



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## UAC

TESIS:

---

“EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTOS DEL CUSCO, 2021”

---

Presentada Por:

Bach. Soncco Usandivares Jhoklaun Marycielo  
(0009-0009-5127-0602)

Bach. Unuysoncco Paguada Luis Joel  
(0009-0004-7642-1554)

Para obter el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Julio Benjamín Deza Cavero.  
(0009-0002-6498-3328)

CUSCO- PERU

2023



### Metadatos

Datos del autor	
Nombres y apellidos	Bach. Soncco Usandivares Jhoklaun Marycielo
Número de documento de identidad	78115884
URL de Orcid	<a href="https://orcid.org/0009-0009-5127-0602">https://orcid.org/0009-0009-5127-0602</a>
Datos del autor	
Nombres y apellidos	Bach. Unuysoncco Paguada Luis Joel.
Número de documento de identidad	71205679
URL de Orcid	<a href="https://orcid.org/0009-0004-7642-1554">https://orcid.org/0009-0004-7642-1554</a>
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Ing. Julio Benjamín Deza Cavero
Número de documento de identidad	23918608
URL de Orcid	<a href="https://orcid.org/0009-0002-6498-3328">https://orcid.org/0009-0002-6498-3328</a>
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. TITO GABRIEL CHACON MENDOZA.
Número de documento de identidad	46185744
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. KILDARE JUSSETY ASCUE ESCALANTE
Número de documento de identidad	45246758
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. ED GUTIERREZ CARLOTTO.
Número de documento de identidad	46086133
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. JOSE CARLOS SOLIS TITO
Número de documento de identidad	43491953
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	SUELOS Y PAVIMENTOS



# Reporte Turnitin

“EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTOS DEL CUSCO, 2021”

*por* Maricielo Soncco y Luis Unuysoncco

---

**Fecha de entrega:** 15-may-2023 12:32p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2093930532

**Nombre del archivo:** tesis-\_soncco\_-\_unuysoncco.docx (52.56M)

**Total de palabras:** 58242

**Total de caracteres:** 311736

---

Ing. Julio Benjamín Deza Cavero  
Docente de la E.P. de Ingeniería Civil - UAC



<sup>3</sup>  
**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**UAC**

**TESIS:**

“EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTOS DEL CUSCO, 2021”

Presentada Por:

Bach. Soncco Usandivares Jhoklaun Marycielo  
(0009-0009-5127-0602)

Bach. Unuysoncco Paguada Luis Joel  
(0009-0004-7642-1554)

Para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**

Asesor:

Ing. Julio Benjamín Deza Cavero.  
(0009-0002-6498-3328)

**CUSCO- PERU**

2023



INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	8%
2	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	2%
4	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
6	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
7	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1%

 <1%  
Ing. Julio Benjamín Deza Cavero  
Docente de la E.P. de Ingeniería Civil - UAC



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: JHOKLAUN MARYCIELO SONCCO USANDIVARES  
Título del ejercicio: TESIS FINAL UNUYSONCCO  
Título de la entrega: "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SU...  
Nombre del archivo: 5.1.\_tesis-\_soncco\_-\_unuysoncco\_REV\_02.pdf  
Tamaño del archivo: 24.68M  
Total páginas: 601  
Total de palabras: 81,766  
Total de caracteres: 403,017  
Fecha de entrega: 13-feb.-2024 09:41p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2294353125

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**UAC**

TESIS:

"EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPILUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTOS DEL CUSCO, 2021"

Presentada Por:

Bach. Soncco Usandivares Jhoklaun Marycielo  
(0009-0009-5127-0602)

Bach. Unuysoncco Pagaada Luis Joel  
(0009-0004-7642-1554)

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil  
Asesor:  
Ing. Julio Benjamín Deza Caveró.  
(0009-0002-6498-3328)

CUSCO-PERU

2023

Ing. Julio Benjamín Deza Caveró

Docente de la E.P. de Ingeniería Civil - UAC



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## UAC

TESIS:

---

“EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTOS DEL CUSCO, 2021”

---

Presentada Por:

Bach. Soncco Usandivares Jhoklaun Marycielo

Bach. Unuysncco Paguada Luis Joel

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Julio Benjamín Deza Cavero.

CUSCO- PERU

2023



## **Dedicatoria**

A Dios por estar conmigo a cada paso que doy.

A mis padres Edwin Ivan Herrera Herencia y Gregoria Usandivares Becerra por brindarme su apoyo incondicional y el sacrificio para sacarme adelante; muchos de mis logros se los debo a ellos.

A mis hermanas Karen, Arely, Keren y Viviam; por ser mi apoyo moral y mis compañeras de vida. Por ser mi motivación a seguir adelante.

A mis familiares y amigos por el apoyo en la realización de esta investigación.

**Jhoklaun Marycielo Soncco Usandivares**

A mis padres Juan Unuysoncco y Feliciano Paguada, porque ellos son la motivación de mi carrera y mi orgullo de ser.

A mi hermano Nick Álvaro, porque es la razón de sentirme tan orgulloso de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí.

Sin dejar de lado también a toda mi familia y amigos por confiar en mí, y apoyarme tanto física como emocionalmente en los momentos más inesperados, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

**Luis Joel Unuysoncco Paguada**



## **Agradecimiento**

A mi casa de estudios por mi formación profesional, por la calidad de enseñanza y buenos profesionales; siendo estas necesarias para mi formación en el área de la ingeniería.

A nuestro asesor de tesis Ing. José Alberto Montesinos Cervantes, por el apoyo constante, paciencia y motivación brindada hacia nosotros; por guiarnos a concretar con esta investigación.

A mi familia por la motivación, esfuerzo y apoyo.

**Jhoklaun Marycielo Soncco Usandivares**

Deseo expresar mi agradecimiento a Dios, quien me ha guiado y ha sido mi fuente de fortaleza para seguir adelante.

También quiero agradecer a esta casa de estudios por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Mi reconocimiento especial va para mi asesor, José Montesinos, quien además de ser mi profesor, ha sido un gran amigo durante mi tiempo en la universidad.

Agradezco a mi familia y amigos por su comprensión y constante estímulo, así como por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que, de una u otra manera, me han brindado su apoyo en la realización de este trabajo.

**Luis Joel Unuysoncco Paguada**



## Resumen

El fin de este trabajo de investigación es “EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPihuARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTOS DEL CUSCO, 2021”; teniendo un análisis comparativo entre la ceniza volante artesanal e industrial y cuál es la influencia de esta en las propiedades físico mecánicas del tipo de suelo encontrado en esta carretera.

Metodológicamente el estudio siguió un enfoque cuantitativo, el alcance correlacional y abordó el método hipotético- deductivo. Primeramente, se realizó la exploración de la zona a estudiar procediendo a realizar 20 calicatas, de los cuales se seleccionaron suelos que tienen suelos con CBR bajo de cada tipo de suelo.

Para establecer las características físicas y mecánicas, se llevaron a cabo ensayos de granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, proctor modificado y CBR, siguiendo las normas establecidas por el MTC. Se utilizó ceniza volante artesanal e industrial como estabilizante en porcentajes de 10%, 11% y 12% en los ensayos. Todos los ensayos se realizaron de acuerdo con las normas del MTC

Al obtener los resultados de laboratorio, se apreció que hay 5 tipos de suelos CL-ML, ML, SC, SM y GC; de los cuales se seleccionaron los tipos de suelos CL-ML, ML, SC y SM para su evaluación se hizo una verificación visual y física in situ, siendo estos los suelos con resultados de CBR bajo, para seguidamente estabilizarla con ceniza volante.

Tenemos que para los tipos de suelos estabilizados con ceniza volante el índice de plasticidad tiene valores bajos, a diferencia de la C-15 en donde esta aumenta su valor; se indica también que los resultados del proctor modificado al incorporar ceniza volante estos tienen valores bajos. En el caso del CBR el suelo CL-ML se puede apreciar que en un inicio es de 3%, adicionando la ceniza artesanal al 10% incrementó al 6.5%; al 11% de ceniza volante artesanal incremento al 10.80% y al 12% de ceniza artesanal incremento al 19.40%; adicionando ceniza industrial al 10% incrementó 5.80%; al 11% de ceniza industrial incremento al 9.90% y al 12% de ceniza industrial incrementó al 17.70%. Respecto al suelo ML el CBR inicial fue de 3.90%, adicionando la ceniza artesanal al 10% incrementó al 4.60%; al 11% de ceniza volante artesanal incremento al 10.80% y al 12% de ceniza artesanal incremento al 14.50%; adicionando ceniza



industrial al 10% incrementó 6.90%; al 11% de ceniza industrial incremento al 6.10% y al 12% de ceniza industrial incrementó al 10.70%. Para el suelo SC se obtuvo un CBR inicial de 5.40%, adicionando la ceniza artesanal al 10% incrementó al 6.90%; al 11% de ceniza volante artesanal incremento al 12.00% y al 12% de ceniza artesanal incremento al 20.30%; adicionando ceniza industrial al 10% incrementó a 8.90%; al 11% de ceniza industrial incremento al 10.20% y al 12% de ceniza industrial incrementó al 19.60%. Tenemos que para el suelo SM el CBR inicial es 6.80%, adicionando la ceniza artesanal al 10% incrementó al 11.10%; al 11% de ceniza volante artesanal incremento al 15.50% y al 12% de ceniza artesanal incremento al 22.90%; adicionando ceniza industrial al 10% incrementó 8.00%; al 11% de ceniza industrial incremento al 12.20% y al 12% de ceniza industrial incrementó al 19.90%.

Se concluye que al adicionar las cenizas volantes artesanal e industrial en porcentajes de 10%, 11% y 12%, estas tienen resultados positivos en sus propiedades físico mecánicas. Cabe indicar que la ceniza volante artesanal tiene mejores resultados en ciertos porcentajes, así como también la ceniza volante industrial; tal como se muestra en la investigación.

