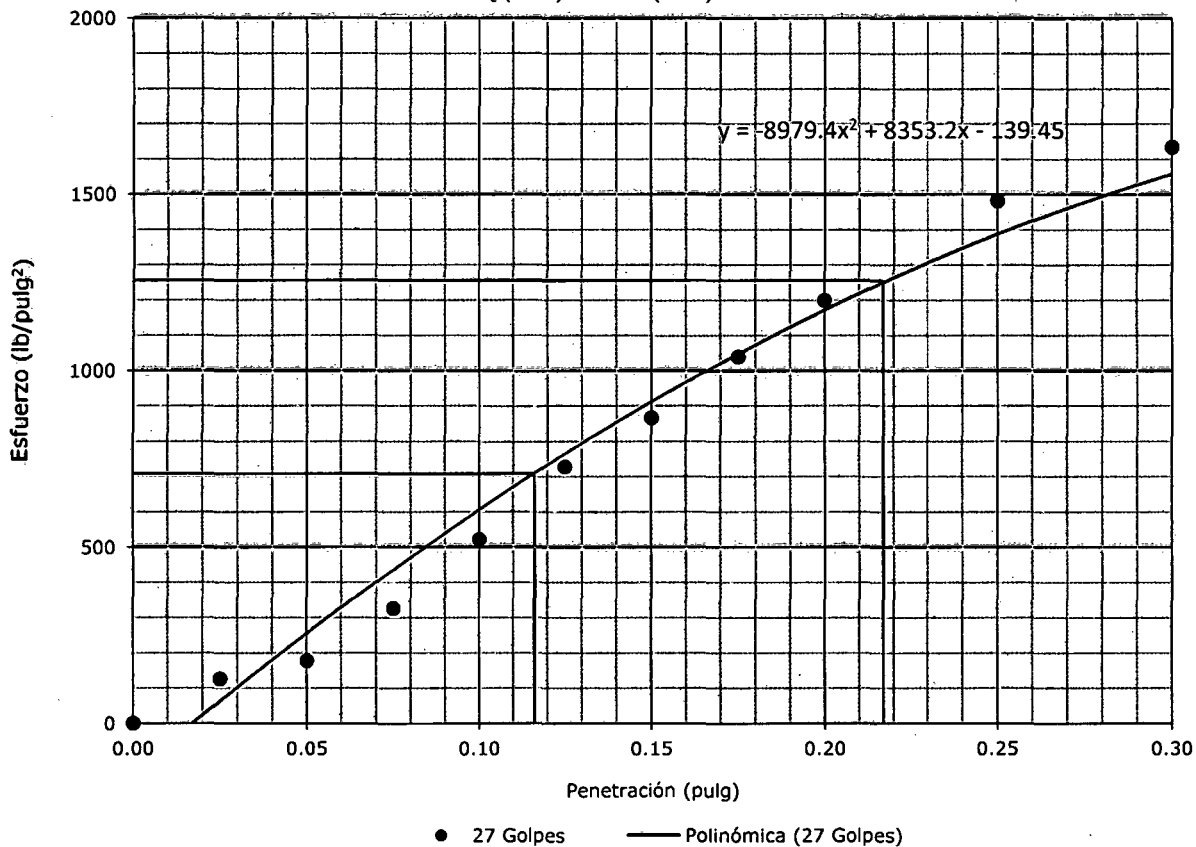
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (50%) - PINOS (50%)



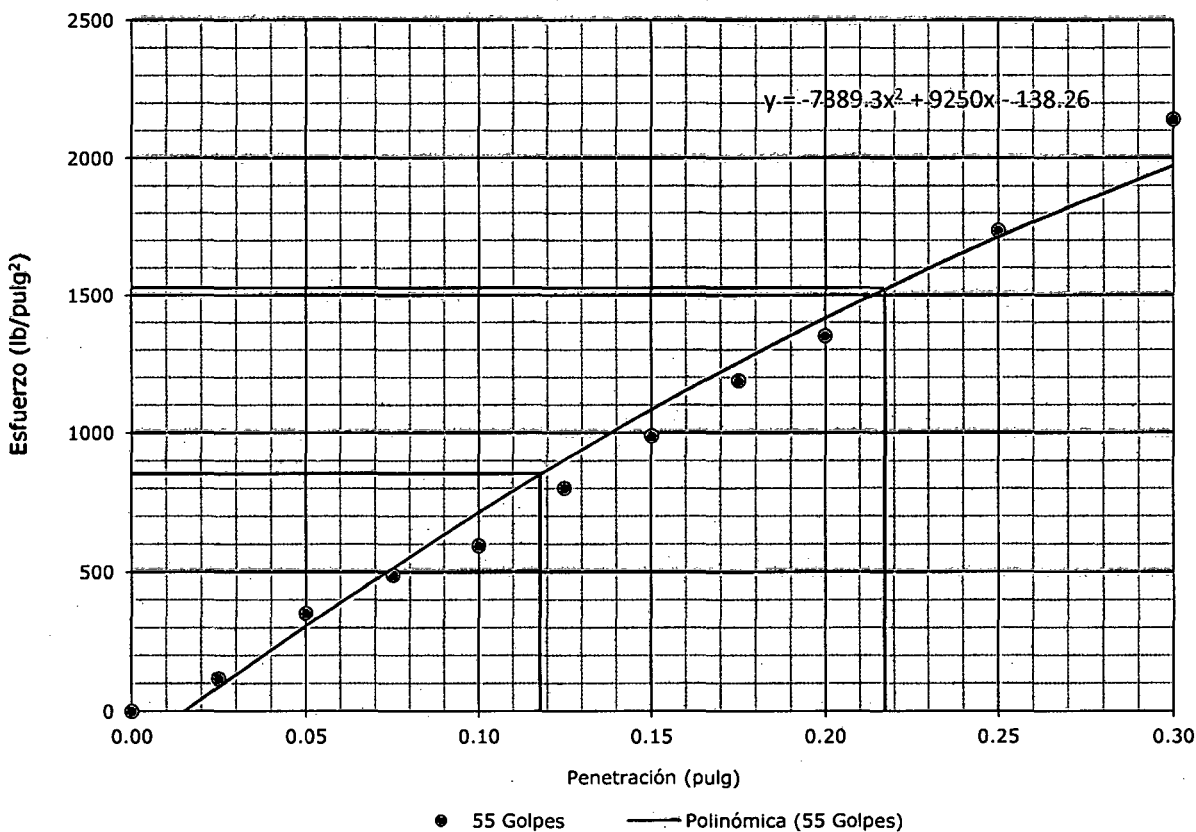
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (50%) - PINOS (50%) - MOLDE 1



