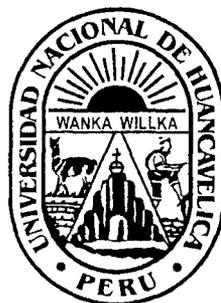


"AÑO DE LA INTEGRACIÓN NACIONAL Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"

Universidad Nacional de Huancavelica

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE CIVIL - LIRCAY



TESIS

**"MEJORAMIENTO DEL MATERIAL AFIRMADO DE LAS
CANTERAS ADYACENTES PARA EL TERRAPLÉN DE
LA CARRETERA LIRCAY - CCOCHACCASA"**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

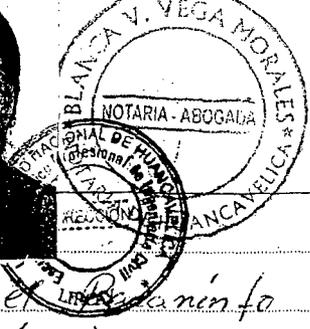
PRESENTADO POR:

Bach. RAMOS GUZMAN, Betzabe
Bach. TORRES SUELDO, José Antonio

ASESOR:

Ing. Enrique R. CAMAC OJEDA

HUANCVELICA - PERÚ
2012



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS



En el Paraninfo de la facultad de Ingenieria Minas - Civil Escuela Académica de Ingenieria Civil - Unh, a los veinte día del mes de Diciembre del dos mil doce, Siendo las Tres de la tarde; se instalo los miembros del jurado en base a la Resolución de Consejo de facultad N° 008-2012-FIMC-R-UNH, de fecha Veinteuno de Noviembre del dos mil doce en el cual Resuelve: **Titulo Primero.** Aprobar la designación de fecha y hora de sustentación de tesis de los tesisistas del "II Curso de Titulación por tesis" de la E. A. P. Civil - Unh de la facultad de Ingenieria de Minas - Civil; cuyo proyecto titulado "Mejoramiento del material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el terraplén de la Carretera Lineay-Cochaccasa; siendo responsable del proyecto de investigación científica por los Bacheleros Ramos Guzman, Betzabe y Torres Sueldo, José Antonio; como miembros del jurado son Presidente Ing. Ariel Neira Calsin, como Secretario Ing. Dedicación Miguel, Medina Champe y como Vocal Dr. Hugo Canilo, Salas Tocasca.

Con la finalidad de evaluar la sustentación del tesis referido se procedió con la Participación del presidente dando las instrucciones correspondientes para dar inicio de la sustentación **Primero:** Dando el tiempo reglamentario de 30 minutos de sustentación **Segundo:** Terminada la Exposición se procedió a la formulación de preguntas pertinentes el cual fue Asueldo por los tesisistas **Tercero:** Los miembros del jurado despues de un debate declararon proceder la aprobación por mayoría, siendo las cuatro y cuarto punto meridiano del día veinte de Diciembre del dos mil doce, en señal conformidad firmamos al pie de la presente.

[Signature]
Ing. Miguel Medina
Secretario

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

DEDICATORIA

*A la memoria de mi madre
Consuelo Sueldo Carbajal
por su cariño, sacrificio y
esfuerzo en todo momento
de mi vida.*

José A. Torres.

*A mi madre en la gloria y mi
querida hermana Nelfa por su
cariño, sacrificio y esfuerzo en
todo momento de mi vida,
siempre ha sido un ejemplo y
estímulo para mí.*

Betzabe Ramos.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro Sincero y honesto agradecimiento a Dios, por llevarnos a su lado a lo largo de esta vida siempre llenándonos de alegría, gozo y oportunidades para avanzar hacia nuestros objetivos y nuestros logros.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por sus enseñanzas y los consejos que nos brindaron durante los años de estudio en nuestra Facultad de Ingeniería Civil – Lircay de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Al Ing. D. Miguel Medina Champe e Ing. Uriel Neira Calsin, por su invaluable apoyo en la elaboración del presente Informe.

A nuestro asesor, el Ing. Enrique Rigoberto Camac Ojeda, por su apoyo, su comprensión y colaboración, en la elaboración de este trabajo.

A nuestros padres y hermanos, cuya orientación y ejemplo nos han guiado por el camino correcto, por sus buenos deseos, apoyo y compañía.

A nuestros amigos y a todas aquellas personas que nos apoyaron en la culminación de la presente.

Los autores.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Introducción	vi
Resumen	vii

Capítulo I: Problema

1.1. Planteamiento del Problema	8
1.2. Formulación del Problema	9
1.3. Objetivo: General y Específicos	10
1.4. Justificación	10

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes	12
2.2. Bases Teóricas	17
2.3. Hipótesis	36
2.4. Definición de Términos	36
2.5. Identificación de Variables	44
2.6. Definición Operativa de Variables e indicadores	44

Capítulo III: Metodología de la Investigación

3.1. Ámbito de estudio	45
3.2. Tipo de Investigación	46
3.3. Nivel de Investigación	46
3.4. Método de Investigación	47
3.5. Diseño de Investigación	47
3.6. Población, Muestra, Muestreo	48
3.7. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos	50
3.8. Procedimiento de Recolección de Datos	50

3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos 70

Capítulo IV: Resultados

4.1. Presentación de Resultados 71

4.2. Discusión 92

Conclusiones 96

Recomendaciones 97

Bibliografía 98

Anexos (Cuadros, figuras, planos, fotografías, etc.)

INTRODUCCIÓN

A un ingeniero le interesa de sobremanera el conocimiento más perfecto posible de los procesos y técnicas de construcción. La preocupación por encontrar un tratamiento para los caminos vecinales que sea viable, seguro, compatible con el medio ambiente y sustentable a través del tiempo, se busca una alternativa de estabilizante de suelo que cumpla los estándares exigidos.

El presente trabajo ha tratado de dar una nueva visión respecto a la utilización de un Estabilizante de Suelo, ya que por años se ha acostumbrado que los caminos solo sean viables y seguros, dejando de lado opciones y ventajas que brindan la utilización de Estabilizantes.

Para tal efecto el presente trabajo permite entregar una solución de estabilizante para tratamiento de caminos vecinales usando el Cemento como agente estabilizante.

Este tipo de Estabilización (Suelo-Cemento), no se emplean debido a: Falta de conocimiento, cultura y costumbre, por eso se ha propuesto en esta investigación, obtener resultados de los ensayos en laboratorio del Afirmado mejorado con Cemento en proporción desde 1%, 2% y 3 % de incremento de Cemento.

Los resultados obtenidos al final de la investigación, confirman el objetivo inicial, de obtener mejorar la resistencia del material afirmado.

**“MEJORAMIENTO DEL MATERIAL AFIRMADO DE LAS
CANTERAS ADYACENTES PARA EL TERRAPLÉN DE
LA CARRETERA LIRCAY - CCOCHACCASA”.**

Presentada por los Sres.:

RAMOS GUZMÁN, Betzabe y TORRES SUELDO, José Antonio

RESUMEN

Esta Investigación analiza la calidad del material afirmado de las canteras ubicadas en el anexo de Uchcupampa y el Distrito de Ccochaccasa – Angaraes – Huancavelica. Y analizar los resultados mejorando el material con incremento de cemento en porcentajes de 1%, 2% y 3%. Para este fin se tomaron 3 muestras por cantera los cuales fueron sometidos a los ensayos de laboratorio según las normas del ASTM y MTC, para mayor veracidad del presente trabajo los ensayos de laboratorio lo realizamos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica en Escuela Académica de Ingeniería Civil- Lircay para garantizar la presente investigación.

Se realizó ensayo de: Contenido de Húmeda, Análisis Granulométrico, Límite Líquido y Límite Pástico, Proctor Modificado y CBR.

El Proctor Modificado y el CBR, se realizó incrementado porcentajes de cemento al peso de muestra desde el estado natural hasta el 3%,

CAPITULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El principal empleo de los procesos de estabilización de suelos se relaciona con la Construcción de caminos, aeropuertos y obras similares. En el caso de los caminos es notorio, que en los últimos años, un gran incremento en el número de vehículos, una mayor diversificación de estos y de las acciones que producen sobre las carreteras. Todo esto ha redundado en un aumento de la importancia que presentan los procesos de mejoramiento de las vías. Cada día las bases, sub-bases y carpetas de rodado deben presentar mejores condiciones de soporte y duración, con menores costos en la construcción y mantención. Por esta razón se ha intensificado el estudio de la estabilización química, la cual permite modificar ciertas características de los suelos mediante la adición de pequeñas cantidades relativas de compuestos químicos. Estos producen reacciones físico-químicas con las fracciones finas de los suelos obteniendo resultados a veces sorprendentes desde el punto de vista técnico y económico.

La carretera Lircay - Ccochaccasa, es una vía no pavimentada que une dos distritos, con un tránsito aproximado de 200 vehículos por día, que beneficia a una población de 70,000.00 habitantes directo e indirectamente. En esta vía permanentemente existe problemas de estabilización en la carpeta de afirmado presentando bacheo, huecos, depresiones, resbaladeras por presencia de arcilla y

agua, ocasiona deterioro en los vehículos, accidentes, molestias durante el viaje, riesgo de vida de los pasajeros.

Por tal motivo se realizó un estudio para mejorar la estabilización de la carpeta de afirmado de la vía Lircay - Ccochaccasa, adicionando cemento en pequeños porcentajes, la estabilización con cemento es una solución que permite proporcionar a los caminos ciertas características que mejoran la serviciabilidad y transitabilidad de estos.

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones, canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Por medio de este trabajo se pretende dar a conocer que mediante la estabilización química en el que se utilizó el cemento incrementa la resistencia de los suelos, realizando ensayos en el laboratorio. La estabilización con cemento consiste en mezclar y tratar el suelo con una cantidad específico de cemento portland y agua.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL.

¿En qué medida el uso de cemento favorece en la estabilización del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- a) ¿Cuáles son las características y la calidad del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa?

- b) ¿Cuál es la densidad máxima del material afirmado, con la adición de porcentajes de cemento para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa?
- c) ¿Cuál es la capacidad de soporte (CBR) del material afirmado, con la adición de porcentajes de cemento para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el empleo del cemento en la estabilización del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay – Ccochaccasa.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Determinar las características y la calidad del material afirmado con las normas, para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay – Ccochaccasa.
- b) Determinar la densidad máxima del material afirmado, y con la adición de porcentajes de cemento para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay – Ccochaccasa.
- c) Determinar la capacidad de soporte (CBR) del material afirmado, con la adición de porcentajes de cemento para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay – Ccochaccasa.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

Es necesario conocer las características del suelo de las canteras de mayor uso en la zona, con el propósito de proteger la superficie de las carreteras afirmadas para retardar su deterioro por razones de bacheos, erosión y pérdidas de material, debido al tránsito y para evitar la presencia de polvo levantado por el tránsito que crea riesgos y deteriora el ambiente agrícola.

En la ingeniería de la construcción se han implementado avances técnicos y se quiere aportar en una de las áreas primordiales y más importantes, como es el estudio de productos químicos en la construcción.

Esta investigación es de mucha ayuda ya que busca el máximo aprovechamiento del afirmado en la construcción de la carretera Lircay – Ccochaccasa, porque se utilizó materia prima de la zona, con la finalidad de mejorar la estabilización del material afirmado adicionando porcentajes de cemento en la conformación del terraplén del afirmado de la carretera Lircay – Ccochaccasa.

Todo los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto nos permite resolver problemas o contribuir a la solución de los problemas que existe de bacheo, huecos, depresiones, resbaladeras por presencia de arcilla y agua, conllevando así baches bruscos y malestar en los pasajeros, deterioro de los vehículos y riesgo la vida de los pasajeros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los antecedentes sobre estudios similares así como algunos conceptos y elementos de análisis para la investigación en el cual se propone el empleo del afirmado adicionando porcentajes de cemento, en el mejoramiento de material granular de cantera para conformación de base para carreteras no pavimentadas. Este planteamiento se basa en las experiencias de otros países, de quienes hemos obtenido información valiosa al respecto.

2.1. ANTECEDENTES.

➤ **HINRICHSEN TRIVIÑOS N. (2005)**, realizo tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en obras civiles, denominado **"estudio de comportamiento de suelo estabilizado con sal: frente a la acción del agua, para distintas mezclas"**. Cuyo objetivo es estudiar la estabilización de caminos con sal y ver su comportamiento con distintas formas de adicionar la sal, llegando a las siguientes conclusiones:

1. La estabilización con sal es un excelente matapolvo, su aplicación en la ciudad de Valdivia en la temporada de verano con un suelo granular de 2" de diámetro como máximo tendría un excelente resultado según los resultados de laboratorio, pero con el comienzo de las primeras lluvias tendríamos problemas. Por lo cual las mantenciones del camino serian periódicas, aumentando con esto el costo de construcción, volviéndose más económica la alternativa de estabilizar

con un tratamiento Superficial simple en vez de estabilizar con sal, si el plazo de previsión de funcionamiento es superior a 10 años.

2. El estudio económico indica que a mayor cantidad de años más nos conviene la estabilización con un Tratamiento Superficial Simple. En caso que se necesite por un período corto de tiempo, ya sea, por motivos de construcciones futuras en el camino u otros casos, sería económico estabilizar con sal, y en caso de necesitar un estabilizado a largo plazo, es más económico un Tratamiento Simple. Es decir, la elección de la solución para el camino dependerá del uso que se le quiera dar al camino en cuestión.
3. Los ensayos de laboratorio demuestran una notable disminución del índice de plasticidad con la adición del cloruro de sodio, disminuyendo el IP de un 6 del suelo patrón a un IP de 1 con la adición de sal en forma de salmuera y granel, manteniéndose semejantes ambos, y con la adición de 50% granel -50% salmuera la muestra se volvió NP, lo cual es indudablemente beneficioso para su uso como estabilizador de suelos.
4. La variación en la granulometría de la fracción fina aumento de un 6.9% del suelo patrón a un 12% con la adición del Cloruro de Sodio. Como la sal actúa fundamentalmente con las partículas finas de un estabilizado, este juega un papel más relevante que la fracción gruesa, esto implica que para esta fracción se acepta una variación granulométrica.
5. Además, el cloruro de sodio produce un efecto positivo sobre la relación humedad – densidad de los suelos. Estos efectos se ven representados bajo dos cambios: una disminución de la humedad óptima y un aumento de la densidad compactada. Ambas de gran utilidad en estabilización. Apreciándose que la DMCS aumenta más con la adición de sal en forma a granel que las restantes dos formas de adicionar la sal, la DMCS del suelo patrón es 2.160 kg/m³ aumentando a 2.270 kg/m³ en forma granel (se aprecia en gráfico N° 4.q) ya

que esta se mantiene en forma de grano en la muestra, formándose más predominante en la muestra.

6. Los ensayos de C.B.R. del suelo patrón y de las distintas formas de adicionar la sal, efectuados en este estudio, no permitieron dar un juicio definitivo respecto de la influencia del cloruro de sodio.
 7. Sin embargo, con los ensayos de resistencia al corte de los suelos, medida a través de la resistencia a la compresión no confinada, permiten dar un juicio definitivo respecto de la influencia del cloruro de sodio. Aumentando su resistencia de 1.32 kg/cm² del suelo patrón, sin adición de sal, a un 1.48 kg/cm² con adición de sal a la muestra en forma de salmuera.
 8. La variación de su contenido de humedad de las mezclas de suelo sal diluida (salmuera) mostraron una tendencia a aumentar su humedad con el curado y bajo su resistencia a medida que transcurría el tiempo en la cámara húmeda confirmando que bajo condiciones de humedad su resistencia disminuye declinando en el tiempo.
- **ANTONIO SERIGOS, Pedro** (2009) realizó un trabajo de tesis denominado **“Rigidez a baja deformación de mezclas de suelo de la formación pampeano y cemento portland”** cuyo objetivo fue evaluar los efectos de la estabilización de un suelo de la formación Pampeano mediante la incorporación de cemento Portland, llegando a las conclusiones las reacciones químicas entre el agua, cemento Portland y los minerales de la fracción arcillosa del suelo dependerán del tipo y de la cantidad de cada una de estas.
- a) El suelo utilizado en este trabajo es un limo de baja plasticidad de la formación pampeano proveniente de la localidad de Ranelagh, en la Provincia de Buenos Aires. El cemento utilizado fue un CPN 40 (MRS). Las dosificaciones de cemento utilizadas fueron del 4, 6, 8 y 10%.

- b) La resistencia al desgaste abrasivo bajo ciclos de congelamiento y deshielo creció con el contenido de cemento. Las pérdidas en peso seco registradas luego de 12 ciclos para dosificaciones de cemento entre un 6 y 9% fueron menores al 8%.
- c) Para contenidos de cemento entre un 6 y 9% las probetas ensayadas presentaron grandes fisuras durante los ciclos de desgaste abrasivo bajo humedecimiento y secado. Todas las probetas fallaron por el desprendimiento de una de las capas antes de los 12 ciclos.
- d) La resistencia y la rigidez del suelo-cemento creció de forma logarítmica con el tiempo
- e) La resistencia a compresión simple creció con el contenido de cemento de forma proporcional a la raíz cuadrada para edades tempranas y aumentó de forma casi lineal para mayores tiempos de curado.
- f) El Módulo de Young para bajas deformaciones aumentó aproximadamente de forma proporcional a la raíz cuadrada del contenido de cemento para todas las dosificaciones ensayadas.
- g) La ganancia de resistencia a compresión simple entre los 7 y 28 días de edad creció con el contenido de cemento tendiendo a un valor constante.
- h) El aumento de rigidez a baja deformación entre los 7 y 28 días fue prácticamente independiente del contenido de cemento.
- i) La rigidez a baja deformación consiguió un desarrollo prácticamente total a los 28 días de edad.

- j) La rigidez a baja deformación del suelo cemento fue proporcional a la raíz cuadrada de su resistencia a compresión simple.
 - k) A mayor contenido de cemento se observó: Un incremento del Módulo de Young. Mayor dispersión en los valores obtenidos. Esto se debe al incremento de la rigidez, el material es más frágil y por lo tanto la propagación de las fisuras es más inestable.
- **GONZALO M. AIASSA Y PEDRO A. ARRÚA (2007)**, realizaron un trabajo de investigación titulado **“Diseño de mezclas de suelo compactado para la construcción de terraplenes”** cuyo objetivo fue mejorar su comportamiento y disminuir los espesores de diseño en cada una de las capas que forman el pavimento, llegando a las siguientes conclusiones. Los resultados más relevantes obtenidos son:
- a) Las mayores resistencias mecánicas para una energía de compactación específica se obtienen cuando el material posee humedad óptima en el ensayo Proctor estándar.
 - b) Las muestras presentan un notable incremento de resistencia con la adición de cemento o el aumento del porcentaje de arena.
 - c) Para el paquete estructural del pavimento, resulta imprescindible conocer a priori la categoría de tránsito, el tipo de carretera y los índices de diseño.
 - d) El espesor de base puede estimarse a partir de los porcentajes de cemento o arena incorporados al limo arenoso, analizando adecuadamente el comportamiento del material.

- e) Los contenidos de cemento superiores al 12% no aseguran disminución en el espesor del paquete base y carpeta asfáltica, limitado éste principalmente por cuestiones normativas.
- f) Para un índice de diseño unitario, no resulta necesario preparar el suelo con porcentaje superiores al 5% de arena y para lograr el mismo nivel de espesor con mezclas de suelo cemento se requiere un 7% (relación en peso).

2.2. BASES TEÓRICAS

GONZALES Define a Rocas y suelos: Las rocas son agregados naturales duros y compactos de partículas minerales con fuertes uniones cohesivas permanentes que habitualmente se consideran un sistema continuo. La proporción de diferentes minerales la estructura granular, la textura y el origen de las rocas sirven para su clasificación. (Página 121).

LOS MATERIALES PÉTREOS: Son las piedras naturales, pueden presentarse en forma de bloques, losetas, gránulos, pizarra, mármol o la arena. Suelen ser naturales aunque a veces procesados por el hombre, derivan de la roca poseen una calidad similar a la de ésta, siendo usados casi exclusivamente en el sector de la construcción, Los pétreos corresponden a una de las formas de clasificación de los materiales en general. Estos pueden ser pétreos naturales extraídos directamente de la naturaleza o pétreos artificiales procesados e industrializados por el hombre. **Obtenido de "<http://es.wikipedia.org/wiki/Materiales>"**

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS: Entre las diferentes características de los suelos están, las características físicas, mecánicas y químicas, pero es necesario especificar que en la construcción de carreteras las primeras dos ocupan la atención en la rama de la ingeniería civil, y la restante, aunque también tiene importancia, son de más interés para otras áreas como lo es la utilización del suelo para fines agrícolas.

a. **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:** Dentro de las características físicas se encuentran las siguientes propiedades:

I. **PROPIEDADES ÍNDICES:** Estas propiedades nos proporcionan una idea de la calidad del suelo, generalmente se conocen sus características físicas las cuales son: color, olor, forma y tamaño del grano. La determinación de estas propiedades es mucho más fácil y económica que la determinación de los parámetros de las propiedades mecánicas. Las principales propiedades son:

- a. **Granulometría:** Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.
- b. **Límite Líquido (LI):** Es el contenido de humedad que corresponde al límite entre los estados líquidos y plástico de un suelo.
- c. **Límite Plástico (Lp):** El límite plástico, es el contenido de humedad que tiene un suelo en el momento de pasar del estado plástico al semisólido, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.
- d. **Índice de Plasticidad (Ip):** Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$Ip = LI - Lp$$

- e. **Límite de Contracción:** El límite de contracción de un suelo, está representado por aquel contenido de humedad con el cual cesa la contracción de su masa aun cuando continúe el proceso de evaporación del agua.
- f. **El tamaño de las partículas.** Depende de la clase o clases de minerales que tiene un suelo.

La Asociación Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), establece la siguiente nomenclatura (ASTM D-653):

Piedras-Cantos rodados: fragmentos rocosos, generalmente redondeados por desgaste o por acción del tiempo, cuyas dimensiones son de unas 12 pulgadas (30.5 cm), o más.

Guijarros: fragmentos rocosos, generalmente redondeados o semirredondeados, cuyas dimensiones están comprendidas entre 3 y 12 pulgadas (7.6 y 30.5 cm aproximadamente).

Gravas: partículas, redondeadas o semirredondeadas de roca, que pasan el tamiz de 3 pulgadas (7.6 cm) y quedan retenidas en el tamiz N° 4 (0.475 cm).

Arenas: partículas de roca que pasan el tamiz N° 4 (4.75 mm) y quedan retenidas en el tamiz N° 200 (0.075 mm).

Limos: suelos finos cuyas partículas pasan el tamiz No 200 (0.075 mm), pero son mayores de 0.002 mm (en algunos casos de 0.05 mm a 0.005 mm).

Arcillas: suelos finos que presentan propiedades plásticas y cuyas partículas son menores de 0.002 mm (en algunos casos menores de 0.005 mm).

- g. La forma de las partículas:** La forma de las partículas influye en la formación de vacíos o espacios en la masa de un suelo.

II. PROPIEDADES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS: En los suelos es necesario identificar sus relaciones fundamentales entre pesos y volúmenes.

Entre las principales propiedades se encuentran:

- a. Contenido de humedad natural:** Es la relación entre el peso de agua contenida en la muestra y el peso de los sólidos de la misma.
- b. Relación de vacíos:** Es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos de una muestra de suelo. Esta propiedad permite juzgar cualitativamente el acomodo de las partículas en los suelos granulares y la deformabilidad en los suelos finos.
- c. Porosidad:** Relaciona el volumen de vacíos del suelo con el volumen total de este.

- d. **Grado de Saturación:** Es la relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos de una muestra de suelo.
 - e. **Peso específico seco:** Es la relación entre el peso seco del suelo de la muestra con respecto a su volumen total.
 - f. **Peso específico saturado:** Es la relación entre el peso del suelo saturado y el volumen total de la muestra.
- b. **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:** Las características mecánicas tienen mucha importancia para conocer el Comportamiento del suelo al ser solicitado por las fuerzas que son transmitidas a través de la estructura de cimentación. Entre estas características están:
- 1. **Resistencia al esfuerzo cortante:** Es la capacidad que tiene el suelo de no deformarse ante la aplicación de diferentes tipos de esfuerzo tales como erosivos, cortantes elásticos, presiones, etc.
 - 2. **Compresibilidad:** Es la disminución del volumen de una masa de suelo al ser sometida a esfuerzos de compresión.
 - 3. **Permeabilidad:** Es el grado de facilidad que tiene el agua al atravesar un estrato de suelo; basados principalmente en la composición granulométrica.
- c. **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.**
- 1. **Acidez:** Contenido o concentración de iones de hidrógeno en una solución, que se expresa con un valor en la escala del pH. Capacidad de una sustancia para liberar protones. Una solución es ácida si la concentración de hidrógeno (H) es mayor que la de iones de hidróxido (OH).
 - 2. **Alcalinidad:** Contenido en iones de hidrógeno de una solución. Se consigna en el indicador de pH. Se opone a la acidez. Capacidad de una sustancia para neutralizar los ácidos al combinarse con ellos.

ELEMENTOS QUE FORMAN UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

Terreno de fundación: Es el terreno que sirve de sustentación a la estructura de pavimento proyectada; el cual es definido mediante el movimiento de tierras (terracería), debidamente compactado, ajustándose a las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

Superficie subrasante: Es la superficie definida correspondiente al terreno de fundación; es el material más superficial de los cortes o colocados en los terraplenes durante las operaciones de explanación de la vía.

Su función es servir de fundación al pavimento aportando una adecuada capacidad de soporte para recibir las cargas debidas al peso propio del pavimento y al tránsito vehicular.

Sub-base: Es el elemento estructural, conformado por una capa de material selecto (suelo seleccionado), el cual es colocado sobre el nivel de la subrasante o terreno de fundación, previamente conformado y compactado, de acuerdo a lo indicado en los planos de diseño. Tiene como función transmitir a la subrasante los esfuerzos que el tránsito le impone a través de la base, así como también impedir que el agua de la terracería ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la subrasante.

Base: La base es uno de los elementos estructurales principales que forman integralmente una estructura de pavimento, la cual está conformada por materiales seleccionados y colocados en capas de espesores uniformes, nivelados y compactados en buenas condiciones de limpieza y humedad, sobre la superficie terminada de sub-base o directamente sobre el nivel de subrasante, de acuerdo al diseño de la estructura del pavimento proyectado. En este elemento es donde se producen la mayor parte de los esfuerzos producidos por las cargas vehiculares y a la vez distribuir uniformemente dichas cargas a los elementos subyacentes.

Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse.

FUNCIONES DE LA BASE.

Las funciones de esta capa son:

- Recibir y resistir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losa).
- Transmitir, adecuadamente distribuidas, estas cargas a las terracerías.
- Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producida por el tránsito.
- Impedir que la humedad de las terracerías ascienda por capilaridad.
- En caso de que haya alguna introducción de agua por la parte superior, permitir que esta descienda hasta la capa subrasante en la que por el efecto del bombeo, o sobre elevación, sea desalojada hacia el exterior.

CAPA DE AFIRMADO: El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en la carretera de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre.

El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas. Asimismo necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, obligatoriamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

CAPA SUPERFICIAL DEL AFIRMADO: La colocación de la capa superficial del afirmado es opcional, pero de colocarse el espesor de esta capa se deducirá del espesor total calculado para la capa de afirmado. El espesor de la capa superficial del afirmado, no será menor al mínimo constructivo de 100mm.

Un buen material para capa superficial de afirmado deberá estar constituido principalmente de grava triturada y arena gruesa con partículas más finas para llenar los vacíos y una porción pequeña de arcilla para actuar como ligante.

El material debe ser de buena estabilidad, resistente a la abrasión. No permitir el levantamiento de polvo que provoque un mínimo desgaste de neumáticos, económico y de fácil mantenimiento.

MACADAM GRANULAR. El macadam granular es la capa obtenida por compactación de agregados gruesos, distribuidos de manera uniforme, cuyos vacíos son rellenados con material de granulometría más fina, primero en seco, y después con ayuda de agua. Se coloca sobre una cama de asiento conformada por arena y como capa superficial se coloca material de afirmado tipo 1. La estabilidad de la capa se obtiene a partir de la acción mecánica de la compactación.

MATERIALES PARA BASE.

Los materiales que se emplean para la construcción de bases, deben satisfacer los requisitos de calidad que garanticen un adecuado comportamiento en la estructura del pavimento; deberán estar libres de residuos orgánicos, suelo vegetal, arcillas u otro material perjudicial.

Estos materiales estarán sujetos a los tratamientos mecánicos que lleguen a requerir para cumplir con las especificaciones adecuadas, siendo los más usuales: la eliminación de desperdicios, el disgregado, el cribado, la trituración y en algunas ocasiones el lavado. El material que se manda del banco al laboratorio, para

efectuar el análisis correspondiente, deberá tener las etiquetas adecuadas y al llegar al laboratorio se le efectuará un secado, disgregación y se cuarteará. El material pétreo que se emplea en la base, deberá llenar los siguientes requisitos:

- Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.
- No presentar cambios de volumen que sean perjudiciales.
- La fracción del material que pasa el tamiz N.40, ha de tener un límite líquido menor del 25%, y un índice de plasticidad inferior a 6%. (Según Norma ASTM D-4318).
- El porcentaje de desgaste, realizado a través del ensayo "Los Ángeles", debe ser inferior a 45 % (Según Norma ASTM C-131) y 50 % (Según Norma AASHTO T-96).
- El peso volumétrico seco máximo, según el ensayo "Proctor Estándar", debe ser superior que 1,500 Kg/m³.
- El CBR tiene que ser como mínimo de 80 %, compactado al 95% de su máxima densidad. (Según Norma ASTM D-1883).

TRATAMIENTOS DE MATERIALES PARA BASE.

En la construcción de una estructura de pavimento, será necesario contar con los materiales adecuados que cumplan con los requisitos para dichos procesos constructivos.

Los materiales para la conformación de base, podrán no ser utilizados en su estado natural, esto debido a las condiciones en que se encuentran como por ejemplo el tamaño de estos, los cuales deberán mejorar sus características según lo especificado en las Normas Técnicas; para lo cual es necesario tratar dichos materiales mediante los siguientes procesos:

- **Eliminación de desperdicios.** Se trata de eliminar en bancos de material un determinado porcentaje de partículas cuyo tamaño máximo sobrepasa el que se haya considerado en el proyecto (frecuentemente es de 7.5 cm). Esta eliminación se hace muchas veces en forma manual.

- **Disgregado.** Esta operación se hace generalmente en bancos de suelo duro, de roca muy alterada o en materiales con la consistencia de aglomerados poco cementados. La disgregación se hace muchas veces con rodillos de compactación del tipo pata de cabra o similar.
- **Cribado.** El cribado se realiza cuando el material que se va utilizar es granular y tiene un desperdicio arriba de 10 o 15%. En este tipo de tratamiento se usan mallas o tamices, con una abertura un poco mayor al tamaño máximo permisible. Este trabajo puede realizarse utilizando una planta con tamices de diferentes tamaños para el control de granulometrías; y una serie de bandas para el transporte de los materiales a las mallas o a los almacenamientos, los materiales que habitualmente requieren de cribado son las gravas o arenas.
- **Trituración.** Es el tratamiento a que generalmente se recurre para llegar a la granulometría adecuada a partir de materiales naturales muy gruesos o de fragmentos de roca.

La trituración suele realizarse en plantas muy completas que incluyen alimentadores, bandas de transportación, plantas de cribado, elevadores de materiales y dispositivos de trituradores de quijada, de impactos, de rodillos, etc.

- **Lavado.** Se aplica en materiales contaminados por arcilla, materia orgánica o polvos; frecuentemente se usan en conexión con operaciones de trituración y cribado. El lavado se realiza por diversos sistemas, desde el chiflonaje durante el cribado, hasta el empleo de tanques lavadores, en los que el material es removido con paletas mecánicas, mientras se le somete a riegos de agua a presión.

CAPA DE RODAMIENTO.

Es el elemento estructural que se coloca encima de la base, que puede estar formado por una mezcla bituminosa, de concreto hidráulico o adoquinado.

ESTABILIZACIONES.

La capacidad portante o CBR de los materiales de las capas de subrasante y del afirmado, deberá estar de acuerdo a los valores de diseño, no se admitirán valores inferiores.

En consecuencia, si los materiales a utilizarse en la carretera no cumplen las características generales previamente descritas, se efectuará la estabilización correspondiente del suelo.

La estabilización de un suelo, es un proceso que tiene por objeto mejorar su resistencia, su durabilidad, su insensibilidad al agua, etc. De esta forma, se podrán utilizar suelos de características marginales como subrasante o en capas inferiores de la capa de rodadura y suelos granulares de buenas características, pero de estabilidad insuficiente (CBR menor al mínimo requerido) en la capa de afirmado.