Palabras Clave: ceniza volante, granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, proctor modificado y CBR.



## Abstract

The purpose of this research work is "COMPARATIVE EVALUATION FOR THE STABILITY OF THE SUB-GRADE, ADDING FLY ASH FROM INDUSTRIAL KILN AND ARTISANAL KILN, FROM THE BRICK-MAKING AREA OF SAN JERONIMO-CUSCO, ON THE ROAD SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRICTS OF CUSCO, POROY, CACHIMAYO AND CHINCHERO, PROVINCES OF CUSCO, ANTA AND URUBAMBA, DEPARTMENTS OF CUSCO, 2021"; having a comparative analysis between artisanal and industrial fly ash and what is the influence of this on the physical-mechanical properties of the type of soil found on this road.

This research work has a quantitative research approach, the level or scope of the research will be correlational type, having a hypothetical-deductive research method. Firstly, the area to be studied was explored, proceeding to make 20 pits, from which the types of soils that had less favorable results in the tests carried out were selected.

To obtain the physical-mechanical properties, the granulometry, moisture content, consistency limits, modified proctor and CBR tests were used; Artisanal and industrial fly ash was used as a stabilizer in percentages of 10%, 11% and 12%. The tests carried out are based on the MTC standards.

When obtaining the laboratory results, it was appreciated that there are 5 types of soils CL-ML, ML, SC, SM and GC; of which the types of soils CL-ML, ML, SC and SM were selected for their evaluation, these being the soils with less favorable results, to then stabilize it with fly ash.

We have that for the types of soils stabilized with fly ash the plasticity index has low values, unlike the C-15 where its value increases; It is also indicated that the results of the proctor modified by incorporating fly ash have low values. In the case of the CBR, the CL-ML soil can be seen that initially it is 3%, adding artisanal ash at 10%, it increased to 6.5%; at 11% artisanal fly ash, an increase to 10.80% and at 12% artisanal ash, an increase to 19.40%; adding industrial ash to 10% increased 5.80%; at 11% industrial ash it increased to 9.90% and at 12% industrial ash it increased to 17.70%. Regarding the ML soil, the initial CBR was 3.90%, adding artisanal ash at 10% increased to 4.60%; at 11% artisanal fly ash, an increase to 10.80% and at 12% artisanal ash, an increase to 14.50%; adding industrial ash to 10% increased 6.90%; at 11% industrial ash it increased to 6.10% and at 12% industrial ash it increased to 10.70%. For the SC soil, an initial CBR of 5.40% was obtained, adding 10% artisanal ash increased to 6.90%;



at 11% artisanal fly ash, an increase to 12.00% and at 12% artisanal ash, an increase to 20.30%; adding 10% industrial ash increased to 8.90%; at 11% industrial ash it increased to 10.20% and at 12% industrial ash it increased to 19.60%. We have that for the SM soil the initial CBR is 6.80%, adding artisanal ash at 10% it increased to 11.10%; at 11% artisanal fly ash, an increase to 15.50% and at 12% artisanal ash, an increase to 22.90%; adding industrial ash to 10% increased 8.00%; at 11% industrial ash it increased to 12.20% and at 12% industrial ash it increased to 19.90%.

It is concluded that by adding artisanal and industrial fly ash in percentages of 10%, 11% and 12%, these have positive results in their physical-mechanical properties. It should be noted that artisanal fly ash has better results in certain percentages, as well as industrial fly ash; as shown in the investigation.

Keywords: fly ash, granulometry, moisture content, consistency limits, modified proctor and CBR.



## Introducción

La estabilización de suelos es una metodología para la mejora de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las distintas estructuras de los pavimentos. Esta investigación busca ampliar la variedad de los elementos estabilizantes del suelo aplicando ceniza volante provenientes de dos distintos hornos ladrilleros, los cuales son horno industrial y artesanal; y así comparar dichos resultados de tal manera que se aminoren los costos y se tenga un mejor rendimiento. La ceniza volante busca estabilizar especialmente suelos finos ya que estos son los que traen consigo mayores problemas al momento de su compactación, especialmente en la rama de carreteras, que tiempo a tiempo tienen que estar siendo tratados.

Además, se busca la estabilización de una vía que muy pronto será importante para la ciudad del Cusco ya que está unirá dicha ciudad con un aeropuerto internacional de Chinchero el cual es un proyecto que ya viene ejecutándose.

Es importante destacar que todos los ensayos fueron realizados siguiendo el manual de ensayo de materiales del MTC, y también se tomaron en consideración las normas internacionales como la ASTM.

La estabilización es una opción adecuada para mejorar la capacidad de soporte y garantizar una mejor calidad de los suelos, especialmente en proyectos de construcción de carreteras. Al utilizar diferentes agentes estabilizadores de manera selectiva, se puede reducir el contenido de humedad de los suelos finos, lo cual es crucial para su posterior procesamiento. En comparación con la sustitución completa del suelo, la estabilización es un proceso económico y sostenible que aprovecha al máximo los recursos existentes, evitando el desperdicio y preservando los recursos naturales y solo se añade algún tipo de ligante, como en este caso vendría a ser la ceniza volante.



## Índice

Dedicatoria .....	I
Agradecimiento .....	II
Resumen .....	III
Abstract .....	V
Introducción .....	VII
Índice de tablas.....	XI
Índice de figuras .....	XXIV
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	1
1.1    Identificación del Problema.....	1
1.1.1    Descripción del problema.....	1
1.1.2    Formulación del Problema. ....	2
1.2    Justificación e Importancia de la Investigación.....	3
1.2.1    Justificación Técnica. ....	3
1.2.2    Justificación Social.....	3
1.2.3    Justificación por Viabilidad. ....	3
1.2.4    Justificación por Relevancia.....	4
1.3    Limitaciones de la Investigación. ....	4
1.3.1    Limitaciones de Territorio.....	4
1.3.2    Limitaciones con Respecto a los Materiales. ....	4
1.3.3    Limitaciones de Recursos.....	4
1.3.4    Limitaciones Normativas. ....	5
1.3.5    Limitaciones Económicas. ....	5
1.4    Objetivo de la Investigación.....	5
1.4.1    Objetivo General. ....	5
1.4.2    Objetivos Específicos.....	5
Capitulo II: Planteamiento del Problema .....	6
2.1    Antecedentes de la Tesis. ....	6
2.1.1    Antecedentes a Nivel local.....	6
2.1.2    Antecedentes a Nivel Nacional. ....	9
2.1.3    Antecedentes a Nivel Internacional.....	12
2.2    Aspectos Teóricos Pertinentes. ....	15



2.2.1 Definición de Suelo.....	15
2.2.2 Suelo en Zona de Estudio.....	25
2.2.3 Sub-Rasante.....	26
2.2.5 Estabilización de Suelos.....	29
2.2.6 Estabilización con Ceniza Volante.....	31
2.2.7 Ceniza Volante.....	31
2.2.8 Zona Ladrillera – Distrito de San Jerónimo.....	34
2.3 Hipótesis.....	38
2.3.1 Hipótesis General.....	38
2.3.2 Sub Hipótesis.....	38
2.4 Definición de Variables.....	39
2.4.1 Variables Independiente.....	39
2.4.3 Variable Intermediaria.....	39
2.4.4 Cuadro de Operacionalización de Variables.....	40
Capítulo III: Metodología.....	41
3.1 Metodología de la Investigación.....	41
3.1.1 Enfoque de la Investigación.....	41
3.1.2 Nivel o Alcance de la Investigación.....	41
3.1.3 Método de investigación.....	41
3.2 Diseño de la Investigación.....	42
3.2.1 Diseño Metodológico.....	42
3.2.2 Diseño de Ingeniería.....	42
3.3 Población y Muestra.....	44
3.3.1 Población.....	44
3.3.2 Muestra.....	44
3.3.3 Criterios de inclusión.....	49
3.4 Instrumentos.....	49
3.4.1 Instrumentos Metodológicos.....	49
3.4.2 Instrumentos de Ingeniería.....	54
3.5 Procedimientos de Recolección de Datos.....	55
3.5.1 Exploración de la Zona de Investigación.....	55
3.5.2 Toma de muestra.....	55
3.5.3 Ensayo Granulometría.....	66
3.5.4 Ensayo Contenido de Humedad.....	70



3.5.5 Ensayo de Límites de Consistencia (Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad).....	71
3.5.6 Clasificación de suelos.....	76
3.5.7 Ensayo Proctor Modificado.....	79
3.5.8 Ensayo CBR.....	84
3.6 Procedimiento de Análisis de Datos.....	89
3.6.1 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Análisis Granulométrico.....	89
3.6.2 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Contenido de Humedad.....	96
3.6.3 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Limite Liquido.....	97
3.6.4 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Limite Plástico.....	125
3.6.5 Análisis de Datos Obtenidos en el Índice de Plasticidad.....	136
3.6.6 Análisis de Datos Obtenidos en la Clasificación de Suelos.....	142
3.6.7 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando Energía Modificada (Proctor Modificado).....	155
3.6.8 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Soporte California (CBR).....	194
Capitulo IV: Resultados.....	332
4.1 Estratigrafía.....	332
4.2 Ensayo Contenido de Humedad.....	333
4.3 Ensayo Limites de Consistencia.....	334
4.4 Clasificación de suelos.....	339
4.5 Ensayo Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando Energía Modificada (Proctor Modificado).....	340
4.6 Ensayo CBR.....	343
4.5 Análisis económico.....	347
Capítulo V: Discusión.....	348
Glosario.....	350
Conclusiones.....	351
Recomendaciones.....	354
Bibliografía.....	355
Anexos.....	357