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (50%) - PINOS (50%) - MOLDE 2



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (50%) - PINOS (50%) - MOLDE 3

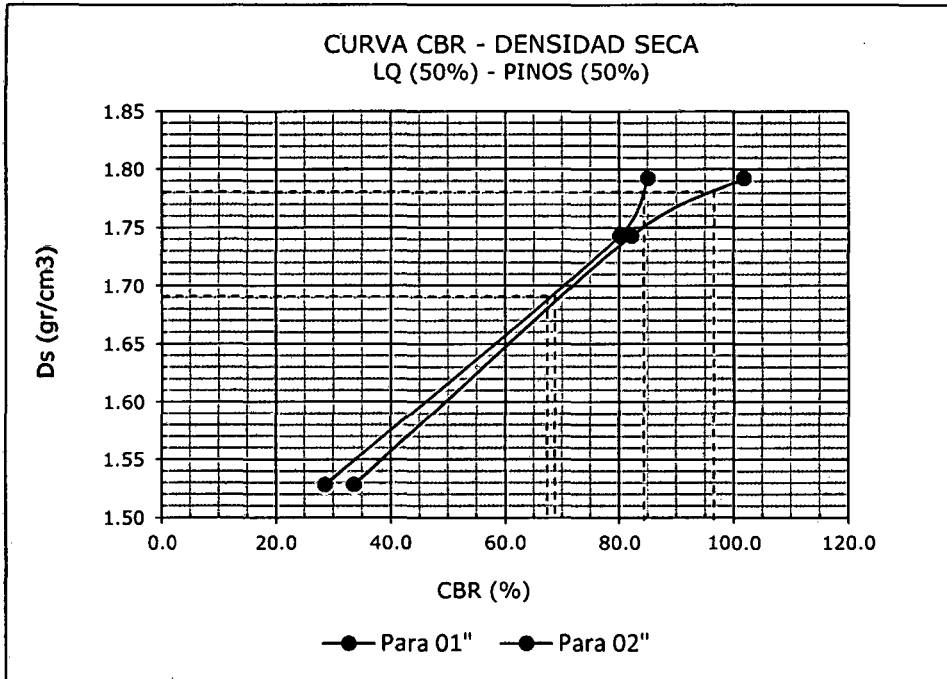


ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN LQ (50%) - PINOS (50%)

Penetración (")	MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
Esfuerzo terreno (lb/pulg ²)	285.9	504.3	800.7	1232.4	850.4	1527.1
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	28.59	33.62	80.07	82.16	85.04	101.8

C.B.R. Y DENSIDAD SECA LQ (50%) - PINOS (50%)

Penetración (")	MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
CBR (%)	28.59	33.62	80.07	82.16	85.04	101.8
Ds (gr/cm ³)	1.528	1.528	1.743	1.743	1.792	1.792



Ds Máx = 1.78 gr/cm³

CBR (0.1") = 84 %

CBR (0.2") = 92 %

95% Ds Máx = 1.69 gr/cm³

CBR (0.1") = 67 %

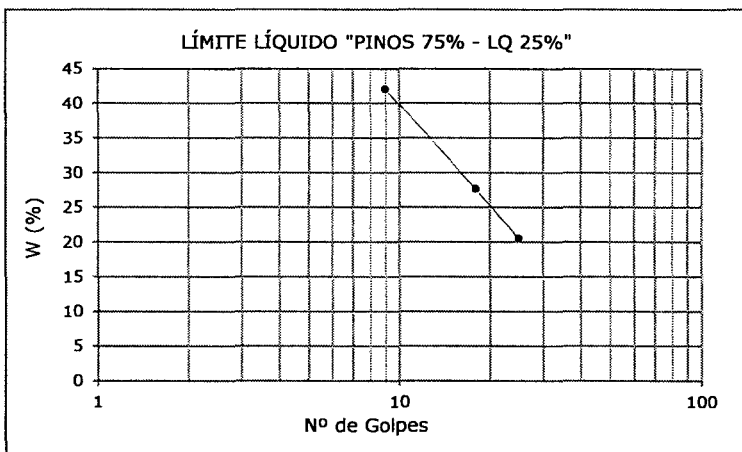
CBR (0.2") = 69 %

ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO (PINOS 75% - LQ 25%)

Norma MTC E 110-2000

FECHA: 28/06/2014

	LL1	LL2	LL3
$W_{t(gr)}$	27.9	26.2	26.1
$W_{mh+t(gr)}$	40.4	35.9	39.6
$W_{ms+t(gr)}$	36.7	33.8	37.3
$W_{w(gr)}$	3.7	2.1	2.3
$W_{ms(gr)}$	8.8	7.6	11.2
Nº Golpes	9	18	25
W%	42.05	27.63	20.54
LL	21		



ENSAYO: LÍMITE PLÁST. (PINOS 75% - LQ 25%)

Norma MTC E 111-2000

FECHA: 28/06/2014

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (LQ 50% - PINOS 50%)

$IP = LL - LP = 3$

	LP1	LP2
$W_{t(gr)}$	27.1	27.7
$W_{mh+t(gr)}$	28.5	29
$W_{ms+t(gr)}$	28.3	28.8
$W_{w(gr)}$	0.2	0.2
$W_{ms(gr)}$	1.2	1.1
W%	16.67	18.18
LP	17	

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO LQ (25%) - PINOS (75%)