La estabilización puede ser granulométrica o mecánica, conformada por mezclas de dos o más suelos de diferentes características, de tal forma que se obtenga un suelo de mejor granulometría, plasticidad, permeabilidad o impermeabilidad, etc.

También la estabilización se realiza mediante aditivos que actúan física o químicamente sobre las propiedades del suelo. Entre los más utilizados están la cal y el cemento, pero también se emplean cloruro de sodio (Sal), cloruro de magnesio, asfaltos líquidos, escorias y productos químicos. La aplicación de estos últimos estará de acuerdo a la norma MTC 1109-2004 Norma Técnica de Estabilizadores Químicos.

ESTABILIZACIÓN DE MATERIALES PARA BASE.

Se conoce como estabilizar un material al procedimiento que se sigue para mejorar sus características por medio de la mezcla de este con otro material, sea este químico o natural.

MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

En la actualidad existen innumerables métodos de estabilización, los que se presentan en esta lista son formas de estabilización más conocidas, sin olvidar que hay muchas otras formas más específicas que aquí no se mencionan.

- Estabilización por medio químico, generalmente logrado por la adición de agentes estabilizantes específicos como el cemento, las sales, la cal, el asfalto u otros.
- Estabilización mecánica
- Estabilización térmica, por medio de calor o calcinación
- Estabilización electroquímica.

De las anteriores se dará una pequeña descripción de los métodos más utilizados: Estabilización química y mecánica.

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.

Se dice que se estabiliza químicamente un suelo, cuando en la mezcla de los materiales interviene el agua y se presentan reacciones de esta índole. Hay diferentes materiales para realizar este tratamiento, que en general son de tipo industrial, siendo los principales el cemento Portland y la cal hidratada; logrando con esta mezcla dos características: bajar la plasticidad y aumentar la resistencia.

ESTABILIZACIÓN UTILIZANDO CEMENTO.

Este tipo de estabilización llamada también Suelo - Cemento, es una mezcla de material pulverizado con cantidades medidas de cemento y agua, y compactado a

un peso volumétrico seco máximo, conforme el cemento se hidrata, la mezcla se endurece.

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto.

El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo Proctor como en la compactación de suelos.

Las propiedades del suelo-cemento dependen de:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media ($LL < 40$, $IP < 18$).

La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo.

La dosificación de cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, según lo siguiente:

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 - 5
A-1-b	5 - 8
A-2	5 - 9
A-3	7 - 11
A-4	7 - 12
A-5	8 - 13
A-6	9 - 15
A-7	10 - 16

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA).

Los suelos mejorados con cemento, constituyen un material semi endurecido, pues la proporción de cemento no suele ser superior al 3% en peso de los suelos. En este caso, sólo se pretende mejorar las propiedades de un suelo para que sea adecuado como subrasante de una capa de rodadura.

Es conveniente que la compactación se inicie cuando la humedad in situ sea la prescrita y en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y se debe terminar entre 2 y 4 horas, según las condiciones atmosféricas. A nivel de subrasante, se exige un grado de compactación mínimo 95% según AASHTO T180 en la capa de afirmado el mínimo es de 100%.

El porcentaje de cemento que se utilizó se determina en ensayos de laboratorio de acuerdo con el tipo de suelo. El suelo a utilizar puede ser de cualquier tipo: grava, arena, limo, arcilla o piedra triturada. Entre las propiedades del suelo - cemento se encuentran:

- a. **Propiedades Primarias:** son las que hacen posible que el suelo - cemento se emplee en la construcción de carreteras, siendo ésta, una de las tantas aplicaciones del suelo - cemento, dentro de estas propiedades están:
 - Resistencia a la compresión.
 - Módulo de Elasticidad.

- Capacidad de Soporte.
 - Resistencia al Desgaste, a la Congelación.
- b. **Propiedades Secundarias:** son las que garantizan la durabilidad del suelo - cemento, estas propiedades son:
- Estructura interna del suelo - cemento.
 - Resistencia a la absorción de agua.
 - Permeabilidad.
 - Conductividad térmica.

ESTABILIZACIÓN UTILIZANDO CAL.

En términos generales la estabilización de suelos mediante la adición de cal hidratada son bastantes similares a las de estabilización con cemento. Es preciso mencionar que la aplicación de la cal se extiende mucho más hacia los suelos finos y mucho menos en el lado de los materiales granulares. Algunos de los efectos que se logran con el tratamiento de suelos arcillosos mediante la adición de cal son:

- Se reduce el índice plástico en forma considerable; esto se debe generalmente a un pequeño incremento en el límite plástico y una considerable reducción en el límite líquido.
- El agua y la cal colaboran para acelerar la disgregación de los grumos de arcilla durante la operación de pulverización, lo cual facilita la trabajabilidad.
- Se reducen los efectos aglomerantes.
- En suelos que tienen humedades superiores a la óptima, la aplicación de la cal facilita el disgregado del suelo, lo que a su vez propicia un secado más rápido.
- Las contracciones y expansiones debidas a cambio de humedad se reducen considerablemente. - La resistencia del suelo a la compresión se incrementa. Asimismo también el Valor Relativo de Soporte se incrementa.
- La capa estabilizada proporciona una excelente plataforma de trabajo para la construcción de las capas superiores de la sección estructural del camino.

ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO

La estabilización con asfalto consiste en adicionar un producto bituminoso que puede ser asfalto líquido, asfalto cortado o emulsiones asfálticas. Especialmente recomendado para suelos de baja plasticidad, donde se realiza la impermeabilización del suelo al recubrir sus partículas con una película de asfalto.

ESTABILIZACIÓN CON ENZINAS

Proviene de un compuesto natural orgánico similar a las proteínas que actúan como un catalizador. Puede utilizarse en cualquier tipo de suelo, pero se aconseja que el Contenido de material fino que pasa por la malla N° 200 debe estar comprendida entre un 18% a 30%. O bien lo que aconseje el Distribuidor.

ESTABILIZACIÓN CON ACEITE SULFANADO

La estabilización con aceite sulfonado condiciona al suelo para alcanzar elevados índices de C.B.R y compactaciones superiores al 110% del Proctor, aumentando la capacidad portante y la resistencia al esfuerzo cortante y la resistencia al esfuerzo cortante. El aceite sulfonado actúa únicamente sobre la fracción fina de los suelos, vale decir, limos y arcillas, por lo que la dosis de aceite a aplicar estará en función del contenido y tipo de fino. Los suelos que han demostrado una mayor calidad de firme son los granulares, cuyo índice de plasticidad es inferior al 10 y el límite líquido menor que 40.

ESTABILIZACIÓN MECÁNICA.

La estabilización por mezcla se hace remontar usualmente a la segunda década del siglo pasado, ocurriendo en los E.U.A. Los primeros trabajos en los que se usó con plena conciencia de sus objetivos. Los nombres de algunos ilustres pioneros de la Mecánica de Suelos, como Terzaghi, Casagrande y Hogentogler no son ajenos a los desarrollos más pioneros de estas técnicas. Cuando se diseñan mezclas de

suelos, para lograr con ellas unas determinadas propiedades deseables, la granulometría suele ser el requisito más relevante en la fracción gruesa, en tanto que la plasticidad lo es, naturalmente, en la fina. El tamaño máximo de las partículas de la mezcla tiene importancia, puesto que tamaños demasiado grandes son difíciles de trabajar y producen superficies muy rugosas; una proporción demasiado grande de tamaños gruesos conduce a mezclas muy segregables. La presencia de contenidos importantes de materiales finos, menores que la malla 40, hace difícil lograr buenas características de resistencia y de deformabilidad, además de que puede conducir a superficies demasiado lisas y fangosas, cuando están húmedas y pulverulentas, cuando están secas.

TIPOS DE PAVIMENTOS.

Un Pavimento es la estructura vial formada por una o varias capas (sub-base, base y capa de rodamiento), de materiales seleccionados comprendidas entre el nivel superior de la terracería y la superficie de rodamiento. Tiene como principales funciones: proporciona una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a la terracería los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

- a. **PAVIMENTOS FLEXIBLES:** Son aquellos que tiene una base flexible o semirrígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto; las cuales pueden ser colocadas en caliente o en frío, que transmiten los esfuerzos al terreno de soporte mediante un mecanismo de disipación de tensiones, las cuales van disminuyendo con la profundidad.

- b. **PAVIMENTOS RIGIDOS:** Son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Portland, con o sin acero de refuerzo. En algunos casos, estos pavimentos podrán llevar una carpeta de desgaste

formada por una mezcla bituminosa; transmite los esfuerzos al terreno de soporte repartiéndolos en un área muy amplia.

- c. **PAVIMENTOS ARTICULADOS:** Estos pavimentos están formados por elementos prefabricados de pequeñas dimensiones que individualmente son muy rígidos, pero conforman un conjunto cuyo comportamiento se asemeja a la de un pavimento flexible, es decir, transmite los esfuerzos al suelo de sustentación mediante un mecanismo de disipación de tensiones.

ENSAYO DE CBR. (Relación de soporte de California)

La finalidad de este ensayo, es determinar (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. De penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras

compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. Y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

ENSAYO DE PROCTOR.

Sirven para determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad.

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado".

La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado.

Ambos ensayos se deben al ingeniero que les da nombre, Ralph R. Proctor (1933), y determinan la máxima densidad que es posible alcanzar para suelos o áridos, en unas determinadas condiciones de humedad, con la condición de que no tengan excesivo porcentaje de finos, pues la prueba Proctor está limitada a los suelos que pasen totalmente por la malla No 4, o que tengan un retenido máximo del 10 % en esta malla, pero que pase (dicho retenido) totalmente por la malla 3/8". Cuando el material tenga retenido en la malla 3/8" deberá determinarse la humedad óptima y el peso volumétrico seco máximo con la prueba de Proctor estándar.

El Grado de compactación de un terreno se expresa en porcentaje respecto al ensayo Proctor; es decir, una compactación del 85% de Proctor Normal quiere decir que se alcanza el 85% de la máxima densidad posible para ese terreno.

Las principales normativas que definen estos ensayos son las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing Materials, Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Proctor estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado. En España existen las normas UNE 103-500-94 que define el ensayo de compactación Proctor Normal y la UNE 103-501-94 que define el ensayo Proctor Modificado.

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SUELOS

GENERALIDADES

El tamaño de los granos de un suelo se refiere a los diámetros de las partículas que lo forman, cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada. Las partículas mayores son las que se pueden mover con las manos, mientras que las más finas por ser tan pequeñas no pueden ser observadas con un microscopio. De igual forma constituye uno de los fundamentos teóricos en los que se basan los diferentes sistemas de clasificación de los suelos, como H.R.B. y el S.U.C.S.

OBJETIVOS

- Determinar la cantidad en % de diversos tamaños que constituyen el suelo, en cuanto al total de la muestra utilizada.
- Verificar si el suelo puede ser utilizado para la construcción de proyectos.
- Conocer la utilización de los instrumentos del laboratorio.
- Conocer y definir ciertas características importantes del suelo como son: La Permeabilidad, Cohesión, altura de ascenso capilar, y facilidad de drenaje.

METODOS DE ENSAYO

Existen diferentes métodos, dependiendo de la mayor proporción de tamaños que existen en la muestra que se va a analizar. Para las partículas Gruesas, el

procedimiento utilizado es el Método Mecánico o Granulometría por Tamizado. Pero para las partículas finas, por dificultarse más el tamizado se utiliza el Método del Sifoneado o el Método del Hidrómetro, basados en la Ley de Stokes.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.

Ho: El uso de cemento no mejora la calidad del material afirmado para la estabilización del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.

Hi: El uso de cemento mejora la calidad del material afirmado para la estabilización del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

CANTERA. Son depósito de rocas metálicas y no metales que pueden ser explotados como material de construcción, como mármol, granito, calizas, pizarras, es la división otros.

COLOR. Es la interacción de la luz con el material. Depende de la longitudes de onda que son absorbidas por el mineral de la cuales son reflejadas

DUREZA. Es la resistencia que ofrece la superficie lisa de un material pétreo al ser rayada. Depende de la estructura y se puede considerar como una manera de evaluar su reacción a una tensión sin rotura

ARCILLA: Tipo de suelo cuyas partículas que lo conforman son de tamaño comprendido entre 0,006 mm o menos.

ARENA: Tipo de suelo cuyas partículas que lo conforman son de tamaño comprendido entre 0,076 y 2,03 mm.

BASE: Capa constituida por un material de uso estructural, de espesor determinado de acuerdo a diseño, la cual se coloca sobre la sub base o sobre el nivel de subrasante, según sea que se considere o no la incorporación de material de sub base.

CAPACIDAD DE SOPORTE: Carga por unidad de superficie que no produce más que una deformación prevista para diferentes condiciones de los suelos.

CARPETA DE RODADURA: Capa superior de un pavimento que recibe directamente la acción del tránsito. Debe ser resistente al deslizamiento, a la abrasión y a la desintegración producida por efectos del tránsito y los agentes ambientales.

CLASIFICACIÓN A.A.S.H.T.O.: Sistema de clasificación de los suelos, cuyas siglas significan American asociación of State highway officials.

COHESIÓN: Características de algunas partículas del suelo de atraer y adherirse a partículas semejantes.

COMPACTACIÓN DE UN SUELO: Es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad para soportar cargas.

125

COMPORTAMIENTO ANTE LOS CAMBIOS DE HUMEDAD: Capacidad del suelo de soportar variaciones importantes en una o más de sus propiedades de desempeño, a consecuencia de fenómenos naturales (cambios estacionales) o artificiales (anegamiento, drenaje u otro).

Comportamiento ante ciclos hielo- deshielo: capacidad de suelo de soportar variaciones de volumen y presión a consecuencia del cambio de fase del agua contenido en su interior.

CONGLOMERANTE: Dicho de un material que es capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, que originan nuevos compuestos.

CURADO: Tiempo requerido para que el suelo tratado químicamente complete la reacción físico-química de tal forma que alcance las propiedades de diseño.

DENSIDAD: Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m^3).

DURABILIDAD A LA ABRASIÓN: Capacidad del suelo, frente a la acción de agentes mecánicos o climáticos, de controlar el desprendimiento de las partículas que lo componen.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA: Tiene por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño. La distribución de las partículas con tamaño superior a 0,075 mm se determina mediante tamizado, con una serie de malla normalizada

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS: La estabilización de suelo cambia considerablemente las características del mismo, produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo en forma prolongada en particular en lo que concierne a la acción del agua.

ESTABILIZADOR DE SUELOS: Producto químico, natural o sintético, que por su acción y/o combinación con el suelo, mejora una o más de sus propiedades de comportamiento.

ESTABILIZACIÓN MECÁNICA: Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo.

ESTADO PLÁSTICO: Es el contenido de la humedad para el cual el suelo posee la capacidad de deformarse sin romperse, es decir es el contenido de humedad para el cual el suelo puede mantener unidas las partículas que lo conforman.

ÍNDICE PLÁSTICO: Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

LÍMITE ELÁSTICO: Esfuerzo a partir del cual la proporcionalidad entre la fatiga y la deformación de un material se pierde. También llamado límite de las deformaciones elásticas.

LÍMITE LÍQUIDO: Def. (01) Es el contenido de agua al cual el suelo cambia de estado plástico a estado líquido. Def. (02): Se define por convención como el contenido de humedad para el cual una acanaladura en el equipo normalizado Casa Grande requiere 25 golpes para cerrarse en una longitud de 13 mm.

LIMITE PLÁSTICO: Def. (1): Se define como el contenido mínimo de agua con el cual el suelo permanece en estado plástico Def. (2): Limite Plástico se define por convención como el contenido de humedad para el cual un cilindro de 3 mm de diámetro comienza a presentar fisura.

LIMO: Tipo de suelo cuyas partículas que lo conforman son de tamaño comprendido entre 0,006 y 0,076 mm.

MATERIAL GRANULAR: Tipo de suelo cuyas partículas son más gruesas que el material cohesivo y no se pegan entre sí.

MATERIALES ORGÁNICOS: Conjunto de materiales vegetales, animales, residuos como: hojas, raíces, tallos y frutas de plantas, estiércol de animales y humanos, sobrantes de cosechas y cocina (cascaras, ceniza) procesados o no, naturalmente o por manipulación del hombre. Material orgánico biológico de cualquier naturaleza, que se encuentre sobre o dentro del suelo, vivo, muerto o en estado de descomposición.

MATERIALES INORGÁNICOS: Materia de origen mineral propia de la composición de los suelos. Está formada por moléculas más simples.

MATERIA VIVA: La materia viva es la materia que forma parte de los seres vivos. Puede ser orgánica (proteínas, lípidos, azúcares, etc.) y también puede ser inorgánica (agua, sales minerales).

NORMAS TÉCNICAS: documentos normativos como para el uso común y repetitivo, establecido por consenso aprobado por un organismo reconocido y cuya aplicación es voluntaria ello contiene reglas, guías o características para bienes, servicios, procesos o métodos de operación.

PAVIMENTO: Estructura compuesta por una o más capas colocadas sobre la subrasante con el objeto de soportar y distribuir al suelo las cargas producidas por el tránsito.

PH: (Sigla de potencial hidrogeno). Corresponde al logaritmo decimal negativo de la concentración de iones de hidrogeno de una solución o términos más estrictos de la actividad de los iones de hidrogeno. El PH indica el carácter ácido ($Ph < 7$), neutro $Ph=7$, o base ($Ph > 7$) de una solución básica.

PROPIEDADES DE DESEMPEÑO: Características de comportamiento de suelos desde el punto de vista de la ingeniería. Las propiedades de desempeño se evalúan en forma relativa comparando los resultados de ensayos prácticos en terreno o en el laboratorio, sobre el suelo en su estado natural y después de tratado con el estabilizador químico.

PLASTICIDAD: La propiedad de un suelo que permite deformarlo más allá del punto en pueda recuperarse sin agrietarse o sin cambio de volumen apreciable.

PROCTOR MODIFICADO: Prueba ejecutada en laboratorio a una muestra representativa de suelo, la cual a través de un procedimiento normalizado de ejecución mide e indica el valor de la densidad del suelo con respecto al sitio de la obra dada y determina el efecto de la humedad en la densidad del suelo, permitiendo de esta manera conocer el valor de la humedad óptima con la cual el suelo estudiado alcanza su densidad máxima, la que sirve como base para medir el grado de compactación que debe aplicarle al suelo en terreno. Por lo tanto de una prueba Proctor podemos concluir: 1) Con cierta humedad el suelo llega a su densidad máxima cuando se le aplica una cantidad específica de energía de compactación. 2) La densidad máxima que se obtiene bajo estas condiciones se llaman Densidad Proctor 100% 3) El valor de la humedad en el punto de densidad

máxima se denomina Humedad Optima. 4) El valor Proctor 100% que así se obtiene se utiliza como base para medir el grado de compactación del suelo este valor de densidad Proctor 100% puede entonces considerarse como la medida estándar para la compactación.

PROPIEDADES DE DESEMPEÑO: Características de comportamiento del suelo desde el punto de vista de la ingeniería.

SUELO: Resultado de la desintegración, de la roca madre en forma natural que forma la superficie del planeta es decir suelo es la superficie de material suelto de la corteza terrestre.

SUELO – CEMENTO: Es el *suelo estabilizado con cemento* que viene hacer una mezcla en seco de suelo o tierra con determinadas características granulométricas, cemento Portland y, en su caso, aditivos. A la mezcla se le adiciona una cierta cantidad de agua para su fraguado y posteriormente se compacta.

SUBRASANTE: Nivel superior del movimiento de tierras cuando éste ha sido terminado de acuerdo a proyecto y sobre el cual se construye la estructura de pavimento compuesta normalmente por Sub base, base y carpeta de hormigón o asfalto.

SUB BASE: Capa constituida por un material de uso estructural, de espesor determinado de acuerdo a diseño, la cual se coloca sobre la subrasante.

TRABAJABILIDAD: Facilidad para mezclar el suelo, colocarlo, enrasarlo y compactarlo.

SUBRASANTE. La subrasante es la capa superficial de terreno natural. Para construcción de carreteras se analizará hasta 0.45 m de espesor, y para rehabilitación los últimos 0.20 m. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño del afirmado, que se colocará encima.

Se identificarán cinco categorías de subrasante:

- S0 : Subrasante muy pobre CBR < 3%
- S1 : Subrasante pobre CBR = 3% - 5%
- S2 : Subrasante regular CBR = 6 - 10%
- S3 : Subrasante buena CBR = 11 - 19%
- S4 : Subrasante muy buena CBR > 20%

COMPACTACIÓN. La compactación inicial debe hacerse mediante el uso de rodillo liso con un peso de entre 10 y 12 toneladas o rodillo liso vibratorio.

En los tramos en tangente, la compactación partirá siempre de los bordes hacia el eje y en las curvas del borde más bajo hacia el más alto. En cada pasada, el equipo utilizado debe cubrir, por lo menos, la mitad de la pasada de compactación anterior.

CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM D1883: Desarrollado por la División de Carreteras de California en 1929. Se emplea en el diseño de pavimentos y para evaluar la resistencia al corte de materiales que conforman las capas de un pavimento.

El CBR: está definido como el esfuerzo requerido para que un pistón normalizado penetre en el suelo a una profundidad determinada, comparado con el esfuerzo requerido para que el pistón penetre hasta esa misma profundidad en una muestra patrón consistente en piedra chancada.

CEMENTO: Se conoce como cemento portland. Es una mezclas de calizas y arcilla pulverizadas a grades temperaturas, con adición de yeso que al entrar en contacto con el agua, desarrolla la capacidad de unir fragmentos de grava y arena, para formar un sólido único o piedra artificial, conocida con el nombre de concreto hidráulico.

AFIRMADO: Es una mezclas de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños el afirmado será pobre.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES:

a. Variable Independiente:

El empleo del cemento (X)

b. Variable Dependiente:

Mejora la estabilización del material afirmado (y)

2.6. DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE E INDICADORES.

Variables	Indicadores	Unidad
Independiente: (X) El empleo del cemento	• Evaluación del material afirmado.	Mala Regular Buena
	• La adición de cemento de 1%, 2% y 3%.	Mala Regular Buena
Dependiente: (Y) Mejora la estabilización del material afirmado	Relación de soporte de California (CBR)	% porcentajes
	Máxima densidad	% porcentajes
	Optimo contenido de agua	% porcentajes

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. AMBITO DE ESTUDIO.

El presente estudio se realizó en las canteras ubicadas en el tramo de la carretera nacional de Lircay - Ccochaccasa, que se encuentra entre los Distritos de Lircay y Ccochaccasa, provincia de Angaraes, Región Huancavelica.

3.1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO.

UBICACIÓN POLÍTICA.

Región : Huancavelica.
 Provincia : Angaraes
 Distritos : Lircay y Ccochaccasa

UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

El área del estudio comprende los distritos de Lircay y Ccochaccasa la cual consigna los siguientes datos:

Distrito	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud
Lircay	12°59'34.46"	74°43'53.19"	3 414 m.s.n.m

(Uchcupampa)			
Ccochaccasa	12°55'44.19"	74°47'09.85"	4235 m.s.n.m

El acceso que se tiene para el Distrito de Ccochaccasa es el siguiente: Desde la ciudad de Huancavelica hasta el distrito de Ccochaccasa es aproximadamente 50 Km. (2 horas).

Desde Lircay hasta el Distrito de Ccochaccasa es aproximadamente 28 Km. (1 hora).

El acceso que se tiene para el anexo de Uchcupampa es el siguiente: Desde la ciudad de Huancavelica hasta el anexo de Uchcupampa es aproximadamente 71.5 Km. (2 horas).

Desde Lircay hasta el anexo de Uchcupampa es aproximadamente 7.5 Km. (15 minutos).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación a realizarse es de tipo básica, también llamada investigación fundamental o investigación pura, se suele llevar a cabo en los laboratorios; contribuye a la ampliación del conocimiento científico, creando nuevas teorías o modificando las ya existentes. Investiga leyes y principios

3.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es el Descriptivo y Explicativo. Según Restituto, S. (2002) "las investigaciones explicativas buscan especificar las propiedades importantes de los hechos y fenómenos que son sometidos a una experimentación de laboratorio o de campo"

3.4. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.

3.4.1. Método General:

En la presente investigación, se utilizara el método científico como método general. En la actualidad según Cataldo, (1992): "El estudio del método científico es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra "método" ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permite al investigador realizar sus objetivos".

A decir de Kerlinger, F., y otros (2002), "el método científico comprende un conjunto de normas que regulan el proceso de cualquier investigación que merezca ser calificada como científica".

Además el mismo Kerlinger enfatiza "La aplicación del método científico al estudio de problemas pedagógicos da como resultado a la investigación científica".

3.4.2. Método Especifico:

El método experimental, Según Oseda, J. (2008): "El método experimental es un proceso Lógico, sistemático que responde a la incógnita: ¿Si esto es dado bajo condiciones cuidadosamente controladas, que sucederá?".

3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Se utilizará en la investigación el Diseño General pre Experimental, Diseño Específico Pre Experimental con pre test y post test.

GE: O_1 X O_2

Dónde:

G.E. Grupo Experimental.

O_1 : Pre Test

O₂: Post Test

X: Manipulación de la Variable Independiente.

Muestra → Análisis → Resultado

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.

3.6.1. POBLACIÓN.

En el caso de nuestra investigación, se realizó la investigación en las 02 canteras ubicadas en tramo de la carretera Lircay - Ccochaccasa, los más utilizados en el terraplén del afirmado de la vía.

Según Oseda, D (2008) "La población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad, o similares".

3.6.2. MUESTRA Y MUESTREO.

La muestra se obtuvo de las canteras de estudio a través de calicatas, de tres puntos al azar, en nuestro caso se tomó una muestra de 150 kg por cantera, para todos los ensayos que se realizó en laboratorio.

3.6.2.1. EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS: Material Granular de Cantera (Afirmado):

Se obtuvo Muestras de las canteras ubicada en la zona de estudio cuyas canteras se encuentra ubicadas en:

- Cantera de Uchcupampa ubicada en la margen derecha a 7.5 Km de la ciudad de Lircay.

- La cantera de Ccochaccasa ubicada en la margen izquierda a 21.5 Km de la ciudad de Lircay.

Se realizó calicatas con una profundidad de 2.00 mts. para luego obtener las muestras representativas, el objetivo principal es de obtener las muestras representativas es para llevarlo al laboratorio y realizar los ensayos correspondientes.

Una vez realizada las calicatas se procede a obtener una muestra representativa de **150 kg** y una pequeña muestra de **2 kg** para obtener el contenido de humedad en una bolsa impermeable para no perder las propiedades naturales.

Foto N° 1: MATERIA PRIMA



Según el mismo Oseda, D. (2008), menciona que “la muestra es una parte pequeña de la población o un subconjunto de esta, que sin embargo posee las principales características de aquella. Esta es la principal propiedad de la muestra (poseer las principales características de la población) la que hace posible que el investigador, que trabaja con la muestra, generalice sus resultados a la población”.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.7.1. TÉCNICAS

Las principales técnicas que se utilizó en este estudio fueron:

- Se ubicó las canteras de mayor volumen y explotados en la construcción de la carretera Lircay - Ccochaccasa.
- Se realizó calitas en la parte donde existe mayor volumen de material afirmado con una profundidad de 02 metros por 01 metro de diámetro.
- Se obtuvo muestra representativa de 150 kilos por única vez en una bolsa impermeable.
- Formatos del laboratorio de mecánica de suelos

3.7.2. INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se utilizó:

- Bolsas de conservación para las muestras.
- Balanza.
- Lampa
- Pico
- Útiles de escritorio necesarios.
- Movilidad adecuada
- Equipos e instrumentos del laboratorio de mecánica de suelos para cada ensayo que se realizó.

VALIDEZ DE LOS EQUIPOS Y CONFIABILIDAD

Los equipos e instrumentos que se utilizó son de propiedad del laboratorio de mecánica de suelos de la Escuela Académica Profesional Civil – Lircay de la Universidad Nacional de Huancavelica.

3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

El procesamiento de recolección de datos se realizó a través de los formatos de laboratorio de mecánica de suelos y asfalto de la Universidad nacional de

Huancavelica, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil Lircay. A continuación se muestran fotografías del procedimiento de recolección de datos:

Foto N° 2: PROCESOS EN LABORATORIO



3.8.1. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (A.S.T.M D 2216, MTC E 108-2000)

Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y sólida del suelo (partículas minerales del suelo).

EQUIPOS UTILIZADOS:

- Recipientes para humedad (aluminio o latón)
- Horno con control de temperatura o de secado
- Balanza de Digital con una sensibilidad de 0.01 gr.

Foto N° 3: EQUIPOS UTILIZADOS**PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:**

1. Se pesa una cápsula o recipiente de aluminio o latón, identificar y revisar adecuadamente el recipiente.
2. Luego se colocó una muestra representativa de suelo húmedo en la cápsula y se determinó el peso del recipiente más del suelo húmedo.
3. Después de pesar la muestra húmeda más el recipiente, se colocó la muestra al horno.
4. Cuando la muestra se haya secado hasta mostrar un peso constante (mientras haya agua presente para evaporar, el peso continuara disminuyendo en cada determinación que hagamos en la balanza), se

determina el peso del recipiente más del suelo seco asegurándose de usar la misma balanza para todas las mediciones de peso.

5. Calculamos el contenido de humedad "W" que es la diferencia entre el peso de suelo húmedo más el del recipiente que es el peso del agua **Ww** que estaba presente en la muestra. La diferencia entre el peso del suelo más el recipiente y el peso del recipiente solo es el peso del suelo **Ws**.

$$\omega = \frac{Ww * 100}{Ws}$$

6.

W w = Peso del agua en la muestra

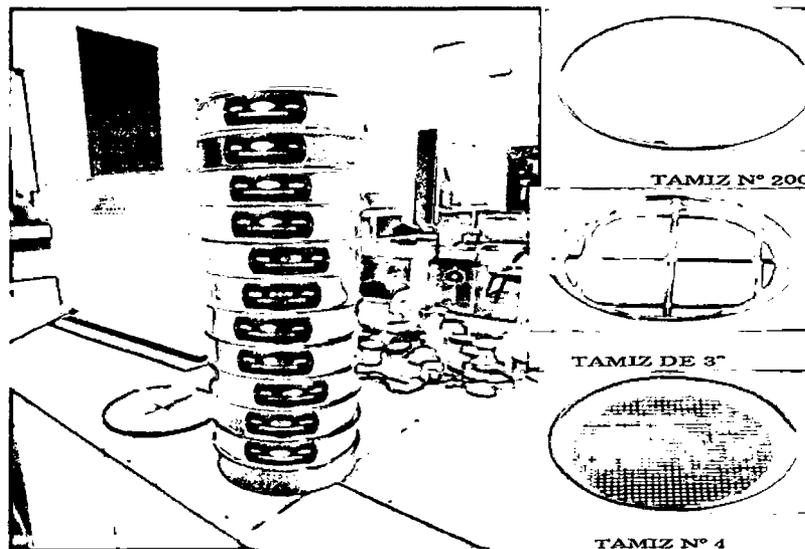
W s = Peso del suelo seco

3.8.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM-D4318, AASHTO T-89, AASHTO T-90)

EQUIPO UTILIZADOS:

- Horno
- Balanza de 16 a 20 kg con sensibilidad de 0.1 gr.
- Juego de tamices.
- Bandejas de aluminio o cazoleta

Foto N° 4: EQUIPOS UTILIZADOS



PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

1. Se realizó el cuarteo de la muestra, el cual se divide en 4 partes iguales y se pasa a retirar 2 partes y así sucesivamente hasta obtener aproximadamente de 2 kg.
2. Se seca la muestra representativa en horno durante 24 horas.
3. Se pesó la muestra después de enfriarla y se registró el peso con aproximación de gramos.
El tamizado se hace con las siguientes mallas (4", 3 1/2", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, N° 10, N° 40 y N° 200) y se sacude el conjunto vigorosamente con un movimiento rotatorio horizontal pesando lo retenido en cada una de las mallas con una aproximación de 0.5 gr.
4. Obténgase 1000 gramos del agregado fino que pasa el tamiz N° 4 mediante cuarteo.
5. Colocar la muestra sobre el tamiz N° 200 y lavar cuidadosamente el material a través del tamiz utilizando agua común hasta cuando el agua que pasa a través del tamiz mantenga su transparencia. Este método asegura que muy poco polvo se adhieren a las partículas mayores y que los gramos de material fino ablandados por el agua, se desbaraten y permitan que las partículas de arcilla pasen a través del tamiz y luego del secado las partículas aisladas permanezcan separadas.
6. Verter cuidadosamente el residuo, con ayuda de agua en un recipiente de secador y permitirle sedimentar por un periodo de tiempo suficiente hasta lograr que el agua en la parte superficial de la suspensión se vuelva transparente. Botar tanto como se pueda de esta agua transparente y colocar el recipiente con la suspensión suelo y agua en el horno para secado.
7. Al día siguiente pesar el residuo secado al horno. La diferencia en peso entre la muestra original secada a la estufa y la muestra lavada (también secada a

la estufa), se añade al peso del material retenido en la cazoleta para determinar el peso del suelo que pasa por el tamiz N° 200.