## Índice de tablas

Tabla 1	Clasificación de Suelos .....	16
Tabla 2	Clasificación de Suelos Según Índice de Plasticidad.....	19
Tabla 3	<i>Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS</i> .....	20
Tabla 4	Categorías de sub rasante .....	25
Tabla 5	Número de calicata para exploración de suelos .....	27
Tabla 6	Característica de horno industrial.....	36
Tabla 7	Cuadro de operacionalización de variables.....	40
Tabla 8	Descripción de calicatas .....	45
Tabla 9	Estratigrafía C-01 .....	46
Tabla 10	Estratigrafía C-03 .....	46
Tabla 11	Estratigrafía C-04 .....	47
Tabla 12	Estratigrafía C-15 .....	47
Tabla 13	Criterios de Evaluación de Muestra .....	48
Tabla 14	Instrumento de recolección de datos para análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de consistencia y clasificación de suelos .....	49
Tabla 15	Instrumento de recolección de datos para ensayo de proctor modificado .....	50
Tabla 16	Instrumento de recolección de datos para ensayo de CBR .....	51
Tabla 17	Instrumento de recolección de datos para la determinación del CBR.....	52
Tabla 18	Coordenadas de ubicación de calicatas .....	57
Tabla 19	Datos obtenidos del ensayo de granulometría.....	69
Tabla 20	Datos obtenidos del ensayo de contenido de humedad.....	71
Tabla 21	Datos obtenidos de los ensayos límites de consistencia.....	73
Tabla 22	Datos obtenidos de los ensayos límites de consistencia (calicata + % ceniza volante artesanal) .....	74
Tabla 23	Datos obtenidos de los ensayos límites de consistencia (calicata + % ceniza volante industrial) .....	75
Tabla 24	Clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	76
Tabla 25	Clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).....	78
Tabla 26	Clasificación de suelos de las calicatas .....	78
Tabla 27	Datos obtenidos del ensayo proctor modificado .....	81



Tabla 28 Datos obtenidos del ensayo proctor modificado (calicata+% ceniza volante artesanal)	82
Tabla 29 Datos obtenidos del ensayo proctor modificado (calicata+% ceniza volante industrial)	83
Tabla 30 Datos obtenidos de los ensayos CBR	86
Tabla 31 Datos obtenidos de los ensayos cbr (calicata+% ceniza volante artesanal)	87
Tabla 32 Datos obtenidos de los ensayos cbr (calicata+%ceniza volante industrial)	88
Tabla 33 Analisis granulometrico C-01	90
Tabla 34 Descripcion de la muestra C-01	90
Tabla 35 Analisis granulometrico C-03	91
Tabla 36 Descripcion de la muestra C-03	92
Tabla 37 Analisis granulometrico C-04	92
Tabla 38 Descripcion de la muestra C-04	93
Tabla 39 Analisis granulometrico C-15	94
Tabla 40 Descripcion de la muestra C-15	95
Tabla 41 Analisis de datos contenido de humedad (%)	96
Tabla 42 Análisis de datos del ensayo limite liquido C-01	97
Tabla 43 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-01+10%ceniza volante artesanal)	98
Tabla 44 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-01+10%ceniza volante industrial)	99
Tabla 45 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-01+11%ceniza volante artesanal)	100
Tabla 46 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-01+11%ceniza volante industrial)	101
Tabla 47 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-01+12%ceniza volante artesanal)	102
Tabla 48 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-01+12%ceniza volante industrial)	103
Tabla 49 Análisis de datos del ensayo limite liquido C-03	104
Tabla 50 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+10%ceniza volante artesanal)	105
Tabla 51 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+10%ceniza volante industrial)	105
Tabla 52 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+11%ceniza volante artesanal)	106
Tabla 53 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+11%ceniza volante industrial)	107
Tabla 54 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+12%ceniza volante artesanal)	108
Tabla 55 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+12%ceniza volante industrial)	109
Tabla 56 Análisis de datos del ensayo limite liquido C-04	110
Tabla 57 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+10%ceniza volante artesanal)	111
Tabla 58 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+10%ceniza volante industrial)	112
Tabla 59 Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+11%ceniza volante artesanal)	113



Tabla 60	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+11% ceniza volante industrial)	114
Tabla 61	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+12% ceniza volante artesanal)	115
Tabla 62	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+12% ceniza volante industrial)	116
Tabla 63	Análisis de datos del ensayo limite liquido C-15.....	117
Tabla 64	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-15+10% ceniza volante artesanal)	118
Tabla 65	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-15+10% ceniza volante industrial)	119
Tabla 66	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-15+11% ceniza volante artesanal)	120
Tabla 67	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-15+11% ceniza volante industrial)	121
Tabla 68	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-15+12% ceniza volante artesanal)	122
Tabla 69	Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-15+12% ceniza volante industrial)	123
Tabla 70	Resumen de análisis de datos del ensayo limite liquido .....	124
Tabla 71	Análisis de datos del ensayo limite plastico C-01.....	125
Tabla 72	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+10% ceniza volante artesanal)	126
Tabla 73	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+10% ceniza volante industrial) .....	126
Tabla 74	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+11% ceniza volante artesanal)	126
Tabla 75	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+11% ceniza volante industrial) .....	127
Tabla 76	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+12% ceniza volante artesanal)	127
Tabla 77	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+12% ceniza volante industrial) .....	127
Tabla 78	Análisis de datos del ensayo limite plastico C-03.....	128
Tabla 79	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+10% ceniza volante artesanal)	128
Tabla 80	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+10% ceniza volante industrial) .....	128
Tabla 81	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+11% ceniza volante artesanal)	129
Tabla 82	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+11% ceniza volante industrial) .....	129
Tabla 83	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+12% ceniza volante artesanal)	129
Tabla 84	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+12% ceniza volante industrial) .....	130
Tabla 85	Análisis de datos del ensayo limite plástico C-04.....	130
Tabla 86	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+10% ceniza volante artesanal)	130



Tabla 87	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+10%ceniza volante industrial)	131
Tabla 88	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+11%ceniza volante artesanal)	131
Tabla 89	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+11%ceniza volante industrial)	131
Tabla 90	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+12%ceniza volante artesanal)	132
Tabla 91	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+12%ceniza volante industrial)	132
Tabla 92	Análisis de datos del ensayo limite plástico C-15.....	132
Tabla 93	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+10%ceniza volante artesanal)	133
Tabla 94	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+10%ceniza volante industrial)	133
Tabla 95	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+11%ceniza volante artesanal)	133
Tabla 96	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+11%ceniza volante industrial)	134
Tabla 97	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+12%ceniza volante artesanal)	134
Tabla 98	Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+12%ceniza volante industrial)	134
Tabla 99	Resumen de análisis de datos del ensayo limite plástico .....	135
Tabla 100	Análisis de datos del índice de plasticidad (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante artesanal) .....	136
Tabla 101	Análisis de datos del índice de plasticidad (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante industrial) .....	136
Tabla 102	Análisis de datos del índice de plasticidad (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante artesanal) .....	137
Tabla 103	Análisis de datos del índice de plasticidad (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante industrial) .....	138
Tabla 104	Análisis de datos del índice de plasticidad (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante artesanal) .....	138
Tabla 105	Análisis de datos del índice de plasticidad (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante industrial) .....	139
Tabla 106	Análisis de datos del índice de plasticidad (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante artesanal) .....	139
Tabla 107	Análisis de datos del índice de plasticidad (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante industrial) .....	140



Tabla 108 Resumen análisis de datos del índice de plasticidad .....	141
Tabla 109 Analisis de datos clasificacion de suelos C-01 .....	142
Tabla 110 Criterios de clasificacion Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos (SUCS) C-01 .....	143
Tabla 111 Criterio de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) C-01 .....	144
Tabla 112 Analisis de datos clasificacion de suelos C-03 .....	145
Tabla 113 Criterios de clasificacion Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos (SUCS) C-03 .....	146
Tabla 114.....	148
Tabla 115 Análisis de datos clasificación de suelos C-04 .....	149
Tabla 116 Criterios de clasificacion Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos (SUCS) .....	150
Tabla 117 Criterio de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).....	151
Tabla 118 Análisis de datos clasificación de suelos C-15 .....	152
Tabla 119 Criterios de clasificacion Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos (SUCS) .....	153
Tabla 120 Criterio de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).....	154
Tabla 121 Analisis de datos de compactacion C-01 .....	155
Tabla 122 Analisis de datos del contenido de humedad C-01 .....	155
Tabla 123 Análisis de datos de compactación (C-01+10%ceniza volante artesanal).....	156
Tabla 124 Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante artesanal) .....	157
Tabla 125 Análisis de datos de compactación (C-01+10%ceniza volante industrial) .....	157
Tabla 126 Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante industrial) .....	158
Tabla 127 Análisis de datos de compactación (C-01+11%ceniza volante artesanal).....	158
Tabla 128 Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante artesanal) .....	159
Tabla 129 Análisis de datos de compactación (C-01+11%ceniza volante industrial) .....	160
Tabla 130 Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante industrial) .....	160



Tabla 131	Análisis de datos de compactación (C-01+12%ceniza volante artesanal).....	161
Tabla 132	Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante artesanal) .....	161
Tabla 133	Análisis de datos de compactación (C-01+12%ceniza volante industrial) .....	162
Tabla 134	Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante industrial) .....	162
Tabla 135	Resumen analisis de datos del ensayo proctor modificado (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante).....	163
Tabla 136	Análisis de datos de compactación C-03 .....	164
Tabla 137	Análisis de datos del contenido de humedad C-03 .....	165
Tabla 138	Análisis de datos de compactación (C-03+10%ceniza volante artesanal).....	165
Tabla 139	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante artesanal) .....	166
Tabla 140	Análisis de datos de compactación (C-03+10%ceniza volante industrial) .....	166
Tabla 141	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante industrial) .....	167
Tabla 142	Análisis de datos de compactación (C-03+11%ceniza volante artesanal).....	168
Tabla 143	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante artesanal) .....	168
Tabla 144	Análisis de datos de compactación (C-03+11%ceniza volante industrial) .....	169
Tabla 145	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante industrial) .....	169
Tabla 146	Análisis de datos de compactación (C-03+12%ceniza volante artesanal).....	170
Tabla 147	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante artesanal) .....	170
Tabla 148	Análisis de datos de compactación (C-03+12%ceniza volante industrial) .....	171
Tabla 149	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante industrial) .....	171
Tabla 150	Resumen análisis de datos del ensayo proctor modificado (C-03 Vs. C-03 + % ceniza volante).....	172
Tabla 151	Análisis de datos de compactación C-04 .....	173
Tabla 152	Analisis de datos del contenido de humedad C-04 .....	174
Tabla 153	Análisis de datos de compactación (C-04+10%ceniza volante artesanal).....	174