Norma MTC E 107-2000

FECHA: 12/07/2014

Malla	Malla (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	%PASA
1"	25.40		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	78.00	7.80	7.80	92.20
1/2"	12.70	111.00	11.10	18.90	81.10
3/8"	9.53	135.40	13.54	32.44	67.56
1/4"	6.35	221.50	22.15	54.59	45.41
Nº4	4.76	59.00	5.90	60.49	39.51
Nº10	2.00	153.20	15.32	75.81	24.19
Nº20	0.84	63.40	6.34	82.15	17.85
Nº30	0.59	17.50	1.75	83.90	16.10
Nº40	0.42	8.00	0.80	84.70	15.30
Nº60	0.25	20.30	2.03	86.73	13.27
Nº100	0.15	13.30	1.33	88.06	11.94
Nº200	0.07	13.00	1.30	89.36	10.64
Pérdida por lavado	0.00	106.40	10.64	100.0	0.00

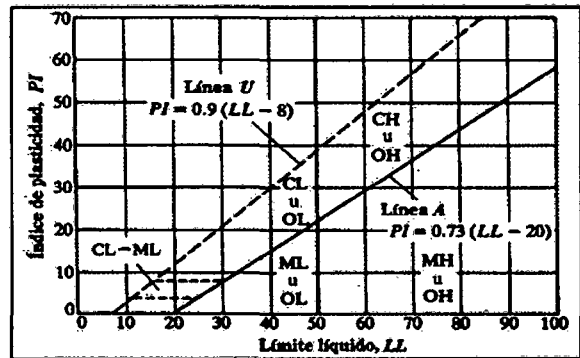
Porcentaje de finos:	10.6 %
% retenido en malla Nº 200:	89.4 %
Peso de la fracción gruesa:	893.6 gr
Peso retenido en malla Nº 4:	604.9 gr
% fracción gruesa retenido en malla Nº 4:	67.7 %

- * Como más de la mitad del material es retenido en la malla Nº200, pertenece a Suelos de Partículas Gruesas.
- * Como más del 50% de la fracción de material grueso es retenido en la malla Nº 4, entra en clasificación de Gravas.

LL = 21
 IP = 3

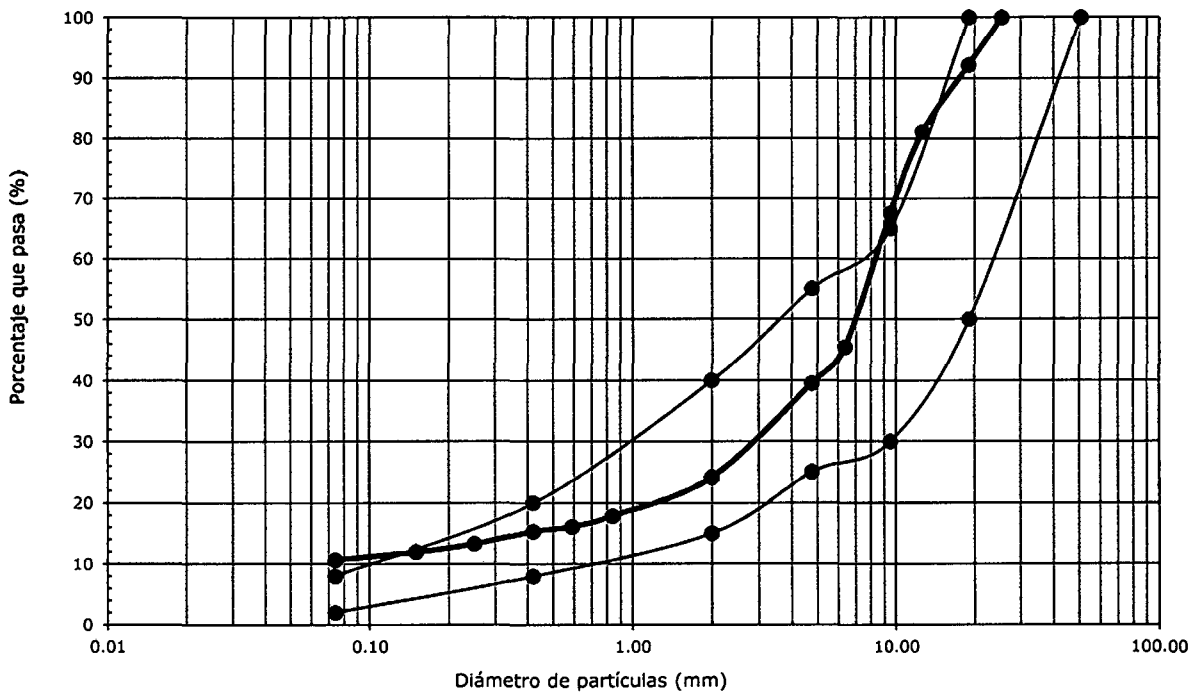
Segun la carta de plasticidad, ubicamos los límites LL e IP, que se intersectan arriba de la Línea A, con $IP < 4$ y $LL < 28$, por lo que el suelo será clasificado como GMd.

CLASIFICACIÓN SUCS:	GMd + 7.8 > 3/4"
DESCRIPCIÓN:	GRAVA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA, GRAVA Y LIMO.
COLOR:	PLOMO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO "LQ (25%) - PINOS (75%)"

Limo y Arcilla	Arena				Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa	
	Nº 200	Nº 40	Nº 10	Nº 4	3/4"	3"



