

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA  
DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA  
ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Avila Alvarez, Gerson Stiff

ASESORA: Boyanovich Ordoñez, Lili Tatiana

HUÁNUCO – PERÚ

2021

# U

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Geotecnia

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2018-2019)

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería Civil

**Disciplina:** Ingeniería Civil

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

# D

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74581962

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41948561

Grado/Título: Maestra en gestión pública

Código ORCID: 0000-0003-1751-1336

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Alvarado Romero, Juan Alex	Ingeniero civil	22507095	0000-0002-0596-8729
3	Torres Ponce, Carlos Antonio	Magister en gestión pública	22407564	0000-0001-9026-0647

# H



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

---

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día 13 del mes de enero del año 2021, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- MG. JOHNNY P. JACHA ROJAS (Presidente)
- ING. JUAN ALEX ALVARADO ROMERO (Secretario)
- MG. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE (Vocal)

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 010-2021-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada: “**MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019**”, presentado por el (la) Bachiller. **AVILA ALVAREZ, GERSON STIFF**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las 17:22 horas del día 13 del mes de enero del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Presidente

Secretario

Vocal

## DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y forjador en mi vida y brindarme la oportunidad de realizar mis metas.

A mi querida madre Carmen Rosa Álvarez Padilla, por su amor brindado, esfuerzo, comprensión y sacrificio hizo posible la culminación de mis estudios superiores y ser mi motor y mi motivo y enseñarme a afrontar los desafíos que me tiene deparado la vida.

A mi padre Jaime Samuel Avila Tello, por brindarme su apoyo moral, y enseñarme que a pesar de las dificultades que nos da la vida se puede salir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A los ingenieros de la Escuela Académica de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco, por brindarme los conocimientos que de ellos aprendí y poder de este modo surgir como un destacado profesional.

A mi asesor Ing. Juan Alex Alvarado Romero, por brindarme los conocimientos y las pautas correspondientes para poder elaborar mi proyecto de investigación.

A mis padres por darme su apoyo moral, enseñarme siempre a ser humilde en toda la circunstancia de la vida y poder facilitarme en poder concluir mis estudios universitarios de la carrera de ingeniería civil.

A mi hermano Aldair por brindarme su apoyo y depositar su confianza hacia mi persona, y darme el aliento a seguir adelante y conseguir mis metas.

El Autor

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	XII
RESUMEN .....	XIII
SUMMARY.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPITULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL. ....	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.3. OBJETIVOS GENERAL.....	18
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. ....	19
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN. ....	20
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
CAPITULO II.....	21
MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1. ANTESCEDENTES INTERNACIONALES .....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	24
2.1.3. ANTESCEDENTES LOCALES .....	32
2.2. BASES TEÓRICAS.....	32
2.2.1. CARRETERAS.....	32
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS.....	32
2.2.3. SITUACION DEL SISTEMA VIAL DEL PERÚ.....	34
2.2.4. INFRAESTRUCTURA VIAL DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO .....	34

2.2.5.	CARRETERAS NO PAVIMENTADAS .....	35
2.2.6.	PAVIMENTOS.....	37
2.2.7.	COMPONENTES ESTRUCTUALES DEL PAVIMENTO.....	37
2.2.8.	ESTABILIZACION DE SUELOS.....	47
2.2.9.	TIPOS DE ESTABILIZACION. ....	52
2.2.10.	ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON ÓXIDO DE CALCIO .....	61
2.2.11.	MATERIALES UTILIZADOS EN LA ESTABILIZACION SUELO – CAL .....	66
2.2.12.	EJECUCIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN CON CAL IN SITU.....	71
2.2.13.	VENTAJAS DE LA ESTABILIZACIÓN CON CAL .....	73
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	74
2.4.	HIPÓTESIS.....	77
2.4.1.	HIPOTESIS (H1) .....	77
2.4.2.	HIPOTESIS (H0) .....	77
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	77
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	77
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE .....	77
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES).....	79
CAPITULO III.....		80
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		80
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	80
3.1.1.	ENFOQUE.....	81
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL .....	81
3.1.3.	DISEÑO .....	81
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	84
3.2.1.	POBLACIÓN .....	84
3.2.2.	MUESTRA.....	84
3.3.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	84
3.3.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	84
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	93
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..	94
CAPÍTULO IV.....		95
RESULTADOS.....		95

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	95
4.1.1. EXPLORACIÓN DE CAMPO .....	95
4.1.2. LIMITES DE ATTERBERG.....	105
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	139
CAPÍTULO V.....	141
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	141
CONCLUSIONES .....	149
RECOMENDACIONES.....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	152
ANEXOS.....	155



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación Del Sistema Vial por Tipo de Red y Superficie de Rodadura. ....	34
Tabla 2: Clasificación Del Sistema Vial del Departamento de Huánuco por Tipo de Red y Superficie de Rodadura .....	35
Tabla 3: Categorías de la Sub - Rasante según su CBR. ....	39
Tabla 4: Número de Calicatas Para La Exploración de Suelos. ....	41
Tabla 5 : Número de Ensayos de Relación de Soporte (CBR) Según el Tipo De Carretera. ....	44
Tabla 6: Requisitos de Calidad de Material Para Subrasante. ....	46
Tabla 7: Permeabilidad Según Textura del Suelo. ....	51
Tabla 8: Rango de Usos de Cemento de Acuerdo al Tipo de Suelo. ....	57
Tabla 9: Suelos Estabilizados con Cal de Acuerdo a la Clasificación SUCS. ....	70
Tabla 10 Suelos Estabilizados con Cal de acuerdo a la Clasificación AASHTO. ....	71
Tabla 11: Técnicas e Instrumentos Para Recolección de datos. ....	85
Tabla 12: Descripción de Actividades en el Laboratorio. ....	86
Tabla 13: Formato para ensayo contenido de humedad. ....	90
Tabla 14: Formato para ensayo de plasticidad. ....	90
Tabla 15: Formato para ensayo granulometría. ....	91
Tabla 16: Formato para ensayo compactación de suelos. ....	92
Tabla 17: Formato para ensayo CBR en laboratorio. ....	93
Tabla 18: Ubicación de las Calicatas (setiembre 2019). ....	95
Tabla 19: Resultados de Contenido de Humedad. ....	98
Tabla 20: Resultados de Limites de Atterberg de Suelo Natural a una Altura de H=0.50 m. ....	109
Tabla 21: Resultados de Limites de Atterberg de Suelo Natural a una Altura de H=1.00 m .....	109
Tabla 22: Resultados de Limites de Atterberg de Suelo Natural a una Altura de H=1.50 m. ....	110
Tabla 23: Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 por cada calicata. ....	114
Tabla 24: Métodos de Uso Para el Ensayo Proctor Modificado. ....	119

Tabla 25: resultados de ensayo Proctor Modificado. ....	121
Tabla 26:Resultados de Ensayo Proctor Modificado-Suelo Estabilizado de la C-1. ....	122
Tabla 27:Resultados de Ensayo Proctor Modificado-Suelo Estabilizado de la C-2. ....	123
Tabla 28:Resultados de Ensayo Proctor Modificado-Suelo Estabilizado de la C-3. ....	124
Tabla 29:Resultados de Ensayo Proctor Modificado-Suelo Estabilizado de la C-4. ....	125
Tabla 30:Limites de Atterberg adicionando Porcentajes de Óxido de Calcio, Calicata N°01. ....	131
Tabla 31:Limites de Atterberg adicionando Porcentajes de Óxido de Calcio, Calicata N°02. ....	132
Tabla 32:Limites de Atterberg adicionando Porcentajes de Óxido de Calcio, Calicata N°03. ....	132
Tabla 33:Limites de Atterberg adicionando Porcentajes de Óxido de Calcio, Calicata N°04. ....	133
Tabla 34:Resumen de Resultados de Ensayos de la Calicata N° 01. ....	134
Tabla 35:Resumen de Resultados de Ensayos de la Calicata N°02. ....	135
Tabla 36:Resumen de Resultados de Ensayos de la Calicata N° 03. ....	136
Tabla 37:Resumen de Resultados de Ensayos de la Calicata N° 04. ....	137
Tabla 38: Prueba de Normalidad. ....	138
Tabla 39:Prueba de Hipótesis con t de Student para muestras relacionadas. ....	139
Tabla 40:Ensayo Proctor Modificado-Suelo Natural VS Suelo Estabilizado. C-1. ....	143
Tabla 41:Ensayo Proctor Modificado-Suelo Natural VS Suelo Estabilizado. C-2. ....	143
Tabla 42:Ensayo Proctor Modificado-Suelo Natural VS Suelo Estabilizado. C-3. ....	144
Tabla 43:Ensayo Proctor Modificado-Suelo Natural VS Suelo Estabilizado. C-4. ....	144
Tabla 44:Valor Relativo De Soporte (CBR) VS CBR con % de CaO C-1. ..	146
Tabla 45:Valor Relativo De Soporte (CBR) VS CBR con % de CaO C-2. ..	147

Tabla 46:Valor Relativo De Soporte (CBR) VS CBR con % de CaO C-3. ..	147
Tabla 47:Valor Relativo De Soporte (CBR) VS CBR con % de CaO C-4. ..	148
Tabla 48: TABLA DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO.....	158

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Estructura de un Pavimento.....	38
Figura 2: Se Aprecia las Correlaciones Típicas entre las Clasificaciones y Características de los Suelos y Módulo de Resistencia.....	40
Figura 3:Ubicación de principales productores de caliza en el Perú.....	66
Figura 4: curva granulométrica-Calicata C-1.....	101
Figura 5:curva granulométrica-Calicata C-2.....	102
Figura 6:curva granulométrica-Calicata C-3.....	103
Figura 7:Clasificación de la muestra por el Análisis Granulométrico C-4....	104
Figura 8:Ábaco de Casagrande – Calicata C-1, a una H=1.50m. ....	111
Figura 9:Ábaco de Casagrande – Calicata C-2, a una H=1.50m. ....	112
Figura 10:Ábaco de Casagrande – Calicata C-3, a una H=1.50m. ....	113
Figura 11:Ábaco de Casagrande – Calicata C-4, a una H=1.50m. ....	114
Figura 12:Clasificación de Suelos (AASHTO) – Calicata C-1, a una H=1.50m. ....	115
Figura 13:Clasificación de Suelos (AASHTO) – Calicata C-2, a una H=1.50m. ....	116
Figura 14:Clasificación de Suelos (AASHTO) – Calicata C-3, a una H=1.50m. ....	117
Figura 15:Clasificación de Suelos (AASHTO) – Calicata C-4, a una H=1.50m. ....	118
Figura 16:PROCTOR MODIFCADO (SUELO CAL) C-01 TRAMO 0500.00 KM. ....	122
Figura 17:PROCTOR MODIFCADO (SUELO CAL) C-02 TRAMO 1+100.00 KM ....	123
Figura 18:PROCTOR MODIFCADO (SUELO CAL) C-03 TRAMO 2+050.00 KM. ....	124
figura 19: Resultados Prueba C.B.R.- Suelo Natural. ....	128
Figura 20:Resultado de Prueba C.B.R-Suelo Estabilizado (Óxido de Calcio) C-1.....	129
Figura 21:Resultado de Prueba C.B.R-Suelo Estabilizado (Óxido de Calcio) C-2.....	130

Figura 22:Resultado de Prueba C.B.R-Suelo Estabilizado (Óxido de Calcio C-3 .....	130
Figura 23:Resultado de Prueba C.B.R-Suelo Estabilizado (Óxido de Calcio C-4.....	131
Figura 24: CBR suelo en su estado Natural y estabilizado con el 3% de CaO a las Calicatas Estudiadas.....	140

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1:Cuarteo de la muestra representativa.....	96
Fotografía 2: Secado al horno de la muestra con temperatura controlada. .	98
Fotografía 3: Determinación del peso de material secado en horno.....	98
Fotografía 4: realización del análisis granulométrico por tamizado. ASTM D-422, AASHTO T88. ....	99
Fotografía 5:Ensayo de Granulometría mediante los tamices Estandarizados, ASTM D-422(Fuente: Propia). ....	100
Fotografía 6:Clasificación de la muestra por el Análisis Granulométrico C-2. ....	102
Fotografía 7:Clasificación de la muestra por el Análisis Granulométrico C-3. ....	103
Fotografía 8:curva granulométrica-Calicata C-4. ....	104
Fotografía 9:Tamizado de material por tamiz N°40.....	105
Fotografía 10:Procedimiento del ensayo de plasticidad (copa Casagrande). ....	107
Fotografía 11:Rodamiento de material para efectuar el límite plástico. ....	108
Fotografía 12:Compactación del espécimen con el pistón y el Molde. ....	120
Fotografía 13:Saturación y aplicación de carga a las muestras para determinar su valor C.B.R.....	127
Fotografía 14:Porcentajes de óxido de Calcio respecto al peso de las muestras y mezclado. ....	128
Fotografía 15: Suelos estabilizado con óxido de calcio, sometido al ensayo de Valor Soporte California.....	129

## RESUMEN

La presente investigación se planteó con el objetivo de mejorar las propiedades físicas-mecánicas del suelo de la subrasante de baja capacidad de soporte mediante la estabilización química de suelo utilizando los diversos porcentajes óxido de calcio de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba. El método general de la investigación es científico, el tipo de investigación es aplicada y transversal, el nivel de carácter explicativo-correlacional, el diseño experimental, la cual permitió explicar y conocer la relación que existe en los diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, además de determinar el porcentaje óptimo de óxido de calcio, la población estuvo constituida por la vía afirmada de la carretera Huánuco – Marabamba de 2.700 km de longitud y la muestra está constituida por la progresiva 0+0500 hasta la progresiva 2+0650 km, considerado por criterios de mecánica de suelos y especificaciones del Manual de Carreteras EG - 2013. La técnica que se aplicó fue el estudio de mecánicas de suelos por medio de 4 calicatas, las cuales fueron extraídas para poder analizarlas mediante los ensayos de laboratorio, y experimentación con la adición de los diversos porcentajes de óxido de calcio. Se concluyó que la estabilización química de óxido de calcio influye positivamente en mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, teniendo en la calicata N° 01 un CBR en estado natural de 63.00%, por consiguiente al mejorar se obtuvo un CBR de 67.8%, al mismo tiempo en la calicata N° 02 se obtuvo un CBR de 57.8%, la cual al estabilizar se obtuvo un CBR de 62.8%, asimismo en la calicata N° 03 se obtuvo un CBR de 59.6%, la cual al estabilizar se obtuvo un CBR de 65.4% y por último en la calicata N° 04 se obtuvo un CBR de 61.6%, la cual al estabilizar se obtuvo un CBR de 66.2%, todo esto al 95% de su resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

**PALABRA CLAVES:** Mejoramiento de la subrasante, estabilización química, óxido de calcio.

## SUMMARY

The present investigation was raised with the objective of improving the physical-mechanical properties of the soil of the subgrade of low support capacity through the chemical stabilization of the soil using the various calcium oxide percentages of the affirmed road of the Huánuco-Marabamba highway. The general method of research is scientific, the type of research is applied and transversal, the level of explanatory-correlational nature, the experimental design, which allowed explaining and knowing the relationship that exists in the various percentages of calcium oxide in the improvement of the physical and mechanical properties of the subgrade, in addition to determining the optimal percentage of calcium oxide, the population was constituted by the affirmed route of the Huánuco - Marabamba highway of 2,700 km in length and the sample is constituted by the progressive 0 +0500 to the progressive 2 + 0650 km, considered by criteria of soil mechanics and specifications of the EG Road Manual - 2013. The technique that was applied was the study of soil mechanics by means of 4 calicatas, which were extracted for be able to analyze them through laboratory tests, and experimentation with the addition of the various percentages of c oxide calcio It was concluded that the chemical stabilization of calcium oxide positively influences the improvement of its physical and mechanical properties, obtaining as an optimal percentage the addition of 3% calcium oxide in soil weight, having a CBR in the natural state No. 01 of 63.00%, therefore by improving a CBR of 67.8% was obtained, at the same time in the N ° 02 calyx a CBR of 57.8% was obtained, which when stabilizing a CBR of 62.8% was obtained, also in the N ° 03 a CBR of 59.6% was obtained, which when stabilizing a CBR of 65.4% was obtained and finally in the N ° 04 gutter a CBR of 61.6% was obtained, which when stabilizing a CBR of 66.2% was obtained, all this at 95% of its resistance to the shear stress of the ground.

**KEYWORD:** Subgrade improvement, chemical stabilization, calcium oxide.



# INTRODUCCIÓN

En el departamento de Huánuco las lluvias viene perjudicando constantemente las vías de acceso a diferentes partes de la región, lo que ocasiona grandes pérdidas económicas, y deja incomunicados a la población, porque estas ocasionan grandes daño en los suelos blandos, por ende la alternativa de solución que se plantea es encontrar el grado óptimo de óxido de calcio en porcentaje, ya que esto ayudara a aumentar la capacidad de soporte de los suelos y así ayuden con un mejor comportamiento de la subrasante.

En termino generales, se busca implementar el compuesto químico “óxido de calcio” al proceso de estabilización de suelos, atendiendo la necesidad de mejorar las propiedades físico - mecánicas del suelo, buscando la proporción óptima de suelo-óxido de calcio, con el fin de mejorar la subrasante. Se ha utilizado muestras de suelo, extraído de la vía afirmada de la carretera HUÁNUCO-MARABAMBA, asimismo el óxido de calcio en su fase experimental.

La presente tesis de investigación presenta los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se plantea la problemática, se establece el objetivo general, los objetivos específicos, la justificación, limitación y viabilidad. El Capítulo II, viene presentado por el marco teórico, incluye los antecedentes de la investigación, bases teóricas, bases conceptuales, hipótesis, variables, y operacionalización de variables. En el Capítulo III, se presenta lo concerniente a la metodología de la investigación, comprende el tipo de investigación (enfoque, alcance, diseño), la población y muestra, técnicas e instrumento de recolección de datos, técnicas para el procesamiento y análisis de la información. En el capítulo IV, Procesamiento de datos y contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis. En el capítulo V, Discusión, conclusión y recomendación. Finalmente se presentará las referencias y anexos.

# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel internacional, el desarrollo socioeconómico de un país está fuertemente ligado a la infraestructura vial, porque a través de ella se garantiza el cambio de mercancías y productos, el traslado de personas, logrando cubrir las necesidades de servicios de la población; ello es necesario que estas estructuras satisfagan las necesidades para las que fueron construidas; sin embargo no todas estas obras viales gozan de buen estado a nivel mundial, todas tienen problemas con el suelo de la subrasante producto del alto contenido de humedad existente por lluvias, inundaciones y suelos blandos; razón por la cual se ha ido diseñando a lo largo del tiempo métodos para poder disipar estos problemas, como por ejemplo adhiriendo ceniza de cascara de arroz como mejoramiento del suelo de la subrasante, incrementando la resistencia de la subrasante. (DIAZ VÁSQUEZ, 2018)

A nivel nacional, la infraestructura vial en el Perú se caracteriza por su clara deficiencia en cuanto a calidad y cantidad porque como todos los peruanos sabemos a simple vista y expectativa toda nuestras autoridades y responsables no le presentan la atención necesaria y este es el principal problema para el desarrollo a nivel de país ya que si se construyeran redes viales no solo daríamos comunicación a pueblos alejados si no también empleo tanto como para la construcción y mantenimiento de estas, según el sector de carreteras, las carreteras son la mejor inversión económica ya que ayudara al desarrollo del negocio. La importancia de dar a conocer la problemática de la infraestructura vial en el Perú es hacer ver la realidad a la cual nos enfrentamos todos los habitantes porque como se sabe al carecer de estas no podremos llegar a un óptimo desarrollo

nivel de país puesto que la infraestructura vial es primordial para el avance del Perú. (KAREN, 2015).

en el Perú es un hecho preocupante ya la falta de este medio hace que las oportunidades de crecimiento a nivel de país sean más remontadas y la responsabilidad en definitiva recae en las autoridades gubernamentales por el hecho de no poner el interés necesario para lograr este problema a que está perjudicando al país ya que al invertir en este tipo de proyectos tendría gran repercusión en el crecimiento económico de nuestro país.

La carretera Huánuco - Marabamba es una vía afirmada que se encuentra en mal estado, ya que estos suelo contiene cierto grado de plasticidad, se hicieron el uso desmedido de materiales para la conformación del mejoramiento de la sub rasante, de igual manera se realizó grandes movimientos de tierra para ser reemplazado por un material mejor causando mayores gastos en la utilización de maquinarias(corte), obtención del material de préstamo(material granular) y eliminación de material (desmonte), ya que esto cada año en la época de invierno causa deterioros progresivos tanto con en la superficie como en la estructura del suelo, la cual la aplicación del óxido de calcio ayudara a resolver las características y propiedades del suelo tanto en la resistencia a la compresión y a su capacidad portante.

La importancia de la investigación, es que permite conocer una dosificación de mezcla suelo-cal que cumpla con los requisitos establecidos por las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras del MTC (AASHTO M-216 ó ASTM C-977), mediante la aplicación adecuada de cal con el material a estabilizar. Las condiciones meteorológicas, proceso constructivo, y los materiales ocupados en la construcción y otros, son factores que contribuyen a que una carretera de bajo o alto tráfico tenga un buen desempeño a lo largo de su vida útil; por lo cual el diseño, producción y colocación de la mezcla suelo-cal, involucra una serie de ensayos

de laboratorio a fin de asegurar la calidad de la obra construida; tal es el caso del procedimiento que se sigue para establecer el diseño de una mezcla suelo-cal, en dicho proceso interviene la comprobación de la calidad de los materiales constituyentes de la misma como el suelo, el tipo de cal y agua, además se establecen sus proporciones respectivas para formar la mezcla, todo esto mediante una serie secuencial de ensayos, para llegar a establecer el proporcionamiento adecuado (formula de trabajo).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL.**

¿En qué medida mejorará la subrasante mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de la subrasante en la vía afirmada la carretera Huánuco-Marabamba 2019?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

- a) ¿Cuáles son las propiedades de los materiales de la subrasante en la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba 2019?
- b) ¿Cuál es el porcentaje óptimo del óxido de calcio para mejorar las propiedades de la subrasante en la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba 2019?
- c) ¿Cuál es el porcentaje de la resistencia de la subrasante en la vía afirmada la carretera Huánuco-Marabamba 2019?

## **1.3. OBJETIVOS GENERAL**

Mejorar la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba, mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio.

#### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- a) Determinar las propiedades de los materiales físicos, mecánico del óxido de cal en el mejoramiento de la subrasante de la carretera afirmada Huánuco-Marabamba 2019.
- b) Determinar el porcentaje óptimo de calcio al adicionar diversas proporciones, para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba 2019.
- c) Determinar la resistencia de la subrasante con porcentaje de 1%,3%,5% y 7% por el método de combinación de suelos y la estabilización química con óxido de calcio respecto al peso del suelo.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

Desde el punto de vista Práctico, este proyecto de investigación se efectuará para buscar facilitar todas las soluciones posibles para los actuales problemas sobre asentamientos que ocurren en las carreteras, estas posibles soluciones nos permitirán disminuir las causas y moderar las pérdidas económicas y sociales. Asimismo, para lograr una mejora del terreno primero tenemos que realizar estudios de mecánica de suelos para que a través de estos obtengamos información del tipo de suelo que se encuentra en la carretera Huánuco-Marabamba, una vez obtenidos los estudios se analizará y se optará por ver cuál es la mejor solución que se le puede dar al suelo.

Desde el punto Metodológica, este proyecto de investigación, se ejecuta con el propósito de intervenir en la mejorara del suelo existente en el área a estudiar. Los resultados e información que recopilaremos se lograrán estudiando a través de ensayos de laboratorio, los cambios en las propiedades físico – mecánicas del suelo al adicionar óxido de calcio a la muestra patrón en proporciones al (1%, 3%, 5% y 7%) respecto al peso de suelo.

Desde el punto de vista Ambiental, el impacto ambiental es muy importante, ya que con este se determinará los posibles

problemas que se podrían suscitar en afecto a la naturaleza, si se encontrara problemas nocivos o beneficiosos para la naturaleza, si la factibilidad es demasiado negativa en cualquiera de los impactos, la investigación simplemente no se realizaría, ya que la estabilización de suelos con óxido de calcio permite aprovechar los materiales de la propia obra evitando el material de préstamo.

Desde el punto de vista económico, resulta muy beneficioso en gastos, ya que nos ayudaría a la mejora de la subrasante con la adición de porcentajes de óxido de calcio, su utilización como mejoramiento en la subrasante aportaría en la disminución de costos que demandaría la construcción de carreteras.

#### **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Las limitaciones del siguiente proyecto de investigación fueron: las condiciones climáticas, ya que considerando la ejecución del proyecto se encuentra en temporada de invierno, en el transporte, ya que no existe una empresa de servicios públicos, la cual se tuvo que trasladarse particularmente, también que no se encontró un expediente técnico con el cual se haya realizado un mejoramiento del afirmado de la carretera Huánuco-Marabamba.

#### **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.**

En el presente proyecto de investigación reúne las características en el aspecto económico, ya que no se utilizara material de préstamo, la cual es costoso traer material de una cantera determinada, en el ámbito social es beneficioso porque ayudara a tener una carretera mejorada, en el aspecto ambiental se someterá el suelo natural con cierto tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades teniendo como objetivo soportar efectos de tránsito y la cual ayudara también en las condiciones climáticas más severas.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Altamirano & Díaz (2015), en su tesis “estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de san isidro del pegón, municipio potosí- Rivas, 2015”, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, Potosí-Rivas, Nicaragua; con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, llego a la conclusión:

Las vías de la comunidad San Isidro, presenta múltiples puntos afectados producto de lluvias (ver anexos, apéndice a), mediante el reconocimiento a lo largo de estas, se ubicaron los puntos con mayores afectaciones y siendo estos en parte puntos obligados a lo largo de estas vías; aunque en esta comunidad no existen grandes edificaciones, posee un gran potencial económico. De 4 puntos específicos se extrajeron muestras de suelos, las cuales se catalogaron según su color y textura, sin embargo, luego de secarlos en horno y determinar la humedad, se notó la predominancia de 6 muestras a las que se procedió analizar para determinar sus propiedades.

Al analizar estas muestras se obtuvo que el suelo que predomina es un A-7-6 que según la normativa AASHTO son suelos con baja capacidad de carga, un alto índice de plasticidad; además de un alto porcentaje de expansión debido al cambio de la humedad. Estos datos de laboratorio se muestran en la tabla 6.13; no obstante, el estrato número 1 de la calicata 4 es un suelo A-6, aunque no posee las mismas

características que el suelo descrito anteriormente, no deja de ser un suelo con condiciones no deseables en un proyecto vial.

Luego de haber caracterizado y clasificado este suelo, se mezclaron las 5 muestras que correspondía a la clasificación A-7-6, y se determinó su índice de plasticidad; a partir de este punto se propusieron las dosificaciones mostradas

Debido a que eran demasiados ensayos para realizar, se retomaron los porcentajes en los que hubiese mayor cambio siendo estos los de 3, 6, 9, y 12 por ciento.

Al determinar las propiedades con estos porcentajes se obtuvo una mejora significativa en cuanto a la plasticidad, densidad de compactación; se aumentó la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica producida entre la cal y la arcilla, se aumentó significativamente la capacidad de soporte del suelo. Aunque no se cumplió con el parámetro de expansión propuesto en la tabla 2.2, se logró un resultado aceptable.

De los porcentajes anteriores se determinó que con 9 por ciento de cal se obtenían las mejores condiciones de suelo cumpliendo con la mayor parte de las propiedades propuestas en la tabla 2.2, (ver tabla 7.1). Ciertamente la expansión o hinchamiento es la propiedad con mayor incidencia en estos suelos, logrando una reducción del 61 por ciento con la adición óptima de cal.

Es evidente que no cumplimos a cabalidad con los estándares requeridos, sin embargo, se logra una mejora considerable en estas propiedades y tomando en cuenta que un proyecto vial de este tipo, no solo incluye la estabilización de una subrasante, puede ser aplicado siempre y cuando se tome en cuenta para diseñar el resto de la estructura del pavimento.



Beltrán & Copado (2011), en su tesis “estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia san juan Capistrano de ciudad Obregón, Son”, en la Facultad de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico, De Sonora, Obregón; México, con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, llego a la conclusión:

En las vías terrestres es un requisito que la capa subrasante tenga una resistencia adecuada de acuerdo a especificaciones del proyecto, ya que sirve de cimiento entre la estructura vial y el terreno natural.

El suelo analizado en esta investigación no cumplió con los requisitos establecidos por las normas de la SCT para utilizarse como capa subrasante, fue por ello que, mediante el uso de cal para estabilizar químicamente el suelo, se buscó incrementar su capacidad de soporte CBR, cumpliendo con el requerimiento mínimo de la capa subrasante. Para ello se debe de añadir 2.5 % de cal en peso al suelo en su estado natural, ya que logra aumentar su valor CBR de 2.20% a 22%, reduce el índice de plasticidad 21% a 6% y el porcentaje de expansión de 2.79% a 0.99%, por lo que se puede confirmar que el material con suelo-cal a 2.5% es factible para la realización de una Subrasante.

El suelo-cal con 6% en peso obtenidos a través del método de Eades & Grim. Alcanzó un CBR de 76.43 %, un índice de plasticidad de 4% y un índice de expansión de 0.17%, por lo que esta dosificación puede usarse una Sub-Base de un pavimento, o una reducción del espesor de la capa subrasante. Hay muy poca diferencia en cuanto al Índice de plasticidad para los contenidos de cal de 2.5% y 6%, por lo que no es necesario añadir más del 2.5% de cal para mejorar la plasticidad del suelo.

Existen varios métodos para estabilizar un suelo arcilloso. En este proyecto se optó por la estabilización química con cal ya que al mezclarlo con la arcilla obtiene, se tiene una mejoría en sus propiedades como se comprobó en esta investigación, además de un mejor comportamiento, mejor manejabilidad, y una reacción química inmediatamente.

Finalmente cabe mencionar que se puede utilizar material de banco para construir la capa subrasante, o combinación de este último material con el suelo del terreno natural, pero tendría que analizarse en base al presupuesto que se maneje en la obra, para ver que opción resultaría más económica.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Según Cuadros Surichaqui (2017), en su tesis “Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016”, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú; con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, llego a la conclusión:

La estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, ya que reduce el índice de plasticidad y aumenta significativamente el valor de soporte (C.B.R.) del suelo estabilizado respecto al suelo natural.

Se determinó que el porcentaje óptimo de óxido de calcio al adicionar diversas proporciones (1%, 3%, 5% y 7%) para la estabilización del suelo en estudio es de 3% respecto al peso del suelo, mejorando así las propiedades del suelo de subrasante en estudio, dando como resultado la reducción del Índice de Plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08%

a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, asimismo redujo el óptimo contenido de humedad para su compactación de un 18.3% en suelo natural a un 15.6% posterior a su estabilización, además aumentó significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, categorizándolo como un material de subrasante buena, de acuerdo al Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos y pavimentos, después de su estabilización.

Se comparó los costos de la estabilización física por combinación de suelos y la estabilización química con Óxido de Calcio, dando como resultado una reducción del 44.41% de costos, entre estos dos métodos de estabilización de suelos. Queda demostrando la ventaja económica que tiene el uso del óxido de calcio como estabilizante químico frente al método conocido de estabilización física por combinación de suelos.

Según Cabana Valverde (2017), en su tesis “Mejoramiento de la relación de soporte (cbr) al adicionar el estabilizante químico cal a la sub – rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria – Wilcahuain, Huaraz, 2017”, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, Huaraz, Perú; con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, llego a la conclusión:

Para nuestra investigación, se ha tomado en estudio el terreno natural de la carretera no pavimentada PARIA – WILCAHUAIN, de modo que se buscaba evaluar si dicho material cumplía los requerimientos mínimos de resistencia que debe tener una sub –rasante, parámetros que son establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

Al analizar las muestras representativas extraídas de las 3 exploraciones que se realizó a lo largo de la carretera se pudo determinar que los suelos que predominan son SC (A-2-

4) Y CL (A-4) de acuerdo a la clasificación SUCS Y AASHTO, son aquellos suelos con presencia de material arcilloso y presentan además una plasticidad promedio del 10 % , lo cual son características particulares que conllevan a tener una baja capacidad de soporte, que fue comprobado por medio del ensayo de relación de soporte CBR, aplicados alas C-01 , C-02 Y C-03 en donde la 1° tenía un CBR (100%) del 3.5%, y una Máxima Densidad seca obtenido del Proctor modificado de 2.04 kg/cm<sup>3</sup>, la 2° se calculó un CBR de 10% al (100%) y una M.D.S de 1.83kg/cm<sup>3</sup> y finalmente la 3° calicata presento un CBR de 8% al (100%) y una M.D.S del 1.80kg/cm<sup>3</sup>, datos que en parte no cumplía con la resistencia mínima que debe tener una capa de SUB – RASANTE.

Se pudo comprobar que es factible técnicamente emplear la cal hidrata, para estabilizar químicamente la sub – rasante, que está compuesto de los suelos SC (Arena arcillosa con poca grava) y CL (Arcilla inorgánica de plasticidad baja con arena y poca grava). Proporcionándole así mejores características mecánicas y mayores resistencias con respecto al suelo virgen.

De acuerdo a un estudio económico simple se determinó que el costo de estabilización por m<sup>2</sup> de CAL HIDRATADA, dependerá del tipo de suelo a mejorar, dicho a ello para la estabilización de un suelo SC el costo es de s/. 56.30 por m<sup>2</sup> y para la estabilización para un CL es s/.14.90 por m<sup>2</sup>.

Las dos pruebas de comportamiento realizadas a la mezcla suelo-cal, con la finalidad de comprobar su mejora indican que al utilizar el estabilizante químico cal, existe la tendencia al aumento de resistencia del suelo, lo cual va a garantizar una adecuada durabilidad a la sub – rasante, para que posteriormente esta sea usada como fundación de la estructura de un pavimento.

Se pudo comprobar la mejora de la resistencia de la sub – rasante de la carretera PARIA – WILCAHUAIN, al incorporar la cal al suelo SC y CL correspondientes de la calicata 1 y 3, está comprobación se dio por medio del ensayo de CBR, previo al ensayo Proctor modificado, teniendo así un CBR del suelo natural de la C-01 una resistencia de 3.50% y con una expansión de 1.01 %, y al incorporarle el 8 % de cal, cantidad optima obtenida del ensayo de Eades y grim este aumento su CBR al 12% y redujo su hinchamiento a un 0.11 %, del mismo modo para el suelo CL que al inicio tuvo un CBR del 8% con una expansión de 1.62% y al incorporarle el 4 % de cal, cantidad optima obtenido del mismo ensayo anterior, aumento hasta un 28% y redujo su expansión al 0.13%, cumpliendo así con los requisitos de resistencia para ser usada como capa de subrasante.

Finalmente, la hipótesis planteada en la investigación ha sido demostrado, ya que el uso de cal hidrata en su porcentaje optimo con respecto al peso del suelo seco, este incrementa la resistencia de la sub -rasante de la carretera no pavimentada de bajo transito PARIA – WILCAHUAIN.

Ponce Crispín (2018), en su tesis “Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha – Puyhuan

grande – Huancavelica”, en la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional Huancavelica, Huancavelica, Perú; con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, llego a la conclusión:

Acorde a los resultados obtenidos durante la ejecución del presente proyecto de investigación se llega a concluir que el uso del cloruro de calcio no influye significativamente en la estabilización de suelos arcillosos por el bajo nivel de incremento de CBR obtenido en los ensayos de laboratorio.

Mediante esta investigación, se determinó que el uso del 5% de cloruro de calcio en peso del suelo, logró conseguir el mejor incremento en capacidad de soporte CBR en suelos arcillosos de 11.80% a 16.50%. Obteniendo una mejoría de 4.7%, con el uso del CaCl<sub>2</sub>.

En suelos granulares (Calicata N°01), se observa que el uso del cloruro de calcio influye significativamente en la estabilización de suelos, siendo que incremento el CBR de 22.89% a 43.01%. Por lo que el Cloruro de calcio muestra un mejor comportamiento en suelos granulares consiguiendo una mejoría de 20.12%.

En suelos orgánicos (Calicata N°03), se verifica que el uso del cloruro de calcio no influye significativamente en la estabilización de suelos, ya que no hay una variación significativa de los CBR, pasando de 6.12% a 6.11%, se observa que el CBR redujo su capacidad en 0.01%.

Con los valores obtenidos se determina que el cloruro de calcio en suelos arcillosos, no presente mayor incidencia en las propiedades de los límites de atterberg, ya que no genera gran impacto en sus valores, sin embargo, proporciona a las arcillas la retención de líquidos necesarios, para la reducción de formación de polvo con el tránsito y evitar la expansión y contracción de las arcillas ante la presencia de agua. Mejorando así la estabilidad de las arcillas ante la presencia de líquidos.

Mediante los ensayos realizados, se determinó que la subrasante del Suelo arcilloso (Calicata N° 02), presenta un CBR de 11.80% la cual está clasificada como un S3 - subrasante buena, según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Sin embargo, por ser un suelo del tipo arcillosos y ser susceptible a expansión y contracción ante la presencia de agua, no es recomendable utilizarlo.

Después del uso del cloruro de calcio en este tipo de suelo arcilloso y conseguir mejorar sus propiedades de CBR = 16.50% y su estabilidad ante la presencia del agua. Esta subrasante quedaría lista para emplearla, ante un futuro proyecto de mejoramiento de vía.

En cuanto a la evaluación de costos, se determina que no es factible el uso de este aditivo por la ubicación geográfica donde se realizó la investigación, en vista que la obtención de material de préstamo, se encuentra cercana al área de investigación.

Junior Salazar (2018), “análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, cantoral - San Juan de Lurigancho, 2018.”, en la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú; con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, llevo a la conclusión:

El análisis granulométrico del suelo natural según SUCS, es un suelo arenoso arcilloso; en clasificación ASSHTO, determina a un A-2-6 de suelos con baja capacidad de carga y un índice de plasticidad regular.

Esta tesis fue hecha a base de trabajos realizados de información de otras bibliografías sobre cal hidratada. Además, los resultados fueron hechos a base de ensayos, bajo las normas ASSTHO, ASTM y MTC.

La dosificación de cal hidratada regula la plasticidad, y a la vez su cohesión, aumentando así su resistencia. Con estos tipos de cambios, el suelo paso de ser a un suelo areno arcilloso

(SC), a un suelo limoso (ML). Por tal motivo, toda estabilización con cal es directamente proporcional a las características y propiedades que tiene cada suelo.

La resistencia a la compresión óptima que llegue a alcanzar un suelo estabilizado, dependerá de varias exigencias, como el diseño de la mezcla cal o el tipo de suelo a tratar; asimismo, también influye la aplicación del aditivo en el proceso constructivo de la estabilización. Por eso, es bueno contar con un proceso de fases, en las cuales se tendrá que generar un plan de control de calidad para corroborar la perfecta ejecución de todas las fases.

Las cifras obtenidas de los ensayos de CBR sirven como comparación sobre los resultados que podemos alcanzar al aumentar cada porcentaje de cal hidratada. Además, este aumenta la resistencia de la sub rasante, eleva su densidad máxima seca y baja su índice de plasticidad; obteniendo así un suelo mejorado y óptimo para soportar cargas de agentes externos.

En esta investigación se agregó más del 8% de cal, que a los ensayos anteriormente mencionados. A diferencia de estos, siguió aumentando su valor, sin causarle alguna mala alteración que pueda dañar el suelo.

En las hipótesis específicas planteadas en la investigación, las características físicas de la cal hidratada logran una adecuada estabilización, ya que gracias a sus partículas cálcicas, el suelo tratado se aglomera y comienza el comportamiento puzolánico; además, las características químicas de la cal hidratada, inciden en los límites de consistencia que presenta el suelo a tratar, cambiando considerablemente su plasticidad gracias a la dosificación creciente que se le accionó en los ensayos de laboratorio.

Para medidas de protección durante el mezclado de cal, por ser un mineral fino, es preferible usar un elemento de protección respiratoria como el respirador de partículas 3M 8210V.



En conclusión, la hipótesis de esta investigación es correcta, ya que, la cal hidratada mejora considerablemente las propiedades mecánicas de suelos cohesivos, gracias a que el suelo tratado, tiene minerales arcillosos en los cuales están incluidos la alúmina y la sílice, que al combinarse las partículas se aglomeran perfectamente.

Los criterios de esta investigación estuvieron respaldados por bases firmes de estudio las cuales siguieron etapas diferentes con el transcurso de la investigación desde la base inicial de la experimentación hasta concluir todo el proyecto. Para los criterios se tomaron cuatro bases importantes las cuales fueron: el estudio, la experiencia y menciones de expertos del estudio de suelos

Para el estudio de la experimentación se interpretó la norma CE 020 de estabilización de suelos y taludes, por medio de esta norma es donde se fundamentó el criterio del uso de las proporciones, las cuales nos menciona que existe un mínimo de porcentaje de aplicación de cal y un total máximo de porcentaje.

Para la experiencia, se tomó como referencia la situación en cómo se encuentra el lugar al cual se realizará los estudios, este lugar es un lugar accidentado de suelos limo arcillosos, en el cual se genera grandes movilizaciones de vehículos, por tanto, se precisaría usar métodos de estabilización de resistencia elevada para mayor durabilidad.

Y, para terminar, fue muy importante recaudar las investigaciones que se han venido realizando desde hace muchos años hechas por profesionales que realizan el mejoramiento y evaluación de suelos cohesivos a lo largo de tiempo aplicando diferentes tipos de minerales o productos químicos que estructuran las partículas del suelo tratado para mejorar sus características estructurales.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Se realizó la siguiente búsqueda de antecedentes locales, la cual se concluyó que no existen investigaciones respecto al tema.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CARRETERAS**

Para el Manual de Carreteras MTC (2018), la “carretera es una infraestructura de transporte que puede ser pavimentada o no, y está habilitado para la circulación vehicular. En el proyecto de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su estructuración, con el propósito de que la vía sea eficaz, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente”.

### **2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS**

Para el Manual de carreteras MTC (2018), la “clasificación de la red vial, se da de acuerdo a diferentes factores, funcionales, de demanda y geográficos, que permiten definir claramente la clase y jerarquización de una vía en el Perú, a fin de permitir el uso de características exactas acordes con la importancia de la carretera en estudio”.

#### **CLASIFICACION DE CARRETERAS POR SU FUNCIÓN.**

- **RED VIAL PRIMARIA. – “EL SISTEMA NACIONAL”** está conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras.
- **RED VIAL SECUNDARIA. - “EL SISTEMA DEPARTAMENTAL”** esta constituye la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zona e influencia económica,

cuya autoridad está a cargo de los consejos transitorios de administración regional.

- **RED VIAL VECINAL. – “SISTEMA VECINAL”** está conformado por caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito y centros poblados, cuya autoridad está a cargo de las municipalidades.

- **CLASIFICACION DE CARRETERAS SEGÚN SU DEMANDA.**

- Para el Manual de Carreteras MTC (2018, p.12), las “AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE son carreteras con un IMDA de 6000 veh/día (...)”
- Para el Manual de Carreteras MTC (2018, p.12), las “AUTOPISTA DE SEGUNDA CLASE Son carreteras con un IMDA entre 4000 y 6000 veh/día (...).”
- Para el Manual de Carreteras MTC (2018, p.12), las “CARRETERAS DE PRIMERA CLASE son carreteras con un IMDA entre 2000 y 4000 veh/día (...).”
- Para el Manual de Carreteras MTC (2018, p.12), las “CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE: Son carreteras con IMDA entre 400 y 2000 veh/día (...).”
- Para el Manual de Carreteras MTC (2018, p.13), las “CARRETERAS DE TERCERA CLASE: Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día (...).”
- Para el Manual de Carreteras MTC (2018, p.13), las “TROCHAS CARROZABLES: Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día (...)

### 2.2.3. SITUACION DEL SISTEMA VIAL DEL PERÚ

El estado actual de la red vial del Perú es un factor directo que influye en los costos de transporte. Las malas condiciones de las carreteras generan ciertos problemas como lo que son, un mayor tiempo de recorrido, mayores gastos en el consumo de combustible y costos de operación vehicular, lo que conlleva a una disminución del crecimiento de la economía. A continuación, se presenta en la tabla 1 datos de la distribución del sistema vial del país.

**Tabla 1: Clasificación Del Sistema Vial por Tipo de Red y Superficie de Rodadura.**

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	SISTEMA DE RED VIAL (KM)			SUB TOTAL
	RED VIAL NACIONAL	RED VIAL DEPARTAMENTAL	RED VIAL VECINAL	
PAVIMENTADA	15,085.7	2,298.9	1,627.1	19,011.7
NO PAVIMENTADA	9,857.1	22,678.4	94,195.5	126,731
TOTAL	.....	.....	.....	<b>145,742.7</b>

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

### 2.2.4. INFRAESTRUCTURA VIAL DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

En el informe publicado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) el 21 de setiembre del 2016, el departamento de Huánuco tiene 1,065.15 km.: 153.00 km. son de vías nacionales en regular estado de conservación; 39.90

km. son departamentales también con conservación regular; y, 872.25 km. son de vías vecinales, 39 clasificadas por el MTC y 57 trochas carrozables aún no codificadas, que suman 96 tramos de 85 rutas articuladas en 8 corredores vecinales rurales (CVR) de desarrollo local. Además, hay 50 caminos de herradura con 386 km. integrados a éstos. Datos que son mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 2: Clasificación Del Sistema Vial del Departamento de Huánuco por Tipo de Red y Superficie de Rodadura**

SISTEMA DE RED VIAL (KM)	TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA		
	PAVIMENTADA	NO PAVIMENTADA	Sub total
Red Vial Nacional	303.2	436.6	739.8
Red Vial Departamental	16.0	465.2	481.2
Red Vial Vecinal	4.2	1,069.0	1,073.2
<b>TOTAL</b>	<b>323.4</b>	<b>1,970.8</b>	<b>2,294.2</b>

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

### 2.2.5. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

(Comunicaciones, MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMETRICO DG-2018, 2018), según el MTC, las “carreteras no pavimentadas presentan una capa granular en su superficie de rodadura (afirmado), las cuales corresponden generalmente a carreteras de bajo volumen de circulación y con un número de repeticiones de ejes equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de 10 años.

En el diseño de carreteras no pavimentadas el factor importante a tenerse en cuenta, es el control de polvo, debido a que estas carreteras emiten polvo por el desprendimiento de los agregados finos. La cantidad de polvo que se produce en una carretera no pavimentada es muy variable, depende de la zona (lluviosa o árida), del tráfico que soporta y la calidad del afirmado. Los tipos de control de polvo, pueden ser riegos con agua natural, riegos incluyendo cloruros o aditivos, aplicación de productos asfálticos, utilización de cal, cemento u otros productos químicos”.

### **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE RODADURA DE LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS.**

- a) (Lombardi, 2008, pág. 8), según el MTC, los “Caminos de tierra están compuestos por el suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo”.
- b) (Lombardi, 2008, pág. 8), según el MTC, los “Caminos de grava están compuestos por una capa de revestimiento con material natural pétreo, seleccionado manualmente o por zarandeo de tamaño máximo de 75 mm”.
- c) (Lombardi, 2008, pág. 8), según el MTC, los “Caminos afirmados están compuestos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, piedra, arena y finos o arcilla, distribuidos por medios mecánicos (zarandeo)”.
- d) (Lombardi, 2008, pág. 8), según el MTC, los “Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales se dividen en:
  - Afirmados con grava tratada con materiales como asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.

- Suelos naturales estabilizados con material granular y finos ligantes, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros”.

### **2.2.6. PAVIMENTOS**

Un pavimento es una estructura conformada por una serie de capas, de diferentes espesores y materiales de diferentes calidades, las cuales al interactuar unas con otras ofrecen un grado de resistencia al paso de los vehículos.

La función de un pavimento es la de proveer una superficie de rodamiento adecuada al tránsito y distribuir las cargas aplicadas por el mismo, sin que se sobrepasen las tensiones admisibles de las distintas capas del pavimento y de los suelos de fundación. (Universidad de Buenos Aires, 2017).

### **2.2.7. COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO**

(Universidad de Buenos Aires, 2017), Los pavimentos están formados por capas de resistencia decreciente con la profundidad. Generalmente se componen de: carpeta de rodamiento – que puede ser de asfáltica o de hormigón - base y sub base apoyado todo este conjunto sobre la subrasante. En algunos casos pueden faltar algunas de estas capas:

La función de cada una de estas capas es de vital importancia ya que:

- a) distribuyen las tensiones provenientes de la parte superior reduciéndolas hasta valores admisibles para las capas inferiores.
- b) Ser resistente al intemperismo.
- c) Presentar una regularidad superficial, transversal y longitudinal permitiendo una adecuada comodidad a los usuarios.

- d) Deben ser suficientemente resistentes por sí mismas para soportar, sin deformaciones permanentes, las cargas a las cuales están sujetas.
- e) Debe tener una duración con respecto al tiempo de vida diseñado y deberá a su vez ser económicamente viable.



Fuente: tomado de <https://www.academia.edu>

**Figura 1: Estructura de un Pavimento.**

**a) SUB – RASANTE**

(Comunicaciones, MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMETRICO DG-2018, 2018), según el MTC, Se denomina sub – rasante a la capa del suelo que se encuentra en la parte más baja de la estructura del pavimento, esta es preparada y compactada como fundación para el pavimento, De la calidad de esta capa depende en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte (CBR).

Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento). Los cambios de volumen de un suelo de sub - rasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por

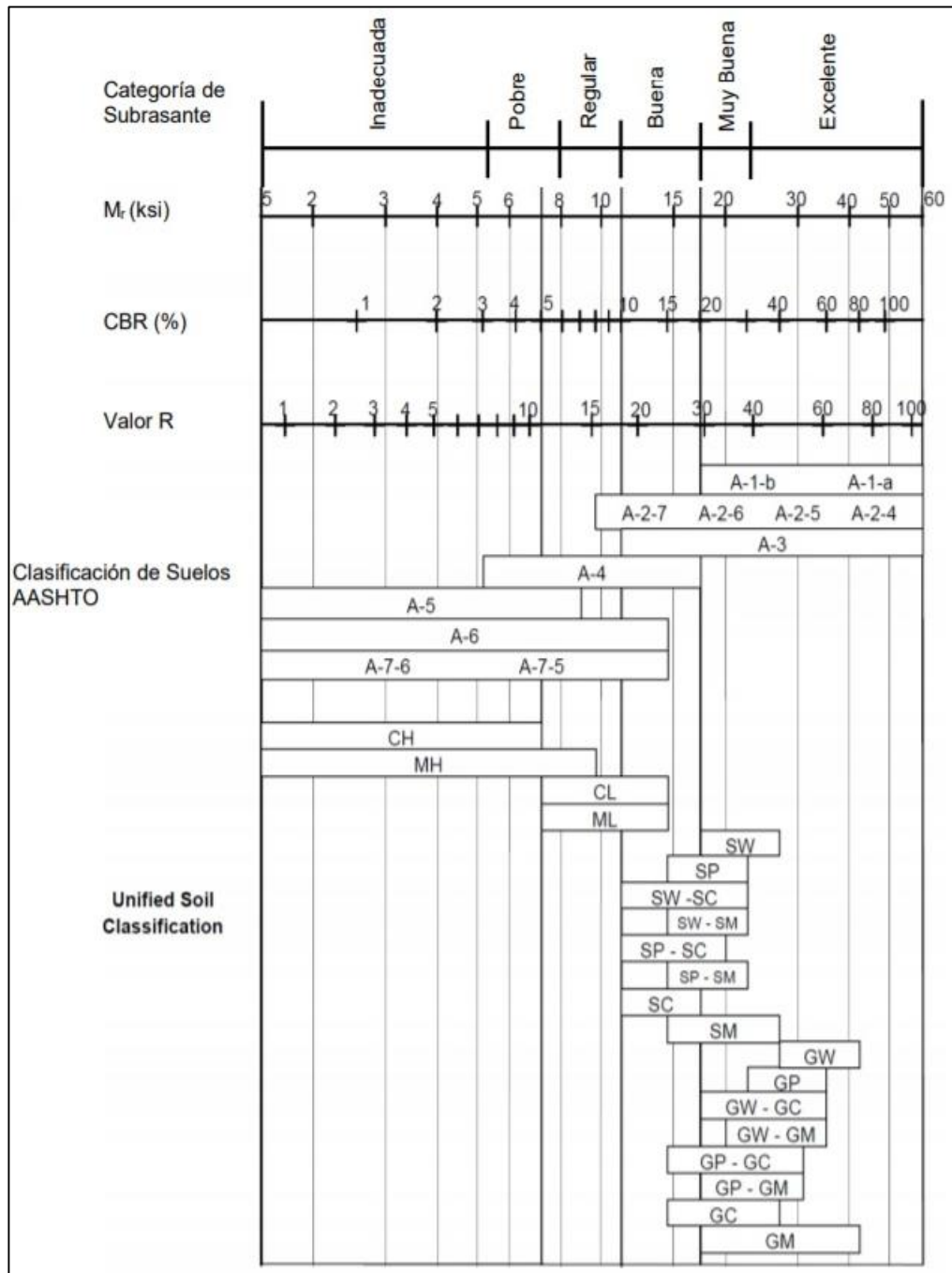


esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. (Montejo, 2002).

**Tabla 3: Categorías de la Sub - Rasante según su CBR.**

<b>CATEGORÍAS DE SUB - RASANTE</b>	<b>CBR</b>
S0: Sub - Rasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub – Rasante insuficiente	CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub – Rasante regular	CBR ≥6% A CBR < 10%
S3: Sub – Rasante buena	CBR ≥10% A CBR<20%
S4: Sub – Rasante muy buena	CBR ≥20% A CBR<30%
S5: Sub – Rasante excelente	CBR ≥ 30%

**Fuente:** Manual de carreteras Suelos, Geología y Pavimentos, Sección suelos y pavimentos del MTC 2013.



Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos del MTC 2013.

**Figura 2: Se Apprecia las Correlaciones Típicas entre las Clasificaciones y Características de los Suelos y Módulo de Resistencia.**

➤ **CARACTERIZACIÓN DE LA SUB – RASANTE.**

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos (Comunicaciones, 2014, pág. 30), para “para determinar las características físico - mecánicas

del suelo de la Sub - Rasante se llevaran a cabo exploraciones mediante la realización de calicatas de 1.5 m de profundidad, el número mínimo de calicatas por kilómetro dependerá del tipo de carretera. Tal como se muestra en la Tabla 4. Además, Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la carretera a distancias aproximadamente iguales”.

**Tabla 4:Número de Calicatas Para La Exploración de Suelos.**

tipos de carreteras	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido  Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido  Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	

Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000- 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	· 4 calicatas x km	
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	2 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicata x km	

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos 2013.

### ➤ CONTENIDO DE HUMEDAD.

Según El manual de ensayo de materiales afirma que: “Este ensayo se obtiene de los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, estableciendo la relación entre el Contenido óptimo de humedad y Máxima Densidad Seca de los suelos”. (MTC, 2016, pág. 106).

El óptimo contenido de humedad del óxido de calcio es importante ya que a través de esta veremos las cantidades óptimas de agua que se tendrán que agregar al suelo para que este alcance una capacidad portante óptima.

➤ **ABSORCIÓN.**

Es la característica que tiene un material para que un fluido pase a través de él sin alterar su estructura interna. El material es permeable si pasa a través de él una apreciable cantidad de fluido en un tiempo determinado. (Villalaz, 1980, pág. 36).

La absorción ayudara a que el suelo no se deteriore con facilidad debido a las lluvias, al combinarse el suelo con el óxido de calcio, este al ser permeable, ayudara a que la subrasante se mantenga en óptimas condiciones.

➤ **GRANULOMETRÍA.**

El análisis granulométrico hace referencia a la cantidad en porcentaje de los distintos tamaños de las partículas que conforman el suelo. Para conocer las composiciones granulométricas de los suelos existen varios procesos. Para la clasificación de las partículas gruesas por tamaños el procedimiento más exento es el del tamizado. (Villalaz, 1980, págs. 45-46).

La granulometría de la grava nos ayudara a determinar los diámetros óptimos de la grava para obtener una mejor distribución y tener una mejor homogeneidad en la subrasante.

➤ **REGISTRO DE EXCAVACIONES.**

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos (Comunicaciones, 2014, pág. 32), “De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas. Las que deberán ser descritas en una ficha donde se colocara la ubicación de la calicata, el número de muestra y la profundidad, y posteriormente serán colocadas en bolsas para su traslado al laboratorio de suelos. Asimismo, durante la ejecución de estudios de campo se llevará un registro en el que se anotara el espesor de cada uno de los estratos encontrados durante la exploración, sus características de gradación, el estado de compactación de cada uno de los materiales, además se extraerán muestras representativas de la sub - rasante para realizar ensayos de CBR”. La cantidad de estos ensayos dependerá del tipo de carretera tal como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5 :Número de Ensayos de Relación de Soporte (CBR) Según el Tipo De Carretera.**

Tipo de Carretera	Nº Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido.</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido.</li> </ul>

Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.

- Cada 1 km se realizará un CBR

Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles

- Cada 1.5 km se realizará un CBR

Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.

- Cada 2 km se realizará un CBR

Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA  $\leq$  200 veh/día, de una calzada.

- Cada 3 km se realizará un CBR

---

**Fuente:** Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos 2013.

Los esfuerzos, desplazamientos y agrietamiento son infundadas en gran porcentaje por esta capa, un gran porcentaje de las deflexiones que se puedan producir en la superficie de un pavimento se le puede atribuir a los subdrenes, por lo tanto, se debe asegurar una buena caracterización de la subrasante, las cuales deben cumplir con las siguientes propiedades:

- Resistencia
- Drenaje
- Fácil compactación.
- Conservación de la compactación.
- Estabilidad volumétrica.

Las capas expuestas a las condiciones ambientales, deberán cumplir los requisitos de calidad para contrarrestar los efectos que se pudieran suscitar a través de los agentes externos que se podrían originar.

**Tabla 6: Requisitos de Calidad de Material Para Subrasante.**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>VALOR</b>
Índice de plasticidad; % máximo	> 7
Valor soporte de California (CBR); % mínimo	≥ 6
Expansión máxima; %	3

**Fuente:** Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos 2013.

**b) SUB – BASE.**

Tiene por objetivo Servir de capa de drenaje al pavimento, Controlar o eliminar en lo posible cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante (Hrbs, 2011)

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.113), la “SUB – BASE está constituido por un material de soporte (CBR ≥ 40%) superior a la del suelo de Sub – Rasante y se utiliza para permitir la reducción del espesor de la capa base. Tiene la finalidad de transmitir la carga ejercida por el tráfico de manera uniforme ala sub - rasante. Además, sirve de drenaje del pavimento para evitar la infiltración del agua, protegiendo así al pavimento de los hinchamientos que se pueden producir”.

**c) BASE**

Es la capa colocada entre la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa le da mayor espesor y capacidad estructural al pavimento. Puede estar compuesta por dos o más capas de materiales seleccionados. (Montejo, 2002, pág. 7)

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.114), la “BASE cumple una función estructural. Y tiene como objetivo primordial



absorber la carga transmitida por el tránsito vehicular, y repartir estos esfuerzos a la sub – base y por medio de esta al terreno de fundación. Además, esta capa será de material granular con una capacidad de soporte ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ) o será tratada con asfalto, cal o cemento”.

#### **d) CAPA GRANULAR**

La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub base ya la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. (Montejo, 2002, pág. 8).

Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008), el “uso de la capa granular que conformara la estructura del pavimento, será cuando esta carretera no estará sometido a un tránsito elevado, Teniendo en cuenta además que será la responsable de absorber y distribuir adecuadamente al terreno las tensiones generadas por el tráfico, de manera que no se produzcan deformaciones excesivas. Esta capa puede ser formada con materiales propio o material de préstamo, y en caso no cumpla con los requerimientos previstas por la carretera se recurre al empleo de alguna técnica de estabilización”.

#### **2.2.8. ESTABILIZACION DE SUELOS.**

Según el Manual de carreteras (suelos, geología, Geotécnica y Pavimentos”, p.107), se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición

de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

“Cuando se presenta un suelo que no cumple con las características físicas y mecánicas para ser usado en la construcción de una carretera, se tendrá tres posibilidades:

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño, y el requerimiento de calidad que deberá cumplir.
- Eliminar el material desfavorable, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados” (Montejo, 2002, pág. 31).

➤ **CRITERIOS GEOTECNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.**

a) Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con  $CBR \geq 6\%$ . En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero Responsable analizará diversas alternativas de estabilización o de solución.

b) Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geo textil.

c) La superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.

Las consecuencias de una estabilización es que nos permite usar el suelo presente en el pavimento, nos permite construir caminos en lugares donde los terrenos son intransitables, obteniendo un emplazamiento estable que trabaje adecuadamente estructuralmente, esto permite evitar el uso de materiales de préstamo que son necesarios de llevar a la zona donde el pavimento estará emplazado. Se trata de una técnica enfocada claramente a lograr una mayor sostenibilidad, a cuyas ventajas medioambientales y técnicas, se suman importantes beneficios económicos.

➤ **FUNDAMENTOS PARA LA ESTABILIZACION DE SUELOS.**

Para (Montejo, 2002, pág. 75), el ingeniero debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar alguna de las siguientes posibles decisiones:

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad.

- Eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o, cuando menos, que la calidad obtenida sea adecuada.

#### **a) ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA**

“La expansión y contracción de muchos suelos, originadas por los cambios de humedad, se pueden presentar en forma rápida o acompañando a las variaciones estacionales o con la actividad del ingeniero. Por tanto, si las expansiones que se desarrollan debido a un incremento de humedad no se controlan en alguna forma, estas presiones pueden ocasionar graves deformaciones y rupturas en el pavimento y, en general, en cualquier obra.

las soluciones para evitar cambios volumétricos en suelos expansivos consisten en introducir humedad al suelo en forma periódica, aplicar cargas que equilibren la presión de expansión, utilizar membranas impermeables y apoyar la estructura a profundidades tales, que no se registre variación estacional en la humedad”. (Montejo, 2002, pág. 76).

#### **b) RESISTENCIA.**

“Para mejorar esta propiedad del suelo se suele usar la estabilización mecánica (Compactación) y las químicas especialmente con cemento, cal u otros aditivos.

Es muy importante el contenido de materia orgánico que presente el suelo, ya que estos no permiten una buena estabilización de las Sub - Rasantes” (Montejo, 2002, pág. 77).

### c) PERMEABILIDAD.

En los suelos la permeabilidad se plantea, en términos generales, en dos problemas básicos, como lo son el relacionado con la disipación de las presiones de poro y el relacionado con el flujo del agua a través del suelo. El tener presiones de poro excesivas puede originar deslizamientos en explanaciones y el flujo de agua puede originar tubificaciones y arrastres.

Mientras más alta sea la humedad de compactación se producirán menores permeabilidades en el suelo compactado, ya que éste tiene mayores oportunidades de deformarse, eliminándose así grandes vacíos. (Montejo, 2002, pág. 79).

**Tabla 7: Permeabilidad Según Textura del Suelo.**

Suelo	Textura	Permeabilidad
Suelos Arcillosos	Fina	
Suelos Limosos	Moderadamente Fina	
Suelos Arenosos	Moderadamente Gruesa	De muy lenta a Muy rápida
	Gruesa	

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2014.

### d) COMPRESIBILIDAD

Los cambios en volumen o compresibilidad, tienen una importante influencia en las propiedades de los suelos, pues se modifica la permeabilidad, se alteran las fuerzas existentes entre las partículas tanto en magnitud como en sentido, lo que tiene una importancia decisiva en la modificación de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante y se provocan desplazamientos.

la compresibilidad de un suelo puede presentar variaciones importantes, dependiendo de algunos

factores tales como la relación de la carga aplicada respecto a la que el suelo soportaba anteriormente, tiempo de aplicación de la carga una vez que se ha disipado la presión de poro en exceso de la hidrostática, naturaleza química del líquido intersticial, ayudando estos factores a los originados por el muestreo, sensibilidad del suelo y aún la forma de ejecutar las pruebas que se utilizan para estudiar la consolidación. (Montejo, 2002, pág. 80).

#### **e) DURABILIDAD**

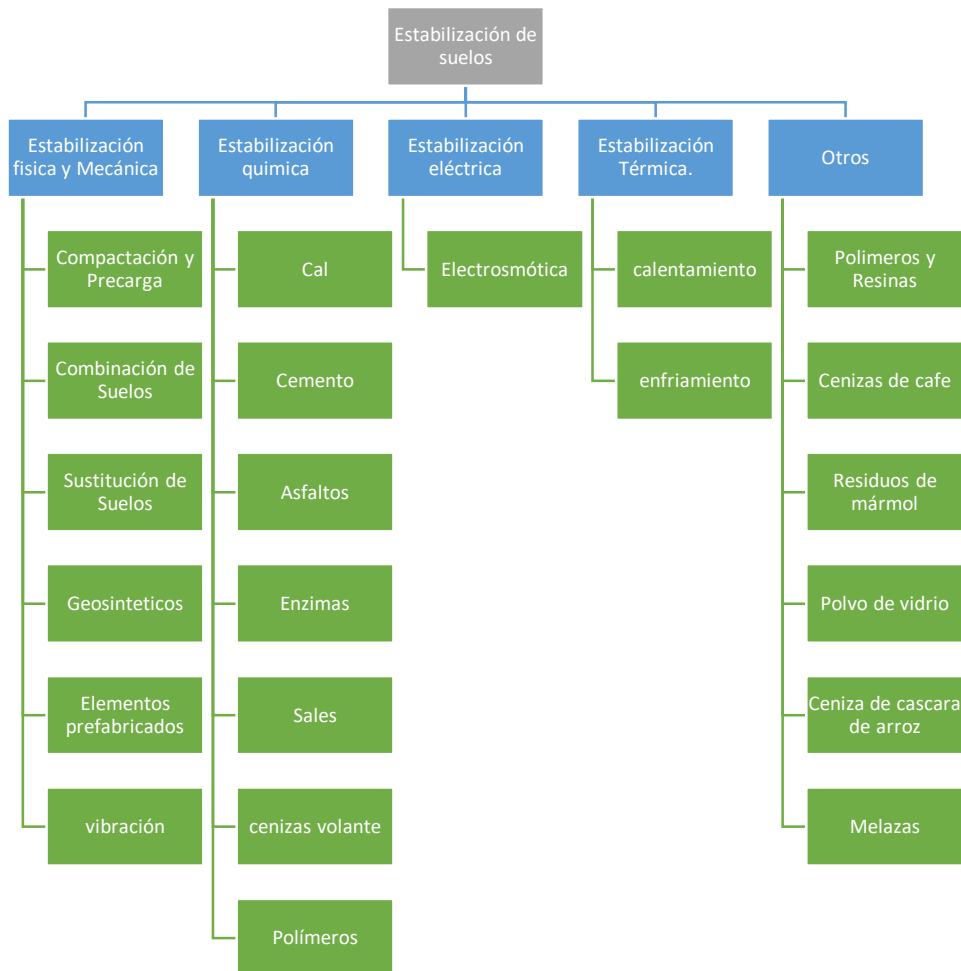
Se refieren a la resistencia al intemperismo, a la erosión o a la abrasión del tráfico; de esta manera, los problemas de durabilidad en las vías terrestres suelen estar muy asociados a suelos situados relativamente cerca de la superficie de rodamiento.

Una deficiencia importante en los estudios de las estabilizaciones es la carencia de pruebas adecuadas para estudiar la durabilidad. Las pruebas de intemperismo a veces no son adecuadas para el estudio de agregados para pavimentos por no reproducir en forma eficiente el ataque a que estarán sujetos. En las pruebas con aplicación de efectos cíclicos, no se tiene aún una correlación precisa entre el tránsito y las pruebas en que se somete a los especímenes a efectos de secado y humedecimiento que son más bien de orden cualitativo que cuantitativo. (Montejo, 2002, pág. 80).

#### **2.2.9. TIPOS DE ESTABILIZACION.**

Llamamos estabilización de un suelo al proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores

cualidades, obteniéndose un firme estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severa.



fuelle: Elaboración Propia.

- En el presente proyecto de investigación se estabilizará con óxido de Calcio.

**Figura 3:Tipos de Estabilización de Suelo**

- **Estabilización Físicos y Mecánicos.**

Este método utiliza la mezcla o combinación de material de suelo existente con material de préstamo, produciendo cambios físicos en el mismo. La combinación de suelos requiere realizar una serie de ensayos, con la finalidad de evaluar las características de cada uno de los tipos de suelo que se desean mezclar.

- **Estabilización por compactación.**

La compactación de suelos es un proceso mecánico con el que se busca la mejora de las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo - deformación del suelo. Al compactarse el suelo aumenta la densidad, aumenta la estabilidad, disminuye la contracción del suelo. Para asegurar una adecuada compactación, se realizarán tramos de prueba, donde se definirá que equipo se usará, el espesor de las capas, el número de pasadas.

- **Estabilización por combinación de suelos.**

La combinación o del material existente con materiales de préstamo, necesitando como complemento la compactación, se tendrá que realizar un escarificado de 15 cm en el suelo existente para luego colocar el material de ingeniería o también conocido material de préstamo, por ende, los materiales tendrán que alcanzar la humedad apropiada para la compactación.

- **Estabilización por sustitución de suelos.**

Consiste en la eliminación del material no adecuado por un suelo que posee mejores características físicas y mecánicas. Se puede plantear constructivamente dos casos: el primero en el cual la capa de subrasante se construya directamente sobre el suelo natural existente o el segundo caso que consiste en realizar una excavación y el reemplazo con el material adicionado.

- **Estabilización Química**

La estabilización química está referida al cambio o modificación de las propiedades del suelo conseguido a través de la adición de sustancias químicas especiales, asimismo cementantes orgánicos o inorgánicos. Este



método está basado en la aplicación de un producto químico, llamado también estabilizador químico, el que debe ser mezclado íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y curar, considerando las especificaciones técnicas propias del producto.

Las principales sustancias químicas usadas como agentes estabilizadores son:

- Cal.
- Cemento Portland.
- Productos asfálticos.
- Cloruro de sodio.
- Cloruro de calcio.
- Escorias de fundición.
- Polímeros.
- **Estabilización con geosintéticos.**

Los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y puede mejorar el rendimiento en la construcción de carreteras. Por ejemplo, los geotextiles tienen como función drenante y anticontaminante.

las geomembranas también son geosintéticos que tienen la función de impermeabilización.

Las geomallas permiten mejorar la capacidad portante del suelo ya que distribuye las cargas en una mayor área, lo que hace reducir los esfuerzos cortantes y verticales terreno natural.

- **Estabilización por elemento prefabricados.**

Consiste en la incorporación de los elementos prefabricados como tierra armada o geosintéticos, las cuales actúan incrementado la cohesión y el ángulo de fricción del material, y aumentado la capacidad portante

(cargas vivas y muertas), por ejemplo, los gaviones rígidos, los gaviones flexibles, los emparrillados de laderas, etc.

- **Vibración.**

se aplica en suelos arenosos o suelos con alta permeabilidad el cual consiste en la densificación del suelo a través de una vibración profunda las cuales pueden ser vibro flotación o vibro sustitución. Sin embargo, al aplicar este método, se necesita de un tratamiento superficial de compactación ya que la parte superior del terreno queda poco compactada.

- **Estabilización con cemento.**

La estabilización con cemento se aplica adecuadamente a los suelos granulares tipo A-1, A-2 y A-3 con presencia de los suelos finos ya que estos poseen un límite líquido menor 40 y una plasticidad menor a 18.

Cuando se combina el suelo con el cemento, se compacta y debe darse un curado adecuado para que pueda llegar a tener una resistencia óptima.

Los fenómenos químicos que ocurren entre el suelo y el cemento cuando ambos se mezclan con el contenido apropiado de agua consisten en reacciones del cemento con los componentes silíceos de los suelos, que producen conglomerantes que ligan a las gravas, arenas y limos; también, el hidrato de calcio que se forma debido al contacto del cemento con el agua libera iones de calcio muy ávidos de agua, que la toman del asistente en las láminas de arcilla, como resultado de este proceso es la disminución de la porosidad, y de la plasticidad, por lo que se produce el aumento de la resistencia y de su durabilidad.

**Tabla 8: Rango de Usos de Cemento de Acuerdo al Tipo de Suelo.**

Clasificación de suelos según 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	8-1
A-6	9-15
A-7	10-16

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA).

- **Estabilización con productos asfálticos.**

Los suelos más recomendables para este tipo de estabilización son los suelos granulares que tenga un IP (índice de plasticidad) menor a 10 y que presenten menos el 20% que pasa de la malla<sup>o</sup>200. La estabilización con productos asfálticos pueden ser utilizados para darle mayor estabilidad por la aglomeración del ligantes que envuelve a las partículas o también para impermeabilizar el suelo.

El tipo de ligante asfáltico a usar depende de la granulometría, contenido de humedad, condiciones climáticas, la clase de equipo disponible, el tiempo que se espera durante la construcción y la facilidad para disponer los materiales.

- **Estabilización con Sales.**

Las sales originadas a partir de la reacción entre un ácido con una base, las sales son aquellas que no presentan excesos de iones de hidrógeno, es decir sales acidas, ni contienen excesos de iones de hidróxido (sales básicas), entre ellas tenemos los siguientes como:

- ✓ Cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ).
- ✓ Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ).
- ✓ Cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ).

- **Estabilización con polímeros.**

La estabilización de suelos con polímeros tiene como objetivo mejorar los materiales del sitio y crear una base y sub base con una función de ser resistente y durable.

En base a la investigación desarrollada por (Welling, 2012), la interacción que realiza el polímero es entrelazar las partículas del suelo produciendo un efecto aglutinante, es decir pegando las partículas del suelo, permitiendo un control de polvo en las vías y modificando la matriz del suelo logrando mejorar propiedades del suelo. Se ha comprobado que a mayor cantidad de polímeros disminuye el índice de plasticidad y mejora la resistencia al corte de las arcillas y modifica la falla de corte de frágil a uno dúctil.

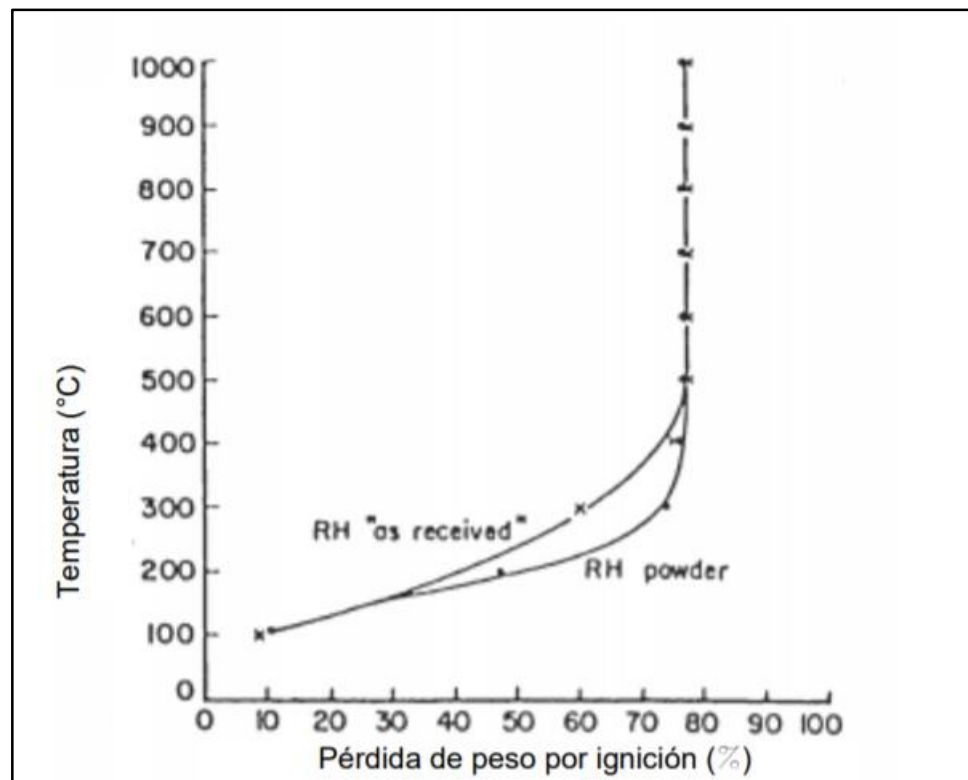
- **Estabilización con cenizas.**

En esta estabilización el suelo interactúa debido a la presencia de cuarzo y minerales de las arcillas y las cenizas volantes interactúan en la estabilización de suelo debido a la presencia de óxido de calcio o magnesio.

La estabilización con cenizas contribuye en el comportamiento mecánico de la subrasante del suelo, es

decir permite el aumento de la resistencia, como una disminución notable de las deformaciones transversales debido a la aplicación de cargas provenientes del tráfico.

Según (Cuadra, 2017, pág. 48) nos da a conocer que Las propiedades de las cenizas de cáscara de arroz dependen de si la cáscara ha sufrido una combustión destructiva completa o ha sido quemada parcialmente. Los diferentes factores que influyen en las propiedades de la ceniza son la condición de incineración (temperatura y duración), la velocidad de calentamiento, la ubicación geográfica, la finura, el color y la variedad de cultivos y el año de la producción agrícola.



Fuente: estabilización con cenizas de arroz

**Figura 4: Características de la Ceniza de Arroz Ignición.**

### c. Estabilización Térmica.

- Calentamiento

Cuando las arcillas son calentadas a una temperatura de 900°C adquieren gran resistencia que no se pierde ni por inmersión. Para la estabilización de suelos se necesita llegar a una temperatura donde la rehidratación se vuelva imposible ocurriendo entre los valores comprendidos entre los 200 y 400 ° C.

- **Enfriamiento.**

La estabilización por enfriamiento debe llegar al congelamiento para evitar los efectos mencionados anteriormente y que el agua se congele y el suelo se transforma en un conjunto rígido, presentando una mejor resistencia. Para los suelos arcillosos se puede requerir de temperaturas menores de 0°C para que el agua de los poros se congele.

#### **D. Estabilización por medios eléctricos.**

- **Electrosmótica.**

es la aplicación de una corriente eléctrica en una muestra de suelo, por medio de unos electrodos (ánodos y cátodo). Los cátodos están constituidos por tubos que recogen el agua, para luego ser evacuados por bombeo. La aplicación de corriente genera una migración de iones y un flujo de agua en el sistema hacia el cátodo, como resultado del proceso, la presión de poros se reduce, el suelo se consolida y aumenta su resistencia. Esta técnica está adquiriendo extensa aplicación en suelos finos y húmedos.

Algunos ensayos realizados con productos y residuos industriales son los siguientes:

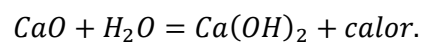
- ✓ Cloruro sódico.
- ✓ Cloruro de calcio.
- ✓ Ácido fosfórico.
- ✓ Soda caustica.

- ✓ Bases orgánicas.

### 2.2.10. ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON ÓXIDO DE CALCIO

El óxido de calcio, llamado también cal viva, es un producto sólido, de color blanco, amorfo aparentemente, con un peso específico entre 3.18 y 3.40 gr/cm<sup>3</sup>.

Es inestable, por tener gran avidez de agua, con la cual reacciona de la siguiente manera:



Al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas del suelo se combinan con la cal en presencia de agua para formar silicatos y aluminatos cálcicos insolubles. (Comunicaciones, 2014, pág. 116).

A continuación, se presentará una serie de ventajas técnicas y económicas que citaremos:

- La reducción del plazo de ejecución viene determinada también por la rapidez de las reacciones suelo-cal y el efecto secante producido. El Índice de Plasticidad disminuye notablemente y el suelo se vuelve más friable, aumentando inmediatamente su trabajabilidad. Además, el empleo de cal viva ayuda a secar rápidamente los suelos húmedos, facilitando su compactación. (Beltrán & Copado, pág. 20)
- El empleo de cal incrementa la resistencia de los suelos aumentando su índice C.B.R. También aumenta las resistencias a tracción y a flexión. Por lo tanto, la mejora

producida en las capas y explanadas estabilizadas permite reducir espesores y las posibilidades de fallo durante su vida útil. (Beltrán & Copado, pág. 20).

- Otra ventaja muy importante de la estabilización con cal frente al empleo de otros conglomerantes, es que no presenta un fraguado rápido, lo cual permite una gran flexibilidad en la organización de las distintas fases de ejecución: mezcla, extendido, compactación, etc. (Beltrán & Copado, pág. 21).

#### **A. Propiedades físicas de la cal.**

- **Finura:** Interviene en las condiciones de almacenamiento, transporte y mezcla con el suelo. La mezcla de óxido de calcio con agua, produce el hidróxido de calcio, lo que lleva a la pulverización muy fina, este puede influenciar en la reactividad de la cal.
- **Color:** La cal comercial tiene una coloración blanca o débilmente gris, a veces un color rojizo, a causa de la existencia de óxido de hierro presente en el yacimiento.
- **Densidad:** Esta característica obedece a la temperatura a la que es calcinada, a mayor temperatura de calcinación, mayor será la densidad de la cal.
- **Dureza:** Es una característica que varía entre muy blanda y una aproximada a la de la piedra original de donde se obtuvo, depende de la temperatura a la que es calcinada.
- **Porosidad:** Depende de la naturaleza de la caliza y la condición de calcinación. La porosidad en la cal viva incide en la actividad química de la sustancia.
- **Plasticidad:** Es la capacidad que tiene una masa de cal para variar su forma al someterla a presión sin ocasionar ruptura.



## B. Características y propiedades químicas de la cal

- **Contenido en óxido de calcio (CaO):** La cal (también llamada cal viva) es un término que designa todas las formas físicas en las que puede aparecer el óxido de calcio y en forma de hidróxido ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) en la cal hidratada.
- **Contenido de óxido de magnesio (MgO):** El óxido de magnesio o magnesia calcinada, es obtenido por medio de la calcinación controlada del mineral de magnesita, la cual puede estar en forma de óxido (MgO).
- **Reactividad de la cal viva:** Se basa fundamentalmente de la reacción entre el CaO y el  $\text{H}_2\text{O}$ , otros componentes minoritarios de la cal con los carbonatos cálcicos y magnesio.
- **Reactividad de la cal con agua:** La cal viva reacciona macizamente con el agua formando hidróxido de calcio y hay desprendimiento de calor, a este proceso se le conoce como hidratación de la cal.
- **Recorbanatación:** Se produce por la humedad del aire calizada, la cual se da por la reacción entre el óxido de calcio y el dióxido de carbono del aire.

## C. Tipos de cal usadas en la Estabilización.

Existen diversos tipos de cal, las cuales se pueden clasificar de acuerdo a su origen, composición o tratamiento al cual fueron sometidas para la estabilización.

- **Óxido de Calcio (Cal viva).**

Es un compuesto químico, generalmente como cal viva, la cual es producto que se obtiene calcinando la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio.

- **Hidróxido de Calcio (Cal Hidratada).**

Se obtiene de la reacción química del óxido de calcio a la adición de agua. El hidróxido de calcio o cal apagada, es la que reacciona con las partículas arcillosas para obtener un molde macizo cementante.

- **Lechada de cal.**

Es aquel fluido que está compuesto por una suspensión de hidróxido cálcico en agua. La lechada de cal puede producirse con diferentes porcentajes de sólidos y adaptarla a las necesidades de los procesos en los que participe, La producción de la lechada de cal puede llevarse a cabo en fábrica o in situ, en depósitos o cubos provistos de un sistema de agitación, a partir de óxido de calcio. Luego de preparada, éste se aplica directamente sobre el suelo.

#### **D. Clasificación de la cal.**

- ✓ **Según su composición:**

- **Cal cálcica:**

Es una subfamilia de las cales aéreas constituidas principalmente por óxido de calcio y/o hidróxido de calcio sin ninguna adición hidráulica ni puzolánica, cuyo carbonato magnesio es menor al 5 %.

- **Cal dolomítica.**

Constituidas principalmente por óxido de calcio y magnesio o hidróxido de calcio y magnesio sin ninguna adición hidráulica ni puzolánica.

El porcentaje entre el 5 % y el 30% de carbonato de magnésico son porcentaje de superiores que se contemplan en los trabajos de construcción.

✓ **Según su naturaleza:**

- **Cal aérea:**

Constituida principalmente por óxido o hidróxido Cálcico y que tiene la propiedad de endurecerse mediante el contacto con el dióxido de carbono del aire.

- **Cal Hidráulica:**

Obtenidas de la calcinación de calizas que contienen sílice y alúmina.

### **E. Yacimiento de Caliza.**

El territorio peruano cuenta con grandes extensiones de superficies en las que afloran las calizas, por lo que estas rocas tienen gran disponibilidad y son explotadas por grandes empresas dedicadas a la fabricación de cemento.

En este contexto que la extracción de piedra caliza en el Perú se da en grandes canteras, las cuales en su mayoría pertenecen a las principales empresas cementeras del Perú, cementos Lima, cementos Pacasmayo, Cementos Yura, Cemento Andino, Cemento selva y Cemento del Sur, las cuales procesan para la producción de los distintos tipos de cemento.