Tabla 154	Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante artesanal)	175
Tabla 155	Análisis de datos de compactación (C-04+10%ceniza volante industrial)	176
Tabla 156	Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante industrial)	176
Tabla 157	Análisis de datos de compactación (C-04+11%ceniza volante artesanal)	177
Tabla 158	Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante artesanal)	177
Tabla 159	Análisis de datos de compactación (C-04+11%ceniza volante industrial)	178
Tabla 160	Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante industrial)	178
Tabla 161	Análisis de datos de compactación (C-04+12%ceniza volante artesanal)	179
Tabla 162	Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante artesanal)	179
Tabla 163	Análisis de datos de compactación (C-04+12%ceniza volante industrial)	180
Tabla 164	Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante industrial)	180
Tabla 165	Resumen análisis de datos del ensayo proctor modificado (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante)	181
Tabla 166	Análisis de datos de compactación C-15	182
Tabla 167	Análisis de datos del contenido de humedad C-15	183
Tabla 168	Análisis de datos de compactación (C-15+10%ceniza volante artesanal)	183
Tabla 169	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante artesanal)	184
Tabla 170	Análisis de datos de compactación (C-15+10%ceniza volante industrial)	185
Tabla 171	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante industrial)	185
Tabla 172	Análisis de datos de compactación (C-15+11%ceniza volante artesanal)	186
Tabla 173	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante artesanal)	186
Tabla 174	Análisis de datos de compactación (C-15+11%ceniza volante industrial)	187
Tabla 175	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante industrial)	187
Tabla 176	Análisis de datos de compactación (C-15+12%ceniza volante artesanal)	188



Tabla 177	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante artesanal)	188
Tabla 178	Análisis de datos de compactación (C-15+12%ceniza volante industrial)	189
Tabla 179	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante industrial)	189
Tabla 180	Resumen análisis de datos del ensayo proctor modificado (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante)	190
Tabla 181	Resumen análisis de datos de la densidad máxima seca	191
Tabla 182	Resumen análisis de datos del optimo contenido de humedad	192
Tabla 183	Análisis de datos de compactación C-01	194
Tabla 184	Análisis de datos del contenido de humedad C-01	194
Tabla 185	Análisis de datos de expansión C-01	194
Tabla 186	Análisis de datos aplicación de carga C-01	195
Tabla 187	Análisis de datos del ensayo CBR C-01	198
Tabla 188	Análisis de datos de compactación (C-01+10%ceniza volante artesanal)	198
Tabla 189	Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante artesanal)	198
Tabla 190	Análisis de datos de expansión (C-01+10%ceniza volante artesanal)	198
Tabla 191	Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+10%ceniza volante artesanal)	199
Tabla 192	Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+10%ceniza volante artesanal)	203
Tabla 193	Análisis de datos de compactación (C-01+11%ceniza volante artesanal)	203
Tabla 194	Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante artesanal)	203
Tabla 195	Análisis de datos de expansión (C-01+11%ceniza volante artesanal)	203
Tabla 196	Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+11%ceniza volante artesanal)	204
Tabla 197	Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+11%ceniza volante artesanal)	208
Tabla 198	Análisis de datos de compactación (C-01+12%ceniza volante artesanal)	208
Tabla 199	Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante artesanal)	208
Tabla 200	Análisis de datos de expansión (C-01+12%ceniza volante artesanal)	208
Tabla 201	Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+12%ceniza volante artesanal)	209
Tabla 202	Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+12%ceniza volante artesanal)	213
Tabla 203	Análisis de datos de compactación (C-01+10%ceniza volante industrial)	213



Tabla 204 Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante industrial) ..... 213

Tabla 205 Análisis de datos de expansión (C-01+10%ceniza volante industrial) ..... 213

Tabla 206 Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+10%ceniza volante industrial) . 214

Tabla 207 Analisis de datos del ensayo CBR (C-01+10%ceniza volante industrial) ..... 218

Tabla 208 Análisis de datos de compactación (C-01+11%ceniza volante industrial) ..... 218

Tabla 209 Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante industrial) ..... 218

Tabla 210 Análisis de datos de expansión (C-01+11%ceniza volante industrial) ..... 218

Tabla 211 Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+11%ceniza volante industrial) . 219

Tabla 212 Analisis de datos del ensayo CBR (C-01+11%ceniza volante industrial) ..... 223

Tabla 213 Análisis de datos de compactación (C-01+12%ceniza volante industrial) ..... 223

Tabla 214 Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante industrial) ..... 223

Tabla 215 Análisis de datos de expansión (C-01+12%ceniza volante industrial) ..... 223

Tabla 216 Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+12%ceniza volante industrial) . 224

Tabla 217 Analisis de datos del ensayo CBR (C-01+12%ceniza volante industrial) ..... 228

Tabla 218 Resumen análisis de datos del ensayo CBR (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante). 228

Tabla 219 Análisis de datos de compactación C-03 ..... 229

Tabla 220 Análisis de datos del contenido de humedad C-03 ..... 229

Tabla 221 Análisis de datos de expansión C-03 ..... 230

Tabla 222 Análisis de datos de aplicación de carga C-03 ..... 230

Tabla 223 Analisis de datos del ensayo CBR C-03 ..... 233

Tabla 224 Análisis de datos de compactación (C-03+10%ceniza volante artesanal) ..... 233

Tabla 225 Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante artesanal) ..... 234

Tabla 226 Análisis de datos de expansión (C-03 + 10% ceniza volante artesanal) ..... 234

Tabla 227 Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+10%ceniza volante artesanal) .. 234

Tabla 228 Analisis de datos del ensayo CBR (C-03+10%ceniza volante artesanal) ..... 237

Tabla 229 Análisis de datos de compactación (C-03+11%ceniza volante artesanal) ..... 237

Tabla 230 Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante artesanal) ..... 238

Tabla 231 Análisis de datos de expansión (C-03 + 11% ceniza volante artesanal) ..... 238

Tabla 232 Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+11%ceniza volante artesanal) .. 238



Tabla 233	Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+11% ceniza volante artesanal) .....	241
Tabla 234	Análisis de datos de compactación (C-03+12% ceniza volante artesanal) .....	241
Tabla 235	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+12% ceniza volante artesanal) .....	242
Tabla 236	Análisis de datos de expansión (C-03+12% ceniza volante artesanal) .....	242
Tabla 237	Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+12% ceniza volante artesanal) ..	242
Tabla 238	Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+12% ceniza volante artesanal) .....	245
Tabla 239	Análisis de datos de compactación (C-03+10% ceniza volante industrial) .....	245
Tabla 240	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+10% ceniza volante industrial) .....	246
Tabla 241	Análisis de datos de expansión (C-03+10% ceniza volante industrial) .....	246
Tabla 242	Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+10% ceniza volante industrial) .	246
Tabla 243	Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+10% ceniza volante industrial) .....	250
Tabla 244	Análisis de datos de compactación (C-03+11% ceniza volante industrial) .....	250
Tabla 245	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+11% ceniza volante industrial) .....	250
Tabla 246	Análisis de datos de expansión (C-03+11% ceniza volante industrial) .....	250
Tabla 247	Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+11% ceniza volante industrial) .	251
Tabla 248	Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+11% ceniza volante industrial) .....	254
Tabla 249	Análisis de datos de compactación (C-03+12% ceniza volante industrial) .....	254
Tabla 250	Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+12% ceniza volante industrial) .....	255
Tabla 251	Análisis de datos de expansión (C-03+12% ceniza volante industrial) .....	255
Tabla 252	Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+12% ceniza volante industrial) .	255
Tabla 253	Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+12% ceniza volante industrial) .....	259
Tabla 254	Resumen análisis de datos del ensayo CBR (C-03 Vs. C-03+% ceniza volante) .	259
Tabla 255	Análisis de datos de compactación C-04 .....	260
Tabla 256	Análisis de datos del contenido de humedad C-04 .....	260
Tabla 257	Análisis de datos de expansión C-04 .....	261
Tabla 258	Análisis de datos de aplicación de carga C-04 .....	261
Tabla 259	Análisis de datos del ensayo CBR C-04 .....	264
Tabla 260	Análisis de datos de compactación (C-04+10% ceniza volante artesanal) .....	264
Tabla 261	Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+10% ceniza volante artesanal) .....	265