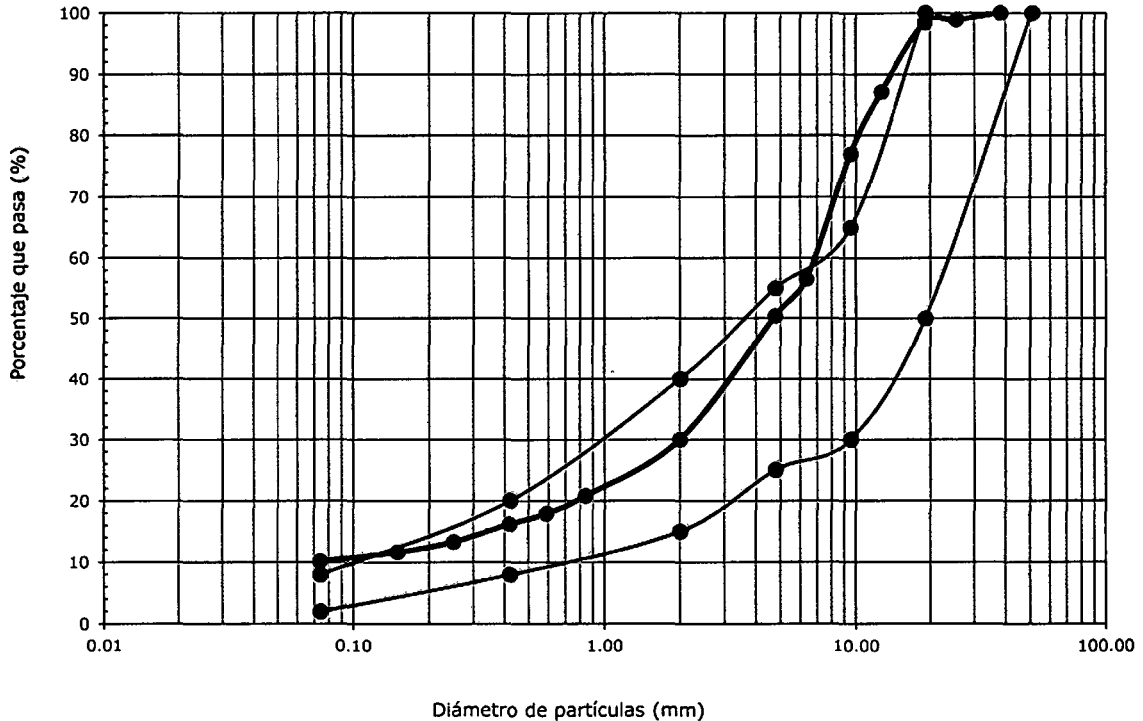
METODOLOGÍA ENRIQUE PASQUEL (25% La Quinua - 75% Pinos):

Pt = (material La Quinua) = 250 gr Gp = 2.24 MFp = 4.82
 At = (material Pinos) = 750 gr Ga = 2.47 MFa = 6.64
 K = (Proporción de mezc = 0.333 Z = 0.30 MF(p+a) = 6.18

Tamiz	Tamiz (mm)	Tajo LQ			Cantera Pinos			Mezcla		Gráfica	
		G = 2.24			G = 2.47			50% LQ	50% LQ	50% LQ	50% LQ
		Peso en gr.	% Ret. Ind.	% Ret. Acum. (Pn)	Peso en gr.	% Ret. Ind.	% Ret. Acum. (An)	50% Pinos en peso	50% Pinos en volumen	50% Pinos en peso	50% Pinos en volumen
							3333333333	V =	K= Z =	V =	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"	25.40	17.30	4.64	4.64	0	0	0.00	1.16	1.08	98.84	98.92
3/4"	19.05	7.70	2.06	6.70	0	0.00	0.00	1.68	1.56	98.32	98.44
1/2"	12.70	40.90	10.97	17.67	79.30	11.39	11.39	12.96	12.85	87.04	87.15
3/8"	9.53	14.50	3.89	21.55	83.90	12.05	23.45	22.97	23.01	77.03	76.99
1/4"	6.35	44.20	11.85	33.40	160.70	23.09	46.54	43.25	43.49	56.75	56.51
Nº4	4.76	10.40	2.79	36.19	49.40	7.10	53.64	49.27	49.58	50.73	50.42
Nº10	2.00	41.50	11.13	47.32	161.60	23.22	76.85	69.47	69.99	30.53	30.01
Nº20	0.84	33.20	8.90	56.22	64.60	9.28	86.14	78.66	79.18	21.34	20.82
Nº30	0.59	12.40	3.32	59.54	19.10	2.74	88.88	81.55	82.06	18.45	17.94
Nº40	0.42	8.50	2.28	61.82	10.80	1.55	90.43	83.28	83.78	16.72	16.22
Nº60	0.25	18.20	4.88	66.70	16.10	2.31	92.74	86.23	86.69	13.77	13.31
Nº100	0.15	11.70	3.14	69.84	8.20	1.18	93.92	87.90	88.33	12.10	11.67
Nº200	0.07	8.30	2.23	72.06	8.60	1.24	95.16	89.38	89.79	10.62	10.21
		104.20	27.94	100.00	33.70	4.84	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00

GRANULOMETRÍA (Método Pasquel) "25% La Quinua + 75% Pinos"

Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	Nº 200	Nº 40	Nº 10	Nº 4	3/4" 3"



ENSAYO: COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO LQ (25%) - PINOS (75%)

Norma MTC E 115-2000 - MÉTODO "C"