La única empresa cementera del Perú que tiene una planta de procesamiento de cal para la obtención de la cal viva es Cementos Pacasmayo, la cual cuenta con una planta con capacidad para 600 toneladas de cal viva por día, por consiguiente, podemos apreciar en la tabla 1 donde se muestran los principales productores de caliza en el Perú y su respectiva ubicación:

Nº	Principales productores de calizas	Departamento	Provincia	Distrito
1	Calcáceos 2004 S.A.C.	La Libertad	Trujillo	Simbal
2	Calera CutOff S.A.C.	Junín	Yauli	La Oroya
3	Casapino del Castillo, Víctor Raúl	Cusco	Urubamba	Chinchero
4	Cemento Andino S.A.C.	Junín	Tarma	La Unión
5	Cemento Sur S.A.C.	Puno	San Román	Caracoto
6	Cemento Lima S.A.	Lima	Lima	Pachacamac
7	Cementos Pacasmayo S.A.A.	Cajamarca	Contumaza	Yonan
8	Cemento Selva S.A.	San Martín	Rioja	Rioja
9	CMD S.A.C.	La Libertad	Trujillo	Simbal
10	Compañía Minera Bunyac S.A.C.	Junín	Tarma	Tarma
11	Comunidad Campesina de Yanacona	Cusco	Urubamba	Chinchero
12	León Cochachin, Samuel Lucio	Ancash	Yungay	Mancos
13	M&H Group S.A.C.	Ica	Ica	Orucaje
14	Minera Centro S.A.C.	Junín	Huancayo	Quichuay
15	Minera Yanacocha S.R.L.	Cajamarca	Cajamarca	Encañada
16	S.M.R.L. La Unión de Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Baño Inca
17	S.M.R.L. Piedra dura del Cusco	Cusco	Cusco	Cusco
18	S.M.R.L. San Antonio F.S.A. de Huaraz	Ancash	Carhuaz	Anta
19	Shougang Hierro Perú S.A.A.	Ica	Nazca	Marcona
20	Torres Angeles, Alejandro E.	Ancash	Yungay	Quillo
21	Torres Flores, Sergio Alberto	Ancash	Carhuaz	Tinco
22	Yura S.A.	Arequipa	Arequipa	Yura
23	Canelo Pozo, Pedro Alejandro	Arequipa	Caraveli	Lomas
24	Southern Perú Copper Corporation	Moquegua	Ilo	Pacocha
25	Cemento Sur S.A.	Puno	San Román	Caracoto

Nota: Tomado de Tesis de Pregrado Diseño de una Planta Móvil de Trituración de Caliza para una capacidad de 50 TN/H (Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú). Recuperado de <http://docplayer.es/6100967-Pontificia-universidad-catolica-del-peru.html> (Manuel, 2013).

### Figura 3: Ubicación de principales productores de caliza en el Perú

#### 2.2.11. MATERIALES UTILIZADOS EN LA ESTABILIZACION SUELO – CAL

##### a) DEFINICIÓN DE SUELOS.

Es todo tipo de material terroso, que conforma una delgada capa sobre la corteza terrestre de material, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente

cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidos de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie.

El suelo es el soporte último de todas las obras de infraestructura, por lo que es necesario estudiar su comportamiento ante la perturbación que supone cualquier asentamiento.

“Para el ingeniero civil el suelo es un cimiento, el suelo es un apoyo a donde transmitir los esfuerzos, el suelo, antiguamente y en la actualidad, sirve de soporte a las vías de comunicación. Pero a veces en que el suelo no es adecuado para estos fines, su calidad no es la adecuada para el objeto que se requiere y entonces hay que modificarlo, hay que hacerlo más resistente y más duradero” (Arredondo Verdú, 2011, p. 221-222).

- **ORIGEN DE LOS SUELOS.**

El origen de los suelos es generado por la desintegración y alteración física y/o química de las rocas madres (ígneas, metamórficas o sedimentarias), causadas por el intemperismo, cambiándole la composición y mineralogía, así como sus propiedades físicas y mecánicas a través del tiempo. Son muchos los agentes físicos que provocan una gran variedad de cambios en las rocas, entre ellos figuran la temperatura, el viento, el agua y la humedad. Algunos agentes químicos principales, que podemos mencionar como causantes de cambios en las rocas son la oxidación y la hidratación. (Mata Montenegro, 2010).

Este material, ha sido por mucho el material que más se ha utilizado en la industria de la construcción y carreteras a lo largo de los años, esto puede ser fácilmente comprobado al contemplar en algunas culturas tan antiguas como los romanos o los chinos quienes en todas sus obras de infraestructura requirieron del buen uso de este material. Para nuestra carrera, el suelo representa el soporte principal sobre el que se realizarán las diversas obras de infraestructura, llámense estas obras viales, edificaciones o estructuras especiales, motivo por el cual el ingeniero debe tener conocimiento tanto de sus propiedades como sus características. (PARRALES CANTOS, y otros, 2018, pág. 108).

➤ **Tipos de suelos**

A continuación, se describen los suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados por el ingeniero civil para su identificación.

✓ **Suelos granulares**

Se define como suelos no cohesivos, ya que posee un gran tamaño, se caracteriza por ser un suelo que posee una alta capacidad portante, partículas y una permeabilidad elevada, la cual facilita el proceso de filtración rápida del agua existente.

✓ **Gravas**

Son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca con partículas de cuarzo, feldespato y otros granos minerales, que varían en su tamaño pasando la malla de 3" (75 mm.) y son retenidas en la malla No. 10 (2 mm.) de diámetro. Si éstas son acarreadas por las

aguas, tienen forma redondeada. (Mata Montenegro, 2010, pág. 19).

✓ **Arena**

Son partículas que están formadas por granos finos principalmente de cuarzo, feldespato y otros minerales, procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, sus tamaños pasan la malla No. 10 (2 mm) y son retenidas en la malla No. 200 (0.075 mm) de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas y las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. (Mata Montenegro, 2010, pág. 19).

✓ **Suelos cohesivos**

Es característico de este tipo de suelos, el tamaño más fino de sus partículas que la componen, inferiores a 0.08 mm, de acuerdo con el sistema unificado SUCCS.

La cohesión es la principal propiedad de este tipo de suelos, definida desde el punto de vista mecánico, como la fuerza interparticular, la cual es provocada por el agua constituida en el suelo, siempre y cuando no esté saturado.

✓ **Limos**

Son suelos de granos muy finos de cuarzo, cuya partícula no supera los 0,05 milímetros de tamaño. Dado su tamaño tan pequeño y liviano, es transportado a través de las corrientes de aire y de los ríos y es depositado en distintas zonas, especialmente en aquellas cercanas a los cauces de los ríos. De acuerdo a la norma AASTHO, y en partículas inferiores a 0.075 mm. Para el sistema unificado SUCS.

✓ **Arcillas**

Son partículas de granos muy finos que están constituidos fundamentalmente por silicato de aluminio hidratado. Es un tipo de suelo que, cuando este húmedo o mojado, resulta pegajoso, pero, cuando está seco es muy fino y suave dado que la arcilla está formada por partículas sólidas que tienen un diámetro menor a 0.002 mm. Según la norma AASTHO.

**Tabla 9: Suelos Estabilizados con Cal de Acuerdo a la Clasificación SUCS.**

<b>Símbolo del Grupo</b>	<b>Nombre del Tipo de suelo</b>	<b>Estabilizante</b>
SC	Arcillas, arenas, mezclas de arena y arcilla.	
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas.	
CL	Arcilla de plasticidad baja a media, arcilla con grava y arena, arcillas limosas.	
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas e baja plasticidad.	
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos y finos o limosos.	<b>CAL</b>
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.	

Fuente: ANFACAL (Estabilización de suelos con cal) 2014.



**Tabla 10 Suelos Estabilizados con Cal de acuerdo a la Clasificación AASHTO.**

<b>Grupo</b>	<b>Nombre del Tipo de suelo</b>	<b>Estabilizante</b>
A-1	Gravas y arenas	
A-2	Gravas y Arenas limosas y Arcillosas	
A-3	Arenas Finas	
A-4	Suelos Limosos	<b>CAL</b>
A-5		
A-6	Suelos Arcillosos	
A-7		

**Fuente:** Manual de Especificaciones técnicas (EG-2013).

**b) Cal.**

La cal que se usará para la estabilización de suelos puede ser óxido de calcio (cal viva) o hidróxido de calcio (cal hidratada), y deberá satisfacer los parámetros establecidos bajo las especificaciones de la Norma ASTM C-977.

**c) Agua.**

El agua que se use para mezclar el suelo con la cal debe estar limpia, no debe contener materia orgánica y debe estar libre de sales, ácidos y álcalis perjudiciales.

**2.2.12. EJECUCIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN CON CAL IN SITU.**

**1.) Escarificación**

Es determinante para lograr la profundidad y homogeneidad de mezclado requerido. Para realizar esta actividad se hará uso de la motoniveladora o tractor orugas.

## **2.) Humectación del suelo.**

Es necesaria la incorporación de agua a la mezcla para alcanzar el valor de humedad fijado por la fórmula de trabajo, deberán tenerse en cuenta las posibles evaporaciones o precipitaciones que puedan tener lugar durante la ejecución de los trabajos.

## **3.) Mezclado y extendido de la cal.**

Consiste en realizar la mezcla de la cal con el material a estabilizar, en caminos de baja intensidad vehicular es suficiente el uso de una motoniveladora. El procedimiento consiste en voltear el material escarificado con la hoja de la motoniveladora, la cual estará recubierto con la cal de un lado a otro hasta notar una mezcla homogénea, es decir cuando en el suelo ya no sea visible grumos de cal y que una tenga una sola misma consistencia.

## **4.) Compactado y acabado de la superficie de la capa.**

La compactación de las capas tratadas se realiza tras su nivelación con motoniveladora hasta la altura requerida de la capa estabilizada, mediante las técnicas convencionales en el movimiento de tierras.

La compactación se realizará de manera continua y uniforme. Si el proceso completo de ejecución, incluida la mezcla, se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya, al menos, quince centímetros de la anterior, dando como resultado un grado de densidad mayor o igual al 95% en la capa estabilizada.

## **5.) Curado.**

La capa estabilizada compactada, deberá ser curada de 3 a 7 días para permitir su endurecimiento antes de colocar la correspondiente capa de afirmado, y así evitar la

evaporación del agua manteniendo la superficie en condiciones húmedas mediante un regado ligero y compactando cuando sea necesario.

#### **6.) Control de calidad.**

El objetivo principal es lograr el valor de CBR específico. Se realizará la prueba de Densidad de Campo, a fin de lograr una densidad media mayor al 95% de la Densidad Máxima que se obtuvo en el Ensayo de Proctor.

#### **2.2.13. VENTAJAS DE LA ESTABILIZACIÓN CON CAL**

El uso de óxido de cal (cal viva o hidratada) permite obtener una serie de ventajas técnicas y económicas:

- Permiten el empleo de los suelos de la traza, mejorando sus características hasta el grado deseado. (ANCADE, 2008, pág. 19).
- Se logra reducir el plazo de ejecución que viene determinado por la velocidad de la reacción al mezclar suelo-cal y el efecto de secado que este produce. El empleo de óxido de calcio ayuda a secar de manera rápida los suelos húmedos, facilitando así su compactación.
- El empleo de óxido de calcio como estabilizador químico de suelos, genera un incremento de la resistencia de los suelos, asimismo la resistencia a tracción y a flexión. Otorga la posibilidad de reducir espesores y reducir la posibilidad de fallo durante su vida útil.
- La estabilización de cualquier capa soporte, haciéndola insensible al agua e incrementando su resistencia frente al tráfico que soportará durante su vida útil, reduce costos de construcción, conservación y mantenimiento.

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Estabilización de suelos:** Referido a la mejora de las propiedades físicas de un suelo por medio de procesos mecánicos y la adición de productos químicos, naturales o sintéticos. (Cuadros Surichaqui, 2017, pág. 34).
- **CBR:** Es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. (Sanchez Leal, 2012).
- **Camino:** Se denomina camino a una franja de la superficie terrestre modificada por el hombre para dotarla de características y condiciones adecuadas para la circulación de los vehículos, principalmente automotores. (Cuadros Surichaqui, 2017, pág. 34).
- **Caliza:** Roca de origen sedimentario compuesta fundamentalmente de carbonato de calcio (calcita) derivado de la acumulación mecánica de fragmentos de este mineral, por precipitación química. (Cuadros Surichaqui, 2017, pág. 34)
- **Baches:** Son depresiones formadas en la superficie de rodadura como resultado del desgaste ocasionado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada. (Cuadros Surichaqui, 2017, pág. 34)
- **Arcillas:** tipo de suelo cuyas partículas que lo conforman son de tamaño comprendida entre 0,006 mm o menos. ( Ponce Crispín, pág. 50)
- **Afirmado:** Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura 10 en carreteras, debidamente aprobadas, con o sin adición de estabilizantes de suelos, que se colocan sobre una superficie preparada. Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes, de forma natural o procesada.

(Comunicaciones, Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales Para la Construcción , 2013, pág. 237).

- **Finos:** Fracción de agregado fino o suelo que pasa la malla N° (Montejo, 2002) 200 (0.074mm).
- **Cal:** la cal es un producto obtenido de la descomposición de rocas calizas por el calor. Si éstas son puras y se calientan a temperaturas superiores a 900°C. (Montejo, 2002, pág. 63).
- **Subrasante:** De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - retracción). Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medio los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal. (Montejo, 2002, pág. 9)
- **Resistencia:** Esfuerzo máximo que puede soportar el suelo, ya que principalmente está destinado a recibir esfuerzos de compresión. La medida de su resistencia a estos esfuerzos, es la que se usa como índice de su calidad. (Cuadros Surichaqui, 2017, pág. 34).
- **Granulometría:** representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107). A partir de la cual se puede

estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar. El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño. (Comunicaciones, 2014, pág. 36)

- **Trabajabilidad:** La facilidad con que las mezclas de pavimentación y de obras de infraestructura vial pueden ser colocadas y compactadas. (Cuadros Surichaqui, 2017, pág. 35)
- **Óxido:** Combinación que resulta de la unión de un elemento metálico o no metálico con el oxígeno. (Cuadros Surichaqui, 2017, pág. 34)
- **Calcio:** Es un elemento químico, de símbolo Ca. (Cuadros Surichaqui, 2017, pág. 34).

#### **NORMATIVIDAD UTILIZADA**

- Manual de Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, aprobado con R.M. N.º 303-2008-MTC/02 de 04/04/2008.
- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM 200).
- Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, aprobado con R.D. N° 30-2013.MTC/14.
- Manual de Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 05-2013.MTC/14.
- Manual de Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018. MTC.

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPOTESIS (H1)**

La adición de los diversos porcentajes de óxido de calcio mejora la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba.

### **2.4.2. HIPOTESIS (H0)**

La adición de los diversos porcentajes de óxido de calcio no mejora la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba.

## **2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Es aquella propiedad que explica, condiciona, o determina el cambio en los valores de la variable dependiente, la cual actúa como factor condicionante de la variable dependiente, Se utilizan para describir o medir los factores que se supone son la causa que influyen en la realidad del estudio. Para la presente investigación la variable independiente es:

A: ÓXIDO DE CALCIO.

### **2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Es aquella característica, propiedad o cualidad presente en una realidad o evento que se encuentra investigando, La variable dependiente sufre cambios como resultado de la manipulación de la variable independiente por parte del experimentador. Como su nombre lo dice, de manera explícita, depende de otro factor que como resultado va a hacer que esta variable varíe. Para la variable dependiente es la siguiente:

B: SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA  
HUÁNUCO-MARABAMBA.



## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES							
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	UNIDAD DE MEDIDA	FORMA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE a) ÓXIDO DE CALCIO.	también se le conoce como la cal viva, es un término que designa todas las formas físicas que se obtiene de la calcinación de las rocas calizas. (Yrma Capuñay, 2015 ,pag.03).	El óxido de calcio es un compuesto químico que al ser empleado como estabilizador químico de suelos, este puede aumentar o mantener las propiedades físicas y la estabilidad de una masa de terreno.	porcentaje de óxido de calcio	1 % del peso de la muestra del suelo	BALANZA CALIBRADA	% (porcentual)	Dosificación porcentual de óxido de calcio respecto al peso del suelo.
				3 % del peso de la muestra del suelo			
5 % del peso de la muestra del suelo							
7 % del peso de la muestra del suelo							
		normatividad utilizadas para la estabilización del óxido de calcio.	Normas	Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM 200) Manual de Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, aprobado con R.M. N° 303-2008-MTC/02 de 04/04/2008. Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, aprobado con R.D. N° 30-2013.MTC/14 Manual de Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 05-2013.MTC/14	ninguno	ninguno	ninguno
VARIABLE DEPENDIENTE b) SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA.	Se define que el mejoramiento de los suelos consisten en modificar las características de un suelo por una acción física o por la inclusión en el suelo de una la mezcla del suelo con un material más resistente. (Yanexi Reguera, 2013).	El índice de plasticidad indica el rango de humedad en el cual el suelo posee consistencia plástica, permitiendo así, clasificar un suelo. Mientras un IP grande corresponde a un suelo arcilloso; un IP pequeño es propio de un suelo poco arcilloso.	Contenido de Humedad	ensayo proctor estandar y modificado	Equipos para medición de CBR y Proctor modificado	% (porcentual)	IP= LL-LP
		Es el incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas	Porcentaje de Absorción	Capacidad de soporte California (CBR) %		% (porcentual)	$\% \text{ ABSORCIÓN} = \frac{\text{MASA}_{\text{ASS}} - \text{MASA}_{\text{SECA}}}{\text{MASA}_{\text{SECA}}} \times 100$
		El valor soporte o resistencia del suelo, es la capacidad que este posee para soportar una carga, estará referido al 95% de la máxima densidad seca, a una penetración de carga de 2.54 mm.	Resistencia	Capacidad de soporte California (CBR) %		% (porcentual)	$\text{CBR} = \frac{\text{ESFUERZO(SUELO)}}{\text{ESFUERZO(PIEDRA PICADA)}} \times 100$

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Sierra (2003, pág. 29) nos indica que:

El método científico como una serie de etapas sucesivas a seguir el resultado pretendido, y una base racional constituida por un conjunto de ideas que le sirven de fundamento.

En la presente investigación se realizará el método CIENTIFICO como general, la cual reside en una serie de etapas que se debe recorrer con el fin de alcanzar un conocimiento válido desde una perspectiva científica, haciendo uso de instrumentos que resulten fiables y validos en sus resultados.

Para Murillo (2008), la investigación aplicada se caracteriza porque busca la utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieran otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en la investigación.

Se establece que para el proyecto de investigación es APLICADA, puesto que trata de explicar un problema en específico y el grado en que las variables influyan en un determinado estudio.

Para Ibidem (2005, pag.270), la investigación transversal busca recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El proyecto de investigación buscara mejorar las propiedades físicas y mecánicas al adicionar los diversos porcentajes de óxido de calcio.

Por lo tanto, es una investigación APLICADA Y TRANSVERSAL.

### **3.1.1. ENFOQUE**

Para Landeau (2007), nos indica que el “tipo de investigación cuantitativa busca la verificación o comprobación deductiva de proposiciones causales elaboradas fuera del lugar en el que se realiza la investigación, es por ello que se construyen hipótesis entre las variables y luego comprueban la medida de tales efectos”.

Por las siguientes razones establecimos teorías de investigación CUANTITATIVA, las cuales formulamos la hipótesis, medimos las variables en función de los indicadores, lo cual evaluamos estas mediciones, para posteriormente plantear las conclusiones al problema formulado.

### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

Este proyecto está enfocado a la investigación es de carácter EXPLICATIVO.

EXPLICATIVO: Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (Sampieri, 2014, pág. 98).

Pretender establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se pusieran su citar en las propiedades de la subrasante tanto físicas como mecánicas mediante los porcentajes de óxido de calcio

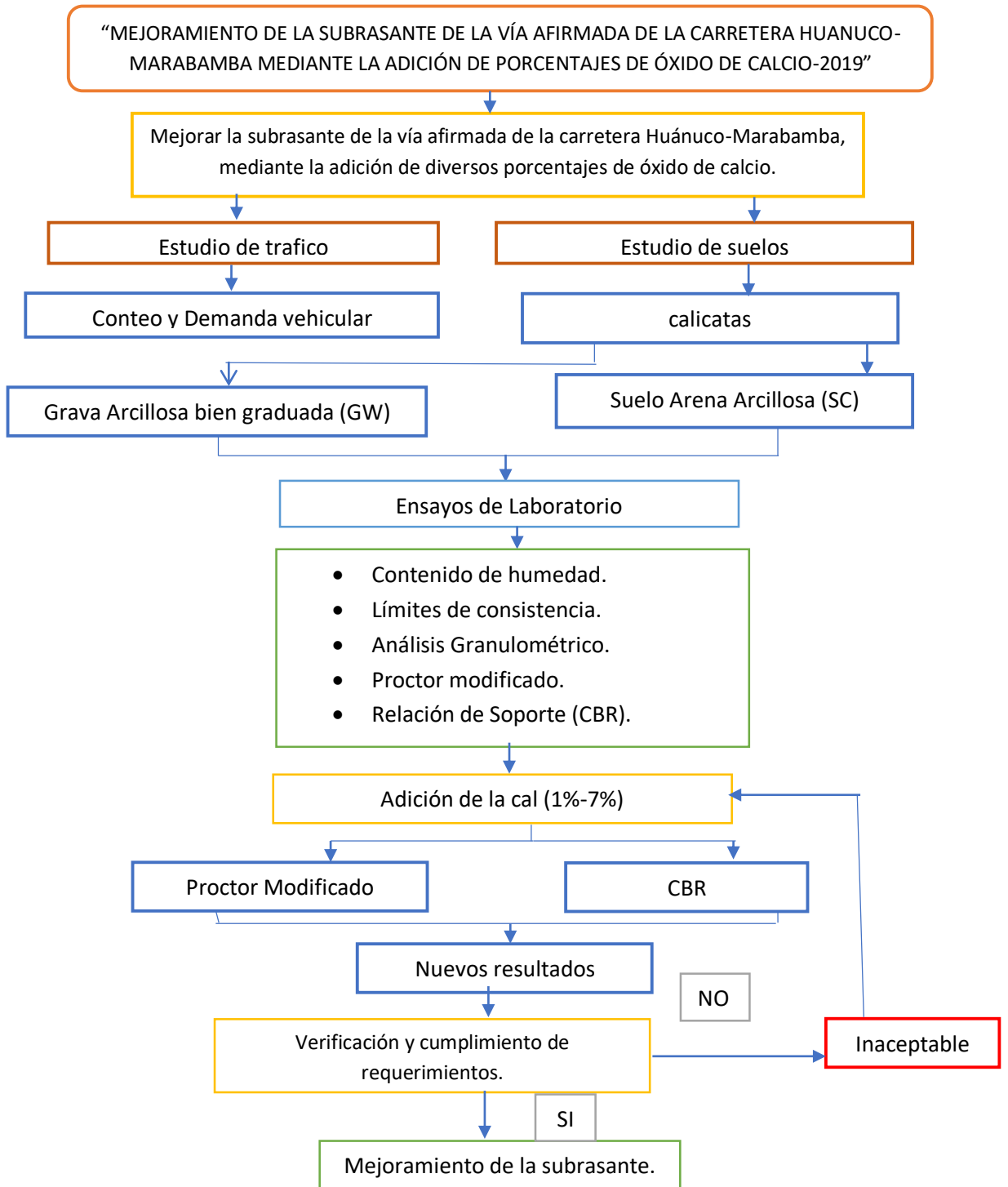
### **3.1.3. DISEÑO**

El diseño de investigación experimental, es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se

producen (variable dependiente). (Fidias G. Arias ,2012, pág. 34).

El diseño metodológico a emplearse en el presente proyecto de investigación será EXPERIMENTAL, porque se manipulará la VARIABLE INDEPENDIENTE, que será el estabilizante químico, con los diversos porcentajes de óxido de calcio (1%, 3%, 5% y 7%), por consiguiente, esto influenciará en la VARIABLE DEPENDIENTE, las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Huánuco-Marabamba.

➤ **DISEÑO DE INGENIERÍA.**



Nota: Se puede observar el procedimiento en forma gráfica de la estructura del proyecto de investigación.  
(fuente: Elaboración Propia.)

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

La población está constituida por una totalidad de unidades, vale decir, por todos aquellos elementos (personas, animales, objetos, sucesos, fenómenos, etc.) que puedan conformar el ámbito de una investigación. (Niño Rojas,2011).

La población de estudio se tomará como universo, la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba constituido por una longitud de 2.700 km.

### **3.2.2. MUESTRA**

La muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población. (Niño Rojas,2011).

La muestra es tipo NO PROBABILÍSTICO, dirigido por conveniencia. Se realizó la exploración de calicatas tomadas de la vía afirmada de la carretera HUÁNUCO-MARABAMBA, progresiva 0+500.00km hasta 2+650.00km (TRAMO: LAS TERRAZAS DE MARABAMBA – MUNICIPALIDAD DEL C.P DE MARABAMABA).

#### **➤ Tamaño de la Muestra.**

04 calicatas.

## **3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **A). TÉCNICA.**

La observación es el método más común para tomar datos en la ingeniería vial, la mayor ventaja de la observación es poder analizar de una manera directa, hacia la realidad de la vía

afirmada, por consiguiente, el primer paso fue el estudio de tráfico vehicular para luego clasificar la vía según el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

El segundo paso que se hizo en la vía afirmada de la CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA fue la sectorización de tramos mediante la medición cada 500 m, según manual de carreteras no pavimentadas 2014 (MTC), y posterior la recolección de datos de las muestras de suelo, procedimiento tal como se indica en la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC 101 – 2000, DEL MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01).

Por consiguiente, se describe en la siguiente tabla otros trabajos que se realizó y que técnicas e instrumentos se usó.

**Tabla 11: Técnicas e Instrumentos Para Recolección de datos.**

FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
	Estudio de tráfico	Hojas conteo Vehicular
Trabajos de Campo	Calicatas	Herramientas Manuales
	Estudio de Mecánica de Suelos	Laboratorio de Suelos

Fuente: elaboración propia.

- **Para la aplicación en campo y procesamiento de resultados:**

Se efectuó la comparación de la capacidad de soporte de la subrasante de la carretera intervenida al ser mejorado con el aditivo químico que es el óxido de calcio, la cual se conformó 4 ensayos de Proctor modificado y CBR, con sus respectivos estudios y clasificación de los suelos.

Así también, nos dice que el número de calicatas como se muestra en la tabla N°04, para exploración de suelos en carreteras de bajo volumen de tránsito, carreteras con  $IMDA \leq 200$  veh/día, de una calzada se debe explorar una calicata por kilómetro como mínimo, a una profundidad de 1.50 m. respecto a nivel subrasante del proyecto. (Manual de Carreteras). por normativa se consideró lo siguiente:

**Tabla 12: Descripción de Actividades en el Laboratorio.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>NÚMERO DE MUESTRAS POR CALICATA</b>	<b>ALTURAS DE LAS CALICATAS</b>
Contenido de Humedad (MTC E108)	03	(h=0.50m, h=1.00m y h=1.50m)
Análisis Granulométrico por tamizado (Ensayo MTC EM 107).	01	(h=1.50 m)
Índice de Plasticidad (Limite Líquido MTC EM 110, Limite Plástico MTC EM 111).	03	(h=0.50m, h=1.00m y h=1.50m)
Clasificación de Suelos por el Sistema SUCCS y AASHTO.	03	(h=0.50m, h=1.00m y h=1.50m)
Ensayo Proctor Modificado (ASTMD-1557, MTC – 115).	01	(h=1.50 m)
Ensayo de CBR (MTC EM 132).	01	(h=1.50 m)

**Fuente:** Elaboración propia.

## **B) INSTRUMENTOS.**

En el presente proyecto de investigación se utilizarán los siguientes instrumentos que son, los equipos para la realización de ensayos de Proctor modificado y CBR con la finalidad de encontrar el óptimo contenido de humedad, porcentaje de absorción, máxima densidad seca y la capacidad de soporte del suelo.



Los instrumentos que se utilizaron para realizar los ensayos de laboratorio, de acuerdo al manual de ensayos de materiales fueron:

**a) Ensayo de humedad natural.**

Según el Manual de ensayos de Materiales (MTC, 2016) para realizar este ensayo en suelos se requiere de:

Horno de secado, balanzas, Recipientes apropiados para almacenar la muestra que resista a altas temperaturas, guantes, un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes, cuchillos, espátulas cucharas, lona para cuarteo, cazoletas, etc. (p.49).

**b) Ensayo de análisis granulométrico.**

Según el Manual de ensayos de Materiales (MTC, 2016) para realizar este ensayo en suelos se requiere de:

Dos balanzas, Tamices de malla cuadrada 75mm (3"), 50,8mm (2"), 38,1mm (1½"), 25,4mm (1"), 19,0mm (¾"), 9,5mm ( 3/8"), 4,76mm (N° 4), 2,00mm (N°10), 0,840mm (N°20), 0,425mm (N°40), 0,250mm (N°60), 0,106mm (N°140) y 0,075mm (N°200), Envases para el manejo y secado de las muestras, cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices. (p. 44).

**c) Ensayo de determinación del límite líquido.**

Según el Manual de ensayos de Materiales (MTC, 2016) para realizar este ensayo en suelos se requiere de:

Recipiente para almacenaje, espátula, copa de Casagrande, calibrador incorporado al ranurador o separado, una barra de metal de  $10.00 \pm 0.2$  mm de espesor y de 50 mm (2") de largo, recipientes o pesa filtros, balanza con sensibilidad de 0.01 gr, horno de secado, agua potable. (p.67).

**d) Ensayo de determinación del límite plástico.**

Según el Manual de ensayos de Materiales (MTC, 2016) para realizar este ensayo en suelos se requiere de:

Espátula, de hoja flexible, recipiente para almacenaje, de porcelana, balanza, con aproximación a 0.01g, horno o estufa 110 °C, tamiz, de 426µm (n°40), agua destilada, recipientes adecuados para determinación de humedades, superficie de rodadura comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado (p.72).

**e) Ensayo de Proctor modificado**

Según el Manual de ensayos de Materiales (MTC, 2016) para realizar este ensayo en suelos se requiere de:

Molde de 4 pulgadas, molde de 6 pulgadas, pisón o martillo, extractor de muestras, una balanza para una aproximación de 1 gramo, horno de secado, una regla metálica, tamices o mallas de  $\frac{3}{4}$  pulg (19.0mm),  $\frac{3}{8}$  pulg (9.5mm) y N°4 (4.75mm), cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. o un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua (p.107).

**f) Ensayo de relación de soporte de california (CBR) en laboratorio.**

Según el Manual de ensayos de Materiales (MTC, 2016) para realizar este ensayo en suelos se requiere de:

Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, molde de metal cilíndrico, de  $152.4\text{mm} \pm 0.66\text{mm}$  ( $6 \pm 0.026$ " ) de diámetro interior y de  $177.8 \pm 0.46\text{mm}$  ( $7 \pm 0.018$ " ) de altura, disco espaciador de metal, de forma circular de  $150.8\text{mm}$  ( $5 \frac{15}{16}$ " ) de diámetro exterior y de  $61.37 \pm 0.127\text{mm}$  ( $2.416 \pm 0.005$ " ) de espesor, pisón de compactación, pesas uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de  $4.54 \pm 0.02\text{kg}$  y pesas ranuradas de metal cada una con masas de  $2.27 \pm 0.02\text{kg}$ , pistón de penetración metálico de sección transversal circular de  $49.63 \pm 0.13\text{mm}$  ( $1.954 \pm 0.005$ " ) de diámetro, área de  $19.35\text{cm}^2$  ( $3\text{pulg}^2$ ), dos diales con recorrido mínimo de  $25\text{mm}$  ( $1$ " ) y divisiones lecturas en  $0.025\text{mm}$  ( $0.001$ " ), tanque para la inmersión de los moldes en agua, estufa, dos balanzas una de  $20\text{kg}$  de capacidad y otra de  $1000\text{g}$  con sensibilidades de  $1\text{g}$  y  $0.1\text{g}$  tamices, de  $4.76\text{mm}$  (no.4),  $19.05\text{mm}$  ( $3/4$ " ) y  $50.80\text{mm}$  ( $2$ " ); también se utilizara cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc. (p. 248).

- **Formatos de laboratorio.**

Los instrumentos de recolección de datos que se utiliza en campo y en laboratorio, nos ayuda a organizar los ensayos realizados y llevar una secuencia controlada.

se anotaron los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de suelo experimental, los formatos de las guías que se utilizaron fueron de acuerdo al manual de ensayos de Materiales del Ministerio de

Transportes y Comunicaciones (2016); se utilizaron los siguientes:

**Tabla 13: Formato para ensayo contenido de humedad.**

CONTENIDO DE HUMEDAD								
<b>NORMA UTILIZADA</b>								
NTP 339.127, métodos de pruebas estándar para la determinación en el laboratorio el contenido de humedad en las masas de los suelos y rocas.								
<b>DATOS LABORATORIO</b>								
CALICATA								
ESTRATO								
MUESTRA								
Peso natural húmedo + bandeja								
Peso natural seco + bandeja								
Peso bandeja								

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 14: Formato para ensayo de plasticidad.**

LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE LÍQUIDO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD								
<b>NORMA UTILIZADA</b>								
NTP 339.129, método de prueba estándar para límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de los suelos.								
<b>DATOS LABORATORIO</b>								
CALICATA								
ESTRATO								
MUESTRA								
	Limite Liquido				Limite Plástico			
					<b>P-1</b>	<b>P-2</b>	<b>P-3</b>	<b>P-4</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 15: Formato para ensayo granulometría**

<b>Tesis :</b>						
<b>Tesista:</b>						
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>						
<b>1.- Referencias:</b>						
ASTM C136, standard test Method for sieve Analysis of fine and Coarse Aggregates.						
AASHTO T 27, Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.						
NTP 339.128 Analisis Granulométrico por Tamizado						
<b>2.-Objetivo:</b> Determinar la distribución por tamaño de las partículas de una muestra, utilizando una serie de tamices normalizados.						
<b>3.- Materiales:</b> un juego de tamices normalizados,un horno,una balanza,bandeja metálica,Contenedores,recipientes plásticos y escobilla.						
<b>4.-Análisis:</b> Determinar la distribución por tamaño de la partículas de una muestra.						
Peso Inicial de la Muestra Seca				Ubicación :		
Peso de la Muestra Después del Labado				calicata :		
Perdida por Lavado				Potencia:		
Tolerancia				%		
Tamiz	Abertura ( mm )	Retenido		% retenido acumulado	% pasante acumulado	D60 = D30 = D10 =
		( gr. )	( % )			
3"	75.000					
2. 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1.1/2"	38.100					
1"	25.000					%Gravas
3/4"	19.000					%Arenas
1/2"	12.500					%Finos
3/8"	9.500					
1/4"	6.300					Cu =
4	4.750					Cc =
8	2.360					
10	2.000					Peso Muestra lavado Seco:
20	0.841					
30	0.600					
40	0.425					
60	0.250					
80	0.177					
100	0.150					
200	0.075					
Cazoleta						
Total Retenido :						

**.Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 16: Formato para ensayo compactación de suelos**

COMPACTACIÓN DE SUELOS					
<b>NORMA UTILIZADA</b>					
NTP 339.141, Método de prueba estándar para la compactación en laboratorio de las características del suelo usando el Esfuerzo Modificado (2,700 KN-m/m <sup>3</sup> ).					
<b>DATOS LABORATORIO</b>					
CALICATA					
ESTRATO					
MUESTRA					
Participación en pesos de los granos del suelo	Cribas	Peso Ret. (g)	Peso Usar (g)	Método Compactación	DIÁMETRO
	Retenido: 3" - 3/4"				
	Retenido: 3/4" - 3/8"				ALTURA
	Retenido: 3/8" - N° 04				
	Pasante: N° 04				PESO DEL MOLDE
	Pesos totales :				
<b>COMPACTACIÓN</b>					
Descripción	P : 1	P : 2	P : 3	P : 4	P : 5
<b>Ensayos de humedad</b>					
Descripción	Central 1	Central 2	Central 3	Central 4	Central 5
Peso muestra hum.+recipiente					
Peso muestra seca +recipiente					
Peso recipiente					

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 17: Formato para ensayo CBR en laboratorio.**

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)								
<b>NORMA UTILIZADA</b>								
NTP 339.145, Método de prueba estándar para CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory – compacted								
<b>DATOS LABORATORIO</b>								
CALICATA								
ESTRATO								
MUESTRA								
Método de compactación en el proctor:		Área presión prensa CBR:		DIAMETRO	ALTURA	Velocidad de carga:	: 0.025 pulg+B20:J20	
						Incremento de carga:	: 0.025 pulg+B20:J20	
<b>CONTROL DE COMPACTACIÓN: C.B.R</b>								
Mediciones	Und.	Molde - 10 golpes por capa		Molde - 25 golpes por capa		Molde - 56 golpes por capa		
Condiciones de Prueba		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	
Peso muestra + molde	gr							
Peso molde	gr							
<b>Ensayo para humedad</b>	Und.	Central	Central	Central	Central	Central	Central	
Peso muestra hum.+recip.	gr							
Peso muestra seca+recip.	gr							
Peso recipiente	gr							
<b>CONTROL DE EXPANSIÓN</b>								
		MOLDE - 10		MOLDE - 25		MOLDE - 56		
Fecha	Tiempo de control							
	0.0							
	0.5h							
	1.0h							
	3.0h							
	6.0h							
	12.0h							
	24.0h							
	48.0h							
	72.0h							
	96.0h							
Altura inicial	m.m							
<b>COMPRESIÓN C.B.R</b>								
CONTROL DE LAS PRESIONES			MOLDE - 10		MOLDE - 25		MOLDE - 56	
1 Pulgadas	25.40 mm	Tiempo (min)	Lectura dial		Lectura dial		Lectura dial	
0.000	0.00	0.0						
0.025	0.6	0.5						
0.05	1.27	1.0						
0.075	1.91	1.5						
0.100	2.54	2.0						
0.125	3.18	2.5						
0.15	3.81	3.0						
0.175	4.45	3.5						
0.200	5.08	4						
0.225	5.72	4.5						
0.250	6.35	5.0						
0.300	7.62	6.0						
0.350	8.89	7.0						
0.400	10.16	8.0						
0.450	11.43	9.0						
0.500	12.7	10.0						

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para la presentación de datos, una vez realizado el procesamiento de datos y la obtención de resultados finales, se realizará mediante las hojas Excel elaboradas, gráficos y cuadros con su respectiva interpretación.

### **3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Para realizar la presente investigación se siguió la siguiente secuencia, la primera parte fue localizar y ubicar los puntos donde se podrían realizar las calicatas, para posteriormente extraer las diferentes muestras que se encuentren en ellas y ser ensayadas, para lo cual se realizó un conteo vehicular donde se hizo cálculo del IMDA (Ver Anexo 4), dicho resultado iba a dar conocimiento la cantidad de vehículos que transitan por la carretera, que según el DG 2001(Manual de Diseño de Carreteras), y el MTC 2008 (Manual para carreteras no Pavimentadas de Bajo volumen de tránsito),por lo tanto se obtuvo como resultado de la carretera, por consiguiente se clasificó como una carretera de trocha carrozable, esta clasificación nos sirvió para determinar la cantidad de calicatas a realizar indicado en el MTC 2008,por consiguiente por fines de estudios y resultados más reales se procederá a perforar cada 500 m.

En la segunda parte ya con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales del terreno de fundación, el tramo en estudio se dividió en 4 sectores homogéneos, obtenidos mediante la aplicación de los criterios AASHTO 93, de la cual la investigación se llevó a cabo mediante la ejecución de 4 perforaciones en el suelo (calicatas) con un área de 1.20 m<sup>2</sup> a una profundidad de 1.50 m, estas calicatas estaban ubicadas cada 500 m aproximadamente de forma alternada, a lo largo de la carretera.

De donde se obtuvieron muestras representativas, las que fueron trasladadas al laboratorio de suelos (GEOCON SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.C y el LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNVERSIDAD DE HUANUCO) donde fueron objeto de estudio.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1. EXPLORACIÓN DE CAMPO

Con la finalidad de definir las propiedades y características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante, se realizaron investigaciones mediante la excavación de pozos exploratorios a cielo abierto (calicatas). En los Anexos se adjunta el plano con la ubicación de las calicatas realizadas, en la siguiente tabla, se presenta la ubicación de las calicatas.

**Tabla 18: Ubicación de las Calicatas (setiembre 2019).**

Calicata	Ubicación	Coordenadas UTM (WGS 84)		Elevación (MSNM)	Profundidad (mt.)	Tipo	Kg.
		Norte	Este				
C-1	Prog. 0+500	76255949 m	994689.1 m	1969.80	1.50 m	saco	80.00 kg
C-2	Prog.1+100	76257719 m	9948403 m	19981.0	1.50 m	saco	80.00 kg
C-3	Prog.2+050	76328125 m	9950425 m	2014.3	1.50 m	saco	80.00 kg.
C-4	Prog.2+650	76256706 m	9967054 m	2021.5	1.50 m	saco	80.00 kg.

Nota: Los datos que se evidencian fueron georreferenciados en campo mediante el GPS diferencial, (fuente: Elaboración Propia).

#### **MTC E 105. OBTENCIÓN EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO).**

- Una vez extraída la muestra, se deja secar al aire libre. Se recomienda no efectuar el secado en el horno eléctrico, ya que esto puede afectar en las propiedades del suelo, y por ende esto puede influenciar en los resultados.

- Se colocará la muestra extendiéndola sobre un espacio plano y horizontal para un óptimo secado.
- Se seccionará el material, deshaciendo los terrones con ayuda de una comba de goma.
- Posteriormente se hará una mezcla hasta llegar a construir una forma de cono repitiendo esta operación 4 veces.
- Finalmente, en la cazoleta se fraccionará en cuatro partes hasta conseguir la cantidad requerida para el análisis de cada ensayo.



**Fotografía 1:Cuarteo de la muestra representativa.**

**MTC E 108. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO.**

- Se realizó el cuarteo de la muestra, para luego obtener una muestra representativa del suelo de estudio.
- La norma del MTC E 108, nos especifica el tamaño máximo de partículas 3/8", y la cantidad mínima de la muestra a analizar es de 50 gr.
- Se coloca el espécimen(muestra) de ensayo húmedo en el recipiente, la cual se colocará el nombre y se enumerará.

- Se determina y se registra el peso del recipiente solo y con el material húmedo empleando una balanza de capacidad convenientes de 0.01 g de precisión.
- Se procederá al secado de la muestra húmeda en un horno controlado a  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$  de 16 a 24 horas, hasta llegar a tener un peso admisible.
- Se remueve el recipiente del horno, permitiendo enfriar el material y el recipiente a temperatura ambiente.
- se procede a determinar y registrar el peso del recipiente y el material secado al horno empleando la misma balanza usada.
- Finalmente, la pérdida de peso producido por el secado es considerada como el peso del agua que contiene la muestra.

$$W(\%) = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

### **RESULTADOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.**

Se realizaron 3 muestras para cada calicata, las cuales fueron a una altura de 0.50m, 1.00m y 1.50m, dándonos un contenido de humedad promedio de muestras por calicata, como se muestra en la tabla 19. Los certificados de Ensayo de Laboratorio para este ensayo se adjuntan en el ANEXO 02.

**Tabla 19: Resultados de Contenido de Humedad.**

HUMEDAD NATURAL	
Calicata	Contenido de Humedad
C-1	10.80%
C-2	13.27%
C-3	11.82%
C-4	9.88%

Nota. Los datos que se evidencian fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio (fuente: elaboración Propia.)



**Fotografía 2: Secado al horno de la muestra con temperatura controlada.**



**Fotografía 3: Determinación del peso de material secado en horno.**

## **MTC E107 ANALISIS GRANDULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADOS.**

- Se recepción la muestra de suelo tomado insitu e inmediatamente, se coloca al aire libre con un ambiente temperado hasta su secado total.
- Se desintegran los terrones del suelo de la muestra, con la ayuda de un martillo de goma para luego cuartear la muestra.
- El peso mínimo de la fracción de la muestra retenida en el tamiz N° 40 es de 500 gr.
- El de la fracción que pasa el tamiz N°4 es aproximadamente de 65 gr para suelos limosos y arcillosos.
- Obtenido el suelo, se procede al lavado de la muestra para la desintegración de las partículas de los limos que pudieran impregnarse en las partículas grandes(gravas), posteriormente se procede al secado de esta a una temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Por consiguiente, se separa la porción de muestra obtenido en el tamiz N°4, en una serie de fracciones empleando los tamices estandarizados.
- Se establece el peso de cada fracción en una balanza eléctrica con una precisión de 0. 1gr.La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso inicial de la muestra no debe ser superior en más de 1%.



**Fotografía 4: realización del análisis granulométrico por tamizado. ASTM D-422, AASHTO T88.**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO PARA SUELO NATURAL.**

Se realizó el tamizado de las muestras de cada calicata, por las mallas estandarizadas ASTM, por consiguiente, se calculó tanto el peso

retenido como el porcentaje de peso retenido como el porcentaje de peso pasante por cada tamiz, el cual se representa en los siguientes gráficos de curvatura del análisis granulométrico. Los resultados de los ensayos de laboratorio se adjuntarán en el ANEXO 02.



**Fotografía 5: Ensayo de Granulometría mediante los tamices Estandarizados, ASTM D-422 (Fuente: Propia).**

### CURVA GRANULOMÉTRICA C-1

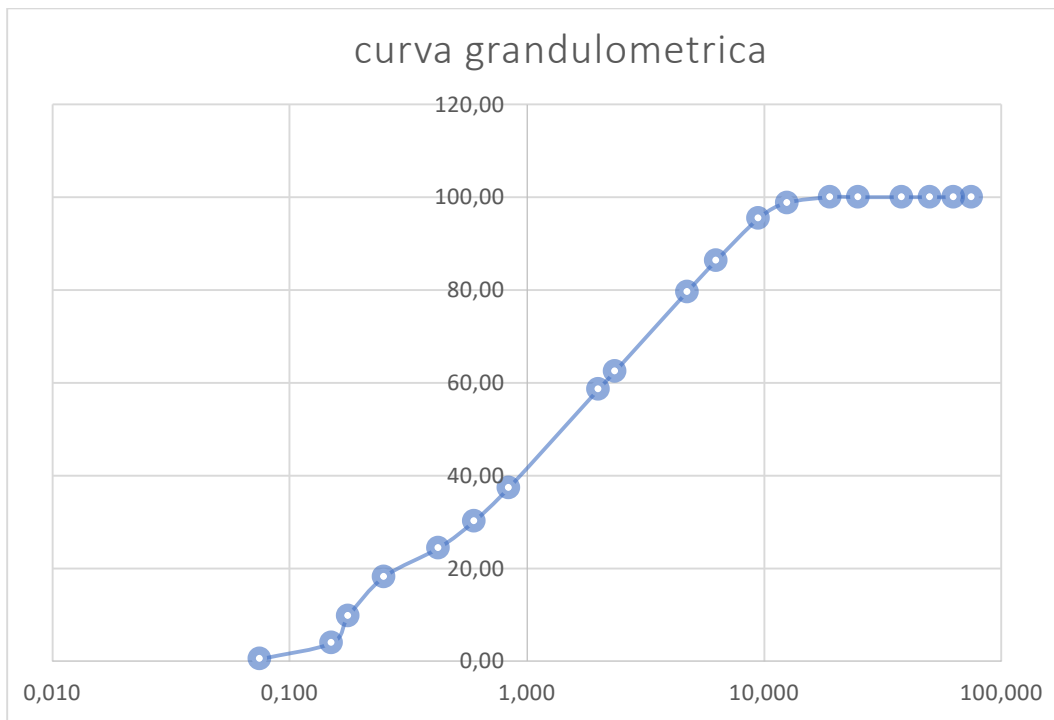


Figura 4: curva granulométrica-Calicata C-1.



fotografía 6: Clasificación de la muestra por el Análisis Granulométrico C-1.

## CURVA GRANULOMÉTRICA C-2.

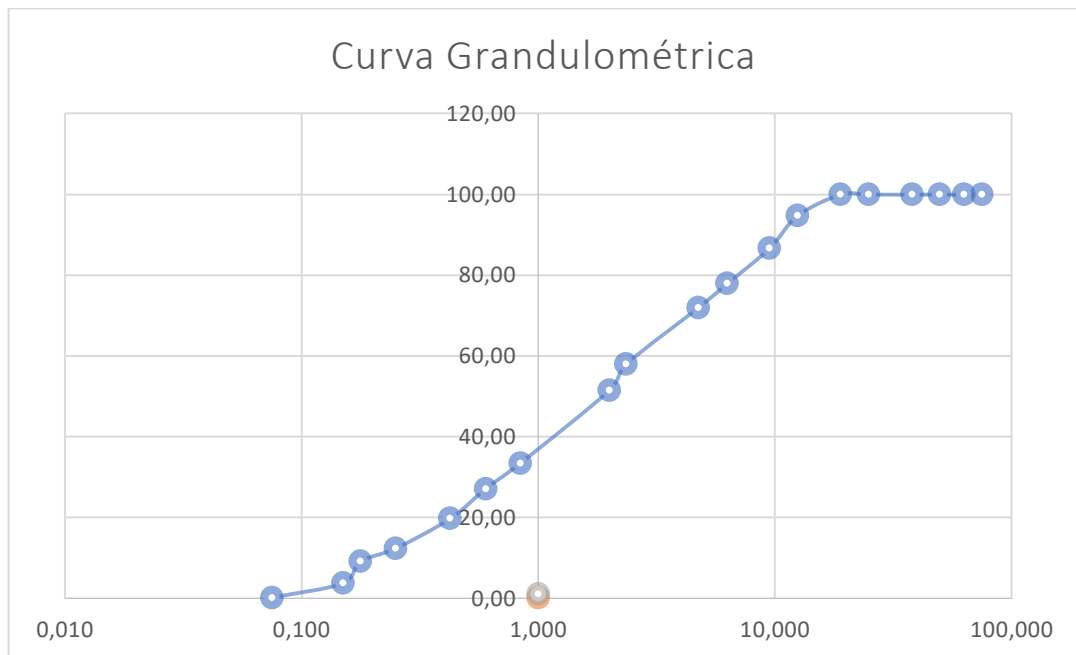


Figura 5:curva granulométrica-Calicata C-2.



Fotografía 6:Clasificación de la muestra por el Análisis Granulométrico C-2.



### CURVA GRANULOMÉTRICA C-3

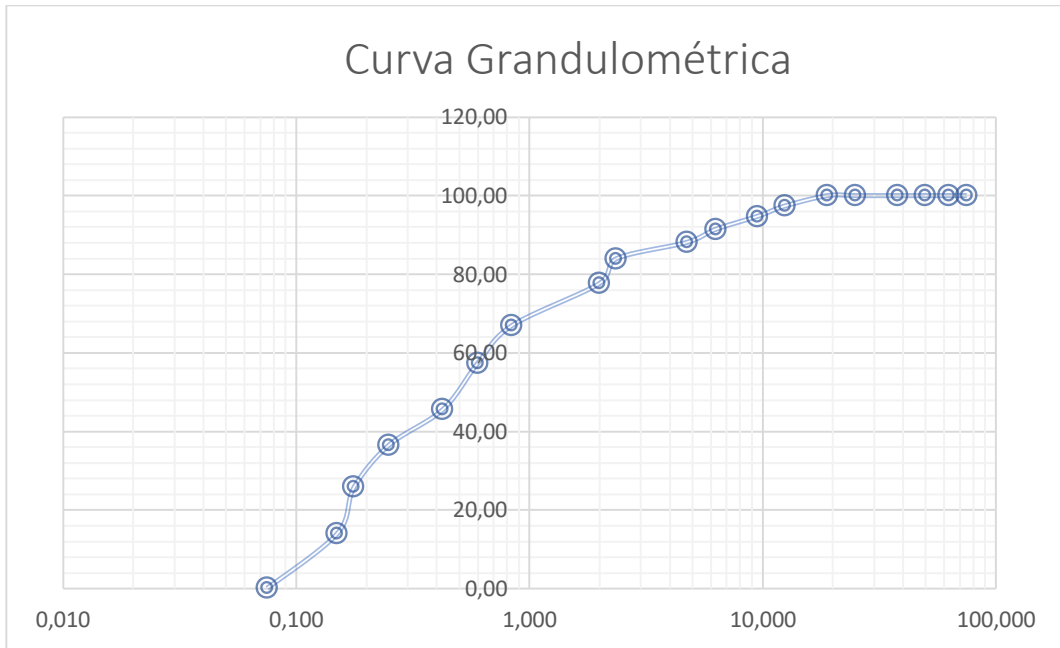
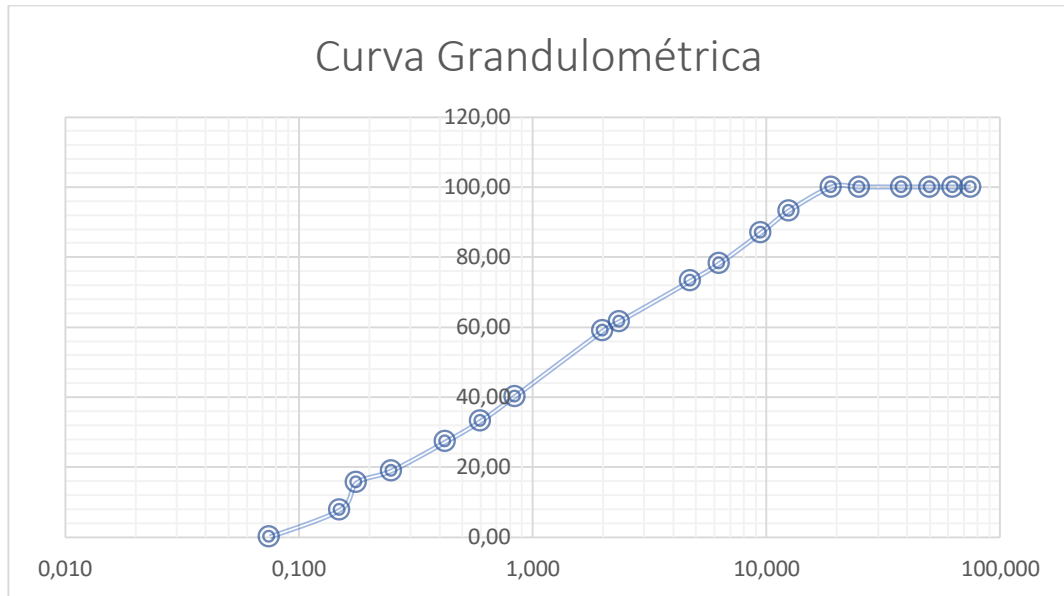


Figura 6: curva granulométrica-Calicata C-3.



Fotografía 7: Clasificación de la muestra por el Análisis Granulométrico C-3.

### CURVA GRANULOMÉTRICA C-4



Fotografía 8: curva granulométrica-Calicata C-4.



Figura 7: Clasificación de la muestra por el Análisis Granulométrico C-4.

#### 4.1.2. LIMITES DE ATTERBERG

##### MTC E 110. DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS.

- Se obtiene una fracción representativa de la muestra, para proporcionar 200 gr de material pasante del tamiz N°40.



**Fotografía 9: Tamizado de material por tamiz N°40.**

- Colocar la muestra de suelo en un recipiente de porcelana y mézclase completamente con 15 a 20 ml de agua destilada.
- A continuación, se colocará una fracción de suelo preparado, en la copa de Casagrande, la cual tiene como función de determinar el límite líquido, en el punto en que la copa reposa sobre la base, presionándola y esparciéndola, hasta una profundidad de 10 mm.
- Se cubre el recipiente de mezclado con un paño húmedo para retener el contenido de humedad de la muestra.
- De tal manera se hace uso del acanalador, la cual sirve para seccionar la muestra que contiene la copa de

Casagrande, creando una ranura a través del suelo formando una línea los puntos más alto y el punto más bajo en el borde de la copa.

- Se procederá a levantar y soltar la copa de girando el manubrio hasta que las dos paredes de suelo entren en contacto con la base de la ranura una longitud de 13 mm.
- Se tomará apunte el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.
- Se tomará la porción de suelo que se halla juntado en la copa de Casagrande, para luego colocarse en una tara de peso conocido y luego pesar la muestra.
- Se realizará la operación por lo menos en dos ensayos adicionales, colocar el espécimen del suelo en el plato de mezclado agregándole agua destilada en incremento de 2 a 3 ml, para incrementar el porcentaje de humedad y reducir el número de golpes requeridos para cerrar la ranura en la copa de Casagrande.
- Colocar las tajadas de suelo anteriormente pesadas y enumeradas en el horno de temperatura controlada de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Luego de 24 horas de secado hasta tener un peso constante, se procederá a pesar la muestra y registrarla.



**Fotografía 10: Procedimiento del ensayo de plasticidad (copa Casagrande).**

- Preparación del Diagrama de fluidez.
- ✓ Se trazará una curva de fluidez, la cual representará la relación entre el contenido de humedad y el número de golpes de la copa Casagrande.
- ✓ El contenido de humedad se colocará en las ordenadas.
- ✓ El número de golpes en las abscisas.
- ✓ Tomar el contenido de humedad que corresponda a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como límite líquido del suelo.

#### **MTC E 111. DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD.**

- Se toma aproximadamente 20 gr de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm(N°40), preparado para el ensayo de límite líquido.
- Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo.
- Se tomará una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera, para ser usado como muestra para el ensayo.

- Si el cilindro no se desmorona antes de alcanzar un diámetro aproximado de 3,2 mm (1/8"). Se realizará nuevamente un elipsoide y se repetirá el procedimiento.
- La porción así obtenida se pesará.
- Por consiguiente, se repetirá el proceso una tres veces para calcular el promedio.
- se colocará las tajadas de suelo anteriormente pesadas y enumeradas en el horno de temperatura controlada de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- finalmente, después de 24horas de secado hasta tener un peso constante, pesar las muestras y registrarlas en las hojas de cálculo.

$$\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del secado en el horno}} \times 100$$



**Fotografía 11:Rodamiento de material para efectuar el límite plástico.**

➤ **ÍNDICE DE PLASTICIDAD.**

$$\text{Índice de Plasticidad} = \text{Límite Líquido} - \text{Límite Plástico.}$$

**RESULTADOS DE LÍMITES DE ATTERBERG PARA SUELO NATURAL.**

Los resultados de los límites de Atterberg, que se hicieron en las diferentes alturas a h=0.50M, h=1.00M Y h=1.50M la cual se hará un promedio, ya que nos ayudará para poder clasificar por el método de SUCCS y AASTHO, la cual se presentará en la tabla 20,21 y 22. Los ensayos de laboratorio se adjuntan en el ANEXO 02.

**Tabla 20:Resultados de Limites de Atterberg de Suelo Natural a una Altura de H=0.50 m.**

<b>Calicata</b>	<b>Limite Liquido</b>	<b>Limite Plástico</b>	<b>Índice de Plasticidad</b>
<b>C-1</b>	23.27%	14.18%	9.10%
<b>C-2</b>	26.77%	17.11%	9.66%
<b>C-3</b>	24.18%	13.44%	10.74%
<b>C-4</b>	32.82%	22.32%	10.51%

*Nota. Los datos que se evidencian fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio para determinar el contenido de humedad de los suelos a estudiar a una altura h= 0.50m.*

**Tabla 21:Resultados de Limites de Atterberg de Suelo Natural a una Altura de H=1.00 m**

<b>Calicata</b>	<b>Limite Liquido</b>	<b>Limite Plástico</b>	<b>Índice de Plasticidad</b>
<b>C-1</b>	17.07%	10.39%	6.67%
<b>C-2</b>	28.56%	21.20%	7.36%
<b>C-3</b>	20.86%	12.06%	8.79%
<b>C-4</b>	26.76%	15.15%	11.62%

*Nota. Los datos que se evidencian fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio para determinar el contenido de humedad de los suelos a estudiar a una altura h= 1.00m.*

**Tabla 22: Resultados de Limites de Atterberg de Suelo Natural a una Altura de H=1.50 m**

<b>Calicata</b>	<b>Limite Liquido</b>	<b>Limite Plástico</b>	<b>Índice de Plasticidad</b>
<b>C-1</b>	15.45%	7.29%	8.16%
<b>C-2</b>	26.57%	21.89%	4.68%
<b>C-3</b>	20.42%	12.04%	8.38%
<b>C-4</b>	26.95%	19.22%	7.73%

*Nota. Los datos que se evidencian fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio para determinar el contenido de humedad de los suelos a estudiar a una altura h= 1.50m.*

### **CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR MÉTODO SUCS Y AASHTO.**

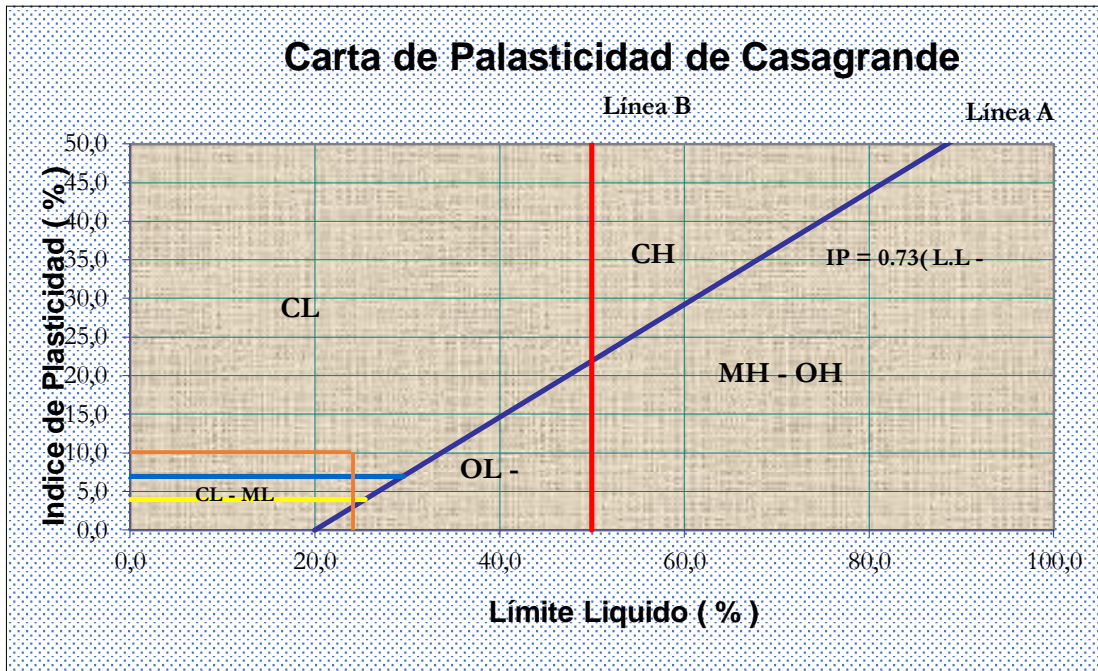
➤ **Método SUCS (NTP 339.134).**

Se determino la posición de este en la carta de plasticidad de Casagrande, los resultados son los siguientes:

- **Calicata N°01.**

De la figura N°06, podemos identificar que la calicata C-1, en una h=1.50m, se ubica a la parte izquierda de carta sobre la línea A, la cual está en la posición está en el grupo CL, por consiguiente, se clasifica como grava arcillosa bien graduada, mezcla de grava(50.6%), arena(39.3%)y finos arcillosos de aja plasticidad (10.2%),material de coloración Marrón, la forma del agregado grueso es subredondeado.

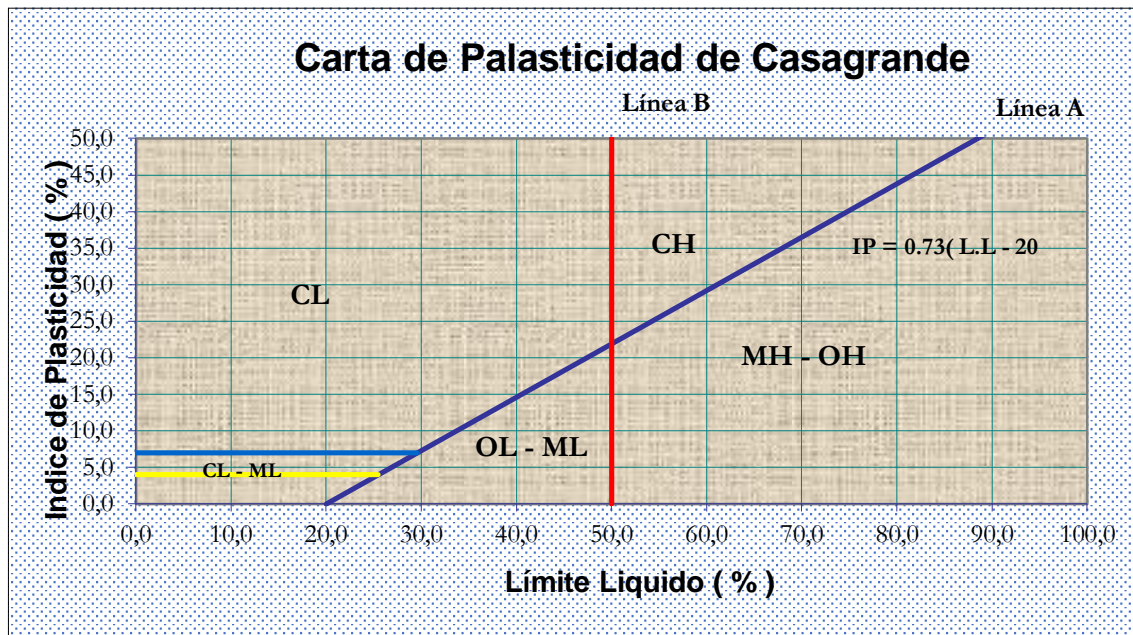




**Figura 8:Ábaco de Casagrande – Calicata C-1, a una H=1.50m.**

- **Calicata N°02.**

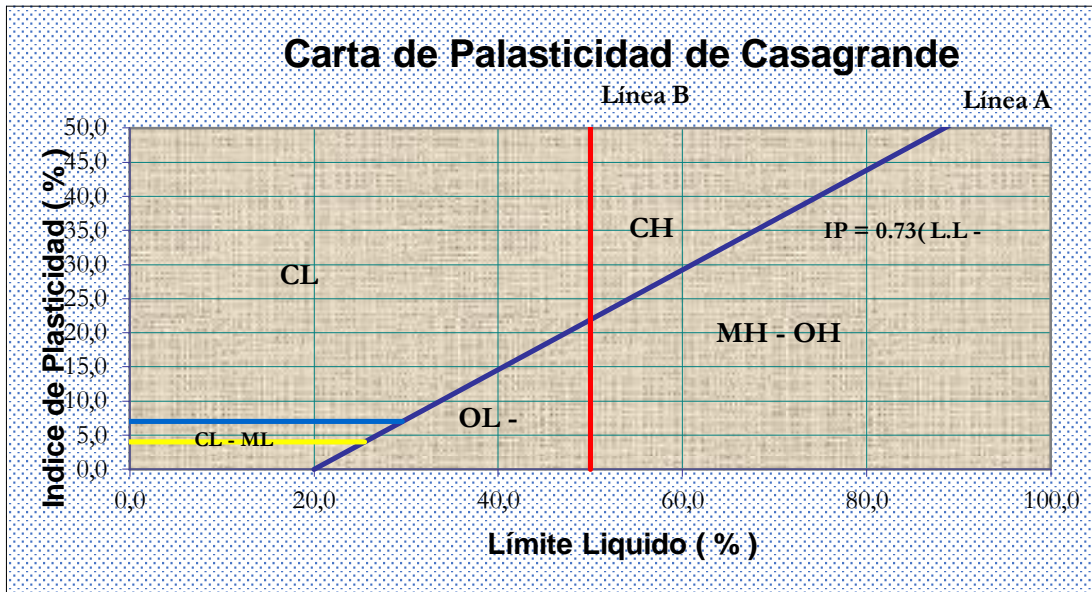
De la figura N°07, podemos identificar que la calicata C-2, en una h=1.50m, se ubica a la parte izquierda de carta sobre la línea A, la cual está en la posición está en el grupo CL, por consiguiente, se clasifica como grava arcillosa bien graduada, mezcla de grava(68.74%), arena(31.15%)y finos arcillosos de baja plasticidad (0.10%),material de coloración Marrón, la forma del agregado grueso es subredondeado.



**Figura 9:Ábaco de Casagrande – Calicata C-2, a una H=1.50m.**

- **Calicata N°03.**

De la figura N°08, podemos identificar que la calicata C-3, en una  $h=1.50m$ , se ubica a la parte izquierda de carta sobre la línea A, la cual está en la posición está en el grupo CL, por consiguiente, se clasifica como grava arcillosa bien graduada, mezcla de grava(28.77%), arena(71.60%)y finos arcillosos de baja plasticidad (0.13%),material de coloración Marrón, la cual son limos de alta plasticidad, con limite liquido mayor a 50%,y se caracterizan por ser muy comprensibles.



**Figura 10:Ábaco de Casagrande – Calicata C-3, a una H=1.50m.**

- **Calicata N°04.**

De la figura N°09, podemos identificar que la calicata C-3, en una h=1.50m, se ubica a la parte izquierda de carta sobre la línea A, la cual está en la posición está en el grupo CL, por consiguiente, se clasifica como grava arcillosa bien graduada, mezcla de grava(68.51%), arena(31.36%)y finos arcillosos de baja plasticidad (0.13%),material de coloración Marrón, la cual son limos de alta plasticidad, con limite liquido mayor a 50%,y se caracterizan por ser muy comprensibles.

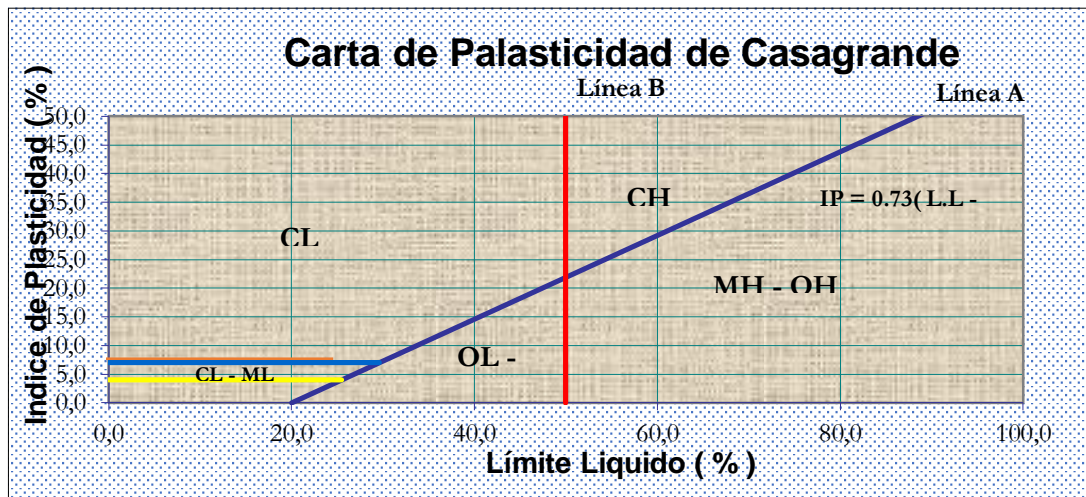


Figura 11:Ábaco de Casagrande – Calicata C-4, a una H=1.50m.

➤ **MÉTODO DE CLASIFICACIÓN AASTHO (NTP 339.135).**

Es un sistema de clasificación de suelos para describir la textura, y el tamaño de la partícula de un suelo, se utilizará la variación del límite líquido y el índice de plasticidad. a continuación, presentaremos la tabla 23 que representa el porcentaje pasante del tamiz N°200 para su clasificación fracción-limo arcilloso y posterior cálculo de índice de grupo, ya que menor sea el valor de IG de un suelo, mejor son las cualidades del suelo como capacidad de soporte.

**Tabla 23:Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 por cada calicata.**

F=% que pasa el tamiz N°200, por cada calicata.			
C-1	C-2	C-3	C-4
10.2%	0.10%	0.13%	0.13%

Nota: Los Datos que se Evidencian Fueron Obtenidos Mediante Ensayos de Laboratorio.

- Índice de grupo:

$$IG=A = (F - 35) \cdot [0,2 + 0,005 \cdot (LL - 40)] + 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$$

Dónde:

F: es el % que pasa el tamiz ASTM N°200.

LL: Limite Liquido.

IP: Índice de plasticidad.

El índice de grupo para los suelos de los Subgrupos es: A-2-6 Y A-2-7, la cual se calcula usando sólo:

$$IG = 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$$

### ➤ CALICATA N°01.

De la figura N°10, podemos identificar que la calicata C-1, a una H=1.50m, se ubica en la zona del grupo: A-4 y A-2-4, por el % pasante por la malla N°200, pudimos identificar en el grupo A-4 por consiguiente, se halló el índice de Grupo, la cual su clasificación AASTHO es A-2-4(0).

Tipo de Material: Grava y arenas limosas y arcillosas.

Terreno de fundación: excelente a bueno.

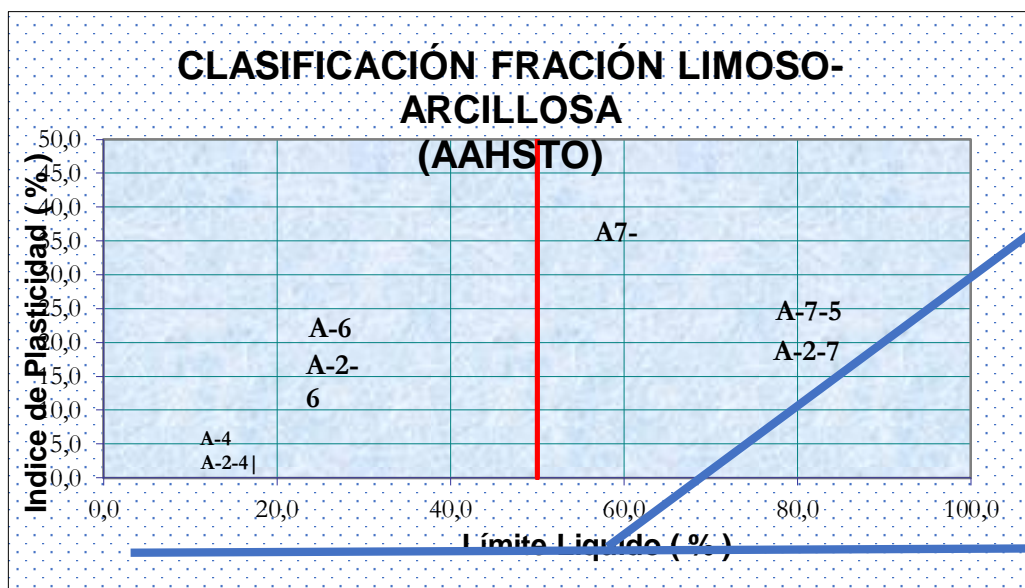


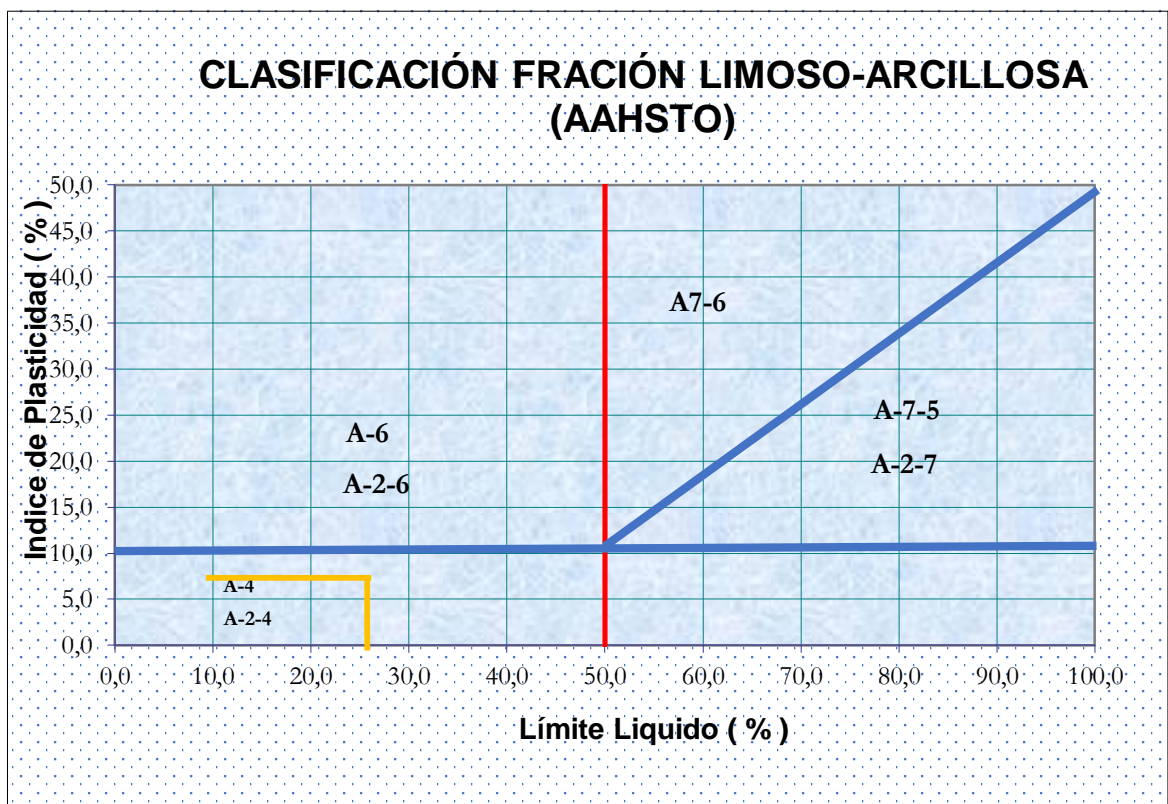
Figura 12: Clasificación de Suelos (AASHTO) – Calicata C-1, a una H=1.50m.

➤ **CALICATA N°02.**

De la figura N°11, podemos identificar que la calicata C-2, a una H=1.50m, se ubica en la zona del grupo: A-4 y A-2-4, por el % pasante por la malla N°200, pudimos identificar en el grupo A-4 por consiguiente, se halló el índice de Grupo, la cual su clasificación AASTHO es A-2-4(0).

Tipo de Material: Grava y arenas limosas y arcillosas.

Terreno de fundación: excelente a bueno.



**Figura 13: Clasificación de Suelos (AASHTO) – Calicata C-2, a una H=1.50m.**

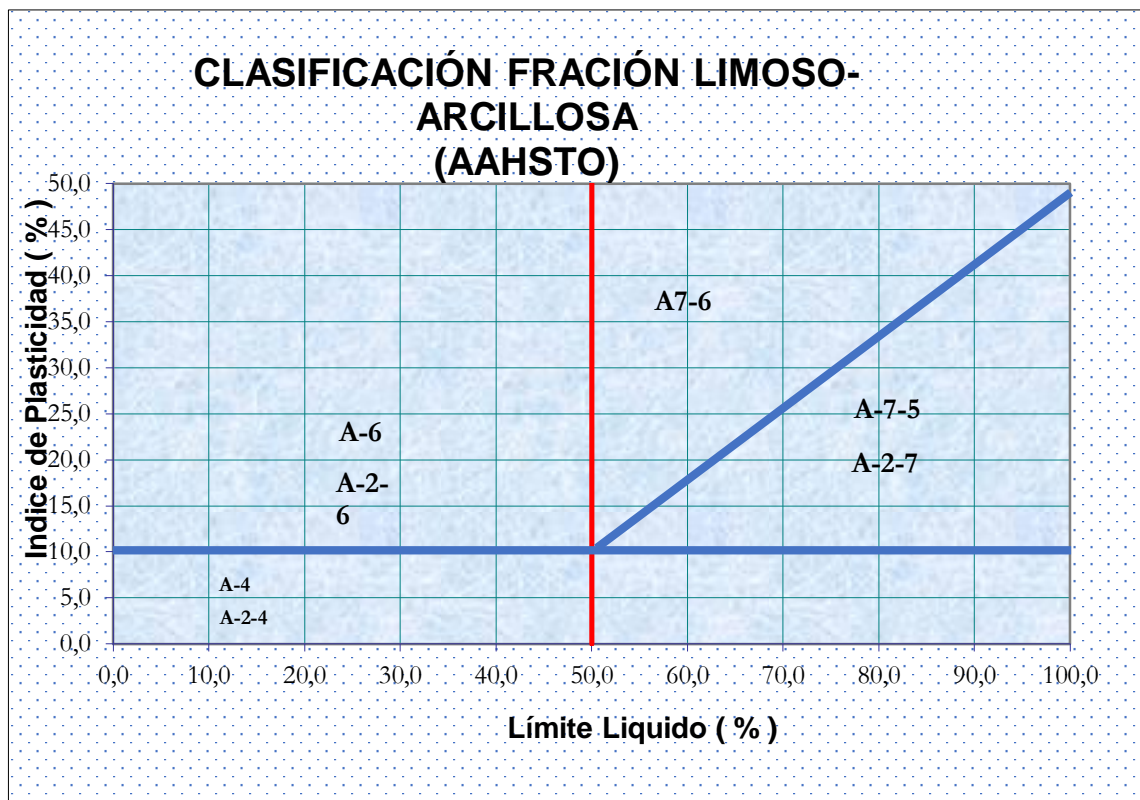
➤ **CALICATA N°03.**

De la figura N°12, podemos identificar que la calicata C-3, a una H=1.50m, se ubica en la zona del grupo: A-4 y A-2-4, por el % pasante por la malla N°200, pudimos identificar en el grupo A-4

por consiguiente, se halló el índice de Grupo, la cual su clasificación AASTHO es A-2-4(0).

Tipo de Material: Grava y arenas limosas y arcillosas.

Terreno de fundación: excelente a bueno.



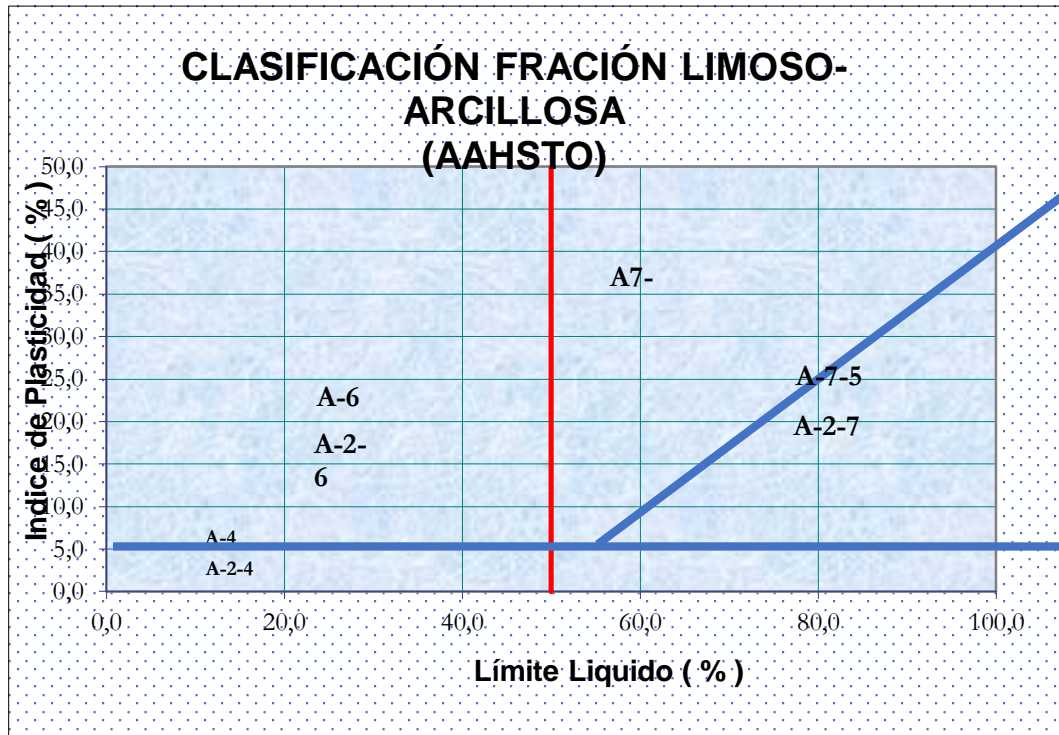
**Figura 14: Clasificación de Suelos (AASHTO) – Calicata C-3, a una H=1.50m.**

➤ **CALICATA N°04.**

De la figura N°13, podemos identificar que la calicata C-4, a una H=1.50m, se ubica en la zona del grupo: A-4 y A-2-4, por el % pasante por la malla N°200, pudimos identificar en el grupo A-4 por consiguiente, se halló el índice de Grupo, la cual su clasificación AASTHO es A-2-4(0).

Tipo de Material: Grava y arenas limosas y arcillosas.

Terreno de fundación: excelente a bueno.



**Figura 15: Clasificación de Suelos (AASHTO) – Calicata C-4, a una H=1.50m.**

### **MTC E 115, COMPACTACIÓN DE SUELOS UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO).**

- Las muestras requeridas para el método A y B es aproximadamente de 23 kg y para el método C, es utilizado 45 kg de suelo seco.
- Se determinará el porcentaje de material retenido en la malla N°4, N°3/8" o 3/4" para escoger el método que vamos a realizar.
- Según la tabla N°21 podemos observar los parámetros por cada método.



**Tabla 24: Métodos de Uso Para el Ensayo Proctor Modificado.**

DESCRIPCIÓN	MÉTODO "A"	MÉTODO "B"	MÉTODO "C"
Tamiz 3/4"	-	-	<30
% Retenido Acumulado	Tamiz 3/8"	-	≤ 20
	Tamiz N°4.	≤ 20	>20
Molde.	4"	4"	6"
Material.	N°4"	3/8"	3/4"
Material.	5	5	5
N° de capas.	25	25	56
N° de golpes por capa.	10lb	10 lb	10lb
Altura de caída en pulg.	18"	18"	18"

Nota: según el manual de Ensayo de Materiales. Fuente: MTC 2016 (MTC E 115).