8. Llevar la muestra al juego de tamices (N° 8, 10, 16, 20, 30, 40, 50, 80, 100 y 200) (ASTM-D422, AASHTO T193) con la cazoleta o fondo en la parte baja. Se coloca la tapa en la parte alta y se sacude el conjunto vigorosamente con un movimiento rotatorio horizontal; se pesa lo retirado en cada uno de las mallas con una aproximación de 0,01 gr.
9. Conociéndose los pesos retenidos en cada una de las mallas se obtiene los porcentajes retenidos parcial y acumulativo, así como los parciales que pasan.
10. Trazamos luego la curva granulométrica, que es una curva de distribución según el tamaño de los granos en un gráfico a escala semilogarítmico donde las abscisas son la aberturas de la mallas y la ordenadas son los porcentajes de material que pasan por dichas malla.

Foto N° 5: CUARTEO DE LAS MUESTRAS



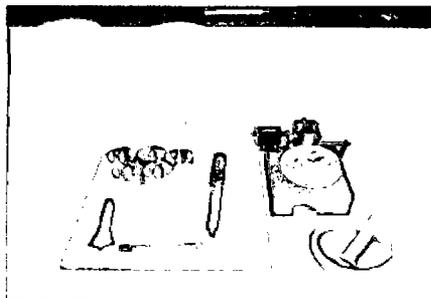
3.8.3. LIMITES DE CONSISTENCIA

A. LIMITE LÍQUIDO ASTM D-4318, MTC E 110-2000

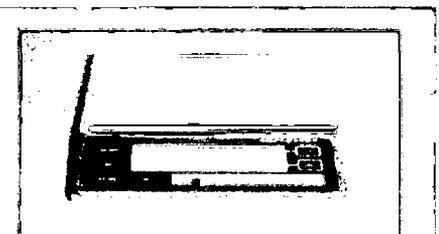
EQUIPOS UTILIZADOS:

- Aparato de CASAGRANDE, que consta de: Una cuchara con superficie circular y un acanalador que sirve para hacer una hendidura en el material.
- Tazón para depositar y mezclar el material a ensayar.
- Tara para determinar el contenido de humedad.
- Espátula de acero inoxidable, con hojas de aproximadamente 80x20mm.
- Para mezclar el material con el agua.
- Balance con sensibilidad de 0.01 gr
- Horno de temperatura de 110°C

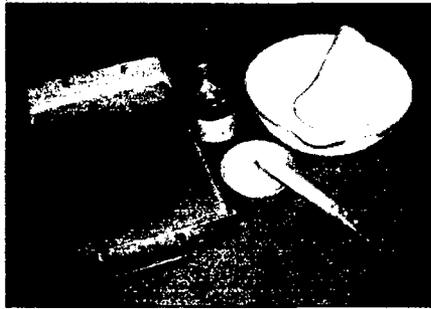
Foto N° 6: EQUIPOS UTILIZADOS



recipientes para el mesclado



Balanza aprox. 0.01g



Copa de Casagrande

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

1. Se seca la muestra representativa en horno durante 24 horas.
2. Se pesa la muestra después de enfriarla y se registra el peso con aproximación de gramos.

3. Se seca la muestra al aire y se tamiza utilizando la malla N° 40, se mezcla y se toma 100 gr del material mezclado que ha pasado por dicho tamiz.
4. La calibración del aparato debe aprobarse a menudo ajustándolo si no está exacto. Se considerará calibrando cuando la cuchara al estar en su máxima elevación, en el punto donde golpea la base, tenga una distancia de un centímetro de la misma.
5. Se coloca la muestra en el tazón y se mezcla con unos 15 a 20 cm³ de agua amasando y mezclando. Se va incrementando agua hasta conseguir una consistencia tal que mediante el procedimiento indicado cierre la ranura unos 13 mm, al cabo de 15 a 35 golpes
6. Se coloca en la cuchara de bronce una porción de muestra se extiende con la espátula, se nivela para obtener la profundidad de un 1 cm, en el punto de espesor máximo regresando el exceso de suelo al recipiente.
7. Utilizando el acanalador, se divide la muestra contenida en la cuchara de bronce, haciendo ranura a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la muestra del suelo.
8. Se gira la manivela a razón de dos vueltas por segundo y se anotan los golpes necesarios para que las paredes de la ranura se unan en el fondo del mismo en una distancia de 13 mm aproximadamente.
9. Por medio de la espátula, se toma aproximadamente 15 gr del suelo próximo a las paredes de la ranura donde se cerró. Se coloca en un recipiente y se lleva al horno a una temperatura de 110 °C hasta obtener peso constante. Una vez enfriada la muestra se vuelve a pesar para obtener la humedad del suelo.
10. Se transfiere el suelo sobrante en la cuchara, se lava y se seca, y se vuelve a hacer el mismo ensayo adicionándole un poco de agua. Por lo menos hacer dos determinaciones adicionales.
11. Luego en un gráfico de papel semilogaritmico, se coloca el contenido de humedad como ordenada en la escala aritmética y en número de golpes con abscisa en la escala logarítmica.

La línea de fluidez es la recta que promedia los tres o más puntos obtenidos en el ensayo. Se toma como LL el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes.

Para determinar el Limite Líquido de un suelo arenoso se usa una espátula especial para que la arena no se separe de la cuchara del Casagrande al momento de hacer la hendidura, debido a que no pase material gigante y después en forma muy cuidadosa se concluye con el acanalado.

Como es muy difícil conseguir puntos con más de 25 golpes, el Límite Líquido de este tipo de suelo se determina con el método de 1 punto, siendo L.L.:

$$L.L = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Dónde:

N: Es el número de golpes que uno procura esté lo más próximo a 25.

W: Es el contenido de humedad de la muestra

$(N/25)^{0.121}$: Se puede determinar para distintos números de golpes y simplemente se multiplica este factor por el contenido de humedad de la muestra. Este factor lo damos en la TABLA N° 1.

TABLA N° 1: determinación de L.L. por 1 punto

N° de golpes	$(N/25)^{0.121}$
20	0.9734
21	0.9792
22	0.9847
23	0.9900

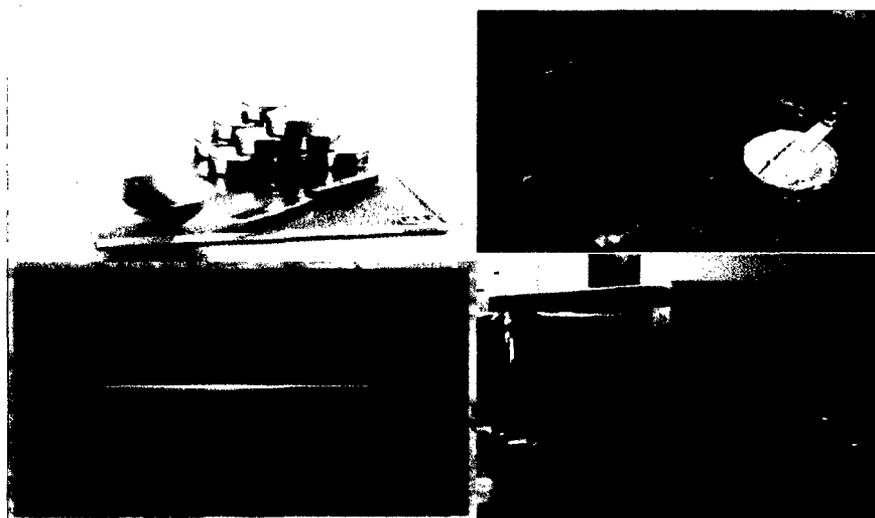
24	0.9951
25	1.000
26	1.0048
27	1.0094
28	1.0138
29	1.0182
30	1.0223

B. LIMITE PLÁSTICO ASTM D 4318, MTC E 111-2000:

EQUIPOS UTILIZADOS

- Tazón para depositar y mezclar la materia a ensayar.
- Balanza con sensibilidad al 0.01 gr.
- Horno a temperatura de 110 °C.
- Placa de vidrio u otra superficie lisa no absorbente.
- Tazón para determinar el contenido de humedad.
- Espátula de acero inoxidable, con hoja de aproximadamente de 80 x 20 mm, para mezclar el material con agua.

Foto N° 7: EQUIPOS UTILIZADOS



PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

1. Se toma aproximadamente 50gr de la porción completamente mezclada, con material que pasa el tamiz N° 40. El suelo seco se coloca en la cápsula de porcelana y se mezcla con agua destilada hasta que la mezcla se vuelva plástica y uniforme; para formar fácilmente una bola de la cual se toma 8 gr que se hace rodar entre los dedos y placa de vidrio con una presión suficiente como para darle forma de un hilo de diámetro uniforme a través de toda su longitud.
2. Cuando al hacerlo rodar, muestra pequeñas fisuras en un diámetro de 3.2 mm. Se reúne el pedazo y se colocan en un recipiente tapado (M3), se pesa el recipiente con el suelo húmedo (M1) y se anota el valor.
3. Seguidamente se saca el suelo en un horno a una temperatura de 110 °C y luego se pesa (M2) la pérdida de agua se registra como peso de agua.
4. Se calcula el límite plástico (Wp), expresado como el contenido de agua (%) del peso del suelo seco al horno.

$$W_P = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} * 100 \% \qquad W_P = \frac{W_{agua}}{W_{sueloalhor\ no}} * 100 \%$$

Dónde:

M1 = Recipiente+ suelo húmedo

M2 = Recipiente+ suelo seco

M3 = Recipiente

C. ÍNDICE DE PLASTICIDAD:**PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:**

Se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$I.P = L.L - L.P$$

Dónde:

I.P = Índice de Plasticidad

L.L = Limite Liquido

L.P = Limite Plástico

3.8.4. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M D-1557, MTC E 115-2000)

EQUIPOS UTILIZADOS:

- Moldes cilíndricos de material rígido con base de apoyo y collarin.
- Pisón metálico de 50+/-2 mm
- Probetas graduado con capacidad de 500 cm³.
- Balanza capacidad de 10 kg y una precisión de 5 gr
- Balanza capacidad de 1 kg y una precisión de 0.01 gr
- Horno de secado
- Regla de acero de 300 mm
- Tamices de 50, 20 y 5 mm de abertura
- Herramientas diversas como, bandeja, taras, cucharas, paleta, espátula, etc.

Foto N° 8: EQUIPOS UTILIZADOS



PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

- Después de obtener materia prima se seca el material de la muestra al aire libre porque estaba húmedo.
- Después de realizar el análisis granulométrico se determina el método a utilizar lo cual para nuestro caso fue el método C basándonos en la norma A.S.T.M.

- Luego se preparó 4 muestras con 6.0 Kg para obtener los 4 puntos, agregándole agua a cada muestra según el porcentaje. Para saber qué cantidad de agua a utilizar veremos las siguientes proporciones, con relación al peso total de muestra.
- Los porcentajes de agua que se añadió es a 2, 4, 6 y 8% del peso total de la muestra de acuerdo al tipo de suelo y para este caso nuestro ensayo fue un suelo granular.
- Se mezcla la primera muestra a 2% de agua luego se empieza a compactar en 5 capas y cada capa a 56 golpes, se enrasa con la regla metálica y se pesa el molde sin base ni collarín para sacar el peso del suelo compactado.
- Luego se saca una pequeña muestra de la mita del molde para obtener el contenido de humedad, para cada molde.
- Se trabaja en gabinete con los resultados obtenidos en laboratorio para obtener el O.C.H.

Foto N° 9: APLICACIÓN DE GOLPES EN MOLDE



Foto N° 10: ENRASADO DE MOLDE CON REGLA



- Este mismo procedimiento se sigue para las dos muestras, y se realiza los cálculos respectivos para sacar el óptimo contenido de humedad (O.C.H) para una densidad seca máxima.

Se procedió a realizar el mismo proceso con el incremento de 1%, 2% y 3% de cemento al peso total de la materia prima respectivamente. Los pesos utilizados de materia prima y cemento son los siguientes:

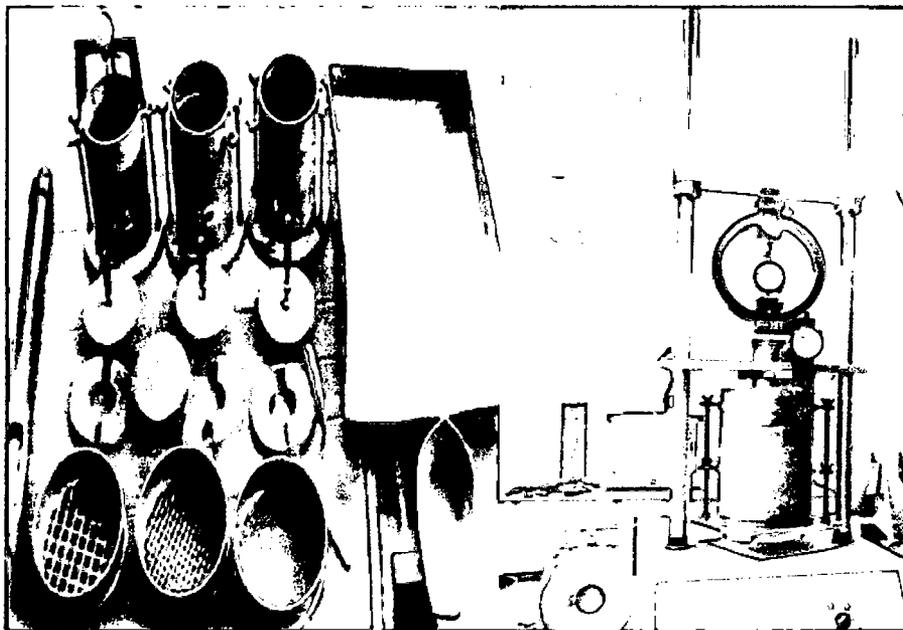
Peso de materia Prima	Peso de Cemento	% de Cemento
• 6000 gr.		0%
• 6000 gr.	• 60gr.	1%
• 6000 gr.	• 120 gr.	2%
• 6000 gr.	• 180 gr.	3%

3.8.5. ENSAYO DE CBR (ASTM-D1883, AASHTO T193)

EQUIPO UTILIZADOS:

- Un molde de $D=101.6$ mm y volumen de 9036.6 cm³. Este molde va unido a una placa base y una extensión en la parte superior.
- Pisón mecánico
- Bandeja
- Taras
- Balanza disco
- Disco esparcidor
- Papel filtro
- Pistón de penetración
- Aparato para medir la expansión
- Peso de sobre carga
- Martillo de compactación
- Máquina de compresión equipada con un pistón de penetración CBR (California, Bering Ratio) capaz de penetrar a una $V=1.27$ mm/mim.

Foto N° 11: EQUIPOS UTILIZADOS



PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

- Se preparó la muestra necesaria de 18 Kg y se repartió a tres muestras, cada muestra pesa 6 Kg.
- Para poder compactar los moldes es necesario el OCH que lo obtuvimos del Proctor modificado que es 6.9 %. Luego se le agrega agua a cada muestra según el porcentaje y se le mezcla.

Para saber qué cantidad de agua a utilizar veremos la siguiente ecuación, será solamente una cantidad de agua para todas las muestras.

$$\begin{array}{r} 6000 \longrightarrow 100 \% \\ \hline X \longrightarrow 6.9\% \\ \hline X = 414 \text{ cm}^3 \end{array}$$

La cantidad de agua a utilizar por cada muestra es de 414 cm³.

- Se preparó los tres moldes de CBR y se colocó las placas de base con el disco espaciador sobre la placa de la base de cada molde.
- Luego se compactó cada molde a diferente energía de compactación.

Foto N° 11: COMPACTACION DE MOLDES



PRIMERA MUESTRA

Se coloca la primera muestra en la bandeja y se parte en 5 partes para poder poner cada capa y a cada capa se le debe aplicar 56 golpes según el método del ensayo los golpes fueron aplicados en toda el área, girando el pisón adecuadamente.

Luego enrasamos el molde con una regla metálica quitándole el collarín. Después retiramos la base y registramos el peso del suelo más el molde.

SEGUNDA MUESTRA:

Se coloca la segunda muestra en la bandeja y se parte en 5 partes para poder poner cada capa y a cada capa se le debe aplicar 25 golpes en toda el área, girando el pisón adecuadamente.

Luego hemos enrasado el molde con una regla metálica quitándole el collarín. Después retiramos la base y registramos el peso del suelo más el molde.

TERCERA MUESTRA:

Se coloca la tercera muestra en la bandeja y se parte en 5 partes para poder poner cada capa y a cada capa se le debe aplicar 12 golpes en toda el área, girando el pisón adecuadamente.

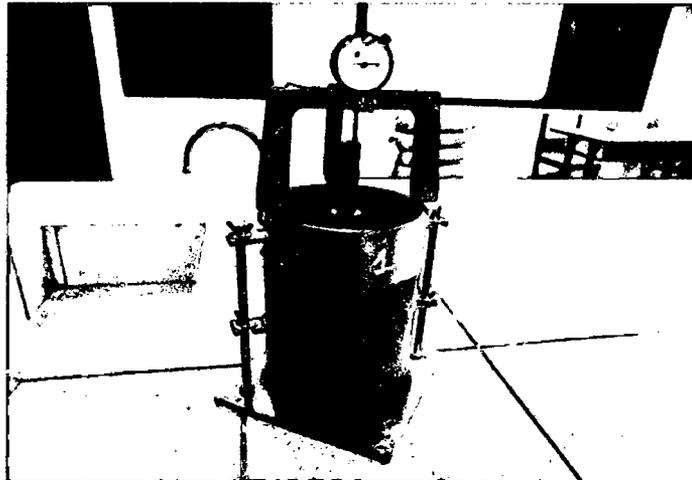
Luego hemos enrasado el molde con una regla metálica quitándole el collarín. Después retiramos la base y registramos el peso del suelo más el molde.

Foto N° 13: REGISTRO DE PESO DEL SUELO MÁS EL MOLDE



- Luego sacamos el disco espaciador de modo que la parte superior quede abajo para colocar luego la sobrecarga, se coloca un papel filtro sobre la parte superior de la muestra. Luego se sitúa la placa perforada con vástago ajustable y sobre ella se coloca las pesas de sobrecarga.
- Se puso el trípode con el ex tensiómetro para poder leer así la expansión de cada muestra al día siguiente se pone en cero para ver que expansión tiene.

Foto N° 14: MOLDE CON EXTENSIOMETRO



- Se sumerge el molde en un recipiente con agua y se deja saturar durante cuatro días, pero en este caso solamente se pudo hacer por 2 días.

Foto N° 15: MOLDES SUMERGIDOS



- Después al día siguiente se saca el molde, se deja drenar durante 15 minutos aproximadamente y se lee que esponjamiento tiene.
- Seguidamente se coloca el molde sobre el soporte de carga de la prensa y se ajusta de manera que el pistón quede centrado con la muestra.

Foto N° 16: MOLDE SOBRE SOPORTE DE CARGA



- Luego se coloca en cero el indicador de presión del anillo de carga y el dial de deformación. La velocidad de penetración con que trabajo el grupo está en mm.
- Con los datos obtenidos en los tres ensayos obtuvimos la curva de presión vs penetración.

Se procedió a realizar el mismo proceso con el incremento de 1%, 2% y 3% de cemento al peso total de la materia prima respectivamente. Los pesos utilizados de materia prima y cemento son los siguientes:

Peso de materia Prima	Peso de Cemento	% de Cemento
• 6000 gr.		0%
• 6000 gr.	• 60gr.	1%
• 6000 gr.	• 120 gr.	2%
• 6000 gr.	• 180 gr.	3%

Se conoce los OCH del Proctor Modificado con el Incremento de Porcentajes de Cemento, para realizar cada una de los pruebas con incremento de cemento.

OCH CANTERA UHCUPAMPA		
Proctor Modificado	OCH	% de Cemento
• Proctor Natural	• 6.9%	0%
• Proctor 1%	• 7.2%	1%
• Proctor 2%	• 7.5%	2%
• Proctor 3%	• 8.2%	3%

El presente trabajo de investigación parte como necesidad de investigar las características físicas y resultados utilizando el estabilizante Cemento para mejorar el material afirmado, en las canteras adyacentes a la carretera Lircay - Ccochaccasa del departamento de Huancavelica los cuales son usados para diferentes tipos de obras en el campo de la Ingeniería, además de su estado natural o in situ en que se encuentran.

3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Las técnicas de procesamiento de datos obtenidos de los ensayos de laboratorio se evaluaron con las normas técnicas de MTC, ASTM y ASSTHO.

CUADRO N° 01: VALORES REFERENCIALES DE CBR, USOS Y SUELOS

No. CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Sub rasante	OH.CH.MH.OL	A5. A6.A7
3 - 7	Muy pobre a regular	Sub rasante	OH.CH.MH.OL	A4.A5.A6.A7
7 - 20	Regular	Sub base	OL.CL.ML.SC.S M.SP	A2.A4.A6.A7
20 - 50	Bueno	Sub base y base	GM.GC.SW.SM. SP.GP	A-1b.A2-5. A-3. A2-6
> 50	Excelente	Base	GW. GM	A1a.A2-4.A-3

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PRESENTACION DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los ensayos practicados al afirmado de las dos canteras, las cuales son, Cantera Uchcupampa y Cantera Ccochaccasa, se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, concreto y Asfalto de la Universidad Nacional de Huancavelica, facultad de Ingeniería mimas – Civil de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil - Lircay.

4.1.1. RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

A. CANTERA UHCUPAMPA

➤ CONTENIDO DE HUMEDAD

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-2216 y MTC E 108-2000

CUADRO N°02: CONTENIDO DE HUMEDAD DE UCHCUPAMPA

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
N° de Tarra	4	5	7
Peso de la tara (gr)	73.50	72.50	69.50
Tara + suelo húmedo (gr)	686.55	684.77	681.25
Tara + suelo seco (gr)	565.62	564.50	559.66
Peso del agua (gr)	120.93	120.27	121.59
Peso del suelo seco (gr)	492.12	492.00	490.16
Contenido de humedad %	24.57	24.45	24.81
contenido de humedad promedio %	24.61		

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el contenido de humedad promedio de la muestra

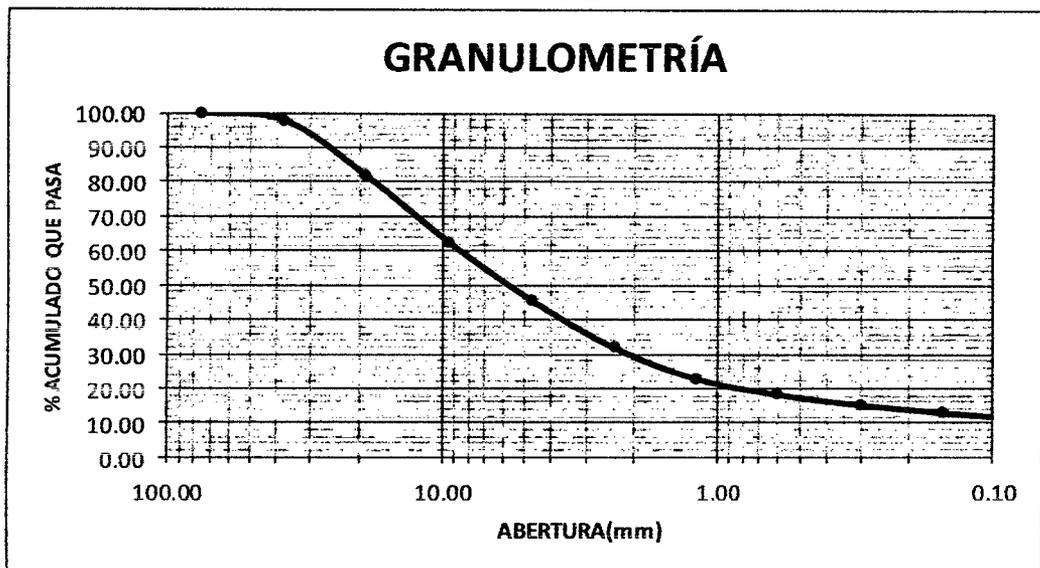
En el cuadro se observa el contenido de humedad promedio de la muestra de calicata de Uchcupampa lo cual indica que tiene una cantidad apreciable de agua en el lugar de extracción lo cual es determinante conocer para realizar los posteriores ensayos de Proctor y CBR.

Conocer el contenido de agua para realizar la compactación en campo es determinante lo cual necesita realizar las correcciones respectivas por este mismo caso, en la cual se puede añadir o disminuir según sea el caso.

➤ **ANALISIS GRANULOMETRICO.**

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-4318, AASHTO T-89 y AASHTO T-90

CUADRO DE RESUMEN N°3: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO UCHCUPAMPA



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica la curva de distribución granulométrica de la muestra Uchcupampa.

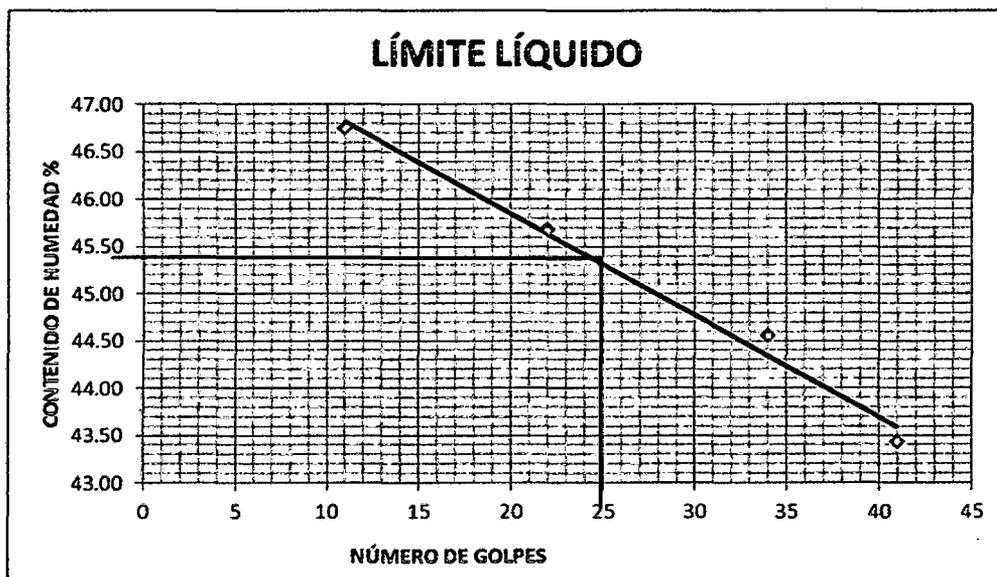
En la gráfica del análisis granulométrico se puede observar un tipo de suelo que es GRAVA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y ARENA (**GP-GC**) de acuerdo al sistema unificado de clasificación (S.U.C.S) y FRAGMENTO DE PIEDRA GRAVA Y ARENA **A-1-a(0)** clasificación de suelo según AASTHO.

Según estos resultados se puede afirmar que la muestra está en el rango de excelente a bueno para realizar la compactación y trabajar como sub rasante en carreteras lo cual es recomendable este afirmado de la localidad de Uchcupampa.

➤ **INDICE DE PLASTICIDAD**

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-4318, AASHTO T-89 y AASHTO T-90, MTC E 110-2000 Y MTC E 111-2000.

CUADRO NUMERO N°04: LIMITE LÍQUIDO DE UHCUPAMPA



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

RESULTADO:

LIMITE LIQUIDO	45.30
LIMITE PLASTICO	38.73
INDICE DE PLASTICIDAD	6.57

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

El límite plástico es la humedad correspondiente en el cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar pequeños rollitos o cilindros pequeños. Conjuntamente con el límite líquido, el límite plástico es usado en la identificación y clasificación de suelos de acuerdo a los resultados podemos afirmar que el límite líquido de **45.30** se encuentra en el rango de hinchamiento bajo lo que se puede mencionar que el suelo es recomendable para sub rasantes en carreteras, pero en el rango de las especificaciones este tipo de suelo debe encontrarse en estos rangos.

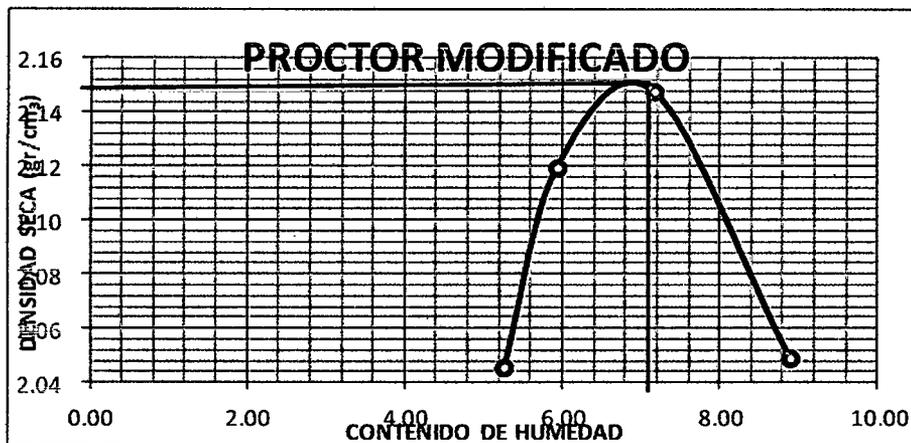
Para el límite Plástico los datos que se obtuvieron fueron fue de **38.73** lo que indica el potencial de hinchamiento bajo.

➤ **ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

a. **PROCTOR MODIFICADO A ESTADO NATURAL.**

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000

GRAFICA NUMERO N° 05: Proctor Modificado Estado Natural Uchcupampa



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el óptimo contenido de humedad O.C.H a una densidad máxima

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima Densidad seca	2.152	kg/cm ³
Óptimo Contenido de humedad	6.9	%

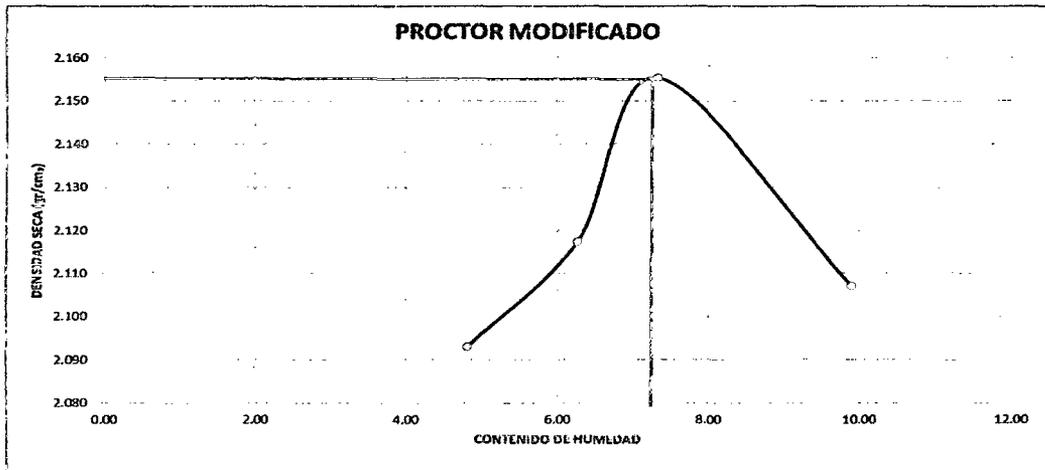
FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

La determinación del Proctor modifica a estado natural se realizó para determinar el O.C.H. a una densidad seca máxima con el objetivo de comparar con los otros resultados al aumentar los porcentaje de cemento que será 1, 2 y 3% lo cual a continuación se da los resultados.

b. PROCTOR MODIFICADO A 1% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000.