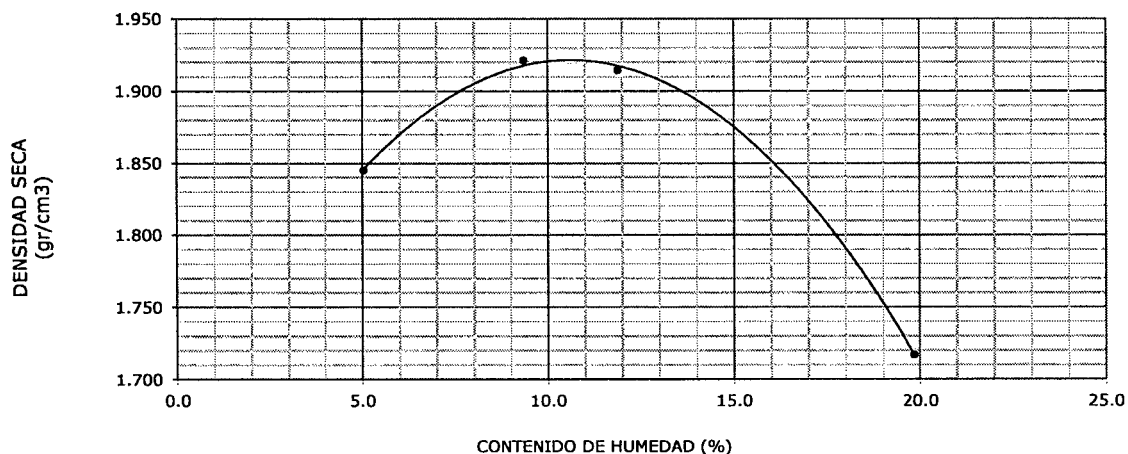
FECHA: 05/08/2014

Molde N°	A		B		C		D	
N° Capas	5		5		5		5	
N° golpes por capa	56		56		56		56	
Peso molde (gr)	6295		6295		6295		6295	
Wmh + molde (gr)	10340		10680		10765		10590	
Wmh (gr)	4045		4385		4470		4295	
Vmh (cm ³)	2086.77		2086.77		2086.77		2086.77	
Dh (gr/cm ³)	1.94		2.10		2.14		2.06	
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h
Pt (gr)	27.4	26.8	27.3	26.1	27.2	26.9	26.7	27.4
Wmh + t (gr)	127.3	162.1	153.4	164.0	115.1	174.2	164.8	148.7
Wms + t (gr)	122.8	155.2	142.6	152.2	105.6	158.8	141.8	128.7
Ww (gr)	4.5	6.9	10.8	11.8	9.5	15.4	23	20
Wms (gr)	95.4	128.4	115.3	126.1	78.4	131.9	115.1	101.3
W (%)	4.717	5.374	9.367	9.358	12.12	11.68	19.98	19.74
Wprom (%)	5.05		9.36		11.90		19.86	
Ds (gr/cm ³)	1.85		1.92		1.91		1.72	

Wopt = 10.5 %

Ds Máx = 1.922 gr/cm³

CURVA DE COMPACTACIÓN LQ (25%) - PINOS (75%)



ENSAYO: ABRASIÓN EN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (CANTERA DE PINOS):

Norma MTC E 207-2000 - Método A

FECHA: 16/09/2014

Prueba	1		OBSERVACIONES:					
Gradación usada	A		MUESTREO CERCA A LA VÍA SAHARA BAJA - LA QUINUA					
N° de esferas	12							
N° de revoluciones	500							
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5001.1							
Peso muestra seca después de ensayo (g)	3241.7							
Pérdida (g)	1759.4							
% de desgaste	35.2							
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑO DEL TAMIZ		PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"							
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"	1250.6						
1"	3/4"	1249.9						
3/4"	1/2"	1250.4						
1/2"	3/8"	1250.2						
3/8"	1/4"							
1/4"	N° 4							
N° 4	N° 8							
N° de esferas		12	11	8	6	12	12	12
N° de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO LQ (25%) - PINOS (75%)

Norma MTC E 132-2000

FECHA: 13/08/2014

ENSAYO: COMPACTACIÓN CBR LQ (25%) - PINOS (75%)

Molde Nº	1		2		3				
Nº Capas	5		5		5				
Nº Golpes por capa	13		27		56				
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS	ANTES DE EMPAPAR	DESPUÉS			
Peso molde (gr)	7960	7960	7635	7635	7775	7775			
Wmh + molde (gr)	12090	12305	12180	12215	12270	12420			
Wmh (gr)	4130	4345	4545	4580	4495	4645			
Vmh (cm3)	2114.3	2114	2114.3	2114	2114.3	2114			
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.95	2.055	2.15	2.166	2.13	2.197			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Ensayo Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Wt (gr)	27.5	25.5	25.5	27.2	28	28	27.5	27.7	27.7
Wmh + t (gr)	163.5	181.8	149.5	187.2	238.8	125.8	175.3	175.9	129
Wms + t (gr)	151.6	168.3	135.4	172.9	220.6	115.8	163.1	162.5	120.2
Ww (gr)	11.9	13.5	14.1	14.3	18.2	10	12.2	13.4	8.8
Wms (gr)	124.1	142.8	109.9	145.7	192.6	87.8	135.6	134.8	92.5
w (%)	9.589	9.454	12.83	9.815	9.45	11.39	8.997	9.941	9.514
w prom (%)	9.52		12.83	9.63		11.39	9.47		9.51
Densidad seca (gr/cm3)	1.78		1.82	1.96		1.94	1.94		2.01