- El método a utilizar es el "B", ya que el % retenido acumulado es menor igual 20% en el tamiz N°3/8".
- Se procederá el pesado de la muestra sin previo secado, por lo cual a través del del tamiz N°3/8". Se determinará el contenido de agua del suelo procesado.
- Se utilizará 5 especímenes preferiblemente con contenido de agua de modo que estos tengan un contenido de agua más cercano al óptimo estimado con variaciones del 2%.
- Se usará aproximadamente 2.3 kg, del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado.
- Determinar y anotar el molde y el plato de la base.
- Ensamblamos y aseguramos el molde y el collar al plato e la base.
- Colocamos el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme.
- Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en un estado suelto o esponjosos.
- Compactar cada capa con 25, para cada molde de 4 pulgadas.

- Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde.
- Enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla.
- Determinar y registrar la masa del espécimen y molde.
- Por consiguiente, calcular el peso unitario seco y el contenido de agua para cada espécimen compactado.
- Graficamos la curva de compactación con una curva, a través de los puntos de los pesos unitarios y el % de contenido de humedad.
- Finalmente teniendo la curva de compactación, determinamos el óptimo contenido de agua y peso unitario seco máximo.



**Fotografía 12: Compactación del espécimen con el pistón y el Molde.**

### **RESULTADOS DE PRUEBA DE COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO) PARA SUELO NATURAL.**

Se determino el método por el cual se realizará el ensayo de Proctor modificado, la cual con la ayuda de la tabla N°21, y con las muestras de suelo que se obtuvieron mediante las excavaciones de las calicatas, se determinó según el manual de ensayo de materiales MTC115, por el método “B”, ya que él % retenido acumulado es menor igual 20% en el tamiz N°3/8”.

Por consiguiente, la tabla N°22 viene por los resultados que se obtuvieron del Ensayo realizado en laboratorio, para las muestras obtenidas de las 4 calicatas.

Los certificados de los ensayos de laboratorio para el ensayo de Proctor modificado para suelo natural se adjuntarán en el ANEXO N° 02.

**Tabla 25: resultados de ensayo Proctor Modificado.**

<b>PROCTOR MODIFICADO (SUELO NATURAL)</b>		
<b>Calicata</b>	<b>Máxima Densidad Seca(gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Óptimo Contenido de Humedad (%).</b>
C-1	2,257.50	5.70%
C-2	2,686.20	4.62%
C-3	3,453.00	5.15%
C-4	3,515.00	4.93%

NOTA: Los datos fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio, norma MTC E 115,  
Fuente: (Elaboración Propia).

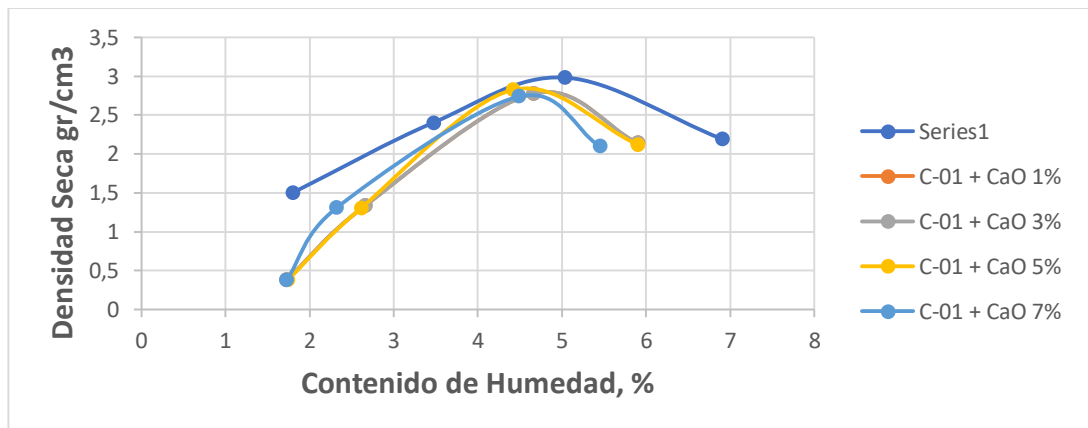
### **RESULTADOS DE PRUEBA DE COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO), PARA SUELO ESTABILIZADO CON ÓXIDO DE CALCIO.**

Para realizar este procedimiento se adiciono los diferentes porcentajes de óxido de calcio respecto al peso de las muestras de las diferentes calicatas. Las tablas 26,27,28 y 29, vienen representada por resultados que se obtuvieron del ensayo Proctor Modificado, adicionando el óxido de calcio al (1%,3%,5% y 7%), los certificados del ensayo de laboratorio se adjuntaran en el ANEXO N°03.

**Tabla 26: Resultados de Ensayo Proctor Modificado-Suelo Estabilizado de la C-1.**

PROCTOR MODIFICADO (SUELO-CAL)			
calicata	Adición % cal respecto al peso de muestra	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ).	Optimo Contenido de Humedad (%)
C-1	1%	2,645.0	4.89%
	3%	2,536.0	4.84%
	5%	2,531.0	4.80%
	7%	2,528.0	4.75%

Nota: los datos que se obtuvieron fueron obtenidos mediante ensayo de laboratorio. Norma ASTM D-1557, para determinar las propiedades mecánicas de la calicata n° 01. (Fuente: Elaboración Propia).

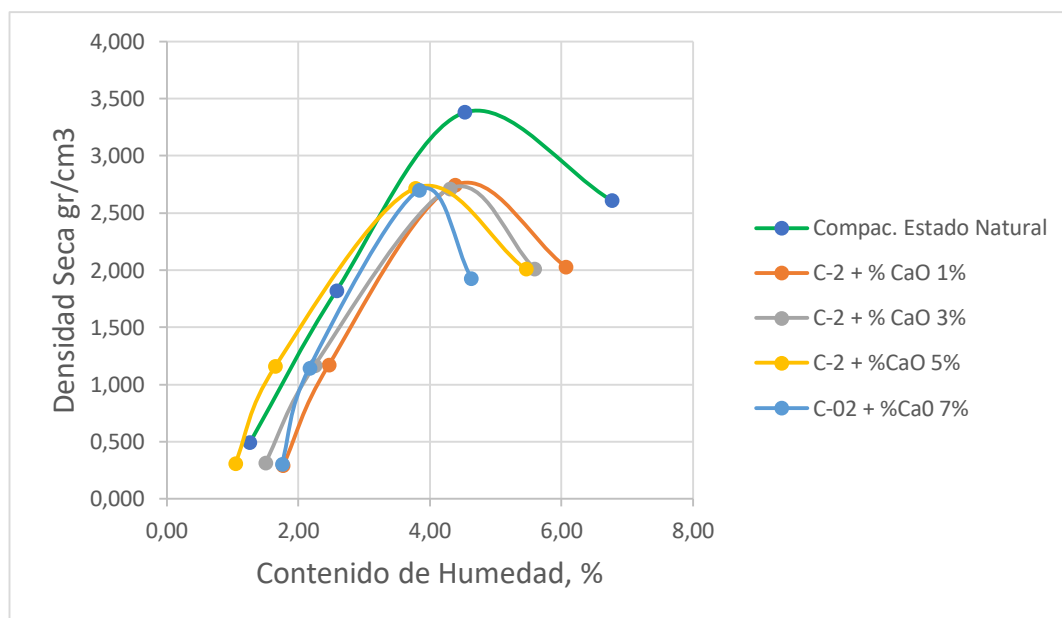


**Figura 16: PROCTOR MODIFICADO (SUELO CAL) C-01 TRAMO 0500.00 KM.**

**Tabla 27: Resultados de Ensayo Proctor Modificado-Suelo Estabilizado de la C-2.**

PROCTOR MODIFICADO (SUELO-CAL)			
calicata	Adición % cal respecto al peso de muestra	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ).	Optimo Contenido de Humedad (%)
C-2	1%	2,756.3	4.40%
	3%	2,705.0	4.35%
	5%	2,675.0	4.13%
	7%	2,578.0	3.97%

Nota: los datos que se obtuvieron fueron obtenidos mediante ensayo de laboratorio. Norma ASTM D-1557, para determinar las propiedades mecánicas de la calicata n° 02. (Fuente: Elaboración Propia).

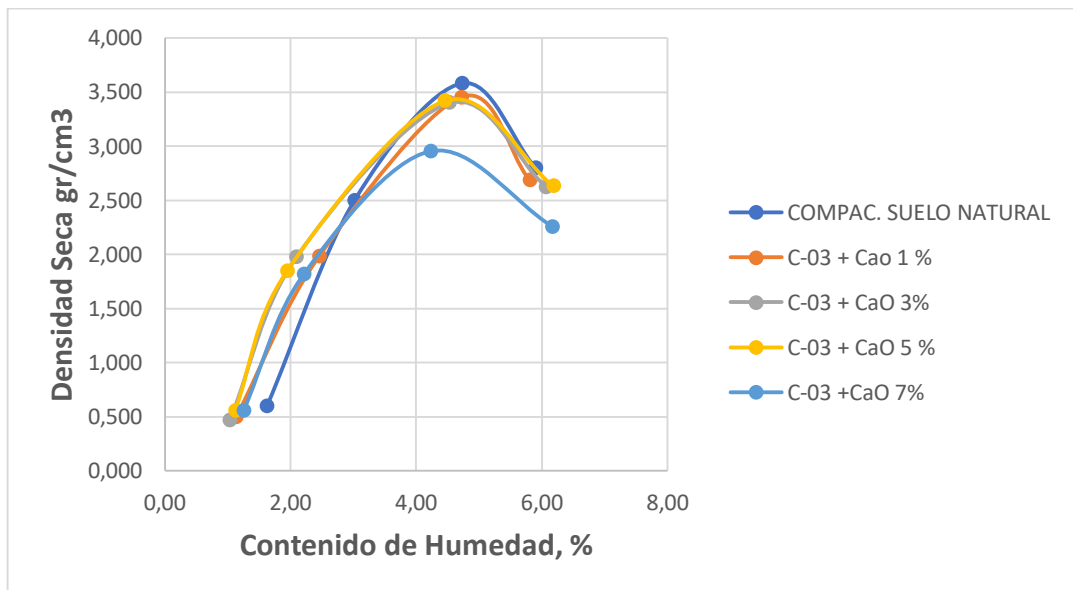


**Figura 17: PROCTOR MODIFICADO (SUELO CAL) C-02 TRAMO 1+100.00 KM**

**Tabla 28: Resultados de Ensayo Proctor Modificado-Suelo Estabilizado de la C-3.**

PROCTOR MODIFICADO (SUELO-CAL)			
calicata	Adición % cal respecto al peso de muestra	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ).	Optimo Contenido de Humedad (%)
C-3	1%	3,480	4.92%
	3%	3,420	4.86%
	5%	3,395	4.76%
	7%	3,280	4.69%

Nota: los datos que se obtuvieron fueron obtenidos mediante ensayo de laboratorio. Norma ASTM D-1557, para determinar las propiedades mecánicas de la calicata n° 02. (Fuente: Elaboración Propia).

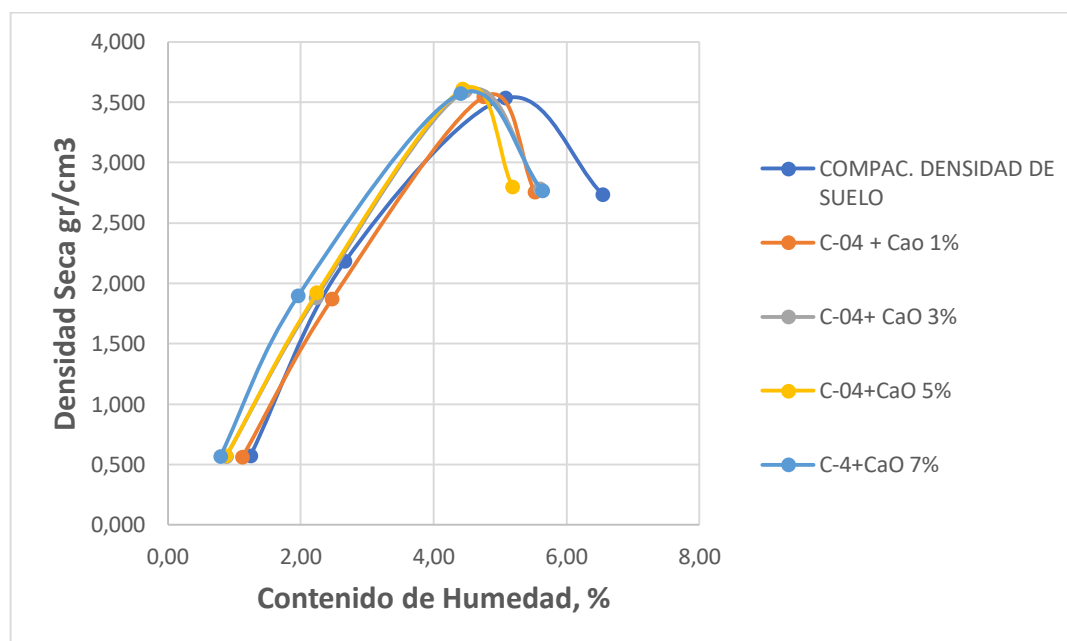


**Figura 18: PROCTOR MODIFICADO (SUELO CAL) C-03 TRAMO 2+050.00 KM.**

**Tabla 29: Resultados de Ensayo Proctor Modificado-Suelo Estabilizado de la C-4.**

PROCTOR MODIFICADO (SUELO-CAL)			
calicata	Adición % cal respecto al peso de muestra	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ).	Optimo Contenido de Humedad (%)
C-4	1%	3,530	4.90%
	3%	3,580	4.86%
	5%	3,510	4.75%
	7%	3,520	4.62%

Nota: los datos que se obtuvieron fueron obtenidos mediante ensayo de laboratorio. Norma ASTM D-1557, para determinar las propiedades mecánicas de la calicata n° 02. (Fuente: Elaboración Propia).



**figura 21: PROCTOR MODIFICADO (SUELO CAL) C-04 TRAMO 2+650.00 KM.**

## **MTC E 132. ENSAYO DE CBR.**

- Se mantiene las muestras en temperatura ambiente para el secado.
- Con un mazo de goma se tritura los terrones de material de la muestra.
- Se utiliza para el ensayo del material la fracción de la muestra retenida en tamiz 3/4", ya que el mas de 75% en peso de la muestra pasa por este tamiz.
- Por consiguiente, de la muestra ya preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5kg por cada molde CBR.
- Se compacta en 5 capas con 12,26 y 56 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestren la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.
- Terminada la compactación, se quita el collarín y se engrasa el espécimen por medio de un cuchillo de hoja resistente y bien recta.
- Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base.
- Se pesa el mole con la muestra, se determina la densidad y la humedad de la muestra.
- Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y sobre esta los anillos necesarios para completar una sobrecarga mínima será de 10 lb.
- Colocado y el vástago con las pesas, se colocará el molde dentro de un tanque lleno de agua.
- Se coloca el trípode con un extensómetro y se toma lectura inicial y se tomara cada 24 horas.
- Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días), con el nivel de agua aproximadamente constante.
- En la etapa de penetración se aplica una sobrecarga que sea, suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del



pavimento (con  $\pm 2.27$  kg de aproximación), pero menor de 4.54 kg(10lb).

- Se monta el dial medidor de manera que se puede medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 5 kg, para que el pistón asiente.

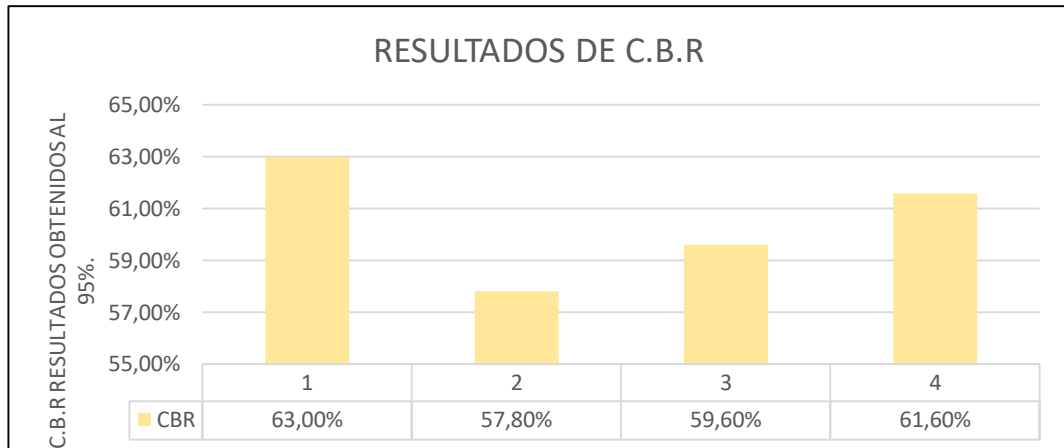


**Fotografía 13: Saturación y aplicación de carga a las muestras**

### **RESULTADOS PARA ENSAYO C.B.R. PARA SUELO NATURAL.**

La realización de esta prueba fue para determinar si el material cumple con los parámetros, la cual, mediante los ensayos realizados, nos ayudara para ver si sus propiedades mecánicas del suelo cumplen para ser usados como capa subrasante, la cual nos refiere el manual de carreteras.

Se puede apreciar en la figura N°14, los resultados que se obtuvieron de la Prueba de C.B.R, de las muestras representativas de las 4 calicatas, las cuales fueron analizadas, por lo tanto, se puede observar que la calicata C-2, tiene un valor de C.B.R de 57.8 % al 95%, siendo el valor menor a comparación de las demás calicatas.



**figura 19: Resultados Prueba C.B.R.- Suelo Natural.**

**RESULTADOS DE ENSAYO DE C.B.R PAR SUELO ESTABILIZADO CON ÓXIDO DE CALCIO.**

Se realizo el mismo procedimiento de la prueba de CBR para suelo natural, la cual se fue adicionando los porcentajes de óxido de calcio en los porcentajes de 1%,3%,5% y 7%, respecto al peso de la muestra.

Finalmente, con el fin de determinar el porcentaje óptimo de óxido de calcio, que se requiere para aumentar la resistencia del suelo y llegue a cumplir los parámetros establecido por el Manual de Carreteras “suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos”.

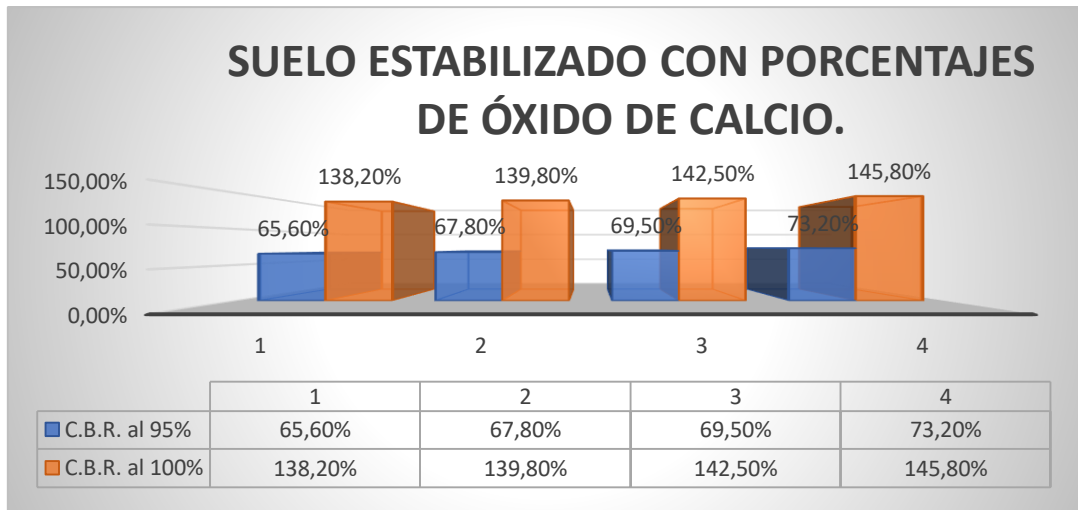


**Fotografía 14: Porcentajes de óxido de Calcio respecto al peso de las muestras y mezclado.**



**Fotografía 15: Suelos estabilizado con óxido de calcio, sometido al ensayo de Valor Soporte California.**

✓ **CALICATA C-1.**

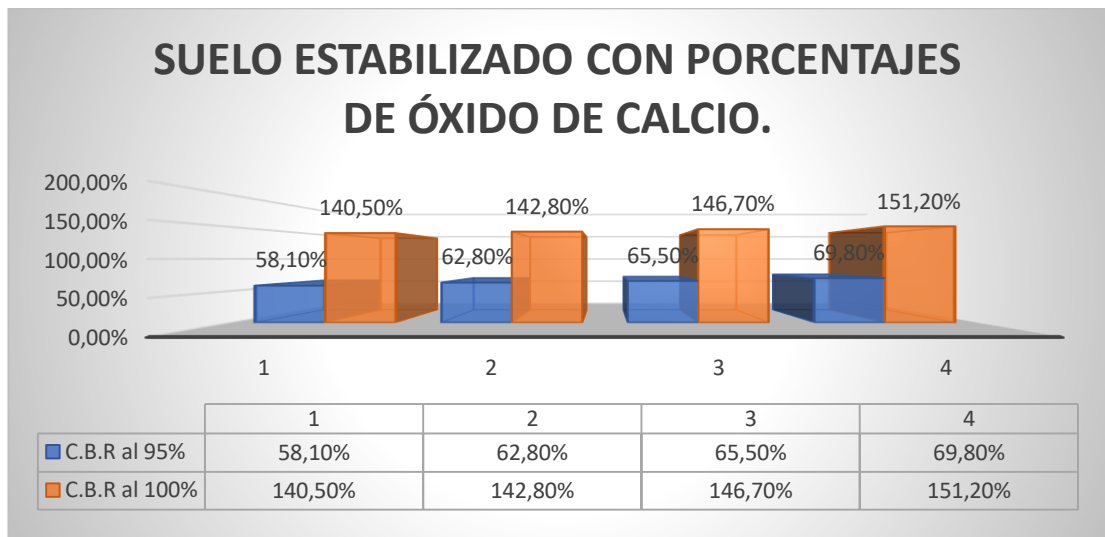


**Figura 20: Resultado de Prueba C.B.R-Suelo Estabilizado (Óxido de Calcio) C-1.**

Calicata	Calicata	Calicata	Calicata
N°1+1% CAL	N°1+3%CAL	N°1+5%CAL	N°1+7%CAL

Nota: Se puede observar que los resultados de C.B.R, al adicionar el estabilizador químico de óxido de calcio mejora sucesivamente su resistencia al esfuerzo cortante de la calicata n°01.

✓ **CALICATA C-2.**

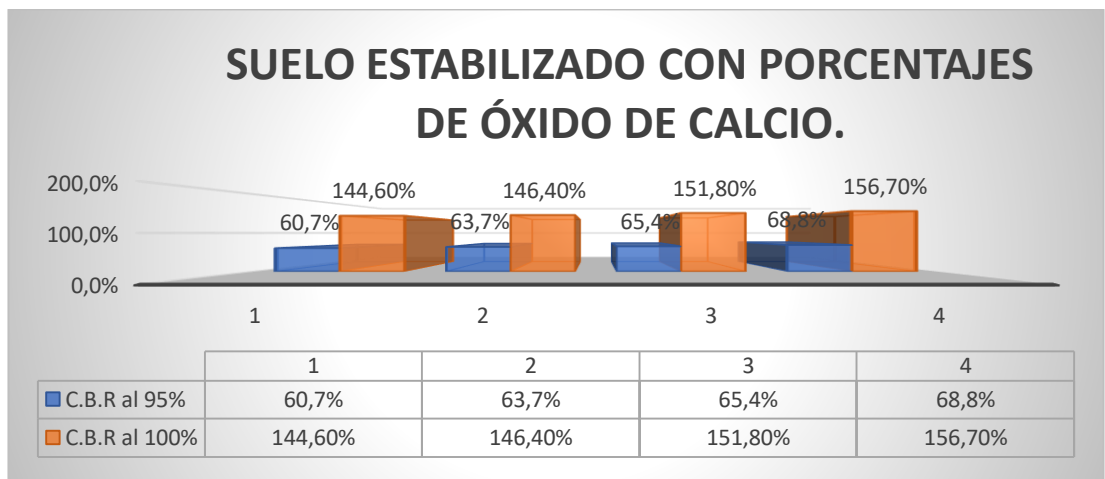


**Figura 21:Resultado de Prueba C.B.R-Suelo Estabilizado (Óxido de Calcio) C-2.**

Calicata N°2+1% CAL      Calicata N°2+3%CAL      Calicata N°2+5%CAL      Calicata N°2+7%CAL

Nota: Se puede observar que, en los diagramas de barras la resistencia al esfuerzo cortante mejora sucesivamente al adicionar los diversos porcentajes de CaO, de la calicata n°02.

✓ **CALICATA C-3.**

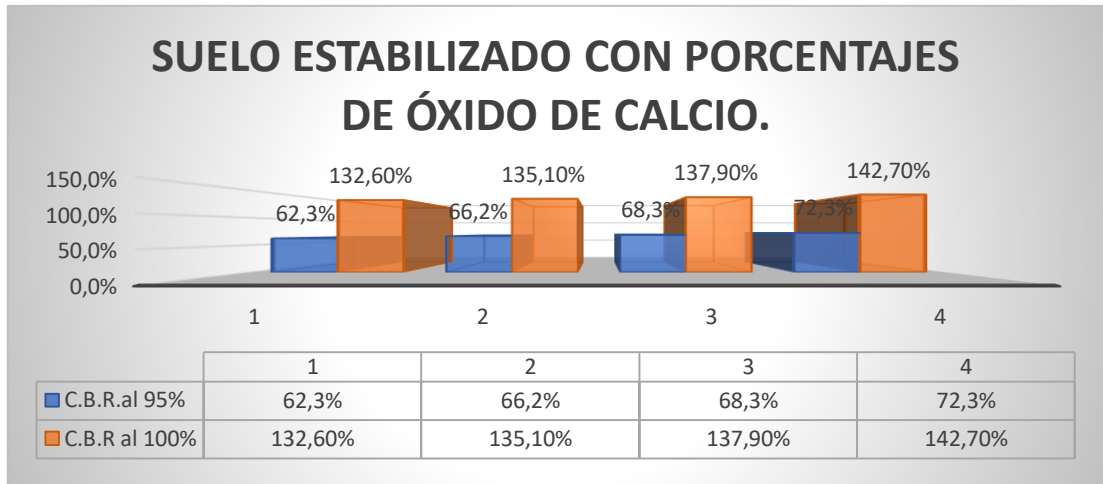


**Figura 22:Resultado de Prueba C.B.R-Suelo Estabilizado (Óxido de Calcio) C-3**

Calicata N°3+1% CAL      Calicata N°3+3%CAL      Calicata N°3+5%CAL      Calicata N°3+7%CAL

Nota: podemos observar que la resistencia al esfuerzo cortante mejora correlativamente al adicionar los diversos porcentajes de CaO, de la calicata n°03.

✓ **CALICATA C-4.**



**Figura 23:Resultado de Prueba C.B.R-Suelo Estabilizado (Óxido de Calcio C-4.**

Calicata	Calicata	Calicata	Calicata
N°4+1% CAL	N°4+3%CAL	N°4+5%CAL	N°4+7%CAL

*Nota: se determinó en la figura, que al adicionar diversos % de Cao, mejora sus propiedades físicas y mecánicas de la calicata n°04 .Los ensayos de laboratorio de CBR para suelo estabilizado con óxido de calcio se adjuntan en el ANEXO N° 03.*

**RESUMEN FINAL DE LIMITE DE ATTERBERG PARA SUELO ESTABILIZADO.**

Se procedió nuevamente a realizar las pruebas para determinar el cambio en la plasticidad del suelo al añadirle los porcentajes de óxido de calcio al (1%, 3%,5% y 7%) respecto al peso del suelo, para compararla con la plasticidad del suelo en estado natural. Los resultados que se obtuvieron se evidencian en la tabla

**Tabla 30:Limites de Atterberg adicionando Porcentajes de Óxido de Calcio, Calicata N°01.**

LIMITE DE ATTERBERG (SUELO-CAL) CALICATA N°01 ADICIONANDO EL CaO				
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-1	1%	17.28%	8.49%	8.79%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)

C-1	3%	20.63%	8.88%	11.75%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-1	5%	20.96%	9.02%	11.94%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-1	7%	21.39%	9.24%	12.15%

NOTA: Según el cuadro se puede observar que al adicionar los diversos % de CaO, aumenta su índice de plasticidad, es decir suelo arcilloso.

**Tabla 31: Límites de Atterberg adicionando Porcentajes de Óxido de Calcio, Calicata N°02.**

LIMITE DE ATTERBERG (SUELO-CAL) CALICATA N°02 ADICIONANDO EL CaO				
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-2	1%	29.72%	18.74%	10.98%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-2	3%	29.23%	19.22%	10.01%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-2	5%	37.58%	20.43%	17.15%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-2	7%	43.26%	22.73%	20.53%

NOTA: Según el cuadro se puede observar que al adicionar los diversos % de CaO, su índice de plasticidad es alto, es decir un estado semisólido.

**Tabla 32: Límites de Atterberg adicionando Porcentajes de Óxido de Calcio, Calicata N°03.**

LIMITE DE ATTERBERG (SUELO-CAL) CALICATA N°03 ADICIONANDO EL CaO				
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-3	1%	24.09%	12.24%	11.85%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-3	3%	24.61%	14.07%	10.54%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-3	5%	28.12%	16.66%	11.46%

CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-3	7%	33.60%	18.53%	15.07%

NOTA: Según el cuadro se puede observar que al adicionar % de Cao. Presenta un tipo de suelo semisólido, es decir con presencia de arcilla baja.

**Tabla 33: Límites de Atterberg adicionando Porcentajes de Óxido de**

LIMITE DE ATTERBERG (SUELO-CAL) CALICATA N°04 ADICIONANDO EL Cao				
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-4	1%	29.03%	19.69%	9.34%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-4	3%	27.75%	24.73%	3.02%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-4	5%	28.97%	25.60%	3.37%
CALICATA	Adición % Cal en Peso.	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-4	7%	29.39%	26.95%	2.44%

**Calcio, Calicata N°04.**

NOTA: Según el cuadro se puede observar que al adicionar % de Cao, presenta un índice de plasticidad bajo, es decir que su contenido de humedad del suelo es semisólido, por consiguiente, se denomina como como suelo grava arcillosa.

Los ensayos de laboratorio de CBR para suelo estabilizado con óxido de calcio se adjuntan en el ANEXO N° 03.

## RESUMEN FINAL DE ENSAYOS REALIZADOS A CADA MUESTRA.

Tabla 34: Resumen de Resultados de Ensayos de la Calicata N° 01.

<b>RESULTADO DE ENSAYOS DE LA CALICATA N°01 TRAMO 0+500.00</b>			
<b>ANÁLISIS GRANDULOMÉTRICO</b>			
GRAVA		39.80%	
ARENA		59.77%	
FINOS		0.43%	
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
Limite Líquido	Limite Plástico	Índice de Plásticidad	
15.45%	7.29%	8.16%	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SIST. SUCS GW-GC	SIST. AASHTO A-2-4(0)	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
Máxima Densidad Seca gr/cm <sup>3</sup>		2,257.50	
Óptimo Cotenido de Humedad (%)		5.70%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
	%CBR(95%)	%CBR(100%)	
Estado Natural	63.00%	136.00%	
<b>ADICIONANDO LOS DIVERSOS PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO</b>			
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
ADICIÓN % DE CaO	Limite Líquido	Limite Plástico	Índice de Plásticidad
1%	17.28%	8.49%	8.79%
3%	20.63%	8.88%	11.75%
5%	20.96%	9.02%	11.95%
7%	21.39%	9.24%	12.15%
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
ADICIÓN % DE CaO	Máxima Densidad Seca gr/cm <sup>3</sup>	Óptimo Cotenido de Humedad (%)	
1%	2,645.00	4.89%	
3%	2,762.00	4.84%	
5%	2,842.00	4.80%	
7%	2,958.00	4.75%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
Adicionando % de Óxido de Calcio.	%CBR(95%)	%CBR(100%)	
1%	65.60%	138.20%	
3%	67.80%	139.80%	
5%	69.50%	142.50%	
7%	73.20%	145.80%	

Nota: se puede apreciar detalladamente los resultados finales de la calicata n°01, efectuado en el laboratorio, corresponde al suelo en su estado natural y al estabilizar con los diversos porcentajes de óxido de calcio.

FUENTE: Elaboración Propia.



**Tabla 35:Resumen de Resultados de Ensayos de la Calicata N°02.**

<b>RESULTADO DE ENSAYOS DE LA CALICATA N°02 TRAMO 1+100.00</b>			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>			
GRAVA		68.74%	
ARENA		31.15%	
FINOS		0.40%	
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
Limite Líquido	Limite Plástico	Índice de Plásticidad	
25.15%	17.78%	7.37%	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SIST. SUCS GW-GC	SIST. AASHTO A-2-4(0)	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
Máxima Densidad Seca		2,686.20	
Óptimo Cotenido de Humedad		4.62%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
	%CBR(95%)	%CBR(100%)	
Estado Natural	57.80%	138.70%	
<b>ADICIONANDO LOS DIVERSOS PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO</b>			
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
ADICIÓN % DE CaO	Limite Líquido	Limite Plástico	Índice de Plásticidad
1%	29.23%	18.74%	10.49%
3%	29.72%	19.22%	10.50%
5%	37.58%	20.43%	17.15%
7%	43.26%	22.73%	20.53%
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
ADICIÓN % DE CaO	Máxima Densidad Seca	Óptimo Cotenido de Humedad	
1%	2,752.30	4.40%	
3%	2,788.00	4.35%	
5%	2,825.00	4.13%	
7%	2,987.00	3.97%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
Adicionando % de Óxido de Calcio.	%CBR(95%)	%CBR(100%)	
1%	58.10%	140.50%	
3%	62.80%	142.80%	
5%	65.50%	146.70%	
7%	69.80%	151.20%	

Nota: se puede apreciar detalladamente los resultados finales de la calicata n°02, efectuado en el laboratorio, corresponde al suelo en su estado natural y al estabilizar con los diversos porcentajes de óxido de calcio.

FUENTE: Elaboración Propia.

**Tabla 36: Resumen de Resultados de Ensayos de la Calicata N° 03.**

<b>RESULTADO DE ENSAYOS DE LA CALICATA N°03 TRAMO 2+050.00</b>			
<b>ANALISIS GRANDULOMETRICO</b>			
GRAVA		28.27%	
ARENA		71.50%	
FINOS		0.13%	
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
Limite Liquido	Limite Plástico	Indice de Plásticidad	
20.42%	12.04%	8.38%	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SIST. SUCS GW-GC	SIST. AASHTO A-2-4(0)	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
Máxima Densidad Seca		3.453	
Optimo Cotenido de Humedad		5.15%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
		%CBR(95%)	%CBR(100%)
Estado Natural		59.60%	142.30%
<b>ADICIONANDO LOS DIVERSOS PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO</b>			
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
ADICIÓN % DE CaO	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice de Plásticidad
1%	24.09%	12.24%	11.85%
3%	24.61%	14.07%	10.54%
5%	28.12%	16.66%	11.46%
7%	33.60%	18.53%	15.07%
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
ADICIÓN % DE CaO	Máxima Densidad Seca	Optimo Cotenido de Humedad	
1%	3,488.00	4.92%	
3%	3,543.00	4.86%	
5%	3,746.00	4.76%	
7%	3,980.00	4.69%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
Adicionando % de Óxido de Calcio.	%CBR(95%)	%CBR(100%)	
1%	60.70%	144.60%	
3%	63.70%	146.40%	
5%	65.40%	151.80%	
7%	68.80%	156.70%	

Nota: se puede apreciar detalladamente los resultados finales de la calicata n°03, efectuado en el laboratorio, corresponde al suelo en su estado natural y al estabilizar con los diversos porcentajes de óxido de calcio.

FUENTE: Elaboración Propia.

**Tabla 37: Resumen de Resultados de Ensayos de la Calicata N° 04.**

<b>RESULTADO DE ENSAYOS DE LA CALICATA N°04 TRAMO 2+650.00</b>			
<b>ANALISIS GRANDULOMETRICO</b>			
GRAVA		68.51%	
ARENA		31.36%	
FINOS		0.13%	
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
Limite Liquido	Limite Plástico	Indice de Plásticidad	
26.95%	19.22%	7.73%	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SIST. SUCS GW-GC	SIST. AASHTO A-2-4(0)	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
Máxima Densidad Seca		3.515	
Optimo Cotenido de Humedad		4.93%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
	%CBR(95%)	%CBR(100%)	
Estado Natural	61.65%	132.40%	
<b>ADICIONANDO LOS DIVERSOS PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO</b>			
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
ADICIÓN % DE CaO	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice de Plásticidad
1%	29.03%	19.69%	9.34%
3%	27.75%	24.73%	10.54%
5%	28.12%	16.66%	3.02%
7%	28.97%	25.60%	3.37%
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
ADICIÓN % DE CaO	Máxima Densidad Seca	Optimo Cotenido de Humedad	
1%	3,548.00	4.90%	
3%	3,745.50	4.86%	
5%	3,878.00	4.75%	
7%	3,972.00	4.62%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
Adicionando % de Óxido de Calcio.	%CBR(95%)	%CBR(100%)	
1%	62.30%	132.60%	
3%	66.20%	135.10%	
5%	68.30%	137.90%	
7%	72.30%	142.70%	

Nota: se puede apreciar detalladamente los resultados finales de la calicata n°04, efectuado en el laboratorio, corresponde al suelo en su estado natural y al estabilizar con los diversos porcentajes de óxido de calcio.

FUENTE: Elaboración Propia.

**TEST DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DEL CBR MEDIANTE  
KOLMOGOROV SMIRNOV**

**Tabla 38: Prueba de Normalidad.**

Estadístico de prueba		Estado Natural del CBR	CBR adicionando CaO al 1%	CBR adicionando CaO al 3%	CBR adicionando CaO al 5%	CBR adicionando CaO al 7%
N		4	4	4	4	4
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	60.2625	61.6750	65.1250	67.1750	71.0250
	Desv. Desviación	1.95336	3.13728	2.29111	2.05163	2.06620
Máximas diferencias extremas	Absoluto	0.261	0.171	0.233	0.293	0.231
	Positivo	0.187	0.171	0.233	0.293	0.223
	Negativo	-0.261	-0.145	-0.181	-0.208	-0.231
Estadístico de prueba		0.261	0.171	0.233	0.293	0.231
Sig. asintótica(bilateral)		.c,d	.c,d	.c,d	.c,d	.c,d
a. La distribución de prueba es normal.						
b. Se calcula a partir de datos.						
c. Corrección de significación de Lilliefors.						
d. La significación no se puede calcular porque la suma de las ponderaciones de casos es menor que 5.						

*Fuente: Datos procesados en el software estadístico SPSSV.25, elaboración propia.*

De la tabla n°48 podemos verificar que los datos realizados del CBR, tanto en su estado natural como en su estado mejorado poseen una distribución normal, puesto que la significancia asintótica o (p-valor) obtenido fue de la 0.00, que contrastando con un nivel de significancia menor de 0.05(5%).

Por lo tanto, es conveniente la aplicación de la prueba estadística paramétrica para el análisis de los datos T de Student para muestras relacionadas, dentro de este marco es el procedimiento estadístico apropiado.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Con la recolección de información antes y después de la aplicación del óxido de calcio para evaluar la mejora de la capacidad de soporte de la subrasante de la carretera, se plantea estudiar si la aplicación del óxido de calcio mejora la capacidad de soporte de la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba.

Hipótesis estadísticas para contrastar.

**H<sub>0</sub>:** La adición de los diversos porcentajes de óxido de calcio no mejora la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba.

**H<sub>1</sub>:** La adición de los diversos porcentajes de óxido de calcio mejora la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba.

Para la contrastación de la hipótesis, se considera un nivel de significancia del 5%, considerando los resultados recopilados poseen una distribución normal (ver tabla 38), de tal manera se empleará el t de Student para una muestra como procedimiento estadístico de contrastación de hipótesis.

**Tabla 39: Prueba de Hipótesis con t de Student para muestras relacionadas.**

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
CBR adicionando CaO al 1% - Estado Natural del CBR	1.41250	1.49464	0.74732	-0.96581	3.79081	1.890	3	0.155
CBR adicionando CaO al 3% - Estado Natural del CBR	4.86250	0.72500	0.36250	3.70886	6.01614	13.414	3	0.001
CBR adicionando CaO al 5% - Estado Natural del CBR	6.91250	0.87023	0.43511	5.52778	8.29722	15.887	3	0.001
CBR adicionando CaO al 7% - Estado Natural del CBR	10.76250	1.17995	0.58998	8.88493	12.64007	18.242	3	0.000

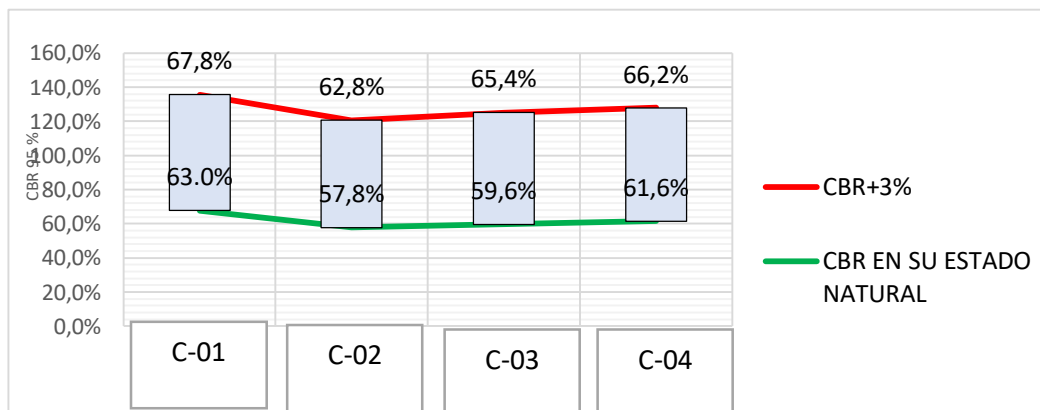
*Fuente: Datos procesados en el software estadístico SPSSV.25, elaboración propia.*

Se determinó que con una probabilidad de 0.001%, se acepta la hipótesis alterna que indica que la aplicación del óxido de calcio,

mejora la capacidad de soporte de la subrasante de la carretera Huánuco-Marabamba.

Por lo tanto, analizando los cuadros estadísticos (ver tabla 39), podemos deducir que al aplicar el 3% de óxido de calcio se incrementó significativamente la capacidad de soporte final con la capacidad de soporte inicial, asimismo al adicionar el 5% y 7% tiene una mejora considerablemente con respecto a su CBR inicial.

por consiguiente, en los ensayo realizados de CBR (relación de soporte de california), según la norma del MTC E 108, se pudo comprobar que el suelo al adicionar el 3% de óxido de calcio (ver la figura 31), a las diversas calicatas estudiadas, mejoró relativamente su resistencia inicial, por lo tanto tiene la finalidad de proteger la expansión de la subrasante, la cual se encuentra en los parámetros establecidos que son 2% a 4% para suelos con gravas y arcillas con baja plasticidad del Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.



*Nota: Según los diagramas se pudo observar que el ensayo realizado, se tuvo éxito al encontrar su resistencia óptima al adicionar el 3% de Cao, a las diferentes calicatas estudiadas.*

**Figura 24: CBR suelo en su estado Natural y estabilizado con el 3% de CaO a las Calicatas Estudiadas.**

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Con respecto al objetivo Principal.

Mejorar la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco Marabamba, mediante la adición diversos porcentajes de óxido de calcio.

Se ha determinado que, con un error de probabilidad del 0.001% y considerando el nivel de significancia de 5%, la aplicación del óxido de calcio ha mejorado la capacidad de soporte de la subrasante de la carretera Huánuco Marabamba. La cual al analizar los cuadros estadísticos (ver tabla 39), la relación de soporte CBR con los diversos porcentajes, se estableció que al incrementar el 3% de óxido de calcio respecto al peso de suelo natural aumenta su resistencia óptima, es por esta razón que, teniendo un CBR en la calicata N° 01 del suelo natural es igual a 63.00% y luego del mejoramiento obtuvo un CBR igual a 67.8%, al mismo tiempo en la calicata N° 02 se obtuvo un CBR de 57.8%, la cual al estabilizar se obtuvo un CBR de 62.8%, asimismo en la calicata N° 03 se obtuvo un CBR de 59.6%, la cual al estabilizar se obtuvo un CBR de 65.4% y por último en la calicata N° 04 se obtuvo un CBR de 61.6%, la cual al estabilizar se obtuvo un CBR de 66.2%, todo esto al 95% de su resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

se comprobó que la adición del porcentaje de óxido de calcio ha mejorado la subrasante de la carretera Huánuco-Marabamba (ver la figura 23,24,25 y 26), por consiguiente, cumple con los requerimientos establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC que este valor se encuentra en los parámetros establecidos, dándole una clasificación de Buena.

En un estudio similar, Cuadros Surichaqui (2017) con el objetivo de mejorar la subrasante de los suelos de arcillosos, utilizando el óxido de calcio como un estabilizante, para que sean empleados en las construcciones de carreteras de bajo transitabilidad, se aplicó los diversos porcentajes de

óxido de calcio, para así determinar el mejoramiento de sus propiedades físicas y mecánicas, dándole una resistencia respecto al suelo natural, encontró que el porcentaje óptimo de óxido de calcio fue al 3%, teniendo un CBR del suelo natural igual a 4.85% y luego del mejoramiento obtuvo un CBR igual a 15.71%.

La diferencia de los resultados entre Cuadros Surichaqui(2017), y los datos estudiados en la presente investigación fueron que sus resultados obtenidos en su investigación se basa a suelos arcillosos, la cual llevo a tener un valor de C.B.R más crítico de 4.85%,es por ello que al aplicar los diversos porcentajes de óxido de calcio, se determinó que al aplicar el 3% respecto a su peso de la muestra, incremento un 15.71%, la cual su clasificación está en un estado regular, y los realizados en este investigación fue el aumento del CBR en un 2.5% respecto al suelo patrón, dado que son suelos granulares arcillosos.

Con respecto a Cabana (2017), que en las muestras estudiadas se aprecia el cambio de propiedades mecánicas como el incremento de su resistencia respecto al suelo natural, la cual la relación de soporte CBR para el caso de arena arcillosa en un inicio presento un valor del 3.5% y este incremento hasta un 12% la cual se aplicó un 4% de óxido de calcio respecto al peso de la muestra.

La diferencia entre esta investigación fue que sus estudios fueron realizados en suelos arena arcillosa, la cual no tiene concordancia porque los ensayos realizados en esta investigación dieron como resultados grava arcillosa con finos de baja plasticidad.

Con respecto al objetivo Especifico 1.

Se pudo determinar las propiedades físicas, mediante los ensayos de Limite de Atterberg, la cual, al aplicar los diversos porcentajes de óxido de calcio a las calicatas estudiadas, aumenta su límite líquido y plástico, dando, así como resultado un aumento progresivamente en su índice de plasticidad inicial. Por consiguiente, se pudo establecer las propiedades mecánicas mediante el ensayo de Proctor modificado, por consiguiente,



existe un incremento en su densidad máxima seca inicial aumentando progresivamente con diversos porcentajes de óxido de calcio, en tal sentido su contenido de humedad disminuye sucesivamente, la cual ayuda a tener un suelo más resistente y compacto.

A continuación, se presenta en la Tabla 40,41,42 y 43 los resultados de evaluación del suelo de las diferentes calicatas analizadas en su estado natural y la aplicación de los diversos porcentajes de óxido de calcio.

**Tabla 40:Ensayo Proctor Modificado-Suelo Natural VS Suelo Estabilizado. C-1.**

Ensayo Proctor Modificado -Suelo Natural vs suelo estabilizado Tramo 0+0500.00 Calicata C-01.			
Calicata	Adición de % CaO	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de Humedad (%)
<b>C-1</b>	Suelo Natural	2,257.50 gr/cm <sup>3</sup>	5.70%
	1%	2,645.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.89%
	3%	2,762.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.84%
	5%	2,842.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.80%
	7%	2,958.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.75%

Nota: Según la tabla se pudo comprobar con éxito los resultados obtenidos al estabilizar con los diversos porcentajes de Oxido de Calcio mejoran significativamente las propiedades físicas y mecánicas de la calicata N° 01. (Fuente: elaboración Propia).

**Tabla 41:Ensayo Proctor Modificado-Suelo Natural VS Suelo Estabilizado. C-2.**

Ensayo Proctor Modificado -Suelo Natural vs suelo estabilizado Tramo 1+100.00 Calicata C-02.			
Calicata	Adición de % CaO	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de Humedad (%)
<b>C-2</b>	Suelo Natural	2,686.20 gr/cm <sup>3</sup>	4.62%
	1%	2,756.30 gr/cm <sup>3</sup>	4.40%
	3%	2,788.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.35%
	5%	2,825.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.13%
	7%	2,987.00 gr/cm <sup>3</sup>	3.97%

Nota: Según la tabla se pudo comprobar con éxito los resultados obtenidos al estabilizar con los diversos porcentajes de Oxido de Calcio mejoran significativamente las propiedades físicas y mecánicas de la calicata N° 02. (Fuente: elaboración Propia).

**Tabla 42:Ensayo Proctor Modificado-Suelo Natural VS Suelo Estabilizado. C-3.**

Ensayo Proctor Modificado -Suelo Natural vs suelo estabilizado Tramo 2+050.00 Calicata C-03			
Calicata	Adición de % CaO	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de Humedad (%)
<b>C-3</b>	Suelo Natural	3,453.00 gr/cm <sup>3</sup>	5.15%
	1%	3,488.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.92%
	3%	3,543.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.86%
	5%	3,746.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.76%
	7%	3,980.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.69%

Nota: Según la tabla se pudo comprobar con éxito los resultados obtenidos al estabilizar con los diversos porcentajes de Oxido de Calcio mejoran significativamente las propiedades físicas y mecánicas de la calicata N° 03. (Fuente: elaboración Propia).

**Tabla 43:Ensayo Proctor Modificado-Suelo Natural VS Suelo Estabilizado. C-4.**

Ensayo Proctor Modificado -Suelo Natural vs suelo estabilizado Tramo 2+650.00 Calicata C-04.			
Calicata	Adición de % CaO	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de Humedad (%)
<b>C-4</b>	Suelo Natural	3,515.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.93%
	1%	3,548.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.90%
	3%	3,745.50 gr/cm <sup>3</sup>	4.86%
	5%	3,878.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.75%
	7%	3,972.00 gr/cm <sup>3</sup>	4.62%

Nota: Según la tabla se pudo comprobar con éxito los resultados obtenidos al estabilizar con los diversos porcentajes de Oxido de Calcio mejoran significativamente las propiedades físicas y mecánicas de la calicata N° 04. (Fuente: elaboración Propia).

En un estudio similar, Cuadros Surichaqui (2017), mediante la misma aplicación del ensayo de Proctor modificado, fue posible obtener una menor densidad seca máxima, puesto que la reducción de la máxima densidad seca es menor al suelo tratado que el suelo en su estado natural.

La diferencia entre esta investigación fue que, si existe una concordancia al aplicar los porcentajes de óxido de calcio, lo cual los datos obtenidos fueron analizados en todas las muestras de las distintas calicatas, y los resultados realizados por la investigadora solo fueron en el punto más crítico.

Con respecto al objetivo Especifico 2.

Se pudo determinar el porcentaje optimo del óxido de calcio para mejorar las propiedades de la subrasante en la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba, la cual de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se pudo obtener la dosificación optima de óxido de calcio que es el 3% de acuerdo al peso de la muestra, por consiguiente, la muestra obtiene una mejora en sus propiedades físicas y mecánicas dándole así una resistencia requerida.

Cuadros Surichaqui (2017), nos dice que, al adicionar los diversos porcentajes de óxido de calcio, llego a la conclusión que al aplicar el 3% respecto al peso de la muestra, se obtuvo una mejor densidad seca máxima, y una reducción en el porcentaje de contenido de humedad.

De acuerdo con los resultados encontrados en esta investigación, si existe una concordancia en la aplicación del 3% de óxido de calcio, por consiguiente, llega a tener una resistencia optima.

Cabana (2017), nos indica que al aplicar la combinación de suelo-cal se incrementó su resistencia respecto al suelo natural, la cual según su caso en arena arcillosa se aplicó el 4% de óxido de calcio respecto al peso de la muestra.

Llegamos a conclusión que a mayor porcentaje de óxido de calcio el suelo mejora considerablemente en su resistencia y en su estabilidad volumétrica.

Con respecto al objetivo Especifico 3.

Se pudo determinar la resistencia de la subrasante con los porcentajes de 1%,3%,5% y 7% mediante combinación de suelo y la estabilización química

con óxido de calcio, la cual al realizar el ensayo de CBR con la aplicación de los diversos porcentajes de óxido de calcio se pudo observar en la tabla 42,43,44 y 45, se llegó a una conclusión a mayor porcentaje de óxido de calcio aumenta su resistencia, la cual en la capa de rodadura en suelo granular va obtener una mejor estabilización, por consecuencia incrementara su estabilidad volumétrica.

**Tabla 44: Valor Relativo De Soporte (CBR) VS CBR con % de CaO C-1.**

Ensayo de Valor Relativo de Soporte (CBR)vs CBR con % de CaO TRAMO 0+500.00 CALICATA - 01.			
Calicata		CBR 0.1" (95% MDS)	CBR 0.1" (100% MDS)
	Suelo Natural	63.00%	136.00%
	1%	65.60%	138.20%
<b>C-1</b>	3%	67.80%	139.80%
	5%	69.50%	142.50%
	7%	73.20%	145.80%

Nota: conforme a la tabla se pudo comprobar una mejora progresivamente en la resistencia del suelo natural al estabilizar con los diversos porcentajes de óxido de calcio. (Fuente: Elaboración Propia).

**Tabla 45: Valor Relativo De Soporte (CBR) VS CBR con % de CaO C-2.**

Ensayo de Valor Relativo de Soporte (CBR)vs CBR con % de CaO TRAMO 1+100.00 CALICATA - 02			
Calicata		CBR 0.1" (95% MDS)	CBR 0.1" (100% MDS)
	Suelo Natural	57.80%	138.70%
	1%	58.10%	140.50%
C-2	3%	62.80%	142.80%
	5%	65.50%	146.70%
	7%	69.80%	151.20%

Nota: conforme a la tabla se pudo comprobar una mejora progresivamente en la resistencia del suelo natural al estabilizar con los diversos porcentajes de óxido de calcio. (Fuente: Elaboración Propia).

**Tabla 46: Valor Relativo De Soporte (CBR) VS CBR con % de CaO C-3.**

Ensayo de Valor Relativo de Soporte (CBR)vs CBR con % de CaO TRAMO 2+050.00 CALICATA – 03.			
Calicata		CBR 0.1" (95% MDS)	CBR 0.1" (100% MDS)
	Suelo Natural	59.6%	142.3%
	1%	60.70%	144.6%
C-3	3%	63.70%	146.40%
	5%	65.40%	151.80%
	7%	68.8%	156.70%

Nota: conforme a la tabla se pudo comprobar una mejora progresivamente en la resistencia del suelo natural al estabilizar con los diversos porcentajes de óxido de calcio. (Fuente: Elaboración Propia).

**Tabla 47: Valor Relativo De Soporte (CBR) VS CBR con % de CaO C-4.**

Ensayo de Valor Relativo de Soporte (CBR)vs CBR con % de CaO TRAMO 2+650.00 CALICATA – 04.			
Calicata		CBR 0.1" (95% MDS)	CBR 0.1" (100% MDS)
	Suelo Natural	61.65%	132.40%
	1%	62.30%	132.60%
<b>C-4</b>	3%	66.20%	135.10%
	5%	68.30%	137.90%
	7%	72.30%	142.70%

Nota: conforme a la tabla se pudo comprobar una mejora progresivamente en la resistencia del suelo natural al estabilizar con los diversos porcentajes de óxido de calcio. (Fuente: Elaboración Propia).

Cuadros Surichaqui (2017), demostró que la adición proporcional de óxido de calcio al 1% va incrementándose respecto al peso de la muestra, la cual el valor de CBR va a incrementándose considerablemente, pero al adicionar el 5% y 7% el valor óptimo de CBR desciende.

se pudo concluir que la diferencia entre la investigadora y los datos obtenidos no tiene concordancia, ya que al ser suelo granular funciona al incrementarse la resistencia, es decir a más porcentaje de óxido de calcio mejora su estabilización y llega a tener una resistencia óptima.

## **CONCLUSIONES**

### **Con respecto al objetivo principal**

Con respecto a los resultados se concluye que se logró mejorar la subrasante mediante la aplicación de los diversos porcentajes de óxido de calcio, por lo tanto, se pudo demostrar de esta manera que el óxido de calcio puede ser utilizado como estabilizante en suelo natural, en virtud de estos resultados se tuvo en cuenta una probabilidad de error del 0% y un nivel de significancia del 5%.

### **Con respecto al objetivo específico 1.**

Con respecto a los resultados obtenidos se concluye que se logró mejorar las propiedades físicas-mecánicas de la subrasante, demostrando así que el óxido de calcio puede ser utilizado como estabilizante en suelo con grava arcillosa bien gradada (GW-GC), ya que existe una tendencia al aumentar la resistencia del suelo, la cual va a garantizar una adecuada durabilidad.

### **Con respecto al objetivo específico 2.**

Se determinó que el porcentaje óptimo de óxido de calcio al adicionar en las diversas proporciones (1%,3%,5% y 7%), para la estabilización del suelo en estudio es de 3% respecto al peso de la muestra, de modo que el material logra una buena resistencia y una densidad máxima seca, por consiguiente, cumple con los parámetros establecidos por el MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES(MTC).

### **Con respecto al objetivo específico 3.**

- Llegamos a la conclusión que se pudo comprobar la mejora de la resistencia de la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba, al incorporar cal a suelo (GW-GC), correspondiente de las calcatas 1 ,2,3 y 4, la cual esta comprobación se dio por medio del ensayo de CBR, aunque previamente al ensayo de Proctor modificado, teniendo un CBR del suelo natural de la C-01 con una resistencia de 63% al (95%MDS), se determinó que al

incorporarse 3% de cal, porcentaje optimo, esta aumento su CBR al 67.8%,asimismo en la C-02 se tuvo una resistencia de 57.8%, y al incrementar la cal con el porcentaje optimo se aumentó su CBR a 62.8%,igualmente en la calicata C-03 tuvo una resistencia inicial de 59.6% y al incrementar la cal con el porcentaje optimo, se aumentó su CBR a 65.4% y por último en la calicata C-04 se tuvo una resistencia inicial 61.6%, la cual al estabilizar con el porcentaje óptimo se obtuvo un CBR 66.2%,por lo tanto esto redujo su expansión y capacidad de absorción húmedo de cada calicata estudiada.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que antes de optar por algún estabilizante químico, se debe tener en cuenta el tipo de suelo existente, por ello se debe tener los conocimientos de las propiedades físicas y mecánicas de estos suelos a estudiar, ya que de estos problemas que puede suscitar y de las soluciones que se podría optar.
- Es recomendable la utilización del óxido de calcio en suelos que presenten una textura gruesa como arenas y texturas finas como arcilla, ya que estas tienen un índice de plasticidad baja, por lo cual ayuda a mejorar sus propiedades como su resistencia y su expansión volumétrica, permitiéndolo así llegar a las especificaciones en la norma del MTC.
- Se recomienda la utilización de estabilización de suelos con óxido de calcio, ya que en las carreteras de bajo volumen de tránsito que presentan baja capacidad de soporte, y que no cumplan con los parámetros establecidos por el MTC, todo ello con una finalidad de mejorar la transitabilidad y la durabilidad de la estructura del pavimento, ya que es factible económicamente.
- se recomienda mejorar las carreteras de bajo volumen de tránsito con el estabilizador químico del óxido de calcio, ya que tiene la finalidad de mejorar la vida útil y el nivel del servicio de la superficie de rodadura de las carreteras no revestidas o de bajo transitabilidad, la cual sufren rápido deterioro por el efecto del tránsito, el clima, que hace que se formen escamas y desprendimiento de sus partículas de los agregados.
- Se recomienda la utilización del óxido de calcio en carreteras que presentan suelo con contenido de humedad alta, ya que mejora sus propiedades físicas y mecánicas dándole así una resistencia y una estructura volumétrica duradera.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ponce Crispín, D. K. (s.f.). *USO DEL CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE LA AVENIDA CCORIPACCHA - PUYHUAN GRANDE – HUANCVELICA*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Altamirano, G., & Díaz, A. E. (s.f.). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE CAL EN LAS VÍAS DE LA COMUNIDAD DE SAN ISIDRO DEL PEGÓN, MUNICIPIO DE POTOSÍ- RIVAS*. Potosí- Rivas: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA.
- Alvarez Pabón jorge A. (2010). *Estabilización de subrasantes*. Instituto Colombiano de Productores de Cemento.
- ANCADE. (2008). *Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal*. ESPAÑA.
- Angulo Roldan , D., & Rojas Escajadillo , H. (2016). *ENSAYO DE FIABILIDAD CON ADITIVO PROES PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO EN EL AA. HH EL MILAGRO, 2016*. Iquitos.
- Beltrán, M. A., & Copado, J. A. (s.f.). *“ESTABILIZACIÓN DE UN SUELO ARCILLOSO CON CAL HIDRATADA, PARA SER UTILIZADA COMO CAPA CAPISTRANO DE CIUDAD DE OBREGÓN, SON. INSTITUTO TECNOLOGICO DE SONORA*.
- Cabana Valverde, M. A. (2017). *MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB – RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017*. Huaraz: Cesar Vallejo.
- Ccoillo Inca, I. (2017). *COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE SUELOS CON ADICIÓN DE ESCORIA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA-2016*. LIMA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.
- Comunicaciones, M. d. (2013). *Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales Para la Construcción* . LIMA: MTC.
- Comunicaciones, M. d. (2018). *MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMETRICO DG-2018*. LIMA: MTC.

- Comunicaciones, M. d. (2014). *Manual de Carreteras " Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos"*. Lima: MTC.
- Cuadra, A. F. (2017). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE*. Lima- Perú: Universidad Nacional De Ingeniería.
- Cuadros Surichaqui, C. M. (2017). *MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO -MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UNA VÍA AFIRMADA DE LA RED VIAL*. HUANCAYO: UNIVERSIDAD PERUANA DE LOS ANDES.
- DIAZ VÁSQUEZ, F. (2018). *MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE MEDIANTE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA CARRETERA DV SAN MARTIN-LONYA GRANDE, AMAZONAS 2018*. LIMA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.
- Hrbs, E. (1 de JUNIO de 2011). *APUNTES INGENIERÍA CIVIL*. Obtenido de <https://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/06/funcion-y-caracteristicas-de-la-sub.html>
- KAREN. (2015). *PROBLEMATICA DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL PERÚ*. LIMA: ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL.
- Lombardi, V. Z. (2008). *MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO*. Lima: MTC.
- Manuel, U. P. (1 de Noviembre de 2013). *Diseño de na Planta Movil de trituración de Caliza para capacidad de 50 TN/H*. Obtenido de <http://docplayer.es/6100967-Pontificia-universidad-catolica-del-peru.html>
- Mata Montenegro, M. (2010). *GUÍA BÁSICA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES Y SUBBASES PARA CARRETERAS EN EL SALVADOR*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Montejo, A. (2002). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*. BOGOTA, COLOMBIA: ISBN: 958-96036-2-9 .
- MTC, M. d. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: MTC.
- Murrillo, J. (18 de Abril de 2008). *La Investigacion Cientifica*. Obtenido de Trabajos 15: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- NAVARRETE, P. F. (s.f.). *LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA*. LIMA: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA.
- PARRALES CANTOS, G. N., MORENO PONCE, L. A., COBOS LUCIO, D., CORDERO GARCE, M., PERALTA DELGADO, J. A., PONCE

REYES, F. S., & BAQUE CAMPOZANO, B. P. (2018).  
*MANTENIMIENTO Y CONSERVACION DE CARRETERAS*. ALCOY,  
ESPAÑA: AREA DE INNOVACION Y DESARROLLO, S.L.

Pino Gotuzzo, R. A. (2007). *Metodgía de la Investigación*. Lima: San Marcos  
E.I.R.L.

Salazar, J. d. (2018). *Análisis de las propiedades mecánicas de la  
subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral -  
San Juan de Lurigancho, 2018*. Lims: Universidad Cesar Vallejo.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.:  
McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Sanchez Leal, F. (14 de agosto de 2012). *Civilgeeks.com Ingeniería y  
Contrucción*. Obtenido de civilgeeks.com

Universidad de Buenos Aires. (15 de octubre de 2017). *materias.fi.uba*.  
Obtenido de materias.fi.uba:  
<http://materias.fi.uba.ar/6807/contenidos/Apunte%20Pavimentos.pdf>

Villalaz, C. C. (1980). *Mecanica de Suelos y Cimentaciones*. Monterrey:  
Limusa.

weebly. (18 de octubre de 2017). *Estabilizacion de Suelos*. Obtenido de  
[http://lultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/355804  
25-estabilizacion-de-suelos](http://lultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/35580425-estabilizacion-de-suelos)

Welling, G. E. (2012). *Rendimientos De Suelos Modificados con Polimeros*.  
california, Sacramento Estados Unidos: facultad de ingeniería de la  
universidad de California .

# **ANEXOS**

# ANEXOS 01

- MATRIZ DE CONSISTENCIA
- TABLA DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO.
- APROBACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TESIS: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"				
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿En qué medida mejorará la subrasante mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de la subrasante en la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba 2019?	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>  Mejorar la subrasante de la vía afirmada de la carretera HUÁNUCO-MARABAMBA, mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio.	<b>HIPÓTESIS (H1)</b>  La adición de los diversos porcentajes de óxido de calcio mejoran la subrasante de la vía afirmada de la carretera HUÁNUCO-MARABAMBA.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  porcentaje de óxido de calcio.	<b>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN</b>  El enfoque que se utiliza en la presente investigación es el CUANTITATIVO, ya que se recolectaran datos para comprobar una hipótesis en base a una medición numérica y un análisis estadístico, lo cual facilitará el hecho de establecer patrones de comportamiento y probar la hipótesis. Asimismo, se formule un problema totalmente específico, lo cual incluye variables que estarán sujetas al grado de medición y comprobación de las variables si influirán positiva o negativamente.
				<b>ALCANCE DE INVESTIGACIÓN</b>  EXPLICATIVO: Pretender establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se pusieran su citar en las propiedades de la subrasante tanto físicas como mecánicas mediante los porcentajes de óxido de calcio.
				<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>  En este tipo de Investigación, el diseño de Investigación es de carácter EXPERIMENTAL. Se manipulará la VARIABLE INDEPENDIENTE, estabilizante químico, con los diversos porcentajes de óxido de calcio (2%, 3%, 5% y 7%), y este influenciará en la VARIABLE DEPENDIENTE, que viene a ser la subrasante de la carretera Huánuco-Marabamba.
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>HIPÓTESIS (H0)</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b>  <b>POBLACIÓN:</b> La población de estudio se tomará como universo, la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba constituido por una longitud de 2.700 km.  <b>MUESTRA:</b> La muestra es tipo NO PROBABILÍSTICO, dirigido por conveniencia. Se realizó la exploración de calicatas tomadas de la vía afirmada de la carretera HUÁNUCO-MARABAMBA, progresiva 0+500.00km hasta 2+650.00km (TIAMO: LAS TERRAZAS DE MARABAMBA – MUNICIPALIDAD DEL C.P DE MARABAMBA).  <b>TAMAÑO DE LA MUESTRA</b> 04 CALICATAS
a) ¿Cuáles son las propiedades de los materiales de la subrasante en la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba 2019?	Determinar las propiedades de los materiales físicos, mecánico del óxido de cal en el mejoramiento de la subrasante de la carretera afirmada HUÁNUCO-MARABAMBA 2019.	La adición de los diversos porcentajes de óxido de calcio no mejoran la subrasante de la vía afirmada de la carretera HUÁNUCO-MARABAMBA.	subrasante en la vía afirmada de la carretera HUÁNUCO-MARABAMBA	<b>TECNICAS E INSTRUMENTOS</b> Prospecciones de campo (calicatas).- Análisis Granulométrico portatizado (Ensayo MTC EM 107. Ensayos De Laboratorio: Contenido de Humedad (MTC E108) Índice de Plasticidad (Límite Clasificación de Suelos por el Sistema SUCCS y AASHTO. Ensayo Proctor Modificado (ASTM-1557, MTC – 115). Ensayo de CBR (MTC EM 132).
b) ¿Cuál es el porcentaje óptimo del óxido de calcio para mejorar las propiedades de la subrasante en la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba 2019?	Determinar el porcentaje óptimo de calcio al adicionar diversas proporciones, para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en la vía afirmada de la carretera HUÁNUCO-MARABAMBA 2019			
c) ¿Cuál es el porcentaje de la resistencia de la subrasante en la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba 2019?	Determinar la resistencia de la subrasante con porcentaje de 2%,3%,5% y 7% por el método de combinación de suelos y la estabilización química con óxido de calcio respecto al peso del suelo			

**Tabla 48: TABLA DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO.**

Evaluación	RESISTENCIA DEL SUELO NATURAL								
	N° de Ensayo	Fecha de Ensayo	Tramo(km)	Tipo de Suelo		Índice de Plásticidad natural(%)	Densidad Seca Natural (gr/cm3)	Contenido de Humedad(%)	CBR(95%)
				SUCS	AASHTO				
SUBRASANTE SUELO NATURAL	CBR C-01	19/10/2019	0+500	GW-GC	A-2-4-(0)	8.16%	2,257	5.70	63.00
	CBR C-02	19/10/2019	1+100	GW-GC	A-2-4-(0)	7.37%	2,686	4.62	57.80
	CBR C-03	19/10/2019	2+050	GW-GC	A-2-4-(0)	8.38%	3,453	5.15	59.60
	CBR C-04	19/10/2019	2+650	GW-GC	A-2-4-(0)	7.73%	3,515	4.93	61.65
Evaluación	RESISTENCIA DEL SUELO ADICIONANDO EL ÓXIDO DE CALCIO 1%								
	N° de Ensayo	Fecha de Ensayo	Tramo(km)	Tipo de Suelo		Índice de Plásticidad	Natural (gr/cm3)	Contenido de Humedad(%)	CBR(95%)
				SUCS	AASHTO				
SUBRASANTE SUELO MEJORADO CON 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.	CBR C-01	24/10/2019	0+500	GW-GC	A-2-4-(0)	8.79%	2,645	4.89	65.60
	CBR C-02	24/10/2019	1+100	GW-GC	A-2-4-(0)	10.49%	2,752	4.40	58.10
	CBR C-03	24/10/2019	2+050	GW-GC	A-2-4-(0)	11.85%	3,488	4.92	60.70
	CBR C-04	24/10/2019	2+650	GW-GC	A-2-4-(0)	9.34%	3,548	4.90	62.30
Evaluación	RESISTENCIA DEL SUELO ADICIONANDO EL ÓXIDO DE CALCIO 5%								
	N° de Ensayo	Fecha de Ensayo	Tramo(km)	Tipo de Suelo		Índice de Plásticidad	Natural (gr/cm3)	Contenido de Humedad(%)	CBR(95%)
				SUCS	AASHTO				
SUBRASANTE SUELO MEJORADO CON 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.	CBR C-01	28/10/2019	0+500	GW-GC	A-2-4-(0)	11.95%	2,842	4.80	69.50
	CBR C-02	28/10/2019	1+100	GW-GC	A-2-4-(0)	17.15%	2,825	4.13	65.50
	CBR C-03	28/10/2019	2+050	GW-GC	A-2-4-(0)	11.46%	3,746	4.76	65.40
	CBR C-04	28/10/2019	2+650	GW-GC	A-2-4-(0)	3.37%	3,878	4.75	68.30
Evaluación	RESISTENCIA DEL SUELO ADICIONANDO EL ÓXIDO DE CALCIO 3%								
	N° de Ensayo	Fecha de Ensayo	Tramo(km)	Tipo de Suelo		Índice de Plásticidad	Natural (gr/cm3)	Contenido de Humedad(%)	CBR(95%)
				SUCS	AASHTO				
SUBRASANTE SUELO MEJORADO CON 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.	CBR C-01	26/10/2019	0+500	GW-GC	A-2-4-(0)	11.75%	2,762	4.84	67.80
	CBR C-02	26/10/2019	1+100	GW-GC	A-2-4-(0)	10.50%	2,788	4.35	62.80
	CBR C-03	26/10/2019	2+050	GW-GC	A-2-4-(0)	10.54%	3,543	4.86	63.70
	CBR C-04	26/10/2019	2+650	GW-GC	A-2-4-(0)	10.54%	3,746	4.86	66.20
Evaluación	RESISTENCIA DEL SUELO ADICIONANDO EL ÓXIDO DE CALCIO 7%								
	N° de Ensayo	Fecha de Ensayo	Tramo(km)	Tipo de Suelo		Índice de Plásticidad	Natural (gr/cm3)	Contenido de Humedad(%)	CBR(95%)
				SUCS	AASHTO				
SUBRASANTE SUELO MEJORADO CON 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.	CBR C-01	30/10/2019	0+500	GW-GC	A-2-4-(0)	12.15%	2,958	4.75	73.20
	CBR C-02	30/10/2019	1+100	GW-GC	A-2-4-(0)	20.53%	2,987	3.97	69.80
	CBR C-03	30/10/2019	2+050	GW-GC	A-2-4-(0)	15.07%	3,980	4.69	68.80
	CBR C-04	30/10/2019	2+650	GW-GC	A-2-4-(0)	2.44%	3,972	4.62	72.30



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### RESOLUCIÓN N° 845-2019-CF-FI-UDH

Huánuco, 09 de Setiembre de 2019

Visto, el Oficio N° 791-2019-C-EAPIC-FI-UDH del Coordinador Académico de Ingeniería Civil, referente a **Gerson Stiff, AVILA ALVAREZ**, del Programa Académico Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

#### CONSIDERANDO:

Que, según Resolución N° 560-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 2468-19, del Programa Académico de, Ingeniería Civil, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por **Gerson Stiff, AVILA ALVAREZ** ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 791-2019-C-EAPIC-FI-UDH, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad Extraordinario de fecha 09 de setiembre del 2019 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

#### SE RESUELVE:

**Artículo Primero.** - **APROBAR**, el Proyecto de Investigación y su ejecución intitulado:

“MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO – MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO - 2019” representado por **Gerson Stiff, AVILA ALVAREZ**, del Programa Académico de Ingeniería Civil

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE**



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CONSEJO DE FACULTAD  
*[Signature]*  
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
*[Signature]*  
Mg. Bertha Campos Rios  
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

#### Distribución:

Fac. de Ingeniería – EAPIC – CGT – Asesor – Exp. Graduando – **Interesado** - Archivo.  
BCR/JJR.

# ANEXOS 02

## CERTIFICADO DE ENSAYOS DE MUESTRA SUELO NATURAL

- Contenido de Humedad
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg-Suelo Natural.
- Proctor Modificado – suelo Natural
- C.B.R- Suelo Natural.
- Perfil Estratigráfico



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERIA – E.A.P. ING. CIVIL  
*Estudio y Ensayos en Suelos, Concreto y Rocas*



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

Huánuco, 18 de Noviembre del 2019

**LABORATORIO DE MECANICA Y SUELOS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA-E.A.P. ING. CIVIL**

**HACE CONSTAR:**

Que, el Tesista **Bach. AVILA ALVAREZ, GERSON STIFF** identificado con DNI N° 74581962, Código del alumno N°2012210144, Por referencia, de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la UDH-Huánuco da conformidad a sus ensayos para fines de optar el título profesional de ingeniero civil, realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la UDH los mismos que a continuación detallo:

- Análisis Granulométrico
- Contenido de Humedad
- Limite Líquido
- Limite Plástico
- compactación

Adjunto los formatos de los ensayos realizados.

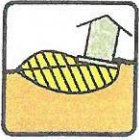
Atte.

  
  
**ERIC REM LOVÓN DAVILA**  
Msc. INGENIERÍA ESTRUCTURAL  
Y GEOTECNIA  
Reg. CIP 140458

  
**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
  
**Bach/Inq. Civil Noelia H. Gutiérrez Vargas**  
**JEFE DE LABORATORIO**  
DNI: 483440

Carretera Central Km. 9 – La Esperanza – Teléfono N° 062-518452/515151 – Anexo 212 – Fax 062-513154 Huánuco – Perú

E-mail: [eapincivil@udh.edu.pe](mailto:eapincivil@udh.edu.pe)  
E-mail: [eparquitectura@udh.edu.pe](mailto:eparquitectura@udh.edu.pe)



# GEOCON SERVICIOS DE INGENIERÍA S.A.C.

- LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES -

- LÍMITES DE PLASTICIDAD -

NTP 339.129

Id. proyecto : H - 461  
Proyecto : Mejoramiento de la subrasante de la Via afirmada de la carretera Huanuco - Marabamba mediante la adición de porcentaje de óxido de calcio 2019  
Ubicación : Marabamba, Distrito: Pillco Marca, Provincia: Huánuco, Departamento: Huánuco.  
Solicita : Tesista: Gerson Stiff Avila Alvarez  
Responsable : Ing. Doris E. Alvarado y Linares.  
Id. Ensayo : 4714  
Fuente : Marabamba Profundidad, m : --- Fecha de ensayo : 07-Oct-19  
Tipo de material : Suelos

Tipo de ensayo	Límite líquido	Límite plástico			Contenido de agua, %
Número de golpes	17				
Tara Nº	1	4	5	6	3
Peso (suelo húmedo + tara), g	150.62	125.21	124.89	125.29	760.0
Peso (suelo seco + tara), g	144.00	124.88	124.56	124.98	725.0
Peso de la tara, g	120.16	123.03	122.79	123.23	136.0
Peso del agua contenida, g	6.62	0.33	0.33	0.31	35.0
Peso suelo seco, g	23.84	1.85	1.77	1.75	589.0
Contenido de agua, %	27.77	17.84	18.64	17.71	5.94

$$LL = w^n \cdot \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Donde:

$w_n$  : Contenido de humedad del suelo para n golpes  
N : Número de golpes.

Límite líquido, % : 27  
Límite plástico, % : 18  
Índice plástico, % : 9  
Contenido de agua, % : 5.9



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
GEOCON SI SAC

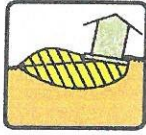
*Doris E. Alvarado*  
Ing. Doris E. Alvarado y Linares  
Reg. CIP Nº: 29378  
Jefe de Laboratorio

Observaciones:

---  
---  
---

Ensayado por : D. Linares  
Fecha : 07-Oct-19

Revisado por : D. Alvarado  
Fecha : 11-Oct-19



# GEOCON SERVICIOS DE INGENIERÍA S.A.C.

- LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES -

- CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA -

NTP 339.134 / NTP 339.135

Id. proyecto : H - 461

Proyecto/Obra : Mejoramiento de la subrasante de la Via afirmada de la carretera Huanuco - Marabamba mediante la adición de porcentaje de óxido de calcio 2019

Ubicación : Marabamba, Distrito: Pillco Marca, Provincia: Huánuco, Departamento: Huánuco.