GRAFICA NUMERO N° 06: Grafica de Proctor modificado a 1% de cemento



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el O.H.C a 1% de cemento

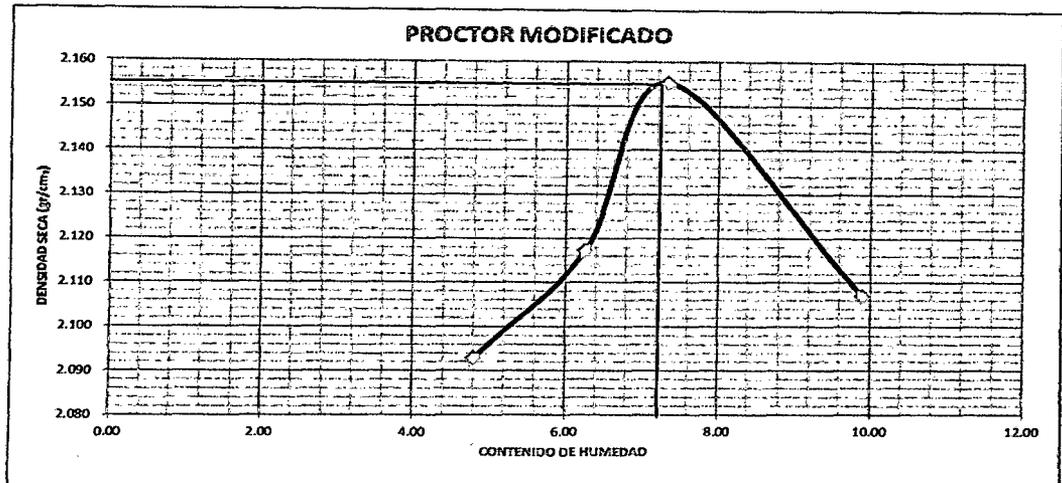
RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima Densidad seca	2.155	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	7.2	%

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

c. PROCTOR MODIFICADO A 2% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000

GRAFICA NUMERO N° 07: Grafica de Proctor modificado a 2% de cemento

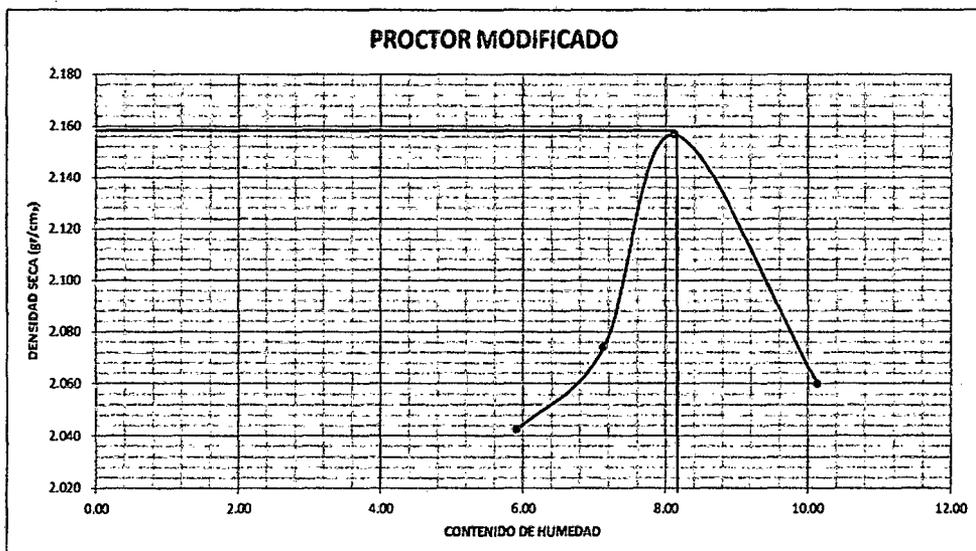


FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

d. PROCTOR MODIFICADO A 3% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000.

GRAFICA NUMERO N° 08: Grafica de Proctor modificado a 1% de cemento



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el O.C.H a 3% de cemento

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima Densidad seca	2.158	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	8.2	%

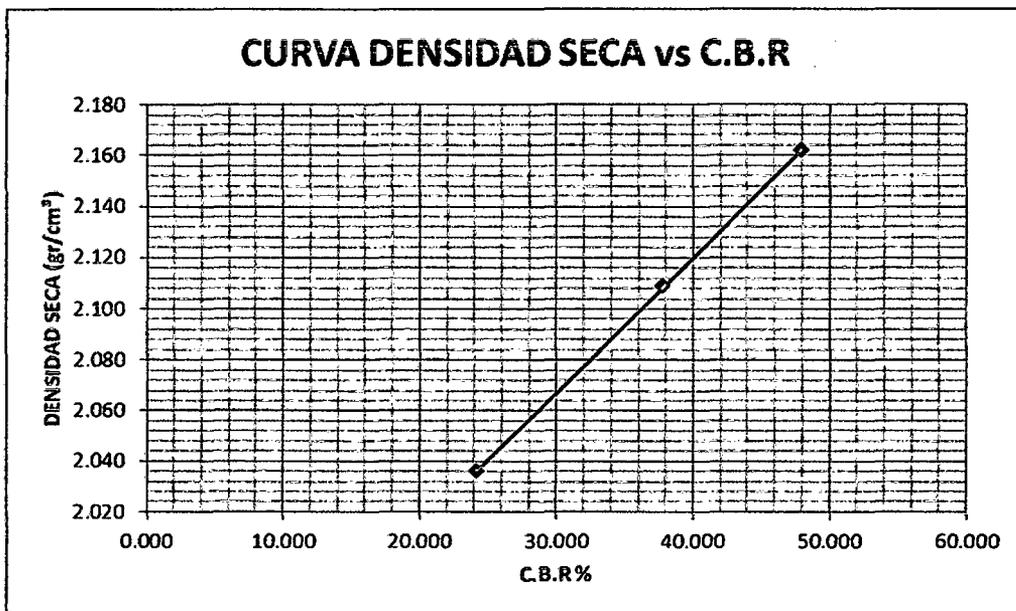
FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

➤ ENSAYO DE CBR

1. CBR A ESTADO NATURAL.

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000

GRAFICA NUMERO N° 09: CBR en Estado Natural



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica la Densidad el CBR

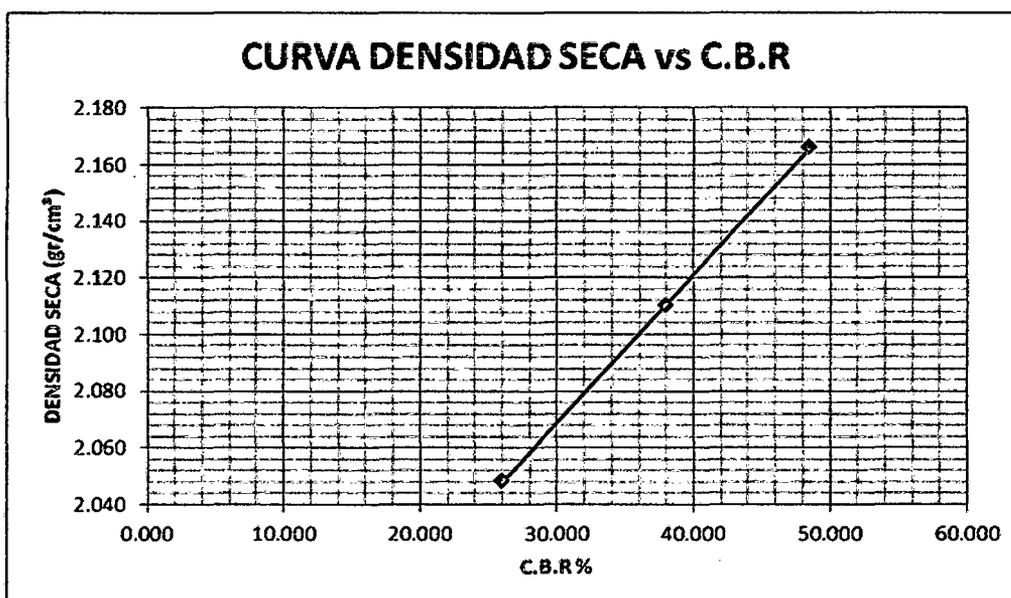
RESULTADOS DEL ENSAYO	C.B.R.) - ASTM D188
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.16
Optimo Contenido de humedad (%)	6.8
CBR al 100% de la MDS (%)	48
CBR al 95% de la MDS (%)	26.68

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

2. CBR A 1% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000

GRAFICA NUMERO N° 10: Grafica de CBR a 1% de cemento



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el CBR a 1% de cemento

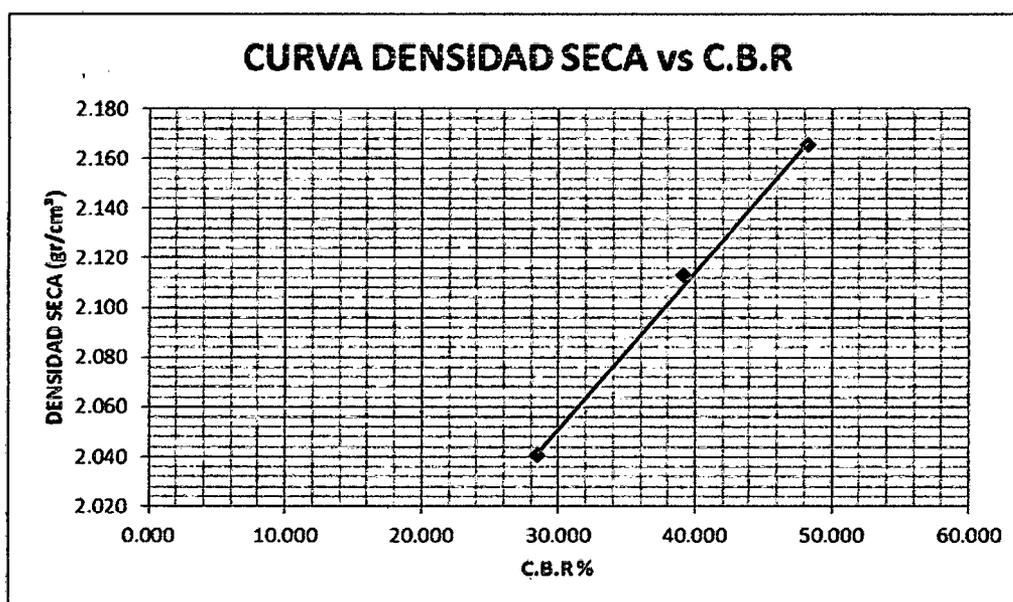
RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima Densidad seca	2.155	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	7.2	%

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

3. CBR A 2% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000

GRAFICA NUMERO N° 11: Grafica de CBR a 2% de cemento



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el CBR a 1% de cemento

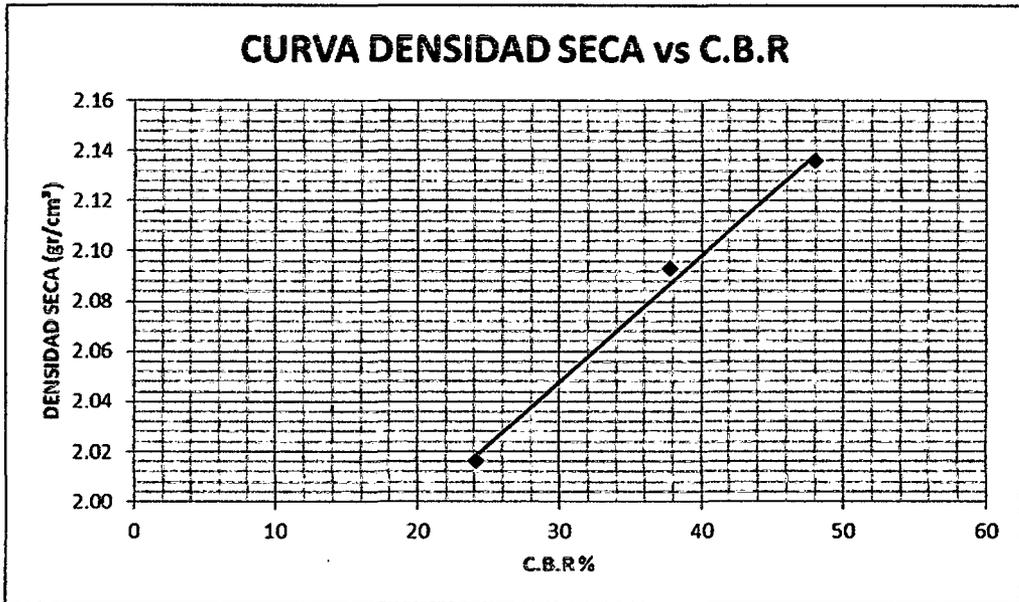
RESULTADOS DEL ENSAYO	C.B.R.) - ASTM D188
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.17
Optimo Contenido de humedad (%)	7.5
CBR al 100% de la MDS (%)	48.30
CBR al 95% de la MDS (%)	29.90

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

4. CBR A 3% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000.

GRAFICA NUMERO N° 12: Grafica de CBR a 3% de cemento



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el CBR a 3% de cemento

RESULTADOS DEL ENSAYO	C.B.R.) - ASTM D188
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.14
Optimo Contenido de humedad (%)	8.20
CBR al 100% de la MDS (%)	47.8
CBR al 95% de la MDS (%)	27.4

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

B. CANTERA CCOCHACCASA

➤ CONTENIDO DE HUMEDAD

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-2616 y MTC E 108-2000.

CUADRO N°13: CONTENIDO DE HUMEDAD DE CCOCHACCASA

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
N° de Tarra	M1	M2	M2
Peso de la tara (gr)	81.50	72.50	69.50
Tara + suelo húmedo (gr)	635.20	676.80	686.00
Tara + suelo seco (gr)	498.70	564.50	540.00
Peso del agua (gr)	136.50	112.30	146.00
Peso del suelo seco (gr)	417.20	492.00	470.50
Contenido de humedad %	32.72	22.83	31.03

contenido de humedad promedio %	28.56
---------------------------------	--------------

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el contenido de humedad promedio de la muestra

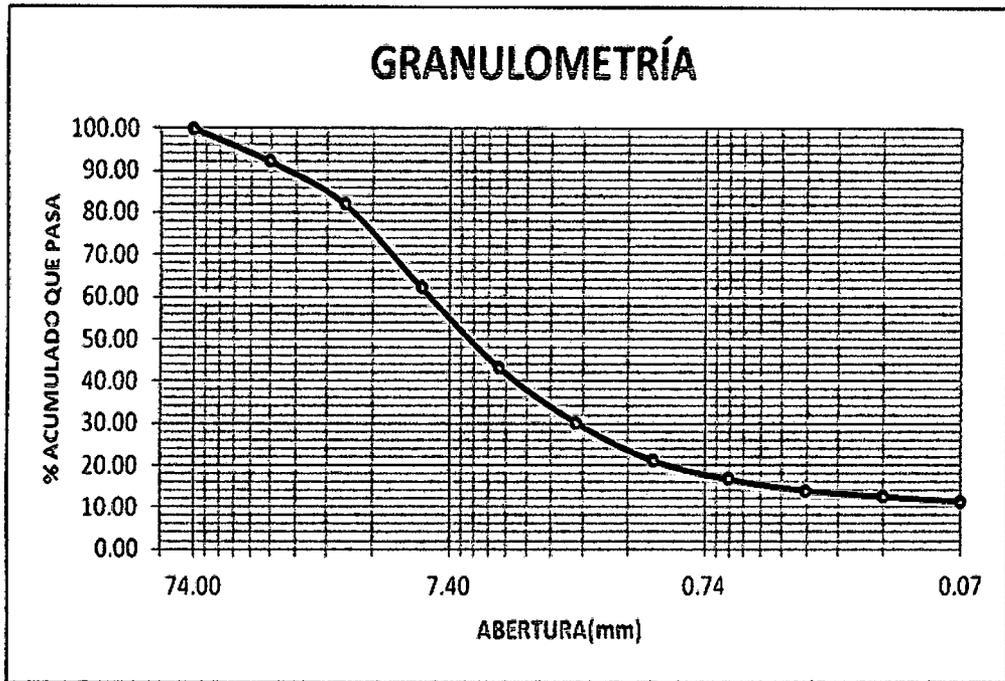
Como se observa en el cuadro 12; el resultado promedio del contenido de humedad se puede afirmar que la cantera de donde se extrajo la muestra se encuentra un porcentaje de agua considerable o debido a la época de lluvia el porcentaje de agua de dicha cantera está aumentando considerablemente.

Los resultados de contenido de humedad se tomaran en cuenta para hacer los trabajos a realizar en campo haciendo las correcciones necesarias a los resultados del laboratorio.

➤ ANALISIS GRANULOMETRICO.

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-4318, AASHTO T-89 y ASTM D-4318, AASHTO T-90.

CUADRO DE RESUMEN N°14: Análisis granulométrico Ccochaccasa



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica la curva de distribución granulométrica de la muestra Uchcupampa.

La curva granulométrica del gráfico de análisis granulométrico de la muestra de Ccochaccasa es típica de un suelo de grava mal graduada con arena y limo según el método de (SUCS) y según AASTHO es A-1-a (0) fragmento de piedra grava y arena.

En este ensayo se determina el método a realizar para el ensayo de Proctor que es el método "c"

Lo cual nos indica que los tamaños de las partículas no están bien distribuidos uniformemente.

➤ **INDICE DE PLASTICIDAD**

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-4318, AASHTO T-89 y ASTM D-4318, AASHTO T-90 y MTC E 110-2000, ASTM E 111-2000.

CUADRO NUMERO N°15: Limite Líquido de Ccochaccasa

Ensayo N°	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	4	1	2
N° de Tarra					11	12
Numero de Golpes	12	22	31	40		
Peso de la tara (gr)	30.70	30.70	30.70	30.60	30.90	30.60
Tara + suelo húmedo (gr)	83.60	110.90	92.85	98.30	48.10	50.20
Tara + suelo seco (gr)	69.85	90.4	77.1	81.3	44.55	45.98
Peso del agua (gr)	13.75	20.50	15.75	17.00	3.55	4.22
Peso del suelo seco (gr)	39.15	59.70	46.40	50.70	13.65	15.38
Contenido de humedad %	35.12	34.34	33.94	33.53	26.01	27.44

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

RESULTADO:

LIMITE LIQUIDO	34.30
LIMITE PLASTICO	26.72
INDICE DE PLASTICIDAD	7.58

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

En límite líquido de la muestra del material de Ccochaccasa se puede determinar que a mayor número de golpes la muestra debe tener menos contenido de agua. El límite líquido se obtiene del promedio aritmético de los contenidos de humedad de las tres muestras lo cual nos determina el grado de expansión de bajo hinchamiento.

En el límite plástico se obtuvo del promedio de las dos muestras lo cual nos determina para el potencial de hinchamiento que es medio.

Se obtuvo como resultado que el Índice de Plasticidad es de IP= 7.58 Obteniendo resultados El índice de plasticidad se obtiene de la sustracción del límite de líquido y límite plástico lo cual nos determina para la clasificación del suelo.

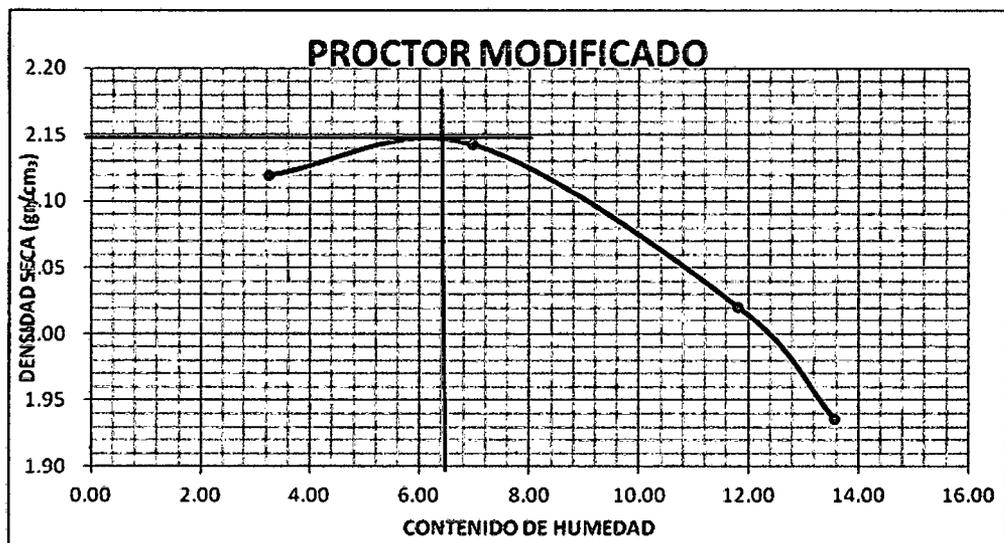
➤ **ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CANTERA CCOCHACCASA**

a) **PROCTOR MODIFICADO A ESTADO NATURAL.**

En los ensayos realizados de Proctor modificado de la muestra de Ccochaccasa en estado natural se obtienen de la siguiente gráfica.

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000.

GRAFICA NUMERO N° 16: Proctor Modificado Estado Natural



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima Densidad seca	2.149	kg/cm ³
Óptimo Contenido de humedad	6.2	%

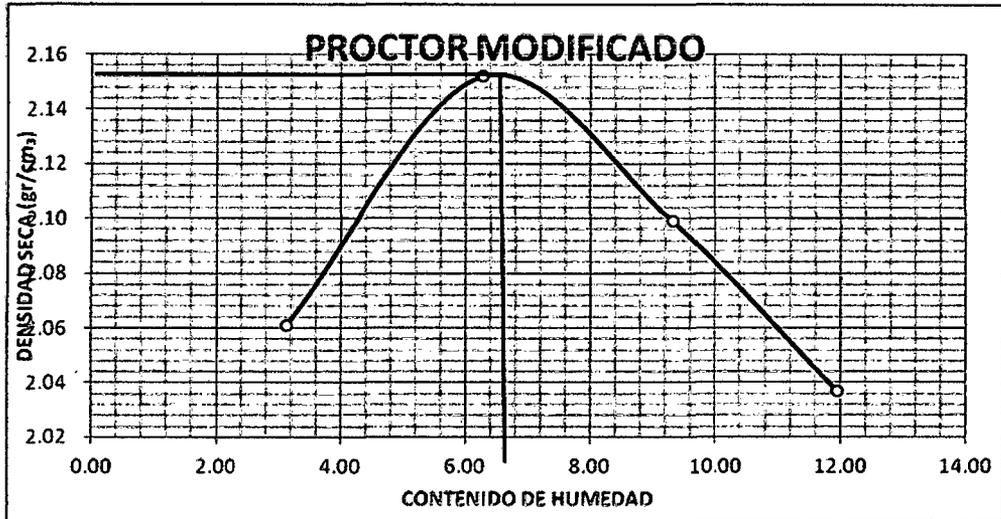
FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

b) **PROCTOR MODIFICADO A 1% DE CEMENTO**

En los ensayos realizados de Proctor modificado de la muestra de Ccochaccasa en estado natural se obtienen de la siguiente grafica.se agrego cemento en 1% del peso de la muestra del suelo.

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000.

GRAFICA NUMERO N° 17: Proctor Modificado a 1% de Cemento



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima Densidad seca	2.154	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	6.455	%

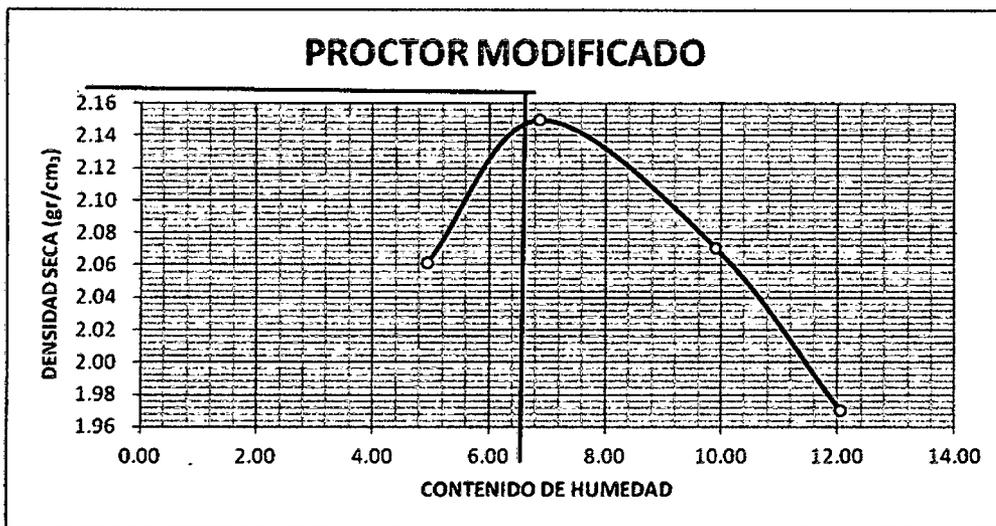
FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

c) PROCTOR MODIFICADO A 2% DE CEMENTO

En los ensayos realizados de Proctor modificado de la muestra de Ccochaccasa en estado natural se obtienen de la siguiente grafica.se agrego cemento en 2% del peso de la muestra del suelo.

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000

GRAFICA NUMERO N° 18: Proctor Modificado a 2% de Cemento



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima Densidad seca	2.156	kg/cm3
Optimo Contenido de humedad	6.8	%

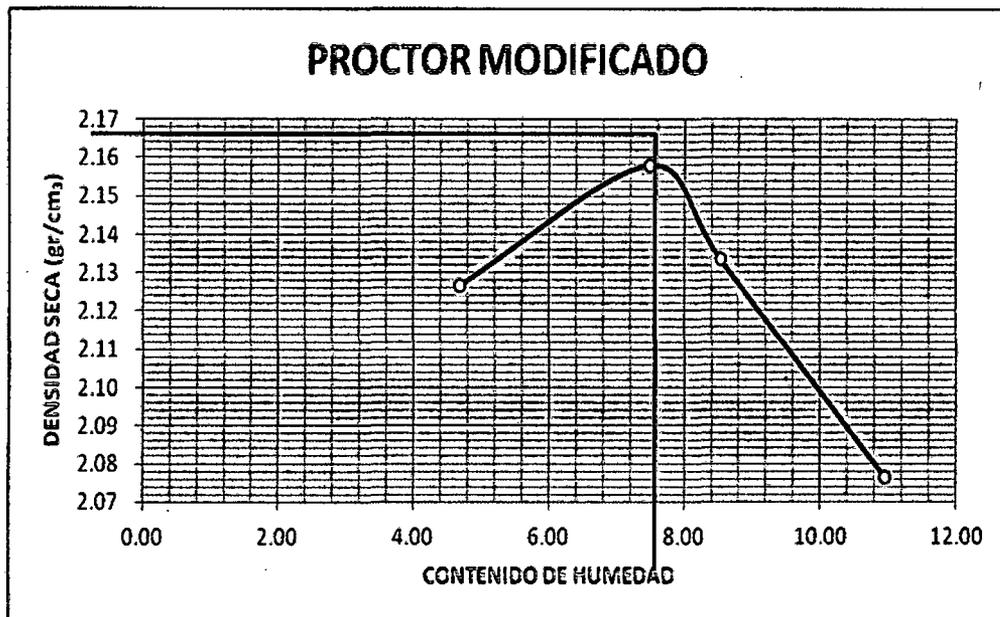
FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

d) PROCTOR MODIFICADO A 2% DE CEMENTO

En los ensayos realizados de Proctor modificado de la muestra de Ccochaccasa en estado natural se obtienen de la siguiente grafica.se agrego cemento en 3 % del peso de la muestra del suelo.

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000.

GRAFICA NUMERO N° 19: Proctor Modificado a 3% de Cemento



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima Densidad seca	2.157	kg/cm ³
Óptimo Contenido de humedad	7.71	%

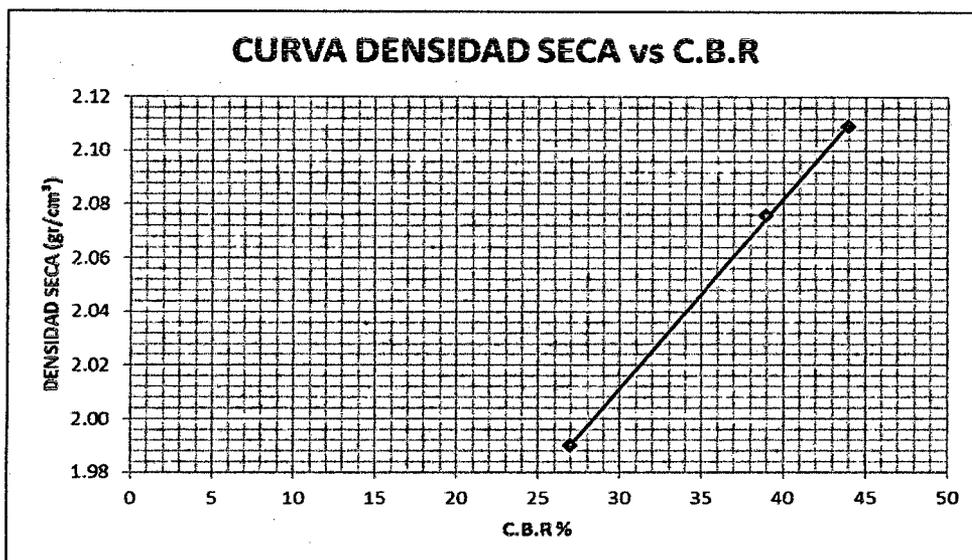
FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

➤ **ENSAYO DE CBR DE CANTERA CCOCHACCASA**

1) **CBR EN ESTADO NATURAL.**

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000

GRAFICA NUMERO N° 20: CBR en Estado Natural



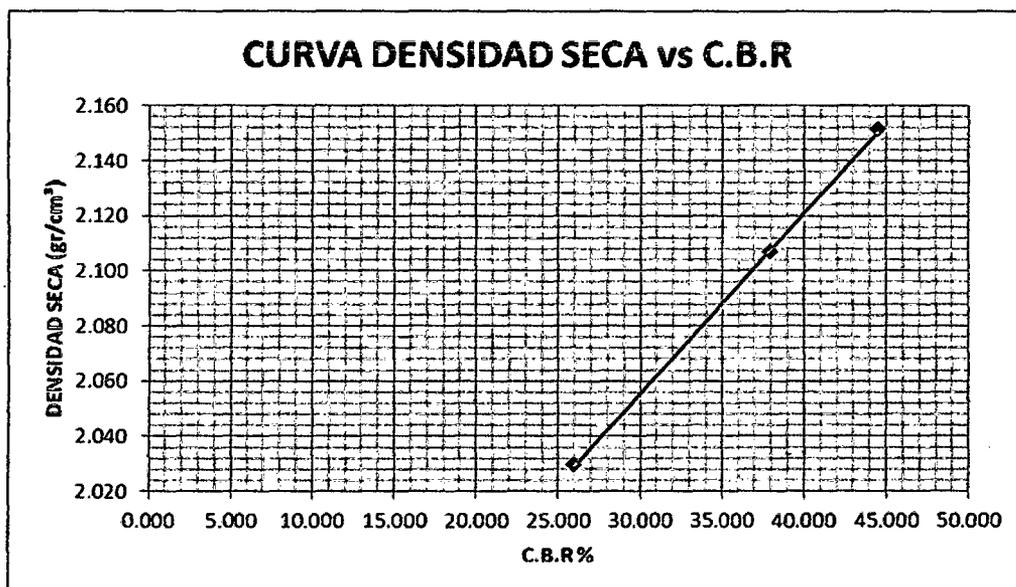
RESULTADOS DEL ENSAYO	(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.11
Óptimo Contenido de humedad (%)	6.20
CBR al 100% de la MDS (%)	44
CBR al 95% de la MDS (%)	29.1

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

2) CBR A 1% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000

GRAFICA NUMERO N° 21: Grafica de CBR a 1% de cemento



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el CBR a 1% de cemento

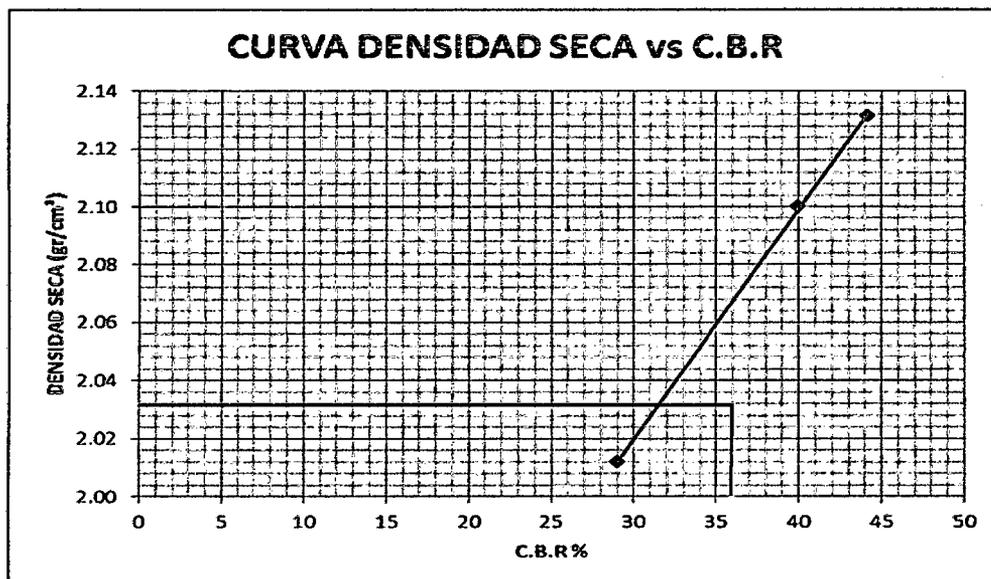
RESULTADOS DEL ENSAYO	(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.151
Optimo Contenido de humedad (%)	6.45
CBR al 100% de la MDS (%)	44.50
CBR al 95% de la MDS (%)	28.50

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

3) CBR A 2% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000.