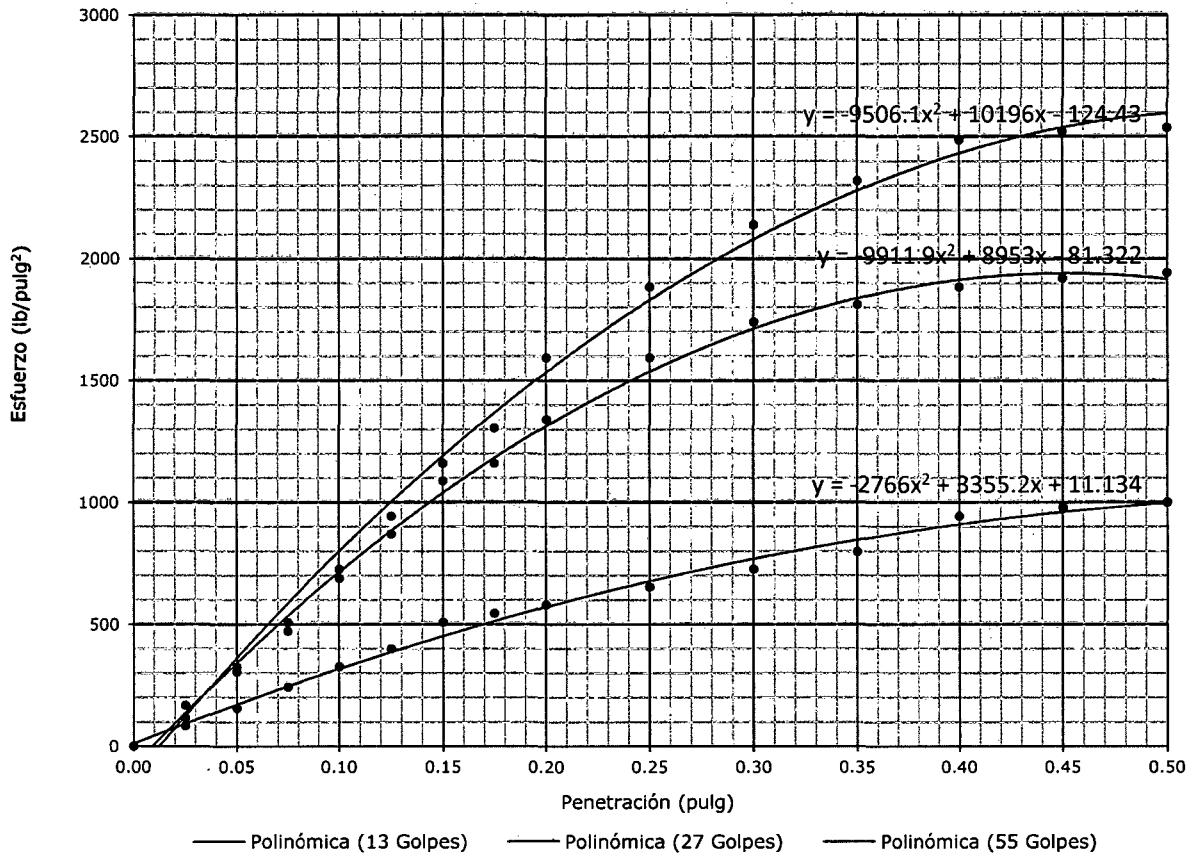
ENSAYO: HINCHAMIENTO LQ (25%) - PINOS (75%)

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
(HORAS)	(DÍAS)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
96	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

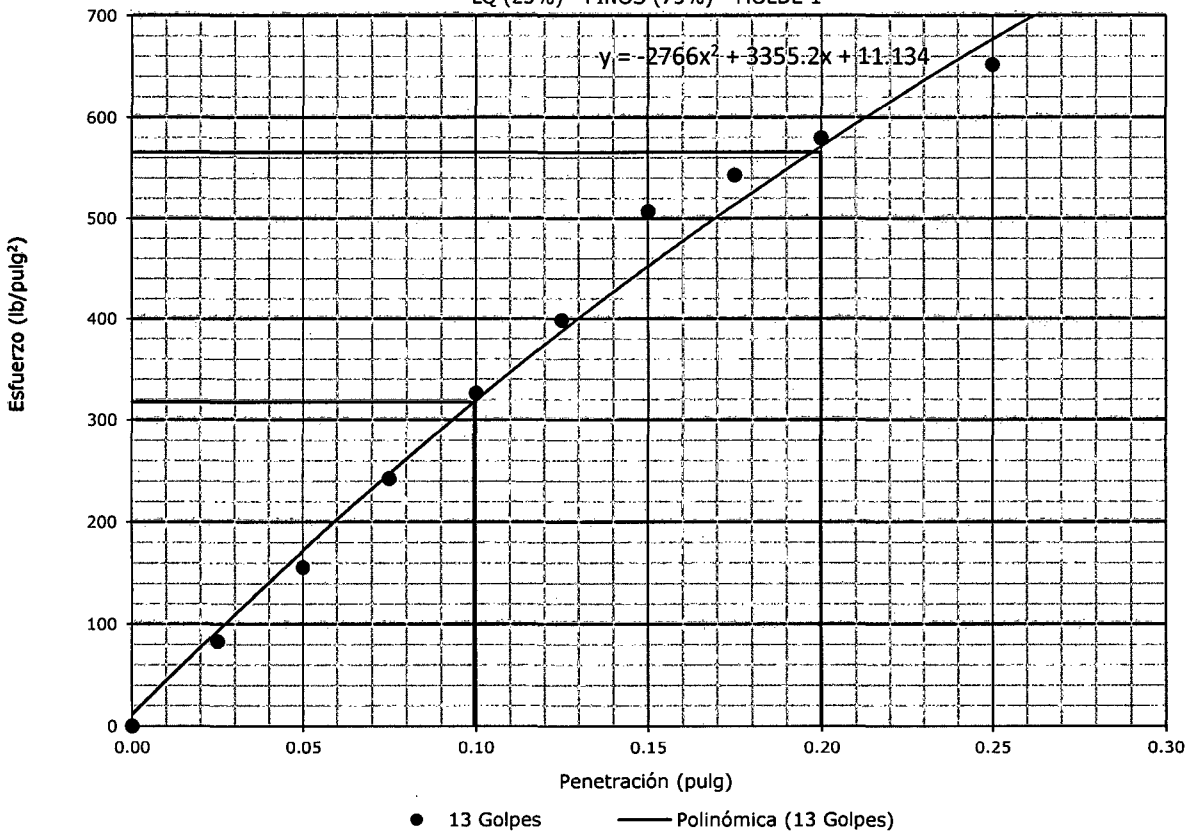
ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN LQ (25%) - PINOS (75%)

PENETRACIÓN		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		(kg)	(kg/cm2)	(lb/pulg2)	(kg)	(kg/cm2)	(lb/pulg2)	(kg)	(kg/cm2)	(lb/pulg2)
0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
0.64	0.03	115.00	5.9	83.30	160.00	8.1	115.90	230.00	11.7	166.61
1.27	0.05	215.00	10.9	155.74	420.00	21.4	304.24	450.00	22.9	325.97
1.91	0.08	335.00	17.1	242.67	650.00	33.1	470.85	700.00	35.7	507.07
2.54	0.10	450.00	22.9	325.97	950.00	48.4	688.16	1000.00	50.9	724.38
3.18	0.13	550.00	28.0	398.41	1200.00	61.1	869.26	1300.00	66.2	941.70
3.81	0.15	700.00	35.7	507.07	1500.00	76.4	1086.57	1600.00	81.5	1159.01
4.45	0.18	750.00	38.2	543.29	1600.00	81.5	1159.01	1800.00	91.7	1303.89
5.08	0.20	800.00	40.7	579.51	1850.00	94.2	1340.11	2200.00	112.0	1593.64
6.35	0.25	900.00	45.8	651.94	2200.00	112.0	1593.64	2600.00	132.4	1883.39
7.62	0.30	1000.00	50.9	724.38	2400.00	122.2	1738.52	2950.00	150.2	2136.93
8.89	0.35	1100.00	56.0	796.82	2500.00	127.3	1810.95	3200.00	163.0	2318.02
10.16	0.40	1300.00	66.2	941.70	2600.00	132.4	1883.39	3430.00	174.7	2484.63
11.43	0.45	1350.00	68.8	977.92	2650.00	135.0	1919.61	3480.00	177.2	2520.85
12.70	0.50	1380.00	70.3	999.65	2680.00	136.5	1941.34	3500.00	178.3	2535.34