Solicita : Tesista: Gerson Stiff Avila Alvarez

Responsable : Ing. Doris E. Alvarado y Linares

Id. Ensayo : 4714

Gradación : ---

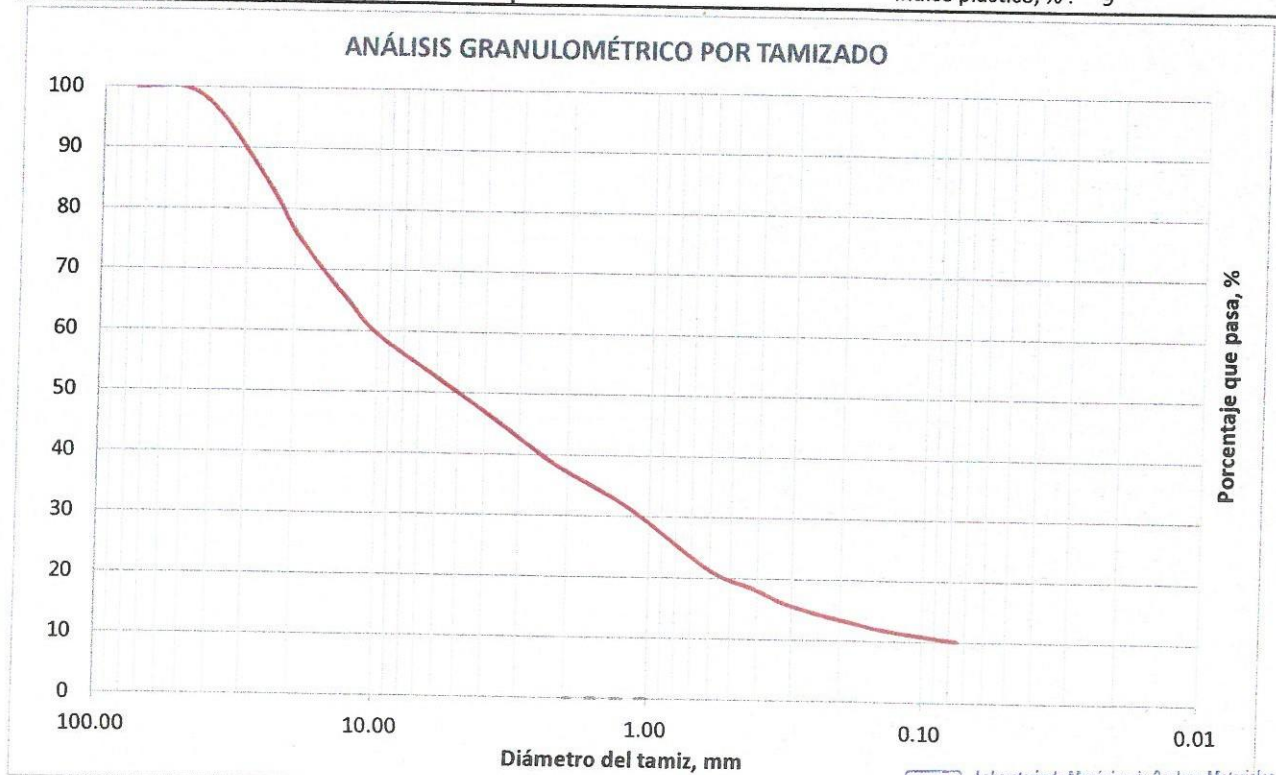
Fuente : Marabamba

Profundidad, m : ---

Fecha : 07-Oct-19

Tipo de material : Suelos

Tamices		Porcentaje que pasa, %	Tamaño máximo de los fragmentos, mm :	38.10
pulg.	mm.		Forma predominante de la fracción gruesa :	Sub-redondeada
3	76.2	100.0	<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b> Clasificación SUCS (NTP 339.134) : G W - G C Grava arcillosa bien graduada, mezcla de grava (50.6%), arena (39.3%) y finos arcillosos de baja plasticidad (10.2%). Material de coloración marrón, la forma del agregado grueso es subredondeada. Clasificación AASHTO (NTP 339.135) : A - 2 - 4 ( 0 ) Arena limosa. Coeficiente de uniformidad (Cu) : 146.8 Coeficiente de curvatura (Cc) : 1.7 Características de plasticidad de la fracción de suelo que pasa la malla N° 40 Límite líquido, % : 27 Límite plástico, % : 18 Índice plástico, % : 9	
2	50.8	100.0		
1 1/2	38.1	96.0		
1	25.400	84.6		
3/4	19.050	74.9		
1/2	12.700	64.8		
3/8	9.520	58.8		
N° 4	4.750	49.4		
N° 8	2.360	39.3		
N° 10	2.000	37.2		
N° 16	1.180	31.3		
N° 30	0.600	21.3		
N° 40	0.420	18.5		
N° 50	0.300	15.6		
N° 100	0.150	12.2		
N° 200	0.075	10.2		



**Observaciones:**

1. La muestra fue provista e identificada por el solicitante.

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
**GEOCON SI SAC**

*Doris E. Alvarado y Linares*

Ing. Doris E. Alvarado y Linares

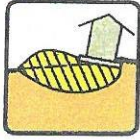
Reg. CIP N°: 29878

Revisado por : D. Alvarado

Ensayado por : D. Linares

Fecha : 07-Oct-19

Fecha : 12-Oct-19



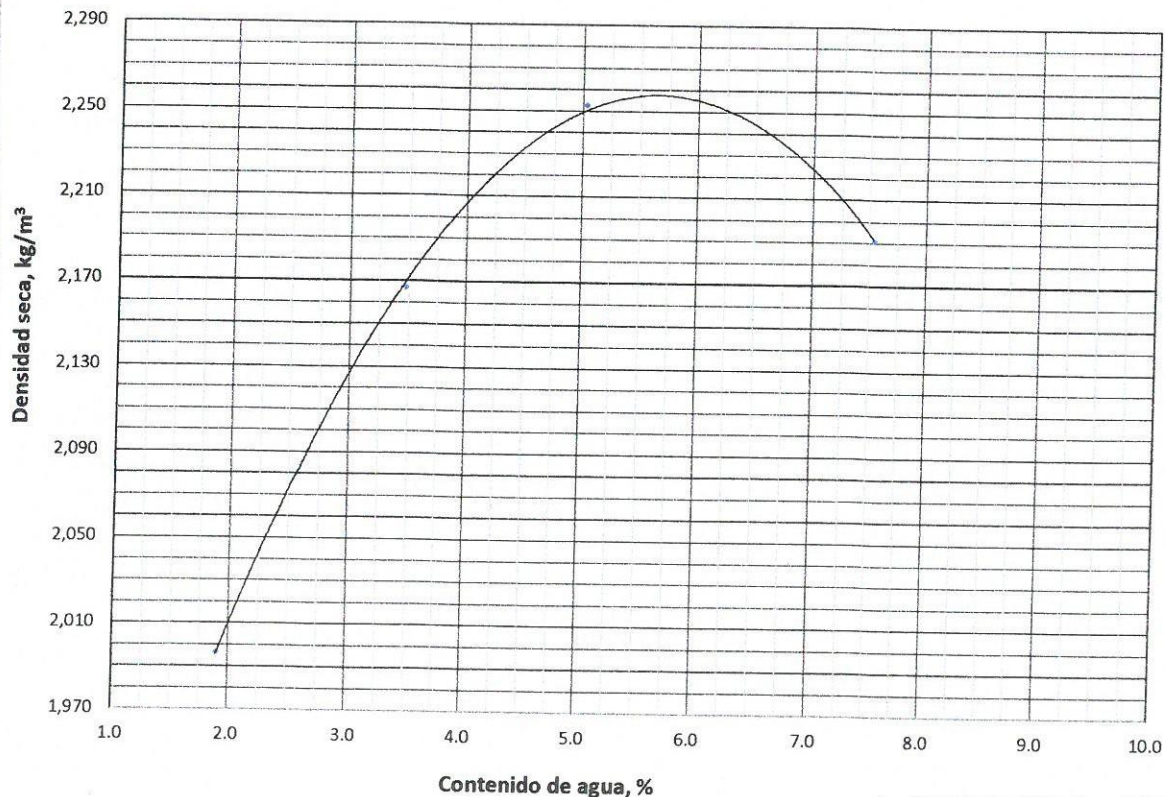
**GEOCON SERVICIOS DE INGENIERÍA S.A.C.**  
**- LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES -**  
**- ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR) -**  
**ASTM D 1557**

Id. proyecto : H - 461  
 Proyecto : Mejoramiento de la subrasante de la Via afirmada de la carretera Huanuco - Marabamba mediante la adición de porcentaje de óxido de calcio 2019  
 Ubicación : Marabamba, Distrito: Pillco Marca, Provincia: Huánuco, Departamento: Huánuco.  
 Solicita : Tesista: Gerson Stiff Avila Alvarez  
 Responsable : Ing. Doris E. Alvarado y Linares  
 Id. Ensayo : 4714  
 Fuente : Marabamba

Fecha de ensayo : 12-Oct-19  
 Tipo de material : Suelos

Ensayo N°	1	2	3	4
Peso suelo húmedo + molde	11,050.0	11,495.0	11,760.0	11,740.0
Peso del molde, g	6,690.0	6,690.0	6,690.0	6,690.0
Peso suelo húmedo, g	4,360.0	4,805.0	5,070.0	5,050.0
Volumen del molde, cm <sup>3</sup>	2,143.1	2,143.1	2,143.1	2,143.1
Densidad húmeda, kg/m <sup>3</sup>	2,034.4	2,242.0	2,365.7	2,356.4
Tara N°	1	2	3	4
Peso suelo húmedo + tara, g	888.0	816.0	846.0	795.0
Peso suelo seco + tara, g	874.0	793.0	812.0	749.0
Peso de la tara, g	136.0	131.0	136.0	139.0
Peso del agua contenida, g	14.0	23.0	34.0	46.0
Peso del suelo seco, g	738.0	662.0	676.0	610.0
Contenido de agua, %	1.90	3.47	5.03	7.54
Promedio, %	1.90	3.47	5.03	7.54
Densidad seca, kg/m <sup>3</sup>	1996.5	2166.8	2252.4	2191.1

**CURVA DE COMPACTACIÓN**



$$y = -18.549x^2 + 209.78x + 1664.4$$

Peso volumétrico seco máximo (MDS), kg/m<sup>3</sup> : 2,257.5  
 Contenido óptimo de agua, % : 5.7



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
**GEOCON SI SAC**

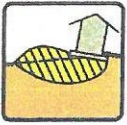
*Doris E. Alvarado y Linares*  
 Ing. Doris E. Alvarado y Linares  
 Reg. CIP N°: 29878  
 Jefe de Laboratorio

**Observaciones:**

1. La muestra fue provista e identificada por el solicitante.

Ensayado por : D. Linares  
 Fecha : 12-Oct-19

Revisado por : D. Alvarado  
 Fecha : 13-Oct-19



# GEOCON SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.C.

- LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES -

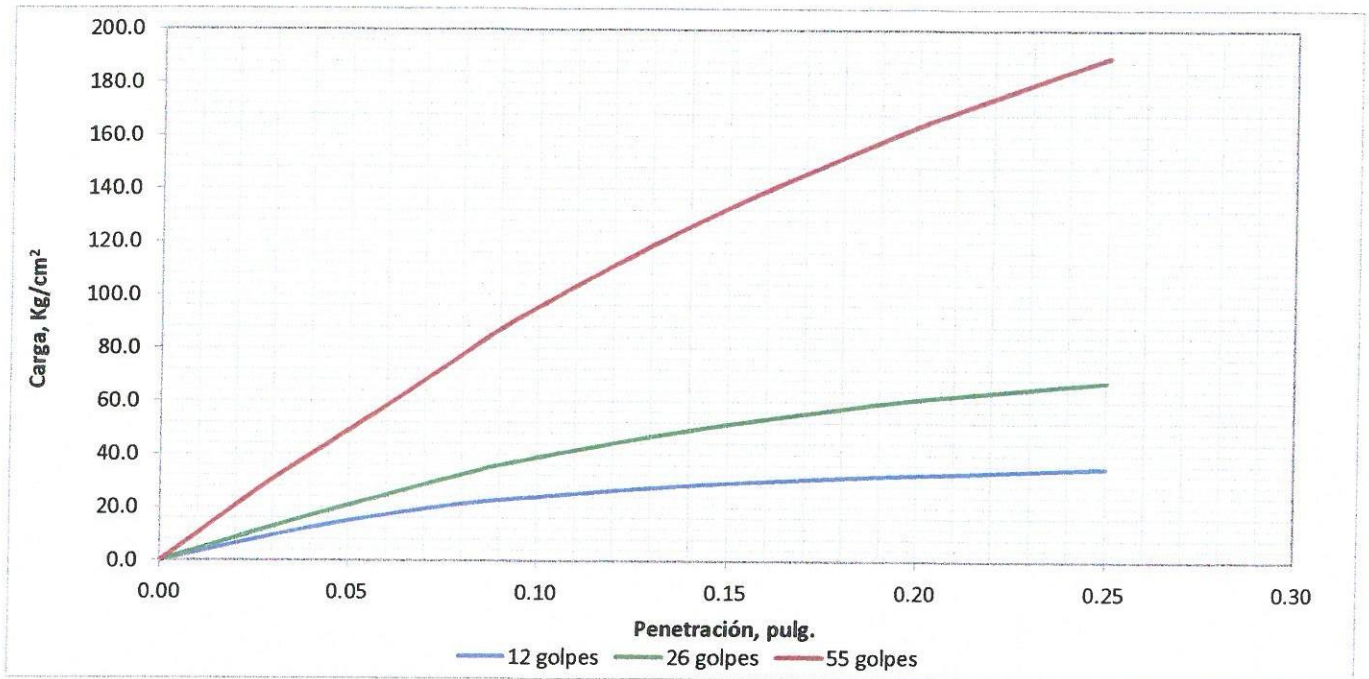
- ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR) -

NTP 339.145

Id. proyecto : H - 461  
 Proyecto : Mejoramiento de la subrasante de la Via afirmada de la carretera Huanuco - Marabamba mediante la adición de porcentaje de oxido calcio 2019  
 Ubicación : Marabamba, Distrito: Pillco Marca, Provincia: Huánuco, Departamento: Huánuco.  
 Solicita : Tesista: Gerson Stiff Avila Alvarez  
 Responsable : Ing. Doris E. Alvarado y Linares.  
 Id. Ensayo : 4714  
 Fuente : Marabamba

Fecha : 19-Oct-19

Tipo de material : Suelos



Número de golpes	12	26	55
Sobrecarga de saturación, g	5,907	5,820	5,884
Sobrecarga de penetración, g	4,548	4,536	4,554
Humedad inicial, %	5.05	5.38	4.78
Humedad final, %	9.66	8.18	7.32
Hinchamiento, %	0.14	0.20	0.10
Densidad seca, kg/m <sup>3</sup>	2,035	2,130	2,252
Densidad seca máxima, kg/m <sup>3</sup>	2,258	2,258	2,258
Humedad óptima, %	5.7	5.7	5.7
Compactación <sup>1</sup> , %	90.2	94.4	99.7
CBR 0.1", %	34.2	55.3	135.9
CBR 0.2", %	30.8	57.8	155.4

CBR 0.1" (100% MDS)	136.0
CBR 0.1" (95% MDS)	63.0



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
 GEOCON S.A.C.

*Doris E. Alvarado*  
 Ing. Doris E. Alvarado y Linares  
 Reg. CIP N°: 29878  
 Jefe de Laboratorio

Observaciones:

---

---

Ensayado por : D. Linares  
 Fecha : 19-Oct-19

Revisado por : D. Alvarado  
 Fecha : 19-Oct-19



# GEOCON SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.C.

- LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES -

- ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR) -

NTP 339.145 / ASTM D 1883

Id. proyecto : U - 461

Proyecto : Mejoramiento de la subrasante de la Via afirmada de la carretera Huanuco - Marabamba mediante la adición de porcentaje de óxido de calcio 2019

Ubicación : Marabamba, Distrito: Pillco Marca, Provincia: Huánuco, Departamento: Huánuco.

Solicita : Tesista: Gerson Stiff Avila Alvarez

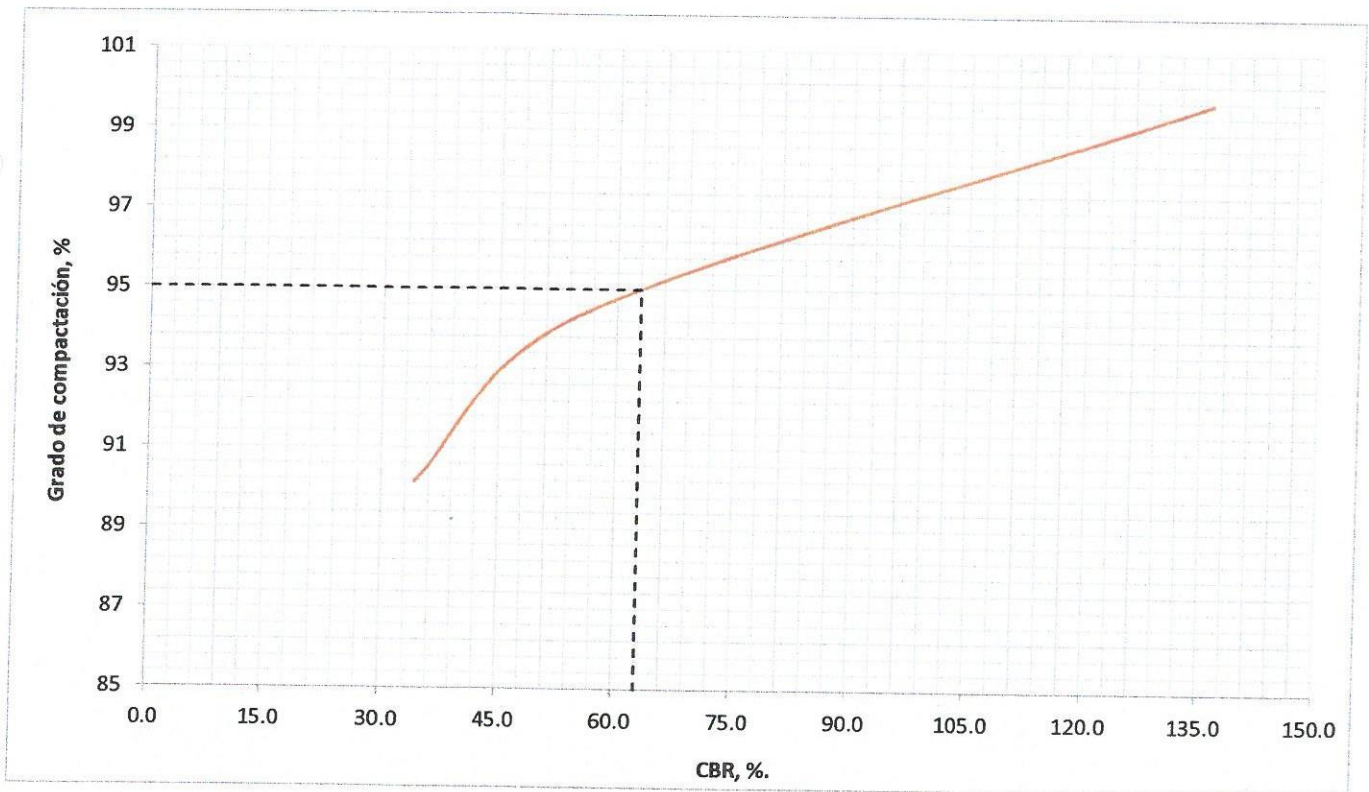
Responsable : Ing. Doris E. Alvarado y Linares.

Id. Ensayo : 4714

Fuente : Marabamba

Fecha : 19-Oct-19

Tipo de materia : Suelos



CBR 0.1" (100% MDS)	136.0
CBR 0.1" (95% MDS)	63.0

## 1. Descripción del ensayo

Método de reducción de muestras (NTP 339.126)	Método B
Método de compactación	Método C
Tipo de pisón	Manual



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
**GEOCON SI SAC**

*Doris E. Alvarado y Linares*  
Ing. Doris E. Alvarado y Linares  
Reg CIP N° : 29878  
Jefe de Laboratorio

## Observaciones:

---

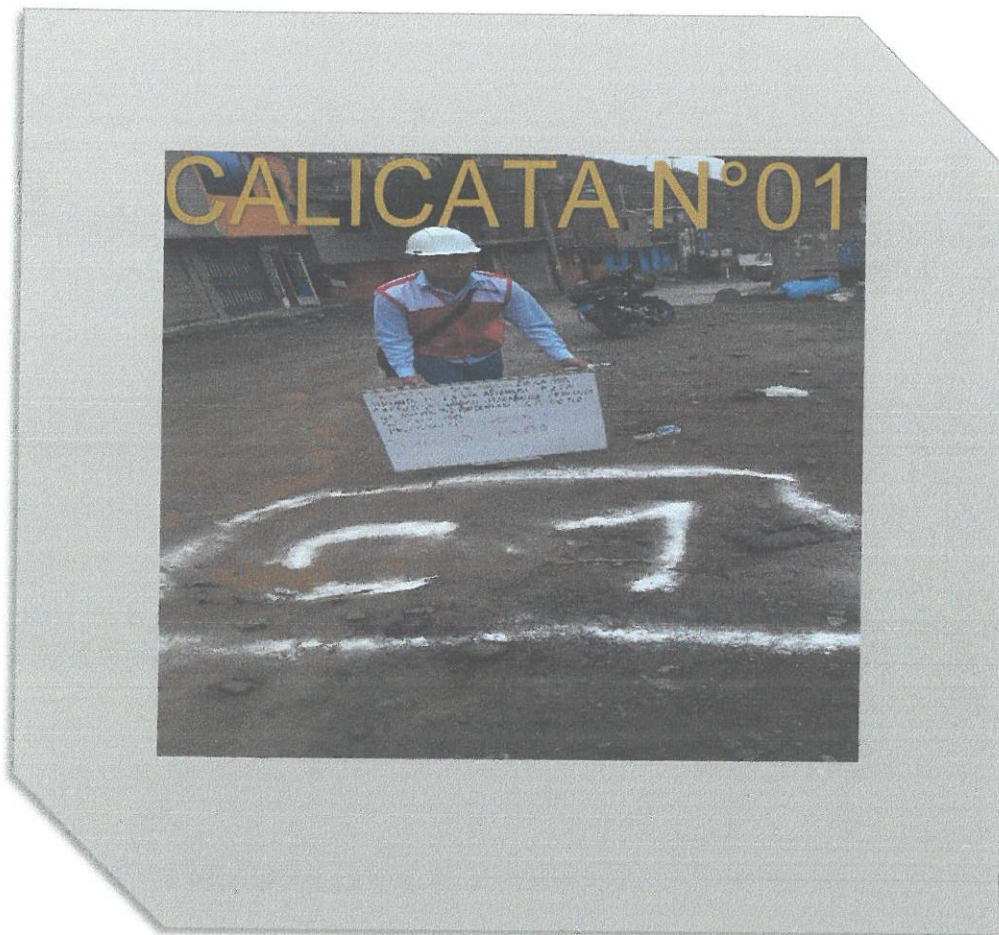
Ensayado por : D. Linares  
Fecha : 19-Oct-19

Revisado por : D. Alvarado  
Fecha : 19-Oct-19





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas





## CONTENIDO DE HUMEDAD

### MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AGUA(HUMEDAD) EN LABORATORIO DE SUELOS- METODOS "B"

Tesis: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019".

Tesista: BACH. GERSON STIFF, AVILA ALVAREZ.

Ubicación: CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 0+0500 M.

Fecha: setiembre del 2019.

#### 1.-Referencias:

ASTM D-2216, standard test Method for laboratory determination of water (Moisture)content of soli and Rock by masa.

ASTM D-4643, Standard test Method for Determination of water (Moisture) content of soil by the Microwave Oven Heating.

AASHTO T-265, Laboratory Determination of Moisture Content of soila.

**2.-objetivo:** Determinar el contenido de humedad del material suelo por masa.

**3.-Materiales:** Balanza digital, bandejas, horno.





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



### 4.- Datos de muestreo:

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	C-1
profundidad de muestreo	0.50 m	Muestra N°01	M-1	Estrato N°	E-01
coordenadas geodésicas:	ESTE:994689.10 m	NORTE:76255949 m	msnm:1969.80		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 0+500, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	9:00 a.m.- 12:00 p.m				

### 5.-análisis.

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	710.10	586.90	678.90
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	654.01	540.15	620.15
Peso de la Tara	Gr	41.10	40.80	47.40
Peso de la Muestra Seca	Gr	613.22	512.55	585.65
Peso del Agua	Gr	55.78	33.55	45.85
Contenido de Humedad	%	9.10	6.55	7.83
Promedio		10.13		

### 6.-Resultados.

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.13%
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	131.42 gr-cm3

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



### 1.- Datos de muestreo:

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	C-1
profundidad de muestreo	1.00 m	Muestra N°02	M-1	Estrato N°	E-01
coordenadas geodésicas:	ESTE:994689.10 m	NORTE:76255949 m	msnm:1969.80		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 0+500, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	9:00 a.m.- 12:00 p.m				

### 2.-análisis.

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	665.40	676.40	836.40
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	600.32	625.65	756.36
Peso de la Tara	Gr	41.00	41.30	40.80
Peso de la Muestra Seca	Gr	579.32	604.48	760.56
Peso del Agua	Gr	45.08	30.62	35.04
Contenido de Humedad	%	7.78	5.07	4.61
Promedio		10.50		

### 3.-Resultados.

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.50%
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	142.51gr-cm3

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



### 1.- Datos de muestreo:

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	C-1
profundidad de muestreo	1.50 m	Muestra N°03	M-1	Estrato N°	E-01
coordenadas geodésicas:	ESTE:994689.10 m	NORTE:76255949 m	msnm:1969.80		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 0+500, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	9:00 a.m.- 12:00 p.m				

### 2.-análisis.

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	548.60	535.00	606.80
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	509.20	467.82	550.78
Peso de la Tara	Gr	47.00	41.10	41.20
Peso de la Muestra Seca	Gr	462.20	457.50	537.20
Peso del Agua	Gr	39.40	36.40	28.40
Contenido de Humedad	%	8.52	7.96	5.29
Promedio		11.75		

### 3.-Resultados.

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.75%
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	125.25 gr-cm <sup>3</sup>

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



# ANÁLISIS GRANDULOMÉTRICO

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.  
E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)



**TESIS :** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"

**Tesista:** Bach. Avila Alvarez Gerson Stiff

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

NTP 339.128 Analisis Granulométrico por Tamizado

**2.-Objetivo:** Determinar la distribución por tamaño de las partículas de una muestra, utilizando una serie de tamices normalizados.

**3.- Materiales:** un juego de tamices normalizados, un horno, una balanza, bandeja metálica, Contenedores, recipientes plásticos y escobilla.

**4.-Análisis:** Determinar la distribución por tamaño de las partículas de una muestra.

Peso Inicial de la Muestra Seca	532.90	Ubicación :	Carretera Huánuco-Marabamba
Peso de la Muestra Después del Labado	528.85	calicata :	M-1
Pérdida por Lavado	4.05	Potencia:	
Tolerancia	0.76 %	Correcto	

Tamiz	Abertura ( mm )	Retenido		% retenido acumulado	% pasante acumulado	
		( gr. )	( % )			
3"	75.000		0.00	0.00	100.00	D60 = 5.65
2. 1/2"	63.000		0.00	0.00	100.00	D30 = 0.85
2"	50.000		0.00	0.00	100.00	D10 = 0.25
1. 1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.00	%Gravas
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00	%Arenas
1/2"	12.500	6.5	1.22	1.22	98.78	%Finos
3/8"	9.500	17.9	3.36	4.58	95.42	
1/4"	6.300	48.3	9.06	13.64	86.36	Cu =
4	4.750	35.8	6.72	20.36	79.64	Cc =
8	2.360	91.4	17.15	37.51	62.49	
10	2.000	21.1	3.96	41.47	58.53	
20	0.841	112.6	21.13	62.60	37.40	Peso Muestra lavado Seco:
30	0.600	38.5	7.22	69.83	30.17	532.90
40	0.425	30.8	5.78	75.61	24.39	
60	0.250	33.2	6.23	81.84	18.16	
80	0.177	44.6	8.37	90.20	9.80	
100	0.150	31.3	5.87	96.08	3.92	
200	0.075	18.6	3.49	99.57	0.43	
Cazoleta		2.3	0.43	100.00	0.00	
<b>Total Retenido :</b>		<b>532.90</b>	<b>100.00</b>			



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



# LIMITES DE ATTERBERG

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.  
E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)







**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



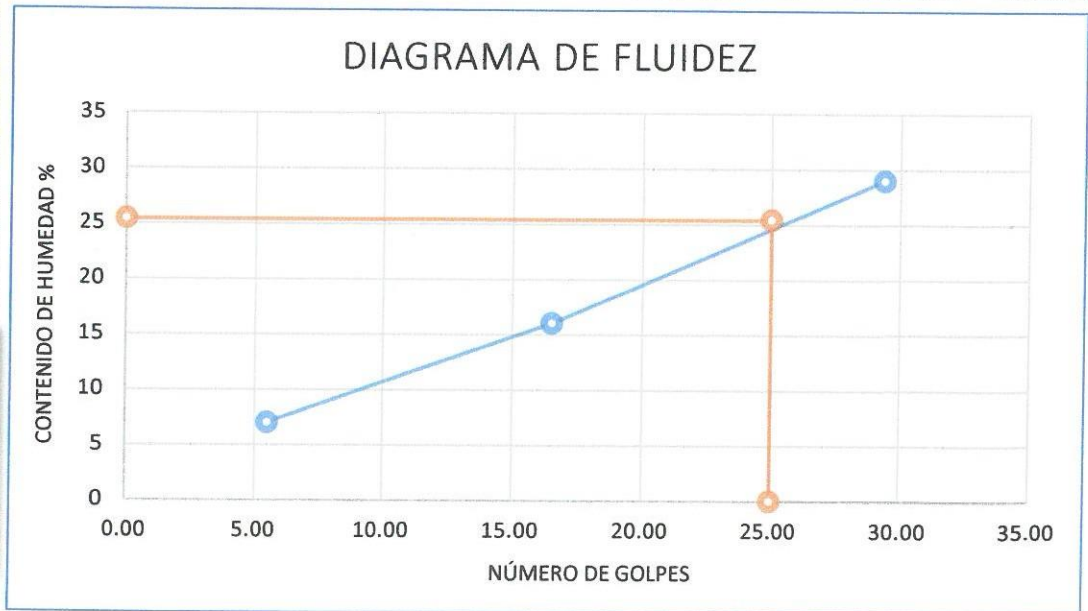
**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

Ensayo : LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319

Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 02/10/19  
 Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
 Materiales tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO (NTP 339.129)		Ubicación : Calicata C1			Potencia : 0.50 m				
		Estrato : M-1							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.38	87.50	101.20	42.50	38.00	38.10	Límite Líquido:	LL = 23.27%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	78.26	80.25	95.78	41.25	35.69	37.85	Límite Plástico:	LP = 14.18%
Peso de la Tara	Gr	28.20	25.00	28.70	28.30	28.20	25.60	Índice de Plasticidad :	IP = 9.10%
Peso de la Muestra Seca	Gr	50.06	55.25	67.08	12.95	7.49	12.25	Contenido de Humedad :	Wn = 10.13%
Peso del Agua	Gr	20.12	7.25	5.42	1.25	2.31	0.25	Grado de Consistencia :	Kw = 1.45
Contenido de Humedad	%	40.19	13.12	8.08	9.65	30.84	2.04	Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida
Número de Golpes		37	18	14	Promedio :		14.18		

Calicata :	C1
Estrato :	M-1
Potencia :	0.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
37	40.19
18	13.12
14	8.08
25	122.971



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eaingcivil@udh.edu.pe](mailto:eaingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

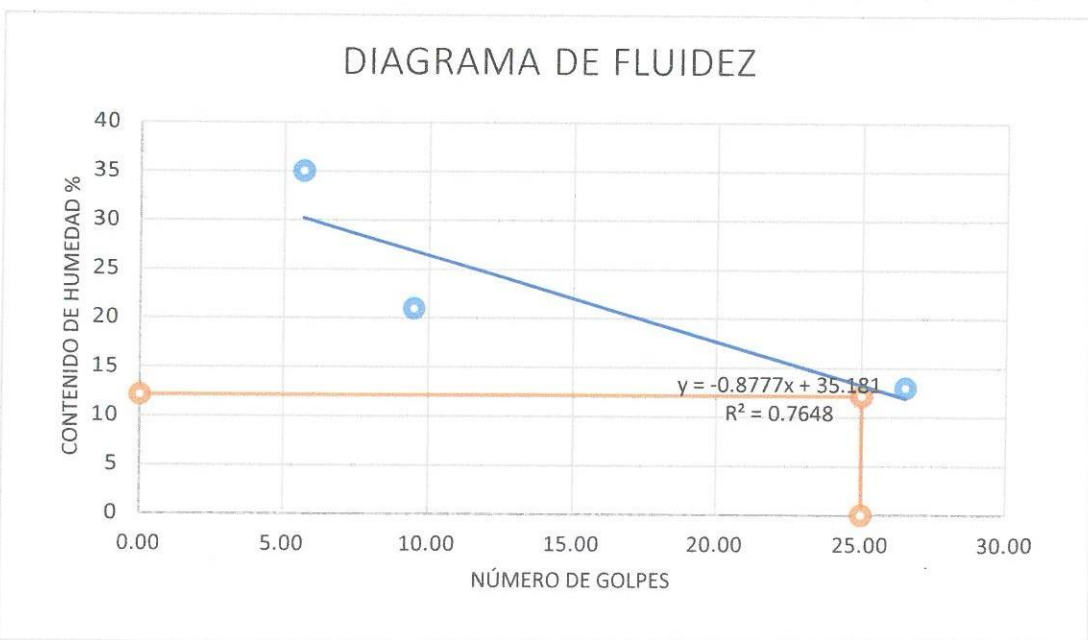
Ensayo : LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319

Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 02/10/19  
 Objetivo : Determinar los Limites de Atterberg en los Suelos.  
 Materiales tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csgrande , espátula y probeta.

LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO (NTP 339.129) Ubicación : Calicata C1 Potencia : 1.00 m  
 Estrato : M-1

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Limites de Consistencia
		1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	99.36	119.63	125.45	46.21	41.30	36.40	Límite Líquido: LL = 17.07%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	91.25	105.63	102.45	44.90	40.60	34.78	Límite Plástico: LP = 10.39%
Peso de la Tara	Gr	28.20	25.00	28.70	28.30	28.20	25.60	Índice de Plasticidad : IP = 6.67%
Peso de la Muestra Seca	Gr	63.05	80.63	73.75	16.60	12.40	9.18	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> = 10.50%
Peso del Agua	Gr	8.11	14.00	23.00	1.31	0.70	1.62	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> = 0.98
Contenido de Humedad	%	12.86	17.36	31.19	7.89	5.65	17.65	Grado de Consistencia : Plástica
Número de Golpes		31	23	9	Promedio : 10.39			

Calicata :	C1
Estrato :	M-1
Potencia :	1.00 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
31	12.86
23	17.36
9	31.19
25	16.082



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.  
 E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)



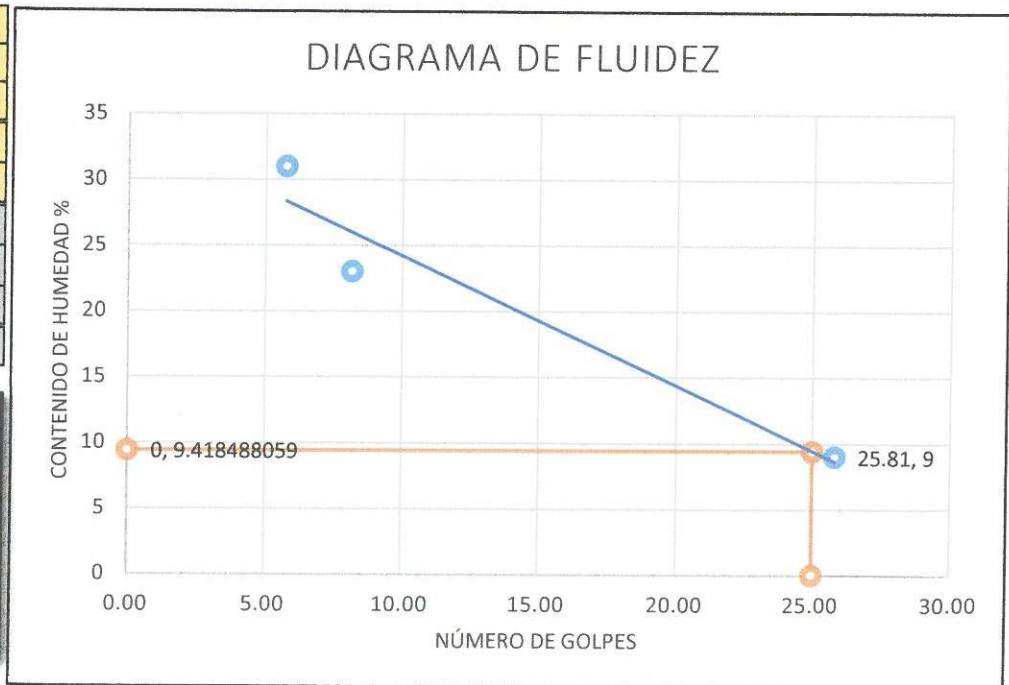


**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



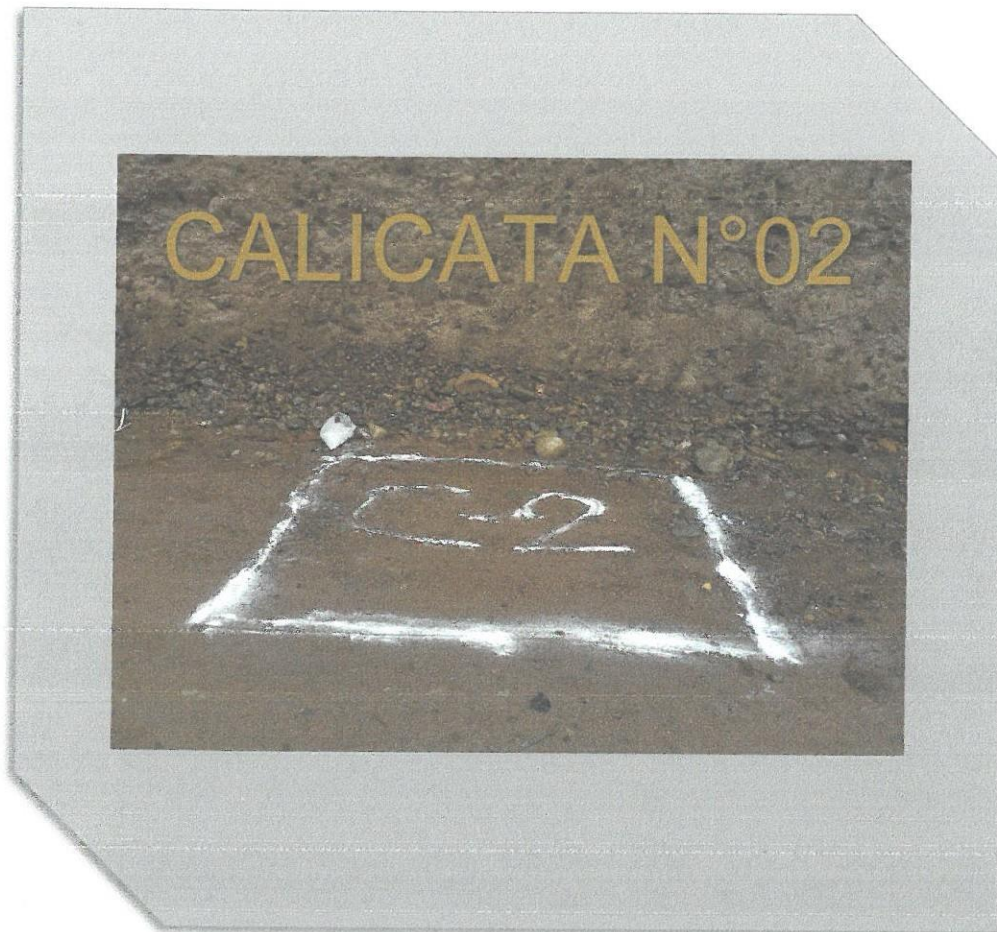
<b>TESIS</b> "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"										
<b>TESISTA</b> Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez										
Ensayo : LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)										
LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318										
LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319										
Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 02/10/19										
Objetivo : Determinar los Limites de Atterberg en los Suelos.										
Materiales tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.										
LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO (NTP 339.129)			Ubicación : Calicata C1			Potencia : 1.50 m				
			Estrato : M-1							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Limites de Consistencia		
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	96.50	116.40	125.45	43.25	41.28	37.78	Límite Líquido:	LL = 15.45%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	91.36	103.45	105.12	42.10	40.45	37.01	Límite Plástico:	LP = 7.29%	
Peso de la Tara	Gr	28.30	25.20	28.40	28.30	28.20	25.60	Índice de Plasticidad :	IP = 8.16%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	63.06	78.25	76.72	13.80	12.25	11.41	Contenido de Humedad :	W <sub>n</sub> = 11.75%	
Peso del Agua	Gr	5.14	12.95	20.33	1.15	0.83	0.77	Grado de Consistencia :	K <sub>w</sub> = 0.45	
Contenido de Humedad	%	8.15	16.55	26.50	8.33	6.78	6.75	Grado de Consistencia :	Viscosa	
Número de Golpes		35	21	13	Promedio :			7.29		

Calicata : C1	
Estrato : M-1	
Potencia : 1.50 m	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	8.15
21	16.55
13	26.50
25	14.033





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas





## CONTENIDO DE HUMEDAD

### MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AGUA(HUMEDAD) EN LABORATORIO DE SUELOS- METODOS "B"

Tesis: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019".

Tesista: BACH. GERSON STIFF, AVILA ALVAREZ.

Ubicación: CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 1+100 M.

Fecha: setiembre del 2019.

#### 1.-Referencias:

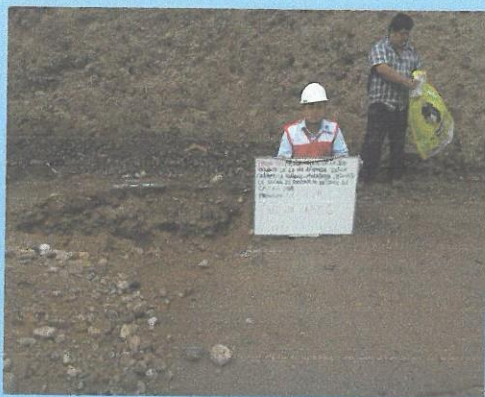
ASTM D-2216, standard test Method for laboratory determination of water (Moisture)content of soli and Rock by masa.

ASTM D-4643, Standard test Method for Determination of water (Moisture) content of soil by the Microwave Oven Heating.

AASHTO T-265, Laboratory Determination of Moisture Content of soila.

2.-objetivo: Determinar el contenido de humedad del material suelo por masa.

3.-Materiales: Balanza digital, bandejas, horno.





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



### 4.- Datos de muestreo:

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	C-2
profundidad de muestreo	0.50 m	Muestra N°	M-2	Estrato N°	E-02
coordenadas geodésicas:	ESTE:9948403 m	NORTE:76257719 m	msnm:19981.0		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 1+100, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	3:00 a.m.- 5:00 p.m.				

### 5.-análisis.

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	607.40	836.10	708.60
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	541.35	779.58	607.89
Peso de la Tara	Gr	41.20	41.30	40.80
Peso de la Muestra Seca	Gr	499.05	737.60	565.70
Peso del Agua	Gr	67.15	57.20	102.10
Contenido de Humedad	%	13.46	7.75	18.05
Promedio		12.87		

### 6.-Resultados.

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.87 %
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	156.14 gr-cm3

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**1.- Datos de muestreo:**

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	C-2
profundidad de muestreo	1.00 m	Muestra N°	M-2	Estrato N°	E-02
coordenadas geodésicas:	ESTE:9948403 m	NORTE:76257719 m	msnm:19981.0		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 1+100, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	3:00 a.m.- 5:00 p.m.				

**2.-análisis.**

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	604.10	596.10	715.10
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	545.20	510.20	678.20
Peso de la Tara	Gr	46.20	40.80	46.00
Peso de la Muestra Seca	Gr	499.00	469.40	632.20
Peso del Agua	Gr	58.90	85.90	36.90
Contenido de Humedad	%	11.80	18.30	5.84
<b>Promedio</b>		<b>11.98</b>		

**3.-Resultados.**

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.98 %
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	157.1 gr-cm <sup>3</sup>





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**1.- Datos de muestreo:**

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	C-2
profundidad de muestreo	1.50 m	Muestra N°03	M-2	Estrato N°	E-02
coordenadas geodésicas:	ESTE:9948403 m	NORTE:76257719 m	msnm:1981.0		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 1+100, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	3:00 p.m.- 5:00 p.m.				

**2.-análisis.**

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	721.70	694.20	770.80
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	655.87	615.87	648.74
Peso de la Tara	Gr	45.90	46.90	47.00
Peso de la Muestra Seca	Gr	564.42	563.35	551.40
Peso del Agua	Gr	111.38	83.95	172.40
Contenido de Humedad	%	19.73	14.90	31.27
Promedio		14.95		

**3.-Resultados.**

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.95 %
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	184.85 gr-cm3







**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



# ANÁLISIS GRANDULOMÉTRICO

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL

Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS :** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE  
**Tesista:** *Bach. Avila Alvarez Gerson Stiff*

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128 Analisis Grandulométrico por Tamizado

2.-Objetivo: Determinar la distribución por tamaño de las partículas de una muestra, utilizando una serie de tamices normalizados.

3.- Materiales: un juego de tamices normalizados, un horno, una balanza, bandeja metálica, Contenedores, recipientes plásticos y escobilla.

4.-Análisis: Determinar la distribución por tamaño de la partículas de una muestra.

Peso Inicial de la Muestra Seca		582.60	Ubicación:		Carretera Huánuco-Marabamba,, KM 1+100	
Peso de la Muestra Después del Labado		578.00	calicata :		M-2	
Perdida por Lavado		4.60	Potencia:			
Tolerancia	0.79	% Correcto				
Tamiz	Abertura ( mm )	Retenido		% retenido acumulado	% pasante acumulado	
		( gr. )	( % )			
3"	75.000		0.00	0.00	100.00	D60 = 4.68
2. 1/2"	63.000		0.00	0.00	100.00	D30 = 0.98
2"	50.000		0.00	0.00	100.00	D10 = 0.43
1.1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.00	%Gravas 68.74
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00	%Arenas 31.15
1/2"	12.500	30.5	5.24	5.24	94.76	%Finos 0.10
3/8"	9.500	47.3	8.12	13.35	86.65	
1/4"	6.300	50.9	8.74	22.09	77.91	Cu = 10.884
4	4.750	34.8	5.97	28.06	71.94	Cc = 0.477
8	2.360	81.3	13.95	42.02	57.98	
10	2.000	37.9	6.51	48.52	51.48	
20	0.841	105.2	18.06	66.58	33.42	Peso Muestra lavado Seco:
30	0.600	36.8	6.32	72.90	27.10	582.60
40	0.425	43.1	7.40	80.30	19.70	
60	0.250	43.1	7.40	87.69	12.31	
80	0.177	18.9	3.24	90.94	9.06	
100	0.150	31.3	5.37	96.31	3.69	
200	0.075	20.9	3.59	99.90	0.10	
Cazoleta		0.6	0.10	100.00	0.00	
<b>Total Retenido :</b>		582.60	100.00			

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



# LIMITES DE ATTERBERG





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas

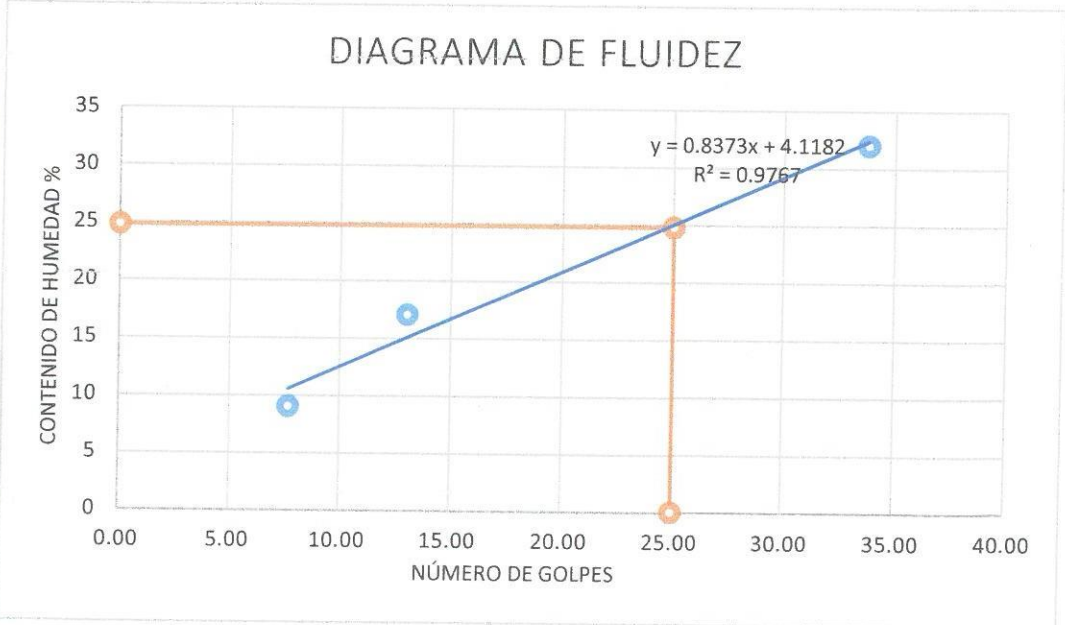


**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318  
**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319  
**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 02/10/19  
**Objetivo :** Determinar los Limites de Atterberg en los Suelos.  
**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

<b>LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)</b>		<b>Ubicación :</b> Calicata C2			<b>Potencia :</b> 0.50 m			
		<b>Estrato :</b> M-2						
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			<b>Limites de Consistencia</b>
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.36	87.45	101.20	36.90	38.80	34.90	Límite Líquido: LL = 26.77%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	78.26	80.25	95.78	36.40	38.36	34.40	Límite Plástico: LP = 17.11%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	33.24	36.12	31.25	Índice de Plasticidad IP = 9.66%
Peso de la Muestra Seca	Gr	53.26	55.15	70.58	3.16	2.24	3.15	Contenido de Humedad Wn = 12.87%
Peso del Agua	Gr	20.10	7.20	5.42	0.50	0.44	0.50	Grado de Consistencia : Kw = 1.44
Contenido de Humedad	%	37.74	13.06	7.68	15.82	19.64	15.87	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida
<b>Número de Golpes</b>		<b>32</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>Promedio :</b>		<b>17.11</b>	

Calicata :	C2
Estrato :	M-2
Potencia :	0.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
32	37.74
18	13.06
8	7.68
25	27.915



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.  
 E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas

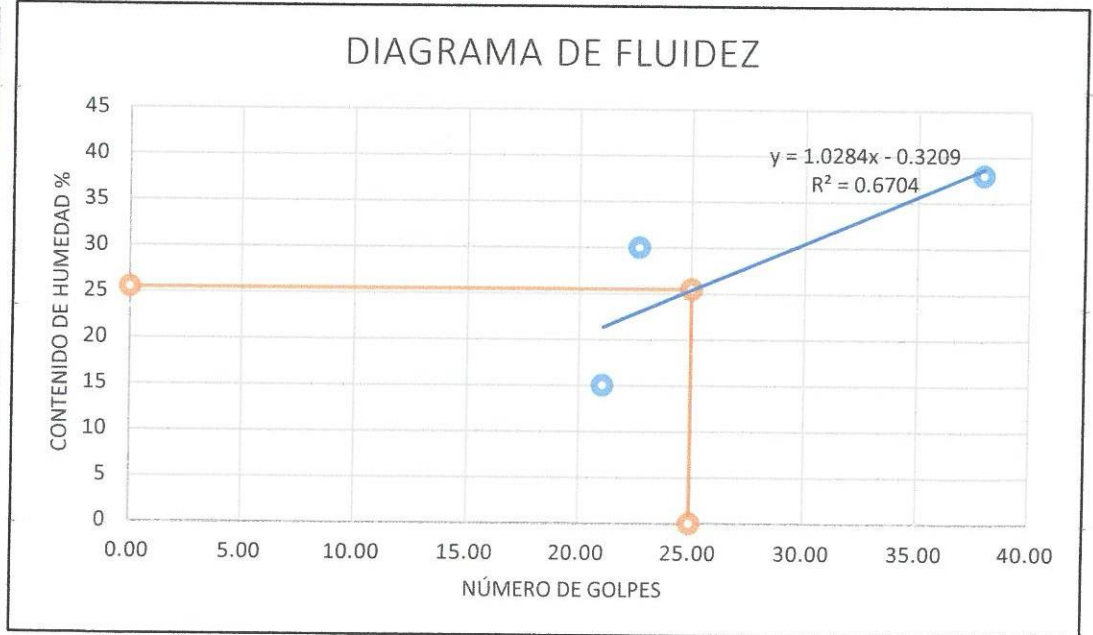
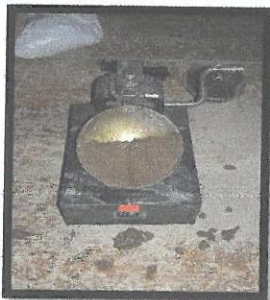


**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

Ensayo : LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319  
 Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 03/10/19  
 Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
 Materiales tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)		Ubicación : Calicata C2			Potencia : 1.00 m				
		Estrato : M-2							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	100.25	95.45	110.65	37.23	39.20	35.18	Límite Líquido: LL = 28.56%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	78.26	80.25	95.78	36.87	38.78	34.10	Límite Plástico: LP = 21.20%	
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	33.24	36.12	31.25	Índice de Plasticidad IP = 7.36%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	53.26	55.15	70.58	3.63	2.66	2.85	Contenido de Humedad Wn = 11.98%	
Peso del Agua	Gr	21.99	15.20	14.87	0.36	0.42	1.08	Grado de Consistencia : Kw = 2.25	
Contenido de Humedad	%	41.29	27.56	21.07	9.92	15.79	37.89	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		39	26	15	Promedio :		21.20		

Calicata :	C2
Estrato :	M-2
Potencia :	1.00 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
39	41.29
26	27.56
15	21.07
25	30.158



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas

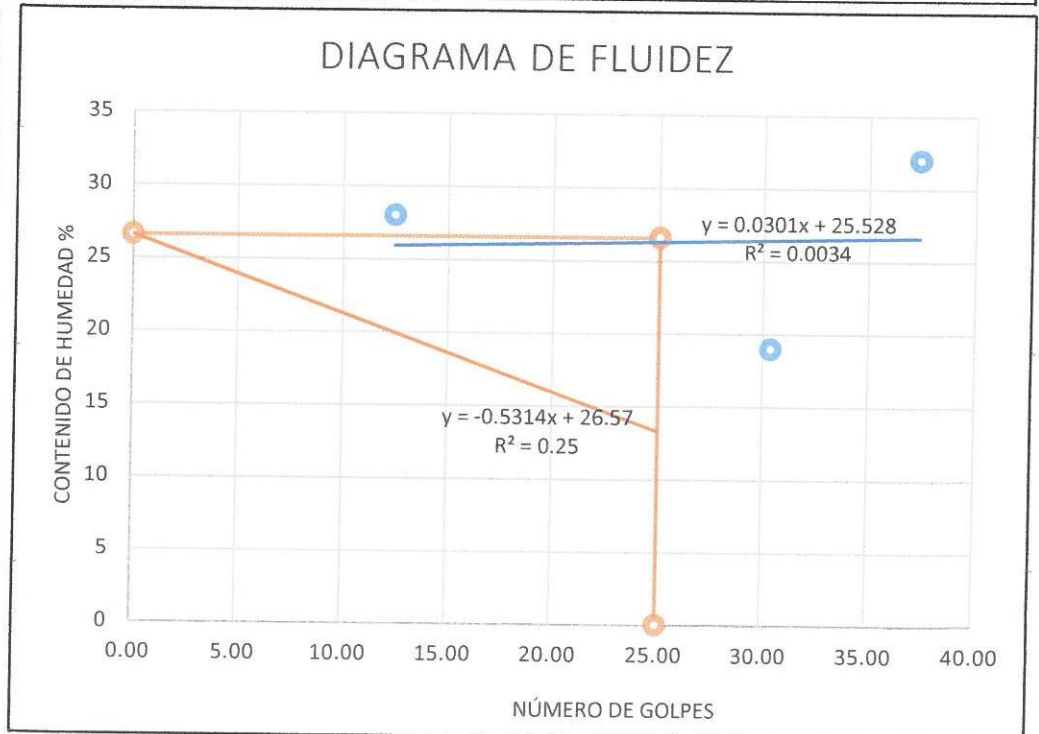
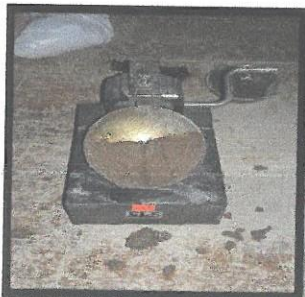


**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

Ensayo : LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319  
 Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 03/10/19  
 Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
 Materiales : tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)		Ubicación :	Calicata	C2	Potencia :	1.50 m		
		Estrato :	M-2					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.75	88.32	110.25	38.32	39.20	35.18	Límite Líquido: LL = 26.57%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	78.69	81.32	90.45	36.87	38.78	34.10	Límite Plástico: LP = 21.89%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	30.12	32.10	31.25	Índice de Plasticidad IP = 4.68%
Peso de la Muestra Seca	Gr	53.69	56.22	65.25	6.75	6.68	2.85	Contenido de Humedad Wn = 21.97%
Peso del Agua	Gr	20.06	7.00	19.80	1.45	0.42	1.08	Grado de Consistencia : Kw = 0.98
Contenido de Humedad	%	37.36	12.45	30.34	21.48	6.29	37.89	Grado de Consistencia : Plástica
Número de Golpes		32	28	19	Promedio :		21.89	

Calicata :	C2
Estrato :	M-2
Potencia :	1.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
32	37.36
28	12.45
19	30.34
25	26.717



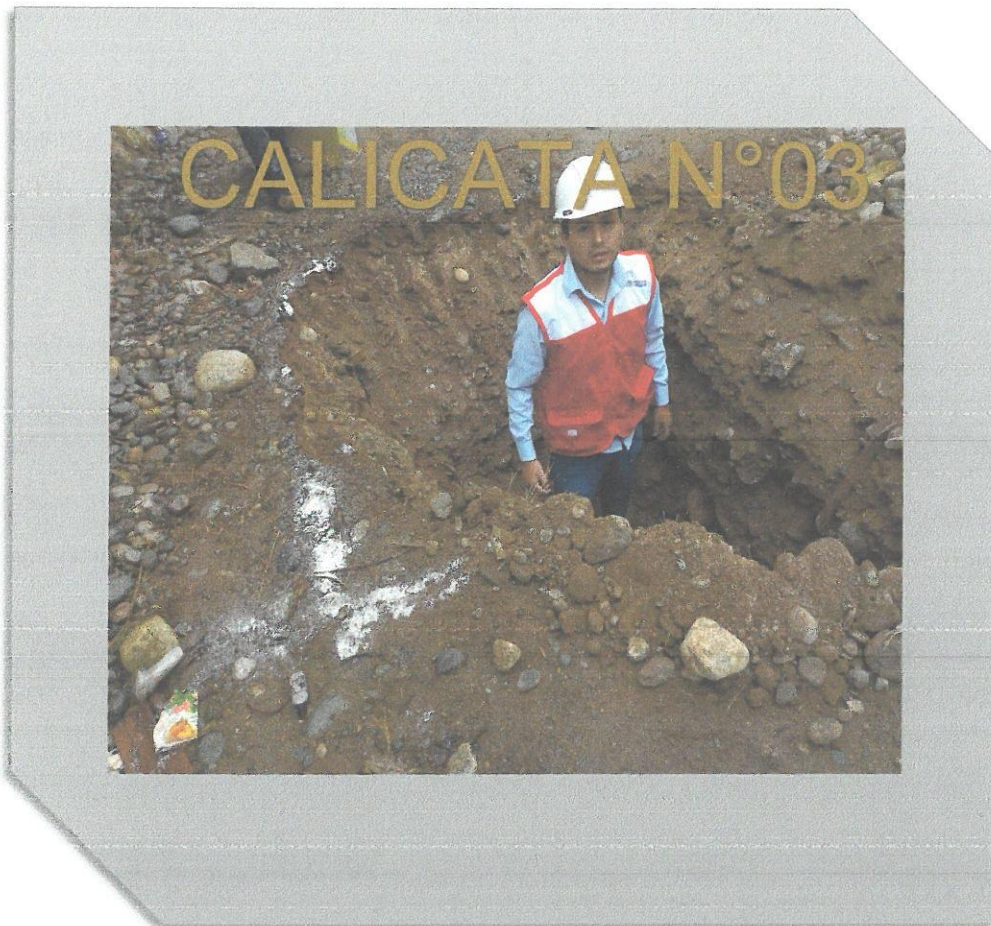
Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## CONTENIDO DE HUMEDAD

<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AGUA(HUMEDAD) EN LABORATORIO DE SUELOS- METODOS "B"</b>
Tesis: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019".
Tesista: BACH. GERSON STIFF, AVILA ALVAREZ.
Ubicación: CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 2+050 M.
Fecha: setiembre del 2019.

### 1.-Referencias:

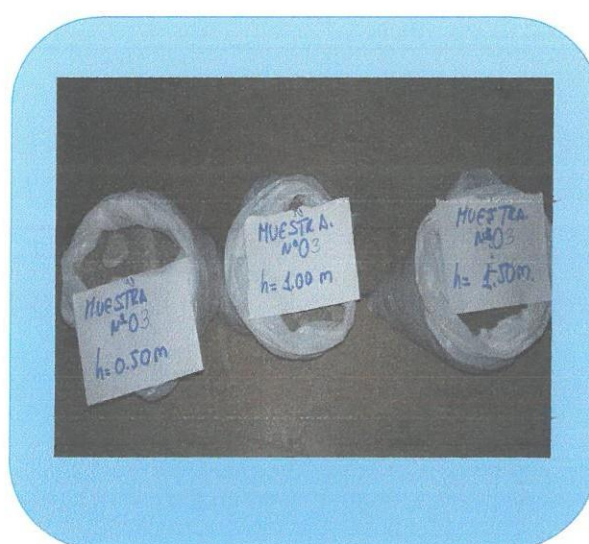
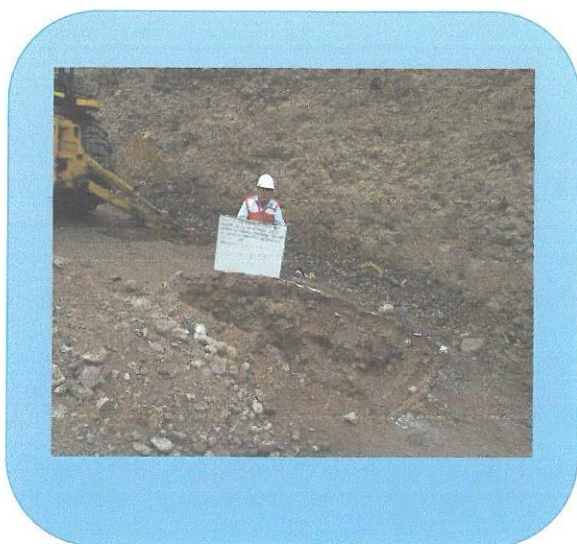
ASTM D-2216, standard test Method for laboratory determination of water (Moisture)content of soli and Rock by masa.

ASTM D-4643, Standard test Method for Determination of water (Moisture) content of soil by the Microwave Oven Heating.

AASHTO T-265, Laboratory Determination of Moisture Content of soila.

**2.-objetivo:** Determinar el contenido de humedad del material suelo por masa.

**3.-Materiales:** Balanza digital, bandejas, horno.







**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**4.- Datos de muestreo:**

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	<b>C-3</b>
profundidad de muestreo	<b>0.50 m</b>	Muestra N°01	<b>M-3</b>	Estrato N°	<b>E-03</b>
coordenadas geodésicas:	ESTE:9950425 m	NORTE:76328125 m	msnm:2014.3		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 2+050, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	10.00 a.m.- 12:30 p.m.				

**5.-análisis.**

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	688.21	758.90	783.40
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	570.78	710.56	654.12
Peso de la Tara	Gr	47.30	40.80	41.10
Peso de la Muestra Seca	Gr	492.95	658.00	565.40
Peso del Agua	Gr	158.75	60.10	176.90
Contenido de Humedad	%	32.20	9.13	31.29
<b>Promedio</b>		<b>16.91</b>		

**6.-Resultados.**

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>16.91 %</b>
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	<b>208.86 gr-cm3</b>





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**1.- Datos de muestreo:**

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	<b>C-3</b>
profundidad de muestreo	<b>1.00 m</b>	Muestra N°02	<b>M-3</b>	Estrato N°	<b>E-03</b>
coordenadas geodésicas:	ESTE:9950425 m	NORTE:76328125 m	msnm:2014.3		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 2+050, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	10.00 a.m.- 12:30 p.m.				

**2.-análisis.**

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	613.00	596.40	715.50
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	587.36	565.32	654.21
Peso de la Tara	Gr	47.40	41.20	46.90
Peso de la Muestra Seca	Gr	539.81	524.12	607.31
Peso del Agua	Gr	25.79	31.08	61.29
Contenido de Humedad	%	4.78	5.93	10.09
Promedio		<b>7.52</b>		

**3.-Resultados.**

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>7.52 %</b>
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	<b>86.15 gr-cm3</b>





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



### 1.- Datos de muestreo:

Fecha de exploración	16/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	<b>C-3</b>
profundidad de muestreo	<b>1.50 m</b>	Muestra N°03	<b>M-3</b>	Estrato N°	<b>E-03</b>
coordenadas geodésicas:	ESTE:9950425 m	NORTE:76328125 m	msnm:2014.3		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 2+050, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	10.00 a.m.- 12:30 p.m.				

### 2.-análisis.

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	665.20	713.40	677.50
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	597.20	653.50	614.50
Peso de la Tara	Gr	41.20	47.50	40.90
Peso de la Muestra Seca	Gr	556.00	605.90	573.60
Peso del Agua	Gr	68.00	60.00	63.00
Contenido de Humedad	%	12.23	9.90	10.98
Promedio		11.03		

### 3.-Resultados.

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.03 %
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	149.0 gr-cm3

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



# ANÁLISIS GRANDULOMÉTRICO

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS :** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO 2019"

**Tesista:** *Bach. Avila Alvarez Gerson Stiff*

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**1.- Referencias:**

NTP 339.128 Analisis Granulométrico por Tamizado

**2.-Objetivo:** Determinar la distribución por tamaño de las partículas de una muestra, utilizando una serie de tamices normalizados.

**3.- Materiales:** un juego de tamices normalizados, un horno, una balanza, bandeja metálica, Contenedores, recipientes plásticos y escobilla.

**4.-Análisis:** Determinar la distribución por tamaño de la partículas de una muestra.

Peso Inicial de la Muestra Seca		613.30	Ubicación :		Carretera Huánuco-Marabamba, KM 2+050	
Peso de la Muestra Después del Labado		608.42	calicata :		M-3	
Perdida por Lavado		4.88	Potencia:			
Tolerancia	0.80	%	Correcto			
Tamiz	Abertura ( mm )	Retenido		% retenido acumulado	% pasante acumulado	
		( gr. )	( % )			
3"	75.000		0.00	0.00	100.00	D60 = 5.13
2. 1/2"	63.000		0.00	0.00	100.00	D30 = 0.86
2"	50.000		0.00	0.00	100.00	D10 = 0.57
1.1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.00	%Gravas 28.27
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00	%Arenas 71.60
1/2"	12.500	16	2.61	2.61	97.39	%Finos 0.13
3/8"	9.500	16.2	2.65	5.26	94.74	
1/4"	6.300	20.1	3.28	8.54	91.46	Cu = 9.000
4	4.750	20.3	3.32	11.86	88.14	Cc = 0.253
8	2.360	25.6	4.18	16.04	83.96	
10	2.000	38.4	6.27	22.31	77.69	Peso Muestra lavado Seco:
20	0.841	65.8	10.75	33.06	66.94	
30	0.600	58.5	9.55	42.61	57.39	612.30
40	0.425	72.3	11.81	54.42	45.58	
60	0.250	55.2	9.02	63.43	36.57	
80	0.177	65.6	10.71	74.15	25.85	
100	0.150	72.1	11.78	85.92	14.08	
200	0.075	85.4	13.95	99.87	0.13	
Cazoleta		0.8	0.13	100.00	0.00	
Total Retenido :		612.30	100.00			

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





# LIMITES DE ATTERBERG





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



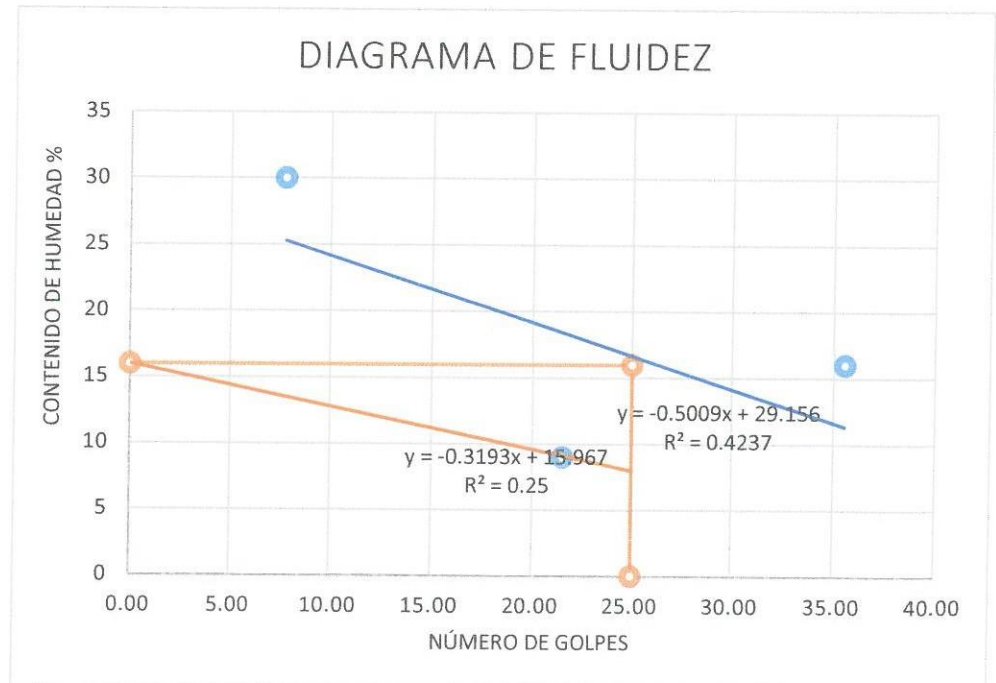
**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318  
**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319  
**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19  
**Objetivo :** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csgrande , espátula y probeta.

**LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)** Ubicación : Calicata C3 Potencia : 0.50 m  
 Estrato : M-3

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
		1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	105.65	110.78	105.85	36.90	38.80	34.90	Límite Líquid LL = 24,18%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	75.36	98.36	96.35	36.75	38.35	34.40	Límite Plástico LP = 13,44%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.50	28.50	33.24	36.12	31.25	Índice de Plas IP = 10,74%
Peso de la Muestra Seca	Gr	50.36	72.86	67.85	3.51	2.23	3.15	Contenido de H W <sub>n</sub> = 16,91%
Peso del Agua	Gr	30.29	12.42	9.50	0.15	0.45	0.50	Grado de Consit Kw = 0,68
Contenido de Humedad	%	60.15	17.05	14.00	4.27	20.18	15.87	Grado de Consit Suave
Número de Golpes		9	22	34	Promedio :		13.44	

Calicata :	C3
Estrato :	M-3
Potencia :	0.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
9	60.15
22	17.05
34	14.00
25	20.090



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas

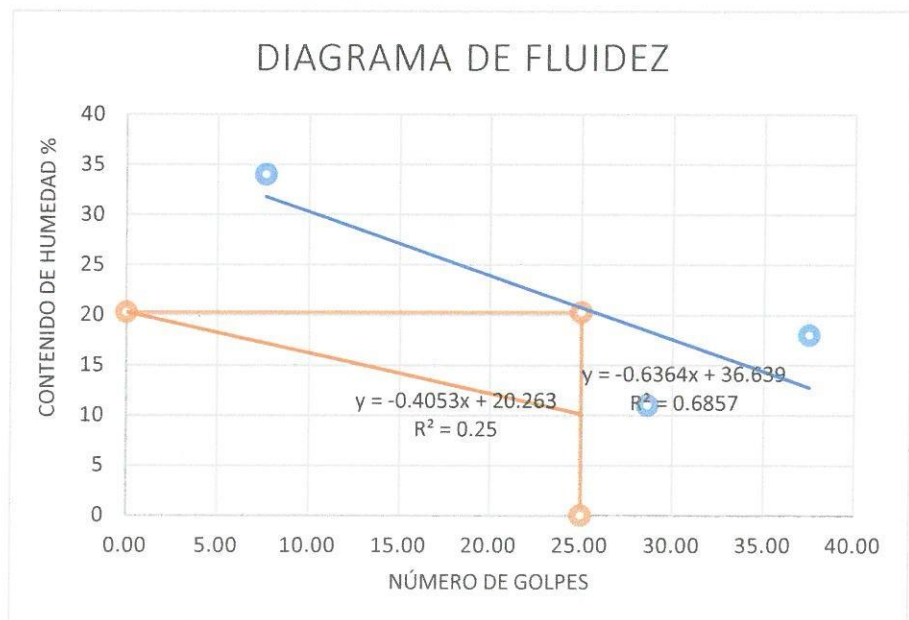


**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318  
**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319  
**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19  
**Objetivo :** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

<b>LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)</b>		<b>Ubicación :</b> Calicata C3			<b>Potencia :</b> 1.00 m			
		<b>Estrato :</b> M-3						
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			<b>Límites de Consistencia</b>
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	80.45	115.32	101.47	35.36	38.10	35.68	Límite Líquid LL = 20.86%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	65.33	95.34	85.36	35.20	38.20	34.52	Límite Plástico LP = 12.06%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.50	28.50	32.30	36.12	31.25	Índice de Plas IP = 8.79%
Peso de la Muestra Seca	Gr	40.33	69.84	56.86	2.90	2.08	3.27	Contenido de HWn = 7.52%
Peso del Agua	Gr	15.12	19.98	4.98	0.16	-0.10	1.16	Grado de Consi Kw = 1.52
Contenido de Humedad	%	37.49	28.61	8.76	5.52	-4.81	35.47	Grado de Consi Media Dura , Sólida
<b>Número de Golpes</b>		18	11	34	<b>Promedio :</b>		12.06	

<b>Calicata :</b> C3	
<b>Estrato :</b> M-3	
<b>Potencia :</b> 1.00 m	
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>
18	37.49
11	28.61
34	8.76
25	19.647



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)







**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas

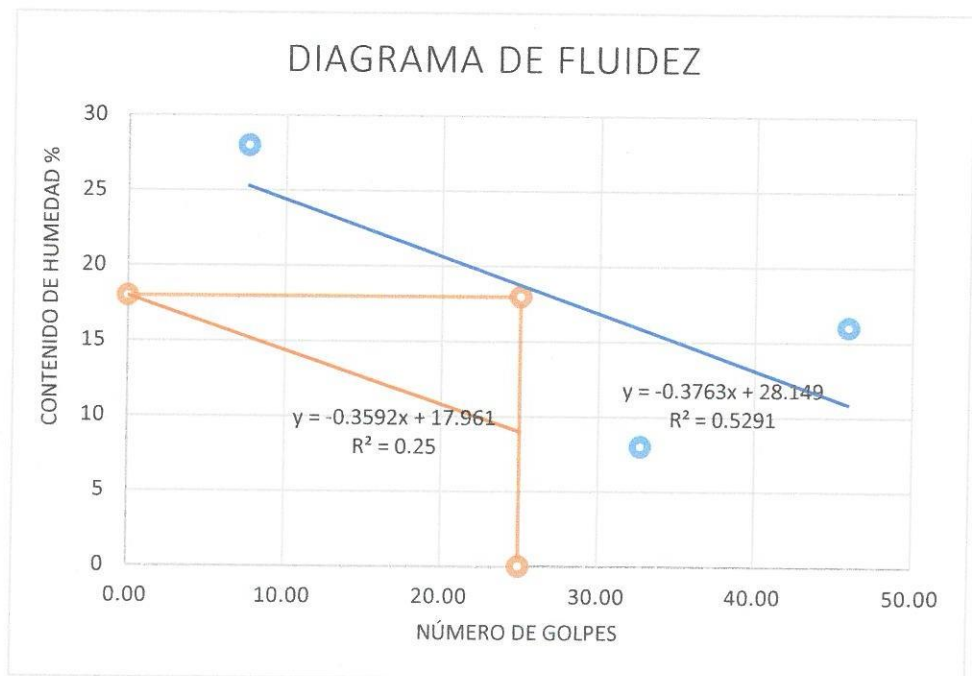
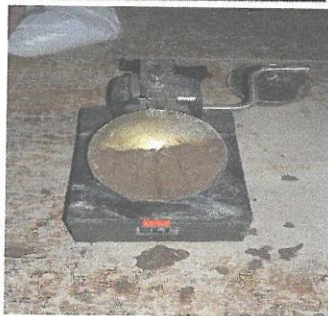


**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318  
**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319  
**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19  
**Objetivo :** Determinar los Limites de Atterberg en los Suelos.  
**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

<b>LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)</b>		<b>Ubicación :</b> Calicata C3			<b>Potencia :</b> 1.50 m			
		<b>Estrato :</b> M-3						
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			<b>Limites de Consistencia</b>
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.65	120.42	110.25	35.80	38.10	35.95	Límite Líquido LL = 20.42%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	72.36	90.25	93.65	35.35	38.00	35.30	Límite Plástico LP = 12.04%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.50	28.50	32.30	36.12	31.25	Índice de Plas IP = 8.38%
Peso de la Muestra Seca	Gr	47.36	64.75	65.15	3.05	1.88	4.05	Contenido de HWn = 11.03%
Peso del Agua	Gr	26.29	30.17	4.98	0.45	0.10	0.65	Grado de Consis Kw = 1.12
Contenido de Humedad	%	55.51	46.59	7.64	14.75	5.32	16.05	Grado de Consis Media Dura , Sólida
<b>Número de Golpes</b>		<b>16</b>	<b>8</b>	<b>28</b>	<b>Promedio :</b> 12.04			

<b>Calicata :</b> C3	
<b>Estrato :</b> M-3	
<b>Potencia :</b> 1.50 m	
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>
16	55.51
8	46.59
28	7.64
25	22.168



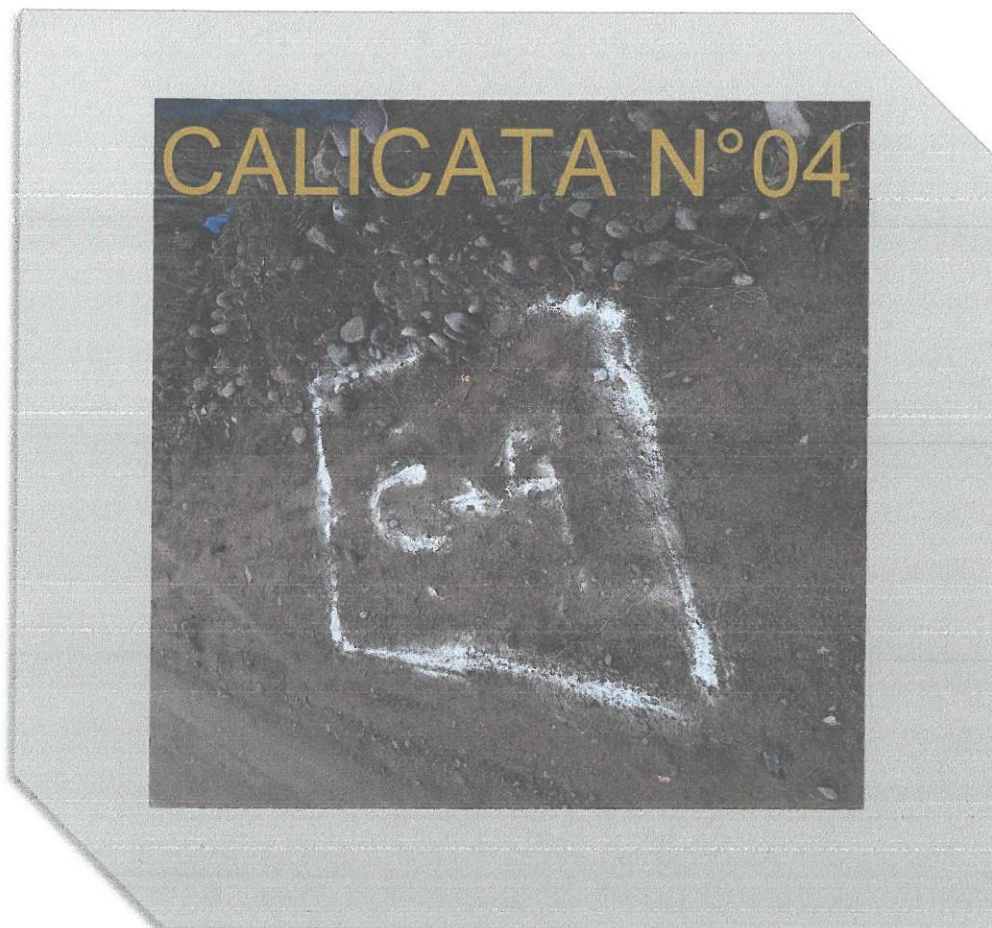
Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## CONTENIDO DE HUMEDAD

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AGUA(HUMEDAD) EN LABORATORIO DE SUELOS- METODOS "B"
Tesis: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019".
Tesista: BACH. GERSON STIFF, AVILA ALVAREZ.
Ubicación: CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 2+650 M.
Fecha: setiembre del 2019.

### 1.-Referencias:

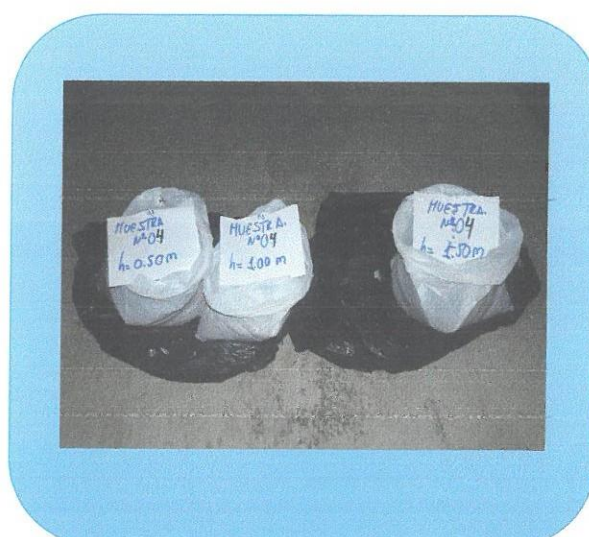
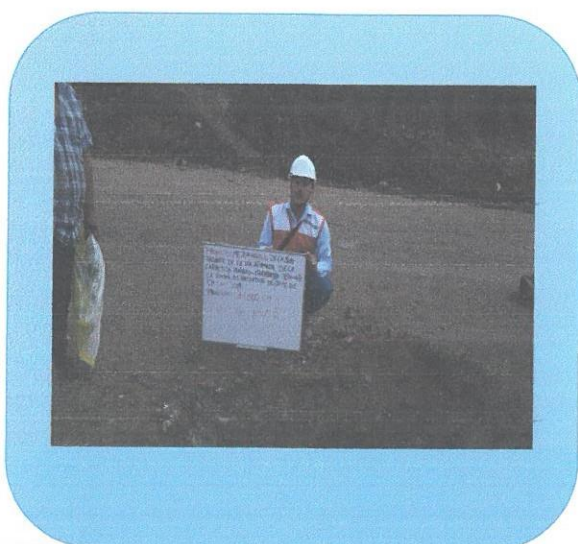
ASTM D-2216, standard test Method for laboratory determination of water (Moisture)content of soli and Rock by masa.

ASTM D-4643, Standard test Method for Determination of water (Moisture) content of soil by the Microwave Oven Heating.

AASHTO T-265, Laboratory Determination of Moisture Content of soila.

2.-objetivo: Determinar el contenido de humedad del material suelo por masa.

3.-Materiales: Balanza digital, bandejas, horno.



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



#### 4.- Datos de muestreo:

Fecha de exploración	17/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	C-4
profundidad de muestreo	0.50 m	Muestra N°01	M-4	Estrato N°	E-04
coordenadas geodésicas:	ESTE:9947054 m	NORTE:76256706 m	msnm:2021.5		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 2+650, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	3:00 p.m.- 6:00 p.m.				

#### 4.-análisis.

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	765.30	840.90	785.70
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	678.32	755.36	710.32
Peso de la Tara	Gr	47.00	41.10	41.20
Peso de la Muestra Seca	Gr	663.50	757.53	694.40
Peso del Agua	Gr	54.80	42.27	50.10
Contenido de Humedad	%	8.26	5.58	7.21
Promedio		12.34		

#### 5.-Resultados.

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.34 %
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	197.65 gr-cm <sup>3</sup>

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



### 1.- Datos de muestreo:

Fecha de exploración	17/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	C-4
profundidad de muestreo	1.00 m	Muestra N°02	M-4	Estrato N°	E-04
coordenadas geodésicas:	ESTE:9947054 m	NORTE:76256706 m	msnm:2021.5		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 2+650, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	3:00 p.m.- 6:00 p.m.				

### 2.-análisis.

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	664.00	595.80	712.40
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	605.10	535.32	671.54
Peso de la Tara	Gr	47.30	40.80	41.00
Peso de la Muestra Seca	Gr	557.80	505.00	630.54
Peso del Agua	Gr	58.90	50.00	40.86
Contenido de Humedad	%	10.56	9.90	6.48
Promedio		9.76		

### 3.-Resultados.

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.76 %
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	133.0 gr-cm <sup>3</sup>

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**1.- Datos de muestreo:**

Fecha de exploración	17/09/2019	tipo/forma de muestreo	mit.	calicata N°	<b>C-4</b>
profundidad de muestreo	<b>1.50 m</b>	Muestra N°03	<b>M-4</b>	Estrato N°	<b>E-04</b>
coordenadas geodésicas:	ESTE:9947054 m	NORTE:76256706 m	msnm:2021.5		
Localización	TRAMO: LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA, KM 2+650, CALICATA REALIZADO AL LADO DERECHO DEL EJE DE LA CARRETERA.				
Hora de ensayo	3:00 p.m.- 6:00 p.m.				

**2.-análisis.**

Tara Número	Unidades	M-1	M-2	M-3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	685.10	744.90	729.10
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	640.35	719.69	659.36
Peso de la Tara	Gr	41.00	41.20	47.40
Peso de la Muestra Seca	Gr	614.10	680.16	631.92
Peso del Agua	Gr	30.00	23.54	49.78
Contenido de Humedad	%	4.89	3.46	7.88
<b>Promedio</b>		<b>7.53</b>		

**3.-Resultados.**

PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.53 %
GRAMOS DE AGUA-VOLUMEN DE AGUA CONTENIDO EN EL SUELO NATURAL EN EL PUNTO DE INVESTIGACIÓN.	93.21 gr-cm3

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



# ANÁLISIS GRANDULOMÉTRICO

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS :** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO 2019"

**Tesista:** Bach. Avila Alvarez Gerson Stiff

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

### 1.- Referencias:

NTP 339.128 Analisis Grandulométrico por Tamizado

2.-Objetivo: Determinar la distribución por tamaño de las partículas de una muestra, utilizando una serie de tamices normalizados.

3.- Materiales: un juego de tamices normalizados, un horno, una balanza, bandeja metálica, contenedores, recipientes plásticos y escobilla.

4.-Análisis: Determinar la distribución por tamaño de la partículas de una muestra.