GRAFICA NUMERO N° 22: Grafica de CBR a 2% de cemento



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el CBR a 2 % de cemento

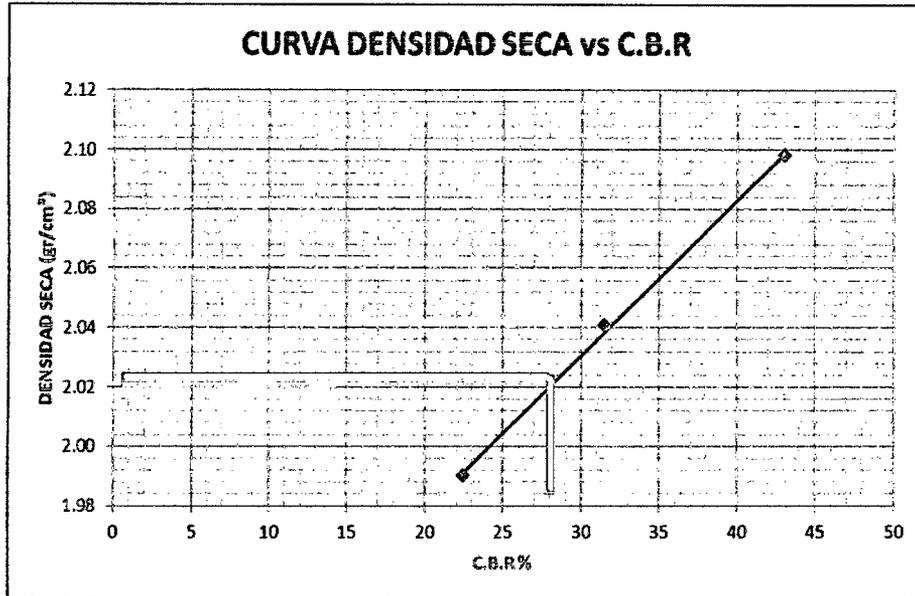
RESULTADOS DEL ENSAYO	(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.13
Optimo Contenido de humedad (%)	6.20
CBR al 100% de la MDS (%)	44.2
CBR al 95% de la MDS (%)	31

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

4) CBR A 3% DE CEMENTO

Se ensayó según la norma técnica ASTM D-1557 y MTC E 115-2000.

GRAFICA NUMERO N° 23: Grafica de CBR a 3% de cemento



FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

Indica el CBR a 3% de cemento

RESULTADOS DEL ENSAYO	(C.B.R.)-ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.10
Optimo Contenido de humedad (%)	7.71
CBR al 100% de la MDS (%)	43.08
CBR al 95% de la MDS (%)	28.5

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

4.2. DISCUSIÓN

a. Cemento

La utilización del cemento para estabilizaciones químicas de suelos cumple de acuerdo a la Norma ASTM E – 150.

b. Análisis Granulométrico

El análisis Granulométrico de la cantera de Uchcupampa, se obtuvo como resultado que el tipo de suelo es A-1, que contiene fragmentos de piedra, grava y arena, este tipo de suelo es recomendado para la estabilización con cemento y cumple con las normas ASTM D 4318, AASSHTO T 89.

Al igual que la cantera de Uchcupampa, la cantera de Ccochaccasa cumple con el tipo de suelo que es el A-1, y cumple con las normas ASTM D 4318, AASSHTO T 89.

c. CBR

Los resultados de los ensayos obtenidos nos indican lo siguiente:

CANTERA UHCUPAMPA

- Que el CBR en estado natural alcanza una densidad seca de 2.16 gr/cm² y el CBR al 100% es de 48% y se encuentra en clasificación de material bueno, según la norma técnica ASTM D-1557 Y MTC E 115-2000.
- El resultado con incremento de 1% de cemento muestra que la densidad seca aumenta en un 0.06 gr/cm² y el CBR al 100% es de 48.50% a los dos días de curado, incrementado la resistencia del suelo estabilizado con cemento. Ensayos practicados en el LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.
- El resultado con incremento de 2% de cemento nos indica que la densidad seca incrementa y el CBR al 100% disminuye a los dos días de curado, tal como se observa en los resultados. Ensayos practicados en el LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

- 41
- El restado con incremento de 3% de cemento nos indica que la densidad seca disminuye y el CBR al 100% disminuye a los dos días de curado, tal como se observa. Ensayos practicados en el LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.
 - Se resume finalmente que el método de estabilización con cemento tipo I al 1% de cemento incrementa la resistencia y mejora las propiedades del material, el cual es adecuado para el uso de sub razante para una capa de rodadura.

CANTERA CCOCHACCASA

- El resultado del CBR en estado natural alcanza una densidad seca de 2.11 gr/cm² y el CBR al 100% es de 44% y se encuentra en clasificación de material bueno.
- El resultado con incremento de 1% de cemento muestra que la densidad seca aumenta en un 0.041 gr/cm² y el CBR al 100% es de 44.50% a los dos días de curado, incrementado la resistencia del suelo estabilizado con cemento. Ensayos practicados en el LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.
- El restado con incremento de 2% de cemento nos indica que la densidad seca incrementa y el CBR al 100% disminuye en a los dos días de curado, tal como se observa en los resultados. Ensayos practicados en el LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.

- El restado con incremento de 3% de cemento nos indica que la densidad seca disminuye y el CBR al 100% disminuye a los dos días de curado, y el óptimo contenido de humedad incrementa tal como se observa en los resultados. Ensayos practicados en el LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO DE LA E.A.P.C.
- Se resume finalmente que el método de estabilización con cemento tipo I al 1% de cemento incrementa la resistencia y mejora las propiedades del material, el cual es adecuado para el uso de sub razante para una capa de rodadura.

CONCLUSIONES

- Según los resultados de la investigación al emplear cemento en 1% mejora la resistencia del suelo y mejora la estabilización del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay – Ccochaccasa.
- Las características y calidad del material afirmado de las canteras de Uchcupampa y Ccochaccasa, son de muy buena calidad según los ensayos practicados análisis Granulométrico el tipo de suelo es **A-1**, que contiene fragmentos de piedra, grava y arena, este tipo de suelo es recomendado para la estabilización con cemento y cumple con las normas ASTM D 4318, AASSHTO T 89 y ASTM D 4318, AASSHTO T 90.
- Según la investigación realizada el CBR en estado natural alcanza una densidad seca de 2.16 gr/cm² y el CBR al 100% es de 48% y se encuentra en clasificación de material bueno, según la norma técnica ASTM D-1557 Y MTC E 115-2000.
- Según los resultados obtenidos en la investigación para la cantera de Uchcupampa, con incremento de 1% de cemento muestra que la densidad seca aumenta en un 0.06 gr/cm² y el CBR al 100% es de 48.50% a los dos días de curado, incrementado la resistencia del suelo estabilizado con cemento.
- Según los resultados en la investigación para la cantera de Ccochaccasa con incremento de 1% de cemento muestra que la densidad seca aumenta en un 0.041 gr/cm² y el CBR al 100% es de 44.50% a los dos días de curado, incrementado la resistencia del suelo estabilizado con cemento.
- Los ensayos nos demuestra que los metodos experimentales, que al ser ensayadas en condiciones controladas debe ser comprobados en condiciones reales, es decir puesta en obra, para verificar su efectividad real en el campo.

RECOMENDACIONES

- Recomendamos utilizar las canteras de afirmado de Uchcupampa y de Ccochaccasa para estabilizar el terraplen de la carretera Lircay Ccochaccasa incrementando el 1% de cemento.
- Realizar seguimiento a esta investigación, realizando un tramo de prueba para evaluar el comportamiento de la estabilización con cemento, durante la vida útil de la capa de rodadura del pavimento soportando solicitudes del tráfico y los efectos del clima.
- Es una iniciativa esta investigación para seguir realizando más estudios sobre la estabilización con cemento en obras civiles.
- Se recomienda a los profesionales consultores y ejecutores en obras de construcción civil utilizar las canteras de Uchcupampa y Ccochaccasa de la provincia de Angaraes –Huancavelica para la estabilización de suelos con cemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. **HINRICHSEN TRIVIÑOS, Nicole Natalia** (2005), "ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DE SUELO ESTABILIZADO CON SAL: FRENTE A LA ACCIÓN DEL AGUA, PARA DISTINTAS MEZCLAS". Tesis para optar el título de ingeniero civil, Valdivia – Chile.
2. **GONZALO M. Aiassa y PEDRO A. Arrúa** (2007) DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELO COMPACTADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES, Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 7, p. 51-61. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia)
3. **ANTONIO SERIGOS, Pedro** (2009) RIGIDEZ A BAJA DEFORMACIÓN DE MEZCLAS DE SUELO DE LA FORMACIÓN PAMPEANO Y CEMENTO PORTLAND tesis para Obtener el título de ingeniero civil, Universidad de Buenos Ares.
4. **MCT.** (2008) MANUAL PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN CE TRANSITO.
5. **MCT.** (2008) MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN CE TRANSITO.

- 41
6. **CRESPO VILLALAZ** (2004), MECÁNICA DE SUELOS Editorial Limusa. 6ta Edición México
 7. **AGUILAR.PECK**, (2001) INGENIERÍA DE CIMENTACIONES Handson y Thorburn. 1ra Edición México.
 8. **BRAJA M. DAS** (2001) FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICAS 1ra Edición EE. UU

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: MEJORAMIENTO DEL MATERIAL AFIRMADO DE LAS CANTERAS ADYACENTES PARA EL TERRAPLÉN DE LA CARRETERA LIRCAY - CCOCHACCASA

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS
<p>PROBLEMA GENERAL.</p> <p>¿En qué medida el uso de cemento favorece en la estabilización del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.?</p> <p>PROBLEMA ESPECÍFICO:</p> <p>a) ¿Cuáles son sus características y la calidad del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.?</p> <p>b) ¿Cuál es la densidad máxima del material afirmado, y con la adición de porcentajes de cemento para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.?</p> <p>c) ¿Cuál es la capacidad de soporte (CBR) del material afirmado, y con la adición de porcentajes de cemento para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar el empleo del cemento en la estabilización del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>d) Determinar las características y la calidad del material afirmado con las normas, para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.</p> <p>e) Determinar la densidad máxima del material afirmado, y con la adición de porcentajes de cemento para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa...</p> <p>f) Determinar la capacidad de soporte (CBR) del material afirmado, y con la adición de porcentajes de cemento para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL.</p> <p>Ho: El uso de cemento mejora la calidad del material afirmado para la estabilización del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.</p> <p>Hi: El uso de cemento no mejora la calidad del material afirmado para la estabilización del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.</p> <p>g) Con las características del material afirmado y las normas se evalúa la calidad del material existente de las canteras adyacentes para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa?</p> <p>h) Con la densidad máxima del material afirmado, y con la adición de porcentajes de cemento se evaluara la compactación del material para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa?</p> <p>i) Con el índice de resistencia (CBR) del material afirmado, y con la adición de porcentajes de cemento se conocerá la capacidad del material para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa)</p>

VARIABLES	METODOLOGÍA		
	METODO Y DISEÑO	TIPO Y NIVEL	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES:</p> <p>a. Variable Independiente: El empleo del cemento (X)</p> <p>b. Variable Dependiente: Mejora la estabilización del material afirmado (y)</p> <p>INDICADORES:</p> <p>X1. Evaluación del material afirmado X2. La adición % de cemento en 1%, 2% y 3%.</p> <p>Y1. Relación de soporte de California (CBR) Y2. Máxima densidad Y3. Optimo contenido de agua</p>	<p>METODO: Experimental. Inductivo - Deductivo Análisis - Síntesis.</p> <p>DISEÑO: General pre Experimental, Diseño Específico Pre Experimental con pre test y post test. GE: $O_1 \quad X \quad O_2$ Donde: G.E. Grupo Experimental. O_1: Pre Test O_2: Post Test X: Manipulación de la Variable Independiente.</p>	<p>TIPO: Investigación básica.</p> <p>NIVEL: Explicativo</p>	<p>POBLACIÓN: N= 02 canteras</p> <p>MUESTRA: 150 kilos de material afirmado por cantera para un estudio completo</p>

METODOLOGÍA

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECIÓN DE DATOS

TÉCNICAS

Las principales técnicas que se utilizará en este estudio serán

- Ubicar las canteras de mayor volumen y explotados en la construcción de la carretera de Lircay - Ccochaccasa.
- Realizar calitas en la parte donde existe mayor volumen de material afirmado con una profundidad de 02 metros de 01 metro de diámetro
- Recolectar muestra representativa de 150 kilos por única vez en un bolsa impermeable
- Formatos del laboratorio de mecánica de suelos

INSTRUMENTOS

Los instrumentos a utilizar en estas técnicas será:

- Bolsas de conservación de muestra.
- balanza.
- Papel.
- Movilidad adecuada
- Equipos e instrumentos del laboratorio de mecánica de suelos para cada ensayo.

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO.

Evaluación, comparación y deducción con las Normas técnica ASTM Y MTC.

ANÁLISIS DE LOS DATOS.

Análisis porcentual (representado en gráfico de barras y en tortas)

CUADRO N° 01: RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

N°	CANTERA	ENSAYO		RESULTADO	ADECUADO	NORMATIVA	DESCRIPCION
1	Ucchupampa	Contenido de Humedad		24.61%	saturado	MTC E 108 ASTM D 2216	Cumple
	Ccochacasa			28.86%	saturado		Cumple
2	Ucchupampa	Limite Liquido		45.3	35 % max.	ASTM D -4318	No Cumple
	Ccochacasa			34.3	35 % max.	MTC E 110	Cumple
3	Ucchupampa	Limite Plastico		38.73		MTC E 111	Cumple
	Ccochacasa			26.72			
4	Ucchupampa	Indice de Plasticidad		6.57	10 > IP > 4	ASTM D -4318	Cumple
	Ccochacasa			7.58	10 > IP > 4	MTC E 110	Cumple
5	Ucchupampa	Analisis Granulometrico		A - 1 - a	GW, GP,GM	MTC 1109 -2004 ASTM D-4318	La Clasificacion de suelos Cumple la Norma Tecnica de Estabilizadores Quimicos
	Ccochacasa			A - 1 - a	SW, SP, SM		
6	Ucchupampa	Proctor Modificado en Estado Natural	Maxima Densidad Seca	2.152 kg/cm3		ASTM D - 1557 MTC E 115 - 2000	Cumple
			Optimo Contenido de Humedad	6.90%			
	Ccochacasa		Maxima Densidad Seca	2.149 kg/cm3			
			Optimo Contenido de Humedad	6.20%			
7	Ucchupampa	Proctor Modificado en Incremento de 1% de Cemento	Maxima Densidad Seca	2.155 kg/cm3		ASTM D - 1557 MTC E 115 - 2000	Cumple
			Optimo Contenido de Humedad	7.20%			
	Ccochacasa		Maxima Densidad Seca	2.154 kg/cm3			
			Optimo Contenido de Humedad	6.45%			

CUADRO N° 02: RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

N°	CANTERA	ENSAYO	RESULTADO	ADECUADO	NORMATIVA	DESCRIPCION	
8	Ucchupampa	Proctor Modificado en Incremento de 2% de Cemento	Maxima Densidad Seca	2.156 kg/cm ³		ASTM D - 1557 MTC E 115 - 2000	Cumple
			Optimo Contenido de Humedad	7.50%			
	Ccochacasa		Maxima Densidad Seca	2.156 kg/cm ³			
			Optimo Contenido de Humedad	6.80%			
9	Ucchupampa	Proctor Modificado en Incremento de 3% de Cemento	Maxima Densidad Seca	2.158 kg/cm ³		ASTM D - 1557 MTC E 115 - 2000	Cumple
			Optimo Contenido de Humedad	8.20%			
	Ccochacasa		Maxima Densidad Seca	2.157 kg/cm ³			
			Optimo Contenido de Humedad	7.71%			
10	Ucchupampa	Resultado del CBR en Estado Natural	Maxima Densidad Seca	2.16 kg/cm ³	40 % min.	MTC E 132 ASTM D 1557 MTC E 115 - 2000	Cumple
			CBR al 100 % de la MDS	48			
	Ccochacasa		Maxima Densidad Seca	2.11 kg/cm ³			
			CBR al 100 % de la MDS	44			
11	Ucchupampa	Resultado del CBR en Incremento al 1% de Cemento	Maxima Densidad Seca	2.166 kg/cm ³	40 % min.	MTC E 132 ASTM D 1557 MTC E 115 - 2000	Cumple
			CBR al 100 % de la MDS	48.50			
	Ccochacasa		Maxima Densidad Seca	2.151 kg/cm ³			
			CBR al 100 % de la MDS	44.50			

CUADRO N° 03: RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

N°	CANTERA	ENSAYO	RESULTADO	ADECUADO	NORMATIVA	DESCRIPCION	
12	Ucchupampa	Resultado del CBR en Incremento al 2% de Cemento	Maxima Densidad Seca	2.17 kg/cm ³	40 % min.	MTC E 132 ASTM D 1557 MTC E 115 - 2000	Cumple
			CBR al 100 % de la MDS	48.30			
	Ccochacasa		Maxima Densidad Seca	2.13 kg/cm ³			
			CBR al 100 % de la MDS	44.20			
13	Ucchupampa	Resultado del CBR en Incremento al 3% de Cemento	Maxima Densidad Seca	2.14 kg/cm ³	40 % min.	MTC E 132 ASTM D 1557 MTC E 115 - 2000	Cumple
			CBR al 100 % de la MDS	47.80			
	Ccochacasa		Maxima Densidad Seca	2.10 kg/cm ³			
			CBR al 100 % de la MDS	43.08			

5

ENSAYOS CANTERA UCHCUPAMPA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzman y Bach. Jose A. Torres Suedo
PROCEDENCIA	: Cantera Uchcupampa
PROFUNDIDAD	: 2.00 m
FECHA	

CLASIFICACION DE SUELO

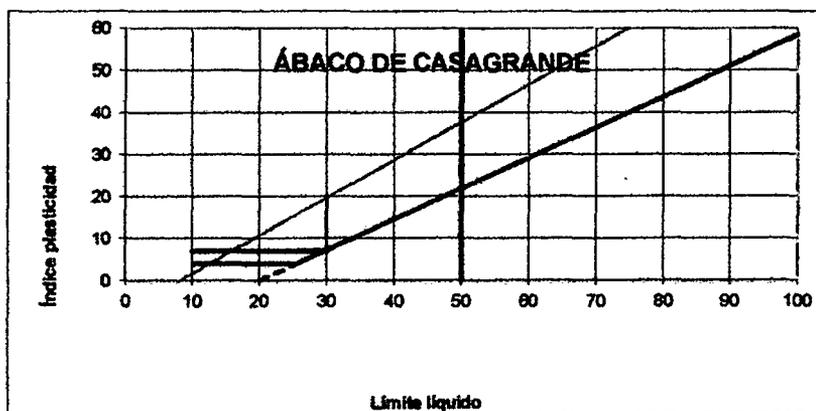
DATOS	IP	LL	PORCENTAJE QUE PASA	Nº 10	Nº 40	Nº 200
	6,57	45,3		45,69	18,19	10,97

Grupo	Suelos de partículas gruesas (F.F. ≤ 35%)							Suelos de part. finas (F.F. > 35%)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% pasa											
Nº 10	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
w _p	-	-	-	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
I _p	6 máx.		N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
	Trozos de piedra, gravas y arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Limos		Arcillas	
Calidad	Excelente a buena							Regular a mala			

fraccion de grava
34,72

fraccion de arena
34,72

fraccion de limo y arcilla
10,97



D60	8,77
D30	2,133
D10	0,068
CU	128,970588
CC	7,6290982

sistema unificado de clasificacion de suelos (s.u.c.s.)

suelo de partículas gresas (nomenclatura con símbolo doble)

Uriel Neira Calsin
 Ing. Uriel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78935
 Laboratorista



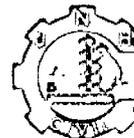
[Signature]
 Director de EAP-CIVIL



UNIVERSIDAD DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216, J. E. Bowles

MTC E 108-2000

PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplén de la
SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA	: Cantera Uchcupampa
CALICATA	: N° 01
MUESTRA	: N° 01
PROFUNDIDAD	: 2.00 M
FECHA	:
TECNICO	:

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Proeba N°	1	2	3	4	5
N° de Tarra	4	5	7		
Peso de la tara (gr)	73,50	72,50	69,50		
Tara + suelo humedo (gr)	686,55	684,77	681,25		
Tara + suelo seco (gr)	565,62	564,50	559,66		
Peso del agua (gr)	120,93	120,27	121,59		
Peso del suelo seco (gr)	492,12	492,00	490,16		
Contenido de humedad %	24,57	24,45	24,81		
contenido de humedad promedio %			24,60819417		

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.


Ing. Uriel Neira Calsu
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 76935
Laboratorista



Director de EAP- CIVIL

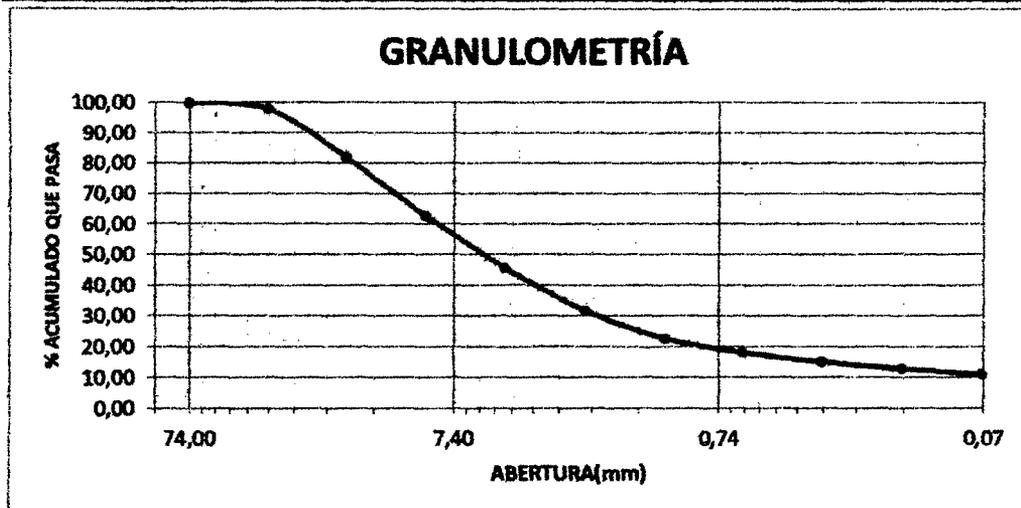


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANALISIS GRANULOMETRICO	
ASTM D-4318, AASHTO T-89, J. E. Bowles	L L
ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles	L P

PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para
SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA	: Cantera Uchcupampa
CALICATA	: N° 01
MUESTRA	: N° 01
PROFUNDIDAD	: 2.00 M
FECHA	

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO(gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	104,1	2,15	2,15	97,85
3/4"	19,00	771,85	15,91	18,06	81,94
3/8"	9,50	938,35	19,35	37,41	62,59
Nº4	4,75	819,65	16,90	54,31	45,69
Nº8	2,36	676,87	13,96	68,26	31,74
Nº16	1,18	437,75	9,03	77,29	22,71
Nº30	0,60	219,17	4,52	81,81	18,19
Nº50	0,30	148,45	3,06	84,87	15,13
Nº100	0,15	107,75	2,22	87,09	12,91
Nº200	0,075	94,15	1,94	89,03	10,97
fondo		531,91	10,97	100,00	0,00
total		4850			



Ureil
 Ing. Uriel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 76935
 Laboratorista



[Signature]
 Director de EAP. CIVIL



UNIVERSIDAD DE HUANCEVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO

ASTM D-4318, AASHTO T-99, J. E. Bowles

L L

MTC E 110-2000

ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles

L P

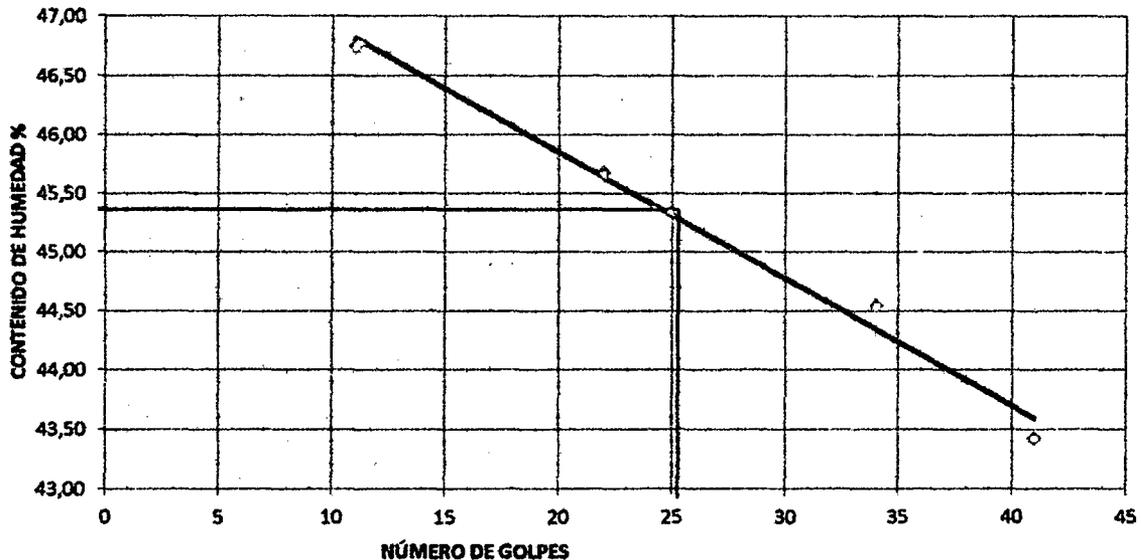
MTC E 111-2000

PROYECTO	:	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera
SOLICITADO	:	Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA	:	Cantera Uchcupampa
CALICATA	:	N° 01
MUESTRA	:	N° 01
PROFUNDIDAD	:	2.00 M
FECHA	:	
TECNICO	:	

Ensayo N°	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	1	2	3		1	2
N° de Tarras	1	2	3		11	12
Numero de Golpes	11	22	34	41		
Peso de la tara (gr)	30,60	31,00	30,80	30,80	22,25	23,00
Tara + suelo humedo (gr)	86,95	84,10	69,70	81,50	38,62	37,75
Tara + suelo seco (gr)	69,00	67,45	57,65	66,15	34,20	33,50
Peso del agua (gr)	17,95	16,65	12,05	15,35	4,42	4,25
Peso del suelo seco (gr)	38,40	36,45	27,05	35,36	11,95	10,50
Contenido de humedad %	46,74	45,68	44,55	43,42	36,99	40,48
LIMITE LIQUIDO	45,30					
LIMITE PLASTICO	38,73					
INDICE DE PLASTICIDAD	6,57					

$$L.L. = W_n \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

LÍMITE LÍQUIDO



Uziel Neira Calsin
 Ing. Uziel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 Laboratorista



Plaza
 Director de EAP- CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

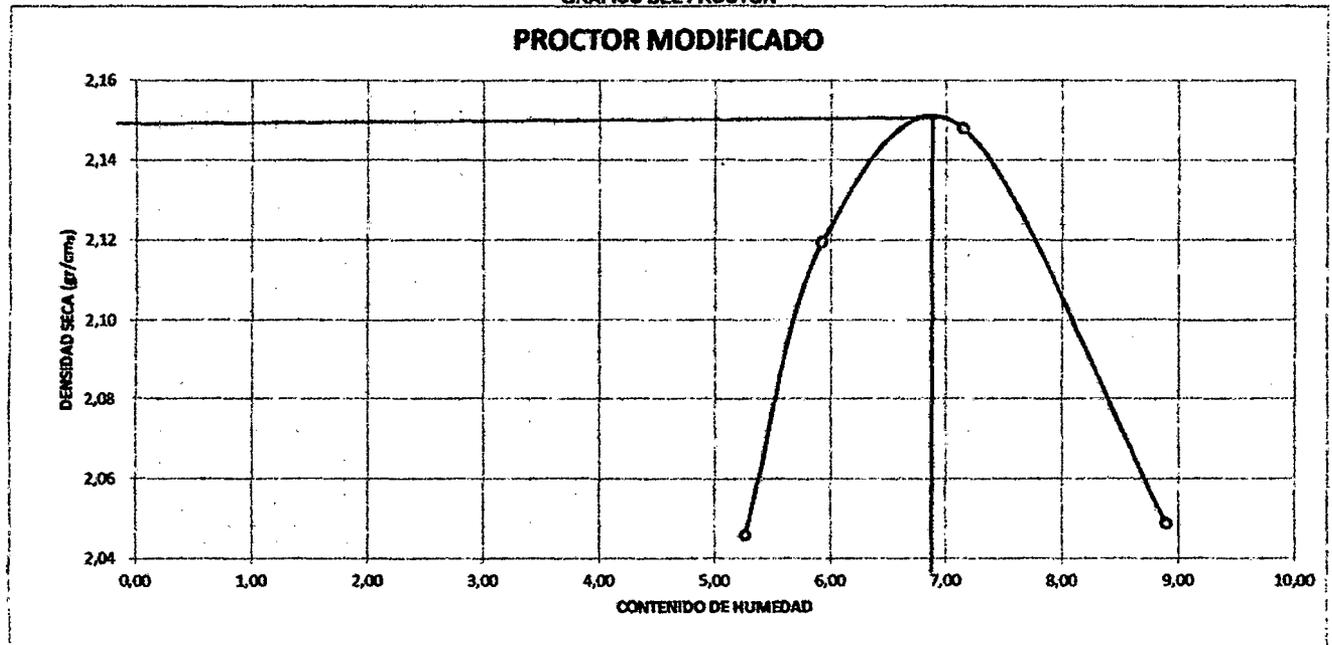
ASTM D-1557

MTC E 116-2000

PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera Lircay - Coochaccasa
SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Suedo
PROCEDECENCIA	: Cantera Uchucpampa
PROGRESIVA	: Progresiva Km 07 +050

COMPACTACION					CONTENIDO DE HUMEDAD				
Prueba N°	1	2	3	4	Prueba N°	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56	Tara + suelo humedo (gr)	943,40	709,30	752,50	689,20
Peso molde + suelo compa. (gr)	7365	7660	7670	7620	Tara + suelo seco (gr)	909,50	673,50	710,90	843,30
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770	Peso del agua (gr)	33,9	35,8	41,6	45,9
Peso del suelo compactado (gr)	4585	4780	4900	4750	Peso de la tara (gr)	265,40	69,20	128,60	127,20
Volumen del molde (cm ³)	2129,09	2129,09	2129,09	2129,09	Peso del suelo seco (gr)	644,1	604,3	582,1	516,1
Densidad humeda (gr/cm ³)	2,15	2,26	2,30	2,23	Contenido de humedad %	6,36	6,23	7,16	8,90
Densidad seca (gr/cm ³)	2,05	2,12	2,15	2,05					

GRAFICO DEL PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Maxima Densidad seca	2,152	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	6,9	%

Uchuc
 Ing. Uriel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 76935
 Laboratorista