Tabla 262	Análisis de datos de expansión (C-04+10%ceniza volante artesanal) .....	265
Tabla 263	Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+10%ceniza volante artesanal) ..	265
Tabla 264	Analisis de datos del ensayo CBR (C-04+10%ceniza volante artesanal) .....	269
Tabla 265	Análisis de datos de compactación (C-04+11%ceniza volante artesanal) .....	269
Tabla 266	Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante artesanal) .....	269
Tabla 267	Análisis de datos de expansión (C-04+11%ceniza volante artesanal) .....	269
Tabla 268	Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+11%ceniza volante artesanal) ..	270
Tabla 269	Analisis de datos del ensayo CBR (C-04+11%ceniza volante artesanal) .....	274
Tabla 270	Análisis de datos de compactación (C-04+12%ceniza volante artesanal) .....	274
Tabla 271	Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante artesanal) .....	274
Tabla 272	Análisis de datos de expansión (C-04+12%ceniza volante artesanal) .....	274
Tabla 273	Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+12%ceniza volante artesanal) ..	275
Tabla 274	Analisis de datos del ensayo CBR (C-04+12%ceniza volante artesanal) .....	279
Tabla 275	Análisis de datos de compactación (C-04+10%ceniza volante industrial) .....	279
Tabla 276	Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante industrial) .....	279
Tabla 277	Análisis de datos de expansión (C-04+10%ceniza volante industrial) .....	279
Tabla 278	Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+10%ceniza volante industrial) .	280
Tabla 279	Analisis de datos del ensayo CBR (C-04+10%ceniza volante industrial) .....	284
Tabla 280	Análisis de datos de compactación (C-04+11%ceniza volante industrial) .....	284
Tabla 281	Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante industrial) .....	284
Tabla 282	Análisis de datos de expansión (C-04+11%ceniza volante industrial) .....	284
Tabla 283	Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+11%ceniza volante industrial) .	285
Tabla 284	Analisis de datos del ensayo CBR (C-04+11%ceniza volante industrial) .....	289
Tabla 285	Análisis de datos de compactación (C-04+12%ceniza volante industrial) .....	289
Tabla 286	Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante industrial) .....	289
Tabla 287	Análisis de datos de expansión (C-04+12%ceniza volante industrial) .....	289
Tabla 288	Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+12%ceniza volante industrial) .	290
Tabla 289	Analisis de datos del ensayo CBR (C-04+12%ceniza volante industrial) .....	294
Tabla 290	Resumen análisis de datos del ensayo CBR (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante) .	294



Tabla 291	Análisis de datos de compactación C-15 .....	295
Tabla 292	Análisis de datos del contenido de humedad C-15 .....	295
Tabla 293	Análisis de datos de expansión C-15 .....	296
Tabla 294	Análisis de datos de aplicación de carga C-15.....	296
Tabla 295	Analisis de datos del ensayo CBR (C-15).....	299
Tabla 296	Análisis de datos de compactación (C-15+10%ceniza volante artesanal) .....	299
Tabla 297	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante artesanal) .....	300
Tabla 298	Análisis de datos de expansión (C-15+10%ceniza volante artesanal) .....	300
Tabla 299	Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+10%ceniza volante artesanal) ..	300
Tabla 300	Analisis de datos del ensayo CBR (C-15+10%ceniza volante artesanal) .....	304
Tabla 301	Análisis de datos de compactación (C-15+11%ceniza volante artesanal) .....	304
Tabla 302	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante artesanal) .....	304
Tabla 303	Análisis de datos de expansión (C-15+11%ceniza volante artesanal) .....	304
Tabla 304	Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+11%ceniza volante artesanal) ..	305
Tabla 305	Analisis de datos del ensayo CBR (C-15+11%ceniza volante artesanal) .....	309
Tabla 306	Análisis de datos de compactación (C-15+12%ceniza volante artesanal) .....	309
Tabla 307	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante artesanal) .....	309
Tabla 308	Análisis de datos de expansión (C-15+12%ceniza volante artesanal) .....	309
Tabla 309	Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+12%ceniza volante artesanal) ..	310
Tabla 310	Analisis de datos del ensayo CBR (C-15+12%ceniza volante artesanal) .....	314
Tabla 311	Análisis de datos de compactación (C-15+10%ceniza volante industrial) .....	314
Tabla 312	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante industrial) .....	314
Tabla 313	Análisis de datos de expansión (C-15+10%ceniza volante industrial) .....	314
Tabla 314	Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+10%ceniza volante industrial) .	315
Tabla 315	Analisis de datos del ensayo CBR (C-15+10%ceniza volante industrial) .....	319
Tabla 316	Análisis de datos de compactación (C-15+11%ceniza volante industrial) .....	319
Tabla 317	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante industrial) .....	319
Tabla 318	Análisis de datos de expansión (C-15+11%ceniza volante industrial) .....	319
Tabla 319	Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+11%ceniza volante industrial) .	320



Tabla 320	Análisis de datos del ensayo CBR (C-15+11% ceniza volante industrial) .....	324
Tabla 321	Análisis de datos de compactación (C-15+12% ceniza volante industrial) .....	324
Tabla 322	Análisis de datos del contenido de humedad (C-15 + 12% ceniza volante industrial) .....	325
Tabla 323	Análisis de datos de expansión (C-15+12% ceniza volante industrial) .....	325
Tabla 324	Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+12% ceniza volante industrial) .	325
Tabla 325	Análisis de datos del ensayo CBR (C-15+12% ceniza volante industrial) .....	329
Tabla 326	Resumen análisis de datos del ensayo CBR (C-15 Vs. C-15+% ceniza volante) .	329
Tabla 327	Resumen análisis de datos % C.B.R al 95 % - 0.1 " .....	330
Tabla 328	Resumen análisis de datos % C.B.R al 100 % - 0.1 " .....	331
Tabla 329	Resultado del ensayo contenido de humedad.....	333
Tabla 330	Resultado del ensayo contenido de humedad de calicatas a estabilizar.....	333
Tabla 331	Resultados de límites consistencia de las 20 calicatas .....	334
Tabla 332	Resultado del ensayo límite líquido de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial.....	334
Tabla 333	Resultado del ensayo límite plástico de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial.....	336
Tabla 334	Resultado del índice de plasticidad de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial.....	337
Tabla 335	Resultado de la clasificación de suelos de las 20 calicatas .....	339
Tabla 336	Resultados del ensayo proctor modificado de las 20 calicatas .....	340
Tabla 337	Resultado de la densidad máxima seca en el ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial .....	340
Tabla 338	Resultado del óptimo contenido de humedad en el ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial.....	342
Tabla 339	Resultados de CBR de las 20 calicatas .....	343
Tabla 340	Resultado del % C.B.R al 95 % - 0.1 " con ceniza volante artesanal e industrial .....	344
Tabla 341	Resultado del % C.B.R al 100 % - 0.1 " con ceniza volante artesanal e industrial .....	345
Tabla 342	Análisis económico estabilización de suelo .....	347
Tabla 343	Análisis económico estabilización de suelo con ceniza volante; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 344	Matriz de consistencia.....	357



## Índice de figuras

Figura 1	Desestabilización de suelo en la carretera estudiada. ....	1
Figura 2	Limites de Atterberg .....	18
Figura 3	Definicion de Limites .....	18
Figura 4	Clasificacion de suelos - AASHTO .....	21
Figura 5	Grafico de plasticidad .....	23
Figura 7	Procedimiento para realizar la estabilización de suelo .....	42
Figura 8	Exploracion de la zona de investigacion.....	55
Figura 9	Muestra de calicata 01 .....	56
Figura 10	Muestra de calicata 03 .....	56
Figura 11	Muestra de calicata 04 .....	57
Figura 12	Muestra de calicata 15 .....	57
Figura 13	Ubicacion de calicatas en la carretera.....	64
Figura 14	Horno artesanal .....	65
Figura 15	Horno industrial .....	66
Figura 16	Visita a ladrillera industrial.....	66
Figura 17	Tamizado de las muestras .....	67
Figura 18	Distribucion de la muestra tamizada.....	67
Figura 19	Muestras introducidas al horno.....	70
Figura 20	Muestras sacadas del horno .....	70
Figura 21	Limite liquido .....	72
Figura 22	Limite plastico .....	73
Figura 23	Carta de plasticidad de Casagrande para suelos finos .....	77
Figura 24	Secado del material.....	80
Figura 25	Compactacion de los moldes .....	80
Figura 26	Muestra de los moldes .....	81
Figura 27	Tamizado de la ceniza.....	85
Figura 28	Peso de moldes.....	85
Figura 29	Prueba de penetracion.....	86
Figura 30	Curva granulométrica C-01 .....	90
Figura 31	Curva granulométrica C-03 .....	92



Figura 32	Curva granulométrica C-04 .....	93
Figura 33	Curva granulométrica C-15 .....	95
Figura 34	Análisis de datos contenido de humedad (%) .....	96
Figura 35	Gráfico de límite líquido C-01 .....	98
Figura 36	Gráfico del límite líquido (C-01+10% ceniza volante artesanal) .....	98
Figura 37	Gráfico del límite líquido (C-01+10% ceniza volante industrial) .....	99
Figura 38	Gráfico del límite líquido (C-01+11% ceniza volante artesanal) .....	100
Figura 39	Gráfico del límite líquido (C-01+11% ceniza volante industrial) .....	101
Figura 40	Gráfico del límite líquido (C-01+12% ceniza volante artesanal) .....	102
Figura 41	Gráfico del límite líquido (C-01+12% ceniza volante industrial) .....	103
Figura 42	Gráfico de límite líquido C-03 .....	104
Figura 43	Gráfico del límite líquido (C-03+10% ceniza volante artesanal) .....	105
Figura 44	Gráfico del límite líquido (C-03+10% ceniza volante industrial) .....	106
Figura 45	Gráfico del límite líquido (C-03+11% ceniza volante artesanal) .....	106
Figura 46	Gráfico del límite líquido (C-03+11% ceniza volante industrial) .....	107
Figura 47	Gráfico del límite líquido (C-03+12% ceniza volante artesanal) .....	108
Figura 48	Gráfico del límite líquido (C-03+12% ceniza volante industrial) .....	109
Figura 49	Gráfico del límite líquido C-04 .....	110
Figura 50	Gráfico del límite líquido (C-04+10% ceniza volante artesanal) .....	111
Figura 51	Gráfico del límite líquido (C-04+10% ceniza volante industrial) .....	112
Figura 52	Gráfico del límite líquido (C-04+11% ceniza volante artesanal) .....	113
Figura 53	Gráfico del límite líquido (C-04+11% ceniza volante industrial) .....	114
Figura 54	Gráfico del límite líquido (C-04+12% ceniza volante artesanal) .....	115
Figura 55	Gráfico del límite líquido (C-04+12% ceniza volante industrial) .....	116
Figura 56	Gráfico de límite líquido C-15 .....	117
Figura 57	Gráfico del límite líquido (C-15+10% ceniza volante artesanal) .....	118
Figura 58	Gráfico del límite líquido (C-15+10% ceniza volante industrial) .....	119
Figura 59	Gráfico del límite líquido (C-15+11% ceniza volante artesanal) .....	120
Figura 60	Gráfico del límite líquido (C-15+11% ceniza volante industrial) .....	121
Figura 61	Gráfico del límite líquido (C-15+12% ceniza volante artesanal) .....	122
Figura 62	Gráfico del límite líquido (C-15+12% ceniza volante industrial) .....	123
Figura 63	Gráfico de análisis de datos del ensayo límite líquido .....	124
Figura 64	Gráfico de análisis de datos del ensayo límite plástico .....	135