Peso Inicial de la Muestra Seca		603.30		Ubicación :	Carretera Huánuco-Marabamba, KM 2+650	
Peso de la Muestra Después del Labado		597.88		calicata :	M-4	
Perdida por Lavado		5.42		Potencia:		
Tolerancia	0.90	%	Correcto			
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido		% retenido acumulado	% pasante acumulado	
		(gr.)	(%)			
3"	75.000		0.00	0.00	100.00	D60 = 7.36
2. 1/2"	63.000		0.00	0.00	100.00	D30 = 0.95
2"	50.000		0.00	0.00	100.00	D10 = 0.64
1.1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.00	%Gravas 68.51
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00	%Arenas 31.36
1/2"	12.500	41.1	6.81	6.81	93.19	%Finos 0.13
3/8"	9.500	37.7	6.25	13.06	86.94	
1/4"	6.300	53	8.79	21.85	78.15	Cu = 11.500
4	4.750	29.8	4.94	26.79	73.21	Cc = 0.192
8	2.360	69.9	11.59	38.37	61.63	
10	2.000	16.1	2.67	41.04	58.96	Peso Muestra lavado
20	0.841	112.8	18.70	59.74	40.26	Seco:
30	0.600	42.6	7.06	66.80	33.20	603.30
40	0.425	35.6	5.90	72.70	27.30	
60	0.250	49.7	8.24	80.94	19.06	
80	0.177	20.8	3.45	84.39	15.61	
100	0.150	46.7	7.74	92.13	7.87	
200	0.075	46.7	7.74	99.87	0.13	
Cazoleta		0.8	0.13	100.00	0.00	
Total Retenido :		603.30	100.00			

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

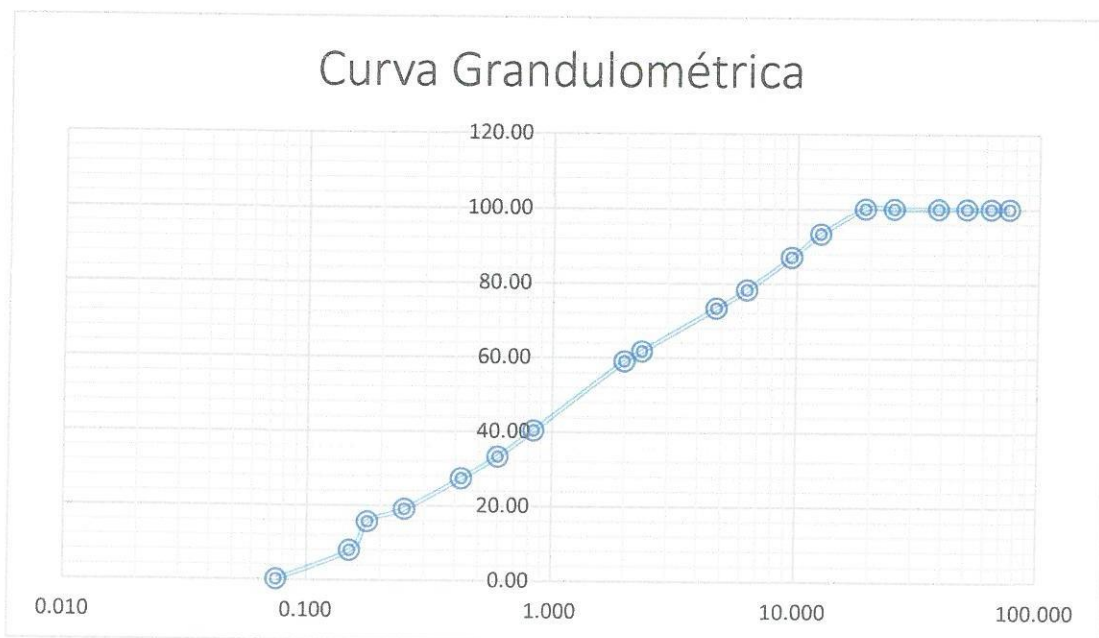
E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)







**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





# LIMITES DE ATTERBERG





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas

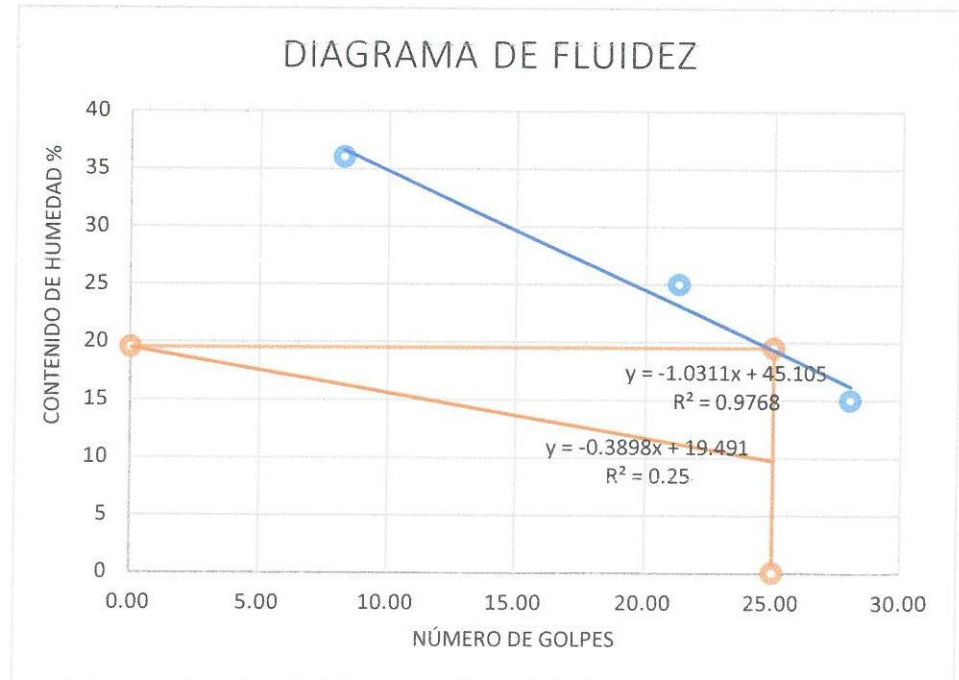


**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

Ensayo : LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319  
 Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 04/10/19  
 Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
 Materiales tamiz # 40, balanza eléctrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)		Ubicación : Calicata C4			Potencia : 0.50 m			
		Estrato : M-4						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.65	120.42	110.25	35.80	38.10	35.95	Límite Líquido: LL = 32.82%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	75.65	92.35	94.36	35.35	38.00	34.45	Límite Plástico: LP = 22.32%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.50	28.50	32.30	36.12	31.25	Índice de Plasticidad: IP = 10.51%
Peso de la Muestra Seca	Gr	50.65	66.85	65.86	3.05	1.88	3.20	Contenido de Humedad: Wn = 9.76%
Peso del Agua	Gr	23.00	28.07	15.89	0.45	0.10	1.50	Grado de Consistencia: Kw = 2.19
Contenido de Humedad	%	45.41	41.99	24.13	14.75	5.32	46.88	Grado de Consistencia: Media Dura , Sólida
Número de Golpes		8	16	35	Promedio :		22.32	

Calicata :	C4
Estrato :	M-4
Potencia :	0.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
8	45.41
16	41.99
35	24.13
25	31.096



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL

Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"

**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

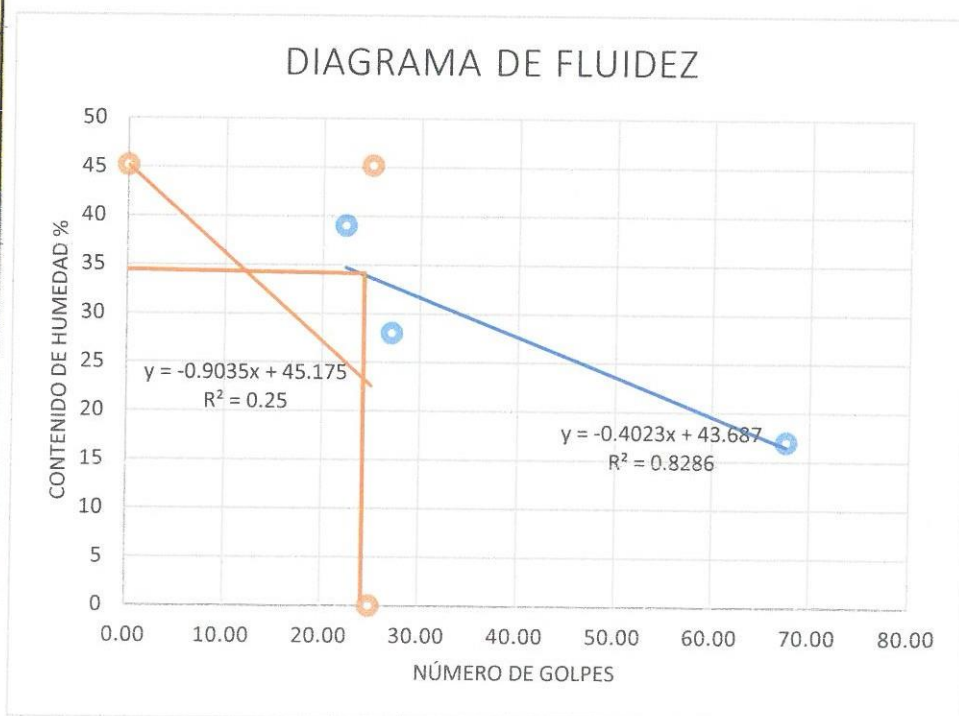
Ensayo : LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319

Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 04/10/19  
 Objetivo : Determinar los Limites de Atterberg en los Suelos.  
 Materiales tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) Ubicación : Calicata C4 Potencia : 1.00 m  
 Estrato : M-4

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Limites de Consistencia
		1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	89.32	100.36	110.69	37.58	40.01	35.10	Límite Líquido: LL = 26.76%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	75.65	82.36	95.32	37.00	39.50	34.60	Límite Plástico: LP = 15.15%
Peso de la Tara	Gr	25.20	25.10	26.36	33.24	36.12	31.25	Índice de Plasticidad: IP = 11.62%
Peso de la Muestra Seca	Gr	50.45	57.26	68.96	3.76	3.38	3.35	Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> = 9.76%
Peso del Agua	Gr	13.67	18.00	15.37	0.58	0.51	0.50	Grado de Consistencia: K <sub>w</sub> = 1.46
Contenido de Humedad	%	27.10	31.44	22.29	15.43	15.09	14.93	Grado de Consistencia: Media Dura , Sólida
Número de Golpes		14	21	38	Promedio :			15.15

Calicata : C4	
Estrato : M-4	
Potencia : 1.00 m	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
14	27.10
21	31.44
38	22.29
25	26.315



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)



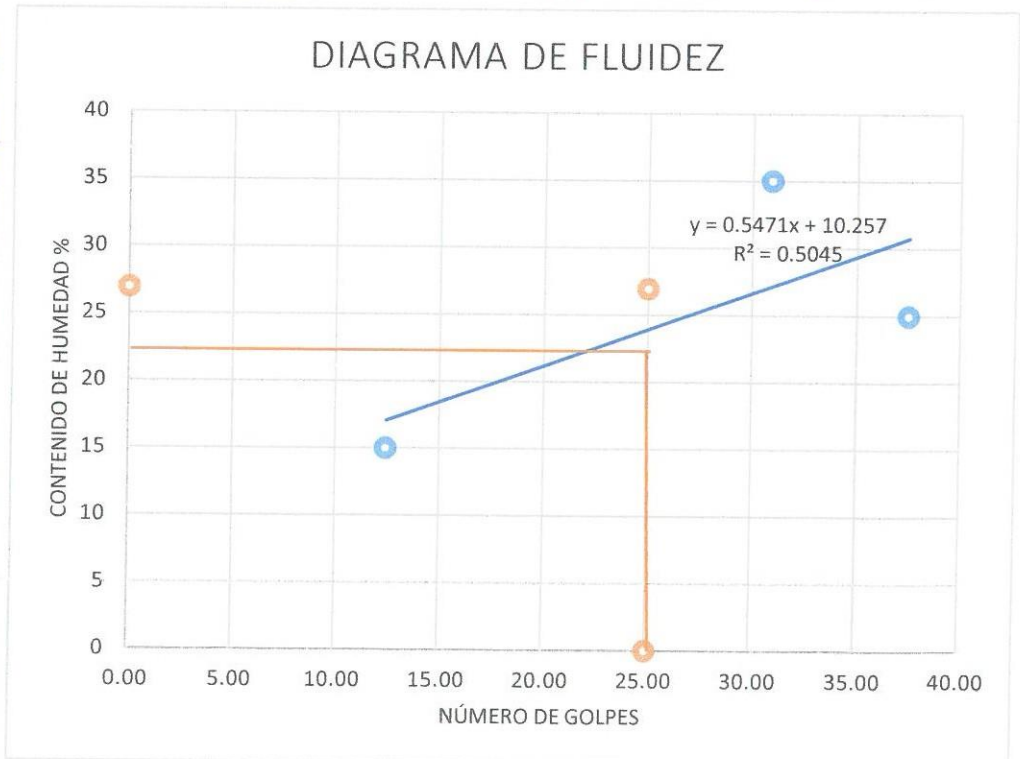
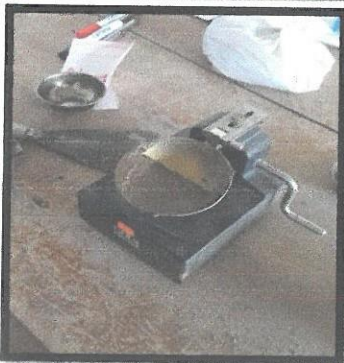


**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b> "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"									
<b>TESISTA</b> Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez									
Ensayo : LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)									
LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318									
LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319									
Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 04/10/19									
Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.									
Materiales tamiz # 40, balanza eléctrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.									
LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129)			Ubicación : Calicata C4			Potencia : 1.50 m			
			Estrato : M-4						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.75	88.32	110.25	38.32	39.20	35.18	Límite Líquido: LL = 26.95%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	78.69	81.32	90.45	36.87	38.78	34.10	Límite Plástico: LP = 19.22%	
Peso de la Tara	Gr	25.20	25.10	26.36	30.20	30.50	30.60	Índice de Plasticidad : IP = 7.73%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	53.49	56.22	64.09	6.67	8.28	3.50	Contenido de Humedad : Wn = 7.53%	
Peso del Agua	Gr	20.06	7.00	19.80	1.45	0.42	1.08	Grado de Consistencia : Kw = 2.51	
Contenido de Humedad	%	37.50	12.45	30.89	21.74	5.07	30.86	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		25	15	35	Promedio :		19.22		

Calicata :	C4
Estrato :	M-4
Potencia :	1.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
25	37.50
15	12.45
35	30.89
25	24.650



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)



UBICACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR)**

ASTM D 1557

**Datos de muestra**

Ubicación(Km) : 1+100.00 km Fuente: Marabamba  
 Calicata : C-2 Tipo de Material: Suelo  
 Muestra : M-3  
 Prof. (m) : 0.10-2.50 m  
 Fecha : 8 de octubre 2019

**Compactación**

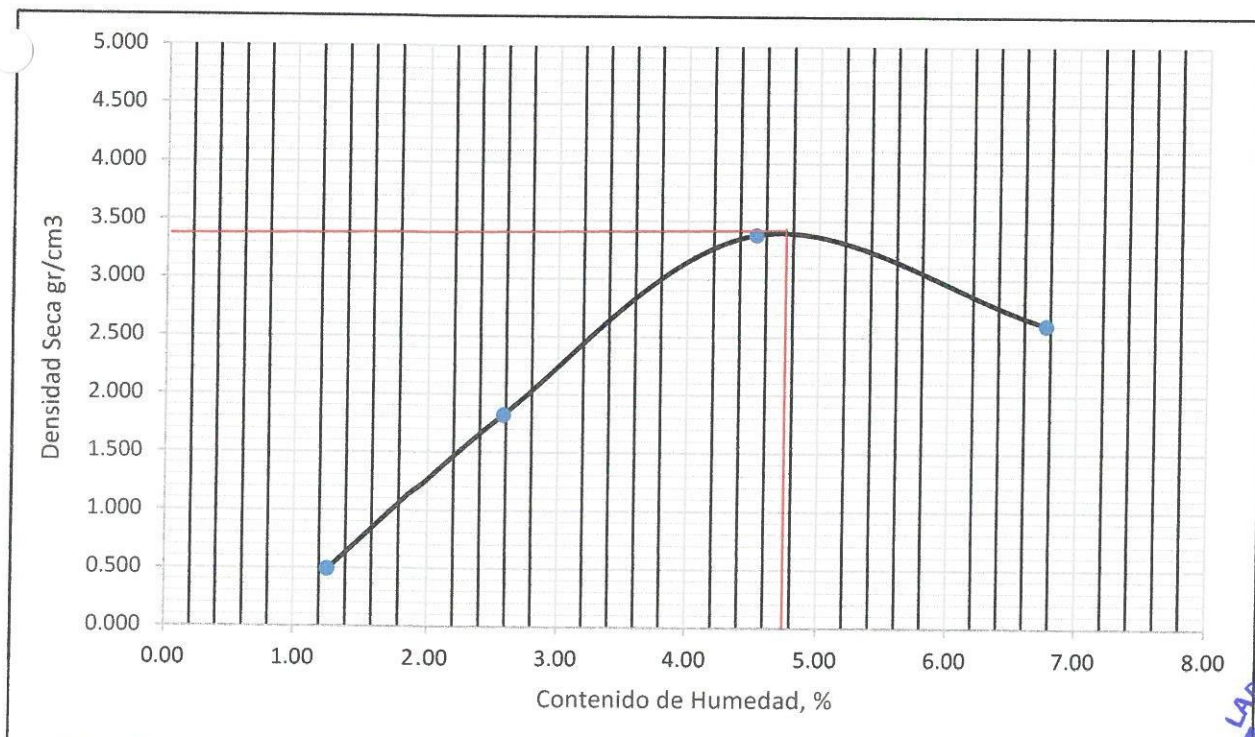
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15268.3	18208.9	21772.4	20167.2
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1066.8	4007.4	7570.9	5965.7
Área del molde (cm <sup>2</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.498	1.870	3.533	2.784

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	853.40	761.40	832.80	835.20
Tara + suelo seco (gr.)	843.40	743.40	798.80	785.20
Peso de agua (gr.)	10.00	18.00	34.00	50.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	793.40	698.10	751.90	739.00
Humedad (%)	1.26	2.58	4.52	6.77
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.492	1.823	3.380	2.607

Maxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	3.385
Optimo Contenido de Humedad (%)	4.81

**CURVA DE COMPACTACIÓN**





**UBCACIÓN:** Marabamba **DISTRITO:** Pillco Marca **PROVINCIA:** Huánuco  
**TRAMO:** KM2+050.00 M **DEPARTAMENTO:** Huánuco  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR)**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	2+050.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-3	Tipo de Material:	Suelo
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	10 de octubre 2019		

**Compactación**

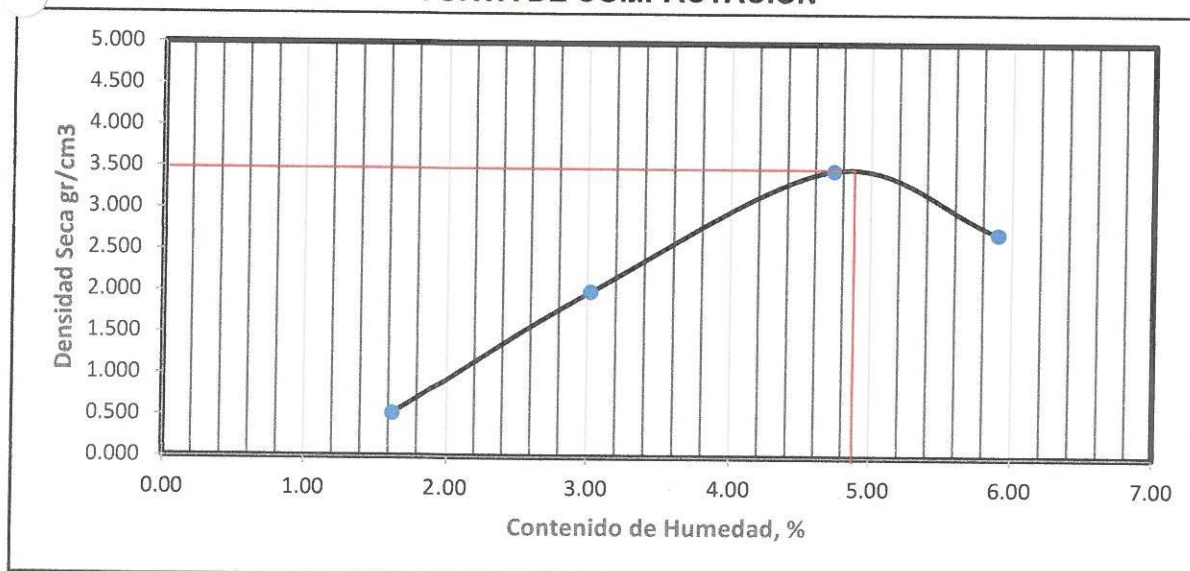
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15339.3	18598.3	21979.7	20335.1
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1137.8	4396.8	7778.2	6133.6
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.531	2.052	3.629	2.862

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	886.00	813.00	844.00	785.00
Tara + suelo seco (gr.)	874.00	793.00	812.00	749.00
Peso de agua (gr.)	12.00	20.00	32.00	36.00
Peso de tara (gr.)	136.00	131.00	136.00	139.00
Peso de suelo seco (gr.)	738.00	662.00	676.00	610.00
Humedad (%)	1.63	3.02	4.73	5.90
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.522	1.991	3.465	2.703

Maxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	:	<b>3.515</b>
Optimo Contenido de Humedad (%)	:	<b>4.93</b>

**CURVA DE COMPACTACIÓN**





**UBCACIÓN:** Marabamba    **DISTRITO:** Pillco Marca    **PROVINCIA:** Huánuco  
**TRAMO:** KM2+650.00 M    **DEPARTAMENTO:** Huánuco  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR)**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	2+650.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-4	Tipo de Material:	Suelo
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	9 de octubre 2019		

**Compactación**

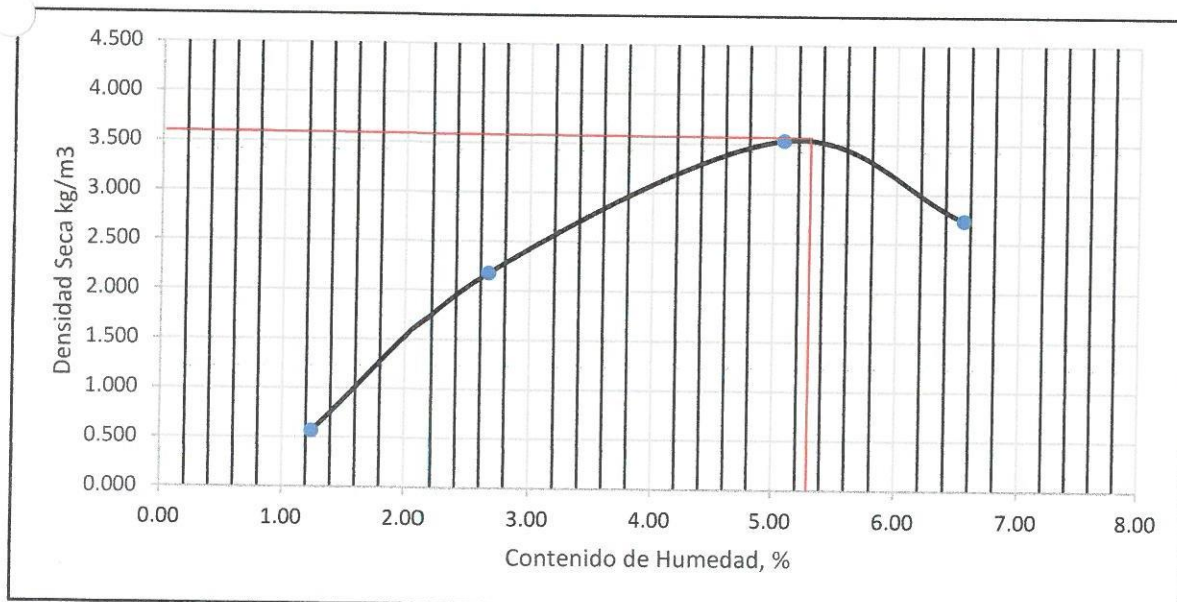
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15437.3	18993.1	22158.8	20440.8
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1235.8	4791.6	7957.3	6239.3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.577	2.236	3.713	2.911

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	950.00	902.00	860.00	790.00
Tara + suelo seco (gr.)	940.00	882.00	825.00	750.00
Peso de agua (gr.)	10.00	20.00	35.00	40.00
Peso de tara (gr.)	136.00	131.00	136.00	139.00
Peso de suelo seco (gr.)	804.00	751.00	689.00	611.00
Humedad (%)	1.24	2.66	5.08	6.55
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.570	2.178	3.533	2.732

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	:	<b>3.453</b>
Óptimo Contenido de Humedad (%)	:	<b>5.15</b>

**CURVA DE COMPACTACIÓN**







COMPACTACION C B R																		
MOLDE	1			2			3											
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4											
N° Capas	5			5			5											
N°Golp x Capa	10			26			66											
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES								
P. Húm.+ Molde	16105.60			16191.59			16598.80			16839.75			16579.30			16539.92		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	1904.10			1990.09			2397.30			2638.25			2377.80			2338.42		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.71			1.79			2.15			2.37			2.14			2.10		
Número de Ensayo	1-A		1-B		1-C		2-A		2-B		2-C		3-A		3-B		3-C	
P.Húmedo + Tara	765.30		755.60		789.65		886.60		882.50		180.60		165.32		165.70		168.65	
Peso Seco + Tara	659.70		654.32		654.00		709.00		613.00		131.70		142.40		147.80		149.60	
Peso Agua (gr)	105.60		101.28		135.65		177.60		269.50		48.90		22.92		17.90		19.05	
Peso Tara (gr)	35.10		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20	
P. Muestra Seca	624.60		620.12		619.80		674.80		578.80		97.50		108.20		113.60		115.40	
Cont. Humedad	16.91%		16.33%		21.89%		26.32%		46.56%		50.15%		21.18%		15.76%		16.51%	
Cont.Hum.Prom.	16.62%			21.89%			36.44%			50.15%			18.47%			16.51%		
DENSIDAD SECA	1.467			1.467			1.578			1.578			1.803			1.803		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

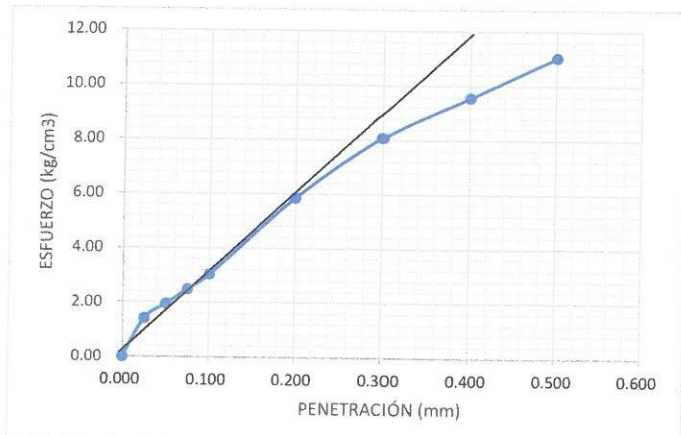
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)		DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.400	24.200	3.20	10.850	189.150	21.43	1.300	75.200	45.38
48	2	4.000	23.600	3.12	14.980	185.020	20.97	1.600	74.900	45.20
72	3	4.500	23.100	3.06	16.060	183.940	20.84	1.700	74.800	45.14
96	4	4.890	22.710	3.01	15.150	184.850	20.95	1.800	74.700	45.08

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	28	1.41	200	44.60	77	3.90
1.27	0.050	38	1.95	460	72.20	136	6.92
1.91	0.075	49	2.49	760	99.80	195	9.95
2.54	0.100	60	3.03	1050	127.40	255	12.98
5.08	0.200	115	5.84	2150	225.20	506	25.75
7.62	0.300	158	8.07	3210	349.00	751	38.27
10.16	0.400	188	9.55	4200	431.00	915	46.62
12.70	0.500	217	11.04	5060	514.10	1079	54.96

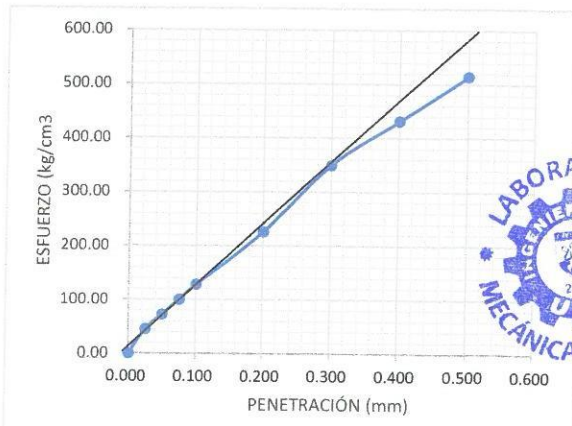
CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)



CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

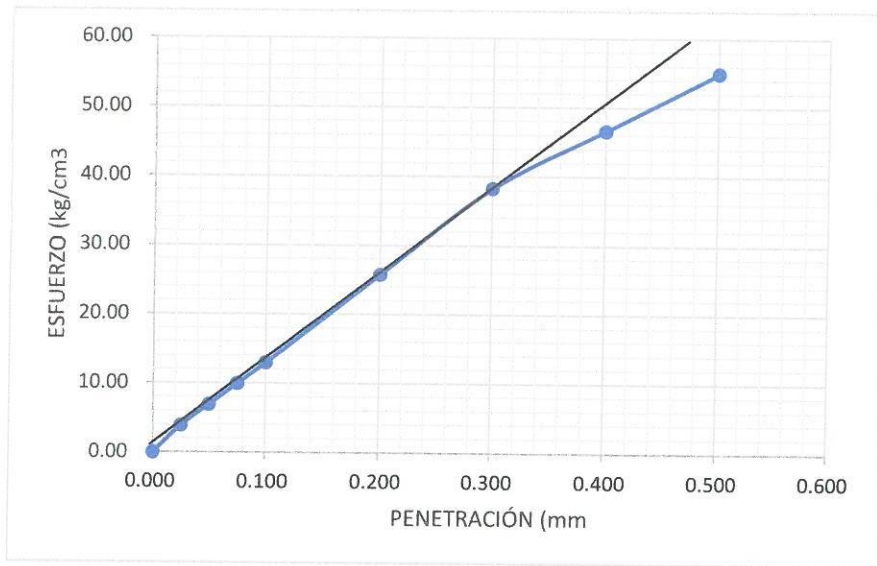
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



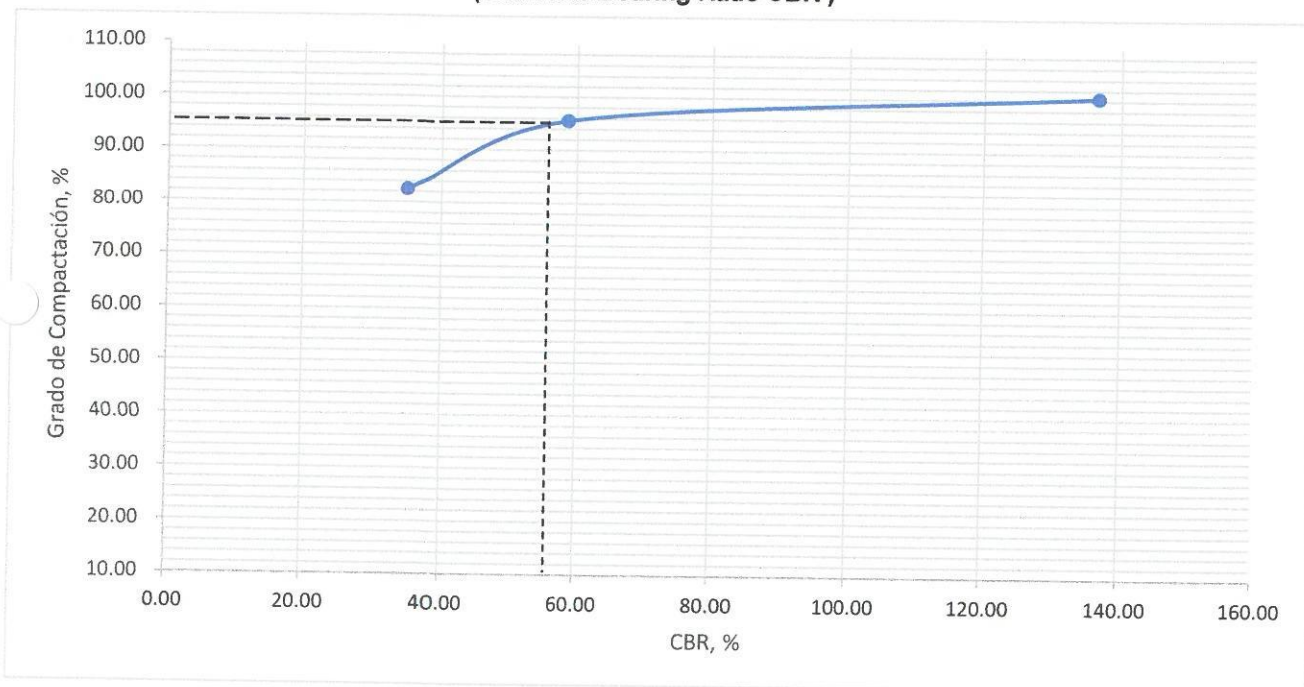
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
<b>MOLDE 1</b>	<b>35.20</b>	<b>32.50</b>
<b>MOLDE 2</b>	<b>58.60</b>	<b>58.30</b>
<b>MOLDE 3</b>	<b>136.58</b>	<b>148.80</b>

	DENS	0.1	0.2	CBR
<b>MOLDE 1</b>	<b>0.219</b>	<b>50.06</b>	<b>30.82</b>	<b>82.50</b>
<b>MOLDE 2</b>	<b>1.578</b>	<b>83.35</b>	<b>55.28</b>	<b>95.60</b>
<b>MOLDE 3</b>	<b>1.803</b>	<b>194.25</b>	<b>141.10</b>	<b>100.50</b>

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>138.7</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>57.8</b>



1. Descripción del Ensayo

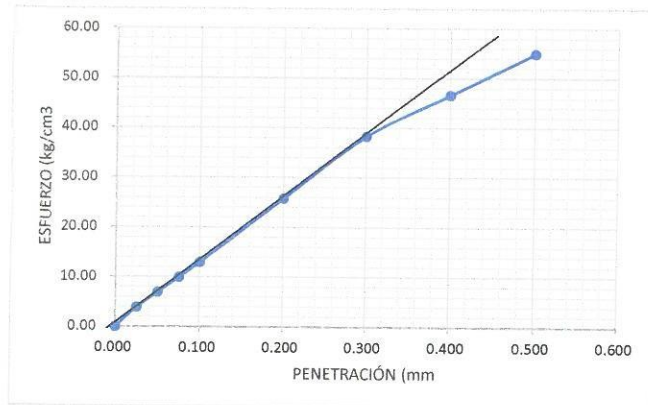
<b>Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)</b>	<b>Método "B"</b>
<b>Método de Compactación</b>	<b>Método "c"</b>
<b>Tipo de Pisón</b>	<b>Manual</b>





**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**

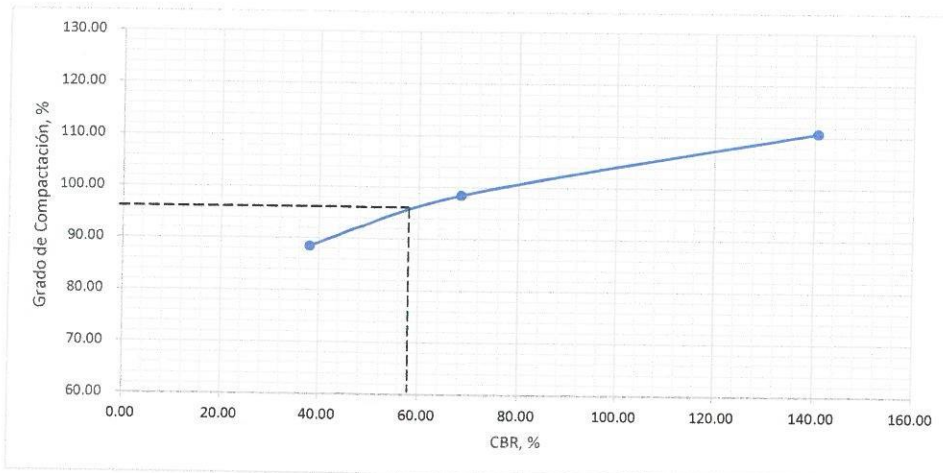
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	38.05	35.20
MOLDE 2	68.40	63.50
MOLDE 3	140.60	154.30

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.224	54.12	33.38	88.50
MOLDE 2	1.610	97.28	60.21	98.50
MOLDE 3	1.787	199.97	146.31	110.80

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1* (100% MDS)</b>	<b>142.3</b>
<b>CBR 0.1* (95% MDS)</b>	<b>59.6</b>

**1. Descripción del Ensayo**

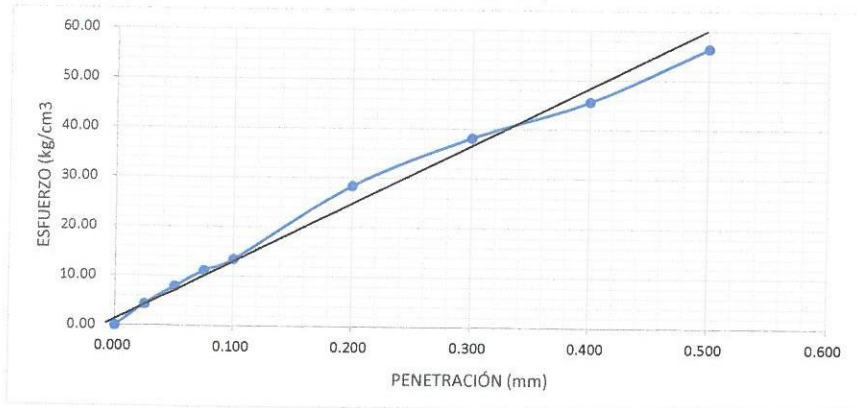
Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual





**CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 3**

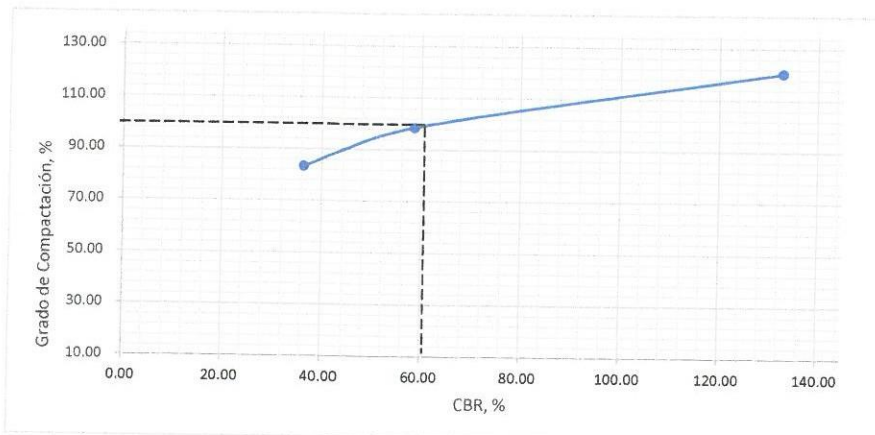
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	36.40	32.60
MOLDE 2	58.80	53.23
MOLDE 3	132.80	148.80

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.179	51.77	30.91	83.40
MOLDE 2	1.620	83.20	50.47	98.60
MOLDE 3	1.913	188.88	140.91	120.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR  
(California Bearing Ratio CBR)**




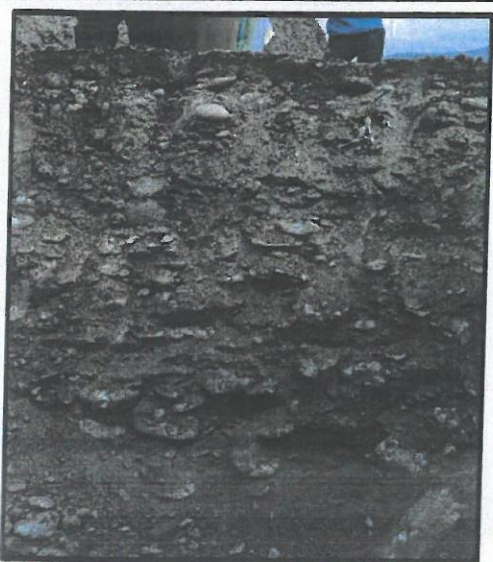
<b>CBR 0.1* (100% MDS)</b>	<b>132.4</b>
<b>CBR 0.1* (95% MDS)</b>	<b>61.6</b>

1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



PERFIL ESTRATIGRAFICO EL SUELO.

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO							CALICATA C-01		
TESIS HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"									
UBICACIÓN SECTOR Marabamba. DISTRITO Pillco Marca PROVINCIA :Huánuco DEPTO : Huánuco SOLICITANTE : Gerson Stiff Avila Alvarez									
TECNICA DE INVESTIGACIÓN : calicata			UBICACIÓN :Marabamaba						
COTAS REFERENCIA : Nivel de Terreno		DIMENS. CALICATA : Largo: 1.20 m		ANCHO : 1.20m					
NIVEL: 1969		PROFUNDIDAD FINAL 2.50 m							
FECHA: SETIEMBRE DEL 2019.		NIVEL FREATICO No se encontro							
PROFUNDIDAD METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFICA. SUCS	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTREO			
						TIPO	N°	PROF.	
0.50	1968.50	1			Relleno no controlado, con raíces, pastos, con presencia de boloneria.				
1.00	1966.00	2		GP	Grava mal graduada con arena, suelta, con partículas redondeadas a sbredondondas, color gris oscuro.	Mab	1	1.70m 3.00m	
1.50									
2.00									
2.50									
3.00									
3.50									
4.00									
4.50									

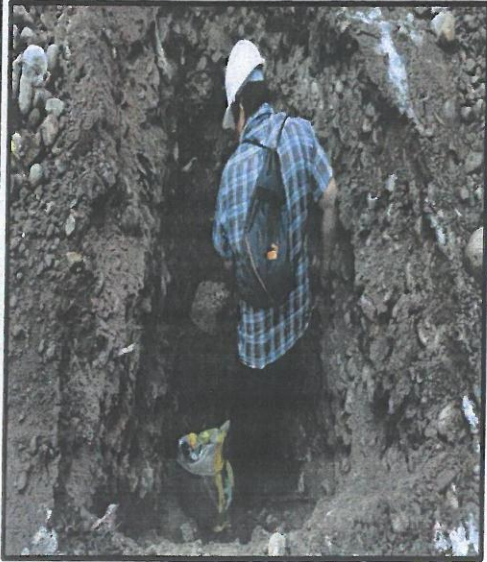




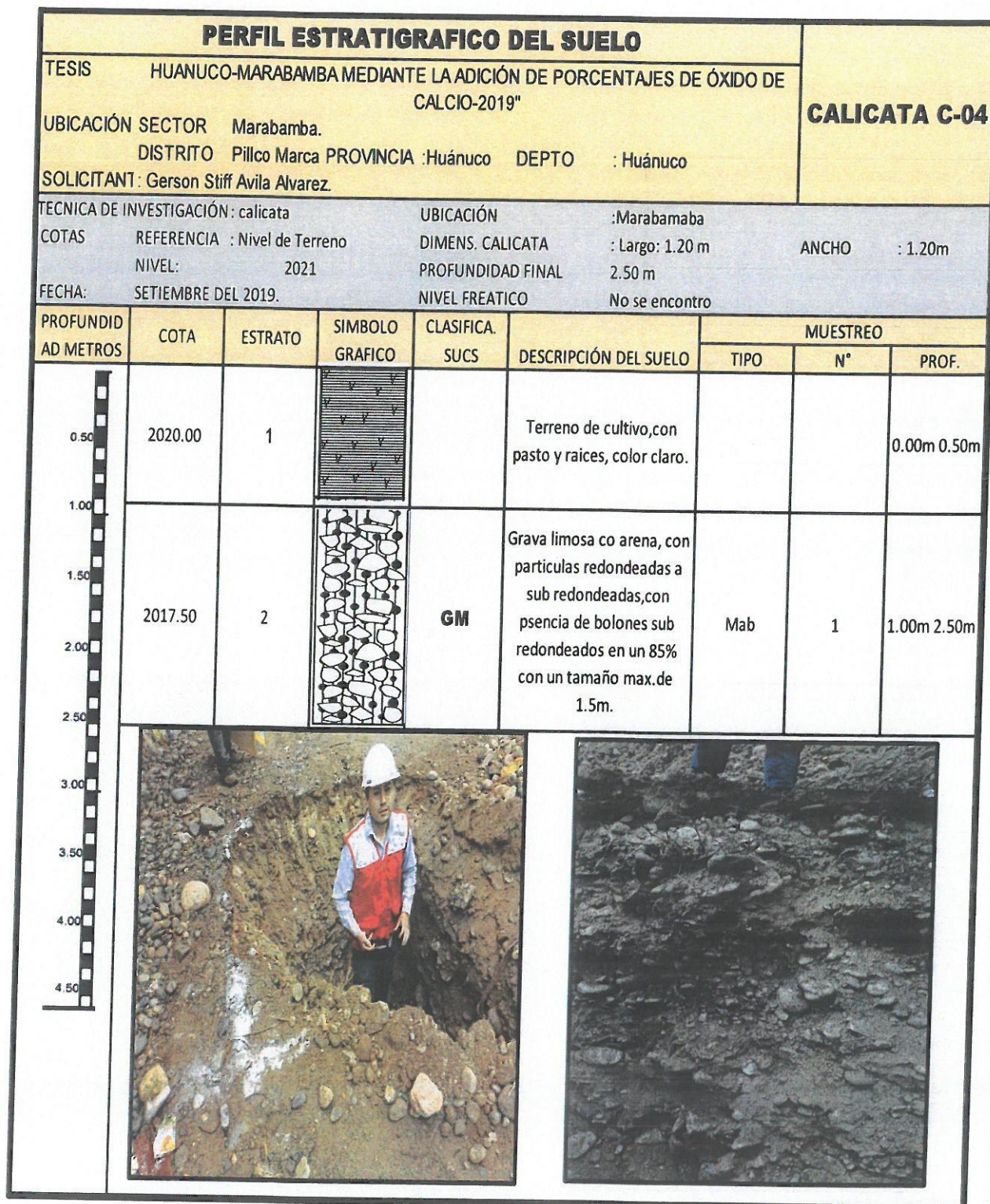


PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO						CALICATA C-02			
TESIS HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019" UBICACIÓN SECTOR Marabamba. DISTRITO Pillco Marca PROVINCIA :Huánuco DEPTO : Huánuco SOLICITANT : Gerson Stiff Avila Alvarez.									
TECNICA DE INVESTIGACIÓN : calicata			UBICACIÓN : Marabamaba						
COTAS REFERENCIA : Nivel de Terreno		DIMENS. CALICATA : Largo: 1.20 m		ANCHO : 1.20m					
NIVEL: 1981		PROFUNDIDAD FINAL 2.50 m							
FECHA: SETIEMBRE DEL 2019.		NIVEL FREATICO		No se encontro					
PROFUNDIDAD METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFICA. SUCS	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTREO			
						TIPO	N°	PROF.	
0.50	1980.00	1			Relleno no controlado, con raíces, pastos, con presencia de bolonería.				
1.00									
1.50	1977.50	2		<b>GP</b>	Grava mal graduada con arena, suelta, con partículas subredondeadas, color pardo, contiene fragmentos de roca de forma subredondeada en 3% con tamaño max. 55cm.	Mab	1	1.00m 2.00m	
2.00									
2.50									
3.00									
3.50									
4.00									
4.50									

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO						CALICATA C-03			
TESIS HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019" UBICACIÓN SECTOR Marabamba. DISTRITO Pillco Marca PROVINCIA :Huánuco DEPTO : Huánuco SOLICITANT : Gerson Stiff Avila Alvarez.									
TECNICA DE INVESTIGACIÓN : calicata		UBICACIÓN : Marabamba		DIMENS. CALICATA : Largo: 1.20 m		ANCHO : 1.20m			
COTAS REFERENCIA : Nivel de Terreno		NIVEL: 2014		PROFUNDIDAD FINAL 2.50 m		FECHA: SETIEMBRE DEL 2019.		NIVEL FREATICO No se encontro	
PROFUNDIDAD METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFICA. SUCS	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTREO			
						TIPO	N°	PROF.	
0.50	2013.00	1			Relleno no controlado, con raíces, pastos, con presencia de boloneria.			0.00m 0.50m	
1.00	2010.50	2		GM-GC	Grava limo arcillosa con arena, con particulas sub angulosas a angulosas, color marron amarillento, con presencia de roca 3%.	Mab	1	1.00m 2.50m	
1.50									
2.00									
2.50									
3.00									
3.50									
4.00									
4.50									



# ANEXOS 03

## CERTIFICADO DE ENSAYOS CON SUELO ESTABILIZADO

- Límites de Atterberg- Suelos Estabilizados con óxido de Calcio.
- Proctor Modificado – Suelos Estabilizados con óxido de Calcio.
- C.B.R- Suelos estabilizados con óxido de Calcio.



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**LIMITES DE ATTERBERG  
ADICIONANDO LOS  
DIVERSOS  
PORCENTAJES  
(1%,3%,5%Y7%) DE CaO**

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"

**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo:** LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.

**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318

**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319

**Fecha de Muestreo:** HUÁNUCO 02/10/19

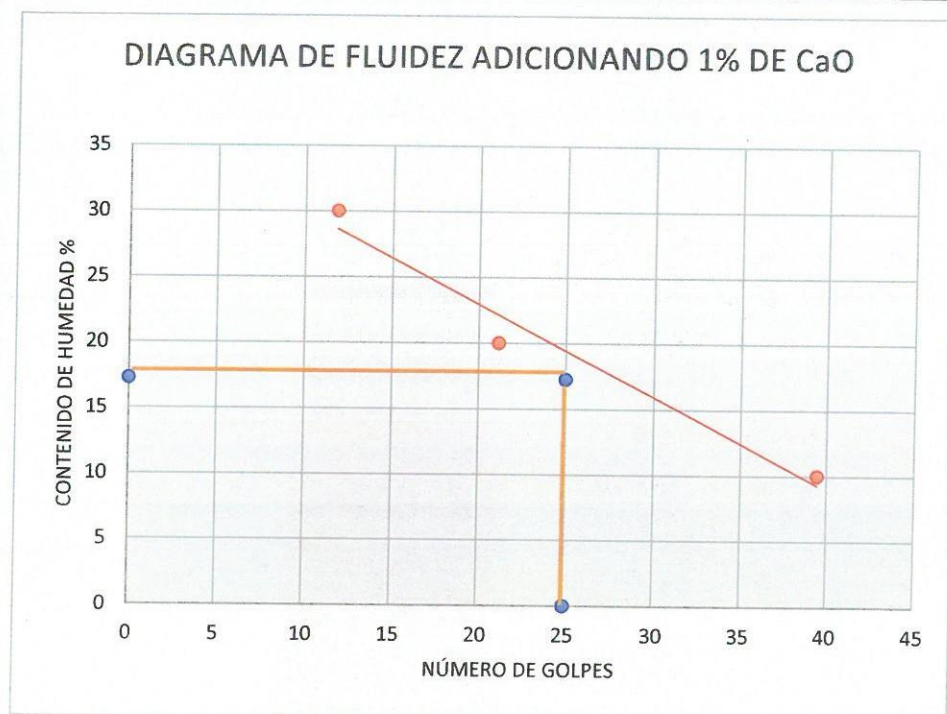
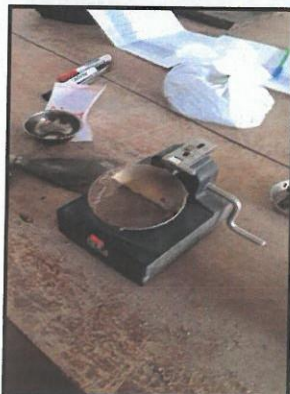
**Objetivo:** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.

**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

<b>LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO (NTP 339.129) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.</b>	Ubicación :	Calicata C1	Potencia :	1.50 m
	Estrato :	M-3		

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
		1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	95.80	110.50	142.50	38.50	38.90	36.50	Límite Líquido:	LL =	17.28%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	88.65	95.60	110.20	37.80	37.82	35.80	Límite Plástico:	LP =	8.49%
Peso de la Tara	Gr	28.30	25.20	28.40	28.30	28.20	25.60	Índice de Plasticidad :	IP =	8.79%
Peso de la Muestra Seca	Gr	60.35	70.40	81.80	9.50	9.62	10.20	Contenido de Humedad :	W <sub>n</sub> =	11.75%
Peso del Agua	Gr	7.15	14.90	32.30	0.70	1.08	0.70	Grado de Consistencia :	K <sub>w</sub> =	0.63
Contenido de Humedad	%	11.85	21.16	39.49	7.37	11.23	6.86	Grado de Consistencia :	Suave	
Número de Golpes		30	18	10	Promedio :		8.49			

Calicata :	C1
Estrato :	M-3
Potencia :	1.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
30	11.85
18	21.16
10	39.49
25	15.203



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.

**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318

**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319

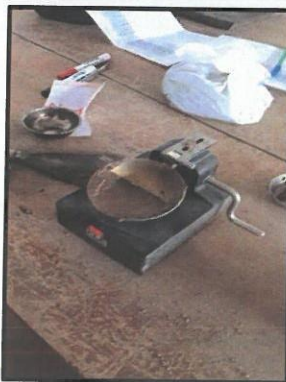
**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19

**Objetivo :** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.

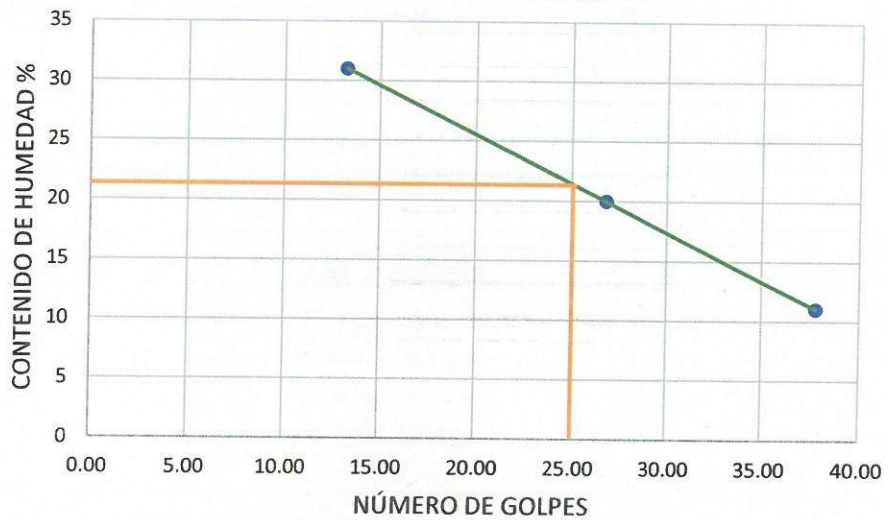
**Materiales** tamiz # 40, balanza eléctrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.		Ubicación : Calicata C1			Potencia : 1.50 m			
		Estrato : M-3						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmed	Gr	97.20	115.32	141.87	38.50	39.05	36.50	Límite Líquido: LL = 20.63%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	88.75	96.25	109.87	37.70	38.22	35.18	Límite Plástico: LP = 8.88%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	25.42	25.10	25.62	Índice de Plasticidad : IP = 11.75%
Peso de la Muestra Seca	Gr	63.75	71.15	84.67	12.28	13.12	9.56	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> = 14.95%
Peso del Agua	Gr	8.45	19.07	32.00	0.80	0.83	1.32	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> = 0.48
Contenido de Humedad	%	13.25	26.80	37.79	6.51	6.33	13.81	Grado de Consistencia : Viscosa
Número de Golpes		31	20	11	Promedio :		8.88	

Calicata : C1	
Estrato : M-3	
Potencia : 1.50 m	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
31	13.25
20	26.80
11	37.79
25	21.320



**DIAGRAMA DE FLUIDEZ ADICIONANDO 3% DE CaO**



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas

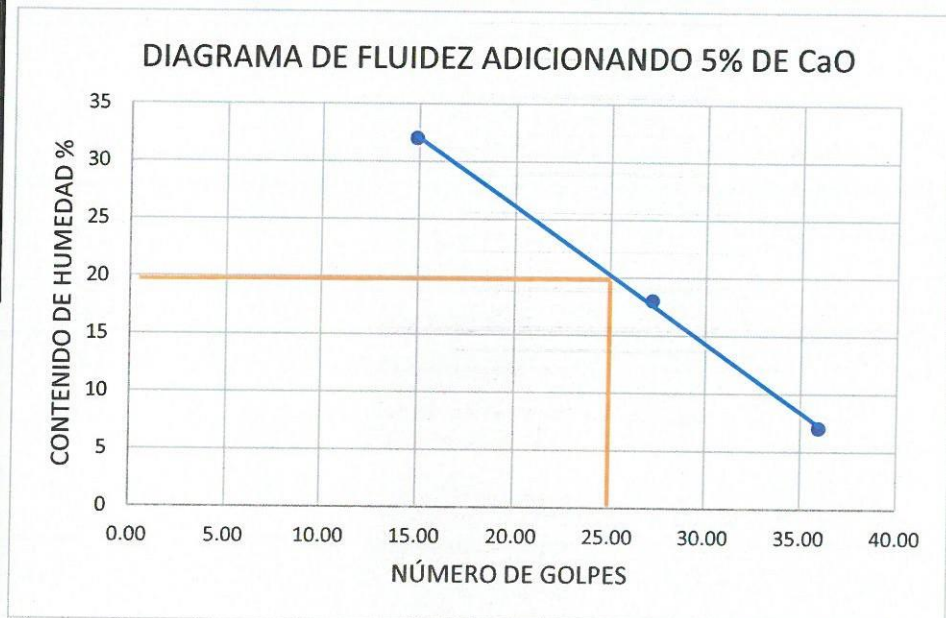
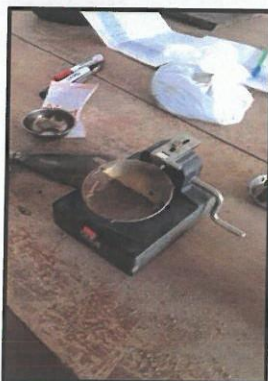


**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.  
**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318  
**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319  
**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19  
**Objetivo :** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
**Materiales** tamiz # 40, balanza eléctrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO (NTP 339.129) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.		Ubicación : Calicata C1			Potencia : 1.50 m				
		Estrato : M-3							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.25	115.62	140.32	38.34	38.82	36.78	Límite Líquido: LL = 20.96%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	88.75	96.25	109.87	37.85	38.15	35.08	Límite Plástico: LP = 9.02%	
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	25.42	25.10	25.62	Índice de Plasticidad : IP = 11.95%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	63.75	71.15	84.67	12.43	13.05	9.46	Contenido de Humedad : Wn = 14.95%	
Peso del Agua	Gr	9.50	19.37	30.45	0.49	0.67	1.70	Grado de Consistencia : Kw = 0.50	
Contenido de Humedad	%	14.90	27.22	35.96	3.94	5.13	17.97	Grado de Consistencia : Suave	
Número de Golpes		32	18	7	Promedio : 9.02				

Calicata :	C1
Estrato :	M-3
Potencia :	1.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
32	14.90
18	27.22
7	35.96
25	19.978



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)







## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

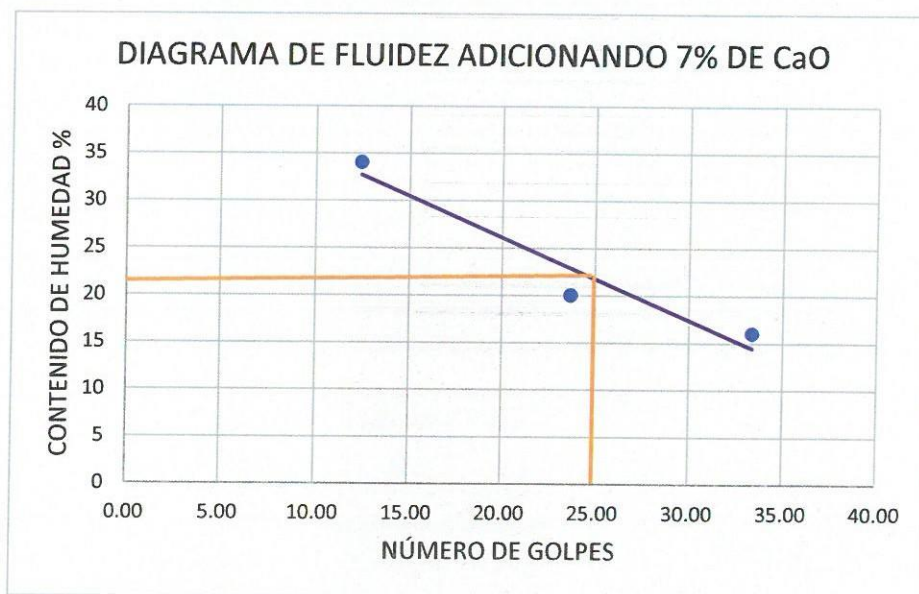
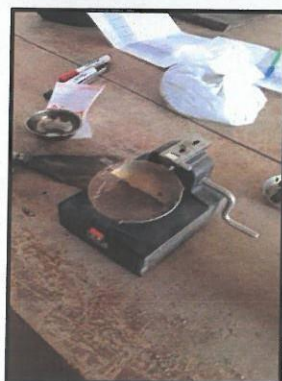
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL

Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b> "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"										
<b>TESISTA</b> Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez										
Ensayo : LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.										
LÍMITE LÍQUIDO		Norma : ASTM D 4318								
LÍMITE PLÁSTICO		Norma : ASTM D 4319								
Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 03/10/19										
Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.										
Materiales : tamiz # 40, balanza eléctrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.										
LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.			Ubicación : Calicata C1			Potencia : 1.50 m				
			Estrato : M-3							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmed	Gr	97.56	114.34	138.76	37.50	38.15	36.45	Límite Líquido:	LL = 21.39%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	89.54	97.23	110.34	36.78	37.45	34.98	Límite Plástico:	LP = 9.24%	
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	25.42	25.10	25.62	Índice de Plasticidad :	IP = 12.15%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	64.54	72.13	85.14	11.36	12.35	9.36	Contenido de Humedad :	W <sub>n</sub> = 14.95%	
Peso del Agua	Gr	8.02	17.11	28.42	0.72	0.70	1.47	Grado de Consistencia :	K <sub>w</sub> = 0.53	
Contenido de Humedad	%	12.43	23.72	33.38	6.34	5.67	15.71	Grado de Consistencia :	Suave	
Número de Golpes		34	20	16	Promedio :		9.24			

Calicata : C1	
Estrato : M-3	
Potencia : 1.50 m	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
34	12.43
20	23.72
16	33.38
25	22.150



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**LIMITES DE ATTERBERG  
ADICIONANDO LOS  
DIVERSOS  
PORCENTAJES  
(1%,3%,5%Y7%) DE CaO**

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





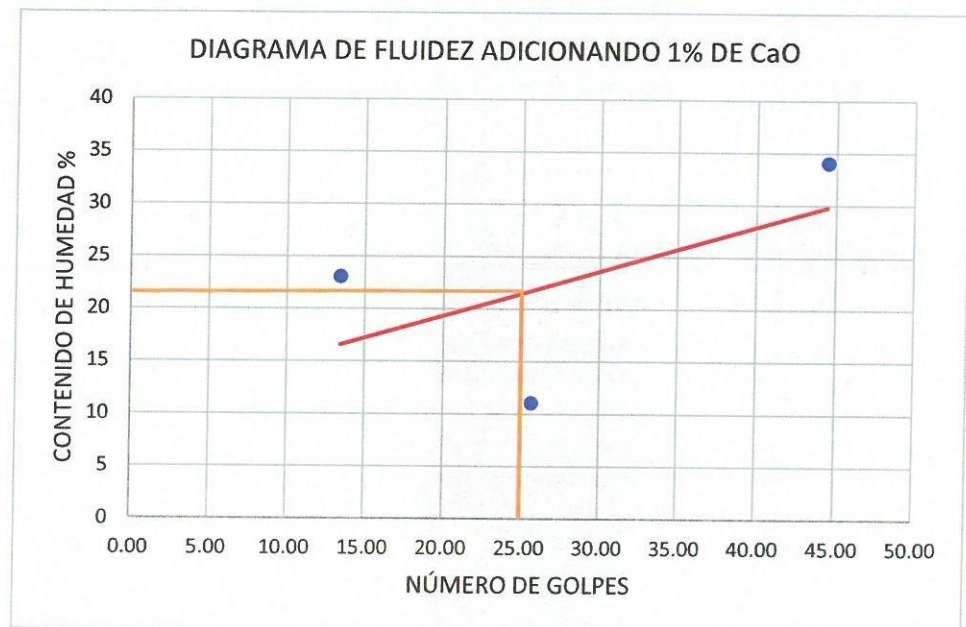
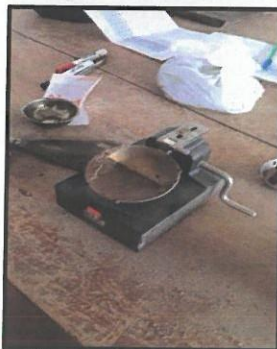
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b> "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"									
<b>TESISTA</b> Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez									
Ensayo : LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.									
LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318									
LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319									
Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 03/10/19									
Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.									
Materiales : tamiz # 40, balanza eléctrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.									
LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.			Ubicación : Calicata C2			Potencia : 1.50 m			
			Estrato : M-3						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.23	87.52	105.70	84.23	52.45	38.98	Límite Líquido:	LL = 29.72%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	75.68	80.12	89.25	78.80	49.25	35.68	Límite Plástico:	LP = 18.74%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	25.42	25.10	25.62	Índice de Plasticidad :	IP = 10.98%
Peso de la Muestra Seca	Gr	50.68	55.02	64.05	53.38	24.15	10.06	Contenido de Humedad :	Wn = 14.95%
Peso del Agua	Gr	22.55	7.40	16.45	5.43	3.20	3.30	Grado de Consistencia :	Kw = 1.35
Contenido de Humedad	%	44.49	13.45	25.68	10.17	13.25	32.80	Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida
Número de Golpes		34	23	11	Promedio :			18.74	

Calicata : C2	
Estrato : M-3	
Potencia : 1.50 m	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
34	44.49
23	13.45
11	25.68
25	22.050



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





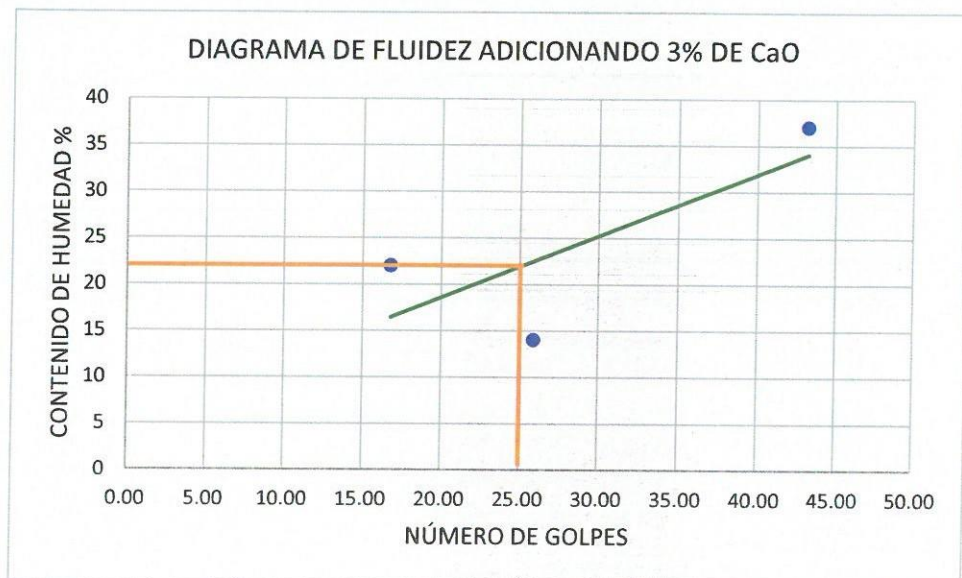
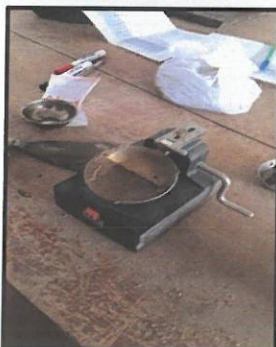
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b> "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"									
<b>TESISTA</b> Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez									
<b>Ensayo :</b> LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.									
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> Norma : ASTM D 4318									
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b> Norma : ASTM D 4319									
<b>Fecha de Muestreo :</b> HUÁNUCO 03/10/19									
<b>Objetivo :</b> Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.									
<b>Materiales</b> tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.									
<b>LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.</b>			<b>Ubicación :</b> Calicata C2			<b>Potencia :</b> 1.50 m			
			<b>Estrato :</b> M-3						
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			<b>Limites de Consistencia</b>	
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.93	88.98	104.78	82.35	50.32	37.80	<b>Límite Líquido:</b>	LL = 29.23%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	76.62	79.80	88.40	75.65	48.37	34.58	<b>Límite Plástico:</b>	LP = 19.22%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	25.42	25.10	25.62	<b>Índice de Plasticidad :</b>	IP = 10.01%
Peso de la Muestra Seca	Gr	51.62	54.70	63.20	50.23	23.27	8.96	<b>Contenido de Humedad :</b>	W <sub>n</sub> = 14.95%
Peso del Agua	Gr	22.31	9.18	16.38	6.70	1.95	3.22	<b>Grado de Consistencia :</b>	K <sub>w</sub> = 1.43
Contenido de Humedad	%	43.22	16.78	25.92	13.34	8.38	35.94	<b>Grado de Consistencia :</b>	Media Dura , Sólida
<b>Número de Golpes</b>		<b>37</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>Promedio :</b>		<b>19.22</b>		

<b>Calicata :</b> C2	
<b>Estrato :</b> M-3	
<b>Potencia :</b> 1.50 m	
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>
37	43.22
22	16.78
14	25.92
25	23.450



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"

**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.

**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318

**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319

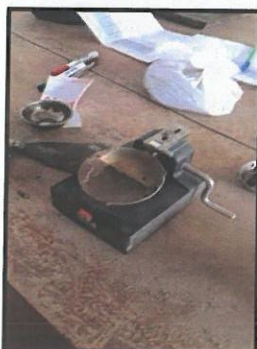
**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19

**Objetivo :** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.

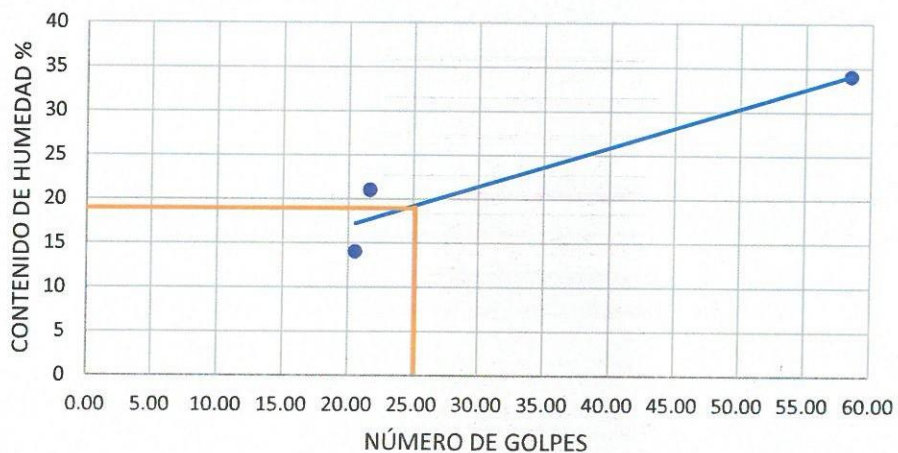
**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.		Ubicación : Calicata C2			Potencia : 1.50 m			
		Estrato : M-3						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	97.65	85.65	98.24	81.45	50.15	37.32	Límite Líquido: LL = 37.58%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	70.85	74.87	85.78	75.36	48.05	33.98	Límite Plástico: LP = 20.43%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	25.42	25.10	25.62	Índice de Plasticidad: IP = 17.15%
Peso de la Muestra Seca	Gr	45.85	49.77	60.58	49.94	22.95	8.36	Contenido de Humedad: Wn = 14.95%
Peso del Agua	Gr	26.80	10.78	12.46	6.09	2.10	3.34	Grado de Consistencia: Kw = 1.32
Contenido de Humedad	%	58.45	21.66	20.57	12.19	9.15	39.95	Grado de Consistencia: Media Dura , Sólida
Número de Golpes		34	21	14	Promedio :			20.43

Calicata : C2	
Estrato : M-3	
Potencia : 1.50 m	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
34	58.45
21	21.66
14	20.57
25	19.680



**DIAGRAMA DE FLUIDEZ ADICIONANDO 5% DE CaO**



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas

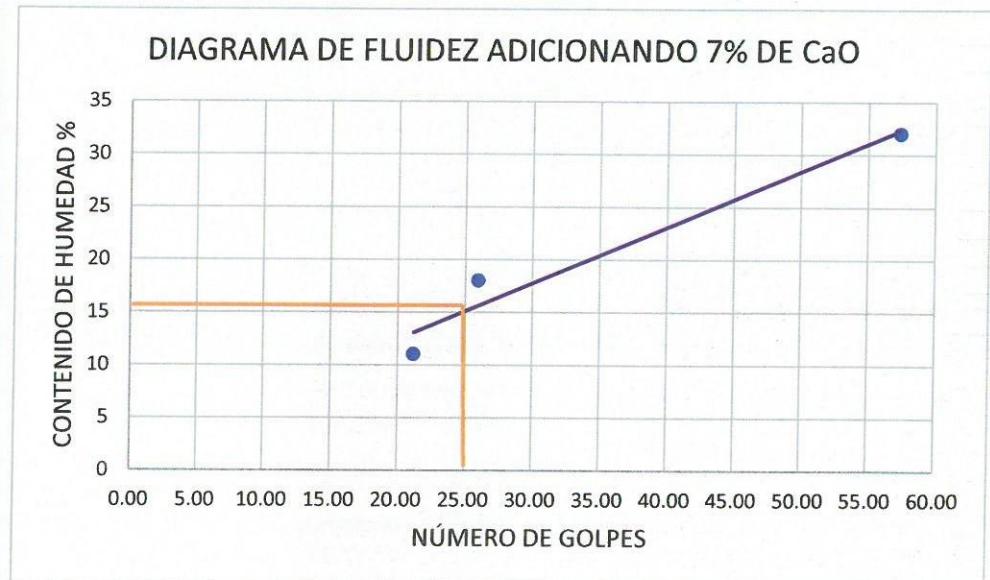
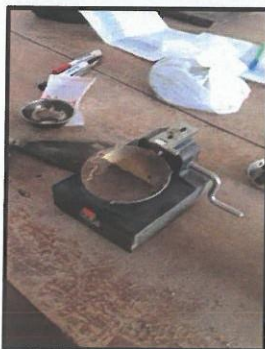


**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.  
**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318  
**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319  
**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19  
**Objetivo :** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

<b>LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.</b>		<b>Ubicación :</b> Calicata C2			<b>Potencia :</b> 1.50 m				
		<b>Estrato :</b> M-3							
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			<b>Límites de Consistencia</b>	
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	94.65	84.65	97.52	78.65	48.45	37.08	<b>Límite Líquido:</b>	LL = 43.26%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	69.25	72.36	84.87	74.02	47.20	33.11	<b>Límite Plástico:</b>	LP = 22.73%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.10	25.20	25.42	25.10	25.62	<b>Índice de Plasticidad :</b>	IP = 20.53%
Peso de la Muestra Seca	Gr	44.25	47.26	59.67	48.60	22.10	7.49	<b>Contenido de Humedad :</b>	W <sub>n</sub> = 14.95%
Peso del Agua	Gr	25.40	12.29	12.65	4.63	1.25	3.97	<b>Grado de Consistencia :</b>	K <sub>w</sub> = 1.38
Contenido de Humedad	%	57.40	26.01	21.20	9.53	5.66	53.00	<b>Grado de Consistencia :</b>	Media Dura , Sólida
<b>Número de Golpes</b>		<b>32</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>Promedio :</b>			22.73	

<b>Calicata :</b>	C2
<b>Estrato :</b>	M-3
<b>Potencia :</b>	1.50 m
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>
32	57.40
18	26.01
11	21.20
25	15.18



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**LIMITES DE ATTERBERG  
ADICIONANDO LOS  
DIVERSOS  
PORCENTAJES  
(1%,3%,5%Y7%) DE CaO**

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

Ensayo : LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.

LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318

LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319

Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 03/10/19

Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.

Materiales tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.		Ubicación : Calicata C3			Potencia : 150 m			
		Estrato : M-3						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	97.50	110.25	108.60	35.41	37.85	35.96	Límite Líquido: LL = 24.09%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	73.42	88.05	92.65	35.36	37.58	35.29	Límite Plástico: LP = 12.24%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.50	28.50	32.30	36.12	31.25	Índice de Plasticidad : IP = 11.85%
Peso de la Muestra Seca	Gr	48.42	62.55	64.15	3.06	1.46	4.04	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> = 11.03%
Peso del Agua	Gr	24.08	22.20	4.98	0.05	0.27	0.67	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> = 1.10
Contenido de Humedad	%	49.73	35.49	7.76	1.63	18.49	16.58	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida
Número de Golpes		10	22	32	Promedio :		12.24	

Calicata : C3	
Estrato : M-3	
Potencia : 150 m	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
10	49.73
22	35.49
32	7.76
25	24.92

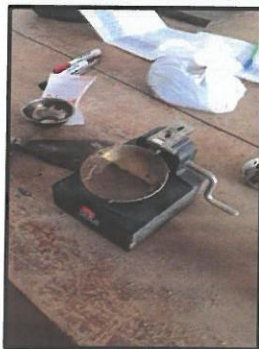
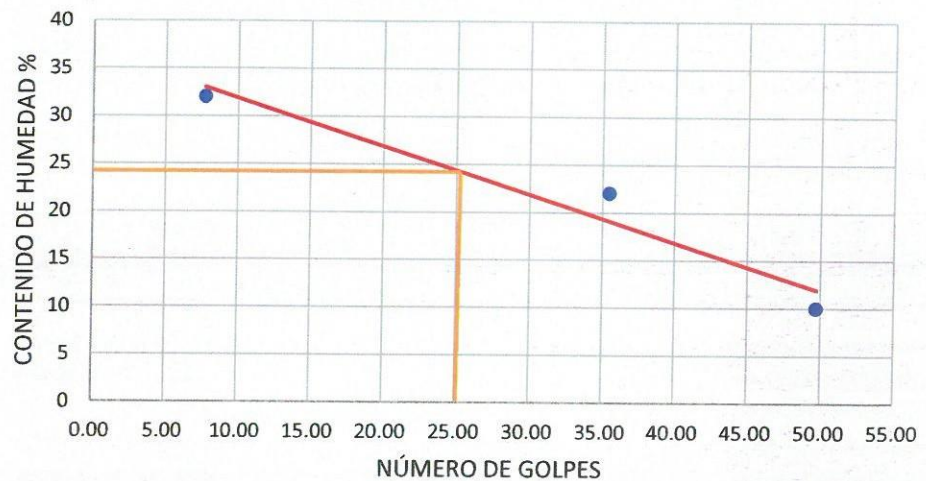


DIAGRAMA DE FLUIDEZ ADICIONANDO 1% DE CaO



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)







## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

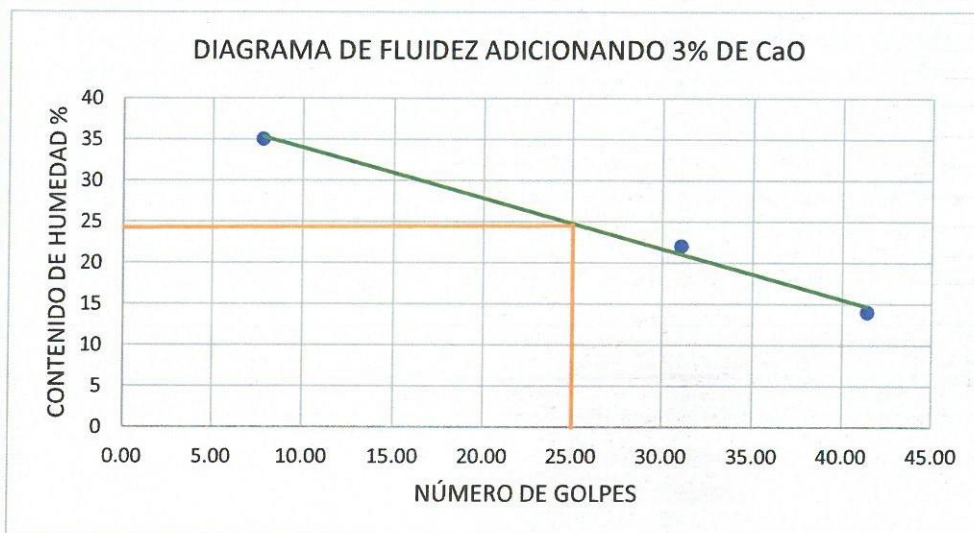
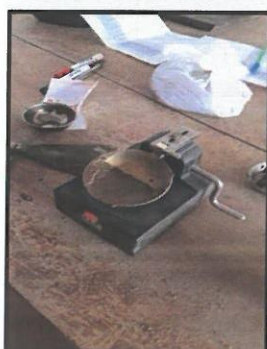
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL

Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b> "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"									
<b>TESISTA</b> Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez									
<b>Ensayo :</b> LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.									
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> Norma : ASTM D 4318									
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b> Norma : ASTM D 4319									
<b>Fecha de Muestreo :</b> HUÁNUCO 03/10/19									
<b>Objetivo :</b> Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.									
<b>Materiales</b> tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.									
<b>LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.</b>			<b>Ubicación :</b> Calicata C3			<b>Potencia :</b> 1.50 m			
			<b>Estrato :</b> M-3						
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Límites de Consistencia</b>	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	91.90	108.40	104.30	35.20	37.65	35.96	<b>Límite Líquido:</b>	LL = 24.61%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	72.31	88.75	92.15	34.70	37.58	35.29	<b>Límite Plástico:</b>	LP = 14.07%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.50	28.50	32.30	36.12	31.25	<b>Índice de Plasticidad :</b>	IP = 10.54%
Peso de la Muestra Seca	Gr	47.31	63.25	63.65	2.40	1.46	4.04	<b>Contenido de Humedad :</b>	W <sub>n</sub> = 11.03%
Peso del Agua	Gr	19.59	19.65	4.98	0.50	0.07	0.67	<b>Grado de Consistencia :</b>	K <sub>w</sub> = 1.29
Contenido de Humedad	%	41.41	31.07	7.82	20.83	4.79	16.58	<b>Grado de Consistencia :</b>	Media Dura , Sólida
<b>Número de Golpes</b>		<b>14</b>	<b>22</b>	<b>35</b>	<b>Promedio :</b>			<b>14.07</b>	

<b>Calicata :</b>	C3
<b>Estrato :</b>	M-3
<b>Potencia :</b>	1.50 m
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>
14	41.41
22	31.07
35	7.82
25	24.98



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [eaingcivil@udh.edu.pe](mailto:eaingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"

**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

**Ensayo :** LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.

**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318

**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319

**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19

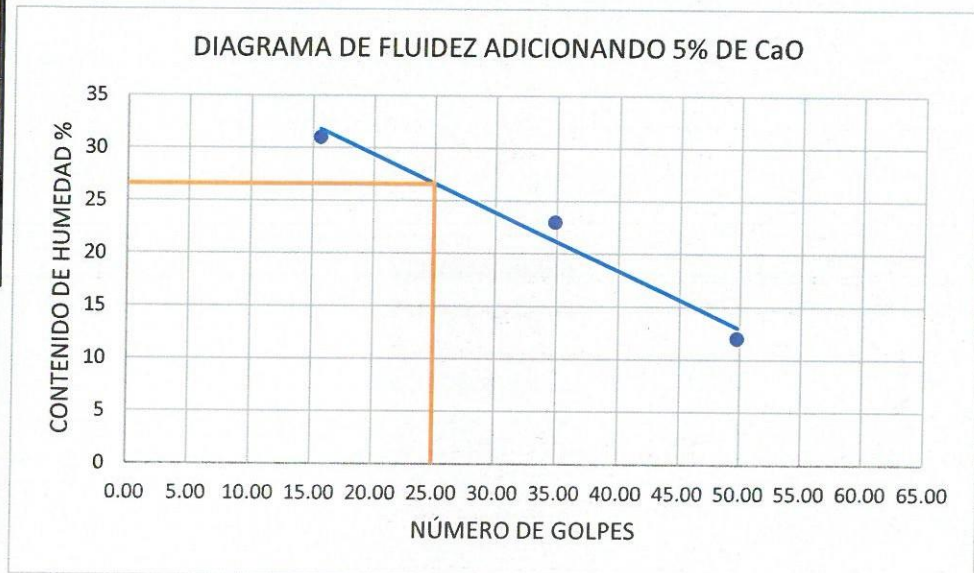
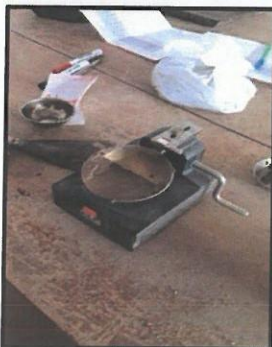
**Objetivo :** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.

**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

**LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.** Ubicación : Calicata C3 Potencia : 1.50 m  
Estrato : M-3

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
		1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	89.55	105.28	87.65	35.20	37.65	35.96	Límite Líquido:	LL = 28.12%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	68.10	84.65	79.65	34.75	37.45	35.29	Límite Plástico:	LP = 16.66%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.50	28.50	32.30	36.12	31.25	Índice de Plasticidad :	IP = 11.46%
Peso de la Muestra Seca	Gr	43.10	59.15	51.15	2.45	1.33	4.04	Contenido de Humedad :	Wn = 11.03%
Peso del Agua	Gr	21.45	20.63	8.00	0.45	0.20	0.67	Grado de Consistencia :	Kw = 1.49
Contenido de Humedad	%	49.77	34.88	15.64	18.37	15.04	16.58	Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida
Número de Golpes		12	23	31	Promedio :		16.66		

Calicata :	C3
Estrato :	M-3
Potencia :	1.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
12	49.77
23	34.88
31	15.64
25	26.48



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
 Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"  
**TESISTA** Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez

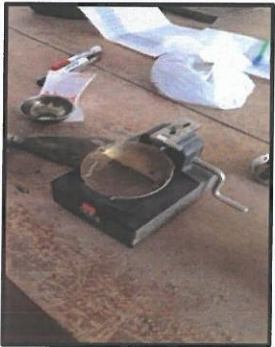
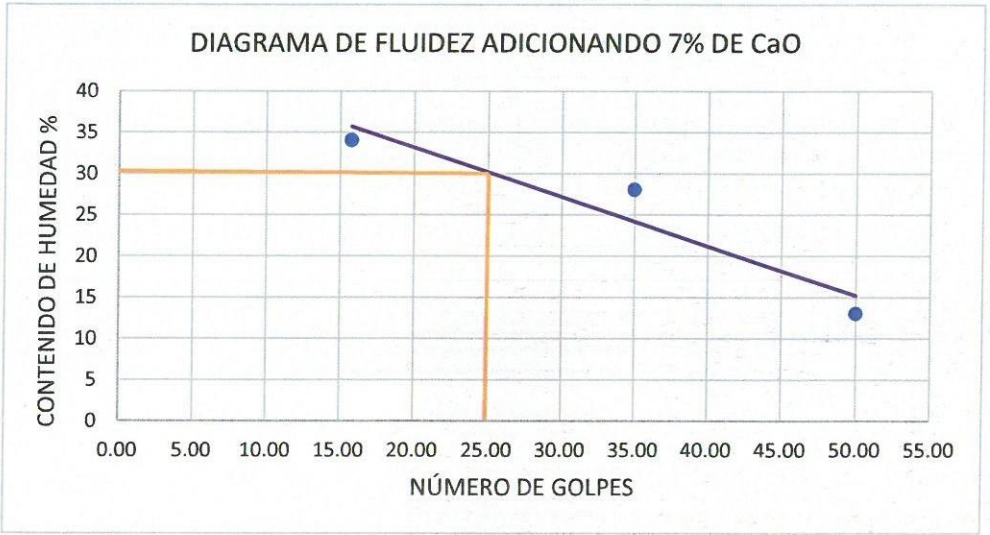
**Ensayo :** LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.  
**LÍMITE LÍQUIDO** Norma : ASTM D 4318  
**LÍMITE PLÁSTICO** Norma : ASTM D 4319

**Fecha de Muestreo :** HUÁNUCO 03/10/19  
**Objetivo :** Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.  
**Materiales** tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.

**LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.**  
 Ubicación : Calicata C3 Potencia : 1.50 m  
 Estrato : M-3

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
		1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	89.65	105.35	87.73	35.40	37.66	35.96	Límite Líquido:	LL =	33.60%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	68.10	84.65	79.65	34.75	37.45	35.40	Límite Plástico:	LP =	18.53%
Peso de la Tara	Gr	25.00	25.50	28.50	32.30	36.12	31.25	Índice de Plasticidad :	IP =	15.07%
Peso de la Muestra Seca	Gr	43.10	59.15	51.15	2.45	1.33	4.15	Contenido de Humedad :	W <sub>n</sub> =	11.03%
Peso del Agua	Gr	21.55	20.70	8.08	0.65	0.21	0.56	Grado de Consistencia :	K <sub>w</sub> =	1.50
Contenido de Humedad	%	50.00	35.00	15.80	26.53	15.56	13.49	Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		13	28	34	Promedio :					18.53

Calicata :	C3
Estrato :	M-3
Potencia :	1.50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
13	50.00
28	35.00
34	15.80
25	29.57



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
 Huánuco-Perú.  
 E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



**LIMITES DE ATTERBERG  
ADICIONANDO LOS  
DIVERSOS  
PORCENTAJES  
(1%,3%,5%Y7%) DE CaO**

Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





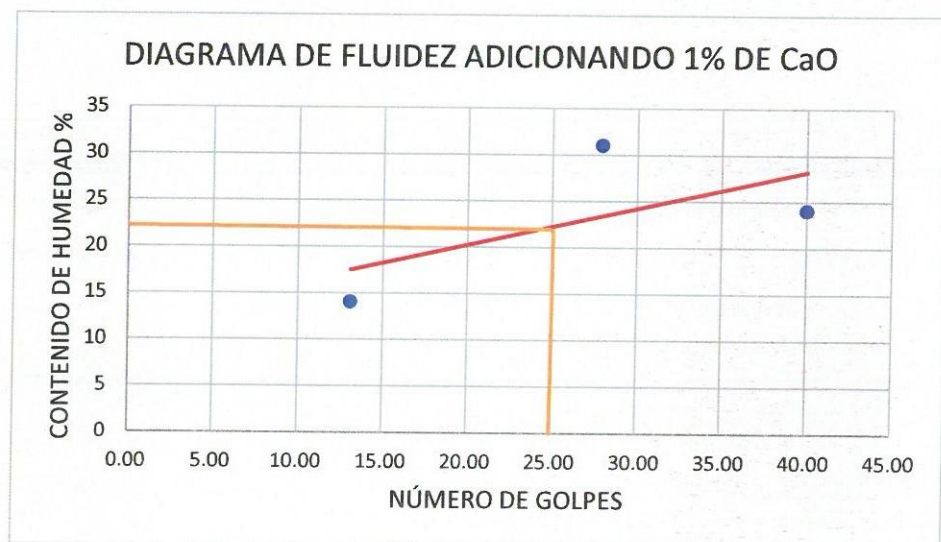
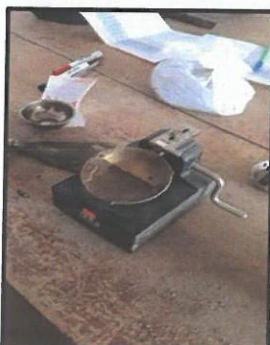
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b>		<b>"MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"</b>						
<b>TESISTA</b>		Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez						
<b>Ensayo :</b> LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.								
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Norma : ASTM D 4318						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Norma : ASTM D 4319						
<b>Fecha de Muestreo :</b>		HUÁNUCO 04/10/19						
<b>Objetivo :</b>		Determinar los Limites de Atterberg en los Suelos.						
<b>Materiales</b>		tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.						
<b>LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.</b>		<b>Ubicación :</b>			<b>Potencia :</b>			
		Calicata C4			1.50 m			
		<b>Estrato :</b>						
		M-3						
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			<b>Limites de Consistencia</b>
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.65	87.32	108.35	38.15	38.87	35.22	Límite Líquido: LL = 29.03%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	77.65	80.10	90.42	36.75	38.72	34.00	Límite Plástico: LP = 19.69%
Peso de la Tara	Gr	25.20	25.10	26.26	30.20	30.50	30.60	Índice de Plasticidad: IP = 9.34%
Peso de la Muestra Seca	Gr	52.45	55.00	64.16	6.55	8.22	3.40	Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> = 7.53%
Peso del Agua	Gr	21.00	7.22	17.93	1.40	0.15	1.22	Grado de Consistencia: K <sub>w</sub> = 2.30
Contenido de Humedad	%	40.04	13.13	27.95	21.37	1.82	35.88	Grado de Consistencia: Media Dura, Sólida
<b>Número de Golpes</b>		<b>24</b>	<b>14</b>	<b>31</b>	<b>Promedio :</b>		<b>19.69</b>	

<b>Calicata :</b>		C4
<b>Estrato :</b>		M-3
<b>Potencia :</b>		1.50 m
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>	
24	40.04	
14	13.13	
31	27.95	
25	24.650	



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

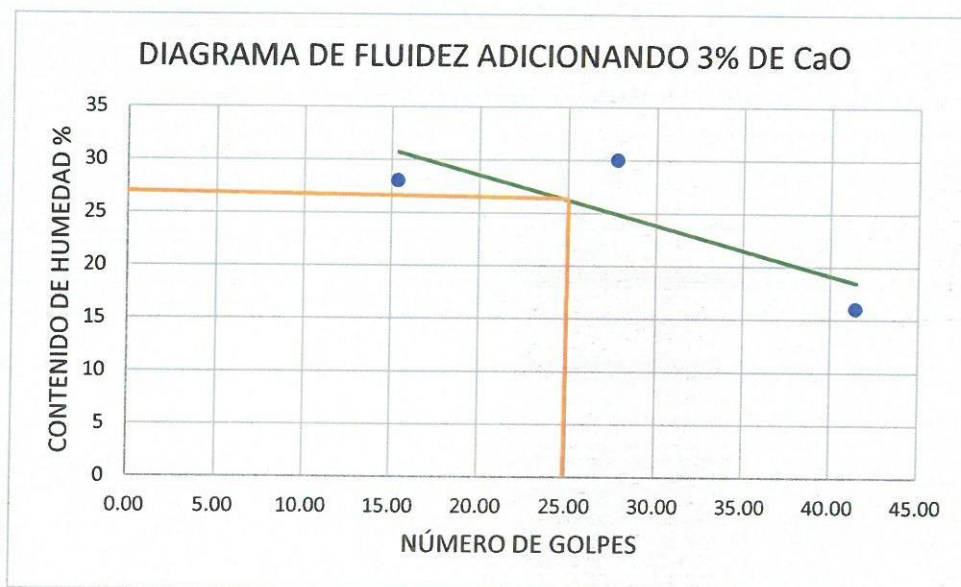
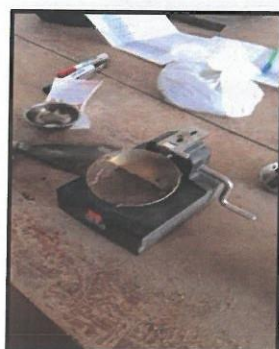
FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL

Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b>		<b>"MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"</b>						
<b>TESISTA</b>		Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez						
Ensayo : LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.								
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Norma : ASTM D 4318						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Norma : ASTM D 4319						
<b>Fecha de Muestreo :</b>		HUÁNUCO 04/10/19						
<b>Objetivo :</b>		Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.						
<b>Materiales</b>		tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.						
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.</b>		<b>Ubicación :</b>			<b>Calicata</b>		<b>Potencia :</b>	
					C4		1.50 m	
		<b>Estrato :</b>			M-3			
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			<b>Límites de Consistencia</b>
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.72	87.35	107.40	38.10	37.84	35.42	Límite Líquido: LL = 29.47%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	77.17	79.05	89.75	36.75	36.54	34.25	Límite Plástico: LP = 24.73%
Peso de la Tara	Gr	25.20	25.10	26.26	30.20	30.50	30.60	Índice de Plasticidad: IP = 4.74%
Peso de la Muestra Seca	Gr	51.97	53.95	63.49	6.55	6.04	3.65	Contenido de Humedad : Wn = 7.53%
Peso del Agua	Gr	21.55	8.30	17.65	1.35	1.30	1.17	Grado de Consistencia : Kw = 4.63
Contenido de Humedad	%	41.47	15.38	27.80	20.61	21.52	32.05	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida
<b>Número de Golpes</b>		<b>21</b>	<b>17</b>	<b>30</b>	<b>Promedio :</b>		<b>24.73</b>	

<b>Calicata :</b>		C4
<b>Estrato :</b>		M-3
<b>Potencia :</b>		1.50 m
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>	
16	41.47	
28	15.38	
30	27.80	
25	26.32	



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)





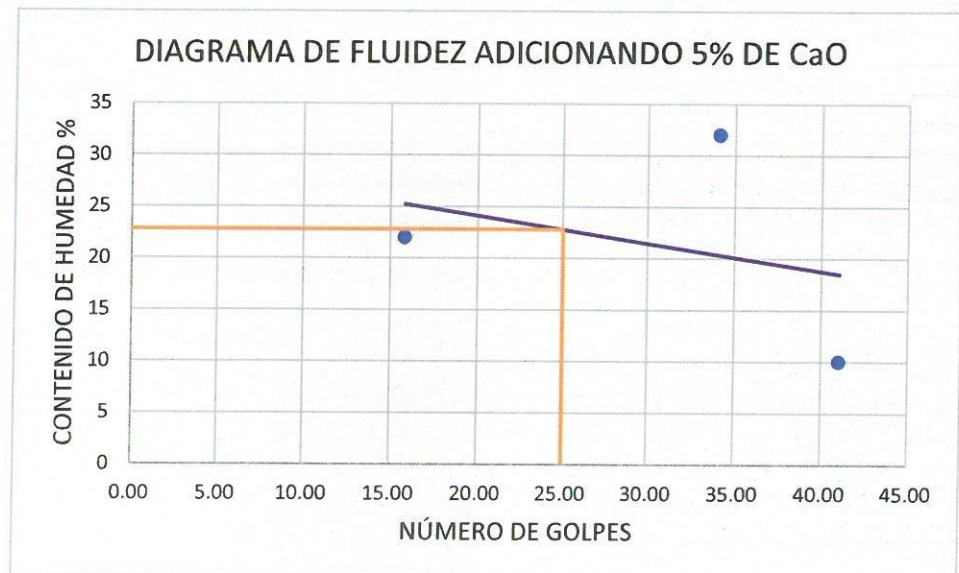
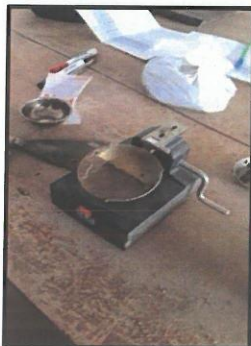
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b>		<b>"MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"</b>					
<b>TESISTA</b>		Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez					
<b>Ensayo :</b> LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.							
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Norma : ASTM D 4318					
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Norma : ASTM D 4319					
<b>Fecha de Muestreo :</b>		HUÁNUCO 04/10/19					
<b>Objetivo :</b>		Determinar los Limites de Atterberg en los Suelos.					
<b>Materiales</b>		tamiz # 40, balanza electrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.					
<b>LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.</b>		<b>Ubicación :</b> Calicata C4			<b>Potencia :</b> 1.50 m		
		<b>Estrato :</b> M-3					
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.50	87.60	108.40	37.88	37.21	35.42
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	77.17	79.05	87.50	36.60	36.25	34.04
Peso de la Tara	Gr	25.20	25.10	26.26	30.20	30.50	30.60
Peso de la Muestra Seca	Gr	51.97	53.95	61.24	6.40	5.75	3.44
Peso del Agua	Gr	21.33	8.55	20.90	1.28	0.96	1.38
Contenido de Humedad	%	41.04	15.85	34.13	20.00	16.70	40.12
<b>Número de Golpes</b>		<b>10</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>Promedio :</b>		<b>25.60</b>
		<b>Limites de Consistencia</b>					
		Límite Líquido: LL = 28.97%					
		Límite Plástico: LP = 25.60%					
		Índice de Plasticidad: IP = 3.37%					
		Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> = 7.53%					
		Grado de Consistencia: K <sub>w</sub> = 6.37					
		Grado de Consistencia: Media Dura, Sólida					

<b>Calicata :</b> C4	
<b>Estrato :</b> M-3	
<b>Potencia :</b> 1.50 m	
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>
10	41.04
22	15.85
32	34.13
25	24.65



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154  
Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)





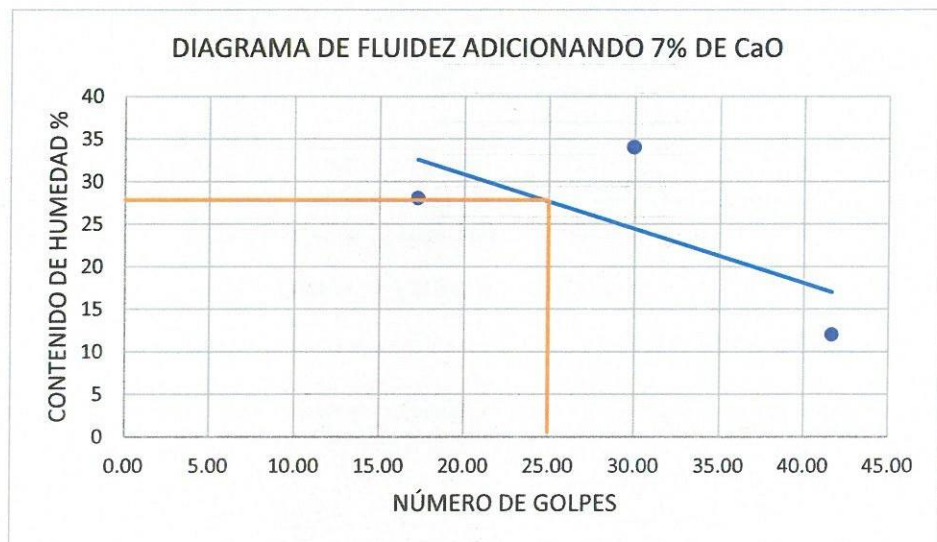
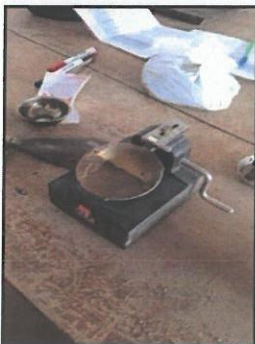
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayo en Suelos, Concreto y Rocas



<b>TESIS</b> "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUANUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019"									
<b>TESISTA</b> Bach. Gerson Stiff Avila Alvarez									
Ensayo : LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.									
LÍMITE LÍQUIDO		Norma : ASTM D 4318							
LÍMITE PLÁSTICO		Norma : ASTM D 4319							
Fecha de Muestreo : HUÁNUCO 04/10/19									
Objetivo : Determinar los Límites de Atterberg en los Suelos.									
Materiales : tamiz # 40, balanza eléctrica, equipo de csagrande , espátula y probeta.									
LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO ( NTP 339.129) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.		Ubicación : Calicata C4		Potencia : 1.50 m					
		Estrato : M-3							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	98.80	87.54	105.85	37.78	37.20	35.58	Límite Líquido: LL = 29.39%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	77.15	78.35	87.50	36.54	36.25	34.04	Límite Plástico: LP = 26.95%	
Peso de la Tara	Gr	25.20	25.10	26.26	30.20	30.50	30.60	Índice de Plasticidad : IP = 2.44%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	51.95	53.25	61.24	6.34	5.75	3.44	Contenido de Humedad : Wn = 7.53%	
Peso del Agua	Gr	21.65	9.19	18.35	1.24	0.95	1.54	Grado de Consistencia : Kw = 8.97	
Contenido de Humedad	%	41.67	17.26	29.96	19.56	16.52	44.77	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		12	28	34	Promedio :		26.95		

Calicata : C4	
Estrato : M-3	
Potencia : 1.50 m	
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
12	41.67
28	17.26
34	29.96
25	27.30



Carretera Central km.9-La esperanza-Teléfono N° 062-518452/515151-Anexo 212-Fax 062-513154

Huánuco-Perú.

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)







UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACION UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR)**

ASTM D 1557

**Datos de muestra**

Ubicación(Km) : 1+100.00 km Fuente: Marabamba  
 Calicata : C-2 Tipo de Material: Suelo  
 Muestra : M-3  
 Prof. (m) : 0.10-2.50 m  
 Fecha : 8 de octubre 2019

**Compactación**

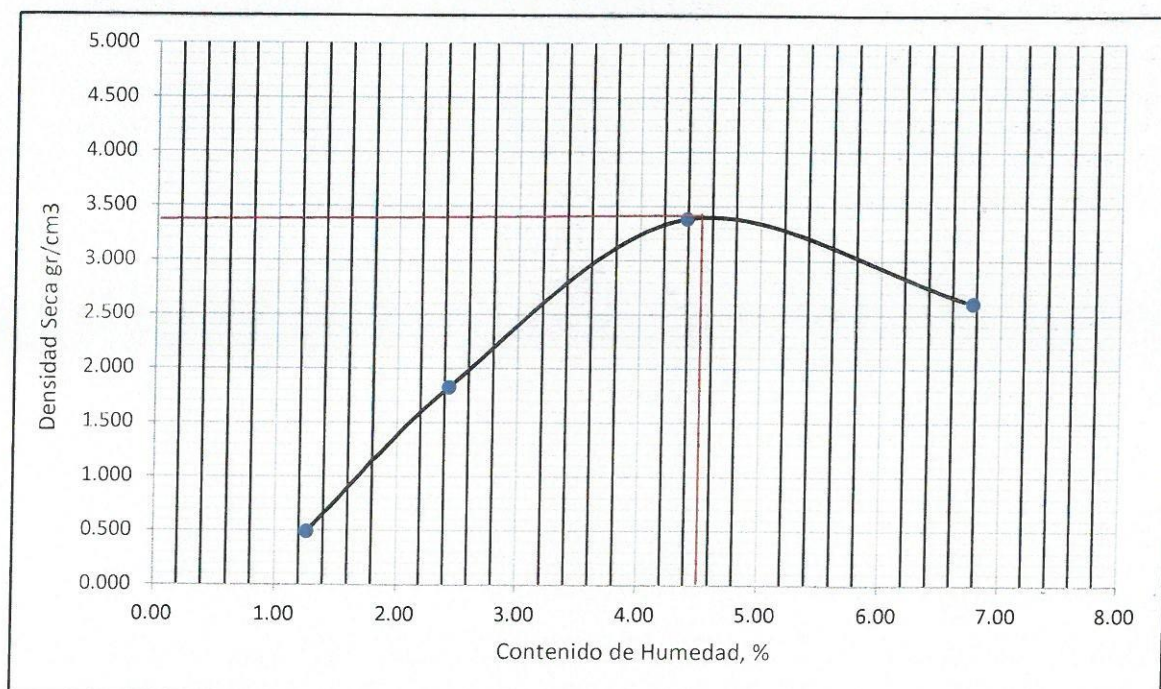
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15268.3	18208.9	21772.4	20167.2
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1066.8	4007.4	7570.9	5965.7
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.498	1.870	3.533	2.784

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	853.40	761.40	832.80	835.20
Tara + suelo seco (gr.)	843.40	743.40	798.80	785.20
Peso de agua (gr.)	10.00	17.00	33.00	50.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	793.40	698.10	751.90	739.00
Humedad (%)	1.26	2.44	4.39	6.77
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.492	1.825	3.384	2.607

Maxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2686.2
Óptimo Contenido de Humedad (%)	4.62

**CURVA DE COMPACTACION**



UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM2+050.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR)  
 ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km) : 2+050.00 km Fuente: Marabamba  
 Calicata : C-3 Tipo de Material: Suelo  
 Muestra : M-3  
 Prof. (m) : 0.10-2.50 m  
 Fecha : 10 de octubre 2019

**Compactación**

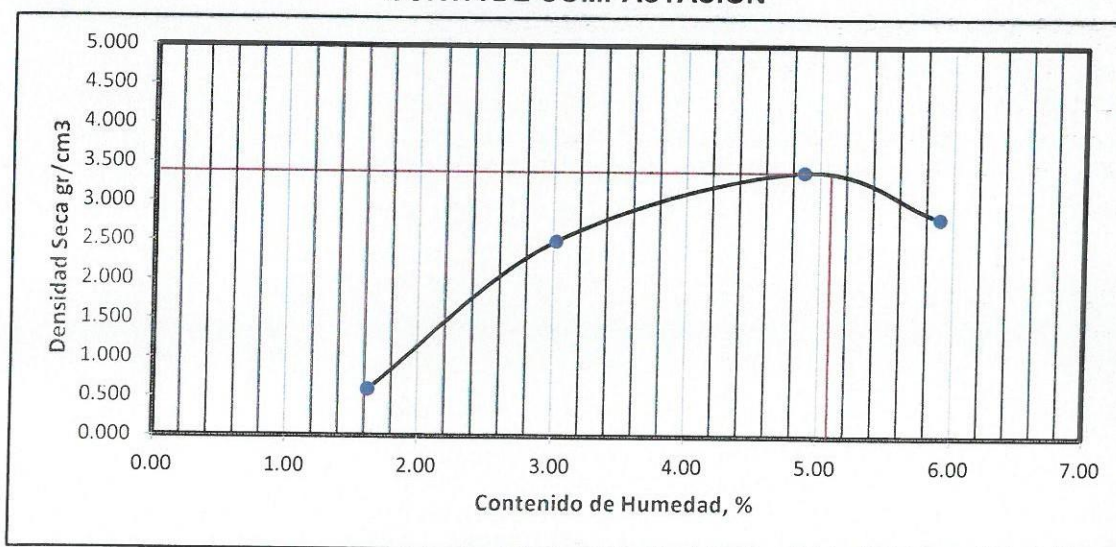
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15339.3	18598.3	21979.7	20335.1
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1137.8	4396.8	7778.2	6133.6
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.531	2.052	3.629	2.862

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	886.00	813.00	844.00	785.00
Tara + suelo seco (gr.)	874.00	793.00	812.00	749.00
Peso de agua (gr.)	12.00	20.00	33.00	36.00
Peso de tara (gr.)	136.00	131.00	136.00	139.00
Peso de suelo seco (gr.)	738.00	662.00	676.00	610.00
Humedad (%)	1.63	3.02	4.88	5.90
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.600	2.500	3.390	2.800

Maxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	3.453.0
Optimo Contenido de Humedad (%)	5.15

**CURVA DE COMPACTACION**





**UBCACIÓN:** Marabamba **DISTRITO:** Pillco Marca **PROVINCIA:** Huánuco  
**TRAMO:** KM2+650.00 M **DEPARTAMENTO:** Huánuco  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR)**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	2+650.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-4	Tipo de Material:	Suelo
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	9 de octubre 2019		

**Compactación**

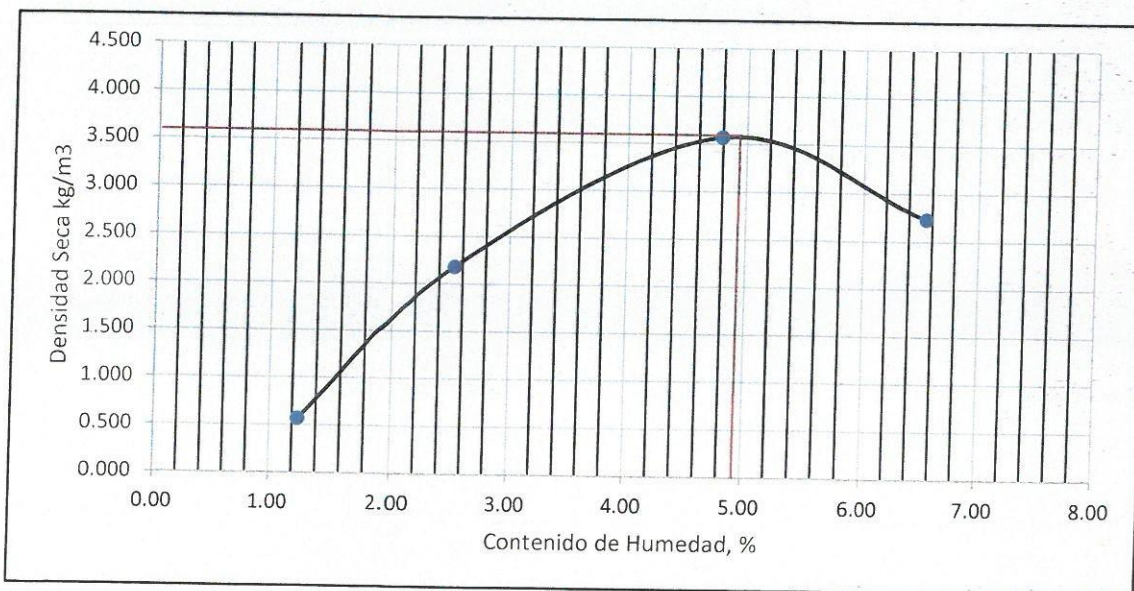
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15437.3	18993.1	22218.8	20440.8
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1235.8	4791.6	8017.3	6239.3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.577	2.236	3.741	2.911

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	950.00	902.00	860.00	790.00
Tara + suelo seco (gr.)	940.00	882.00	825.00	750.00
Peso de agua (gr.)	10.00	19.00	33.00	40.00
Peso de tara (gr.)	136.00	131.00	136.00	139.00
Peso de suelo seco (gr.)	804.00	751.00	689.00	611.00
Humedad (%)	1.24	2.53	4.79	6.55
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.570	2.181	3.570	2.732

Maxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	3515.0
Óptimo Contenido de Humedad (%)	4.93

**CURVA DE COMPACTACION**





COMPACTACION C B R									
MOLDE	1			2			3		
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	10			25			55		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	16105.60		16191.59	16598.80		16839.75	16579.30		16539.92
Peso Molde (gr)	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50
Peso Húmedo (gr)	1904.10		1990.09	2397.30		2638.25	2377.80		2338.42
Vol. Molde (cc)	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33
Densidad H.(gr/cc)	1.71		1.79	2.15		2.37	2.14		2.10
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P. Húmedo + Tara	765.30	755.60	789.65	886.60	882.50	180.60	165.32	165.70	168.65
Peso Seco + Tara	659.70	654.32	654.00	709.00	613.00	131.70	142.40	147.80	149.60
Peso Agua (gr)	105.60	101.28	135.65	177.60	269.50	48.90	22.92	17.90	19.05
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
P. Muestra Seca	624.60	620.12	619.80	674.80	578.80	97.50	108.20	113.60	115.40
Cont. Humedad	16.91%	16.33%	21.89%	26.32%	46.56%	50.15%	21.18%	15.76%	16.51%
Cont.Hum.Prom.	16.62%		21.89%	36.44%		50.15%	18.47%		16.51%
DENSIDAD SECA	1.467		1.467	1.578		1.578	1.803		1.803

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.400	24.200	3.20	10.850	189.150	21.43	1.300	75.200	45.38
48	2	4.000	23.600	3.12	14.980	185.020	20.97	1.600	74.900	45.20
72	3	4.500	23.100	3.06	16.060	183.940	20.84	1.700	74.800	45.14
96	4	4.890	22.710	3.01	15.150	184.850	20.95	1.800	74.700	45.08

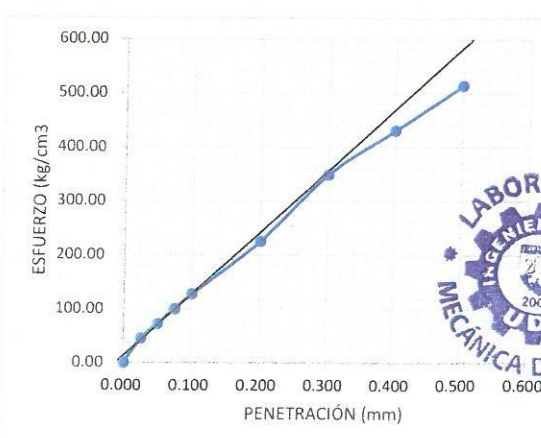
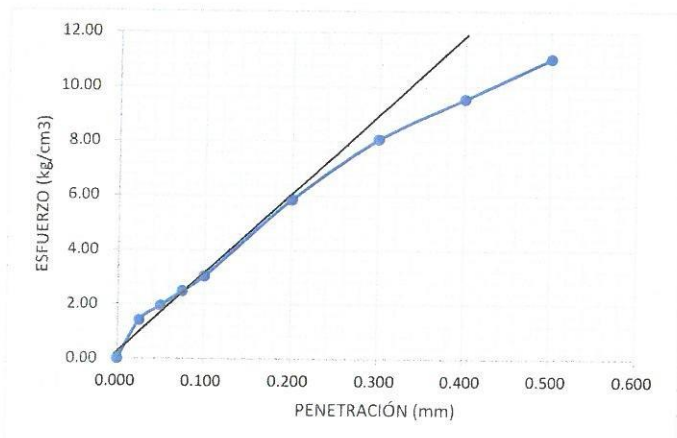
**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	28	1.41	200	44.60	77	3.90
1.27	0.050	38	1.95	460	72.20	136	6.92
1.91	0.075	49	2.49	760	99.80	195	9.95
2.54	0.100	60	3.03	1050	127.40	255	12.98
5.08	0.200	115	5.84	2150	225.20	506	25.75
7.62	0.300	158	8.07	3210	349.00	751	38.27
10.16	0.400	188	9.55	4200	431.00	915	46.62
12.70	0.500	217	11.04	5060	514.10	1079	54.96

<p><b>CURVA ESFUERZO-PENETRACION</b> (California Bearing Ratio CBR) <b>MOLDE 1</b></p>	<p><b>CURVA ESFUERZO-PENETRACION</b> (California Bearing Ratio CBR) <b>MOLDE 2</b></p>
--	--

C.B.R (12 GOLPES)

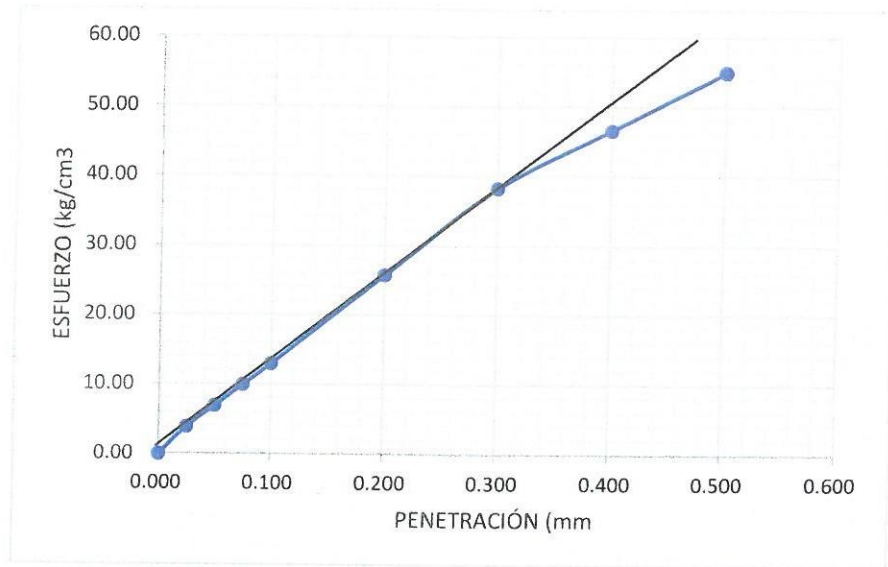
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



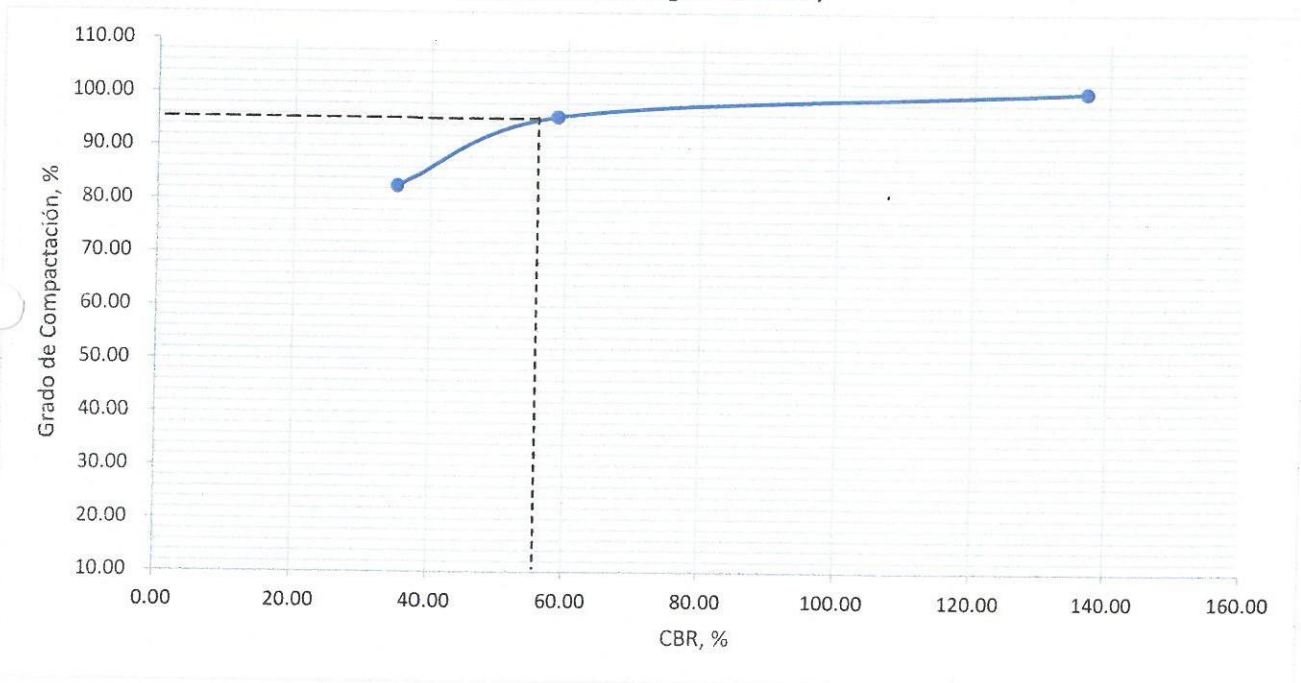
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	35.20	32.50
MOLDE 2	58.60	58.30
MOLDE 3	136.58	148.80

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.219	50.06	30.82	82.50
MOLDE 2	1.578	83.35	55.28	95.60
MOLDE 3	1.803	194.25	141.10	100.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1* (100% MDS)</b>	<b>138.7</b>
<b>CBR 0.1* (95% MDS)</b>	<b>57.8</b>



1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual

COMPACTACION CBR												
MOLDE	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES		
P. Húm. + Molde	16145.60			16225.42			16648.80			16996.38		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	1944.10			2023.92			2447.30			2794.88		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.75			1.82			2.20			2.51		
Densidad S.(gr/cc)	2.16			2.51			2.16			2.09		
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P. Húmedo + Tara	780.30	767.60	797.65	896.60	894.50	195.60	174.32	173.70	178.65			
Peso Seco + Tara	665.70	661.32	658.00	716.00	621.00	137.70	146.40	153.80	157.60			
Peso Agua (gr)	114.60	106.28	139.65	180.60	273.50	57.90	27.92	19.90	21.05			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	630.60	627.12	623.80	681.80	586.80	103.50	112.20	119.60	123.40			
Cont. Humedad	18.17%			22.39%			26.49%			46.61%		
Cont. Hum.Prom.	17.56%			22.39%			36.55%			55.94%		
DENSIDAD SECA	1.485			1.485			1.610			1.610		
	1.787			1.787			1.787			1.787		

### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

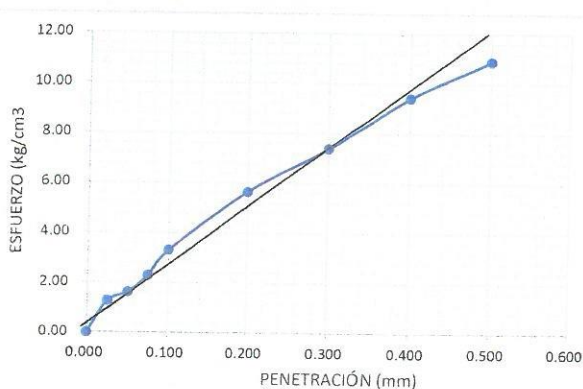
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.400	21.600	2.81	10.850	199.150	22.26	1.300	77.700	44.73
48	2	4.000	21.000	2.74	14.980	195.020	21.80	1.600	77.400	44.56
72	3	4.500	20.500	2.67	16.060	193.940	21.68	1.700	77.300	44.50
96	4	4.890	20.110	2.62	15.150	194.850	21.78	1.800	77.200	44.44

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	25	1.27	210	10.90	79	4.02
1.27	0.050	32	1.63	470	24.50	138	8.00
1.91	0.075	45	2.29	780	39.73	198	11.20
2.54	0.100	65	3.31	1070	54.49	259	13.50
5.08	0.200	75	5.65	2170	110.52	509	36.25
7.62	0.300	145	7.38	3230	164.50	756	38.20
10.16	0.400	185	9.42	4220	214.92	918	45.63
12.70	0.500	214	10.90	5080	260.30	1087	56.45

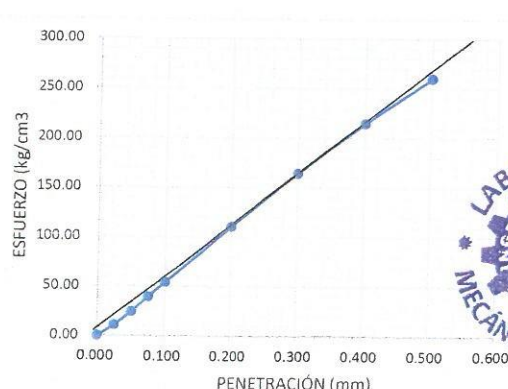
CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)



CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

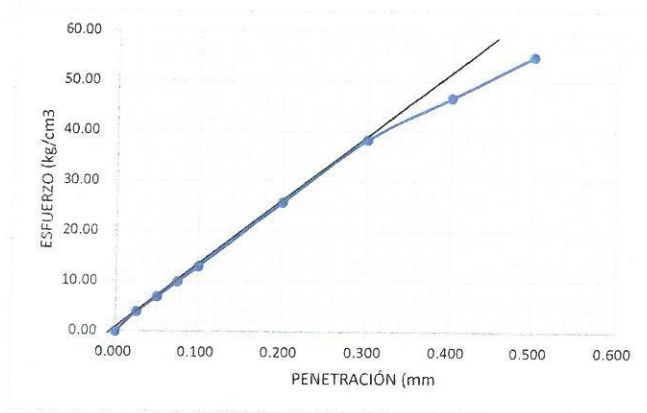
C.B.R (26 GOLPES)





**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 3

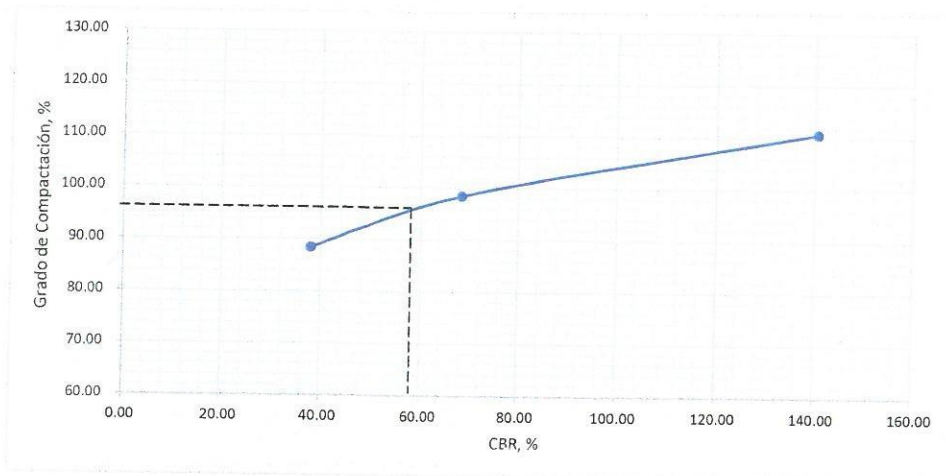
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	38.05	35.20
MOLDE 2	68.40	63.50
MOLDE 3	140.60	154.30

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.224	54.12	33.38	88.50
MOLDE 2	1.810	97.26	60.21	98.50
MOLDE 3	1.787	199.97	148.31	110.80

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1* (100% MDS)</b>	<b>142.3</b>
<b>CBR 0.1* (95% MDS)</b>	<b>59.6</b>

**1. Descripción del Ensayo**

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACION C B R												
MOLDE	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES		
P. Húm. + Molde	16025.60			16146.72			16538.80			16080.01		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	1824.10			1945.22			2337.30			1878.51		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.64			1.75			2.10			1.69		
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P. Húmedo + Tara	740.30	725.60	774.65	861.60	855.50	157.60	147.32	150.70	142.65			
Peso Seco + Tara	669.70	662.32	662.00	719.00	628.00	152.70	136.78	141.30	134.60			
Peso Agua (gr)	70.60	63.28	112.65	142.60	227.50	4.90	10.54	9.40	8.05			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	634.60	628.12	627.80	684.80	593.80	118.50	102.58	107.10	100.40			
Cont. Humedad	11.13%	10.07%	17.94%	20.82%	38.31%	4.14%	10.27%	8.78%	8.02%			
Cont. Hum. Prom.	10.60%			17.94%			29.57%			4.14%		
DENSIDAD SECA	1.481			1.481			1.620			1.620		
	1.481			1.481			1.913			1.913		

### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

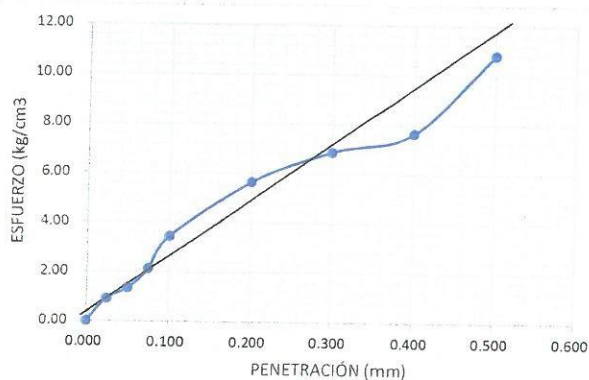
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
ACUMULADO		LECTURA		HINCHAMIENTO	LECTURA		HINCHAMIENTO	LECTURA		HINCHAMIENTO
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.400	14.600	2.01	10.850	169.150	19.77	1.300	83.700	55.54
48	2	4.000	14.000	1.93	14.980	165.020	19.29	1.600	83.400	55.34
72	3	4.500	13.500	1.86	16.060	163.940	19.16	1.700	83.300	55.28
96	4	4.890	13.110	1.81	15.150	164.850	19.27	1.800	83.200	55.21

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	18	0.92	180	10.90	85	4.33
1.27	0.050	34	1.35	450	24.50	142	8.00
1.91	0.075	42	2.14	760	38.71	185	11.20
2.54	0.100	58	3.45	1050	53.48	245	13.50
5.08	0.200	68	5.65	2150	109.50	485	28.40
7.62	0.300	135	6.88	3230	164.50	680	38.20
10.16	0.400	175	7.65	4210	214.41	910	45.63
12.70	0.500	212	10.80	5060	260.30	1045	56.45

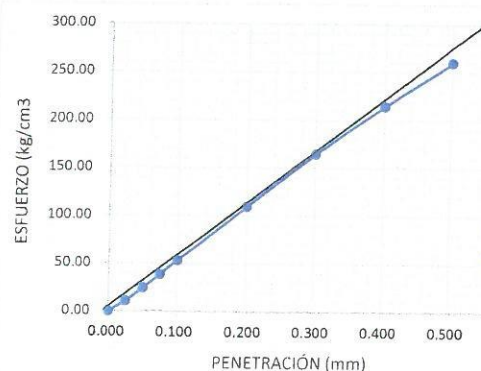
CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)



CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

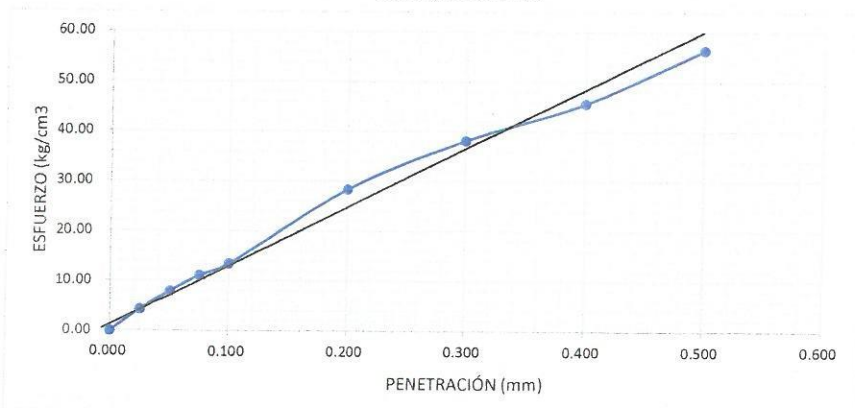
C.B.R (26 GOLPES)





**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**

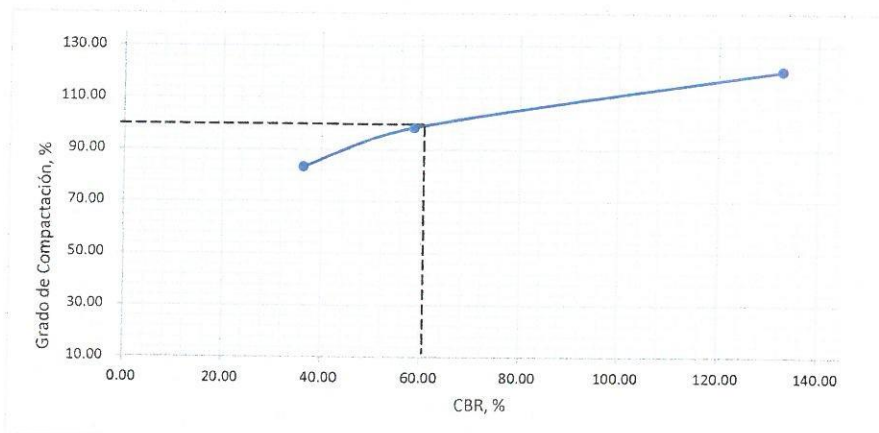
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	36.40	32.80
MOLDE 2	58.50	53.23
MOLDE 3	132.80	148.60

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.179	51.77	30.91	83.40
MOLDE 2	1.620	83.20	50.47	98.60
MOLDE 3	1.913	108.68	140.91	120.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>132.4</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>61.6</b>

1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMEN Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁI MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	0+500.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-1	Tipo de Materie Suelo	
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	15 de octubre 2019		

**Compactación**

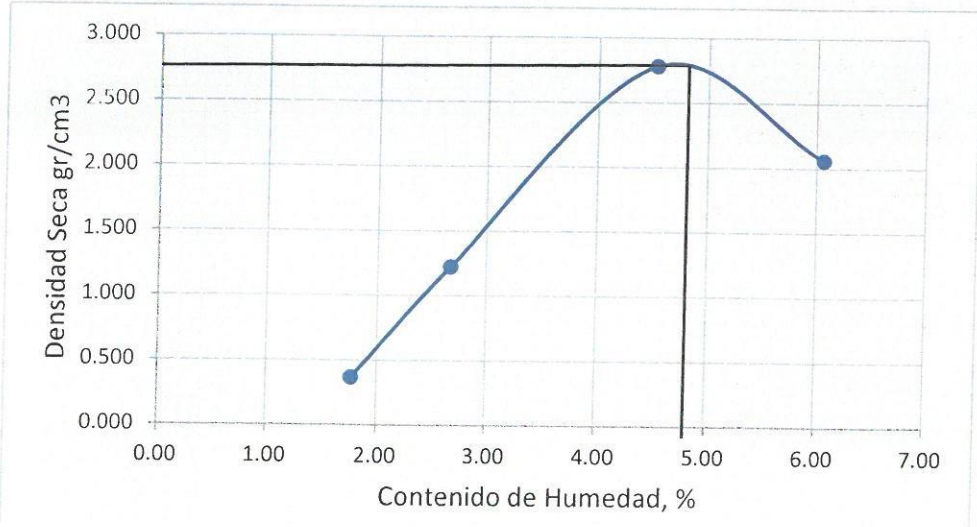
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15001.5	16888.3	20428.8	18880.1
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	800.0	2686.8	6227.3	4678.6
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.373	1.254	2.906	2.183

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	510.50	545.00	485.50	535.60
Tara + suelo seco (gr.)	502.50	532.00	466.50	507.60
Peso de agua (gr.)	8.00	13.00	19.00	28.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	452.50	486.70	419.60	461.40
Humedad (%)	1.77	2.67	4.53	6.07
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.367	1.221	2.780	2.058

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	: 2.645
Optimo Contenido de Humedad	: 4.89

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 1% DE OXIDO DE CALCIO.**



UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMEN Huánuco

**0 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

ASTM D 1557

**Datos de muestra**

Ubicación(Km) : 0+500.00 km Fuente: Marabamba  
 Calicata : C-1 Tipo de Materia Suelo  
 Muestra : M-3  
 Prof. (m) : 0.10-2.50 m  
 Fecha : 15 de octubre 2019

**Compactación**

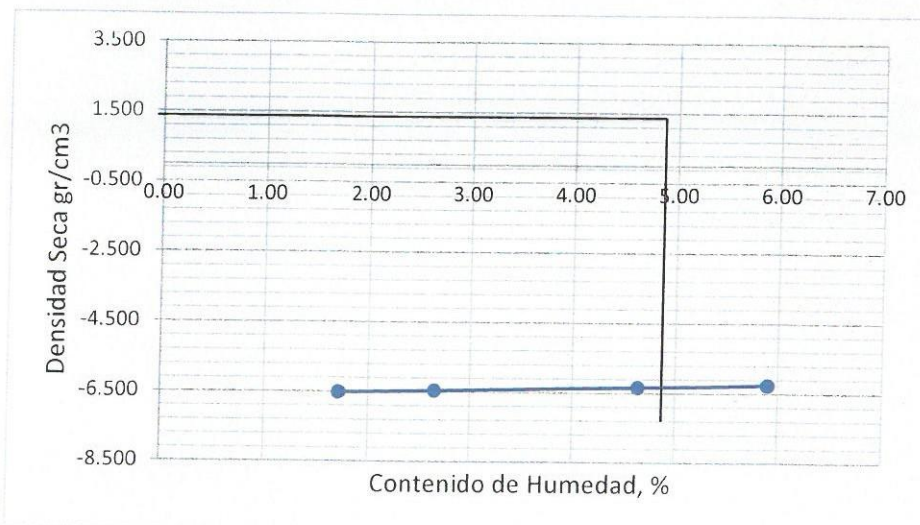
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	-14201.5	-14201.5	-14201.5	-14201.5
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	-6.627	-6.627	-6.627	-6.627

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	522.00	548.00	498.30	548.70
Tara + suelo seco (gr.)	514.00	535.00	478.30	520.70
Peso de agua (gr.)	8.00	13.00	20.00	28.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	464.00	489.70	431.40	474.50
Humedad (%)	1.72	2.65	4.64	5.90
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	-6.514	-6.455	-6.333	-6.257

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.762
Optimo Contenido de Humedac	4.84

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 3% DE OXIDO DE CALCIO.**





UBACACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMEN Huánuco

**0 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

ASTM D 1557

**Datos de muestra**

Ubicación(Km) : 0+500.00 km Fuente: Marabamba  
 Calicata : C-1 Tipo de Materia Suelo  
 Muestra : M-3  
 Prof. (m) : 0.10-2.50 m  
 Fecha : 16 de octubre 2019

**Compactación**

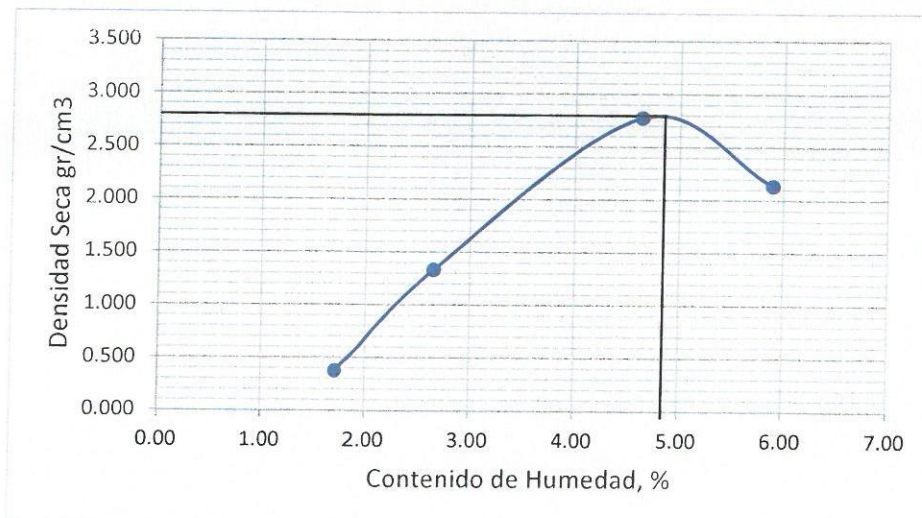
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15029.0	17069.9	20519.7	19008.6
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	827.5	2868.4	6318.2	4807.1
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.386	1.338	2.948	2.243

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	518.60	556.00	496.30	548.70
Tara + suelo seco (gr.)	510.60	543.00	477.30	520.70
Peso de agua (gr.)	8.00	13.00	19.00	28.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	460.60	497.70	430.40	474.50
Humedad (%)	1.74	2.61	4.41	5.90
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.380	1.304	2.824	2.118

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.842
Optimo Contenido de Humedac	4.80

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 5% DE OXIDO DE CALCIO.**





UBACACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco

TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMEN Huánuco

**0 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

ASTM D 1557

**Datos de muestra**

Ubicación(Km) : 0+500.00 km Fuente: Marabamba  
 Calicata : C-1 Tipo de Materiaz Suelo  
 Muestra : M-3  
 Prof. (m) : 0.10-2.50 m  
 Fecha : 16 de octubre 2019

**Compactación**

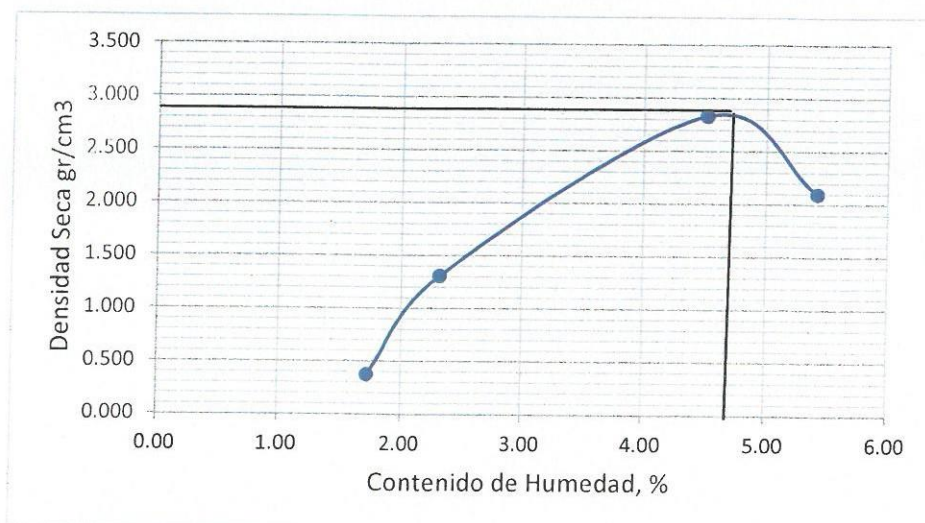
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15022.8	17069.9	20547.0	18944.4
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	821.3	2868.4	6345.5	4742.9
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.383	1.338	2.961	2.213

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	522.00	575.00	480.00	560.00
Tara + suelo seco (gr.)	514.00	563.00	461.30	533.60
Peso de agua (gr.)	8.00	12.00	18.70	26.40
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	464.00	517.70	414.40	487.40
Humedad (%)	1.72	2.32	4.51	5.42
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.377	1.308	2.833	2.099

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.958
Optimo Contenido de Humedac	4.75

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 7% DE OXIDO DE CALCIO.**



UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁ  
 MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL  
 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km) : 1+100.00 km Fuente: Marabamba  
 Calicata : C-2 Tipo de Material Suelo  
 Muestra : M-3  
 Prof. (m) : 0.10-2.50 m  
 Fecha : 14 de octubre 2019

**Compactación**

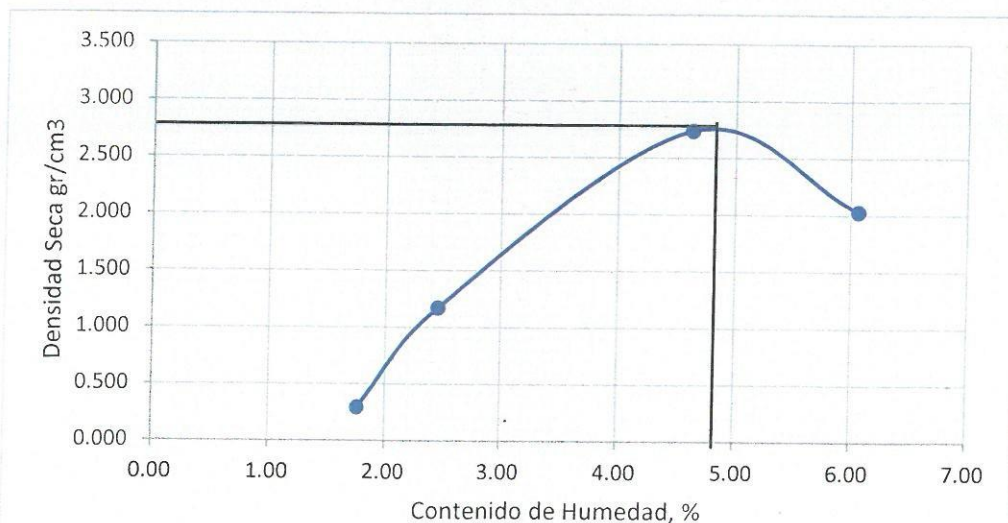
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	14839.0	16772.0	20337.9	18808.6
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	637.5	2570.5	6136.4	4607.1
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.297	1.199	2.863	2.150

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	510.50	545.00	475.50	535.60
Tara + suelo seco (gr.)	502.50	533.00	457.50	507.60
Peso de agua (gr.)	8.00	12.00	19.00	28.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	452.50	487.70	410.60	461.40
Humedad (%)	1.77	2.46	4.63	6.07
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.292	1.171	2.737	2.027

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.756.3
Optimo Contenido de Humedad (%)	4.40

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 1% DE OXIDO DE CALCIO.**





UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁ  
 MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL  
 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	1+100.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-2	Tipo de Materia Suelo	
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	14 de octubre 2019		

**Compactación**

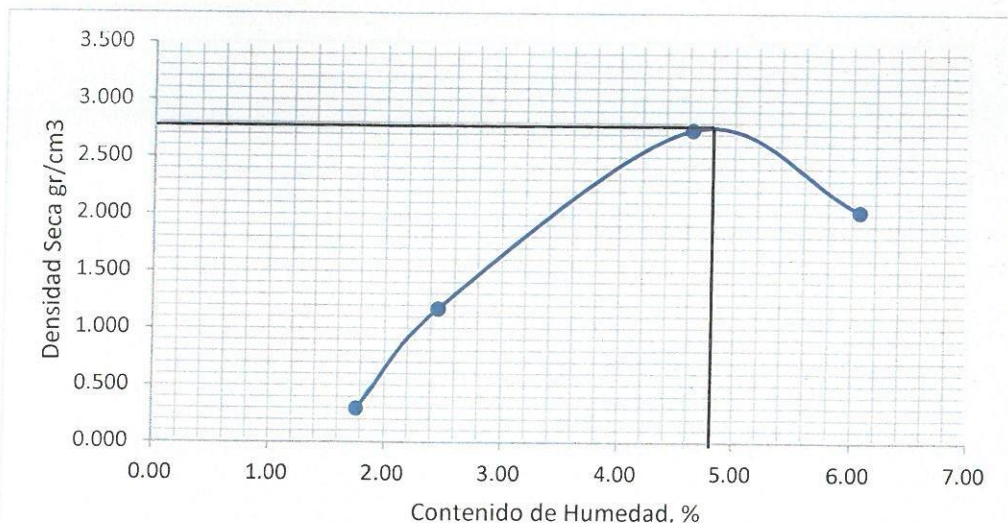
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	14882.8	16762.0	74837.9	18772.9
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	681.3	2560.5	60636.4	4571.4
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.318	1.195	28.294	2.133

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	515.30	550.00	475.50	535.60
Tara + suelo seco (gr.)	507.30	538.00	457.50	507.60
Peso de agua (gr.)	8.00	12.00	18.00	28.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	457.30	492.70	410.60	461.40
Humedad (%)	1.75	2.44	4.38	6.07
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.312	1.166	27.106	2.011

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	:	<b>2762.0</b>
Optimo Contenido de Humedad	:	<b>4.84</b>

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 3% DE OXIDO DE CALCIO.**





**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	1+100.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-2	Tipo de Materia Suelo	
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	15 de octubre 2019		

**Compactación**

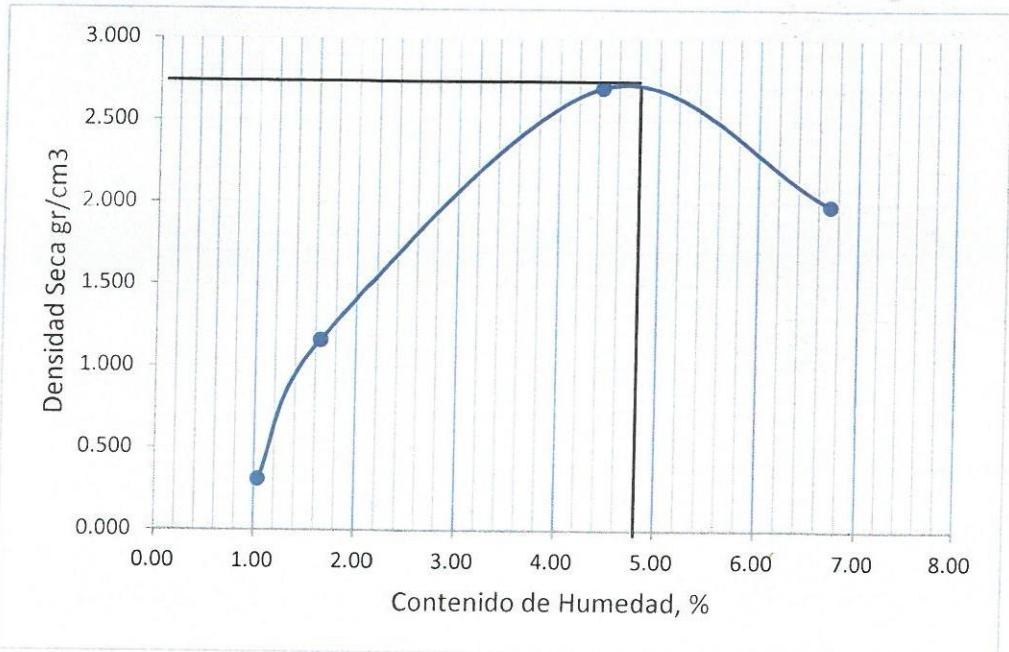
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	14870.3	16727.8	20247.0	18740.8
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	668.8	2526.3	6045.5	4539.3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.312	1.179	2.821	2.118

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	535.80	538.40	458.60	548.60
Tara + suelo seco (gr.)	530.80	530.40	443.60	522.60
Peso de agua (gr.)	5.00	8.00	17.60	32.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	480.80	485.10	396.70	476.40
Humedad (%)	1.04	1.65	4.44	6.72
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.309	1.160	2.701	1.985

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	: 2842.0
Optimo Contenido de Humedad	: 4.80

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 5% DE OXIDO DE CALCIO.**





**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	1+100.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-2	Tipo de Materie Suelo	
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	15 de octubre 2019		

**Compactación**

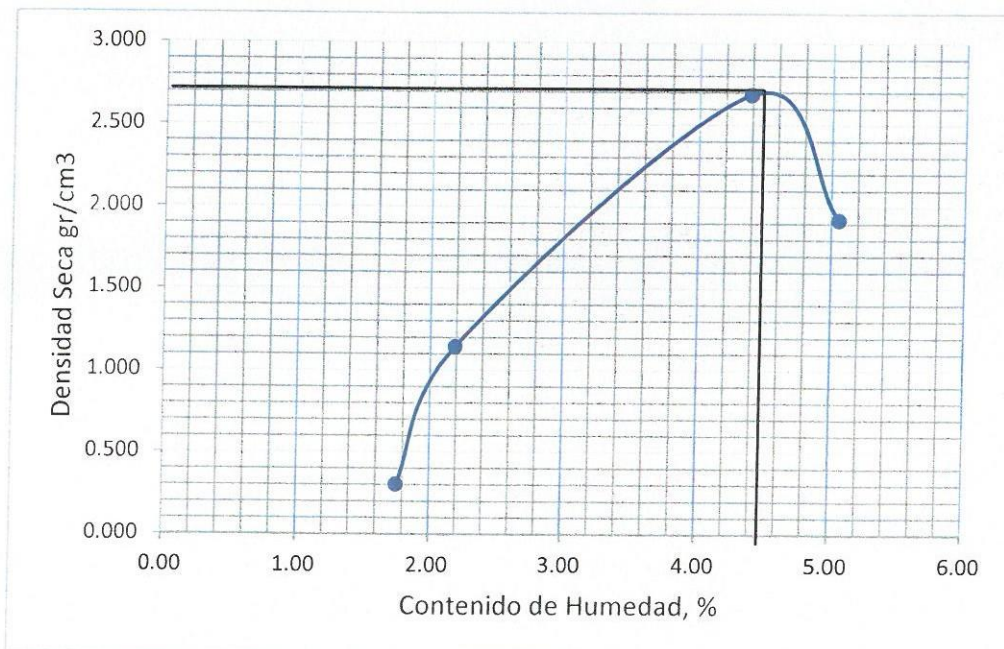
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	14864.0	16704.7	20204.2	18527.9
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	662.5	2503.2	6002.7	4326.4
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.309	1.168	2.801	2.019

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	543.60	544.70	466.70	559.60
Tara + suelo seco (gr.)	535.10	534.10	451.20	536.90
Peso de agua (gr.)	8.50	10.60	15.50	22.70
Peso de tara (gr.)	50.00	50.00	98.00	88.00
Peso de suelo seco (gr.)	485.10	484.10	353.20	448.90
Humedad (%)	1.75	2.19	4.39	5.06
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.304	1.143	2.683	1.922

Máxima Densidad Seca (gr/cm	:	<b>2958.0</b>
Optimo Contenido de Humedad	:	<b>4.75</b>

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 7% DE OXIDO DE CALCIO.**





UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM1+100.00 M DEPARTAMEN Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁN MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	2+050.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-3	Tipo de Materie Suelo	
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	15 de octubre 2019		

**Compactación**

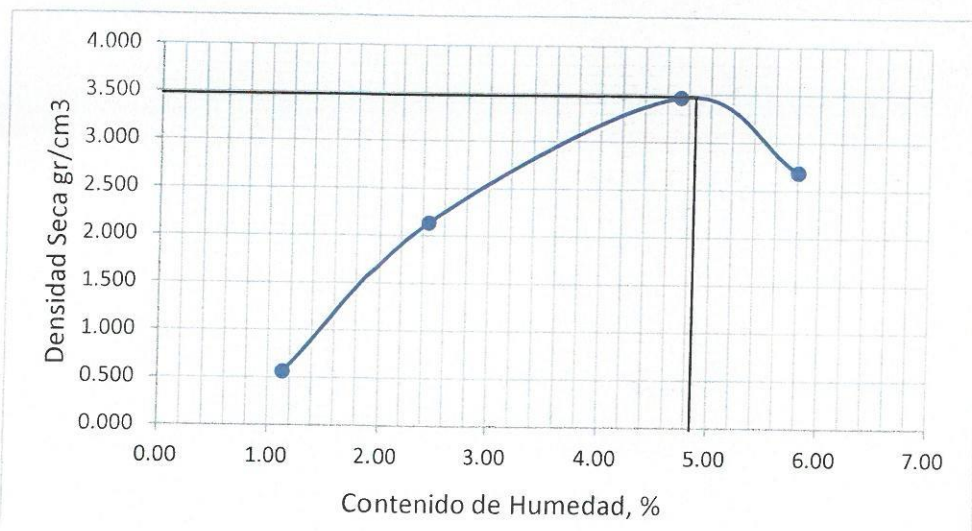
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15421.0	18889.4	21977.9	20290.1
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1219.5	4687.9	7776.4	6088.6
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.569	2.187	3.629	2.841

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	940.00	880.00	845.00	775.00
Tara + suelo seco (gr.)	930.00	860.00	809.00	735.00
Peso de agua (gr.)	10.00	20.00	36.00	40.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	880.00	814.70	762.10	688.80
Humedad (%)	1.14	2.45	4.72	5.81
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.563	2.135	3.465	2.685

Máxima Densidad Seca (gr/cm	:	<b>3.480</b>
Optimo Contenido de Humedad	:	<b>4.92</b>

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 1% DE OXIDO DE CALCIO.**





UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM2+050.00 M DEPARTAMEN Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁN MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	: 2+050.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	: C-3	Tipo de Materia Suelo	
Muestra	: M-3		
Prof. (m)	: 0.10-2.50 m		
Fecha	: 15 de octubre 2019		

**Compactación**

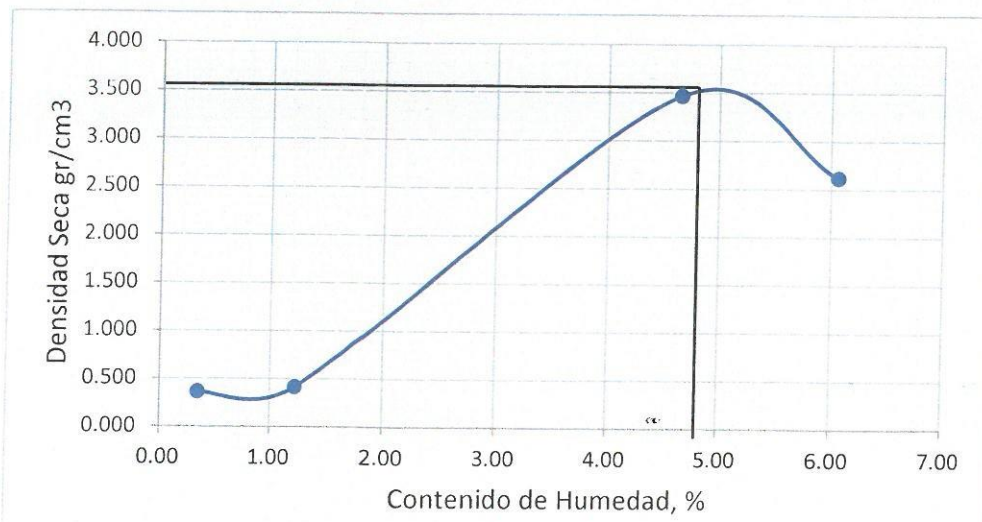
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15412.4	15097.8	21798.8	20150.1
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1210.9	896.3	7597.3	5948.6
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.365	0.418	3.545	2.776

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	930.00	875.50	832.40	745.70
Tara + suelo seco (gr.)	921.00	858.50	798.40	705.70
Peso de agua (gr.)	3.00	10.00	35.00	40.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	871.00	813.20	751.50	659.50
Humedad (%)	0.34	1.23	4.66	6.07
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.364	0.413	3.465	2.617

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	: 3.543.0
Optimo Contenido de Humedad	: 4.86

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.**



UBACCIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM2+050.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁN MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	2+050.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-3	Tipo de Materia Suelo	
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	15 de octubre 2019		

**Compactación**

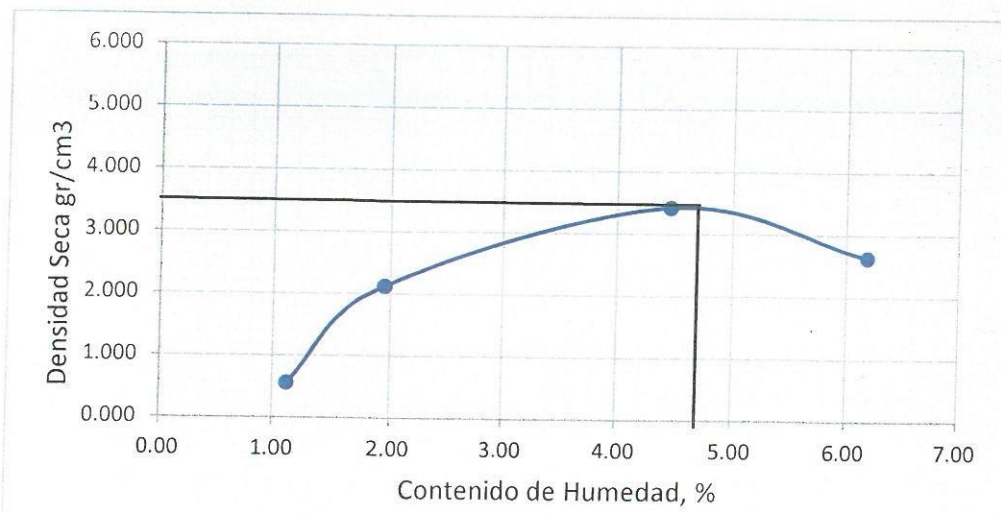
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15414.0	18833.1	21856.0	20190.1
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1212.5	4631.6	7654.5	5988.6
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.566	2.161	3.572	2.794

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	950.00	880.00	838.50	758.60
Tara + suelo seco (gr.)	940.00	864.00	804.70	717.10
Peso de agua (gr.)	10.00	16.00	33.80	41.50
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	890.00	818.70	757.80	670.90
Humedad (%)	1.12	1.95	4.46	6.19
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.559	2.120	3.419	2.632

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	: 3746.0
Óptimo Contenido de Humedad	: 4.76

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.**



UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM2+050.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO  
 MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

ASTM D 1557

**Datos de muestra**

Ubicación(Km) : 2+050.00 km Fuente: Marabamba  
 Calicata : C-3 Tipo de Materia Suelo  
 Muestra : M-3  
 Prof. (m) : 0.10-2.50 m  
 Fecha : 16 de octubre 2019

**Compactación**

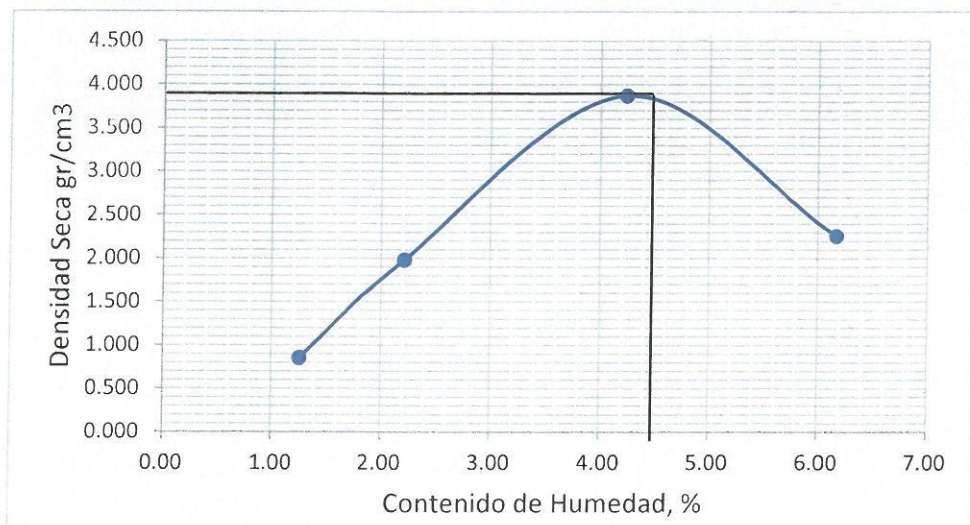
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15410.9	18184.1	20798.8	19334.4
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1209.4	3982.6	6597.3	5132.9
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.564	1.858	3.078	2.395

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	856.40	875.80	829.60	760.40
Tara + suelo seco (gr.)	846.40	857.80	797.80	718.90
Peso de agua (gr.)	10.00	18.00	31.80	41.50
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	796.40	812.50	750.90	672.70
Humedad (%)	1.26	2.22	4.23	6.17
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.854	1.980	3.870	2.256

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	3.980.0
Optimo Contenido de Humedad (%)	4.69

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.**



**UBCACIÓN:** Marabamba **DISTRITO:** Pillco Marca **PROVINCIA:** Huánuco  
**TRAMO:** KM2+650.00 M **DEPARTAMENTO:** Huánuco  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 1% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	: 2+650.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	: C-4	Tipo de Materia Suelo	
Muestra	: M-3		
Prof. (m)	: 0.10-2.50 m		
Fecha	: 16 de octubre 2019		

**Compactación**

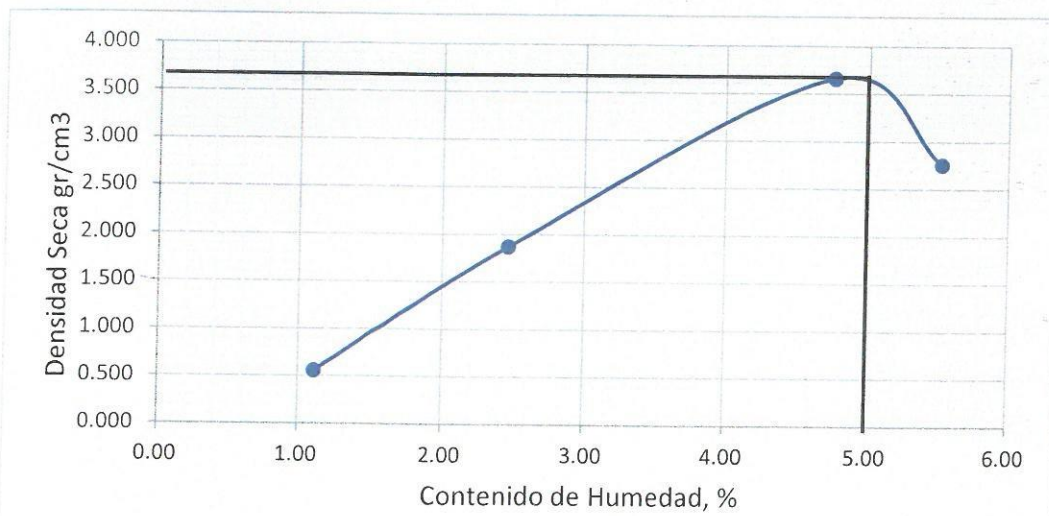
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15406.9	18303.6	22161.5	20427.9
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1205.4	4102.1	7960.0	6226.4
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.562	1.914	3.714	2.905

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	955.00	875.60	840.00	810.40
Tara + suelo seco (gr.)	945.00	855.60	804.00	770.40
Peso de agua (gr.)	10.00	20.00	36.00	40.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	895.00	810.30	757.10	724.20
Humedad (%)	1.12	2.47	4.75	5.52
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.556	1.868	3.658	2.753

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	: 3548.0
Optimo Contenido de Humedad	: 4.90

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 1% DE OXIDO DE CALCIO.**



**UBCACIÓN:** Marabamba **DISTRITO:** Pillco Marca **PROVINCIA:** Huánuco  
**TRAMO:** KM2+650.00 M **DEPARTAMENTO:** Huánuco  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	2+650.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-4	Tipo de Materia Suelo	
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	16 de octubre 2019		

**Compactación**

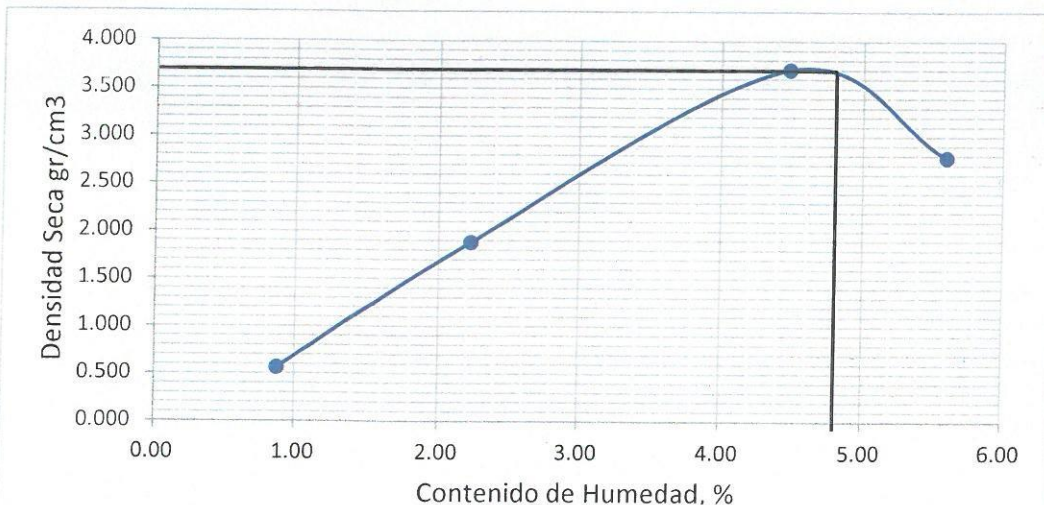
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15421.1	18319.4	22244.2	20492.2
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1219.6	4117.9	8042.7	6290.7
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.569	1.921	3.753	2.935

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	968.00	870.80	835.70	800.40
Tara + suelo seco (gr.)	960.00	852.80	801.90	760.40
Peso de agua (gr.)	8.00	18.00	33.80	40.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	910.00	807.50	755.00	714.20
Humedad (%)	0.88	2.23	4.48	5.60
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.564	1.880	3.698	2.780

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	:	<b>3745.5</b>
Óptimo Contenido de Humedad	:	<b>4.86</b>

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 3% DE OXIDO DE CALCIO.**



UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM2+650.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	: 2+650.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	: C-4	Tipo de Materie Suelo	
Muestra	: M-3		
Prof. (m)	: 0.10-2.50 m		
Fecha	: 17 de octubre 2019		

**Compactación**

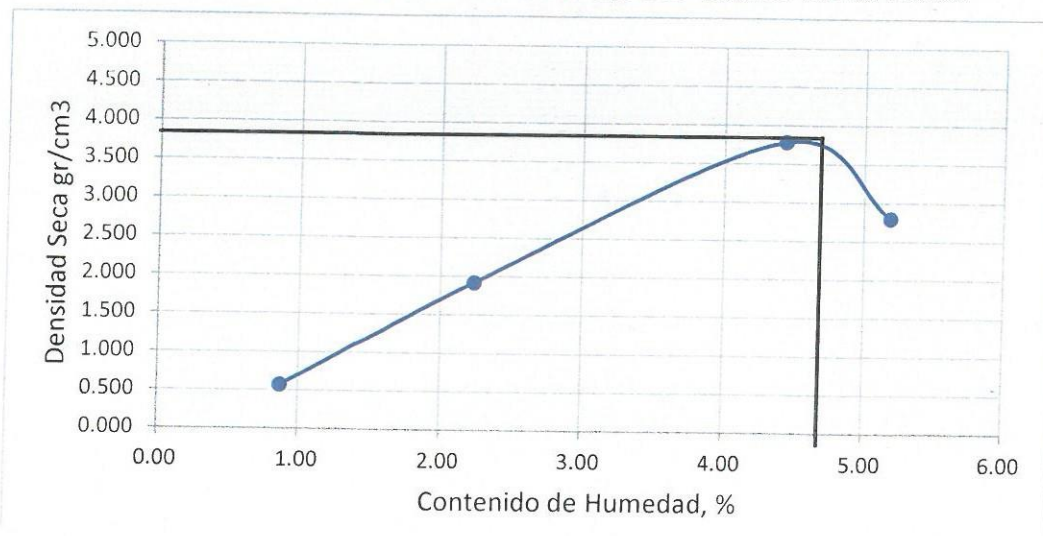
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15427.0	18404.1	22272.4	20504.4
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1225.5	4202.6	8070.9	6302.9
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.572	1.961	3.766	2.941

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	975.60	866.50	828.70	836.70
Tara + suelo seco (gr.)	967.60	848.50	795.50	797.70
Peso de agua (gr.)	8.00	18.00	33.20	39.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	917.60	803.20	748.60	751.50
Humedad (%)	0.87	2.24	4.43	5.19
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.567	1.918	3.780	2.796

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>3.878.0</b>
Optimo Contenido de Humedad	<b>4.75</b>

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 5% DE OXIDO DE CALCIO.**





UBCACIÓN: Marabamba DISTRITO: Pillco Marca PROVINCIA: Huánuco  
 TRAMO: KM2+650.00 M DEPARTAMENTO: Huánuco  
 ENSAYO DE C MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO - MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJE DE ÓXIDO DE CALCIO 2019.