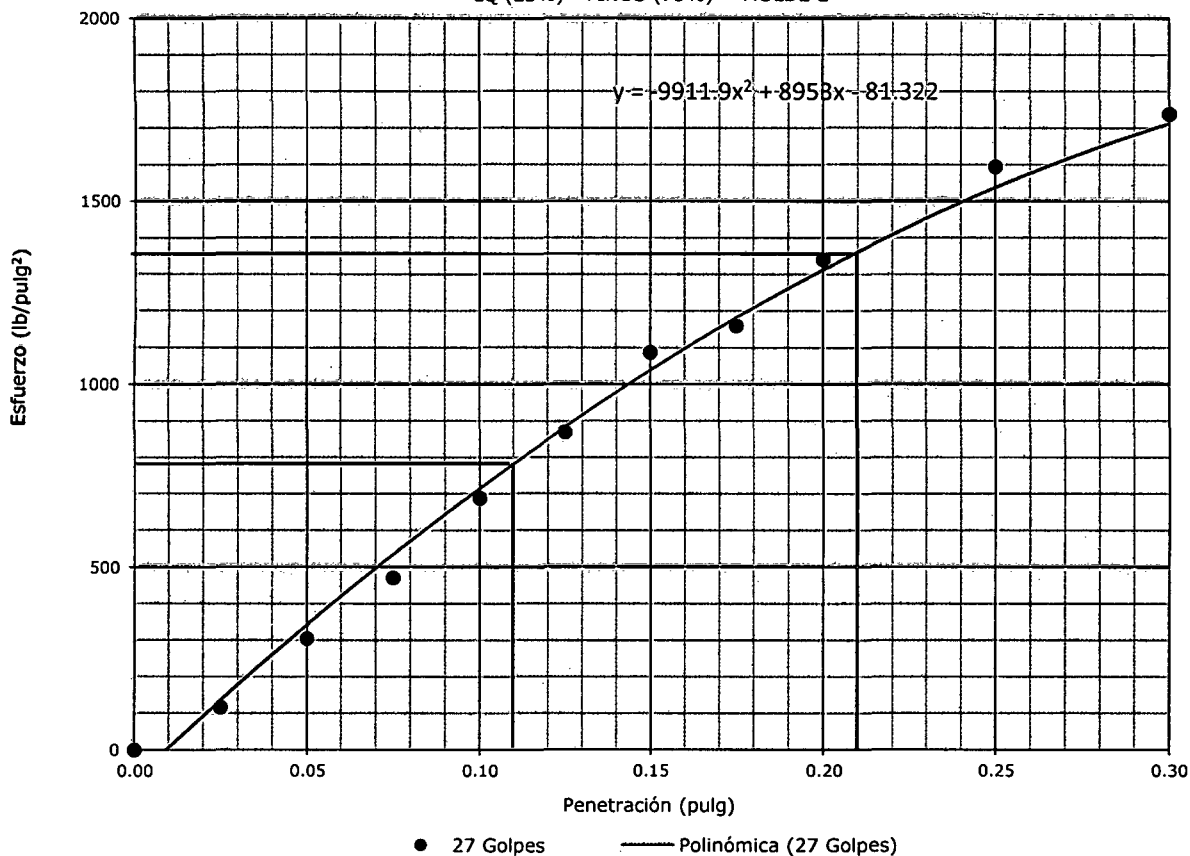
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (25%) - PINOS (75%)



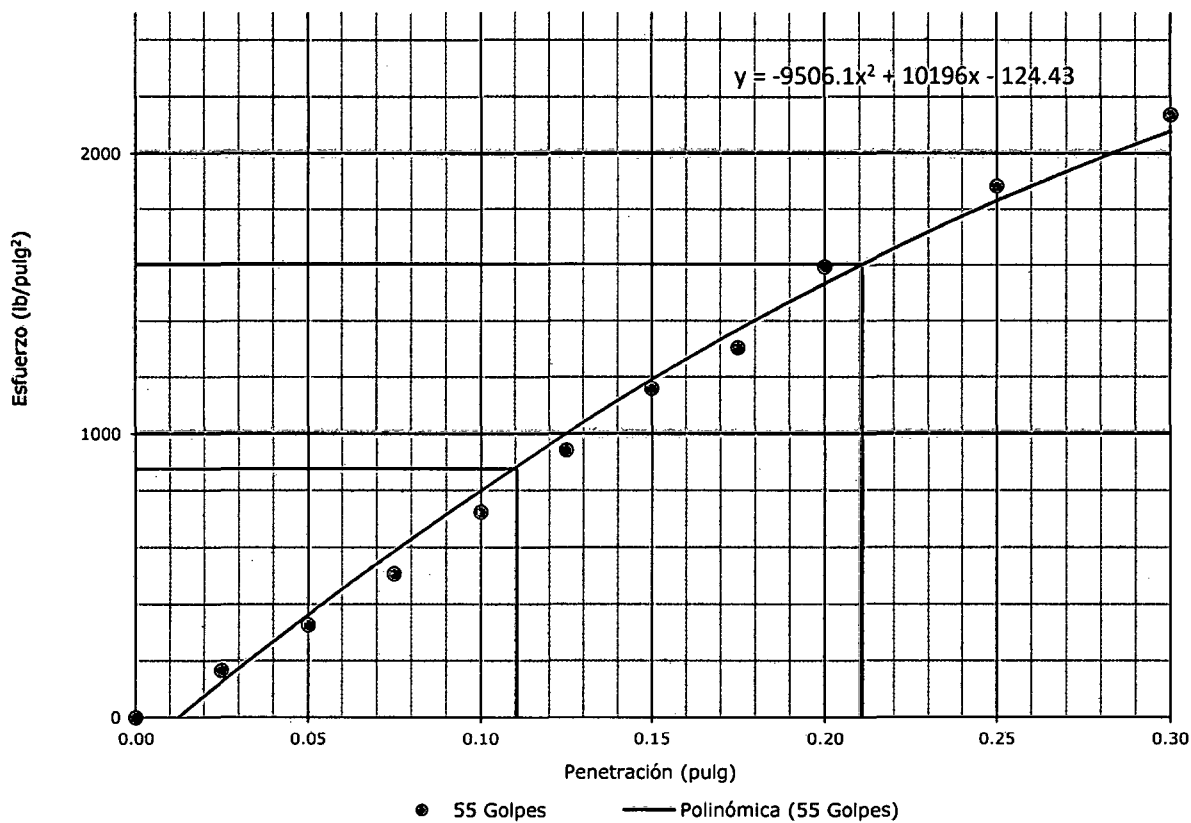
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (25%) - PINOS (75%) - MOLDE 1