Figura 65 Gráfico de análisis de datos del índice de plasticidad (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante).....	137
Figura 66 Gráfico de análisis de datos del índice de plasticidad (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante).....	138
Figura 67 Gráfico de Análisis de Datos del Índice de Plasticidad (C-04 Vs. C-04+%Ceniza Volantel).....	139
Figura 68 Gráfico de análisis de datos del índice de plasticidad (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante).....	140
Figura 69 Grafico Análisis de Datos del Índice de Plasticidad.....	141
Figura 70 Criterio de clasificación de suelos según la Carta de Plasticidad de Casagrande para suelos finos C-01.....	144
Figura 71 Criterio de clasificación de suelos según la Carta de Plasticidad de Casagrande para suelos finos C-03.....	147
Figura 72 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01)....	156
Figura 73 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante artesanal).....	157
Figura 74 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante industrial).....	158
Figura 75 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante artesanal).....	159
Figura 76 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante industrial).....	160
Figura 77 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante artesanal).....	161
Figura 78 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante industrial).....	163
Figura 79 Grafico del ensayo proctor modificado (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante).....	164
Figura 80 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03)....	165
Figura 81 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante artesanal).....	166
Figura 82 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante industrial).....	167
Figura 83 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante artesanal).....	168



Figura 84 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante industrial).....	169
Figura 85 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante artesanal).....	171
Figura 86 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante industrial).....	172
Figura 87 Grafico del ensayo proctor modificado (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante).....	173
Figura 88 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04)....	174
Figura 89 Grafico de máxima densidad Seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante artesanal).....	175
Figura 90 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante industrial).....	176
Figura 91 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante artesanal).....	177
Figura 92 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante industrial).....	179
Figura 93 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante artesanal).....	180
Figura 94 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante industrial).....	181
Figura 95 Grafico del ensayo proctor modificado (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante).....	182
Figura 96 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15)....	183
Figura 97 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante artesanal).....	184
Figura 98 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante industrial).....	185
Figura 99 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante artesanal).....	186
Figura 100 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante industrial).....	188
Figura 101 Grafico de máxima densidad seca vs optimo contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante artesanal).....	189
Figura 102 Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante industrial).....	190



Figura 103 Grafico del ensayo proctor modificado (C-15 Vs. C-15+% ceniza volante).....	191
Figura 104 Grafico de densidad maxima seca del ensayo proctor modificado.....	192
Figura 105 Grafico de optimo contenido de humedad del ensayo proctor modificado .....	193
Figura 106 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01).....	195
Figura 107 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01).....	196
Figura 108 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01).....	196
Figura 109 Grafico del ensayo CBR (C-01).....	197
Figura 110 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+10% ceniza volante artesanal).....	199
Figura 111 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 Golpes (C-01+10% ceniza volante artesanal).....	200
Figura 112 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+10% ceniza volante artesanal).....	201
Figura 113 Grafico del ensayo CBR (C-01+10% ceniza volante artesanal).....	202
Figura 114 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+11% ceniza volante artesanal).....	204
Figura 115 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 Golpes (C-01+11% ceniza volante artesanal).....	205
Figura 116 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+11% ceniza volante artesanal).....	206
Figura 117 Grafico del ensayo CBR (C-01+11% ceniza volante artesanal).....	207
Figura 118 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+12% ceniza volante artesanal).....	209
Figura 119 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01+12% ceniza volante artesanal).....	210
Figura 120 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+12% ceniza volante artesanal).....	211
Figura 121 Grafico del ensayo CBR (C-01+12% ceniza volante artesanal).....	212
Figura 122 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+10% ceniza volante industrial).....	214
Figura 123 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01+10% ceniza volante industrial).....	215
Figura 124 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+10% ceniza volante industrial).....	216



Figura 125 Grafico del ensayo CBR (C-01+10%ceniza volante industrial).....	217
Figura 126 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+11%ceniza volante industrial).....	219
Figura 127 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01+11%ceniza volante industrial).....	220
Figura 128 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+11%ceniza volante industrial).....	221
Figura 129 Grafico del ensayo CBR (C-01+11%ceniza volante industrial).....	222
Figura 130 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+12%ceniza volante industrial).....	224
Figura 131 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01+12%ceniza volante industrial).....	225
Figura 132 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+12%ceniza volante industrial).....	226
Figura 133 Grafico del ensayo CBR (C-01+12%ceniza volante industrial).....	227
Figura 134 Grafico del ensayo CBR (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante).....	228
Figura 135 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03).....	230
Figura 136 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03).....	231
Figura 137 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03).....	232
Figura 138 Grafico del ensayo CBR (C-03).....	232
Figura 139 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+10%ceniza volante artesanal).....	235
Figura 140 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+10%ceniza volante artesanal).....	235
Figura 141 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+10%ceniza volante artesanal).....	236
Figura 142 Grafico del ensayo CBR (C-03+10%ceniza volante artesanal).....	237
Figura 143 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+11%ceniza volante artesanal).....	239
Figura 144 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+11%ceniza volante artesanal).....	239
Figura 145 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+11%ceniza volante artesanal).....	240
Figura 146 Grafico del ensayo CBR (C-03+11%ceniza volante artesanal).....	241



Figura 147 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+12%ceniza volante artesanal).....	243
Figura 148 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+12%ceniza volante artesanal).....	243
Figura 149 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+12%ceniza volante artesanal).....	244
Figura 150 Grafico del ensayo CBR (C-03+12%ceniza volante artesanal).....	245
Figura 151 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+10%ceniza volante industrial).....	247
Figura 152 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+10%ceniza volante industrial).....	247
Figura 153 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+10%ceniza volante industrial).....	248
Figura 154 Grafico del ensayo CBR (C-03+10%ceniza volante industrial).....	249
Figura 155 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+11%ceniza volante industrial).....	251
Figura 156 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+11%ceniza volante industrial).....	252
Figura 157 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+11%ceniza volante industrial).....	253
Figura 158 Grafico del ensayo CBR (C-03+11%ceniza volante industrial).....	254
Figura 159 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+12%ceniza volante industrial).....	256
Figura 160 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+12%ceniza volante industrial).....	256
Figura 161 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+12%ceniza volante industrial).....	257
Figura 162 Grafico del ensayo CBR (C-03+12%ceniza volante industrial).....	258
Figura 163 Grafico del ensayo CBR (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante).....	259
Figura 164 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04).....	261
Figura 165 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04).....	262
Figura 166 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04).....	263
Figura 167 Grafico del ensayo CBR (C-04).....	263



Figura 168 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+10%ceniza volante artesanal).....	266
Figura 169 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+10%ceniza volante artesanal).....	266
Figura 170 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+10%ceniza volante artesanal).....	267
Figura 171 Grafico del ensayo CBR (C-04+10%ceniza volante artesanal).....	268
Figura 172 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+11%ceniza volante artesanal).....	270
Figura 173 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+11%ceniza volante artesanal).....	271
Figura 174 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+11%ceniza volante artesanal).....	272
Figura 175 Grafico del ensayo CBR (C-04+11%ceniza volante artesanal).....	273
Figura 176 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+12%ceniza volante artesanal).....	275
Figura 177 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+12%ceniza volante artesanal).....	276
Figura 178 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 Golpes (C-04+12%ceniza volante artesanal).....	277
Figura 179 Grafico del ensayo CBR (C-04+12%ceniza volante artesanal).....	278
Figura 180 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+10%ceniza volante industrial).....	280
Figura 181 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+10%ceniza volante industrial).....	281
Figura 182 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+10%ceniza volante industrial).....	282
Figura 183 Grafico del ensayo CBR (C-04+10%ceniza volante industrial).....	283
Figura 184 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+11%ceniza volante industrial).....	285
Figura 185 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+11%ceniza volante industrial).....	286
Figura 186 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+11%ceniza volante industrial).....	287



Figura 187 Grafico del ensayo CBR (C-04+11%ceniza volante industrial).....	288
Figura 188 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+12%ceniza volante industrial).....	290
Figura 189 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+12%ceniza volante industrial).....	291
Figura 190 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+12%ceniza volante industrial).....	292
Figura 191 Grafico del ensayo CBR (C-04+12%ceniza volante industrial).....	293
Figura 192 Grafico del ensayo CBR (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante).....	294
Figura 193 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15).....	296
Figura 194 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15).....	297
Figura 195 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15).....	298
Figura 196 Grafico del ensayo CBR (C-15).....	298
Figura 197 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+10%ceniza volante artesanal).....	301
Figura 198 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+10%ceniza volante artesanal).....	301
Figura 199 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+10%ceniza volante artesanal).....	302
Figura 200 Grafico del ensayo CBR (C-15+10%ceniza volante artesanal).....	303
Figura 201 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+11%ceniza volante artesanal).....	305
Figura 202 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+11%ceniza volante artesanal).....	306
Figura 203 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+11%ceniza volante artesanal).....	307
Figura 204 Grafico del ensayo CBR (C-15+11%ceniza volante artesanal).....	308
Figura 205 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+12%ceniza volante artesanal).....	310
Figura 206 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+12%ceniza volante artesanal).....	311
Figura 207 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+12%ceniza volante artesanal).....	312
Figura 208 Grafico del ensayo CBR (C-15+12%ceniza volante artesanal).....	313