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN UTILIZANDO ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR) ADICIONANDO EL 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.**

**ASTM D 1557**

**Datos de muestra**

Ubicación(Km)	:	2+650.00 km	Fuente:	Marabamba
Calicata	:	C-4	Tipo de Materia Suelo	
Muestra	:	M-3		
Prof. (m)	:	0.10-2.50 m		
Fecha	:	17 de octubre 2019		

**Compactación**

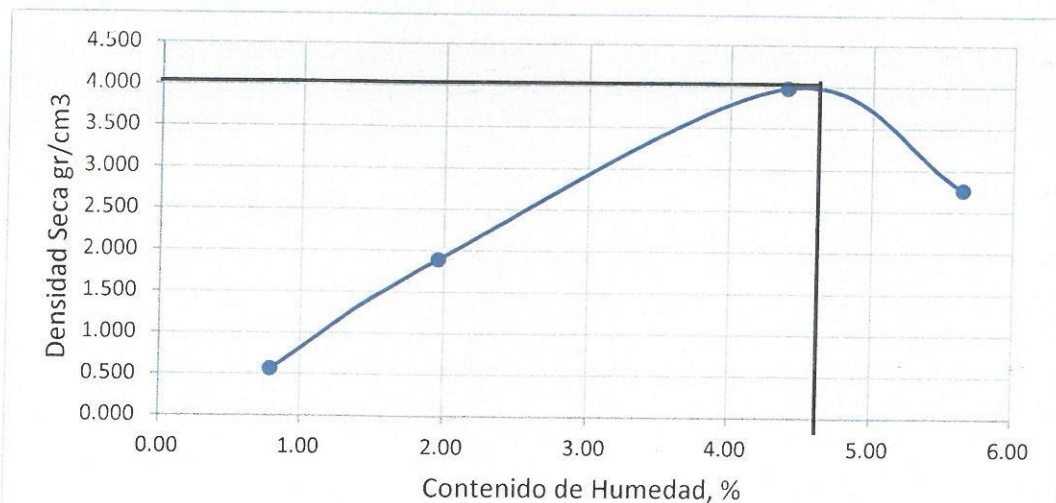
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	15421.0	18335.2	22187.9	20455.8
Peso molde (gr.)	14201.5	14201.5	14201.5	14201.5
Peso suelo compactado (gr.)	1219.5	4133.7	7986.4	6254.3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2143.1	2143.1	2143.1	2143.1
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	0.569	1.929	3.727	2.918

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	940.50	825.70	782.30	776.40
Tara + suelo seco (gr.)	933.50	810.70	751.30	737.40
Peso de agua (gr.)	7.00	15.00	31.00	39.00
Peso de tara (gr.)	50.00	45.30	46.90	46.20
Peso de suelo seco (gr.)	883.50	765.40	704.40	691.20
Humedad (%)	0.79	1.96	4.40	5.64
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.565	1.892	3.980	2.762

Máxima Densidad Seca (gr/cm	:	<b>3972.0</b>
Optimo Contenido de Humedad	:	<b>4.62</b>

**CURVA DE COMPACTACIÓN CON 7% DE OXIDO DE CALCIO.**





COMPACTACION C B R ADICIÓN 1% DE OÓXIDO DE CALCIO.									
MOLDE	1			2			3		
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	10			25			55		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm. + Molde	16205.34		16263.83	16654.30		16954.95	16654.50		16612.98
Peso Molde (gr)	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50
Peso Húmedo (gr)	2003.84		2062.33	2452.80		2753.45	2453.00		2411.48
Vol. Molde (cc)	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33
Densidad H.(gr/cc)	1.80		1.85	2.20		2.47	2.20		2.17
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P. Húmedo + Tara	770.20	765.40	785.65	878.40	880.70	182.70	167.80	166.70	170.40
Peso Seco + Tara	659.70	654.32	654.00	709.00	613.00	131.70	142.40	147.80	149.60
Peso Agua (gr)	110.50	111.08	131.65	169.40	267.70	51.00	25.40	18.90	20.80
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
P. Muestra Seca	624.60	620.12	619.80	674.80	578.80	97.50	108.20	113.60	115.40
Cont. Humedad	17.69%	17.91%	21.24%	25.10%	46.25%	52.31%	23.48%	16.64%	18.02%
Cont.Hum.Prom.	17.80%		21.24%	35.68%		52.31%	20.06%		18.02%
DENSIDAD SECA	1.528		1.528	1.624		1.624	1.835		1.835

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.500	23.500	3.07	10.651	169.349	19.23	1.320	75.180	45.10
48	2	3.900	23.100	3.02	14.875	165.125	18.75	1.630	74.870	44.91
72	3	4.400	22.600	2.95	16.040	163.960	18.62	1.700	74.800	44.87
96	4	4.780	22.220	2.90	14.987	165.013	18.74	1.820	74.680	44.80

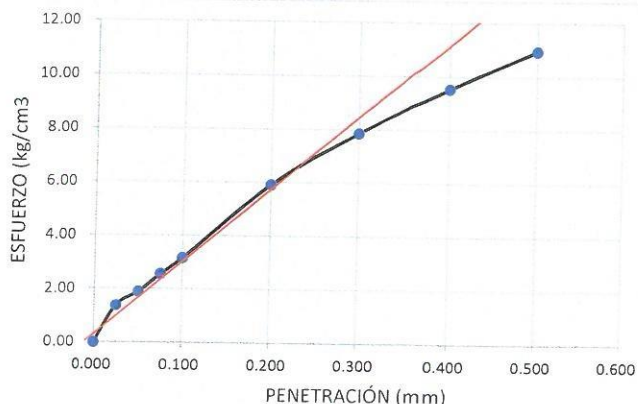
**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	27	1.38	180	44.60	77	3.80
1.27	0.050	37	1.88	440	72.20	136	6.92
1.91	0.075	50	2.55	740	99.80	195	9.95
2.54	0.100	62	3.16	1040	127.40	255	15.62
5.08	0.200	116	5.91	2130	225.20	506	25.75
7.62	0.300	154	7.84	3200	349.00	751	38.27
1.16	0.400	187	9.52	4100	431.00	915	46.62
12.70	0.500	215	10.95	5062	514.10	1079	55.60

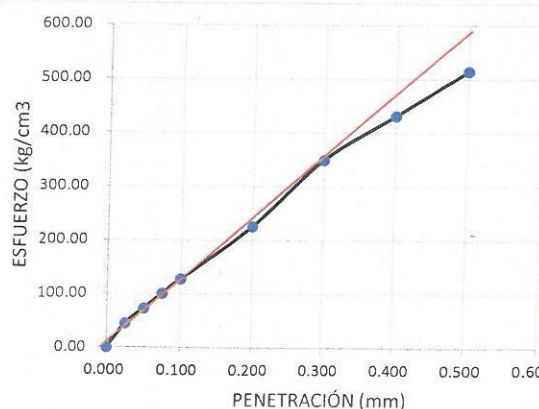
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION (California Bearing Ratio CBR) MOLDE 1**

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION (California Bearing Ratio CBR) MOLDE 2**

**C.B.R (12 GOLPES)**



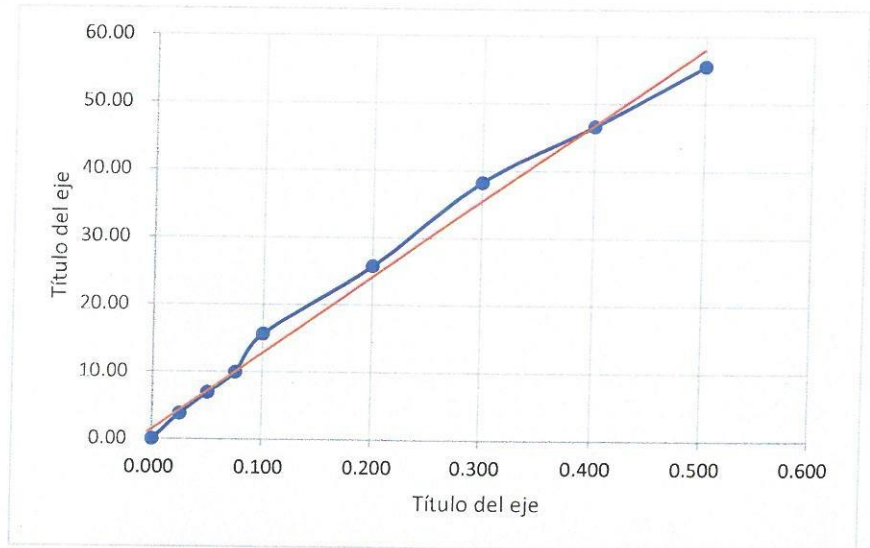
**C.B.R (26 GOLPES)**



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 3**



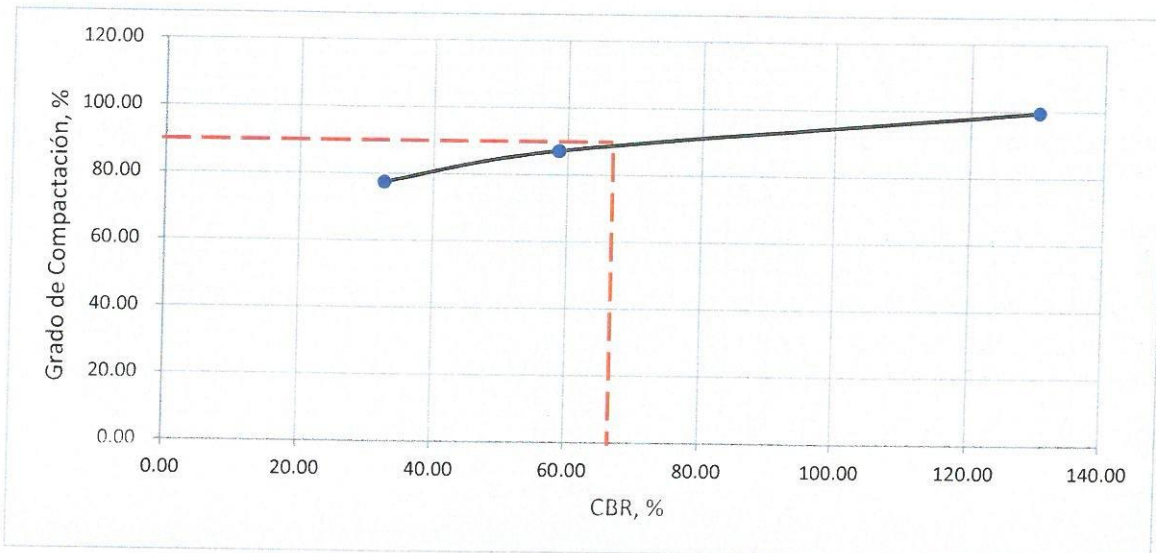
**C.B.R (56 GOLPES)**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	32.60	32.50
MOLDE 2	58.70	58.30
MOLDE 3	130.20	148.80

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.212	46.37	30.82	77.50
MOLDE 2	1.624	83.49	55.28	87.10
MOLDE 3	1.835	185.18	141.10	99.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR CON 1% DE OXIDO DE CALCIO.  
(California Bearing Ratio CBR )**



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>138.2</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>65.6</b>

1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACION C B R ADICIÓN 3% DE OÓXIDO DE CALCIO.												
MOLDE	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES		
P. Húm.+ Molde	161209.00			168134.71			16654.80			17326.57		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	147007.50			153933.21			2453.30			3125.07		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	132.04			138.26			2.20			2.81		
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P.Húmedo + Tara	745.30	752.60	779.10	789.30	798.60	185.70	170.20	168.40	170.60			
Peso Seco + Tara	659.70	654.32	654.00	709.00	613.00	131.70	142.40	147.80	149.60			
Peso Agua (gr)	85.60	98.28	125.10	80.30	185.60	54.00	27.80	20.60	21.00			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	624.60	620.12	619.80	674.80	578.80	97.50	108.20	113.60	115.40			
Cont. Humedad	13.70%	15.85%	20.18%	11.90%	32.07%	55.38%	25.69%	18.13%	18.20%			
Cont.Hum.Prom.	14.78%			20.18%			21.98%			55.38%		
DENSIDAD SECA	115.043			115.043			1.806			1.806		
							1.810			1.810		

### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	33.000	6.000	0.78	11.320	168.680	19.15	1.450	75.050	45.02
48	2	3.800	23.200	3.03	13.680	166.320	18.88	1.550	74.950	44.96
72	3	4.400	22.600	2.95	15.870	164.130	18.64	1.800	74.700	44.81
96	4	4.789	22.211	2.90	16.400	163.600	18.58	1.900	74.600	44.75

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

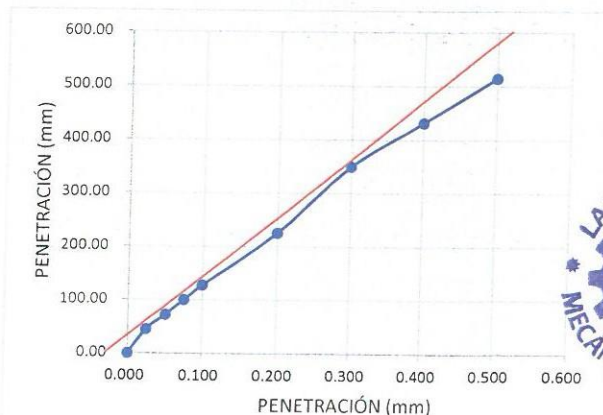
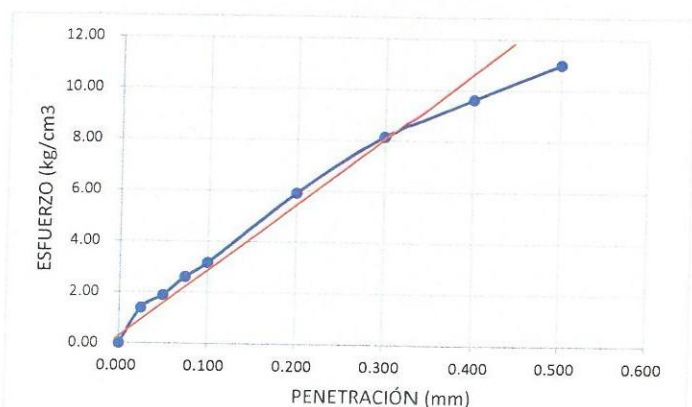
PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	27	1.38	205	44.60	78	3.97
1.27	0.050	37	1.88	467	72.20	138	7.03
1.91	0.075	51	2.60	765	99.80	199	10.13
2.54	0.100	62	3.16	1051	127.40	265	13.50
5.08	0.200	116	5.91	2153	225.20	508	25.87
7.62	0.300	160	8.15	3214	349.00	752	38.30
10.16	0.400	189	9.63	4198	431.00	917	46.70
12.70	0.500	216	11.00	5045	514.10	1078	54.90

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

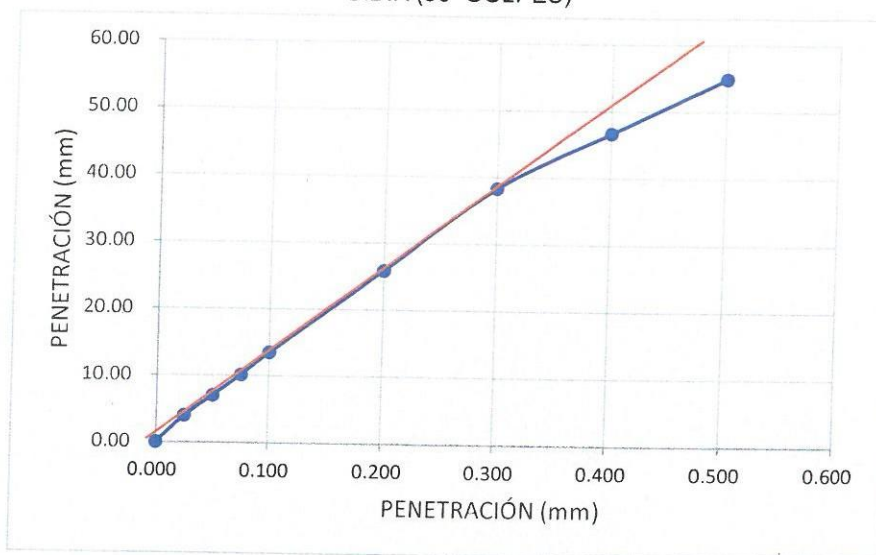
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



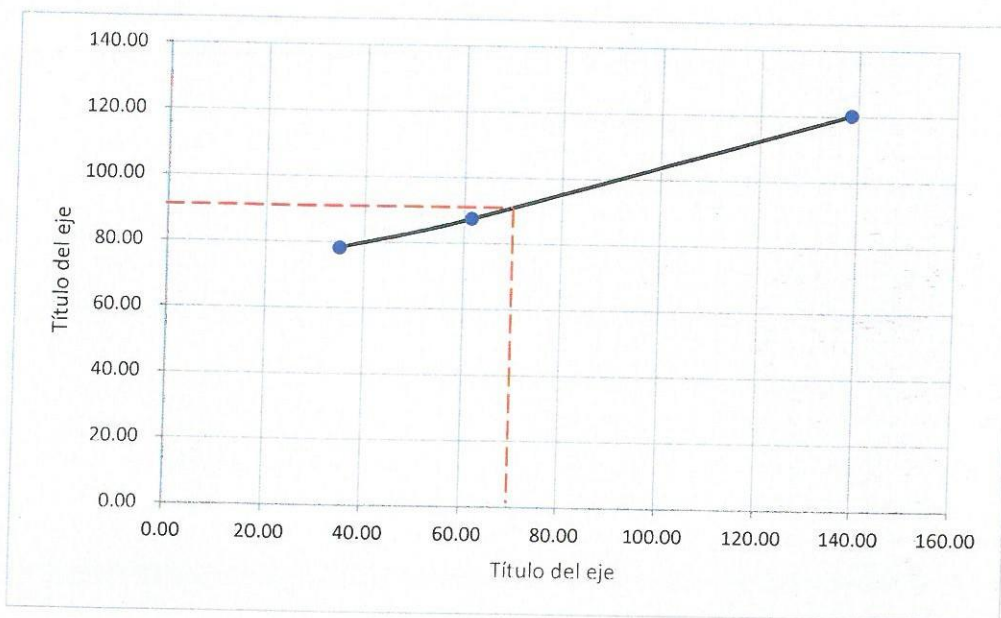
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	34.98	33.50
MOLDE 2	61.50	59.60
MOLDE 3	138.60	150.20

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.202	49.75	31.77	78.30
MOLDE 2	1.806	87.47	56.51	87.50
MOLDE 3	1.810	197.13	142.42	120.30

**CURVA: DENSIDAD-CBR CON 3% DE OXIDO DE CALCIO.**  
(California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>139.8</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>67.8</b>

1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACION C B R ADICIÓN 5% DE OÓXIDO DE CALCIO.									
MOLDE	1			2			3		
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	10			26			56		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	16253.10		16416.58	16753.30		17016.88	16579.30		16416.58
Peso Molde (gr)	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50
Peso Húmedo (gr)	2051.60		2215.08	2551.80		2815.38	2377.80		2215.08
Vol. Molde (cc)	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33
Densidad H.(gr/cc)	1.84		1.99	2.29		2.53	2.14		1.99
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P. Húmedo + Tara	775.30	760.40	790.20	889.00	870.00	180.00	172.00	172.30	168.00
Peso Seco + Tara	659.70	654.32	654.00	709.00	613.00	131.70	142.40	147.80	149.60
Peso Agua (gr)	115.60	106.08	136.20	180.00	257.00	48.30	29.60	24.50	18.40
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
P. Muestra Seca	624.60	620.12	619.80	674.80	578.80	97.50	108.20	113.60	115.40
Cont. Humedad	18.51%	17.11%	21.97%	26.67%	44.40%	49.54%	27.36%	21.57%	15.94%
Cont.Hum.Prom.	17.81%		21.97%	35.54%		49.54%	24.46%		15.94%
DENSIDAD SECA	1.564		1.631	1.691		1.691	1.716		1.716

### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

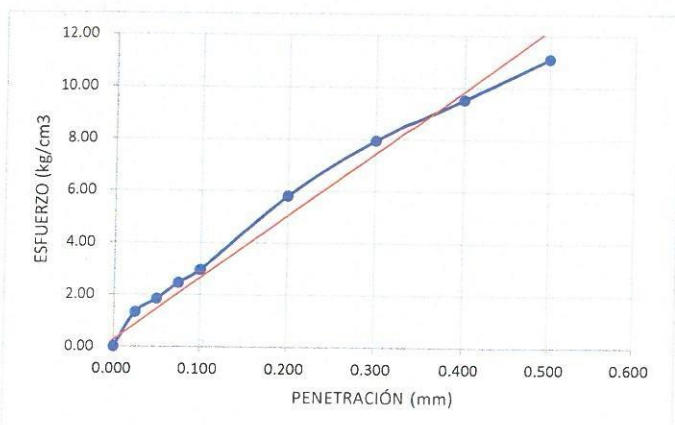
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.400	22.500	2.94	11.200	168.800	19.17	1.450	75.050	45.02
48	2	4.000	23.500	3.07	15.600	164.400	18.67	1.500	75.000	44.99
72	3	4.500	26.400	3.45	16.500	163.500	18.56	1.650	74.850	44.90
96	4	4.890	24.300	3.17	17.200	162.800	18.49	1.820	74.680	44.80

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	26	1.32	202	44.60	76	3.87
1.27	0.050	36	1.83	465	72.20	135	6.88
1.91	0.075	48	2.44	763	99.80	190	9.68
2.54	0.100	58	2.95	1054	127.40	245	12.48
5.08	0.200	114	5.81	2155	225.20	504	25.67
7.62	0.300	156	7.95	3225	349.00	748	38.10
10.16	0.400	187	9.52	4210	431.00	910	46.35
12.70	0.500	218	11.10	5059	514.10	1068	54.39

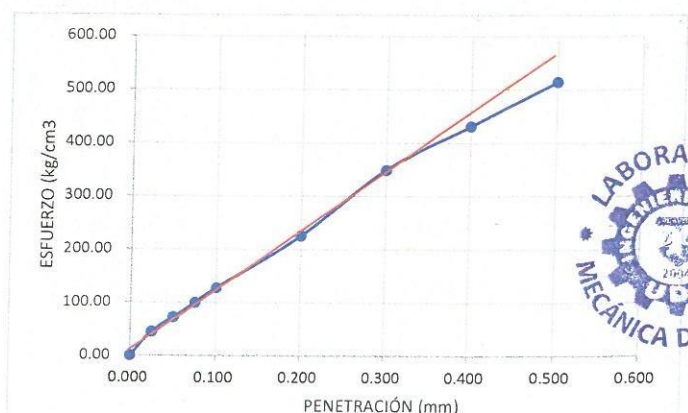
CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)



CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

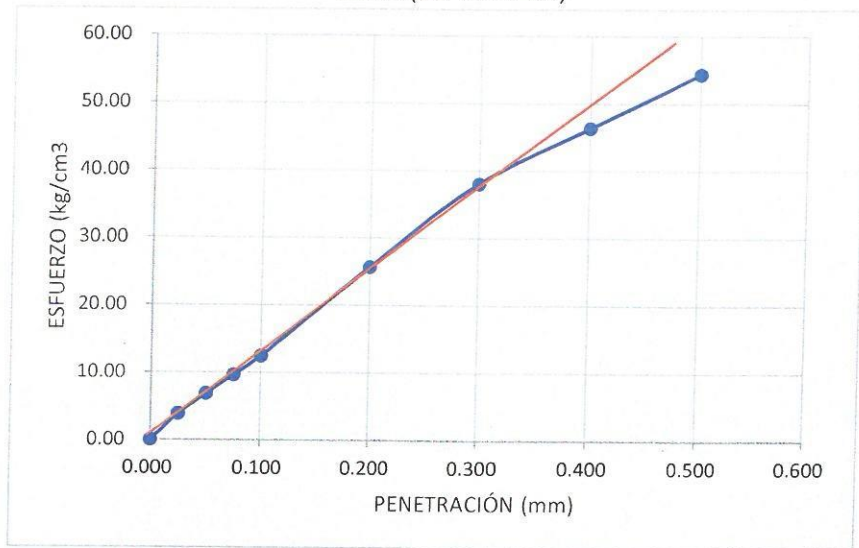
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



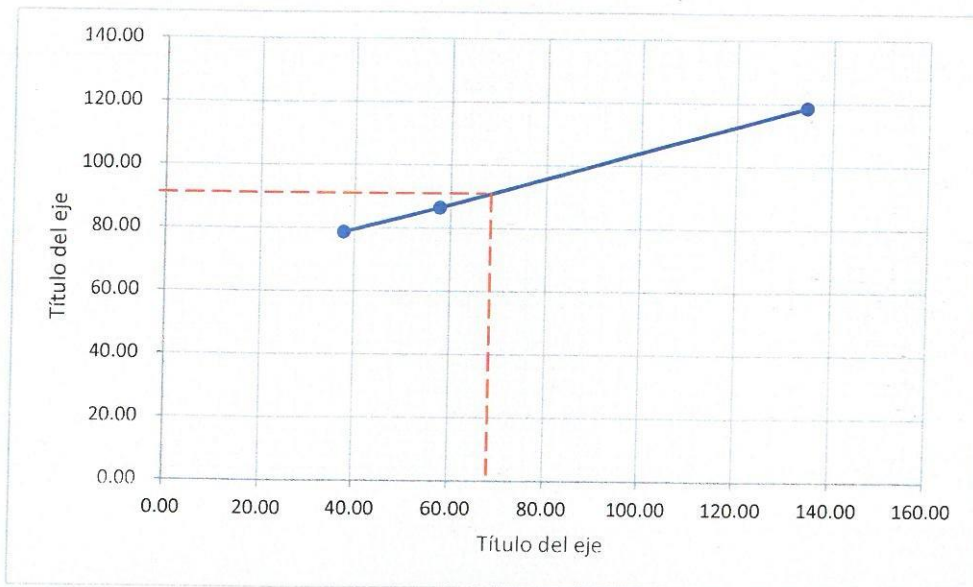
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	37.80	33.50
MOLDE 2	57.80	61.50
MOLDE 3	134.50	151.70

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.220	53.76	31.77	78.70
MOLDE 2	1.691	82.21	58.32	86.50
MOLDE 3	1.716	191.30	143.85	118.70

**CURVA: DENSIDAD-CBR CON 5% DE OXIDO DE CALCIO.**  
(California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>142.5</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>69.5</b>

1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual





COMPACTACION C B R ADICIÓN 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.																		
MOLDE	1			2			3											
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4											
N° Capas	5			5			5											
N°Golp x Capa	10			26			56											
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES								
P. Húm.+ Molde	16542.20			16607.55			16873.40			17132.77								
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50								
Peso Húmedo (gr)	2340.70			2406.05			2671.90			2931.27								
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33								
Densidad H.(gr/cc)	2.10			2.16			2.40			2.63								
Número de Ensayo	1-A		1-B		1-C		2-A		2-B		2-C		3-A		3-B		3-C	
P.Húmedo + Tara	758.30		765.30		778.60		882.20		880.40		179.60		164.50		145.30		167.50	
Peso Seco + Tara	659.70		654.32		654.00		709.00		613.00		131.70		142.40		147.80		149.60	
Peso Agua (gr)	98.60		110.98		124.60		173.20		267.40		47.90		22.10		-2.50		17.90	
Peso Tara (gr)	35.10		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20	
P. Muestra Seca	624.60		620.12		619.80		674.80		578.80		97.50		108.20		113.60		115.40	
Cont. Humedad	15.79%		17.90%		20.10%		25.67%		46.20%		49.13%		20.43%		-2.20%		15.51%	
Cont.Hum.Prom.	16.84%			20.10%			35.93%			49.13%			9.11%			15.51%		
DENSIDAD SECA	1.799			1.799			1.766			1.766			2.201			2.201		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.600	23.400	3.06	10.870	169.130	19.20	1.320	75.180	45.10
48	2	4.100	22.900	2.99	14.650	165.350	18.77	1.620	74.880	44.92
72	3	4.600	22.400	2.93	16.650	163.350	18.55	1.720	74.780	44.86
96	4	4.860	22.140	2.89	17.100	162.900	18.50	1.860	74.640	44.78

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

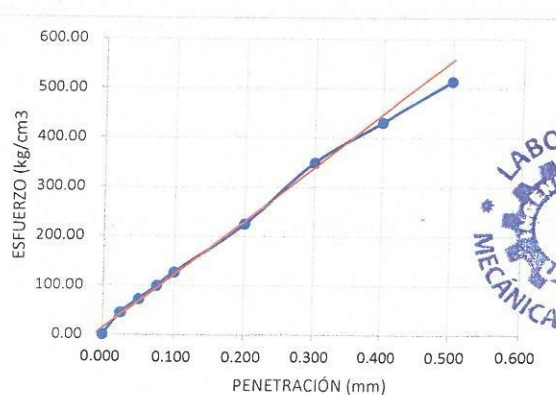
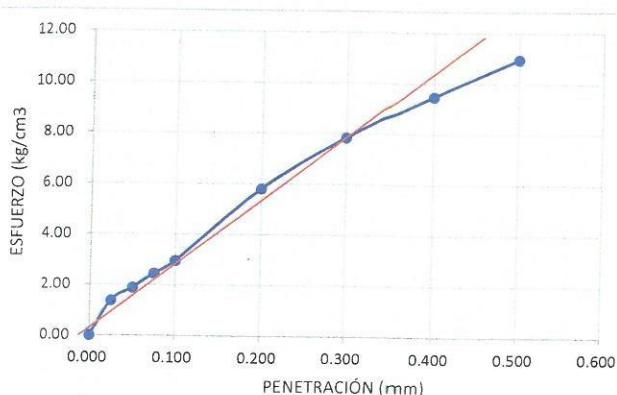
PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	27	1.38	198	44.60	78	3.97
1.27	0.050	37	1.88	456	72.20	136	6.93
1.91	0.075	48	2.44	758	99.80	198	10.08
2.54	0.100	58	2.95	1045	127.40	254	12.94
5.08	0.200	114	5.81	2148	225.20	504	25.67
7.62	0.300	154	7.84	3205	349.00	748	38.10
10.16	0.400	186	9.47	4210	431.00	913	46.50
12.70	0.500	215	10.95	5045	514.10	1072	54.60

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

C.B.R (26 GOLPES)

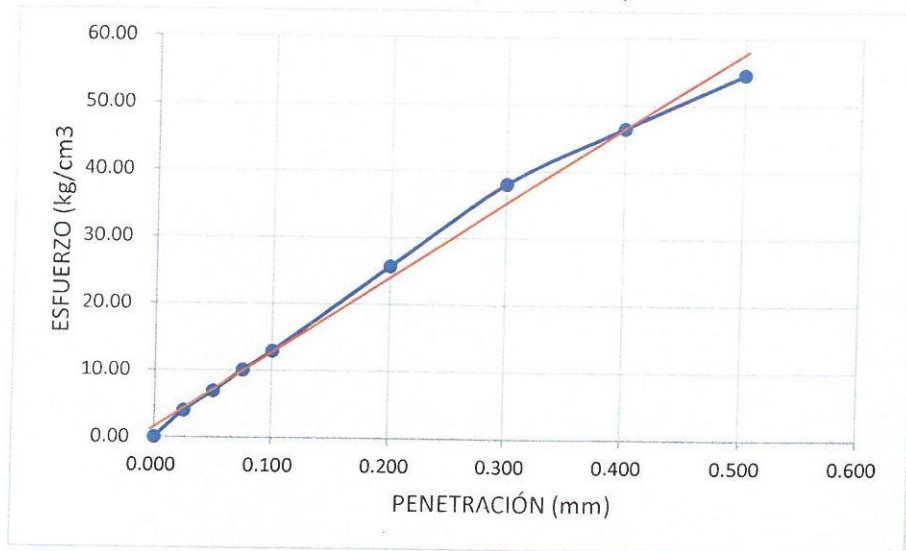




**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



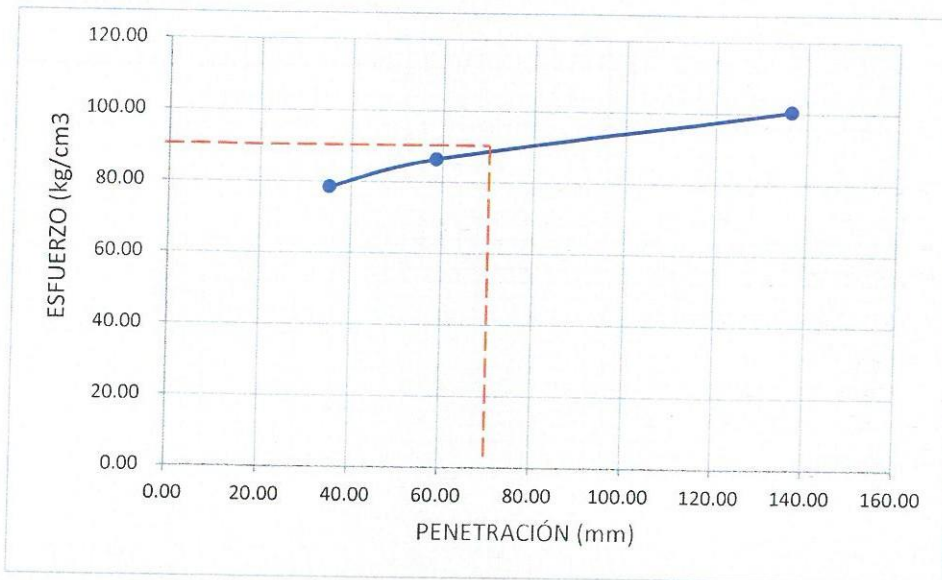
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	35.20	32.50
MOLDE 2	58.60	58.30
MOLDE 3	136.58	148.80

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.201	50.06	30.82	78.50
MOLDE 2	1.766	83.35	55.28	86.40
MOLDE 3	2.201	194.25	141.10	100.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>145.8</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>73.2</b>

1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACION C B R ADICIÓN 1% DE OÓXIDO DE CALCIO.																		
MOLDE	1			2			3											
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4											
N° Capas	5			5			5											
N°Golp x Capa	10			25			55											
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES								
P. Húm.+ Molde	16425.60			16495.84			17652.70			18272.65								
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50								
Peso Húmedo (gr)	2224.10			2294.34			3451.20			4071.15								
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33								
Densidad H.(gr/cc)	2.00			2.06			3.10			3.66								
	1.10			1.04														
Numero de Ensayo	1-A		1-B		1-C		2-A		2-B		2-C		3-A		3-B		3-C	
P.Húmedo + Tara	775.60		758.30		786.50		883.20		798.60		182.50		164.50		166.80		163.70	
Peso Seco + Tara	659.70		654.32		654.00		709.00		613.00		131.70		142.40		147.80		149.60	
Peso Agua (gr)	115.90		103.98		132.50		174.20		185.60		50.80		22.10		19.00		14.10	
Peso Tara (gr)	35.10		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20		34.20	
P. Muestra Seca	624.60		620.12		619.80		674.80		578.80		97.50		108.20		113.60		115.40	
Cont. Humedad	18.56%		16.77%		21.38%		25.82%		32.07%		52.10%		20.43%		16.73%		12.22%	
Cont.Hum.Prom.	17.66%		21.38%				28.94%		52.10%				18.58%		12.22%			
DENSIDAD SECA	1.698		1.698				2.404		2.404				0.929		0.929			

### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

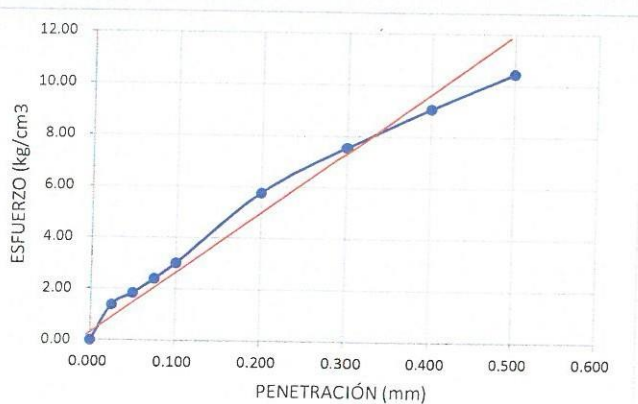
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Dias)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.500	23.500	3.10	10.880	199.120	24.93	1.350	72.650	43.56
48	2	4.100	22.900	3.02	15.050	194.950	24.41	1.400	72.600	43.53
72	3	4.600	22.400	2.95	16.500	193.500	24.23	1.600	72.400	43.41
96	4	4.900	22.100	2.91	17.200	192.800	24.14	1.850	72.150	43.26

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	27	1.38	210	44.60	74	3.77
1.27	0.050	36	1.83	470	72.20	134	6.82
1.91	0.075	47	2.39	762	99.80	182	9.27
2.54	0.100	59	3.00	1055	127.40	245	12.48
5.08	0.200	113	5.76	2155	225.20	487	24.80
7.62	0.300	148	7.54	3215	349.00	758	38.60
10.16	0.400	178	9.07	4220	431.00	901	45.89
12.70	0.500	205	10.44	5045	514.10	1085	55.26

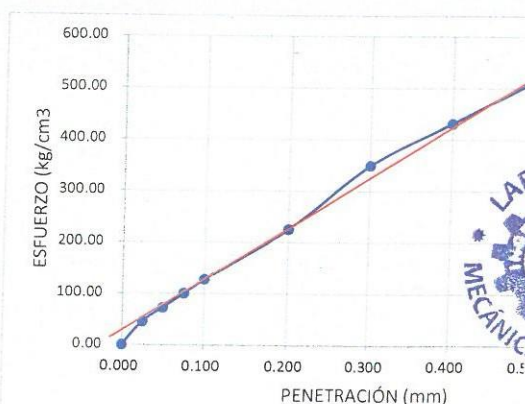
CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)



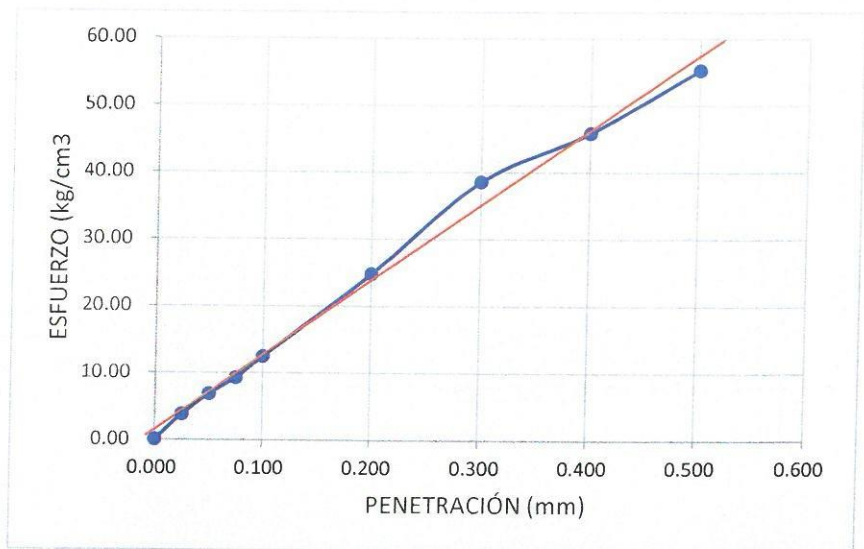
CURVA ESFUERZO-PENETRACION  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**

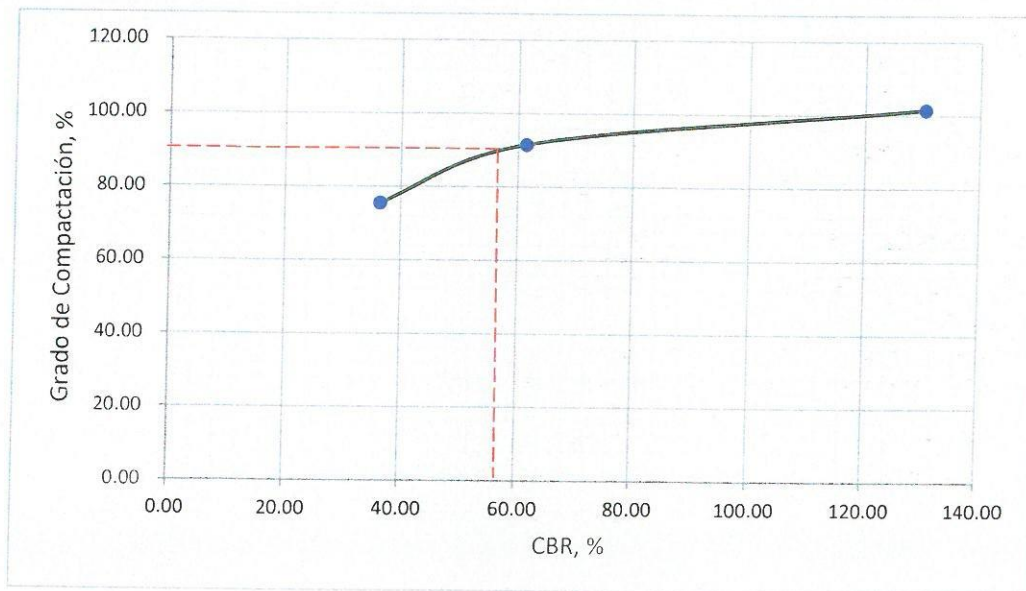
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	36.40	333.50
MOLDE 2	61.40	65.40
MOLDE 3	130.40	142.10

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.214	51.77	316.23	75.60
MOLDE 2	2.404	87.33	62.01	91.50
MOLDE 3	0.929	185.46	134.74	101.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>140.5</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>58.1</b>



1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual

COMPACTACION C B R ADICIÓN 3% DE OXIDO DE CALCIO.												
MOLDE	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES		
P. Húm.+ Molde	15783.40			15854.84			16782.40			17041.80		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	1581.90			1653.34			2580.90			2840.30		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.42			1.49			2.32			2.55		
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P.Húmedo + Tara	765.30	755.60	789.65	886.60	882.50	180.60	165.32	165.70	168.65			
Peso Seco + Tara	659.70	654.32	654.00	709.00	613.00	131.70	142.40	147.80	149.60			
Peso Agua (gr)	105.60	101.28	135.65	177.60	269.50	48.90	22.92	17.90	19.05			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	624.60	620.12	619.80	674.80	578.80	97.50	108.20	113.60	115.40			
Cont. Humedad	16.91%	16.33%	21.89%	26.32%	46.56%	50.15%	21.18%	15.76%	16.51%			
Cont.Hum.Prom.	16.62%			21.89%			36.44%			50.15%		
DENSIDAD SECA	1.218			1.218			1.699			1.699		
	1.218			1.218			1.708			1.708		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

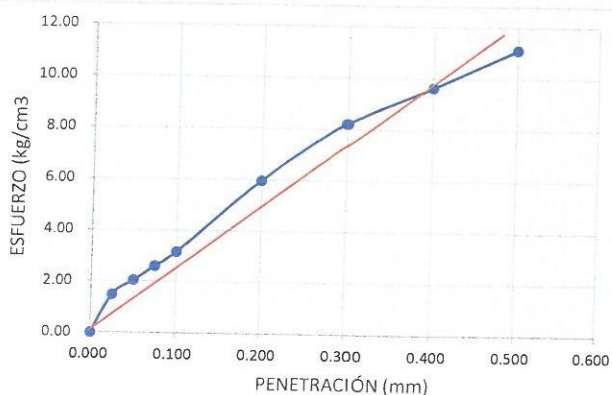
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.420	23.580	3.11	10.870	199.130	24.93	1.310	72.690	43.58
48	2	4.100	22.900	3.02	14.970	195.030	24.42	1.620	72.380	43.39
72	3	4.420	22.580	2.98	16.420	193.580	24.24	1.720	72.280	43.33
96	4	4.900	22.100	2.91	15.250	194.750	24.39	1.840	72.160	43.26

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	29	1.48	205	44.60	76	3.87
1.27	0.050	40	2.04	462	72.20	135	6.88
1.91	0.075	51	2.60	762	99.80	193	9.83
2.54	0.100	62	3.16	1052	127.40	245	12.48
5.08	0.200	117	5.96	2152	225.20	504	25.67
7.62	0.300	161	8.20	3214	349.00	748	38.10
10.16	0.400	189	9.63	4225	431.00	945	48.13
12.70	0.500	218	11.10	5062	514.10	1081	55.05

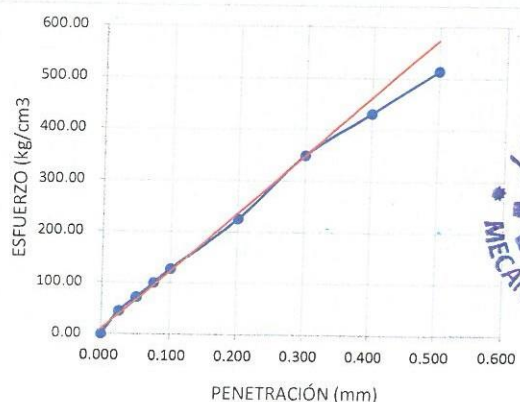
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

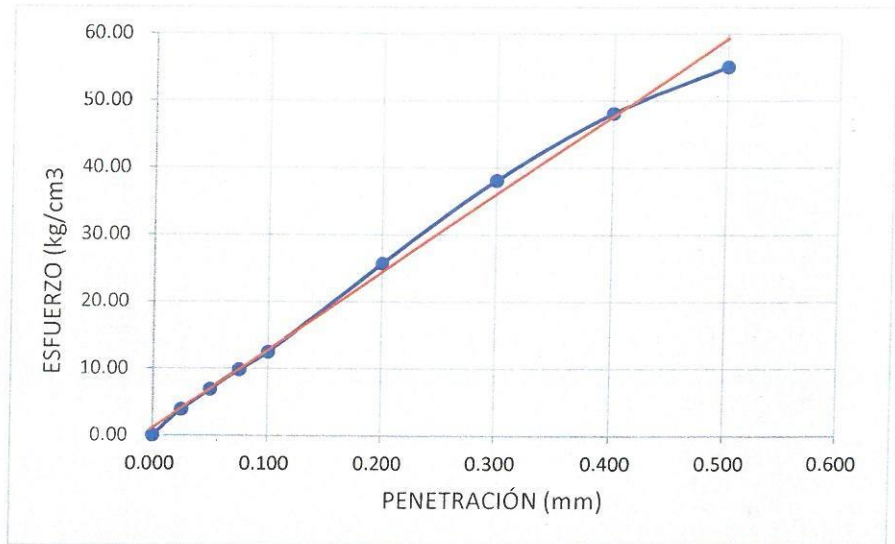
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
 (California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



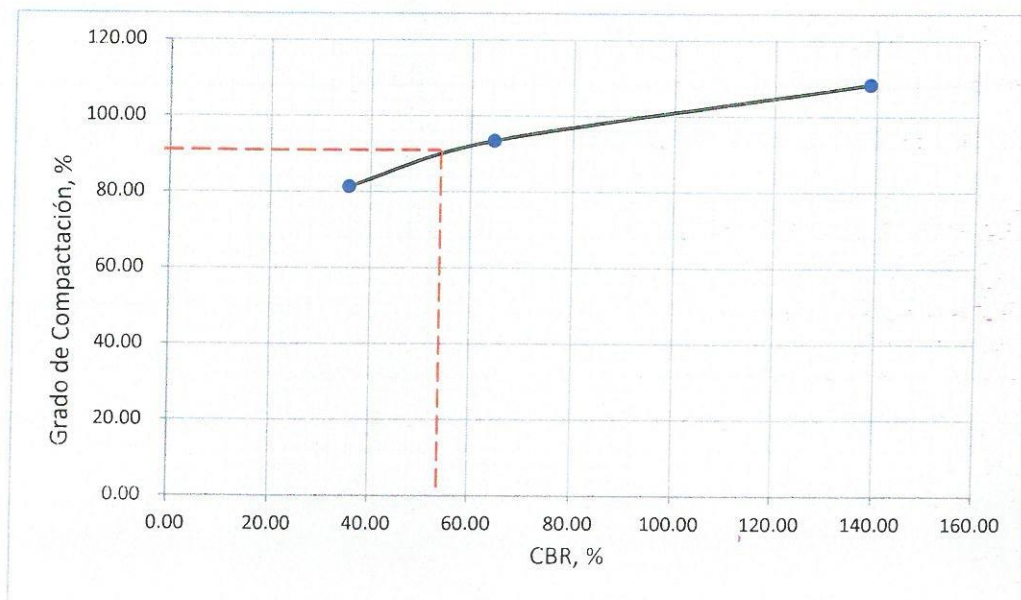
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	35.70	33.50
MOLDE 2	64.50	63.20
MOLDE 3	138.70	142.50

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.219	50.78	31.77	81.40
MOLDE 2	1.699	91.74	59.93	93.40
MOLDE 3	1.708	197.27	135.12	108.40

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
 (California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>142.8</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>62.8</b>



1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACION C B R ADICIÓN 5% DE OÓXIDO DE CALCIO.												
MOLDE	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES		
P. Húm.+ Molde	16204.50			16274.69			16324.20			16507.01		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	2003.00			2073.19			2122.70			2305.51		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.80			1.86			1.91			2.07		
Numero de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P.Húmedo + Tara	768.30	745.40	778.60	885.40	880.40	178.40	164.40	166.40	164.30			
Peso Seco + Tara	659.70	654.32	654.00	709.00	613.00	131.70	142.40	147.80	149.60			
Peso Agua (gr)	108.60	91.08	124.60	176.40	267.40	46.70	22.00	18.60	14.70			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	624.60	620.12	619.80	674.80	578.80	97.50	108.20	113.60	115.40			
Cont. Humedad	17.39%	14.69%	20.10%	26.14%	46.20%	47.90%	20.33%	16.37%	12.74%			
Cont.Hum.Prom.	16.04%			20.10%			36.17%			47.90%		
DENSIDAD SECA	1.550			1.550			1.400			1.400		
	1.550			1.550			1.613			1.613		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

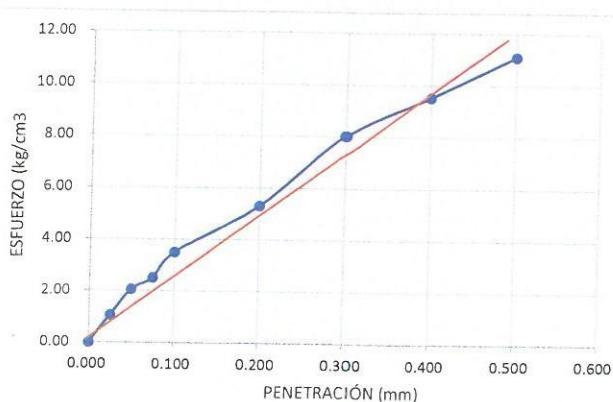
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.900	23.100	3.05	10.800	199.200	24.94	1.320	72.680	43.57
48	2	4.200	22.800	3.01	14.700	195.300	24.46	1.620	72.380	43.39
72	3	4.600	22.400	2.95	15.500	194.500	24.36	1.740	72.260	43.32
96	4	4.800	22.200	2.93	16.300	193.700	24.25	1.820	72.180	43.27

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	29	1.05	198	44.60	76	3.87
1.27	0.050	37	2.05	465	72.20	134	6.82
1.91	0.075	50	2.50	765	99.80	193	9.83
2.54	0.100	62	3.50	1055	127.40	245	12.48
5.08	0.200	114	5.30	2155	225.20	500	25.46
7.62	0.300	156	8.02	3215	349.00	748	38.10
10.16	0.400	187	9.52	4220	431.00	910	46.35
12.70	0.500	218	11.10	5065	514.10	1065	54.24

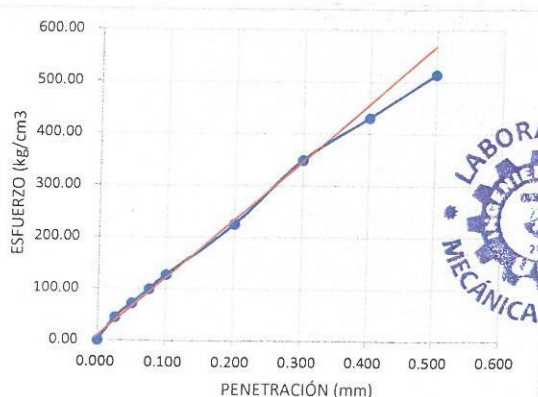
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

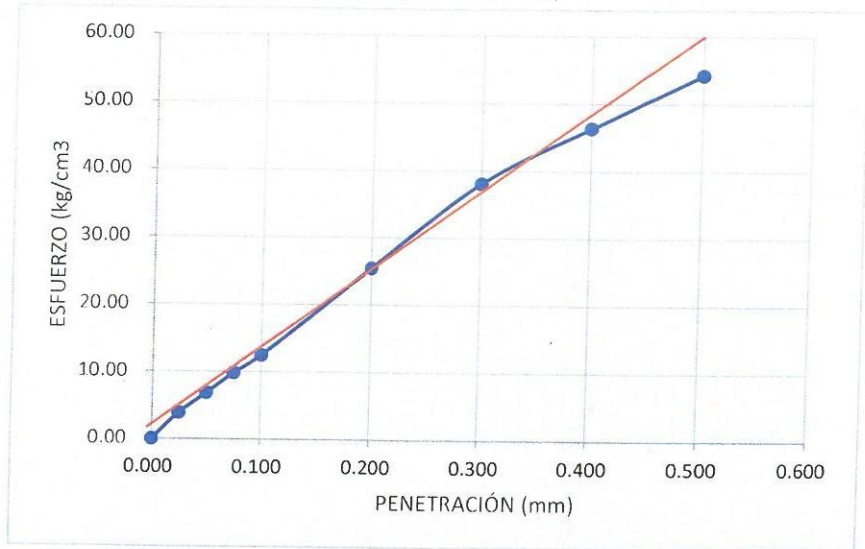
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



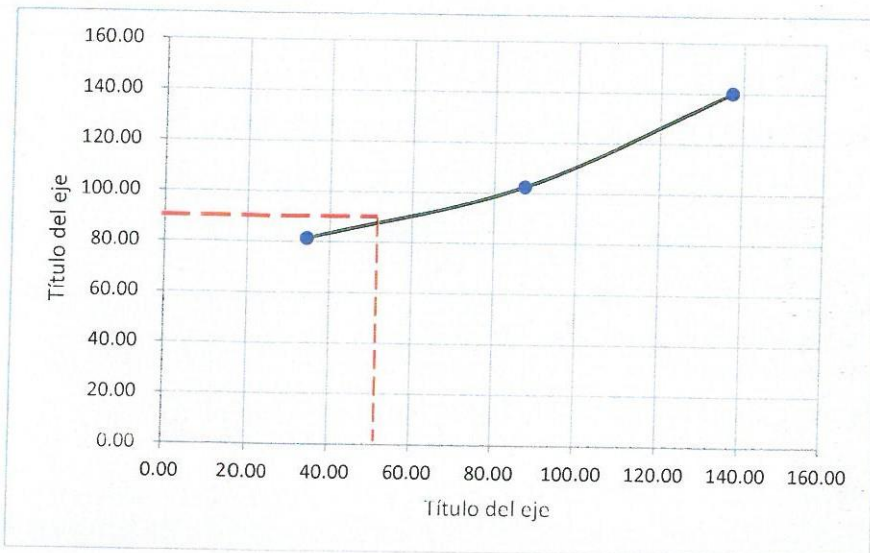
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	34.50	33.70
MOLDE 2	87.40	59.70
MOLDE 3	137.40	142.50

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.201	49.07	31.96	81.40
MOLDE 2	1.400	124.31	56.61	102.50
MOLDE 3	1.613	195.42	135.12	140.20

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>146.7</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>65.5</b>



1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual

COMPACTACION C B R ADICIÓN 7% DE OXÍDO DE CALCIO.												
MOLDE	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES		
P. Húm.+ Molde	16201.50			16230.57			16452.30			16730.60		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	2000.00			2029.07			2250.80			2529.10		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.80			1.82			2.02			2.27		
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P.Húmedo + Tara	770.20	765.50	775.00	880.00	881.00	183.00	168.50	167.00	168.00			
Peso Seco + Tara	659.70	654.32	654.00	709.00	613.00	131.70	142.40	147.80	149.60			
Peso Agua (gr)	110.50	111.18	121.00	171.00	268.00	51.30	26.10	19.20	18.40			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	624.60	620.12	619.80	674.80	578.80	97.50	108.20	113.60	115.40			
Cont. Humedad	17.69%	17.93%	19.52%	25.34%	46.30%	52.62%	24.12%	16.90%	15.94%			
Cont.Hum.Prom.	17.81%			19.52%			35.82%			52.62%		
DENSIDAD SECA	1.525			1.525			1.488			1.488		
	1.745			1.745			1.745			1.745		

### ENSAYO DE HINCHAMIENTO

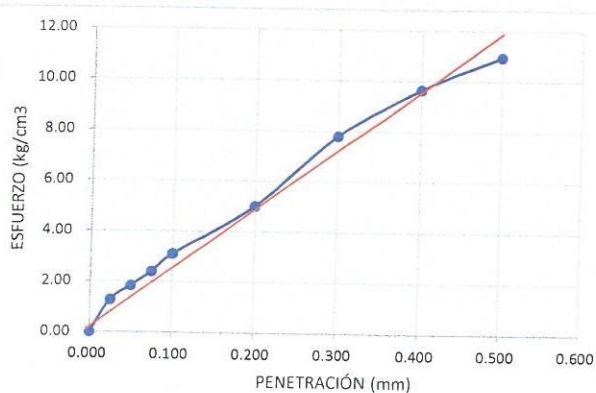
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Dias)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.420	23.580	3.11	10.780	199.220	24.95	1.320	72.680	43.57
48	2	3.800	23.200	3.06	14.850	195.150	24.44	1.580	72.420	43.42
72	3	4.300	22.700	2.99	16.250	193.750	24.26	1.680	72.320	43.36
96	4	4.800	22.200	2.93	16.210	193.790	24.27	1.750	72.250	43.32

### ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	25	1.27	188	44.60	81	4.13
1.27	0.050	36	1.83	455	72.20	138	7.03
1.91	0.075	47	2.39	778	99.80	201	10.24
2.54	0.100	58	3.10	1046	127.40	258	13.14
5.08	0.200	112	5.01	2146	225.20	510	25.97
7.62	0.300	153	7.79	3197	349.00	758	38.60
10.16	0.400	185	9.65	3858	431.00	918	46.75
12.70	0.500	215	10.95	5047	514.10	1085	55.26

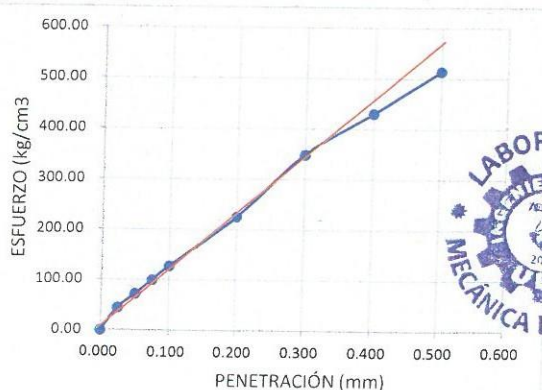
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 1**

C.B.R (12 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 2**

C.B.R (26 GOLPES)

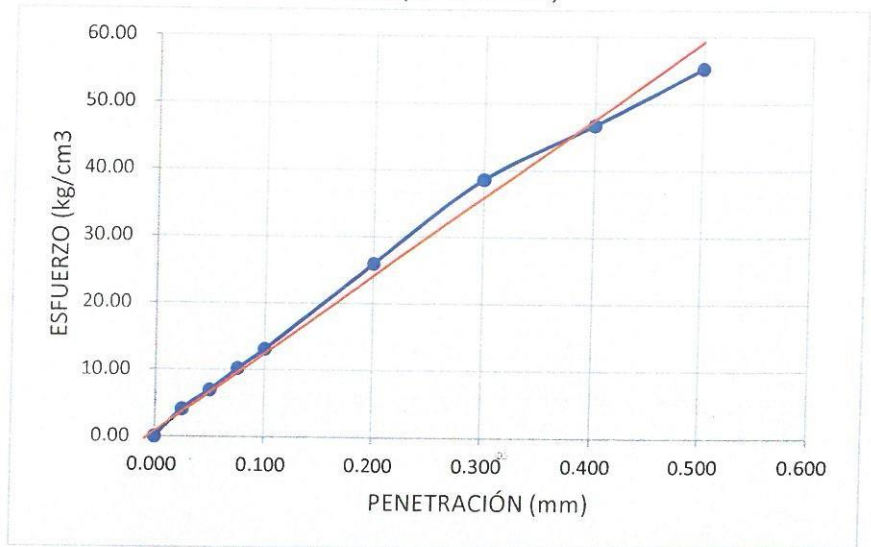




**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



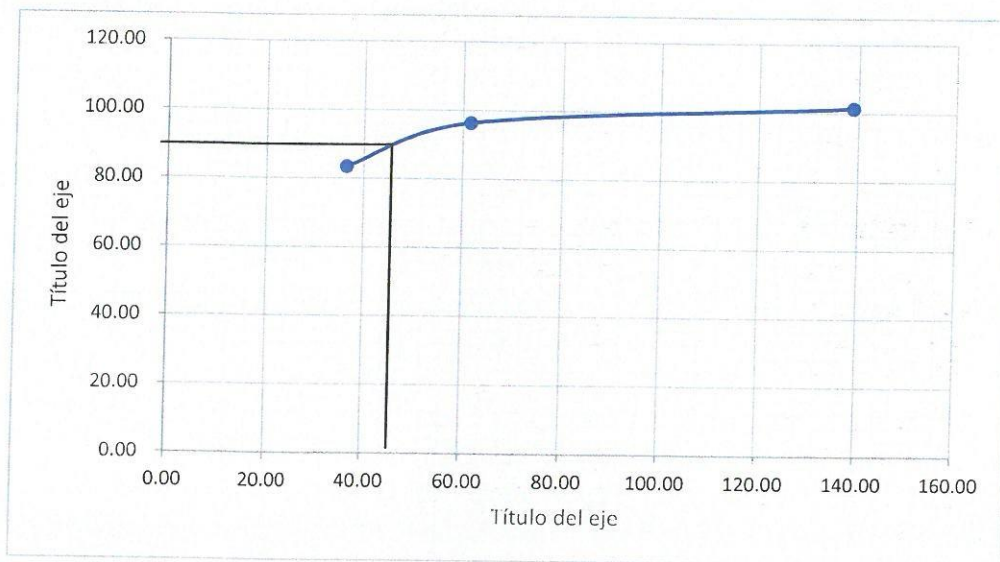
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	36.50	37.80
MOLDE 2	61.50	35.40
MOLDE 3	138.90	148.60

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.195	51.91	35.84	83.50
MOLDE 2	1.488	87.47	33.57	96.40
MOLDE 3	1.745	197.55	140.91	101.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>151.2</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>69.8</b>



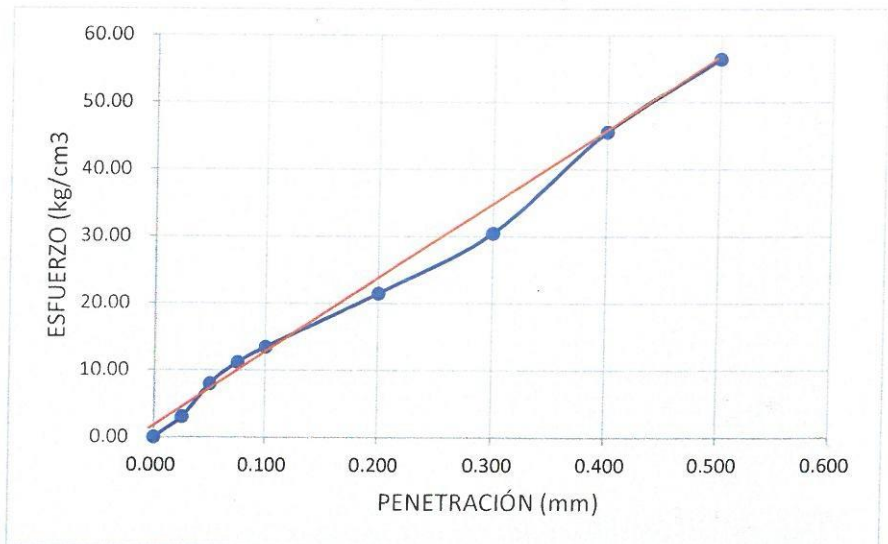
1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



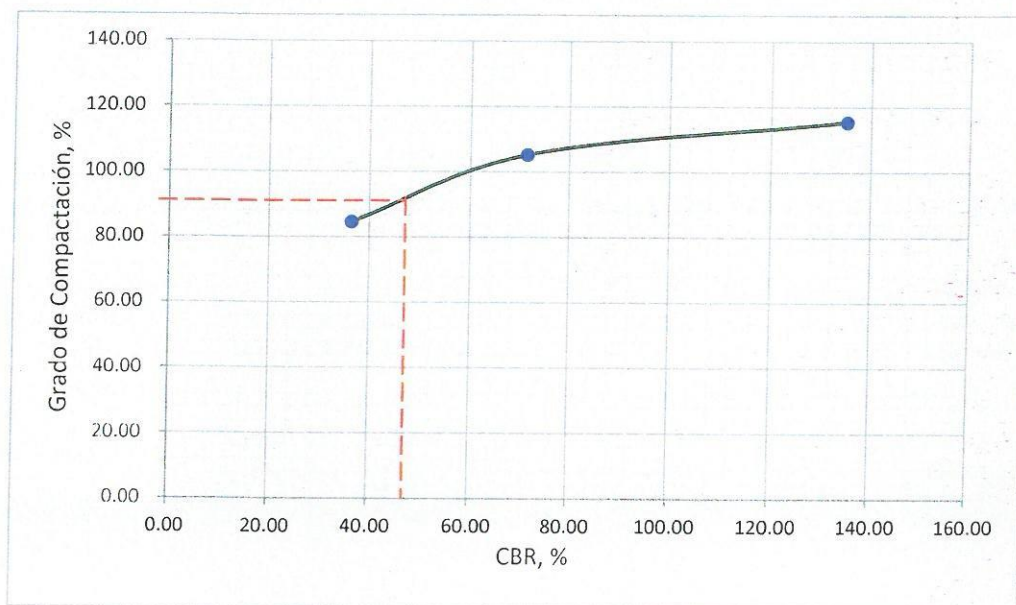
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	36.50	34.50
MOLDE 2	71.50	81.50
MOLDE 3	135.20	143.10

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.242	51.91	32.71	84.60
MOLDE 2	1.548	101.69	77.28	105.20
MOLDE 3	2.076	192.29	135.69	115.40

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>144.6</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>60.7</b>



**1. Descripción del Ensayo**

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual

COMPACTACION C B R ADICIÓN 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.									
MOLDE	1			2			3		
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	10			25			55		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	16102.40		16162.50	16208.20		16534.14	16557.50		16530.17
Peso Molde (gr)	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50
Peso Húmedo (gr)	1900.90		1961.00	2006.70		2332.64	2356.00		2328.67
Vol. Molde (cc)	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33
Densidad H.(gr/cc)	1.71		1.76	1.80		2.10	2.12		2.09
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	772.30	762.00	782.00	857.00	875.00	196.10	170.50	175.00	180.00
Peso Seco + Tara	667.70	664.32	659.00	717.00	620.00	139.70	147.40	154.80	158.60
Peso Agua (gr)	104.60	97.68	123.00	140.00	255.00	56.40	23.10	20.20	21.40
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
P. Muestra Seca	632.60	630.12	624.80	682.80	585.80	105.50	113.20	120.60	124.40
Cont. Humedad	16.53%	15.50%	19.69%	20.50%	43.53%	53.46%	20.41%	16.75%	17.20%
Cont.Hum.Prom.	16.02%			32.02%			18.58%		
DENSIDAD SECA	1.472			1.365			1.785		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Dias)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.410	24.590	3.19	10.750	204.250	22.76	1.450	58.550	33.32
48	2	3.800	24.200	3.14	14.780	200.220	22.31	1.650	58.350	33.21
72	3	4.300	23.700	3.08	16.120	198.880	22.16	1.750	58.250	33.15
96	4	4.800	23.200	3.01	15.450	199.550	22.23	1.850	58.150	33.10

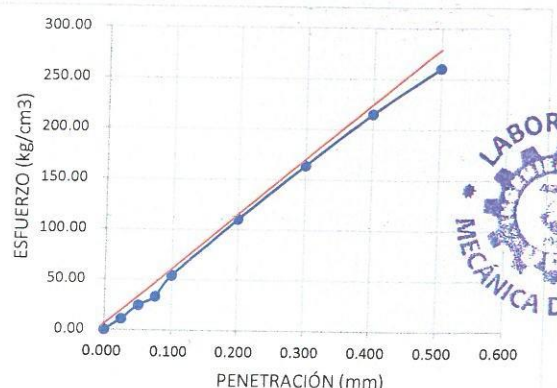
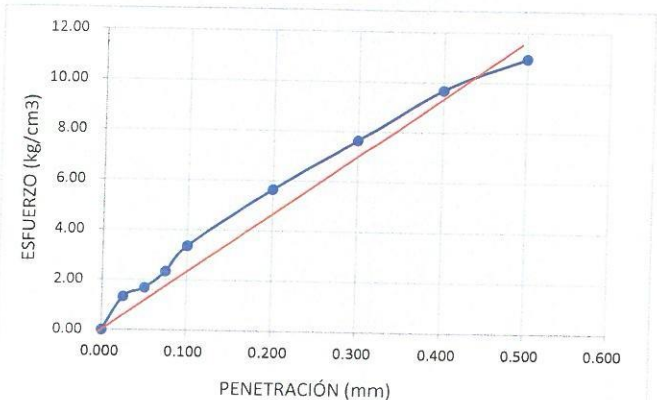
**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	26	1.32	215	10.90	82	4.18
1.27	0.050	33	1.68	475	24.50	140	8.00
1.91	0.075	46	2.34	650	33.10	180	11.20
2.54	0.100	66	3.36	1060	53.99	255	13.50
5.08	0.200	74	5.65	2160	110.01	502	25.50
7.62	0.300	150	7.64	3210	163.48	745	38.20
10.16	0.400	190	9.68	4220	214.92	910	45.63
12.70	0.500	215	10.95	5060	260.30	1065	56.45

<p><b>CURVA ESFUERZO-PENETRACION</b> (California Bearing Ratio CBR) <b>MOLDE 1</b></p>	<p><b>CURVA ESFUERZO-PENETRACION</b> (California Bearing Ratio CBR) <b>MOLDE 2</b></p>
--	--

C.B.R (12 GOLPES)

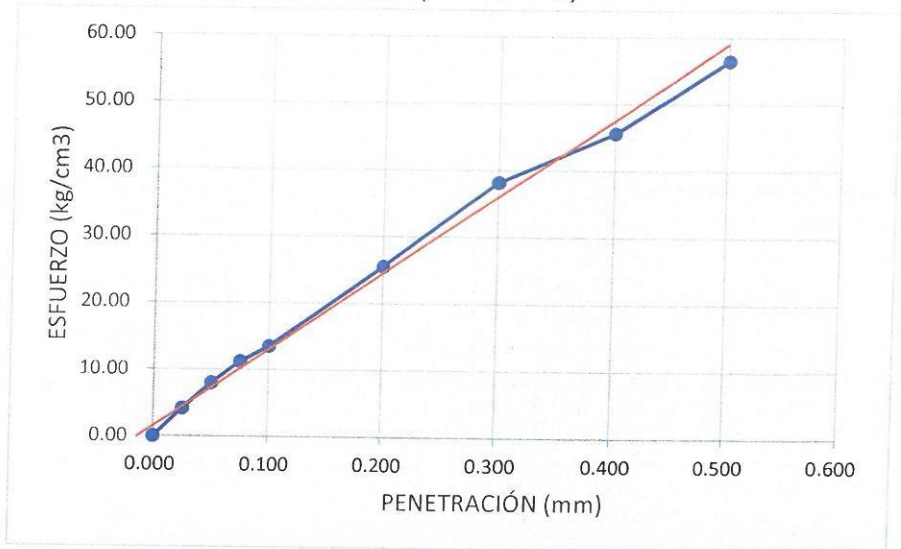
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
 (California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



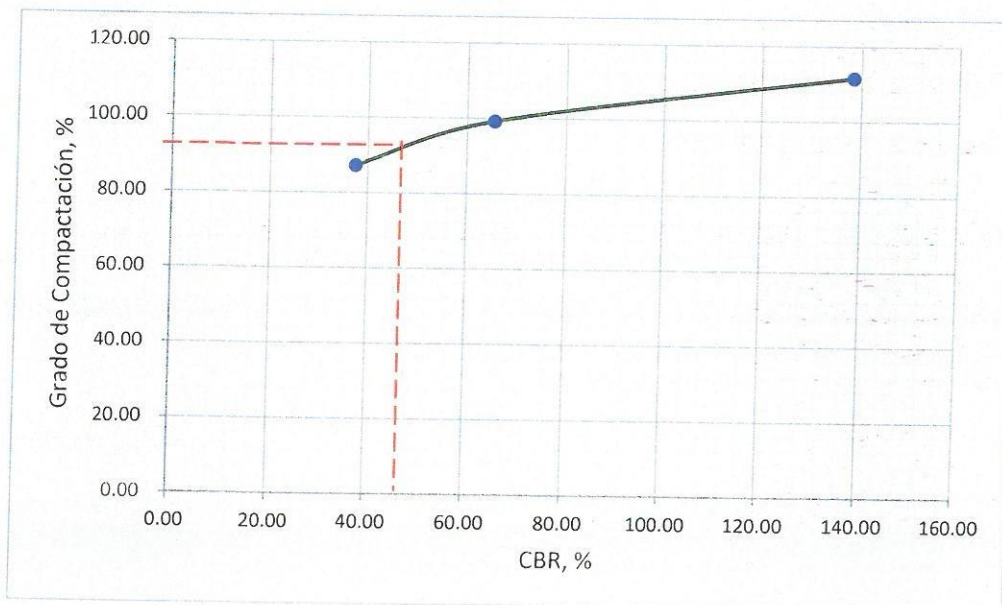
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	37.50	35.20
MOLDE 2	65.50	63.50
MOLDE 3	138.40	154.30

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.197	53.34	33.38	87.20
MOLDE 2	1.365	93.16	60.21	99.20
MOLDE 3	1.785	196.84	146.31	111.60

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
 (California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>146.4</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>63.7</b>



**1. Descripción del Ensayo**

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACION C B R ADICIÓN 5% DE OXÍDO DE CALCIO.												
<b>MOLDE</b>	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>			<b>DESPUES</b>			<b>ANTES DE EMPAPAR</b>			<b>DESPUES</b>		
P. Húm.+ Molde	16182.40			16181.83			16543.70			17053.62		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	1980.90			1980.33			2342.20			2852.12		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.78			1.78			2.10			2.56		
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P.Húmedo + Tara	775.00	788.30	775.00	720.00	783.00	178.00	172.00	168.80	170.80			
Peso Seco + Tara	665.70	661.32	658.00	716.00	621.00	137.70	146.40	153.80	157.60			
Peso Agua (gr)	109.30	126.98	117.00	4.00	162.00	40.30	25.60	15.00	13.20			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	630.60	627.12	623.80	681.80	586.80	103.50	112.20	119.60	123.40			
Cont. Humedad	17.33%	20.25%	18.76%	0.59%	27.61%	38.94%	22.82%	12.54%	10.70%			
Cont.Hum.Prom.	18.79%			18.76%			14.10%			38.94%		
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.498</b>			<b>1.498</b>			<b>1.844</b>			<b>1.844</b>		
	1.636			1.636			1.636			1.636		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

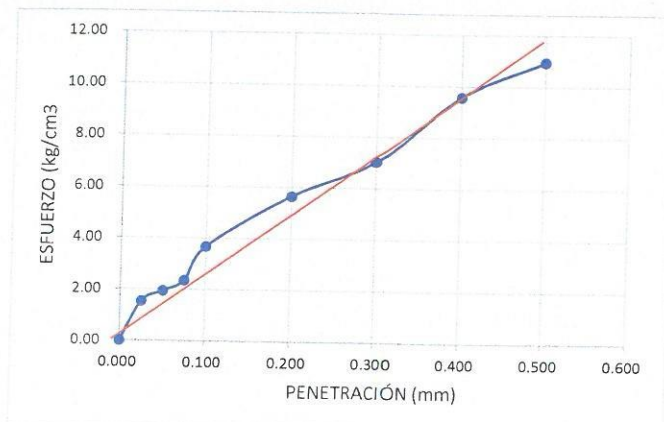
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Dias)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.420	24.580	3.19	1078.000	863.000	96.16	1.350	58.650	33.38
48	2	4.100	23.900	3.10	15.050	199.950	22.28	1.650	58.350	33.21
72	3	4.600	23.400	3.04	15.650	199.350	22.21	1.720	58.280	33.17
96	4	4.880	23.120	3.00	16.050	198.950	22.17	1.850	58.150	33.10

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	30	1.53	212	10.90	68	3.46
1.27	0.050	38	1.94	468	24.50	135	6.88
1.91	0.075	46	2.34	776	39.52	178	9.07
2.54	0.100	72	3.67	1050	53.48	245	12.48
5.08	0.200	81	5.65	2165	110.26	503	25.62
7.62	0.300	138	7.03	3210	163.48	748	38.10
10.16	0.400	188	9.57	4200	213.90	912	46.45
12.70	0.500	215	10.95	5075	260.30	1078	54.90

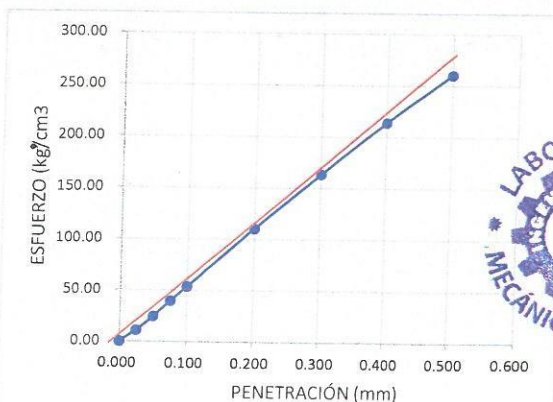
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 1**

C.B.R (12 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 2**

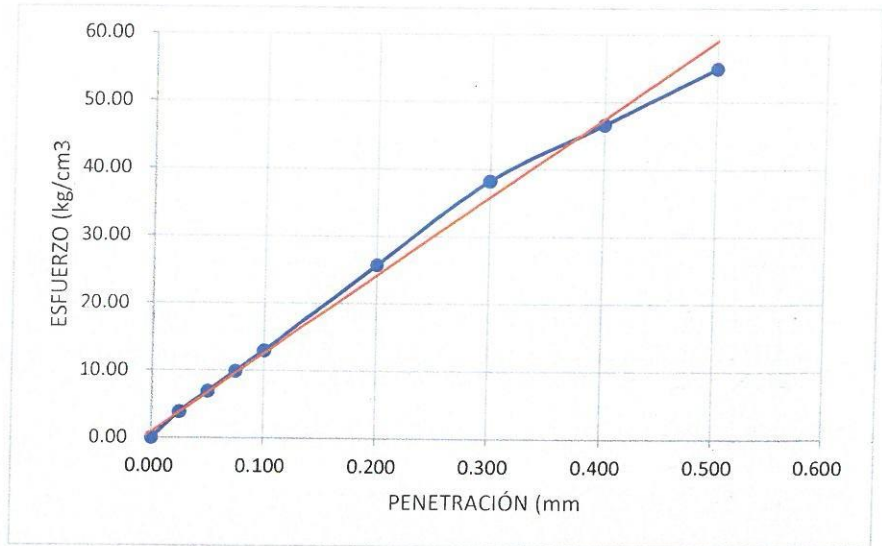
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



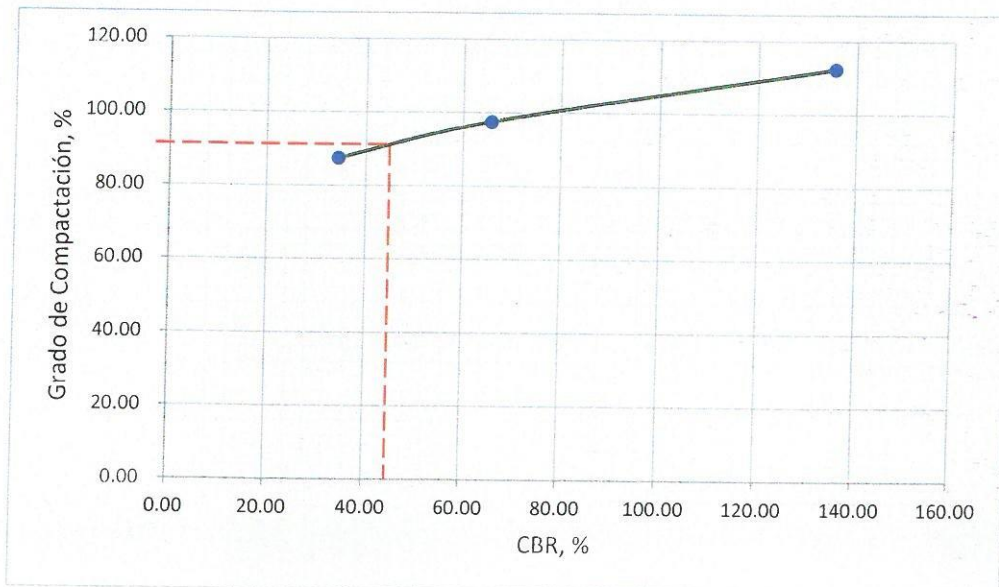
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	34.50	35.20
MOLDE 2	65.70	63.50
MOLDE 3	135.70	154.30

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.188	49.07	33.38	87.50
MOLDE 2	1.844	93.44	60.21	97.50
MOLDE 3	1.636	193.00	146.31	112.40

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>151.8</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>65.4</b>

**1. Descripción del Ensayo**

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual





COMPACTACION C B R ADICIÓN 7% DE OÓXIDO DE CALCIO.												
<b>MOLDE</b>	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
<b>Cond. Muestra</b>	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES		
P. Húm.+ Molde	16140.60			16154.93			16643.80			17065.59		
Peso Molde (gr)	14201.50			14201.50			14201.50			14201.50		
Peso Húmedo (gr)	1939.10			1953.43			2442.30			2864.09		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.74			1.75			2.19			2.57		
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P.Húmedo + Tara	778.00	754.00	765.00	870.00	860.00	194.00	175.32	172.70	176.65			
Peso Seco + Tara	665.70	661.32	658.00	716.00	621.00	137.70	146.40	153.80	157.60			
Peso Agua (gr)	112.30	92.68	107.00	154.00	239.00	56.30	28.92	18.90	19.05			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	630.60	627.12	623.80	681.80	586.80	103.50	112.20	119.60	123.40			
Cont. Humedad	17.81%	14.78%	17.15%	22.59%	40.73%	54.40%	25.78%	15.80%	15.44%			
Cont.Hum.Prom.	16.29%			17.15%			31.66%			54.40%		
DENSIDAD SECA	1.498			1.498			1.666			1.666		
	1.790			1.790			1.790			1.790		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

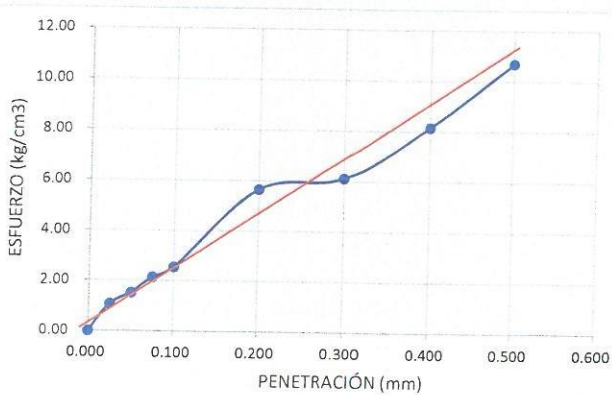
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)		DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.500	24.500	3.18	10.500	204.500	22.79	1.250	58.750	33.44
48	2	4.200	23.800	3.09	12.500	202.500	22.56	1.450	58.550	33.32
72	3	4.600	23.400	3.04	14.500	200.500	22.34	1.600	58.400	33.24
96	4	4.850	23.150	3.01	15.200	199.800	22.26	1.750	58.250	33.15

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	21	1.07	198	10.90	85	4.33
1.27	0.050	30	1.53	375	24.50	130	6.62
1.91	0.075	42	2.14	450	22.92	175	8.91
2.54	0.100	50	2.55	1020	51.95	245	12.48
5.08	0.200	70	5.65	2110	107.46	452	23.02
7.62	0.300	120	6.11	3150	160.43	745	37.94
10.16	0.400	160	8.15	4250	216.45	910	46.35
12.70	0.500	210	10.70	5035	260.30	1075	54.75

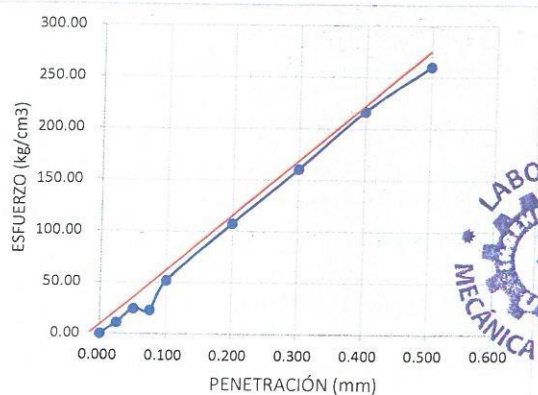
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)