J. Torres
 Director de EAP - CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

MTC E 115-2000

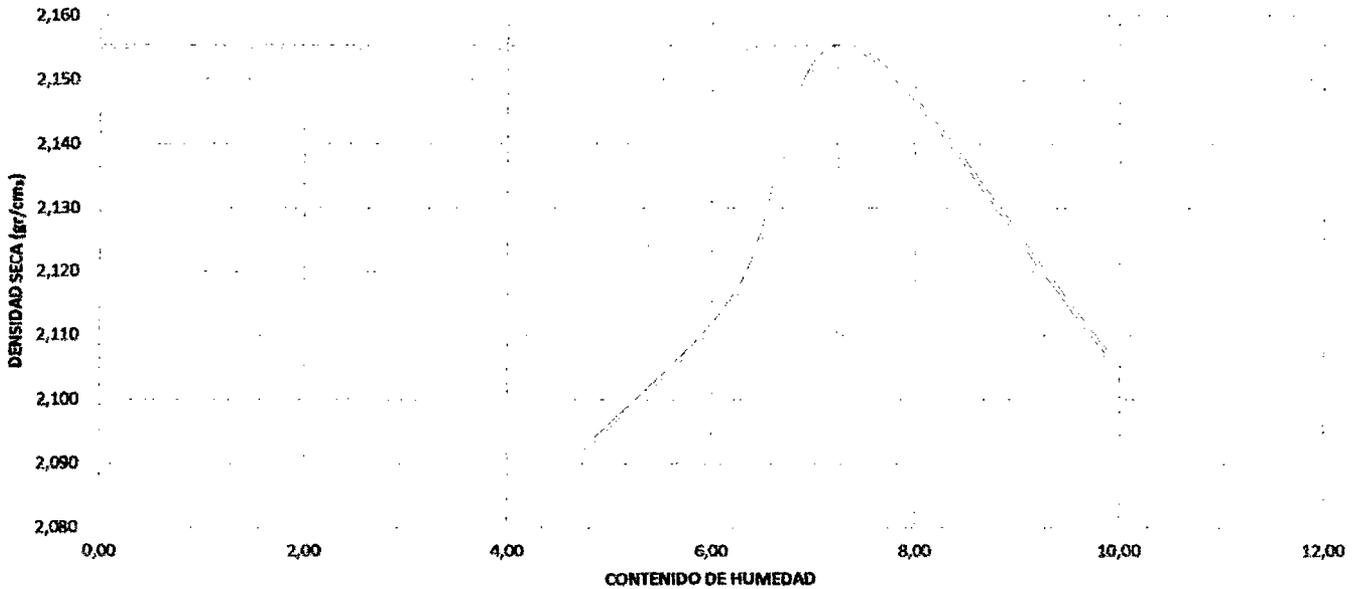
PROYECTO :	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera Lircay - Cochaccasa
SOLICITADO :	Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA :	Cantera Uchcupampa
PROGRESIVA :	Progresiva Km 07 +050

PORCENTAJE: 1 % DE CEMENTO

Prueba N°	COMPACTACION				Prueba N°	CONTENIDO DE HUMEDAD			
	1	2	3	4		1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56	Tara + suelo humedo (gr)	806,30	701,70	701,40	718,70
Peso molde + suelo compa. (gr)	7440	7560	7695	7700	Tara + suelo seco (gr)	774,50	664,60	658,20	661,30
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770	Peso del agua (gr)	31,8	37,1	43,2	57,4
Peso del suelo compactado (gr)					Peso de la tara (gr)	112,45	72,15	68,65	81,30
Volumen del molde (cm ³)					Peso del suelo seco (gr)	662,05	592,45	589,55	580
Densidad humeda (kg/cm ³)	2,19	2,28	2,31	2,32	Contenido de humedad %	4,80	6,26	7,33	9,90
Densidad seca (kg/cm ³)	2,093	2,117	2,155	2,107					

GRAFICO DEL PROCTOR

PROCTOR MODIFICADO



RESULTADOS DEL ENSAYO

Maxima Densidad seca	2,155	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	7,2	%

[Handwritten Signature]

Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL

Laboratorista

[Handwritten Signature]
 Director de EAP- CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 35265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

MTC E 115-2000

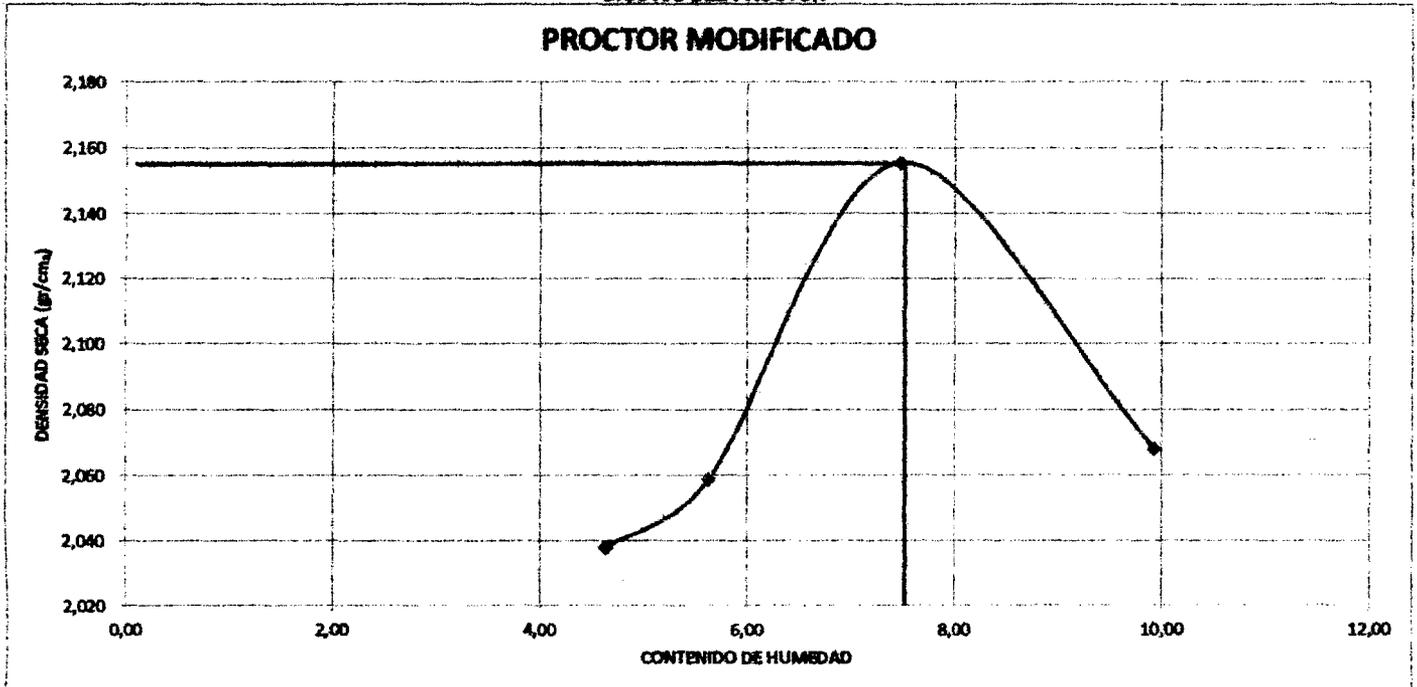
PROYECTO :	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera Lircay - Cochacacas
SOLICITADO :	Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA :	Cantera Uchoumpampa
PROGRESIVA :	Progresiva Km 07 +050

PORCENTAJE: 2 % DE CEMENTO

Prueba N°	CONTENIDO DE HUMEDAD			
	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56
Peso molde + suelo comp. (gr)	7310	7480	7702	7610
Peso del molde (gr)	2778	2778	2770	2778
Peso del suelo compactado (gr)	4540	4690	4932	4840
Volumen del molde (cm ³)	2128,08	2128,08	2128,08	2128,08
Prueba N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	197,71	206,78	209,20	178,60
Tara + suelo seco (gr)	190,30	197,40	196,60	165,20
Peso del agua (gr)	7,41	9,38	12,4	13,4
Peso de la tara (gr)	30,40	30,77	30,90	30,25
Peso del suelo seco (gr)	159,9	168,63	165,9	134,95

GRÁFICO DEL PROCTOR

PROCTOR MODIFICADO



Maxima Densidad seca	2,156	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	7,5	%

[Signature]
 Ing. Ariel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 74626
 Laboratorio



[Signature]
 Director de EAP - CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley Nº 25285)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

MYC E 116-2000

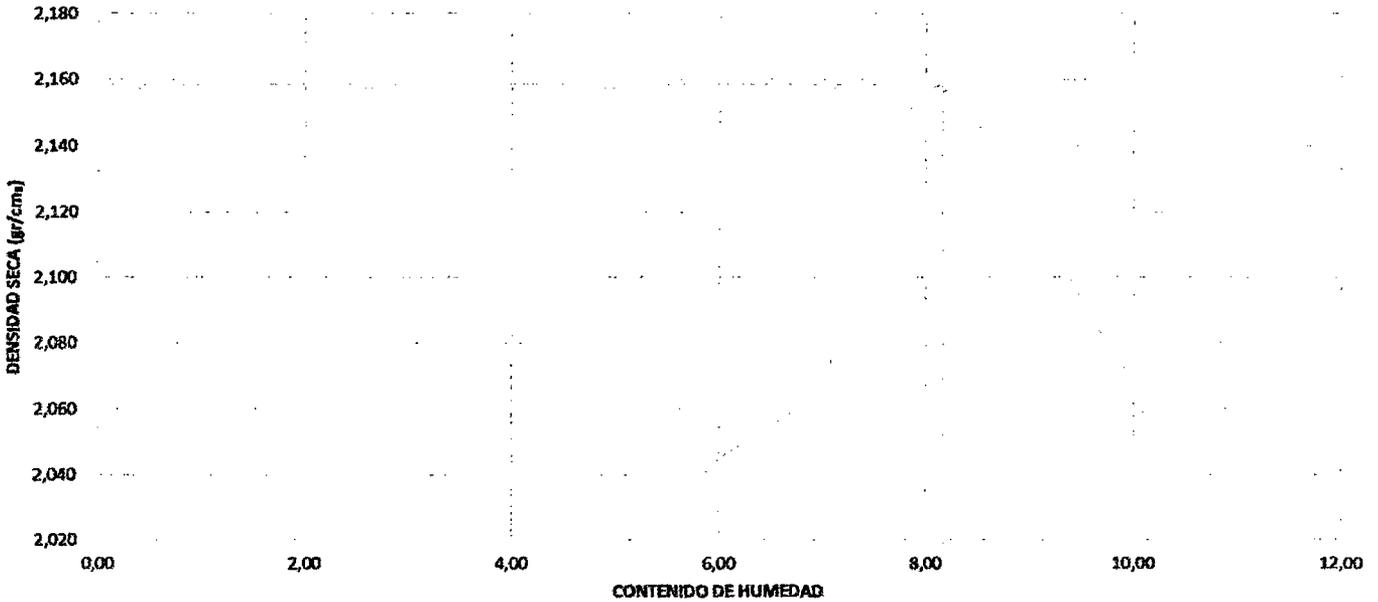
PROYECTO :	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera Lircay - Ccohaaccasa
SOLICITADO :	Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA :	Cantera Uchcupampa
PROGRESIVA :	Progresiva Km 07 +050

PORCENTAJE: 3 % DE CEMENTO

Prueba N°	COMPACTACION				Prueba N°	CONTENIDO DE HUMEDAD			
	1	2	3	4		1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56	Tara + suelo humedo (gr)	204,70	118,90	127,30	114,40
Peso molde + suelo compa. (gr)	7376	7500	7735	7600	Tara + suelo seco (gr)	195,00	112,50	119,40	106,00
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770	Peso del agua (gr)	9,7	6,4	7,9	8,4
Peso del suelo compactado (gr)					Peso de la tara (gr)	30,85	22,70	22,10	23,10
Volumen del molde (cm3)					Peso del suelo seco (gr)	164,15	89,8	97,3	82,9
Densidad humeda (kg/cm3)	2,16	2,22	2,33	2,27	Contenido de humedad %	5,91	7,13	8,12	10,13
Densidad seca (kg/cm3)	2,04	2,07	2,18	2,06					

GRAFICO DEL PROCTOR

PROCTOR MODIFICADO



RESULTADOS DEL ENSAYO

Maxima Densidad seca	2,158	kg/cm3
Optimo Contenido de humedad	8,2	%

[Handwritten Signature]

Carla Calsin

INGENIERA CIVIL

Laboratorista

Director de EAP- CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley Nº 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO C.B.R

ASTM D-1567	MTC E 114-2000	METODO C	
PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes	FECHA	
SOLICITADO	: Betzabe Ramos Guzmán y José A. Torres Sueldo	EFFECTUADO	
PROCEDENCIA	: Cantera Uchcupampa	CALICATA	: Nº 01
PROGRESIVA	: Progresiva Km 07+050	MUESTRA	: Nº 01
LADO	:	PROFUND.	: 2.00 m

COMPACTACION

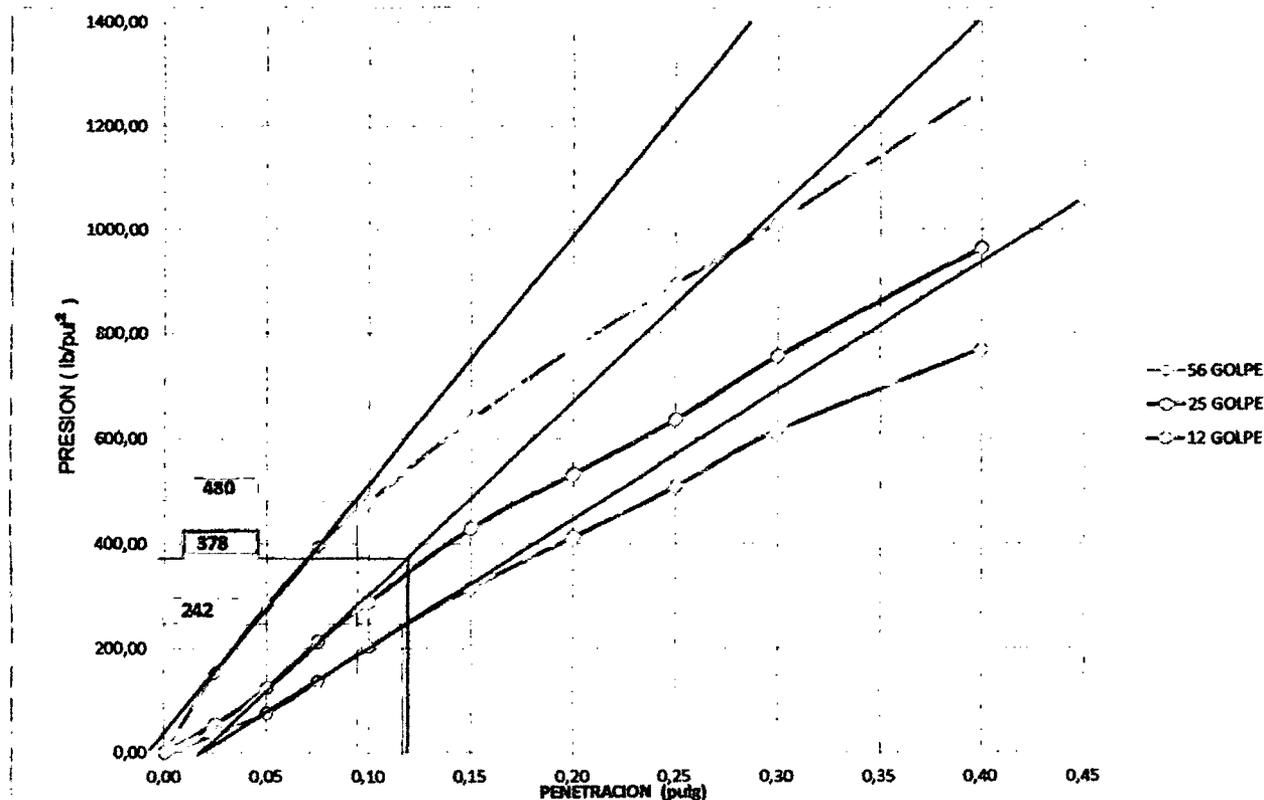
Prueba Nº	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8765	8920	9050
Peso del molde (gr)	4155	4148	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4610	4775	4895
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad húmeda (kg/cm ³)	2,17	2,25	2,31
Densidad seca (kg/cm ³)	2,038	2,109	2,162

CONTENIDO DE HUMEDAD

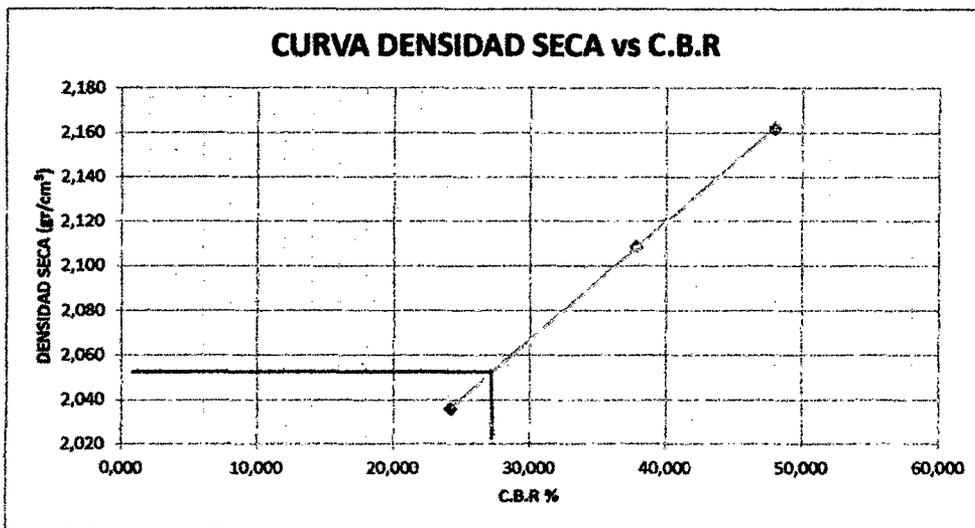
Prueba Nº	1	2	3
Tara + suelo húmedo (gr)	750,60	551,30	650,30
Tara + suelo seco (gr)	711,00	523,32	613,25
Peso del agua (gr)	39,6	27,98	37,05
Peso de la tara (gr)	128,80	112,50	69,20
Peso del suelo seco (gr)	582,2	410,82	544,05
Contenido de humedad %	6,80	6,81	6,81
Densidad seca (kg/cm ³)			

$k = 10,304$ $A = 3$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,63		45	154,56	16	54,95	10	34,35
0,050	1,27		82	281,64	36	123,65	22	75,56
0,075	1,9		115	394,99	62	212,95	40	137,39
0,100	2,54	1000	140	480,85	84	288,51	59	202,65
0,150	3,17		185	635,41	125	429,33	92	315,99
0,200	3,81	1500	225	772,80	155	532,37	120	412,16
0,250	5,08		260	893,01	185	635,41	148	508,33
0,300	7,62	1900	295,5	1014,94	220	755,63	179	614,81
0,400	10,16	2300	370	1270,83	281	965,14	224	769,37

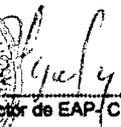


PRESION	D seca
24,200	2,036
37,800	2,109
48,000	2,162



RESULTADOS DEL ENSAYO	(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2,16
Optimo Contenido de humedad (%)	6,8
CBR al 100% de la MDS (%)	48
CBR al 95% de la MDS (%)	26,68


 Ing. G. Alarcón
 INGENIERO CIVIL
 Laboratorista



 Director de EAP CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 26266)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

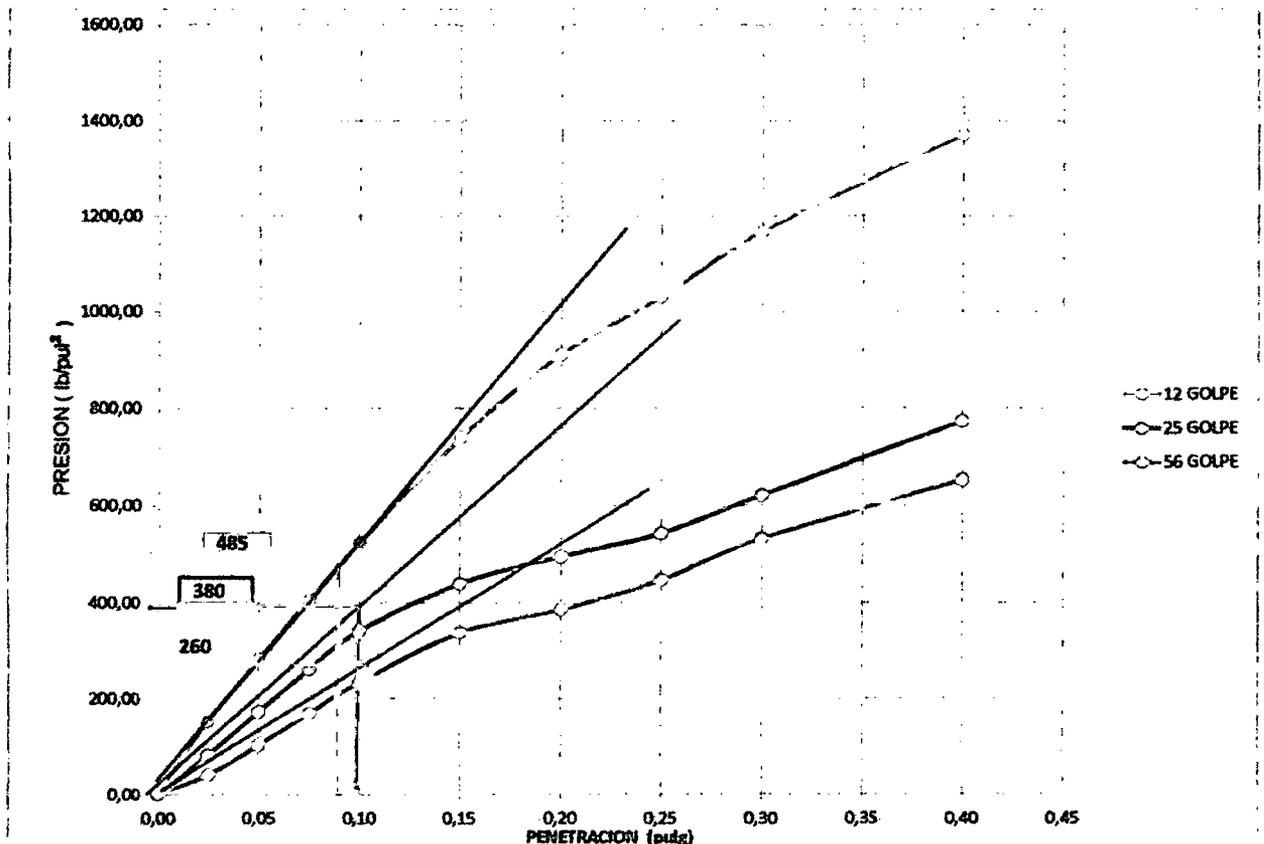
ENSAYO C.B.R			
PORCENTAJE : 1 % DE CEMENTO			
ASTM D-1587	MTC E 116-2000	METODO C	
PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes	FECHA	
SOLICITADO	: Betzabe Ramos Guzmán y José A. Torres Sueldo	EFFECTUADO	
PROCEDENCIA	: Cantera Uchcupampa	CALICATA	: N° 01
PROGRESIVA	: Progresiva Km 07+060	MUESTRA	: N° 01
LADO	:	PROFUND.	: 2.00 m

COMPACTACION			
Prueba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	26	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8810	8940	8080
Peso del molde (gr)	4155	4145	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4655	4795	4925
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad húmeda (kg/cm ³)	2,20	2,26	2,32
Densidad seca (kg/cm ³)	2,048	2,110	2,168

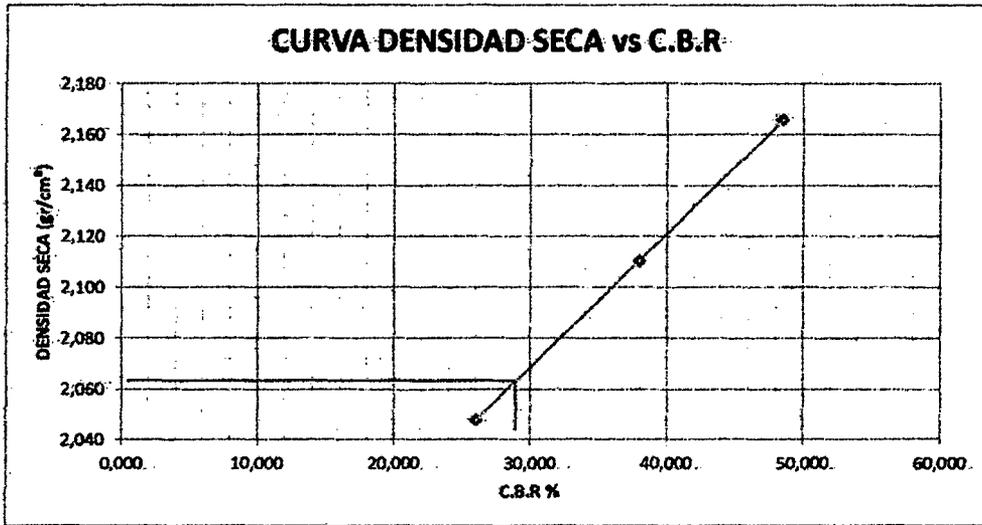
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
Tara + suelo húmedo (gr)	108,40	107,80	182,90
Tara + suelo seco (gr)	102,60	102,10	172,60
Peso del agua (gr)	5,8	5,7	10,30
Peso de la tara (gr)	22,10	22,70	30,60
Peso del suelo seco (gr)	80,5	79,4	142
Contenido de humedad %	7,20	7,18	7,28
Densidad seca (kg/cm ³)			

$k = 10,304$ $A = 3$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,63		44	151,13	24	82,43	12	41,22
0,050	1,27		82	281,64	50	171,73	30	103,04
0,075	1,9		118	405,29	76	261,03	49	168,30
0,100	2,54	1000	152	522,07	99	340,03	68	233,56
0,150	3,17		215	738,45	128	439,64	98	336,60
0,200	3,81	1500	265	910,19	144	494,59	112	384,68
0,250	5,08		300	1030,40	158	542,68	130	446,51
0,300	7,62	1900	340	1167,79	181	621,67	155	532,37
0,400	10,16	2300	399	1370,43	225	772,80	190	652,59



PRESION	% w
26,000	2,048
38,000	2,110
48,500	2,166



RESULTADOS DEL ENSAYO		(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³).		2,166
Optimo Contenido de humedad (%)		7,2
CBR al 100% de la MDS (%)		48,50
CBR al 95% de la MDS (%)		28,50



 Ing. Eneida Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL

 Laboratorista



 Director de EAP-CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

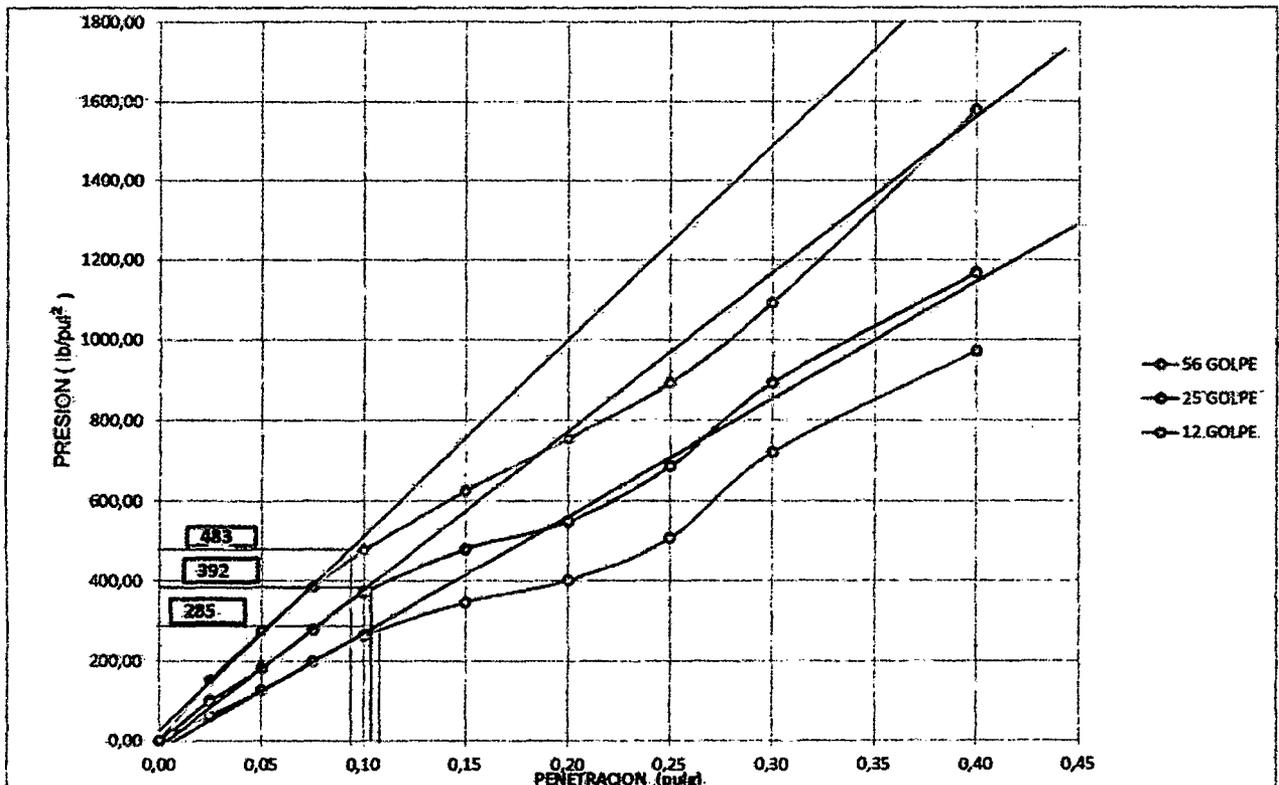
ENSAYO C.B.R			
PORCENTAJE : 2 % DE CEMENTO			
ASTM D-1587	NTC E 115-2000	METODO C	
PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes	FECHA	
SOLICITADO	: Betzabe Ramos Guzmán y José A. Torres Suedo	EFECTUADO	
PROCEDENCIA	: Cantera Uchucapampa	CALICATA	: N° 01
PROGRESIVA	: Progresiva Km 07+050	MUESTRA	: N° 01
LADO	:	PROFUND:	: 2.00 m

COMPACTACION			
Proeba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	58
Peso molde + suelo compa. (gr)	8805	8980	9098
Peso del molde (gr)	4155	4145	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4650	4815	4935
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad humada (kg/cm ³)	2,19	2,27	2,33
Densidad seca (kg/cm ³)	2,040	2,113	2,165

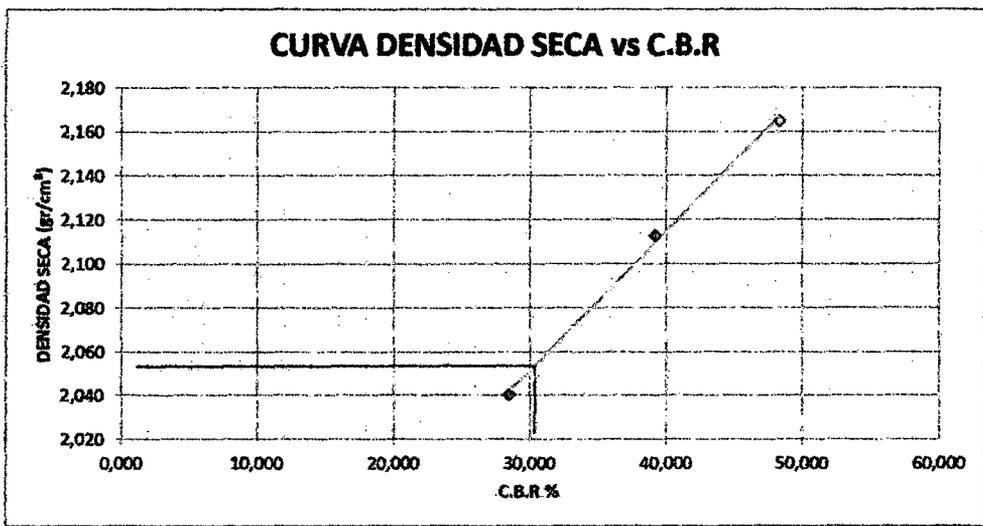
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Proeba N°	1	2	3
Tara + suelo humedo (gr)	104,02	107,89	74,11
Tara + suelo seco (gr)	98,40	102,00	70,50
Peso del agua (gr)	5,62	5,89	3,61
Peso de la tara (gr)	23,50	23,40	22,45
Peso del suelo seco (gr)	74,9	78,6	48,05
Contenido de humedad %	7,50	7,49	7,51
Densidad seca (kg/cm ³)			

$k = 10,304$ $A = 3$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,63		44	151,13	29	99,61	18	61,82
0,050	1,27		80	274,77	53	182,04	37	127,08
0,075	1,9		112	384,68	81	278,21	58	199,21
0,100	2,54	1000	139	477,42	108	370,94	77	264,47
0,150	3,17		182	625,11	140	480,85	101	346,90
0,200	5,08	1500	220	755,63	160	549,55	117	401,86
0,250	6,35		260	893,01	200	686,93	148	508,33
0,300	7,62	1900	318	1092,22	260	893,01	210	721,28
0,400	10,16	2300	459	1576,51	340	1167,79	283	972,01