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (25%) - PINOS (75%) - MOLDE 2



CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN
LQ (25%) - PINOS (75%) - MOLDE 3

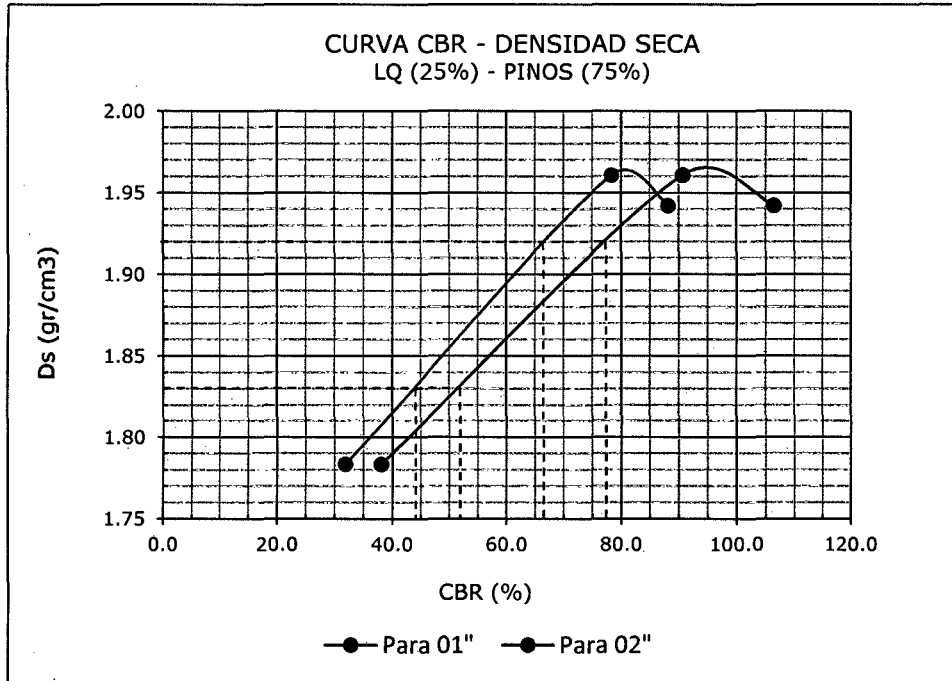


ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN LQ (25%) - PINOS (75%)

Penetración (")	MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
Esfuerzo terreno (lb/pulg2)	319.0	571.5	783.6	1361.7	882.1	1597.5
Esfuerzo patrón (lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	31.9	38.1	78.36	90.78	88.21	106.5

C.B.R. Y DENSIDAD SECA LQ (25%) - PINOS (75%)

Penetración (")	MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3	
	01"	02"	01"	02"	01"	02"
CBR (%)	31.9	38.1	78.36	90.78	88.21	106.5
Ds (gr/cm3)	1.784	1.784	1.961	1.961	1.942	1.942



Ds Máx = 1.92 gr/cm3

CBR (0.1") = 67 %

CBR (0.2") = 77 %

95% Ds Máx = 1.83 gr/cm3

CBR (0.1") = 44 %

CBR (0.2") = 52 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA

Telefax N° 0051-76-36-5976 Anexo N° 129-130 / 147

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Certif. N° 011 – 2014

LA QUE SUSCRIBE JEFA DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

CERTIFICA

Que el Bachiller en Ingeniería Civil **PIERRE URCIA DÍAZ**, ex alumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, según consta en el cuaderno de asistencia del Laboratorio de Mecánica de Suelos, ha registrado su asistencia a dicho Laboratorio para la elaboración del proyecto profesional: **"ANÁLISIS DE MEZCLAS DE MATERIALES DE LA CANTERA PINOS Y TAJO LA QUINUA PARA SU USO EN LAS VÍAS DE MINERA YANACOCCHA"**, en el siguiente periodo:

Del 10 de diciembre al 21 de diciembre del 2013

Del 11 de febrero al 18 de febrero del 2014

Del 26 de abril al 17 de mayo del 2014

Del 20 de junio al 07 de agosto del 2014

El Laboratorio no se responsabiliza por la ejecución y los resultados de los ensayos realizados.

Se expide el presente a solicitud verbal del interesado para los fines que estime por conveniente,



Cajamarca, 09 de diciembre del 2014.

Pierre Urcia Díaz
Pierre Urcia Díaz
DNI 44232860

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Rosa H. Llique Mondragón
Dra. Ing. Rosa H. Llique Mondragón
C.I.P. 34682
JEFE DE LABORATORIO