Figura 209 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+10%ceniza volante industrial).....	315
Figura 210 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+10%ceniza volante industrial).....	316
Figura 211 grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+10%ceniza volante industrial).....	317
Figura 212 Grafico del ensayo CBR (C-15+10%ceniza volante industrial).....	318
Figura 213 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+11%ceniza volante industrial).....	320
Figura 214 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+11%ceniza volante industrial).....	321
Figura 215 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+11%ceniza volante industrial).....	322
Figura 216 Grafico del ensayo CBR (C-15+11%ceniza volante industrial).....	323
Figura 217 Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+12%ceniza volante industrial).....	326
Figura 218 Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+12%ceniza volante industrial).....	326
Figura 219 Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+12%ceniza volante industrial).....	327
Figura 220 Grafico del ensayo CBR (C-15+12%ceniza volante industrial).....	328
Figura 221 Grafico del ensayo CBR (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante).....	329
Figura 222 Grafico del ensayo CBR de % C.B.R al 95 % - 0.1 " .....	330
Figura 223 Grafico del ensayo CBR de % C.B.R al 100 % - 0.1 " .....	331
Figura 224 Grafico de resultados del ensayo limite liquido de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial .....	335
Figura 225 Grafico de los Resultados del Ensayo Limite Plastico de Suelos Estabilizados con Ceniza Volante Artesanal e Industrial.....	336
Figura 226 Grafico de los resultados del indice de plasticidad de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial.....	338
Figura 227 Grafico de los resultados de la densidad maxima seca en el ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial.....	341
Figura 228 Grafico de los resultado del optimo contenido de humedad en el ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial.....	342



Figura 229 Grafico de los resultados del % C.B.R al 95 % - 0.1 " con ceniza volante artesanal e industrial .....	344
Figura 230 Grafico de los resultados del % C.B.R al 100 % - 0.1 " con ceniza volante artesanal e industrial .....	346
Figura 231 Panel fotografico .....	360

## Capítulo I: Planteamiento del Problema

### 1.1 Identificación del Problema.

#### 1.1.1 Descripción del problema.

Nuestro proyecto de tesis se desarrolla en la carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, Distritos De Cusco, Poroy, Cachimayo Y Chinchero, Provincias De Cusco, Anta Y Urubamba, Departamentos Del Cusco.

La actual pista que comunica el centro poblado de Chincheros con la ciudad del Cusco, no abastece la demanda vehicular de esta ruta, además actualmente en la población de Chincheros se va desarrollando la construcción del aeropuerto internacional del departamento de Cusco por lo que esta demanda irá aumentando progresivamente. En la actualidad se viene tomando en referencia una carretera afirmada ya existente que es alternativa y de tercera orden que recorre los sectores de Sencca, Quispihuara, Allpachaca y culmina en Chincheros, esta carretera sin pavimentar ya existente soluciona dicho problema.

En el trayecto de la carretera se podrá encontrar generalmente suelo arcilloso y limoso; y esto se puede constatar De acuerdo con el Centro Guaman Poma De Ayala, se indica que en esta ubicación se caracteriza por la presencia de suelos con alto índice de plasticidad y baja capacidad de soporte, estas características son predominantes en este tipo de suelo, según el mencionado centro de investigación. (Carlotto Caillaux, Cardenas Roque, & Cardier, 2011)

En el reconocimiento de la carretera, se pudo apreciar deterioro de la carretera, así también, inestabilidad. En este sentido nuestro proyecto busca la estabilización de dicha ruta para su mejor transitabilidad y mayor fluidez; esta mejora traerá mayor afluencia vehicular y por ende contribuirá en el desarrollo social y económico de las poblaciones aledañas.

#### **Figura 1**

*Desestabilización de suelo en la carretera estudiada.*





Fuente: Elaboración propia.

## **1.1.2 Formulación del Problema.**

### ***1.1.2.1 Formulación del Problema General.***

¿Cómo variará las propiedades físico-mecánicas de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante?

### ***1.1.2.1 Problemas Específicos.***

#### **Problema específico N°1**

¿Cómo varía el índice de plasticidad para la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante?

#### **Problema específico N°2**

¿Cuánto varía la densidad máxima seca (DMS) para la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante?

#### **Problema específico N°3**

¿En qué medida varía la magnitud de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante?

#### **Problema específico N°4**

¿Cuál de las cenizas volante utilizadas en la muestra de suelo en porcentajes variados como estabilizante, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; será económicamente más conveniente?



## **1.2 Justificación e Importancia de la Investigación.**

### **1.2.1 Justificación Técnica.**

En la actualidad este tipo de suelo presenta limitaciones significativas en términos de capacidad de soporte (CBR) y no es adecuado para pavimentación directa; por lo que es necesario realizar un mejoramiento con estabilizante de suelos por lo que se propuso utilizar la ceniza volante. Por lo tanto, el uso de ceniza volante podría ser una solución más viable y rentable. Es importante destacar que en la región del Cusco no se han realizado investigaciones exhaustivas sobre el uso de este aditivo para mejorar los suelos. Sin embargo, la disponibilidad de este material como estabilizante en fábricas grandes facilita sus accesos, así como sacarlo de la ladrillera artesanal e industriales de San Jerónimo la cual bota a grandes cantidades diariamente dicha ceniza, estos productos varían relativamente en su calidad, pero ambos serán estudiados en este proyecto para verificar sus resultados.

### **1.2.2 Justificación Social.**

Desde una perspectiva social el estudio cobra relevancia, ya que, mejorara la comunicación de la ciudad del Cusco con la población de Chincheros y a su vez con la futura edificación del aeropuerto internacional, además contribuirá en el desarrollo e inclusión social de los distintos centros poblados que atraviesa esta carretera y a su vez mejorara la economía de dichos centros poblados.

Por otro lado, en la región del Cusco, se evidencia la falta de suelos que cumplan con los parámetros requeridos de la normativa actual para su intervención o transitabilidad. Ante esta situación, la solución propuesta es mejorar los suelos existentes utilizando ceniza volante, ya que resulta más económico en comparación con la opción de traer material de canteras para cumplir con las características requeridas en ingeniería.

Este proyecto además de contribuir con la comunicación de diferentes poblaciones, también apoya a la disminución de residuos (ceniza) de la zona ladrillera de San Jerónimo, y por último el impacto ambiental provocado en la zona de estabilización, no es tan radical ya que no afecta en demasía a su flora y fauna.

### **1.2.3 Justificación por Viabilidad.**

Con respecto a su viabilidad, la disposición en la ubicación de la carretera a estabilizar de los cuales proceden las muestras de suelo usado en la tesis es fácilmente accesibles, además el estudio es viable por la facilidad de ensayos efectuados con equipos de laboratorio debidamente calibrados, y su empleo otorgara resultados comprobables.



Además, el material usado como aditivo estabilizante es fácilmente adquirible, económico y manipulable la cual nos facilita dichas pruebas de laboratorio.

#### **1.2.4 Justificación por Relevancia.**

El estudio se aboca a proponer y dar a conocer un aditivo para la estabilización de suelos finos para subrasante en carreteras y aportar nuevas propiedades a esta, además que aminora los costos de construcción.

El objetivo de esta investigación es proporcionar una alternativa económica y de fácil acceso para la estabilización del suelo. Además, se pretende evitar el desperdicio de suelos finos perjudiciales durante la construcción de carreteras, y en su lugar, se propone mezclarlos y reutilizarlos junto con el estabilizante de ceniza volante.

### **1.3 Limitaciones de la Investigación.**

#### **1.3.1 Limitaciones de Territorio.**

Se limita la investigación que se encuentra en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; debido a que el suelo presente en el área de estudio es un suelo inestable y crítico, encontrándose suelo con alta plasticidad y erosión.

El estudio fue realizado en todo el tramo considerando una calicata por Km, exceptuando la C-02 y C-03, las cuales se tomó cada medio Km por su estratigrafía y estado crítico. La longitud de la carretera consta de 18 km como se indica en la pág. 45 y viene siendo una carretera de bajo volumen de tránsito con un IMDA < 200 Veh, esto se debe al estado actual de la carretera.

#### **1.3.2 Limitaciones con Respecto a los Materiales.**

Para el desarrollo del trabajo de investigación, utilizamos:

- Ceniza volante de horno ladrillero artesanal.
- Ceniza volante de horno ladrillero industrial.
- Muestras de suelos provenientes de la carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, departamento de Cusco.

#### **1.3.3 Limitaciones de Recursos.**

Como recursos, tenemos, la disponibilidad de laboratorios y aparatos para realizar la presente investigación; realizados en la Universidad Andina del Cusco.

Los ensayos realizados fueron:

- Granulometría.



- Contenido de humedad.
- Clasificación de suelos.
- Ensayo de Límites de Consistencia.
- Ensayo de Proctor Modificado.
- Ensayo de CBR.

#### **1.3.4 Limitaciones Normativas.**

Esta investigación se desarrolló con la ayuda del manual de carreteras (MTC), el cual toma como referencia la normativa de las instituciones de; normas internacionales, AASHTO, etc. En la actualidad no hay norma para el empleo de ceniza en la estabilización por ende se tomó como referencias tesis antecesoras.

#### **1.3.5 Limitaciones Económicas.**

La financiación para la presente investigación fue parte de los tesisistas, utilizando recursos propios.