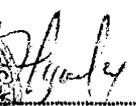


PRESION	D seca
28,500	2,040
39,200	2,113
48,300	2,165



RESULTADOS DEL ENSAYO		(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)		2,17
Óptimo Contenido de humedad (%)		7,5
CBR al 100% de la MDS (%)		48,30
CBR al 95% de la MDS (%)		29,90


Inge. Ariel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 Laboratorio 935

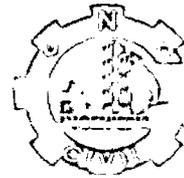


 DIRECCION
 Director de EAP - CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO C.B.R. PORCENTAJE 3% DE CEMENTO

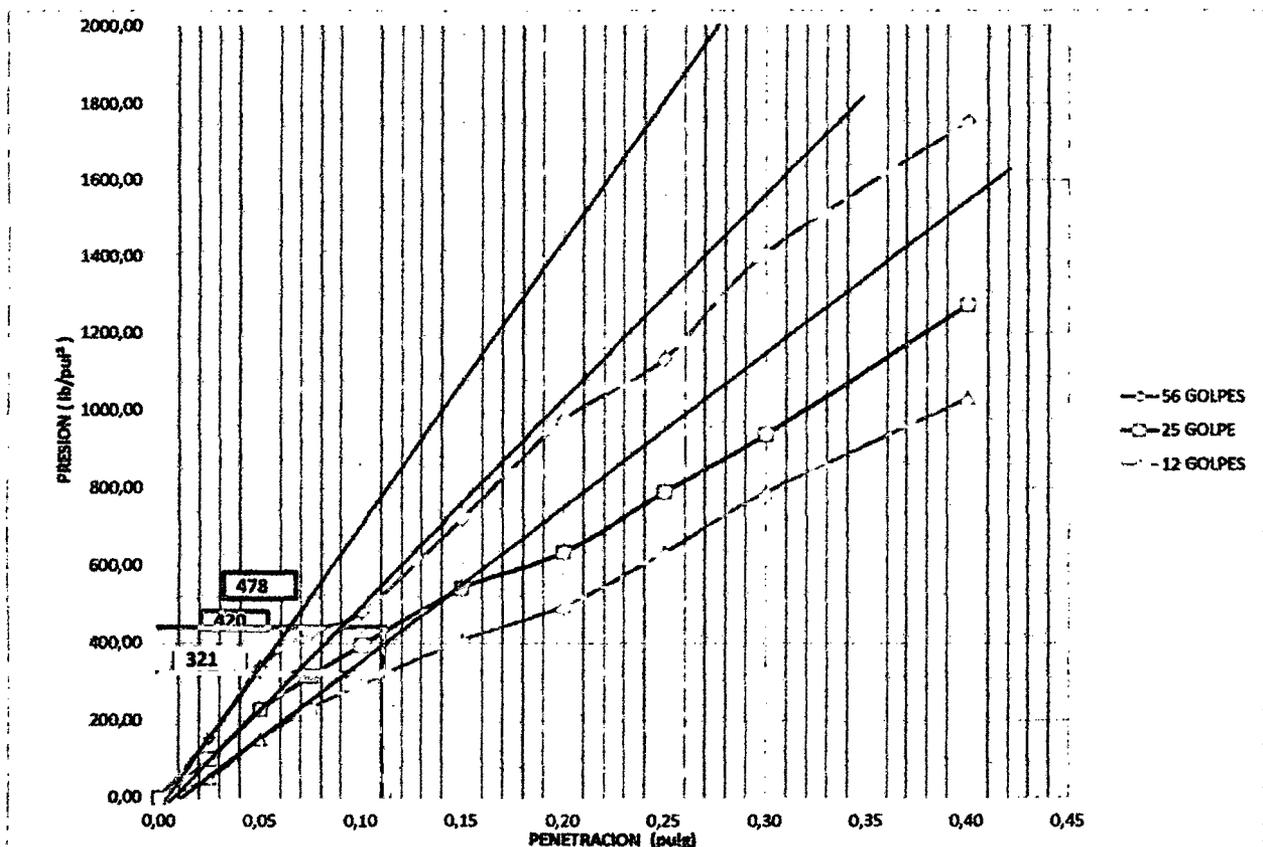
ASTM D-1587		MTC E 115-2000		METODO C	
PROYECTO	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes			FECHA	
SOLICITADO	Betzabe Ramos Guzmán y José A. Torres Suedo			EFECTUADO	
PROCEDENCIA	Cantera Uchucpampa			CALICATA	: N° 01
PROGRESIVA	Progresiva Km 07+050			MUESTRA	: N° 01
LADO				PROFUND.	: 2,00 m

Prueba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8780	8950	8956
Peso del molde (gr)	4155	4150	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4625	4800	4800
Volumen del molde (cm3)	2120	2120	2120
Densidad húmeda (kg/cm3)	2,18	2,26	2,31
Densidad seca (kg/cm3)	2,02	2,09	2,14

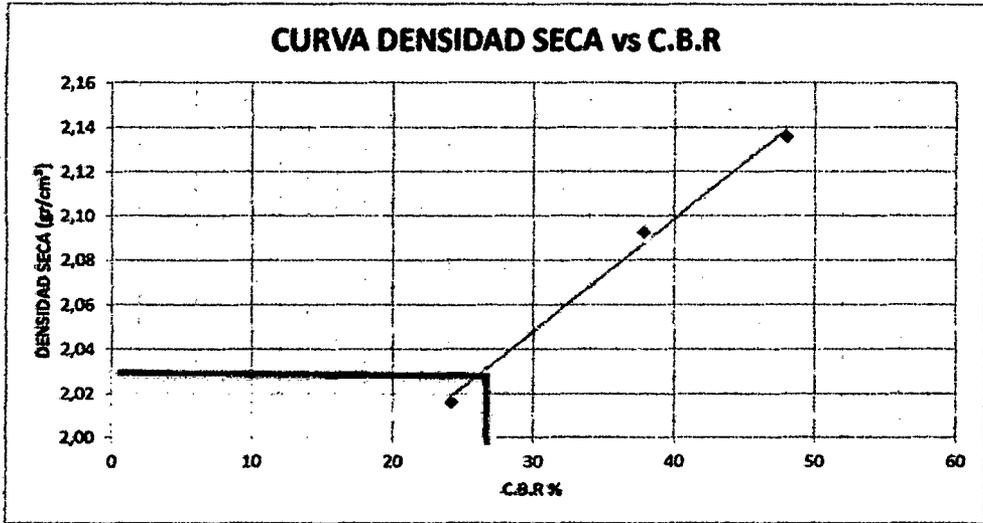
Prueba N°	1	2	3
Tara + suelo húmedo (gr)	188,30	189,10	177,80
Tara + suelo seco (gr)	176,52	177,10	166,59
Peso del agua (gr)	11,98	12	11,21
Peso de la tara (gr)	30,25	30,65	30,07
Peso del suelo seco (gr)	146,07	146,45	136,52
Contenido de humedad %	8,20	8,18	8,21
Densidad seca (kg/cm3)			

$k = 10,304$ $A = 3$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,63		45	154,56	29	99,61	15	51,52
0,050	1,27		99	340,03	67	230,12	45	154,56
0,075	1,9		125	429,33	92	315,99	68	233,56
0,100	2,54	1000	140	480,85	115	394,99	86	295,38
0,150	3,17		210	721,28	158	542,68	119	408,73
0,200	3,81	1500	284	975,45	185	635,41	145	498,03
0,250	5,08		330	1133,44	230	789,97	185	635,41
0,300	7,62	1900	410	1408,21	273	937,66	230	789,97
0,400	10,16	2300	510	1751,68	370	1270,83	300	1030,40



PRESION	D seca
24,2	2,02
37,80	2,09
48,00	2,14



RESULTADOS DEL ENSAYO		(C.B.R.) ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)		2,14
Optimo Contenido de humedad (%)		8,20
CBR al 100% de la MDS (%)		47,8
CBR al 95% de la MDS (%)		27,4


 Ing. Neira Calism
 INGENIERO CIVIL
 Laboratorio

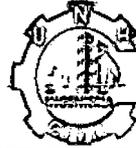


06

ENSAYOS CANTERA CCOCHACCASA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
 (Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzman y Bach. Jose A. Torres Suetto
PROCEDENCIA	: Cantera Coochaccasa
PROFUNDIDAD	: 2.00 m
FECHA	

CLASIFICACION DE SUELO

CLASIFICACION DE SUELO SEGUN AASHTO

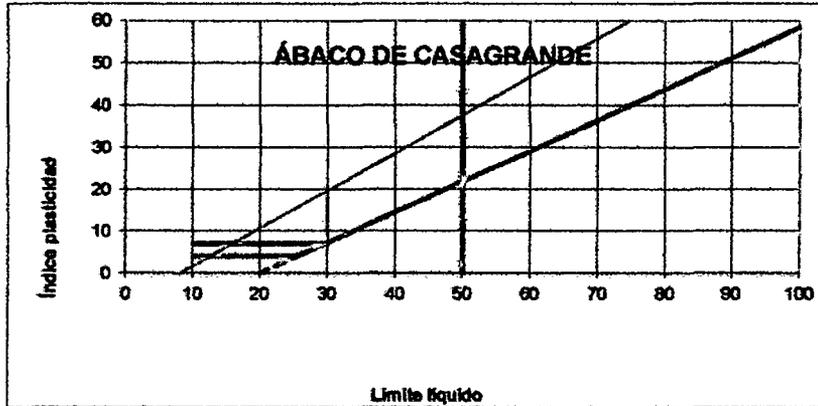
DATOS	IP	LL	PORCENTAJE QUE PASA	Nº 10	Nº 40	Nº 200
	7,58	34,30		30,09	16,69	11,31

Grupo	Suelos de partículas gruesas (F.F. ≤ 35 %)							Suelos de part. finas (F.F. > 35 %)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% pasa											
Nº 10	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
w _L	-	-	-	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
I _p	6 máx.		N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
	Trozos de piedra, gravas y arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Limos		Arcillas	
Calidad	Excelente a buena							Regular a mala			

CLASIFICACION : **A-1-a (0)** fragmento de piedra grava y arena

CLASIFICACION DE SUELO SEGUN SUCS

fraccion de grava	fraccion de arena	fraccion de limo y arcilla
56,73	31,96	11,31



D60	8,95
D30	2,35
D10	0,066
CU	135,606061
CC	9,34907737

sistema unificado de clasificación de suelos (s.u.c.s.)
 suelo de partículas gruesas (nomenclatura con símbolo doble)

GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO Y ARENA (GP-GM)

[Signature]
 Ing. César Acuña Calsin
 INGENIERO CIVIL
 Laboratorio



[Signature]
 Director de EAP-CIVIL



UNIVERSIDAD DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216, J. E. Bowles

MTC E 106-2000

PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplén de la
SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA	: Cantera Cochaccasa
CALICATA	: N° 01
MUESTRA	: N° 01
PROFUNDIDAD	: 2.00 M
FECHA	:
TECNICO	:

CONTENIDO DE HUMEDAD

Prueba N°	1	2	3	4	5
N° de Tarras	M1	M2	M2		
Peso de la tara (gr)	81,50	72,50	69,50		
Tara + suelo húmedo (gr)	635,20	676,80	686,00		
Tara + suelo seco (gr)	498,70	564,50	540,00		
Peso del agua (gr)	136,50	112,30	146,00		
Peso del suelo seco (gr)	417,20	492,00	470,50		
Contenido de humedad %	32,72	22,83	31,03		

contenido de humedad promedio %

28,85804745

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.


Laboratorio Calsm
Laboratorista
C.I. 178933



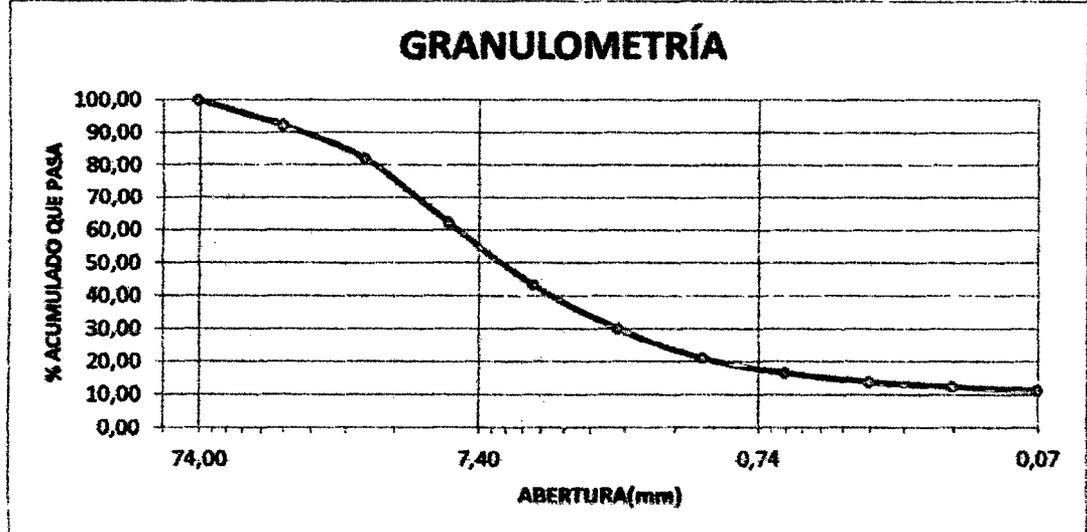


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANALISIS GRANULOMETRICO	
ASTM D-4318, AASHTO T-89, J. E. Bowles	L L
ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles	L P

PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para
SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA	: Cantera Ccochaccasa
CALICATA	: Nº 01
MUESTRA	: Nº 01
PROFUNDIDAD	: 2.00 M
FECHA	

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO(gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	319,3	7,79	7,79	92,21
3/4"	19,00	418,9	10,22	18,00	82,00
3/8"	9,50	812,6	19,82	37,82	62,18
Nº4	4,75	775,1	18,90	56,73	43,27
Nº8	2,36	540,5	13,18	69,91	30,09
Nº16	1,18	369	9,00	78,91	21,09
Nº30	0,60	180,2	4,40	83,31	16,69
Nº50	0,30	111,4	2,72	86,02	13,98
Nº100	0,15	61,1	1,49	87,51	12,49
Nº200	0,075	48,3	1,18	88,69	11,31
fondo		463,6	11,31	100,00	0,00
total		4100			



[Handwritten Signature]
 Laboratorio
 Laboratorista

[Handwritten Signature]
 Director de EAP- CIVIL



UNIVERSIDAD DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

ASTM D-4318, AASHTO T-89, J. E. Bowles

L L

MTC E 110-2000

ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles

L P

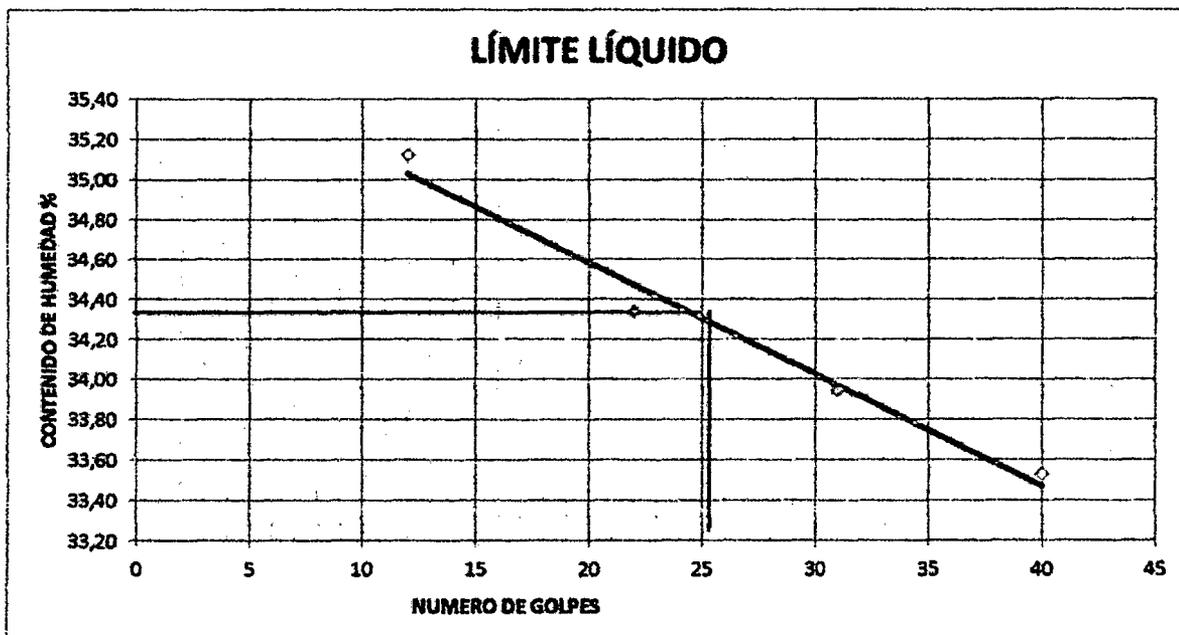
MTC E 111-2000

PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera
SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA	: Cantera Ccochaccasa
CALICATA	: N° 01
MUESTRA	: N° 01
PROFUNDIDAD	: 2.00 M
FECHA	:
TÉCNICO	:

Ensayo N°	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
N° de Tara					11	12
Numero de Golpes	12	22	31	40		
Peso de la tara (gr)	30,70	30,70	30,70	30,60	30,90	30,60
Tara + suelo humedo (gr)	83,60	110,90	92,85	98,30	48,10	50,20
Tara + suelo seco (gr)	69,85	90,4	77,1	81,3	44,55	45,88
Peso del agua (gr)	13,75	20,50	15,75	17,00	3,55	4,22
Peso del suelo seco (gr)	39,15	59,70	46,40	50,70	13,85	15,38
Contenido de humedad %	35,12	34,34	33,94	33,53	26,01	27,44

LÍMITE LÍQUIDO	34,30
LÍMITE PLÁSTICO	26,72
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	7,58

$$L.L. = W_n \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$



[Signature]
 Ing. C. [Name] a Calsun
 Laboratorio Civil





UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

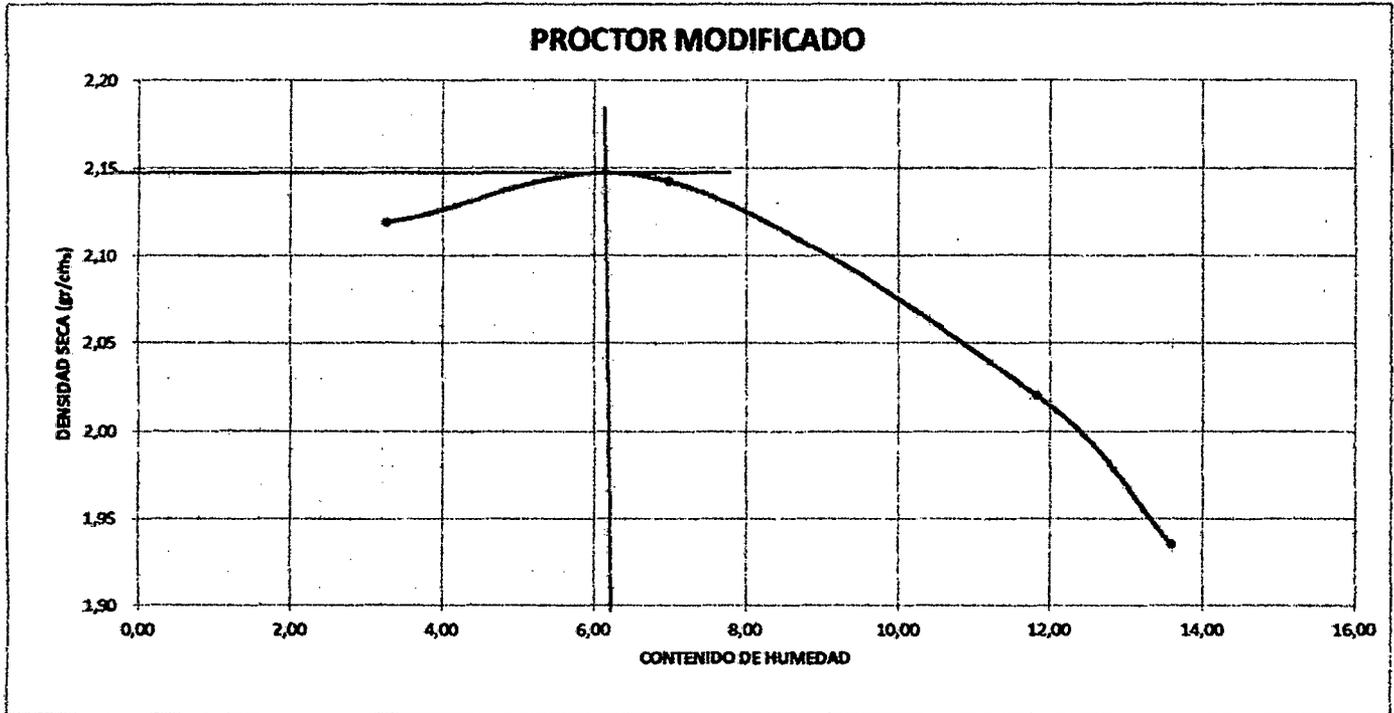
ASTM D-1557

NTC E 115-2000

PROYECTO	: Mejoramiento del Material Afirado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera Lircay - Coochaccasa
SOLICITADO	: Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA	: Cantera Coochaccasa
PROGRESIVA	: Progresiva Km 21 +050

COMPACTACION					CONTENIDO DE HUMEDAD				
Prueba N°	1	2	3	4	Prueba N°	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56	Tara + suelo humedo (gr)	634,20	611,43	650,20	523,80
Peso molde + suelo compa. (gr)	7430	7650	7580	7450	Tara + suelo seco (gr)	617,70	578,30	588,70	470,70
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770	Peso del agua (gr)	16,5	35,13	61,5	52,9
Peso del suelo compactado (gr)	4660	4880	4810	4680	Peso de la tara (gr)	112,45	72,15	68,65	81,30
Volumen del molde (cm3)	2129,09	2129,09	2129,09	2129,09	Peso del suelo seco (gr)	505,25	504,15	520,05	389,4
Densidad humeda (kg/cm3)	2,18	2,29	2,26	2,20	Contenido de humedad %	3,27	6,97	11,83	13,6
Densidad seca (kg/cm3)	2,12	2,14	2,02	1,94					

GRAFICO DEL PROCTOR.



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Maxima Densidad seca	2,149	kg/cm3
Optimo Contenido de humedad	6,2	%

[Signature]
Ing. Uriel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 76935
 Laboratorista



[Signature]
 Director de EAP - CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



10

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

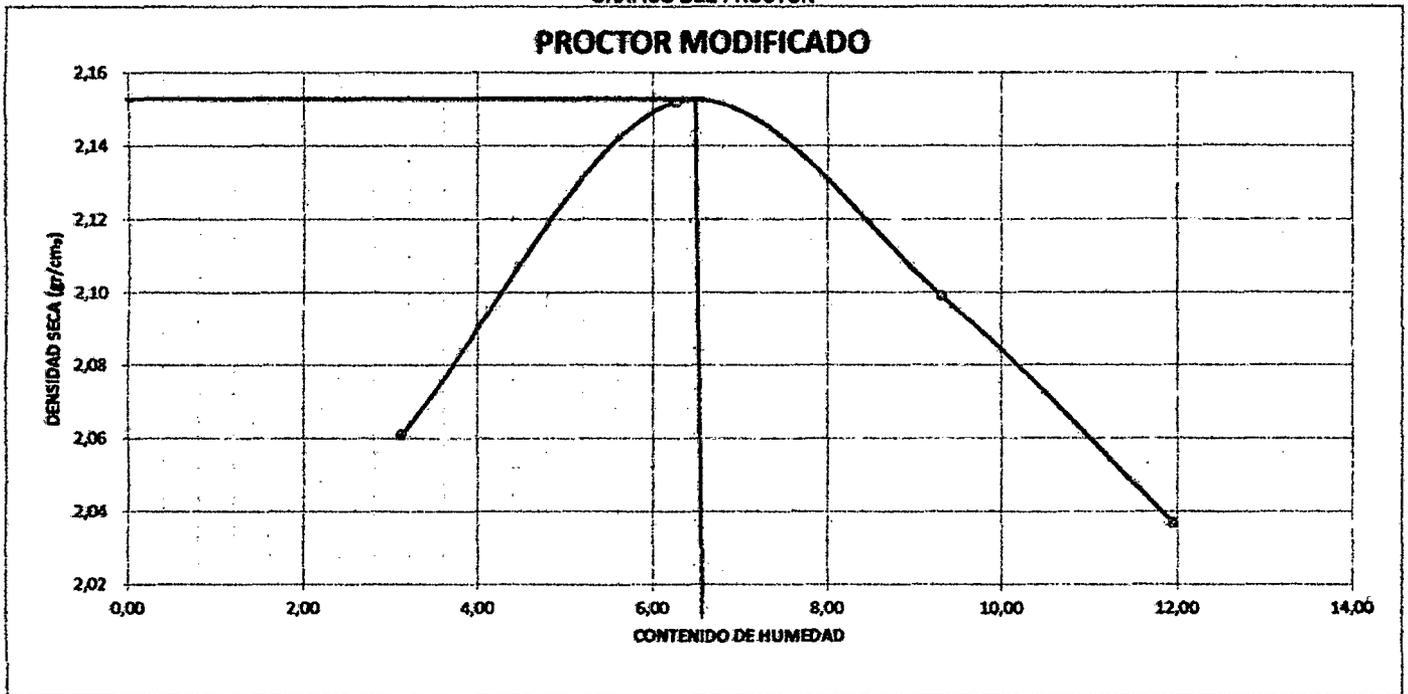
MTC E 115-2000

PROYECTO :	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera Lircay - Coochaccasa
SOLICITADO :	Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Suedo
PROCEDENCIA :	Cantera Coochaccasa
PROGRESIVA :	Progresiva Km 21 +050

PORCENTAJE: 1% DE CEMENTO

COMPACTACION					CONTENIDO DE HUMEDAD				
Prueba N°	1	2	3	4	Prueba N°	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56	Tara + suelo humedo (gr)	185,80	162,05	189,20	149,60
Peso molde + suelo compa. (gr)	7295	7639	7888	7625	Tara + suelo seco (gr)	181,10	154,30	175,70	136,90
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770	Peso del agua (gr)	4,7	7,75	13,5	12,7
Peso del suelo compactado (gr)	4525	4869	4885	4855	Peso de la tara (gr)	30,70	30,75	30,70	30,65
Volumen del molde (cm ³)	2129,09	2129,09	2129,09	2129,09	Peso del suelo seco (gr)	150,4	123,55	145	108,25
Densidad aparente (kg/cm ³)	2,131	2,281	2,291	2,281	Contenido de humedad (%)	3,13	6,27	9,31	11,94
Densidad seca (kg/cm ³)	2,081	2,151	2,101	2,041					

GRAFICO DEL PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO

Maxima Densidad seca	2,154	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	6,455	%

[Signature]
 Ing. Ariel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 CIP 123456789

[Signature]
 DIRECCION
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 LIRCAY



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCEVELICA

(Creada por Ley N° 26263)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

NTC E 116-2000

PROYECTO :	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terrapien de la Carretera Lircay - Cochacassa
SOLICITADO :	Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA :	Cantera Cochacassa
PROGRESIVA :	Progresiva Km 21 +050

PORCENTAJE: 2 % DE CEMENTO

COMPACTACION

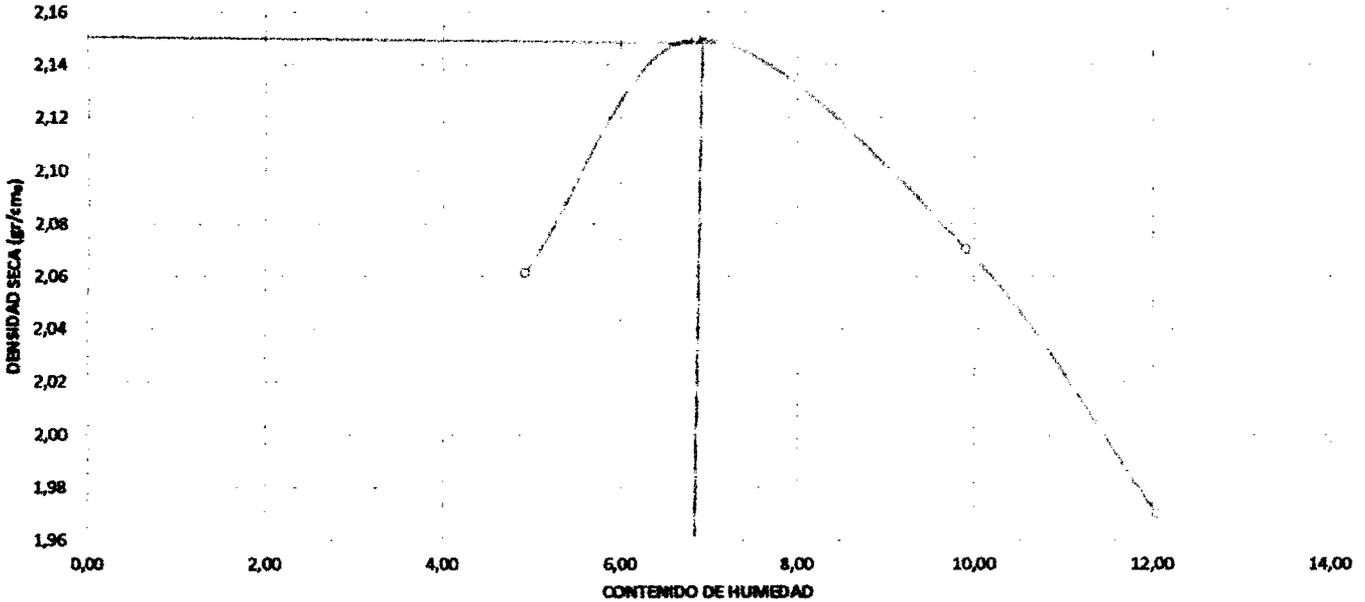
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56
Peso molde + suelo comp. (gr)	7375	7661	7815	7470
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770
Peso del suelo compactado (gr)	4605	4891	5045	4700
Volumen del molde (cm ³)	2129,09	2129,09	2129,09	2129,09

CONTENIDO DE HUMEDAD

Prueba N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	190,10	197,70	190,70	184,40
Tara + suelo seco (gr)	182,60	187,00	178,30	150,00
Peso del agua (gr)	7,5	10,7	14,4	14,4
Peso de la tara (gr)	30,40	30,90	30,90	30,45
Peso del suelo seco (gr)	152,2	156,1	145,4	119,55

GRAFICO DEL PROCTOR

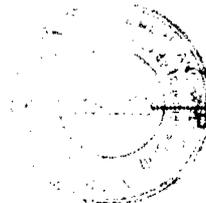
PROCTOR MODIFICADO



RESULTADOS DEL ENSAYO

Maxima Densidad seca	2,156	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	6,8	%

Officer
 Ing. *Orlando Nueva Calsin*
 INGENIERO CIVIL
 C.P. N° 78935
 Laboratorio



Director de EAP- CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCEVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

NTC E 115-2000

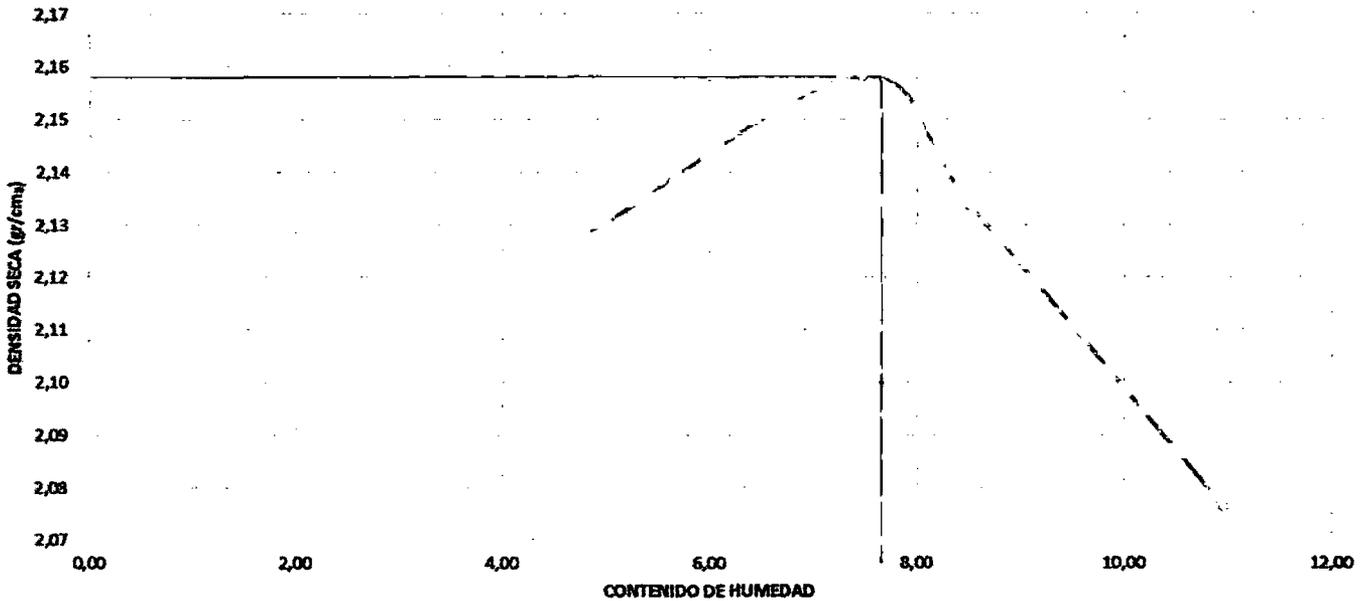
PROYECTO :	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes para el Terraplen de la Carretera Lircay - Coochaccasa
SOLICITADO :	Bach. Betzabe Ramos Guzmán y Bach. José Antonio Torres Sueldo
PROCEDENCIA :	Cantera Coochaccasa
PROGRESIVA :	Progresiva Km 21 +050