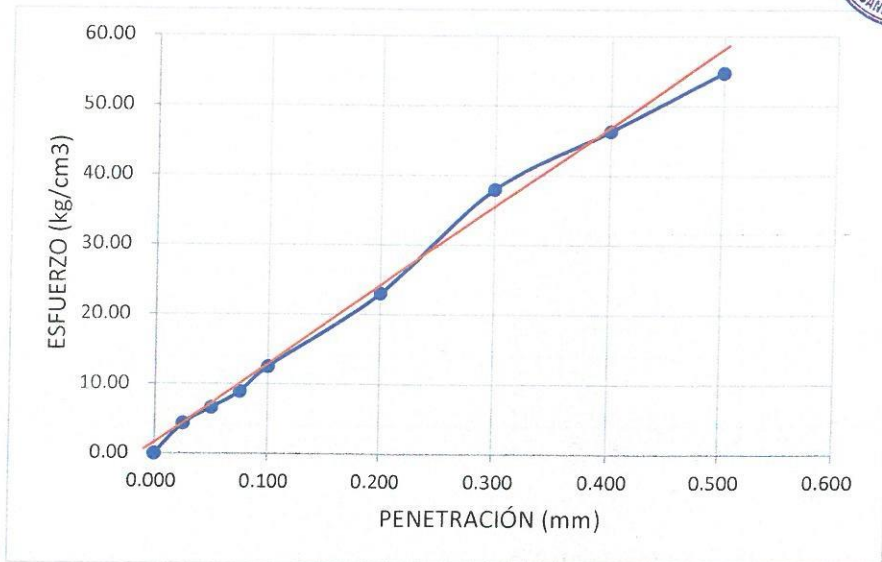


**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

C.B.R (26 GOLPES)



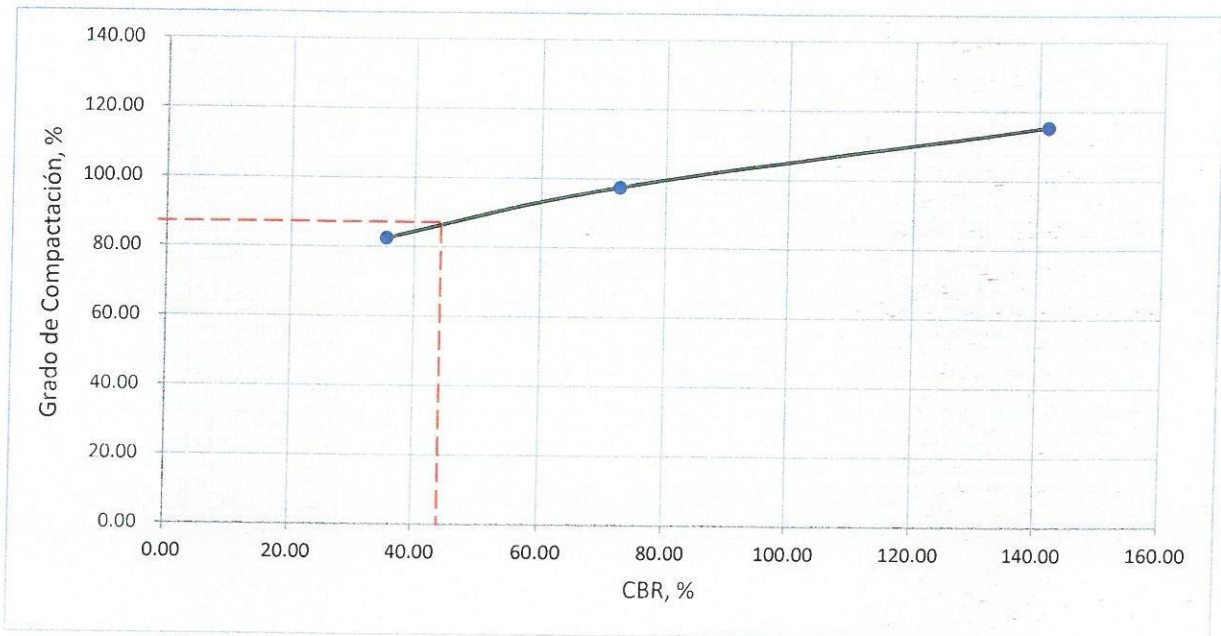
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	35.50	32.50
MOLDE 2	72.54	78.50
MOLDE 3	141.50	148.40

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.172	50.49	30.82	82.50
MOLDE 2	1.666	103.17	74.44	97.50
MOLDE 3	1.790	201.25	140.72	115.40

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR )



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>156.7</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>68.8</b>

**1. Descripción del Ensayo**

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual







COMPACTACION C B R ADICIÓN 1% DE OÓXIDO DE CALCIO.									
MOLDE	1			2			3		
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	10			25			55		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	16105.60		16189.75	16324.50		15963.51	16543.70		16585.71
Peso Molde (gr)	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50
Peso Húmedo (gr)	1904.10		1988.25	2123.00		1762.01	2342.20		2384.21
Vol. Molde (cc)	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33
Densidad H.(gr/cc)	1.71		1.79	1.91		1.58	2.10		2.14
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	745.00	732.00	765.00	851.00	845.00	160.00	150.00	156.00	150.00
Peso Seco + Tara	669.70	662.32	662.00	719.00	628.00	152.70	136.78	141.30	134.60
Peso Agua (gr)	75.30	69.68	103.00	132.00	217.00	7.30	13.22	14.70	15.40
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
P. Muestra Seca	634.60	628.12	627.80	684.80	593.80	118.50	102.58	107.10	100.40
Cont. Humedad	11.87%	11.09%	16.41%	19.28%	36.54%	6.16%	12.89%	13.73%	15.34%
Cont.Hum.Prom.	11.48%		16.41%	27.91%		6.16%	13.31%		15.34%
DENSIDAD SECA	1.534		1.534	1.491		1.491	1.857		1.857

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

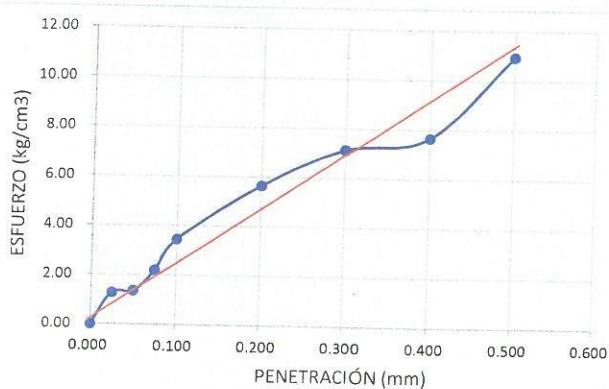
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.420	21.580	2.95	10.870	174.130	20.61	1.320	82.680	53.00
48	2	4.200	20.800	2.84	14.650	170.350	20.16	1.550	82.450	52.85
72	3	4.520	20.480	2.80	16.050	168.950	19.99	1.650	82.350	52.79
96	4	4.780	20.220	2.76	17.500	167.500	19.82	1.750	82.250	52.72

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

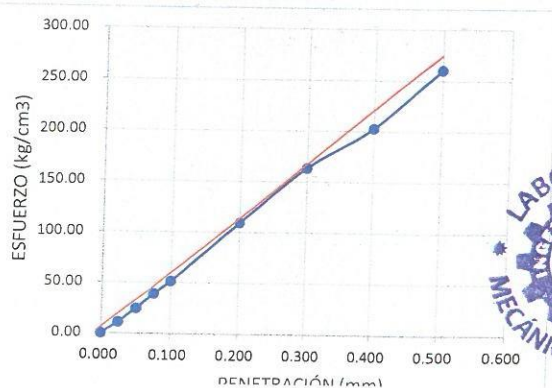
PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	25	1.27	185	10.90	84	4.28
1.27	0.050	35	1.35	455	24.50	140	7.13
1.91	0.075	43	2.19	765	38.96	175	8.91
2.54	0.100	57	3.45	1010	51.44	235	11.97
5.08	0.200	69	5.65	2145	109.24	435	22.15
7.62	0.300	140	7.13	3210	163.48	645	32.85
10.16	0.400	180	7.65	3980	202.70	870	44.31
12.70	0.500	215	10.95	4980	260.30	1010	51.44

<b>CURVA ESFUERZO-PENETRACION</b> (California Bearing Ratio CBR) <b>MOLDE 1</b>	<b>CURVA ESFUERZO-PENETRACION</b> (California Bearing Ratio CBR) <b>MOLDE 2</b>
---	---

C.B.R (12 GOLPES)

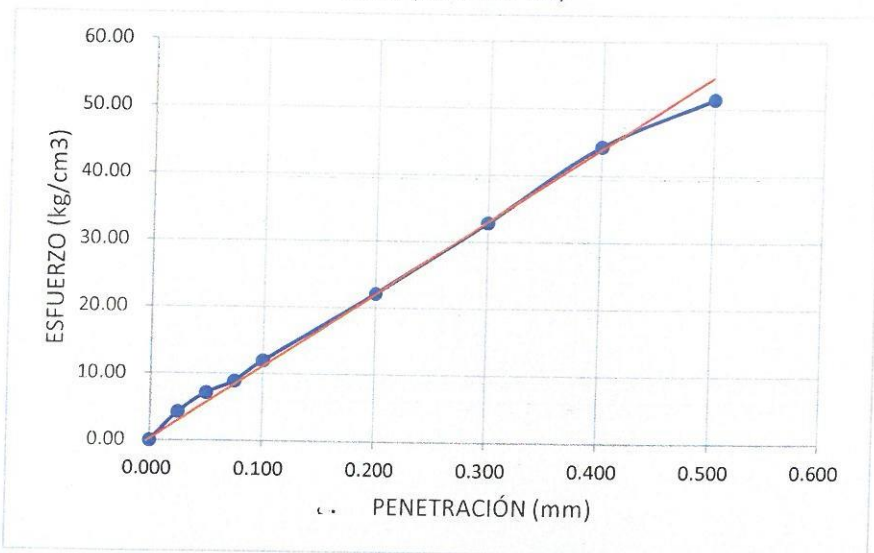


C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
 (California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**

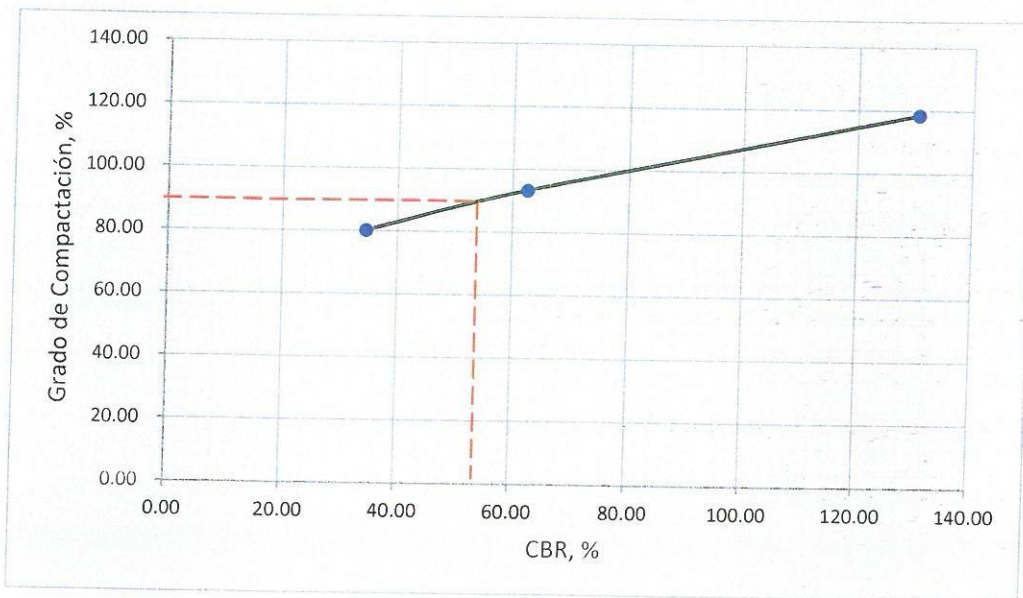
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	34.50	35.30
MOLDE 2	62.50	64.50
MOLDE 3	130.50	145.50

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.164	49.07	33.47	80.25
MOLDE 2	1.491	88.89	61.16	93.40
MOLDE 3	1.857	185.61	137.97	118.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
 (California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>132.6</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>62.3</b>



1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACION C B R ADICIÓN 3% DE ÓXIDO DE CALCIO.																		
MOLDE	1			2			3											
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4											
N° Capas	5			5			5											
N°Golp x Capa	10			25			55											
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES									
P. Húm.+ Molde	16065.60		16154.52	16563.80		16113.76	16554.30		16470.31									
Peso Molde (gr)	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50	14201.50		14201.50									
Peso Húmedo (gr)	1864.10		1953.02	2362.30		1912.26	2352.80		2268.81									
Vol. Molde (cc)	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33									
Densidad H.(gr/cc)	1.67		1.75	2.12		1.72	2.11		2.04									
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C									
P.Húmedo + Tara	745.00	730.50	765.00	854.20	845.00	160.50	150.60	152.50	142.60									
Peso Seco + Tara	679.70	669.32	669.00	724.00	631.00	156.70	136.78	141.30	134.60									
Peso Agua (gr)	65.30	61.18	96.00	130.20	214.00	3.80	13.82	11.20	8.00									
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20									
P. Muestra Seca	644.60	635.12	634.80	689.80	596.80	122.50	102.58	107.10	100.40									
Cont. Humedad	10.13%	9.63%	15.12%	18.88%	35.86%	3.10%	13.47%	10.46%	7.97%									
Cont.Hum.Prom.	9.88%			15.12%			27.37%			3.10%			11.96%			7.97%		
DENSIDAD SECA	1.524			1.524			1.666			1.666			1.887			1.887		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.400	21.600	2.95	10.850	174.150	20.61	1.300	82.700	53.01
48	2	4.000	21.000	2.87	14.980	170.020	20.12	1.600	82.400	52.82
72	3	4.500	20.500	2.80	16.060	168.940	19.99	1.700	82.300	52.76
96	4	4.890	20.110	2.75	15.150	169.850	20.10	1.800	82.200	52.69

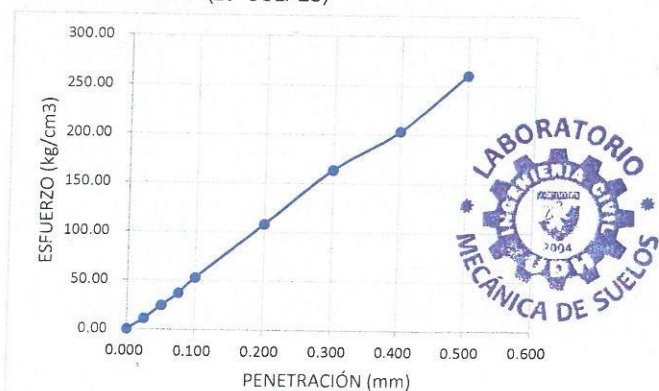
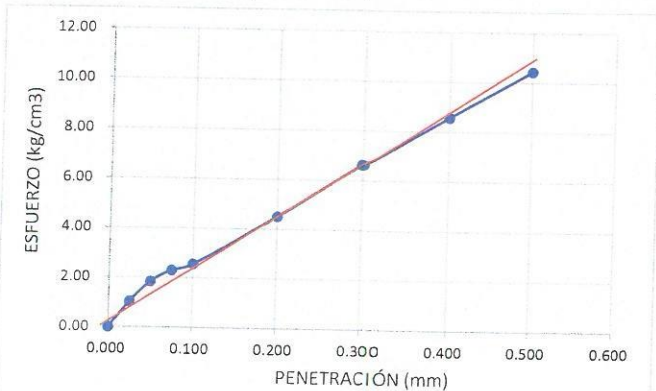
**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	20	1.02	170	10.90	88	4.48
1.27	0.050	36	1.83	430	24.50	140	7.13
1.91	0.075	45	2.29	730	37.18	184	9.37
2.54	0.100	50	2.55	1040	52.97	240	12.22
5.08	0.200	67	4.50	2120	107.97	478	24.34
7.62	0.300	130	6.62	3210	163.48	675	34.38
10.16	0.400	168	8.56	3990	203.21	870	44.31
12.70	0.500	205	10.44	5010	260.30	1020	51.95

<p><b>CURVA ESFUERZO-PENETRACION</b> (California Bearing Ratio CBR) <b>MOLDE 1</b></p>	<p><b>CURVA ESFUERZO-PENETRACION</b> (California Bearing Ratio CBR) <b>MOLDE 2</b></p>
--	--

C.B.R (12 GOLPES)

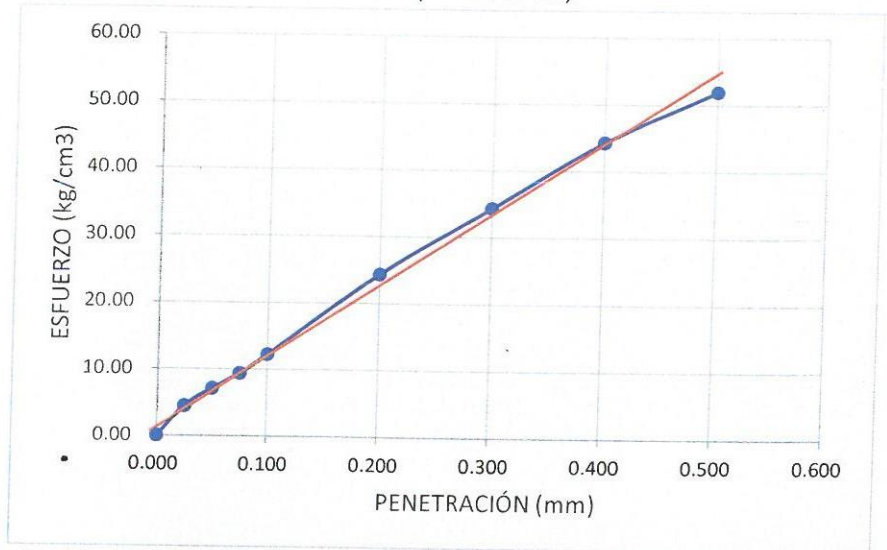
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



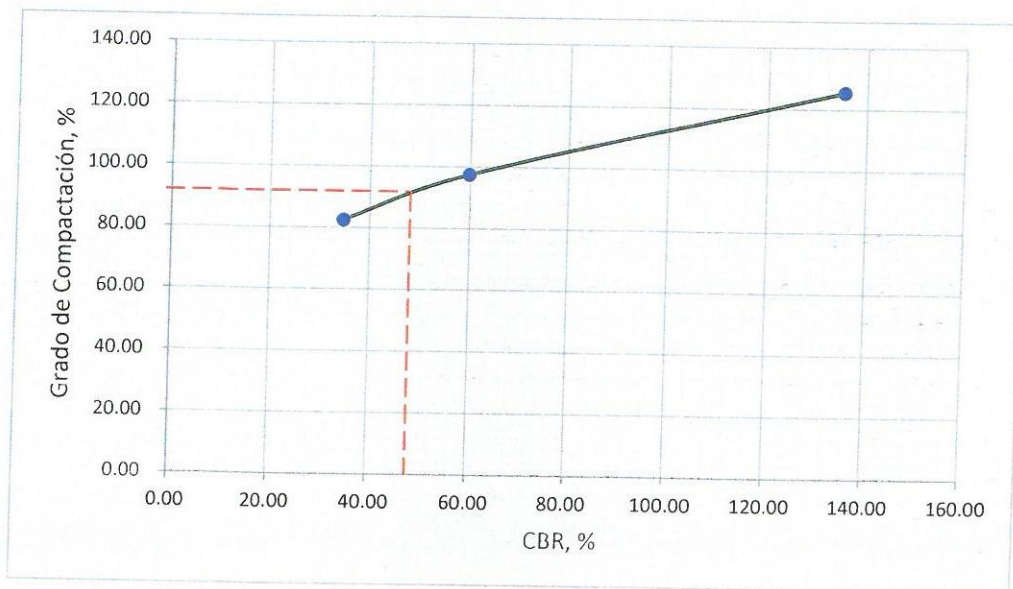
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	34.80	35.60
MOLDE 2	59.80	61.50
MOLDE 3	135.40	140.50

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.151	49.50	33.76	82.50
MOLDE 2	1.666	85.05	58.32	97.50
MOLDE 3	1.887	192.58	133.23	125.50

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
(California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>135.1</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>66.2</b>



1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACIÓN C B R ADICIÓN 5% DE ÓXIDO DE CALCIO.									
MOLDE	1			2			3		
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	10			25			55		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm. + Molde	16145.60		16274.85	16588.80		16083.82	16559.30		16543.33
Peso Molde (gr)	14281.50		14281.50	14221.50		14221.50	14241.50		14241.50
Peso Húmedo (gr)	1864.10		1993.35	2367.30		1862.32	2317.80		2301.83
Vol. Molde (cc)	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33	1113.33		1113.33
Densidad H.(gr/cc)	1.67		1.79	2.13		1.67	2.08		2.07
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	750.00	715.60	769.65	861.60	854.50	155.60	153.32	155.70	148.65
Peso Seco + Tara	669.70	674.32	662.00	719.00	631.00	153.70	136.78	141.30	134.60
Peso Agua (gr)	80.30	41.28	107.65	142.60	223.50	1.90	16.54	14.40	14.05
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
P. Muestra Seca	634.60	640.12	627.80	684.80	596.80	119.50	102.58	107.10	100.40
Cont. Humedad	12.65%	6.45%	17.15%	20.82%	37.45%	1.59%	16.12%	13.45%	13.99%
Cont.Hum.Prom.	9.55%		17.15%	29.14%		1.59%	14.78%		13.99%
DENSIDAD SECA	1.528		1.528	1.647		1.647	1.814		1.814

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

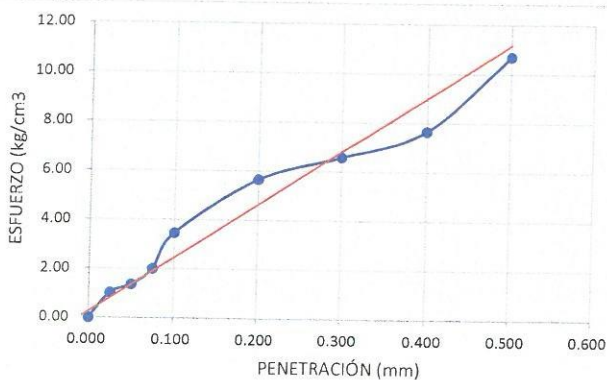
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.400	21.600	2.95	10.850	174.150	20.61	1.300	82.700	53.01
48	2	4.200	20.800	2.84	14.980	170.020	20.12	1.600	82.400	52.82
72	3	4.600	20.400	2.79	16.060	168.940	19.99	1.700	82.300	52.76
96	4	4.870	20.130	2.75	15.150	169.850	20.10	1.800	82.200	52.69

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	20	1.02	170	10.90	82	4.18
1.27	0.050	35	1.35	440	24.50	138	7.03
1.91	0.075	39	1.99	750	38.20	176	8.96
2.54	0.100	57	3.45	1040	52.97	235	11.97
5.08	0.200	65	5.65	2120	107.97	475	24.19
7.62	0.300	129	6.57	3220	163.99	620	31.58
10.16	0.400	168	7.65	4200	213.90	880	44.82
12.70	0.500	210	10.70	5010	255.16	1035	56.45

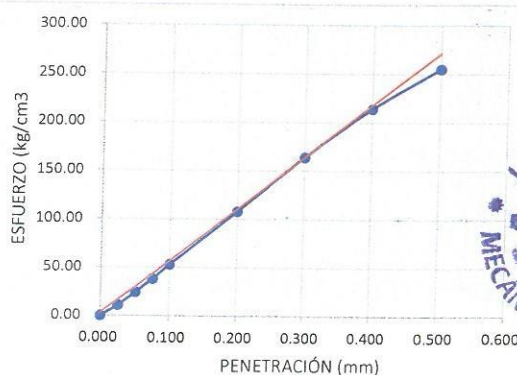
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 1**

C.B.R (12 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 2**

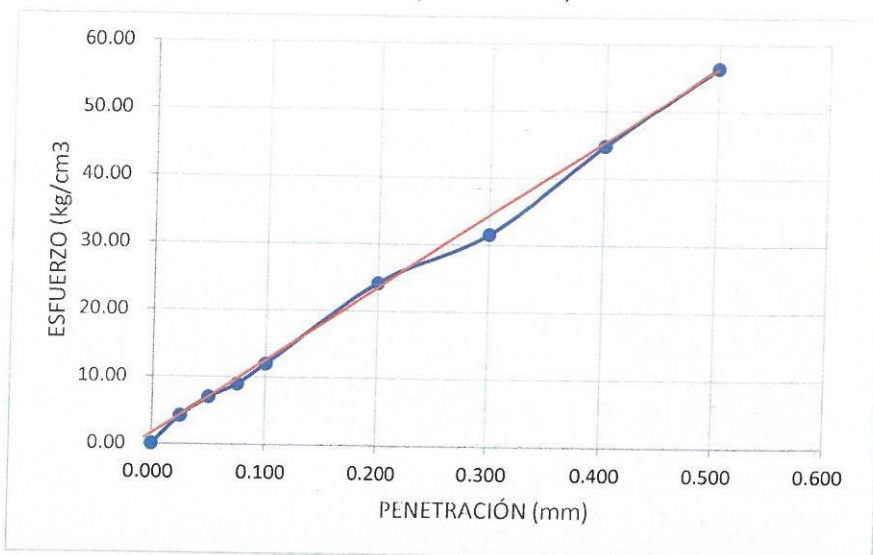
C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
 (California Bearing Ratio CBR)  
**MOLDE 3**



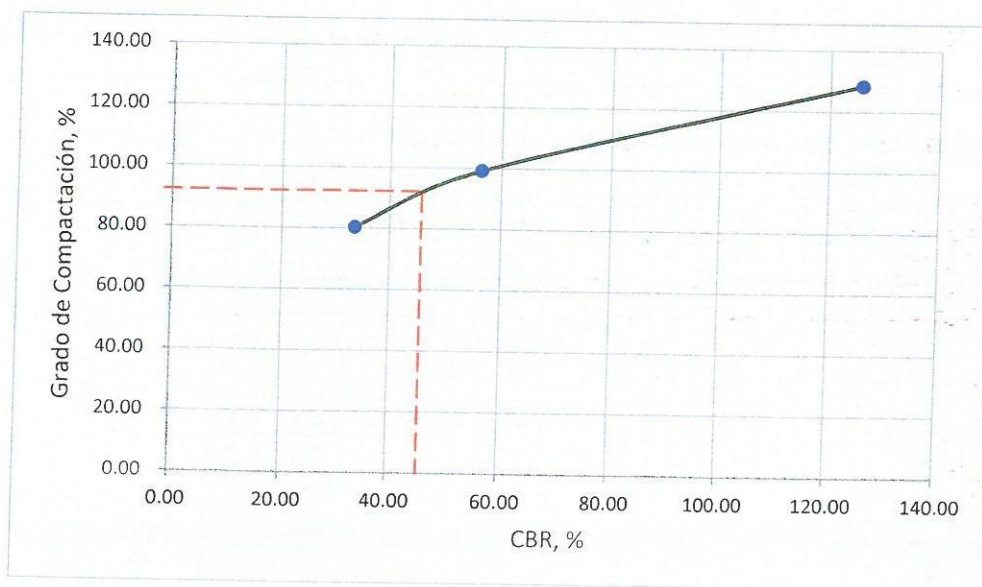
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	33.50	38.40
MOLDE 2	56.40	53.45
MOLDE 3	125.80	138.40

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.171	47.65	36.41	80.40
MOLDE 2	1.647	80.22	50.68	99.20
MOLDE 3	1.814	178.92	131.23	128.40

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
 (California Bearing Ratio CBR)



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>137.9</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>68.3</b>



1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



COMPACTACIÓN C B R ADICIÓN 7% DE ÓXIDO DE CALCIO.												
MOLDE	1			2			3					
Altura Molde mm.	116.4			116.4			116.4					
N° Capas	5			5			5					
N°Golp x Capa	10			25			55					
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			DESPUES			ANTES DE EMPAPAR			DESPUES		
P. Húm. + Molde	16045.60			16135.11			16548.80			16151.93		
Peso Molde (gr)	14216.50			14216.50			14221.50			14221.50		
Peso Húmedo (gr)	1829.10			1918.61			2327.30			1930.43		
Vol. Molde (cc)	1113.33			1113.33			1113.33			1113.33		
Densidad H.(gr/cc)	1.64			1.72			2.09			1.73		
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C			
P. Húmedo + Tara	755.50	735.40	775.60	850.50	820.50	160.40	150.40	160.20	145.70			
Peso Seco + Tara	679.70	666.32	669.00	734.00	631.00	156.70	146.78	151.30	134.60			
Peso Agua (gr)	75.80	69.08	106.60	116.50	189.50	3.70	3.62	8.90	11.10			
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20			
P. Muestra Seca	644.60	632.12	634.80	699.80	596.80	122.50	112.58	117.10	100.40			
Cont. Humedad	11.76%	10.93%	16.79%	16.65%	31.75%	3.02%	3.22%	7.60%	11.06%			
Cont.Hum.Prom.	11.34%			16.79%			24.20%			3.02%		
DENSIDAD SECA	1.476			1.476			1.683			1.683		
							2.030			2.030		

**ENSAYO DE HINCHAMIENTO**

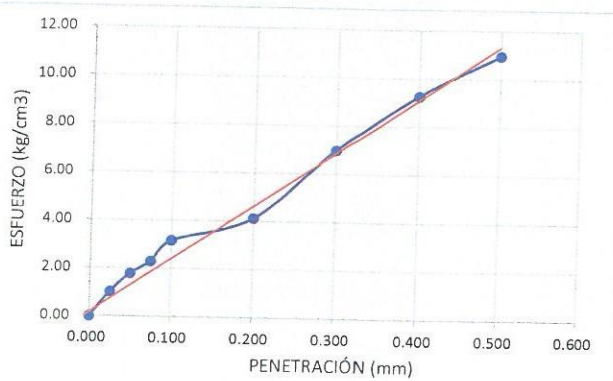
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.400	21.600	2.95	10.850	174.150	20.61	1.300	82.700	53.01
48	2	4.000	21.000	2.87	14.980	170.020	20.12	1.600	82.400	52.82
72	3	4.500	20.500	2.80	16.060	168.940	19.99	1.700	82.300	52.76
96	4	4.890	20.110	2.75	15.150	169.850	20.10	1.800	82.200	52.69

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	20	1.02	170	8.66	75	3.82
1.27	0.050	35	1.78	435	22.15	138	7.03
1.91	0.075	45	2.29	745	37.94	178	9.07
2.54	0.100	62	3.16	1035	52.71	238	12.12
5.08	0.200	81	4.13	2125	108.23	478	24.34
7.62	0.300	137	6.98	3215	163.74	650	33.10
10.16	0.400	182	9.27	4198	213.80	875	44.56
12.70	0.500	215	10.95	5010	255.16	1025	52.20

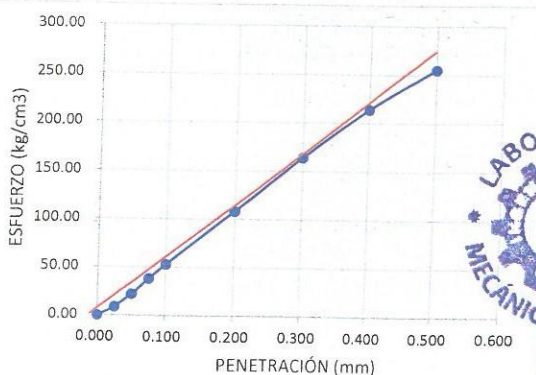
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 1

C.B.R (12 GOLPES)



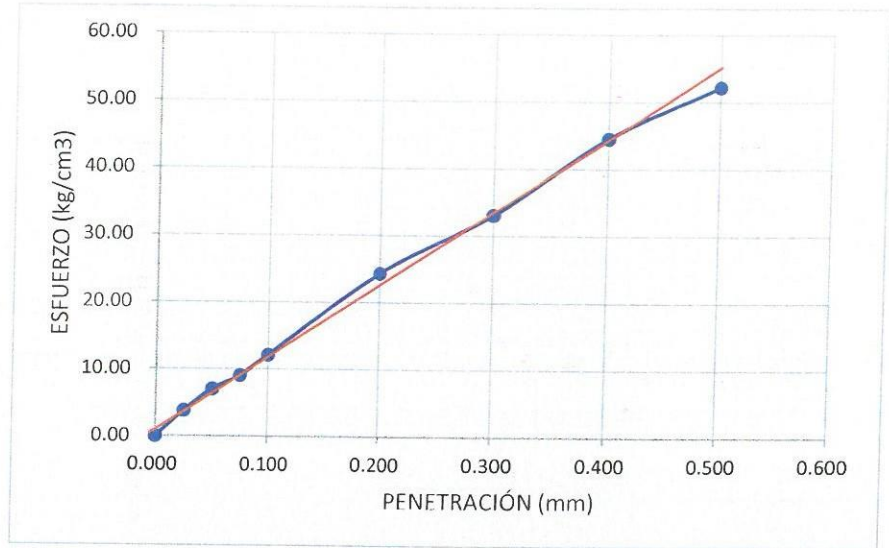
**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
(California Bearing Ratio CBR)  
MOLDE 2

C.B.R (26 GOLPES)



**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**  
**(California Bearing Ratio CBR)**  
**MOLDE 3**

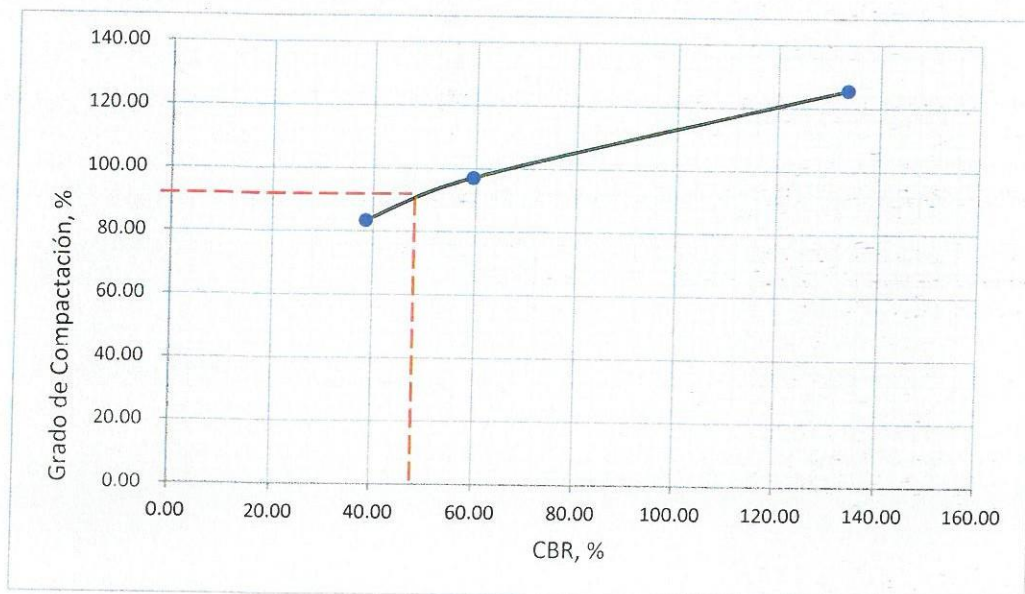
C.B.R (56 GOLPES)



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	38.50	38.70
MOLDE 2	59.50	60.20
MOLDE 3	133.50	146.30

	DENS	0.1	0.2	CBR
MOLDE 1	0.168	54.76	36.70	83.50
MOLDE 2	1.683	84.63	57.08	97.20
MOLDE 3	2.030	189.87	138.73	125.60

**CURVA: DENSIDAD-CBR**  
**(California Bearing Ratio CBR )**



<b>CBR 0.1° (100% MDS)</b>	<b>142.7</b>
<b>CBR 0.1° (95% MDS)</b>	<b>72.3</b>

1. Descripción del Ensayo

Método de reducción de muestra (NTP 339.1236)	Método "B"
Método de Compactación	Método "c"
Tipo de Pisón	Manual



CONTEO DE TRÁFICO VEHICULAR Y  
CÁLCULO DE  $N_{rep}$  de EE.

# 1. CONTEO DE TRÁFICO VEHICULAR.

## 1.1. VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO.

CARRETERA: Vía afirmada Huánuco-Marabamba.

PROGRESIVA: 1+500 KM SENTIDO: Ambos

CODIGO ESTACIÓN: E-01.

HORA	MOTOCICLITA		STATION WAGON		CAMIONETAS			BUS		CAMION			SEMITRAYER				TRAYER			TOTAL	%	
	AUTO	MOTOCICLITA	PICKUP	PANEL	RURAL(COM BI)	MICRO	2E	>=3E	2E	3E	4E	251/252	253	351/352	>=353	2T2	C2R3	3T2	>=3T3			
SABADO	118	125	133	103	33	37	0	0	17	18	7	0	0	0	0	0	0	0	0	624	17%	
DOMINGO	117	94	100	66	22	26	0	0	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	468	12%	
LUNES	94	125	106	117	21	3	9	0	8	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	493	13%	
MARTES	74	113	91	92	11	10	13	0	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	419	11%	
MIÉRCOLES	103	144	149	91	26	18	14	0	10	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	566	15%	
JUEVES	92	125	148	108	33	32	36	0	17	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	608	16%	
VIERNES	105	116	130	122	33	27	27	0	13	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	598	16%	
TOTAL	703	842	857	699	179	154	164	0	78	83	17	0	0	0	0	0	0	0	0	3776	100%	
IMDS	100.43	120.29	122.43	99.86	25.57	22.00	23.43	0.00	0.00	11.14	11.86	2.43	0	0	0	0	0	0	0	0	70.13	
IMDA	13.06	15.64	15.92	12.98	3.32	2.86	3.05	0.00	0.00	1.45	1.54	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.13	
%	19%	22%	23%	19%	5%	4%	4%	0%	0%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%		

## 1.2. Factores de Corrección Estacional (Fc).

Para el presente estudio de tráfico se consideró el factor de corrección que será de orden de 0.13, ya que corresponde por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas, como se muestra en la siguiente tabla:

Factores de corrección estacional	
Variaciones Estacionales moderadas	(0.12 hasta 0.15)
Variaciones Estacionales marcadas	(0.15 hasta 0.18)

Nota. Tomado de "manual de carreteras diseño geométrico DG-2014".

## 1.3. Índice Medio Diario (IMD).

A partir de los volúmenes diarios semanales por el tipo de vehículos, indicados en la tabla anterior y aplicando el factor de corrección se procederá a obtener el INDICE MEDIO DIARIO ANUAL, con la siguiente fórmula:

$$IMDs = \frac{Vi}{7}$$

$$IMDa = IMDs * Fc$$

Donde:

IMDs: Índice Medio Diario Semanal de Muestra vehicular tomada.

IMDa: Índice Medio Diario Anual.

Vi: Volumen Vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo.

Fc: Factor de Corrección Estacional.

TIPO DE VEHICULOS	IMDa	DISTRIBUCIÓN. %
AUTO	13.06	19%
MOTOCICLETA	15.64	22%
MOTOCAR	15.92	23%
STATION WAGON	12.98	19%
CAMIONETA PICK UP	3.32	5%
CAMIONETA PANEL	2.86	4%
CAMIONETA RURAL	3.05	4%
CAMIÓN 2E	11.14	2%
CAMIÓN 3E	11.86	2%
TOTAL, IMD	69.81	100.0%

## 2. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE TRÁFICO.

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen y composición del tráfico actual, que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto. Para el presente estudio se considerará un tráfico proyectado a 10 años.

### 2.1. TRAFICO FUTURO.

La tasa de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). según (Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos 2013.)

Tasas de crecimiento de tráfico	(2% - 6%)
---------------------------------	-----------

El tráfico futuro se calculará con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

Donde:

T<sub>n</sub>: tráfico en el año "n".

T<sub>o</sub>: Tráfico actual o en el año base.

r: Tasa de crecimiento.

n: Año para el cual se calcula el volumen de tráfico.

año	Auto	Motocicleta	Motocar	Station Wagon	camioneta pick	camioneta panel	camioneta rural	camión		
								2E	3E	4E
2020	13.45	16.11	16.39	13.37	3.42	2.95	3.14	1.49	1.59	0.33
2021	13.85	16.59	16.88	13.77	3.53	3.03	3.23	1.54	1.64	0.33
2022	14.27	17.09	17.39	14.19	3.63	3.13	3.33	1.58	1.68	0.34
2023	14.69	17.60	17.91	14.61	3.74	3.22	3.43	1.63	1.73	0.36
2024	15.14	18.13	18.45	15.05	3.85	3.32	3.53	1.68	1.79	0.37
2025	15.59	18.67	19.00	15.50	3.97	3.41	3.64	1.73	1.84	0.38
2026	16.06	19.23	19.57	15.97	4.09	3.52	3.75	1.78	1.90	0.39
2027	16.54	19.81	20.16	16.44	4.21	3.62	3.86	1.84	1.95	0.40
2028	17.03	20.40	20.77	16.94	4.34	3.73	3.97	1.89	2.01	0.41
2029	17.55	21.02	21.39	17.45	4.47	3.84	4.09	1.95	2.07	0.42

Fuente: Elaboración propia.

### 3. EJES EQUIVALENTES.

Para determinar los ejes Equivalentes (EE) para afirmado, se ha utilizado las siguientes fórmulas:

Para Ejes Simple de ruedas Simples:

$$EE_{Est} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^{4.0}$$

Para Ejes Simples de ruedas dobles:

$$EE_{Est} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^{4.0}$$

Tipo	Automovil	Motocicleta	Motocar	Station Wagon	camioneta pick	camioneta panel	camioneta rural	camión				
								C2		C3		
Cargas	1	0.8	0.8	1	1	1	1	7	10	7	8	8
Factor por Eje	0.00053	0.00022	0.00022	0.00053	0.00053	0.00053	0.00053	1.26537	2.21179	1.26537	0.90595	0.90595
Factor Total	0.00105	0.00082	0.00082	0.00105	0.00105	0.00105	0.00105	3.477		3.406		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4. NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES.

Se determinará el Numero de repeticiones de Ejes Equivalentes (Nrep de  $EE_{8.2T}$ ) para afirmado, se ha usado la siguiente formula:

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2T} = \Sigma (EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365)$$

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c$$

Para hallar el  $EE_{\text{día-carril}}$ :

$IMD_{pi}$ : Índice medio diario según tipo de vehículo.

Fca: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo.

Fd: Factor direccional.

Fc: Factor carril.

Para obtener el factor de crecimiento se usa la siguiente fórmula:

$$Fc = \frac{(1 + r)^n - 1}{0.05}$$

Donde:

r: Tasa anual de crecimiento.

n: periódico de diseño (10 años).

La cual se obtiene:

TIPO	IMDs	f.c	IMDa	cargas	f	f*IMDa	SUMATORIA	Factor de Crecimiento
Automovil	100.43	0.13	13.06	1	0.00053	0.00688	0.02540	0.03
Motocicleta	120.29	0.13	15.64	0.8	0.00022	0.00338		
Motocar	122.43	0.13	15.92	0.8	0.00022	0.00344		
Station Wagon	99.86	0.13	12.98	1	0.00053	0.00684		
camioneta pick	25.57	0.13	3.32	1	0.00053	0.00175		
camioneta panel	22.00	0.13	2.86	1	0.00053	0.00151		
camioneta rural	23.43	0.13	3.05	1	0.00053	0.00161		
camión 2E	11.14	0.13	1.45	7	1.26537	1.83297	9.78030	
				10	2.21179	3.20394		
camión 3E	11.86	0.13	1.54	7	1.26537	1.95047		
				8	0.90595	1.39646		
				8	0.90595	1.39646		
<b>TOTAL</b>	<b>537.00</b>		<b>69.81</b>		<b>ESAL</b>	<b>9.81</b>		

Factor de Dirección	1
Factor de carril	1

EE LIGEROS	
10 años	673.59

EE PESADOS	
10 años	882.087

<b>Nrep de E.E. (10 AÑOS)</b>	<b>1,555.68</b>
-------------------------------	-----------------



# ANEXOS 04

FORMATO DE RESUMEN DEL DIA-CLASIFICACIÓN VEHICULAR













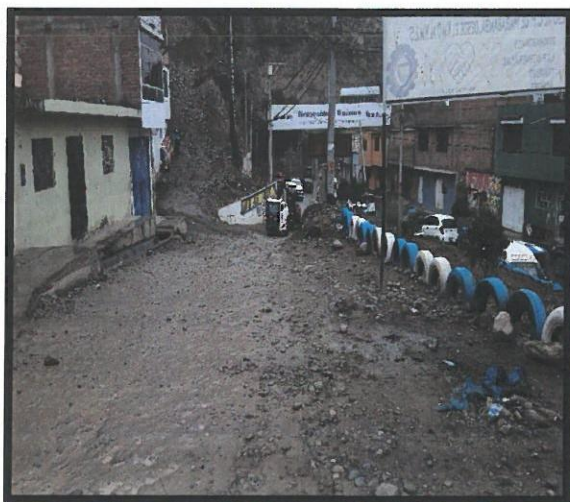




# ANEXOS 06

PANEL FOTOGRAFICO

## PANEL FOTOGRÁFICO



**Fotografía N° 01**

Visita al C.P de Marabamba colindante a la AV. Universitaria.



**Fotografía N° 02**

Señalización de la calicata N° 01.



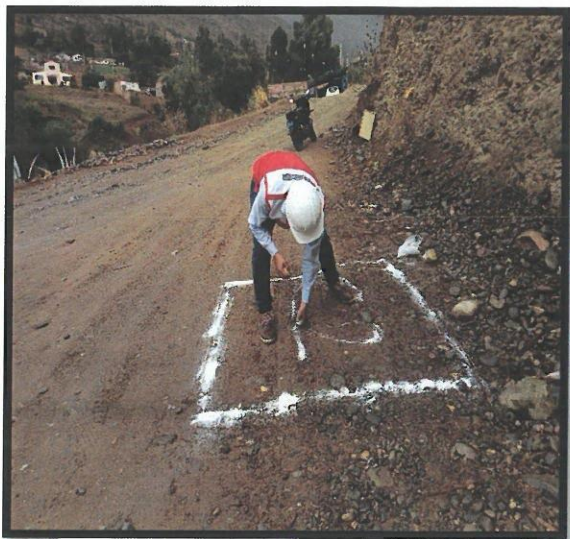
**Fotografía N° 03**

Excavación de la calicata N°01, km 0+500 m, de la carretera Huánuco-Marabamba.



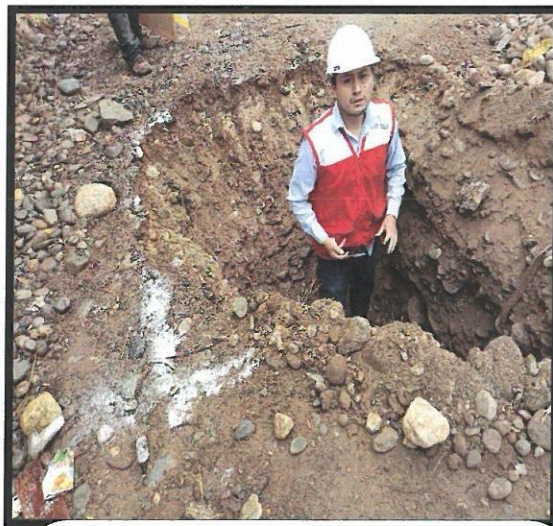
**Fotografía N° 04**

Excavación de la calicata N°01, a una profundidad de 2.50 m.



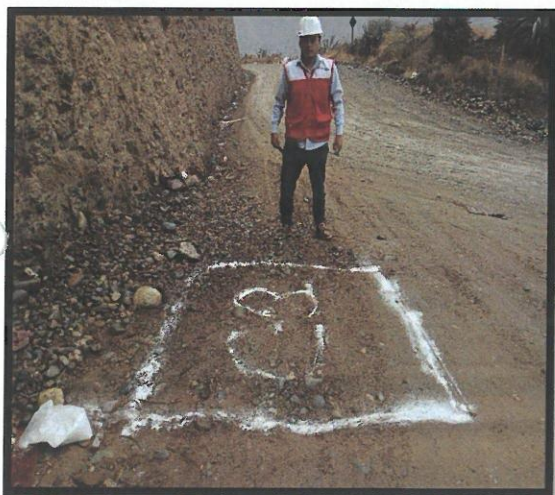
**Fotografía N° 05**

Se muestra la señalización de la calicata N°02.



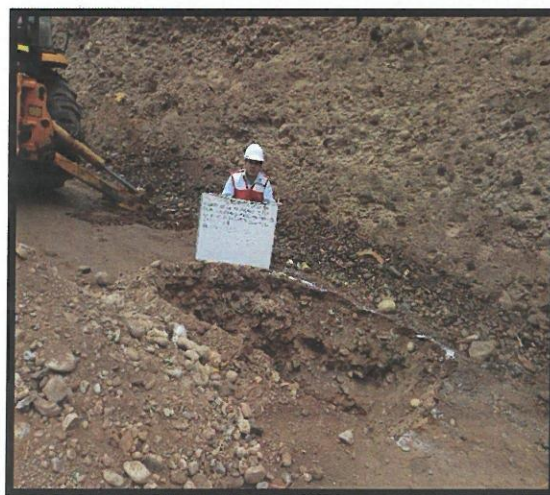
**Fotografía N° 06**

Excavación de la calicata N°02, km 1+100, realizada a 2.50m de altura.



**Fotografía N° 07**

Se muestra la señalización de la calicata N°03.



**Fotografía N° 08**

Excavación de la calicata N°03, km 2+050, realizada a 2.50m de altura.



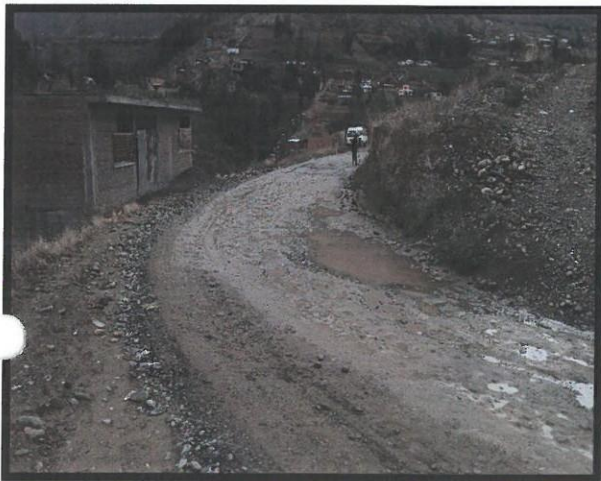
**Fotografía N° 09**

Se muestra la señalización de la calicata N°04.



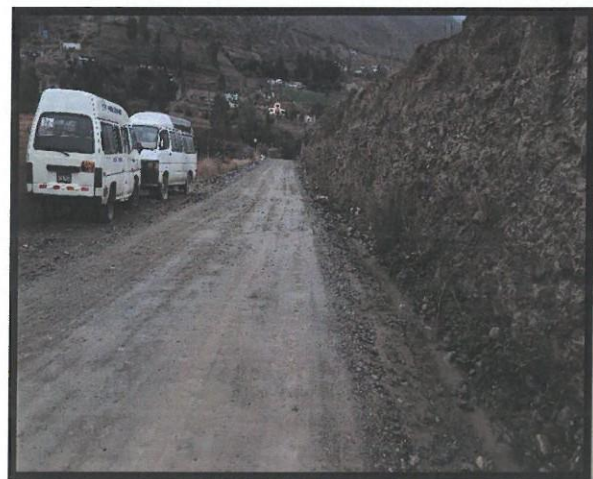
**Fotografía N° 10**

Excavación de la calicata N°04, km 2+650, realizada a 2.50m de altura.



**Fotografía N°11**

Vista de la carretera Huánuco-Marabamba, km 1+450 m, se observa el mal estado de conservación de la vía.



**Fotografía N°12**

Vista de la carretera Huánuco-Marabamba, km 1+780 m, se observa el mal estado de conservación de la vía.



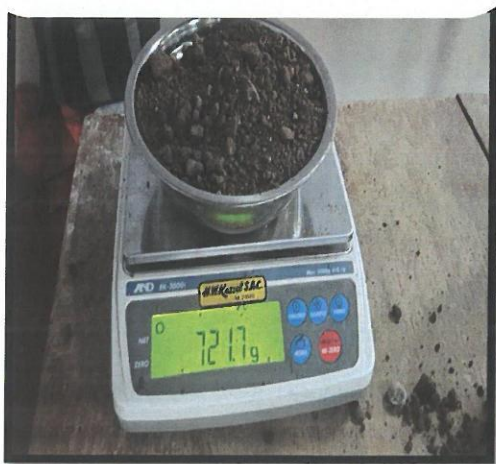
**Fotografía N° 14**

Se observa la muestra húmeda en la cazoleta para moler los grumos para luego pasar al procedimiento del cuarteo.



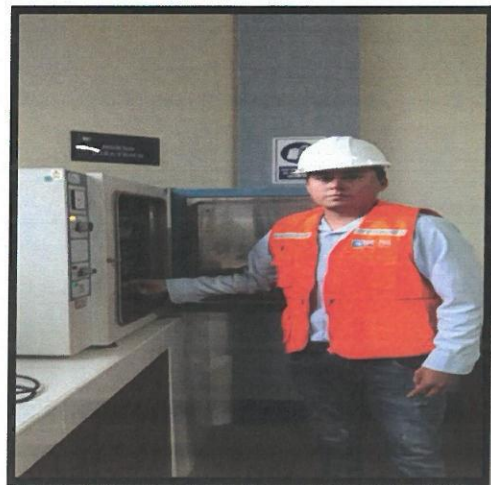
**Fotografía N°15**

Realización de los ensayos de laboratorio, puesta de muestra en el laboratorio y el cuarteo (NTP 339.089).



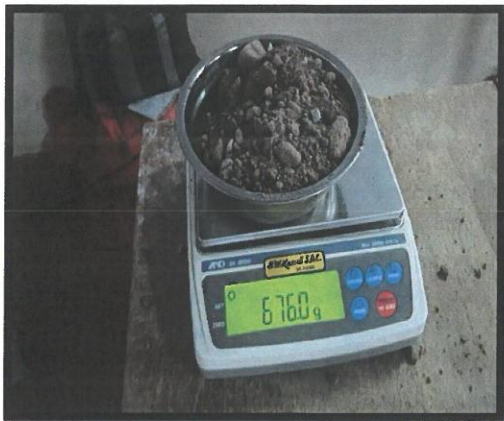
**Fotografía N° 16**

Se observa el pesado de la muestra obtenidas en campo para realizar el ensayo del contenido de humedad (NTP 339.127).



**Fotografía N°17**

Se observa la puesta de la muestra en el horno para realizó el ensayo de contenido de humedad natural (NTP 339.127).



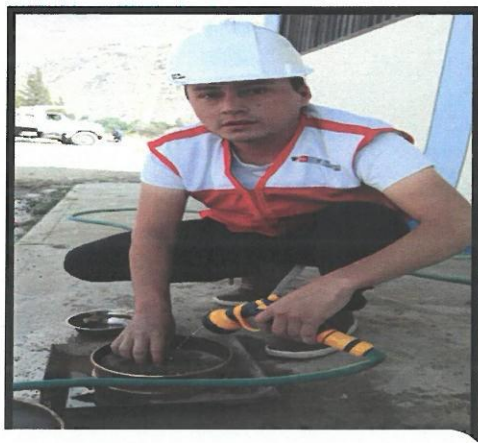
**Fotografía N°18**

Se observa el Pesado de la muestra una vez que se sacó del horno en el cual estuvo 24 horas a 110° C, para obtener el contenido de humedad.



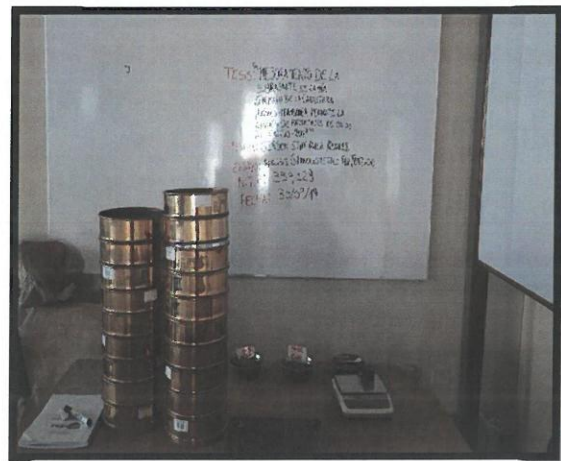
**Fotografía N° 19**

Se observa las muestras, con sus respectivos instrumentos para el ensayo de análisis granulométrico.



**Fotografía N° 20**

Se observa el lavado de la muestra para separar los limos que se juntan con las partículas a estudiar.



**Fotografía N° 21**

Se observa los instrumentos del ensayo del ensayo de granulométrico (NTP. 339.128).



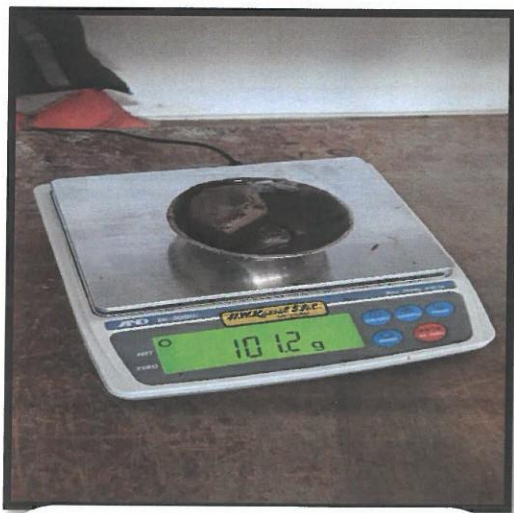
**Fotografía N°22**

Obtención del análisis granulométrico (NTP. 339.128) de la muestra de suelo en estudio se obtuvo los resultados que se muestran.



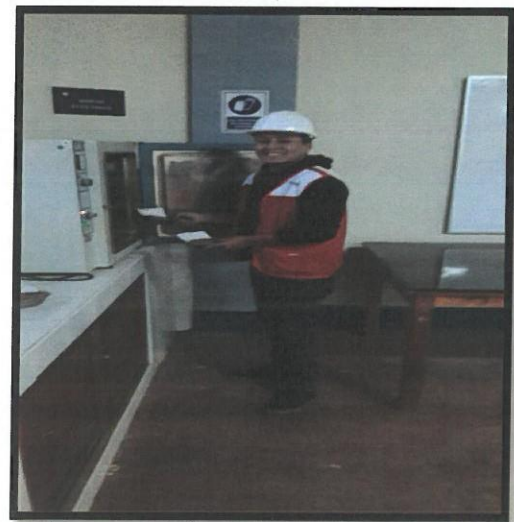
**Fotografía N°23**

Se muestra la realización del ensayo de límite líquido (NTP. 339.129) de la muestra de suelo en estudio con la copa casa grande con la cantidad de golpes dados en norma.



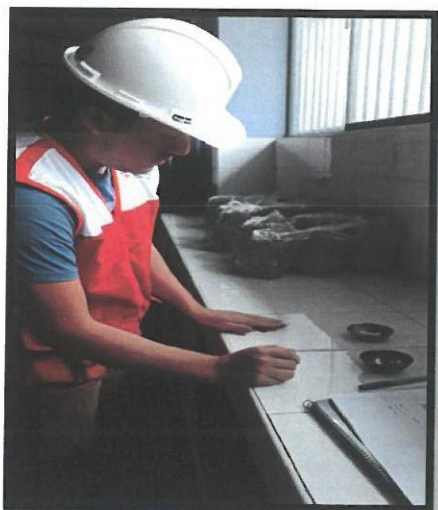
**Fotografía N° 24**

Se muestra el Pesado de la muestra de suelo saturado para el ensayo de límite líquido (NTP. 339.129) para luego ponerlo en horno.



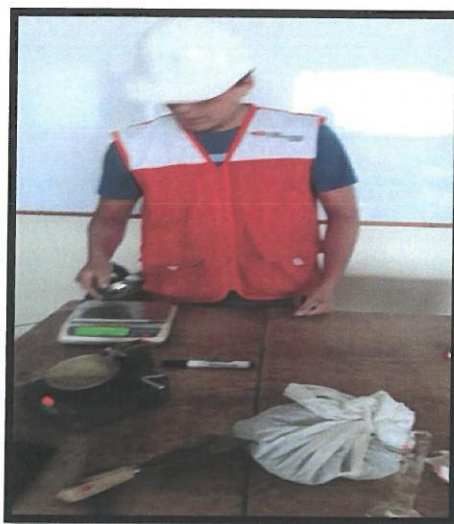
**Fotografía N°25**

Puesta de las muestras obtenidas del ensayo del límite plástico (NTP. 339.129), puesta en pequeñas cazoletas.



**Fotografía N° 26**

Realización del ensayo del índice de plasticidad (NTP. 339.1229), realizado saturando el suelo y luego haciendo rollos con un diámetro de 3mm y con un largo de 6cm, en un vidrio poroso.



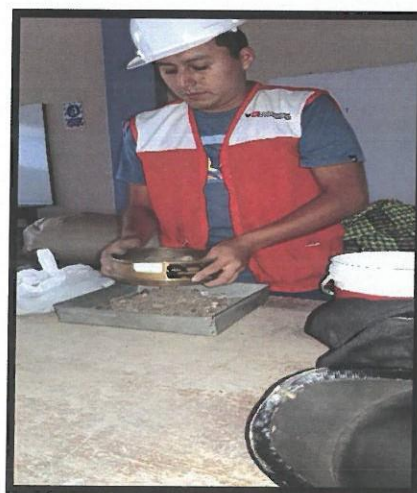
**Fotografía N° 27**

Luego de ellos se procede al pesado de los rollos obtenidos del ensayo del índice de plasticidad (NTP. 339.129), las cuales se colocan en pequeñas taras.



**Fotografía N° 28**

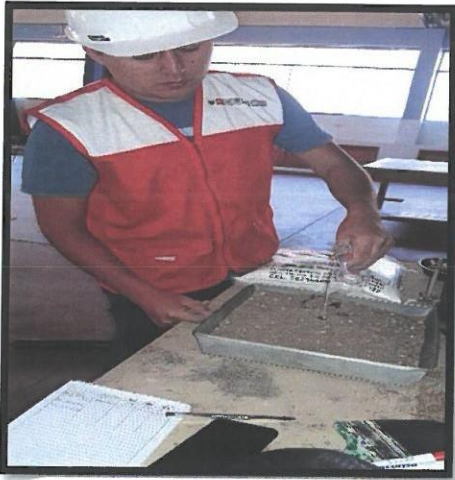
Se observa la Puesta de todos los ensayos obtenidos del índice de plasticidad (NTP. 339.129) en un horno para realizar el secado respectivo la cual es a 24 horas a 110° C.



**Fotografía N° 29**

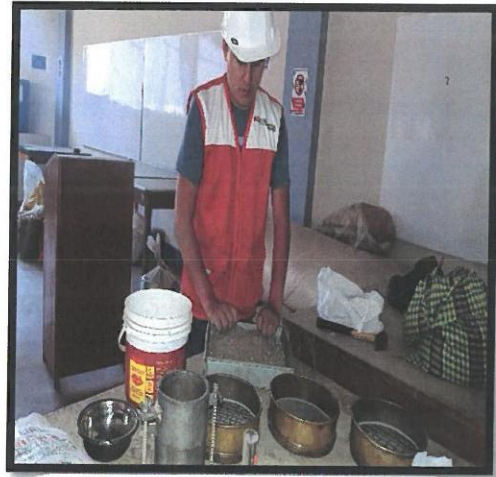
Se observa el tamizado con la malla 3/4". de las muestras a estudiar, para luego proceder al ensayo de compactación de suelos (NTP 339.141).





**Fotografía N° 30**

Se observa la colocación del 2% de agua, de acuerdo al peso de la muestra un grado de saturar para luego desarrollar el ensayo de compactación de suelos (NTP 339.141).



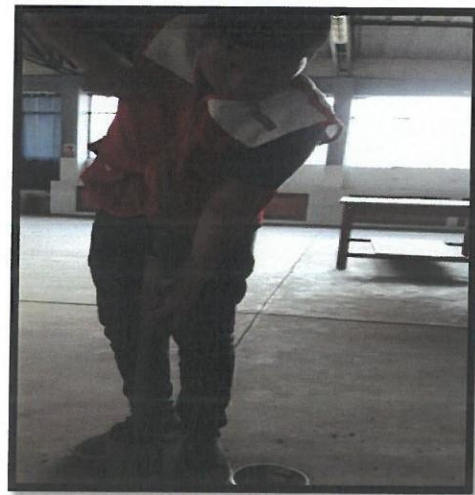
**Fotografía N° 31**

Se observa la preparación de las muestras de suelo para la realización del ensayo de compactación de suelos (NTP 339.141).



**Fotografía N° 32**

Se observa la colocación de la muestra para así luego colocarlo en el pizón del ensayo de compactación de suelos (NTP 339.141).



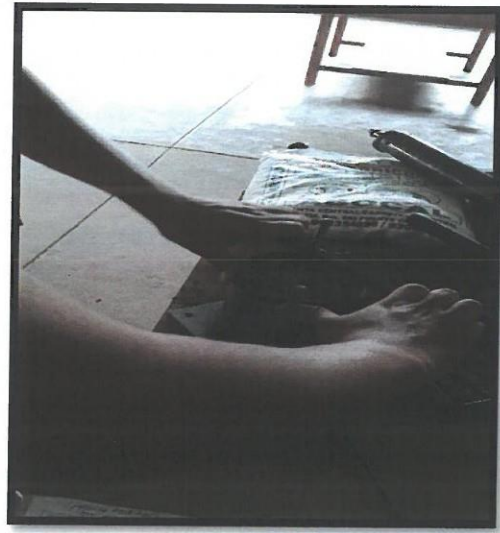
**Fotografía N° 33**

Se observa la realización del ensayo de compactación de suelos (NTP 339.141), mediante el molde y el pizón.



**Fotografía N° 34**

Se observa el molde ya compactado con el pisón a 56 golpes, con 5 capas por muestra.



**Fotografía N° 35**

Se observa el molde, se procede a rasurar con una regla de acero, para luego pesarlo y poder hallar el volumen de molde más muestra húmeda compactada.



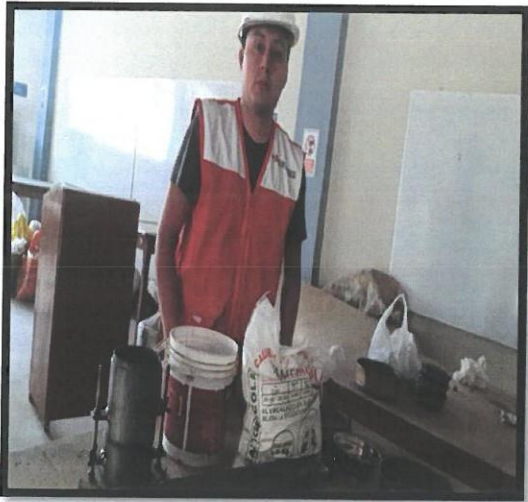
**Fotografía N°36**

Se observa las muestras respectivas analizadas, con sus respectivos descripción de las calicatas.



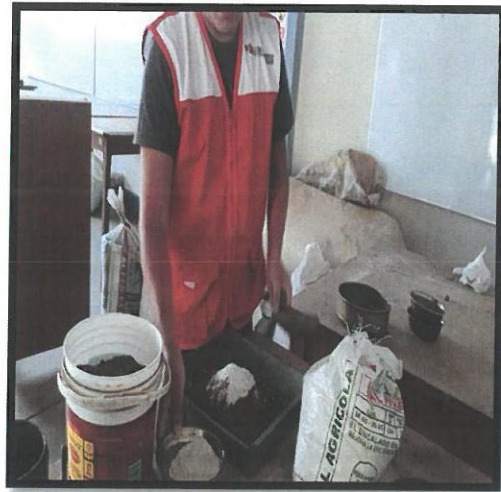
**Fotografía N°37**

Se observa el procedimiento del secado de las muestras húmedas a una temperatura 110 °C durante 24horas.



**Fotografía N° 38**

Se observa en la imagen la aplicación de porcentajes de óxido de calcio, en el ensayo de Proctor Modificado (NTP 339.141).



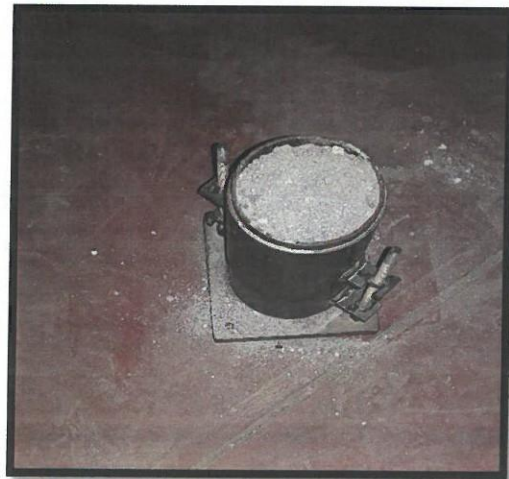
**Fotografía N° 39**

Se observa en la imagen la relación del mezclado suelo-cal, con los diversos porcentajes de óxido calcio respecto al peso de muestra.



**Fotografía N° 40**

Se observa las muestras ya combinadas con los porcentajes de calcio, para luego ser analizadas.



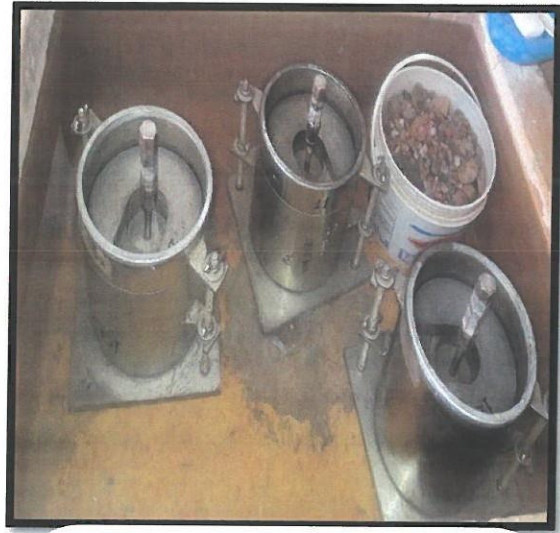
**Fotografía N° 41**

Se observa las muestras ya compactada en 5 capas de 56 golpes.



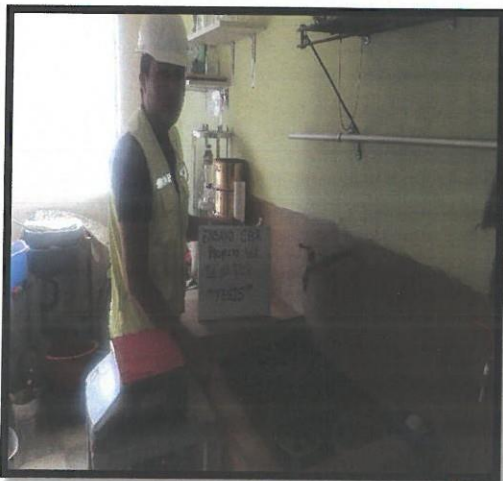
**Fotografía N° 42**

Se observa las muestras en e procedimiento de compactación para lego ser sumergido para el control de expansión.



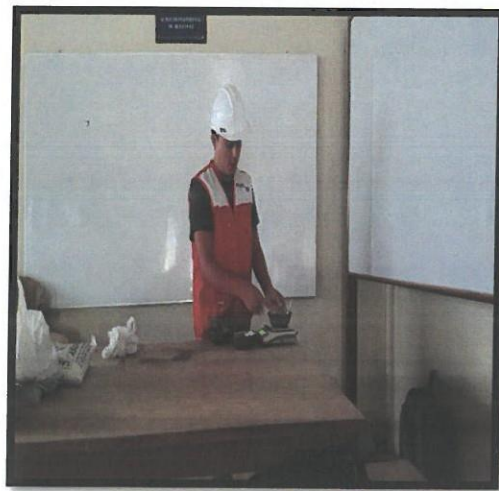
**Fotografía N°43**

Se observa las muestras compactadas a un recipiente con agua para controlar la expansión durante 4 días (NTP 339.145).



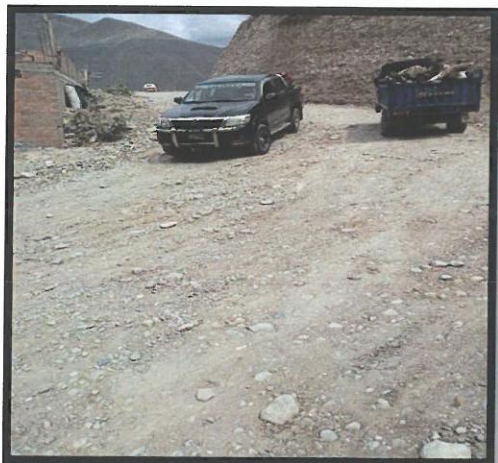
**Fotografía N° 44**

Se procede a realizar la penetración en la prensa CBR (NTP 339.145).



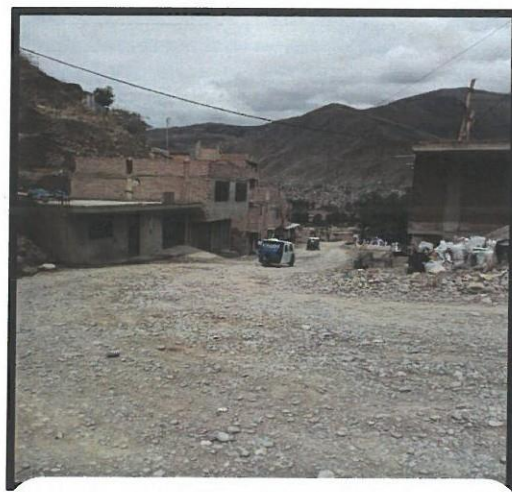
**Fotografía N° 45**

Se controla el contenido de humedad de la muestra saturada después de la penetración (NTP 339.145).



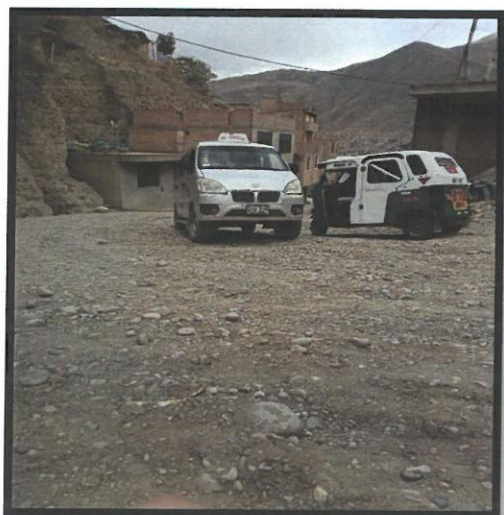
**Fotografía N° 46**

Se muestra el conteo vehicular de los vehículos menores (camioneta)



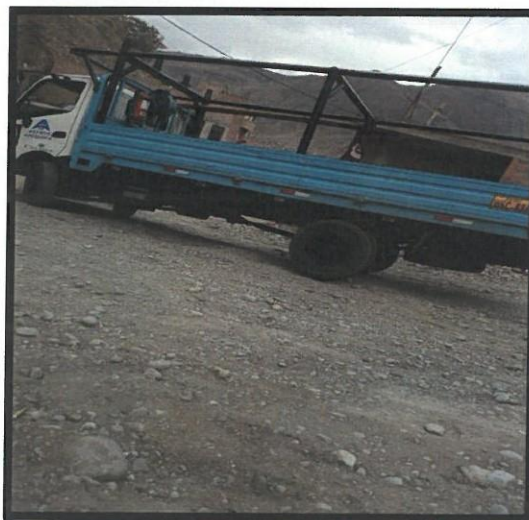
**Fotografía N° 47**

Se observa el conteo de vehículo menores (motocar).



**Fotografía N° 48**

Se muestra el conteo de vehículos menores(automóvil)



**Fotografía N° 49**

Se muestra el conteo de vehículos pesados (camión 2 eje)

# ANEXOS 07

PLANO DE UBICACIÓN DE LS CALICATAS.



**UBICACIÓN DEPARTAMENTAL  
HUÁNUCO**

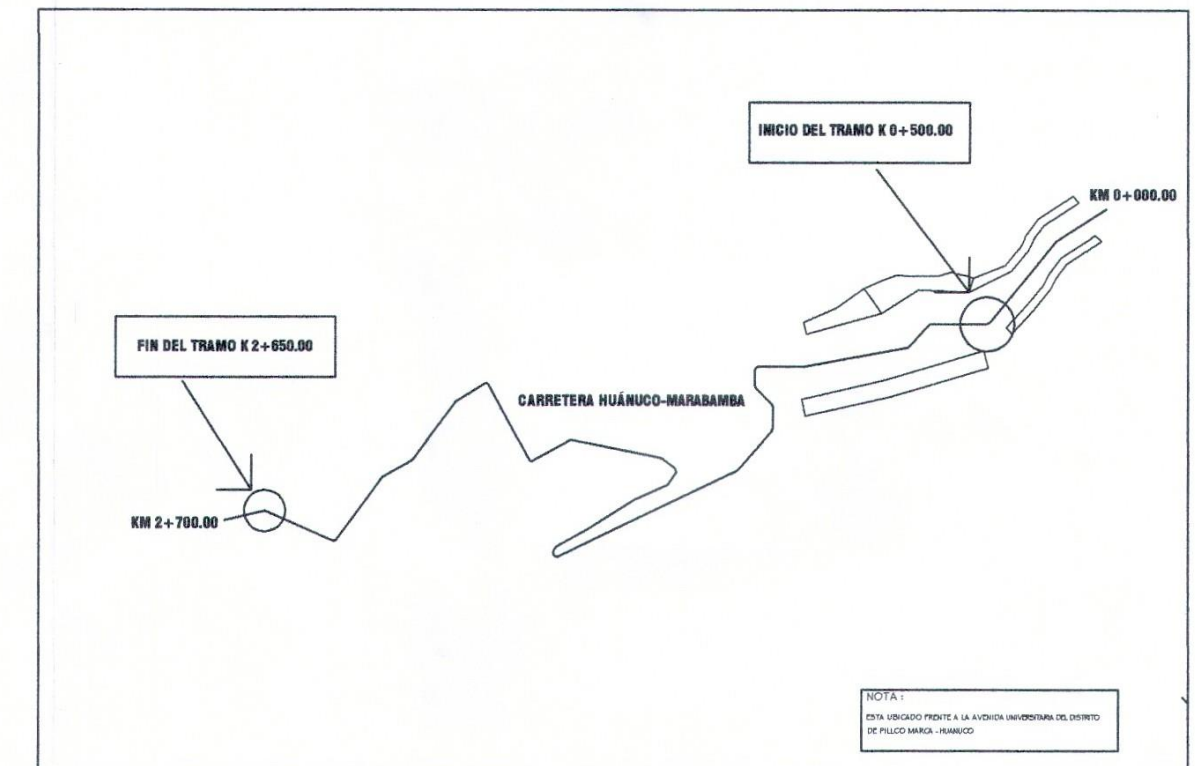


**UBICACIÓN PROVINCIAL  
HUÁNUCO**

LEYENDA		(PCR - '99)
CARRETERAS ASFALTADAS		
CARRETERAS AFIRMADAS		
CARRETERA SIN AFIRMAR		
CARRETERA EN CONSTRUCCIÓN		
CARRETERA EN PROYECTO		
REHABILITADOS - PCR (952.00 KM)		
EN EJECUCIÓN - PCR (72.87 KM)		
CON ESTUDIOS CONCLUIDOS - PCR (283.10 KM)		
EN ESTUDIO - PCR (60.00 KM)		
EN ESTUDIO PCR- CONTRADROGAS (159.00 KM)		
CAMINOS DE HERRADURA EJEC. (226.31 KM)		
CAMINOS DE HERRADURA EN EJEC. (269.90 KM)		
LIMITE PROVINCIAL		
RUTA NACIONAL		
RUTA DEPARTAMENTAL		
RUTA VECINAL		
AEROPUERTO		
CAPITAL DEPARTAMENTAL		
CAPITAL PROVINCIAL		
CAPITAL DISTRITO		
PUEBLO		



**UBICACIÓN DISTRITAL  
HUÁNUCO**



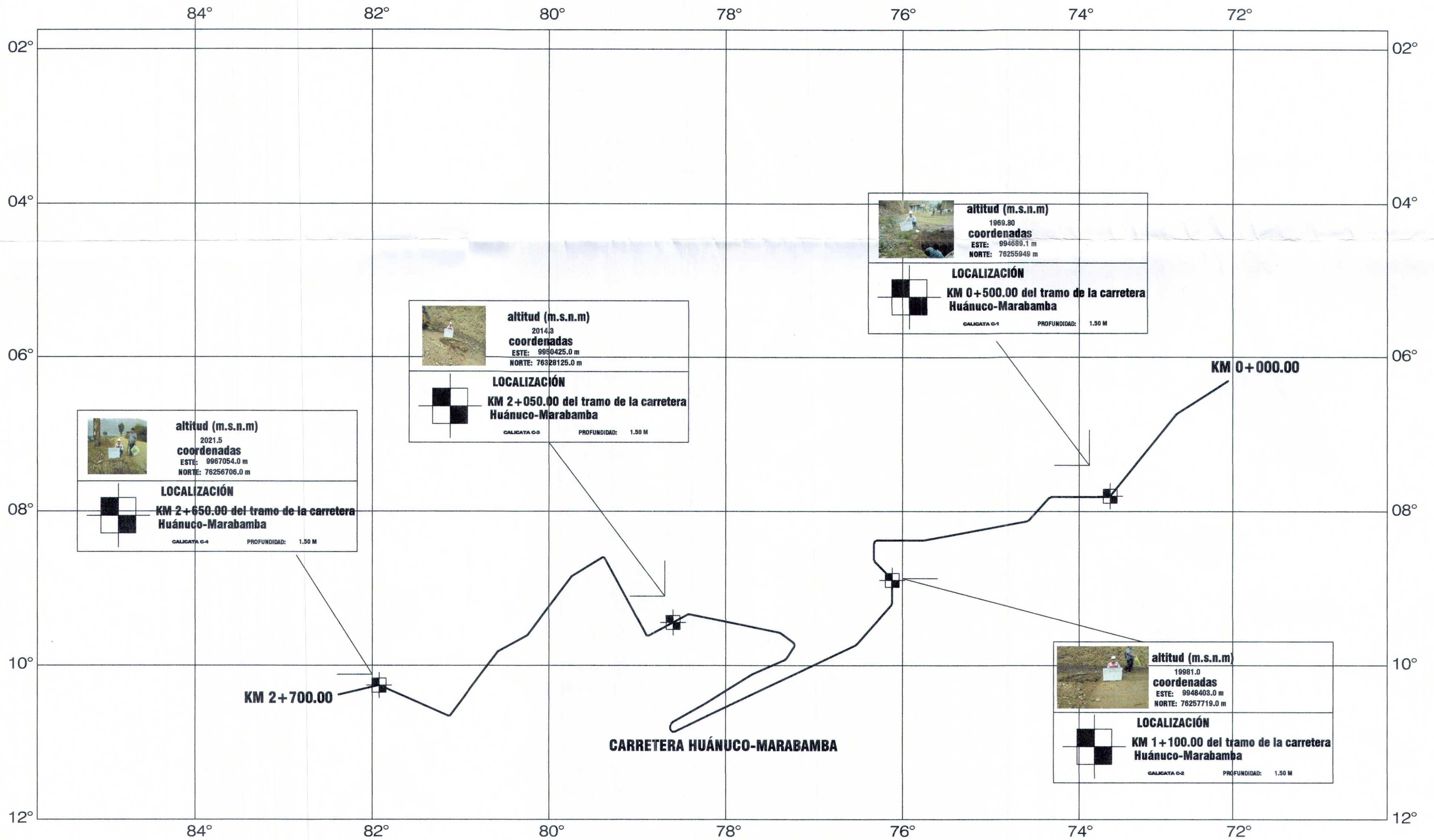
**LOCALIDAD: CENTRO POBLADO MARABAMBA**

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VIA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019".				
		Plano: <b>PLANO DE UBICACIÓN &amp; LOCALIZACIÓN</b>		
Especialidad: <b>TOPOGRAFIA</b>		Nombre: <b>BACH. GERSON STIFF AVILA ALVAREZ</b>		
CAD: <b>G.S.A.A</b>	UNIVERSIDAD: <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>	Ubicación: <b>HUANUCO</b>	Fecha: <b>Setiembre-2019</b>	Código del Plano: <b>HM</b>
ESPECIALIDAD: <b>TOPOGRAFIA</b>	FACULTAD: <b>E.A.P INGENIERIA CIVIL</b>	Provincia: <b>HUANUCO</b>	Escala: <b>INDICADA</b>	Nº de Lámina: <b>A-1</b>
		Districto: <b>PILCO MARCA</b>		
		Localidad: <b>PILCO MARCA</b>		

# ANEXOS 08

PLANO DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO.





PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA AFIRMADA DE LA CARRETERA HUÁNUCO-MARABAMBA MEDIANTE LA ADICIÓN DE PORCENTAJES DE ÓXIDO DE CALCIO-2019".					
		Plano: <b>UBICACIÓN DE CALICATAS</b>			
		nombre: <b>BACH. GERSON STIFF AVILA ALVAREZ</b>			
CAD:	G.S.A.A	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO	Ubicación:	Departamento: HUÁNUCO
ESPECIALIDAD:	TOPOGRAFIA	FACULTAD:	E.A.P. INGENIERIA CIVIL	Provincia:	HUÁNUCO
				Distrito:	PILCO MARCA
				Localidad:	PILCO MARCA
		Fecha:	Setiembre-2019	Código del Plano:	P-C
		Escala:	INDICADA	N° de Lámina:	A-1