PORCENTAJE: 3 % DE CEMENTO

Prueba N°	COMPACTACION				Prueba N°	CONTENIDO DE HUMEDAD			
	1	2	3	4		1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56	Tara + suelo humedo (gr)	202,90	181,70	177,00	160,10
Peso molde + suelo compa. (gr)	7510	7708	7700	7678	Tara + suelo seco (gr)	185,20	171,20	165,50	147,30
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770	Peso del agua (gr)	7,7	10,5	11,5	12,8
Peso del suelo compactado (gr)					Peso de la tara (gr)	30,70	30,65	30,68	30,40
Volumen del molde (cm ³)					Peso del suelo seco (gr)	164,5	140,55	134,85	116,9
Densidad humeda (kg/cm ³)	2,23	2,32	2,32	2,39	Contenido de humedad %	4,68	7,47	8,53	10,96
Densidad seca (kg/cm ³)	2,13	2,16	2,13	2,08					

GRAFICO DEL PROCTOR

PROCTOR MODIFICADO



RESULTADOS DEL ENSAYO

Maxima Densidad seca	2,157	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	7,71	%

[Signature]
 El Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 C.I. N° 22935
 Laboratorista

[Signature]
 Director de EAP- CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley Nº 25283)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO C.B.R

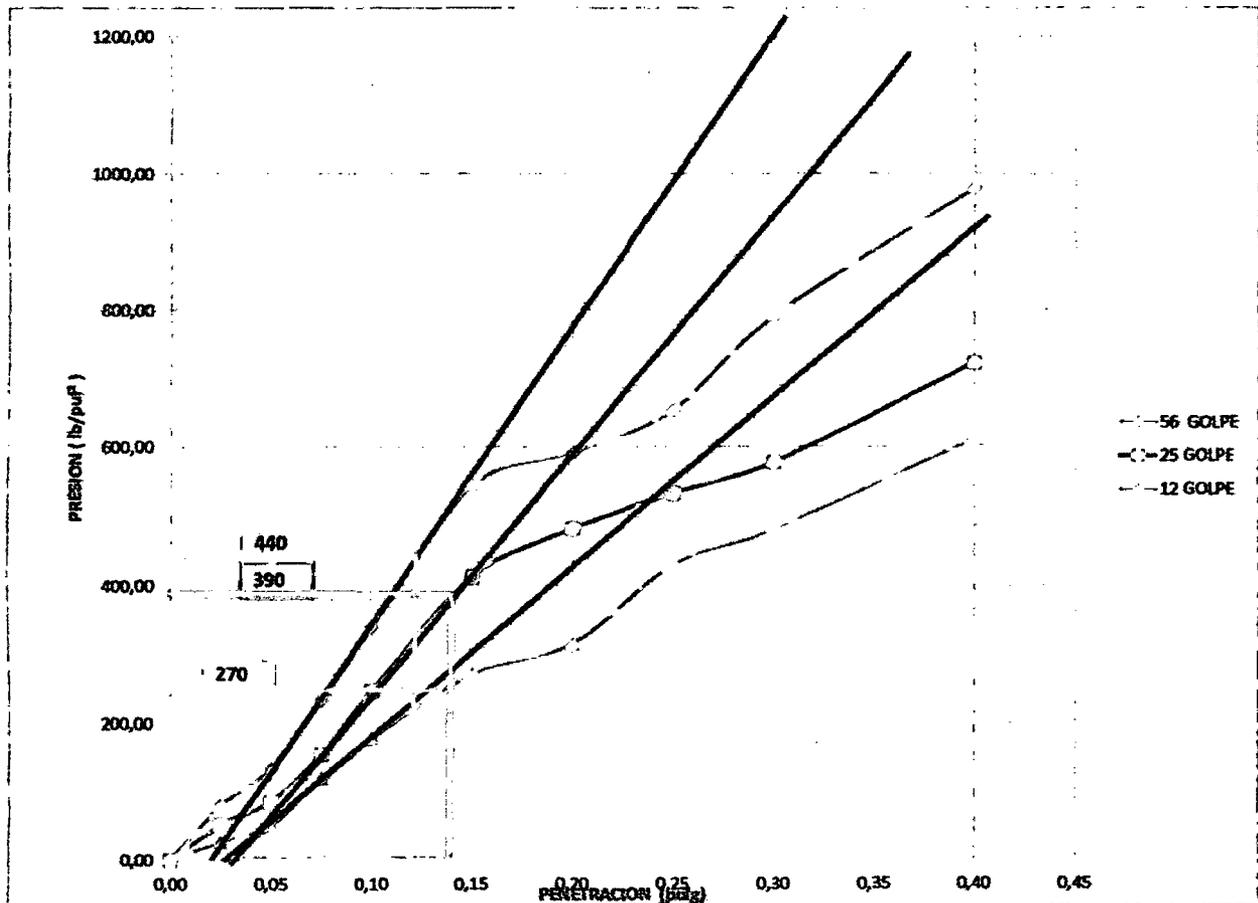
ASTM D-1557		MTC E 115-2000		METODO C	
PROYECTO	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes			FECHA	
SOLICITADO	Betzabe Ramos Guzmán y José A. Torres Buelido			EFECTUADO	
PROCEDENCIA	Cantera Coochaocaca			CALICATA	: N° 01
PROGRESIVA	Progresiva Km 21+050			MUESTRA	: N° 01
LADO				PROFUND.	: 2.00 m

COMPACTACION			
Prueba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8650	8855	8900
Peso del molde (gr)	4145	4185	4150
Peso del suelo compactado (gr)	4505	4700	4750
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad húmeda (kg/cm ³)	2,13	2,22	2,24
Densidad seca (kg/cm ³)	1,99	2,08	2,11

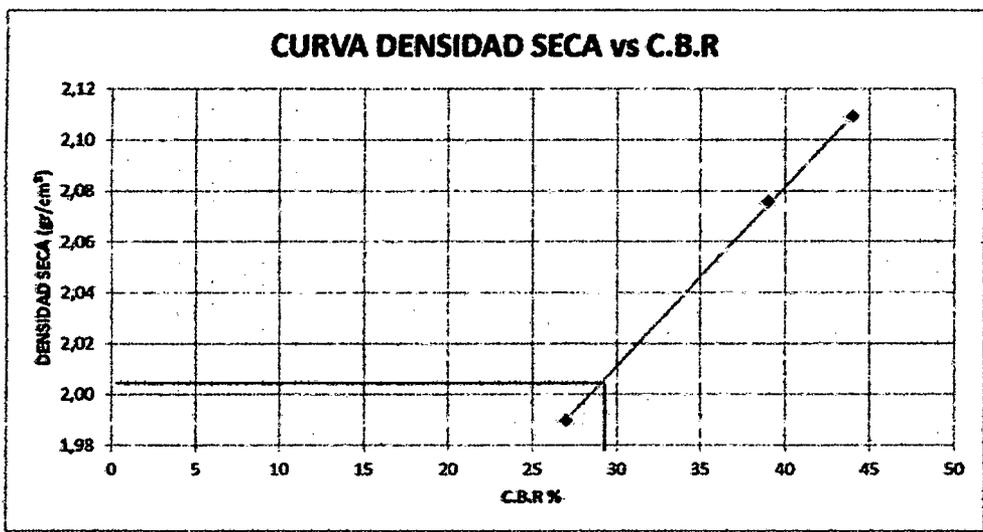
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
Tara + suelo húmedo (gr)	640,80	430,90	540,90
Tara + suelo seco (gr)	611,00	412,32	513,25
Peso del agua (gr)	29,8	18,58	27,65
Peso de la tara (gr)	128,80	112,50	69,20
Peso del suelo seco (gr)	482,2	299,82	444,05
Contenido de humedad %	6,18	6,20	6,23
Densidad seca (kg/cm ³)			

$k = 10,304$ $A = 3$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,63		23	79,00	15	51,52	8	27,48
0,050	1,27		39	133,95	25	85,87	15	51,52
0,075	1,9		68	233,56	45	154,56	35	120,21
0,100	2,54	1000	99	340,03	72	247,30	52	178,60
0,150	3,17		158	542,68	120	412,16	79	271,34
0,200	3,81	1500	172	590,76	140	480,85	92	315,99
0,250	5,08		190	652,59	155	532,37	125	429,33
0,300	7,62	1900	230	789,97	168	577,02	140	480,85
0,400	10,16	2300	285	978,88	210	721,28	178	611,37



PRESION	% w
27	1,99
39,00	2,08
44,00	2,11



RESULTADOS DEL ENSAYO		(CBR) ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)		2,11
Optimo Contenido de humedad (%)		6,20
CBR al 100% de la MDS (%)		44
CBR al 95% de la MDS (%)		29,1


 Sr. Ariel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 76935
 Laboratorista





UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

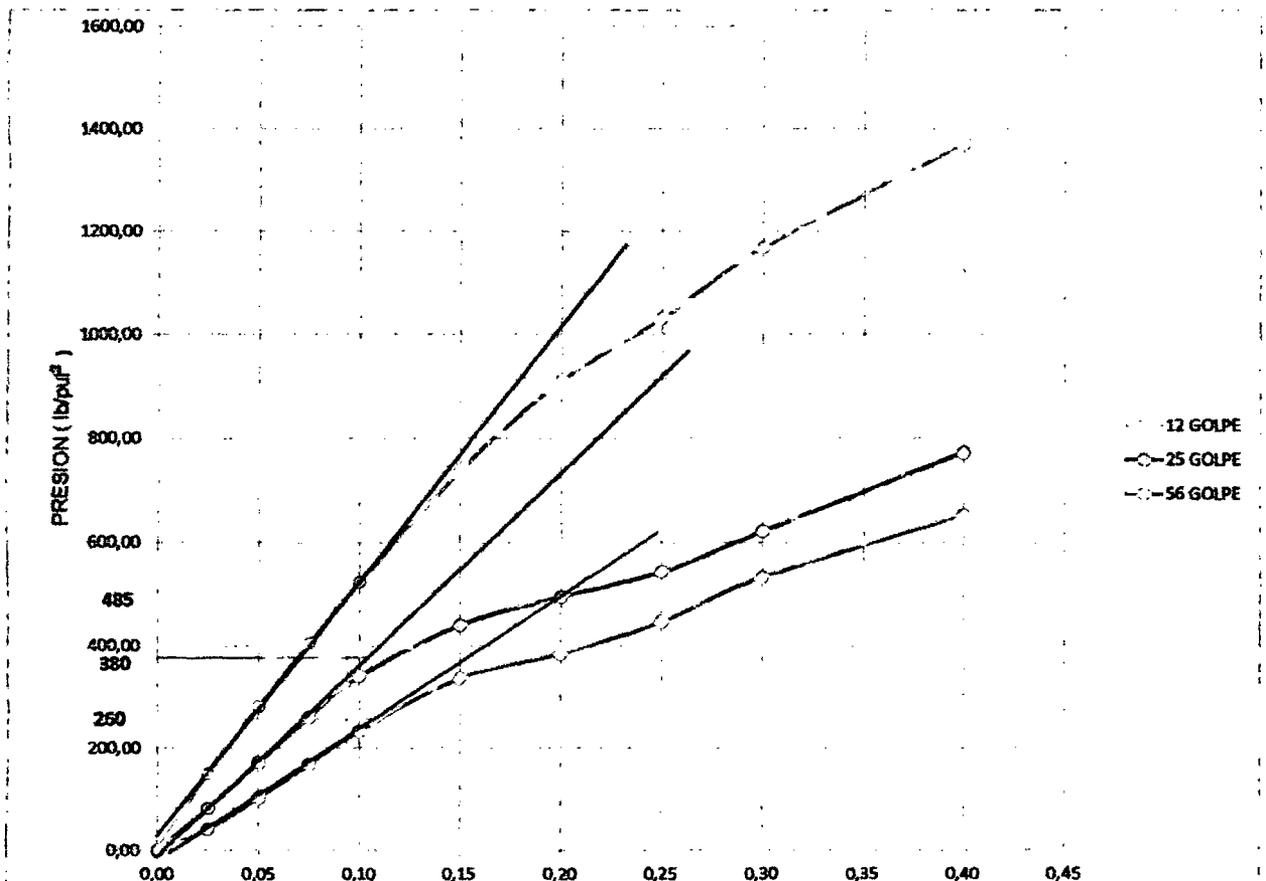
ENSAYO C.B.R			
PORCENTAJE: 1% DE CEMENTO			
ASTM D-1557	NTC E 115-2000	METODO C	
PROYECTO	Mejoramiento del Material Afirmando de las Canteras Adyacentes		FECHA
SOLICITADO	Betzabe Ramos Guzmán y José A. Torres Sueldo		EFECTUADO
PROCEDENCIA	Cantera Ceochaccasa	CALICATA	: N° 01
PROGRESIVA	Progresiva Km 21+050	MUESTRA	: N° 01
LADO		PROFUND.	: 2.00 m

COMPACTACION			
Prueba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8730	8900	8010
Peso del molde (gr)	4150	4148	4165
Peso del suelo compactado (gr)	4580	4755	4855
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad húmeda (kg/cm ³)	2,18	2,24	2,29
Densidad seca (kg/cm ³)	2,029	2,107	2,151

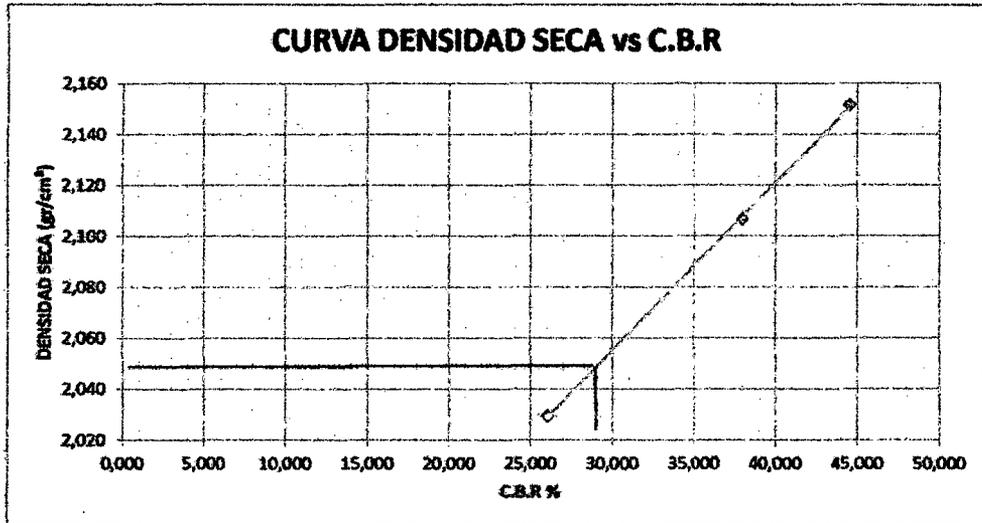
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
Tara + suelo húmedo (gr)	165,20	98,90	104,70
Tara + suelo seco (gr)	157,30	95,10	100,20
Peso del agua (gr)	7,9	3,8	4,50
Peso de la tara (gr)	34,80	36,30	30,40
Peso del suelo seco (gr)	122,5	58,8	69,8
Contenido de humedad %	6,48	6,48	6,48
Densidad seca (kg/cm ³)			

$k = 10,304$ $A = 3$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,63		44	151,13	24	82,43	12	41,22
0,050	1,27		82	281,64	50	171,73	30	103,04
0,075	1,9		118	405,29	76	261,03	49	168,30
0,100	2,54	1000	152	522,07	99	340,03	68	233,56
0,150	3,17		215	738,45	128	439,64	98	336,60
0,200	3,81	1500	265	910,19	144	494,59	112	384,68
0,250	5,08		300	1030,40	158	542,68	130	446,51
0,300	7,62	1900	340	1167,79	181	621,67	155	532,37
0,400	10,16	2300	399	1370,43	225	772,80	190	652,59



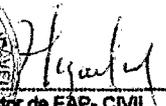
PRESION	Y SECA
26,000	2,029
38,000	2,107
44,500	2,151



RESULTADOS DEL ENSAYO		(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)		2,151
Optimo Contenido de humedad (%)		6,45
CBR al 100% de la MDS (%)		44,50
CBR al 95% de la MDS (%)		28,50


 J. J. Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 218.750
 Laboratorista




 Director de EAP- CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCEVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO C.B.R

PORCENTAJE: 2% DE CEMENTO

ASTM D-1557		MTC E 115-2000		METODO C	
PROYECTO	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes			FECHA	
SOLICITADO	Betzabe Ramos Guzmán y José A. Torres Sueldo			EFECTUADO	
PROCEDENCIA	Cantera Coocobaccasa			CALICATA	: N° 01
PROGRESIVA	Progresiva Km 21+050			MUESTRA	: N° 01
LADO				PROFUND.	: 2.00 m

COMPACTACION

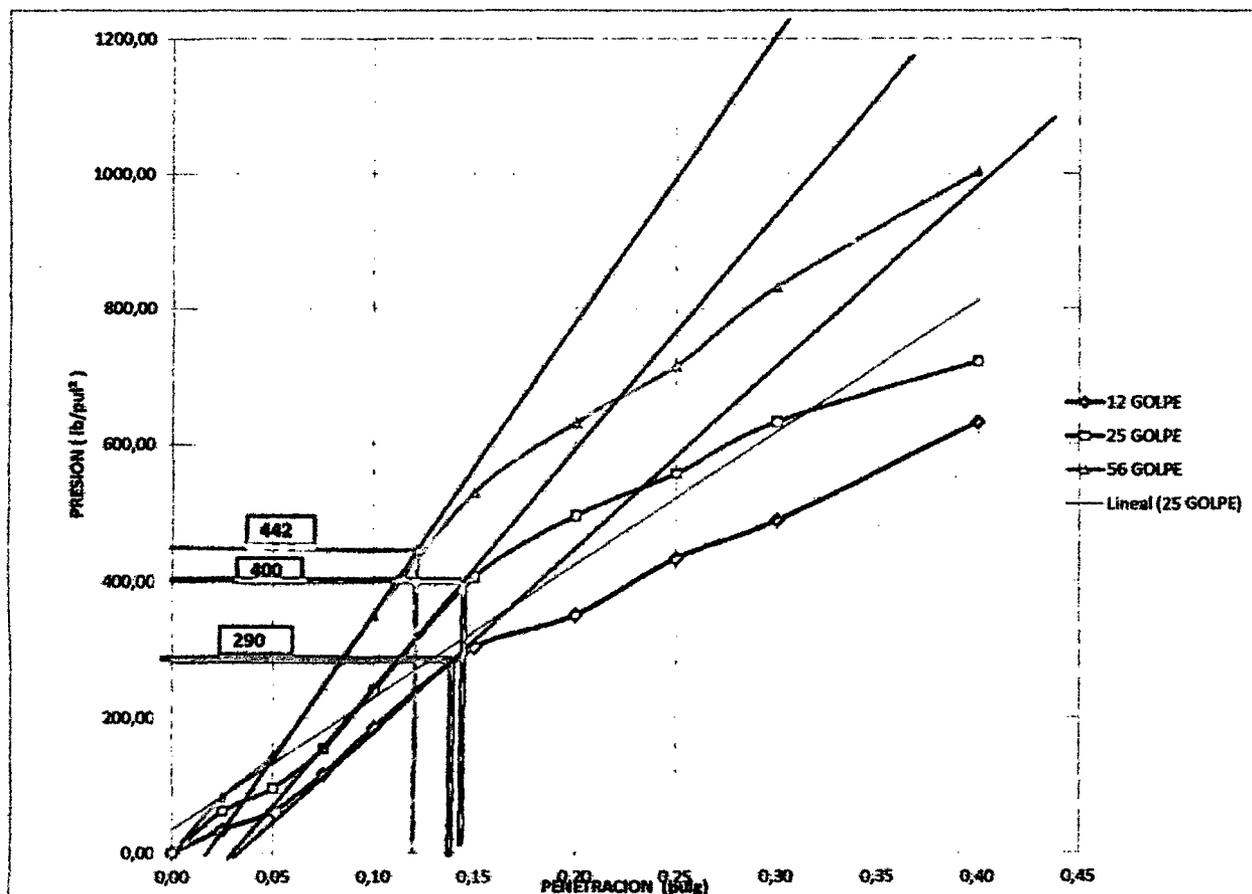
Prueba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8700	8910	8960
Peso del molde (gr)	4145	4155	4150
Peso del suelo compactado (gr)	4555	4755	4800
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad húmeda (kg/cm ³)	2,15	2,24	2,26
Densidad seca (kg/cm ³)	2,012	2,100	2,131

CONTENIDO DE HUMEDAD

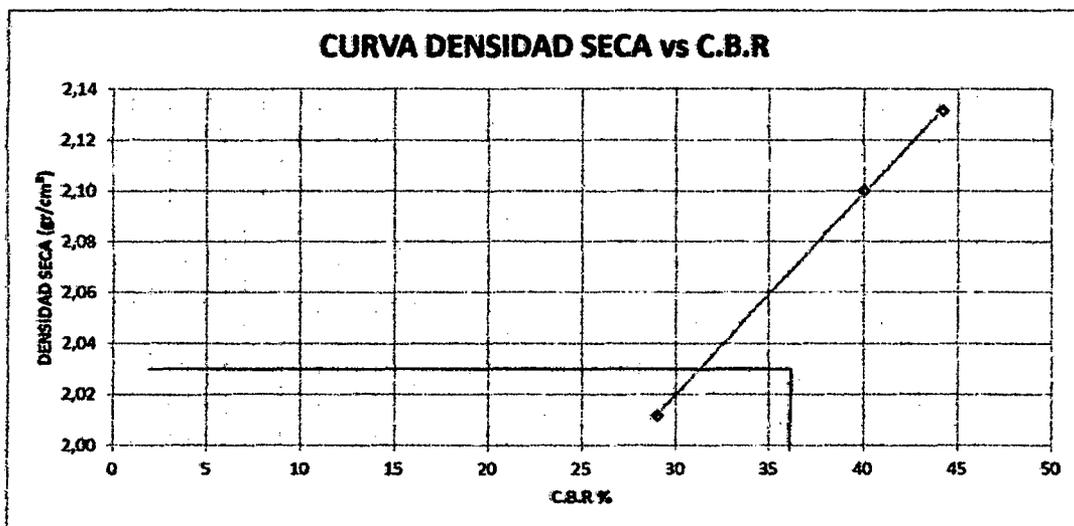
Prueba N°	1	2	3
Tara + suelo húmedo (gr)	640,80	430,90	540,90
Tara + suelo seco (gr)	611,00	412,32	513,25
Peso del agua (gr)	29,8	18,58	27,65
Peso de la tara (gr)	128,80	112,50	69,20
Peso del suelo seco (gr)	482,2	299,82	444,05
Contenido de humedad %	6,18	6,20	6,23
Densidad seca (kg/cm ³)			

$k = 10,304$ $A = 3$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,63		24	82,43	18	61,82	10	34,35
0,050	1,27		42	144,26	28	96,17	18	61,82
0,075	1,9		72	247,30	45	154,56	34	116,78
0,100	2,54	1000	102	350,34	70	240,43	54	185,47
0,150	3,17		154	528,94	118	405,29	88	302,25
0,200	3,81	1500	184	631,98	144	494,59	102	350,34
0,250	5,08		208	714,41	162	556,42	126	432,77
0,300	7,62	1900	242	831,19	184	631,98	142	487,72
0,400	10,16	2300	292	1002,92	210	721,28	184	631,98

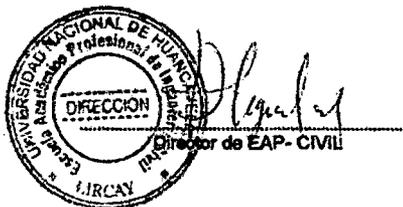


PRESION	D seca
29	2,01
40,00	2,10
44,20	2,13



RESULTADOS DEL ENSAYO	(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2,13
Optimo Contenido de humedad (%)	6,20
CBR al 100% de la MDS (%)	44,2
CBR al 95% de la MDS (%)	31


 Inz. Uriel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 CIP - Nº. 76835
 Laboratorista





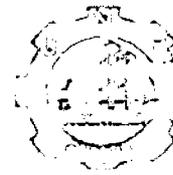
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25268)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



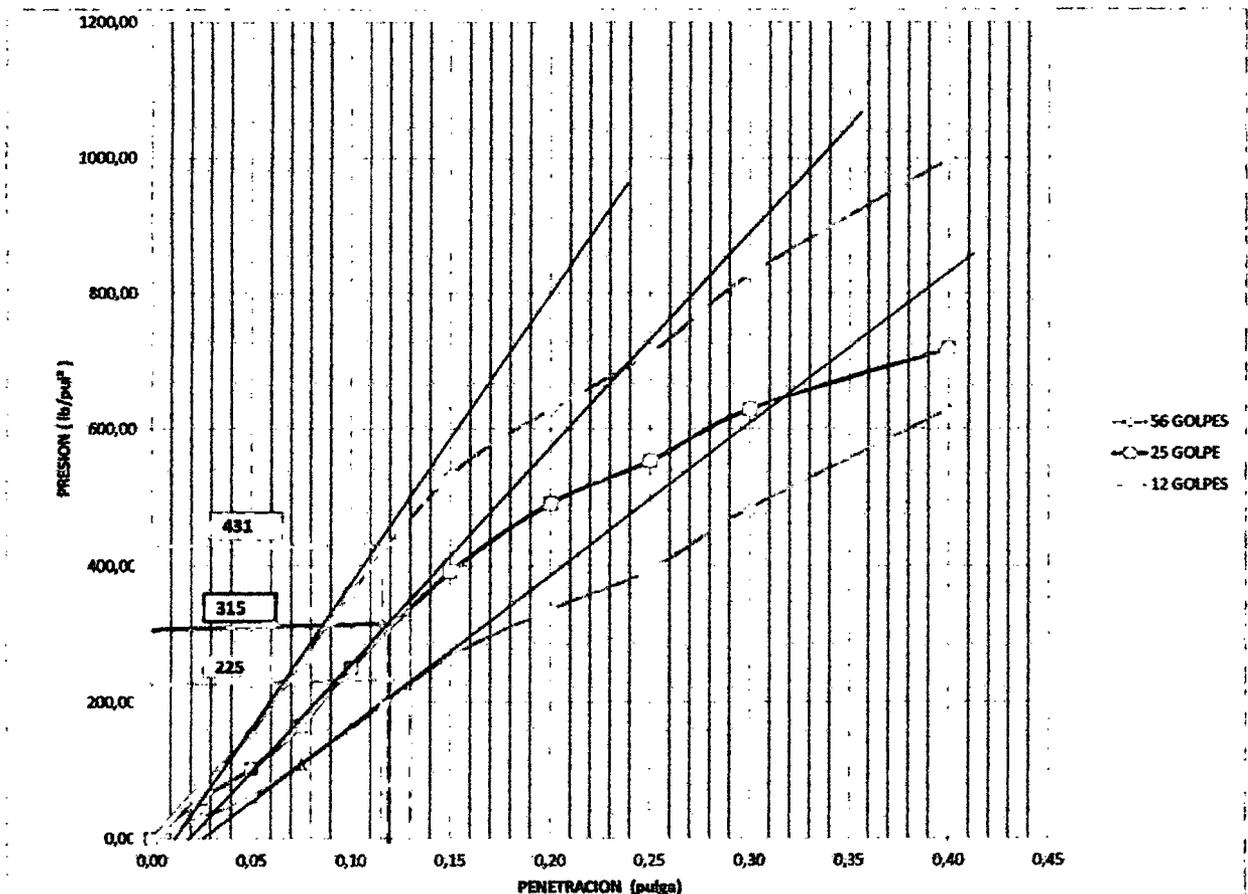
ENSAYO C.B.R			
PORCENTAJE: 3% DE CEMENTO			
ASTM D-1557		MTC E 115-2000	
		METODO C	
PROYECTO	Mejoramiento del Material Afirmado de las Canteras Adyacentes		FECHA
SOLICITADO	Betzabe Ramos Guzmán y José A. Torres Suelto		EFFECTUADO
PROCEDENCIA	Cantera Coochaccasa	CALICATA	: N° 01
PROGRESIVA	Progresiva Km 21+050	MUESTRA	: N° 01
LADO	:	PROFUND.	: 2.00 m

COMPACTACION			
Prueba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	58
Peso molde + suelo compa. (gr)	8700	8810	8948
Peso del molde (gr)	4155	4160	4168
Peso del suelo compactado (gr)	4545	4650	4780
Volumen del molde (cm3)	2120	2120	2120
Densidad húmeda (kg/cm3)	2,14	2,20	2,28
Densidad seca (kg/cm3)	1,99	2,04	2,10

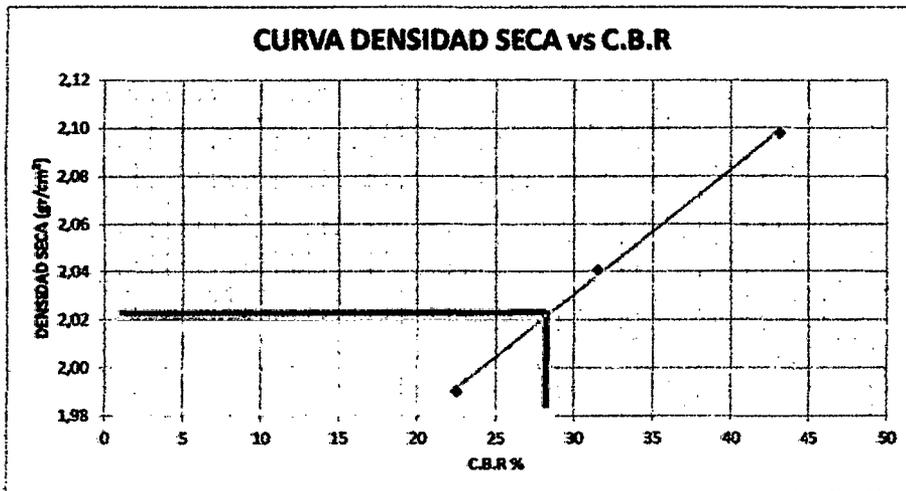
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
Tara + suelo húmedo (gr)	79,88	80,68	69,40
Tara + suelo seco (gr)	76,32	77,10	66,59
Peso del agua (gr)	3,56	3,58	2,81
Peso de la tara (gr)	30,25	30,65	30,07
Peso del suelo seco (gr)	46,07	46,45	36,52
Contenido de humedad %	7,73	7,71	7,69
Densidad seca (kg/cm3)			

$k = 10,304$ $A = 3$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,63		23	79,00	17	58,39	9	30,91
0,050	1,27		45	154,56	30	103,04	18	61,82
0,075	1,9		75	257,60	48	164,86	32	109,91
0,100	2,54	1000	105	360,64	73	250,73	47	161,43
0,150	3,17		155	532,37	114	391,55	78	267,90
0,200	3,81	1500	183	628,54	143	491,16	98	336,60
0,250	5,08		207	710,98	161	552,98	115	394,99
0,300	7,62	1900	241	827,75	183	628,54	141	484,29
0,400	10,16	2300	291	999,49	209	717,85	183	628,54



PRESION	Y SECA
22,5	1,99
31,50	2,04
43,10	2,10



RESULTADOS DEL ENSAYO		(C.B.R.) - ASTM D1883
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)		2,10
Optimo Contenido de humedad (%)		7,71
CBR al 100% de la MDS (%)		43,08
CBR al 95% de la MDS (%)		28,5


Ing. Uriel Neira Calsin
 INGENIERO CIVIL
 C.I.C. No. 25935
 Laboratorista