### **1.4 Objetivo de la Investigación.**

#### **1.4.1 Objetivo General.**

Determinar cuánto será la variación que exista en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporarle ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

##### **Objetivo específico N°1**

Determinar la variación en el índice de plasticidad de la subrasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporarle ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.

##### **Objetivo específico N°2**

Determinar cuánto será la variación que exista en la densidad máxima seca (DMS) de la subrasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporarle



ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.

### **Objetivo específico N°3**

Determinar en qué medida será la variación que exista en la magnitud de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporarle ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.

### **Objetivo específico N°4**

Determinar cuan económicamente conveniente es la aplicación a la subrasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporarle ceniza de volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.

## **Capítulo II: Planteamiento del Problema**

### **2.1 Antecedentes de la Tesis.**

#### **2.1.1 Antecedentes a Nivel local.**

“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA APV. PICOL ORCOMPUGIO MEDIANTE LA ADICIÓN DE CAL AL 10% Y PUZOLANA VOLCÁNICA DE LA CANTERA DE RAQCHI AL 15, 25 Y 30% PARA SUBRASANTE DE VÍAS PAVIMENTADAS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.”

- Autores: Bach. Jherson Mamani Garcia y Bach. Mario Brennan Indrex Ramirez Rondan.
- Institución: Universidad Andina del Cusco. (Cusco – Perú – 2020)

#### **RESUMEN:**

Según (Mamani Garcia & Ramirez Rondan, 2020), este estudio de investigación se centra en analizar y evaluar la estabilización de suelos arcillosos en la APV. Pícol Orcompugio mediante la incorporación de cal en un 10% y puzolana volcánica extraída de la cantera de Raqchi en



porcentajes del 15%, 25% y 30%. El objetivo principal es determinar cómo se modifican las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo arcilloso al aplicar la estabilización química mediante la adición de cal en un 10% y puzolana volcánica en porcentajes del 15%, 25% y 30%. El propósito es mejorar la calidad de la subrasante en las vías pavimentadas de la APV. Pícol Orcompugio, siguiendo las directrices establecidas en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. A través de este estudio, se busca obtener información precisa sobre el impacto de la estabilización química en la subrasante de las vías pavimentadas, con el objetivo de optimizar su rendimiento y durabilidad en la APV.

Durante el proceso de estabilización del suelo utilizando diferentes combinaciones de cal al 10% y puzolana volcánica en porcentajes del 15%, 25% y 30%, se pudo observar un aumento en el valor del CBR, lo que resultó en un material con un CBR superior al 95%, superando el umbral mínimo del 6% requerido. Sin embargo, solo las combinaciones de suelo estabilizado con cal al 10% y puzolana volcánica al 25% y 30% mostraron resultados adecuados para su uso en la subrasante, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Además, al emplear la combinación de cal al 10% y puzolana volcánica en porcentajes del 15%, 25% y 30%, se observó un aumento en la densidad máxima seca del suelo arcilloso. En el caso de la estabilización inicial con puzolana volcánica al 15%, se registró un incremento del 6.67% en la densidad máxima seca. Al utilizar puzolana volcánica al 25%, el incremento fue del 8.48%, y al emplear puzolana volcánica al 30%, el incremento alcanzó el 10.3%.

Además de los cambios en el CBR y la densidad máxima seca, los resultados revelaron una disminución en los valores del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad al utilizar la combinación de cal al 10% y puzolana volcánica en porcentajes del 15%, 25% y 30%. Esto sugiere que el estabilizante químico, al reaccionar con el suelo arcilloso, genera un aumento en la alcalinidad del material. (p.11)

#### CONCLUSIONES:

Esta tesis llegó a la conclusión según (Mamani García & Ramírez Rondán, 2020).

Se ha confirmado a través de los resultados obtenidos que el uso de cal al 10% y puzolana volcánica en porcentajes del 15%, 25% y 30% como estabilizadores mejora de manera significativa las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo arcilloso utilizado en la subrasante de vías pavimentadas en la APV. Pícol Orcompugio". En términos físicos, se logró



reducir los porcentajes de límite líquido y límite plástico del suelo, lo que indica una mayor estabilidad y menor plasticidad. Desde el punto de vista mecánico, se observó un aumento en la densidad máxima seca, el módulo de resiliencia y el porcentaje de CBR del suelo, lo que indica una mayor resistencia y capacidad de soporte. Químicamente, se logró incrementar el pH del suelo, lo que contribuye a su estabilidad y mejora en las propiedades de ingeniería.

En resumen, las combinaciones utilizadas de cal al 10% junto con puzolana en porcentajes del 15%, 25% y 30% demostraron mejorar todas las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo arcilloso en la APV. Pícol Orcompugio, lo cual confirma la efectividad de este enfoque de estabilización para mejorar las características del suelo en la subrasante de vías pavimentadas. (p.12)

Relación: en este tema de investigación se usa como estabilizante la cal y puzolana volcánica, haciendo una investigación se llegó a la conclusión que la puzolana volcánica tiene casi el mismo comportamiento estabilizante que la ceniza volante; por ello, se tomó como antecedente esta tesis.

“EVALUACIÓN DE LA CENIZA DE FONDO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO – CUSCO.”

- Autores: Bach. Hugo Orlando Aguilar Paravicino y Bach. Juan Carlos Bravo Gutiérrez.
- Institución: Universidad Andina del Cusco (Cusco – Perú – 2020).

Según (Aguilar Paravicino & Bravo Gutierrez, 2020); en el desarrollo de este estudio se realizaron diferentes ensayos de laboratorio, como los límites de Atterberg, el Proctor Modificado y el CBR (Índice de Soporte California), utilizando cenizas de fondo provenientes de un horno ladrillero en porcentajes del 30%, 40% y 50%. Estos ensayos se llevaron a cabo siguiendo las normas MTC E-110, MTC E-111, MTC E-115 y MTC E-132. Al comparar los resultados obtenidos de estos ensayos de laboratorio, se observaron cambios notables y favorables en las muestras de suelo estabilizadas.

En el caso de la primera calicata, al estabilizar el suelo arcilloso con un 30% de ceniza de fondo, se logró un valor de CBR (Índice de Soporte California) de 43,31%. De manera similar, al utilizar un 40% de ceniza de fondo, se obtuvo un CBR de 45,80%. Para la adición de un 50% de ceniza de fondo, se alcanzó un CBR de 49,12%. En el caso de la segunda calicata, al



estabilizar el suelo arcilloso con un 30% de ceniza de fondo, se obtuvo un CBR de 28,46%. Con un 40% de ceniza de fondo, se registró un CBR de 42,14%. En cuanto a la adición de un 50% de ceniza de fondo, se logró un CBR de 46,28%.

Estas mejoras en las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso son significativas, especialmente en lo que respecta a su uso como sub-rasante, y cumplen con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana CE.010 (Pavimentos Urbanos). En conclusión, se puede afirmar que la ceniza de fondo de un horno ladrillero se presenta como un estabilizador eficiente, ya que mejora de manera óptima las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso. (p.5)

#### CONCLUSIONES:

Se llegó a la siguiente conclusión según (Aguilar Paravicino & Bravo Gutierrez, 2020)

Se ha logrado confirmar la hipótesis general planteada: "La adición de ceniza de fondo tendrá un efecto positivo en el proceso de estabilización de suelos arcillosos a nivel de sub-rasante, provenientes de la zona ladrillera del distrito de San Jerónimo - Cusco". Este resultado se atribuye a la inclusión de ceniza de fondo de horno ladrillero en proporciones del 30%, 40% y 50% al suelo arcilloso de dicha zona. En este sentido, ambas muestras de suelo son adecuadas para la estabilización a nivel de sub-rasante, ya que cumplen satisfactoriamente con los parámetros establecidos en las normas técnicas peruanas CE.010 (Pavimentos Urbanos) y CE.020 (Estabilización de Suelos y Taludes). (p.05)

Relación: Esta tesis emplea ceniza de fondo teniendo los mismos componentes químicos, utilizándola en porcentajes de 30%, 40% y 50% obteniendo un aporte positivo de este insumo como estabilización. Por otro lado, la única diferencia existente entre estas dos tesis es que, nosotros usamos la "ceniza volante" el cual deberá pasar primeramente por el tamiz N°200, para luego ser usada como estabilizante.

#### 2.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional.

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LAS CALLES DE LA URBANIZACIÓN SAN LUIS DE LA CIUDAD DE ABANCAY.”

- Autores: Bach. José Johel López Sumarriva y Bach. Grely Ortiz Pinares.
- Institución: Universidad Tecnológica De Los Andes (Abancay – Perú – 2018)

#### RESUMEN:



Según (Lopez Sumarriva & Ortiz Pinares, 2018); el enfoque del estudio se centró en identificar el porcentaje óptimo de cal necesario para estabilizar la subrasante de los jirones Molinopata y Santo Domingo en la Urbanización San Luis, ubicada en la ciudad de Abancay. El objetivo principal era utilizar esta subrasante estabilizada como base para diferentes tipos de pavimentos. Para determinar el porcentaje óptimo de cal, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio siguiendo los métodos recomendados en los manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, como la norma CE.010 y otras normas vigentes relacionadas.

El proceso utilizado para determinar el porcentaje óptimo de cal involucró la evaluación de las propiedades físicas del suelo, como su resistencia al corte, contenido de humedad, compactación y plasticidad, después de mezclar el suelo con diferentes porcentajes de cal, que variaron desde el 0% hasta el 8%, en intervalos de 2%. Posteriormente, se realizó el ensayo de CBR (Índice de Soporte Califórnia) para determinar la resistencia al corte del suelo.

El objetivo principal de este proyecto de tesis es demostrar las ventajas técnicas de estabilizar las subrasantes arcillosas con cal, con el propósito de utilizarlas como base o subbase en los pavimentos de las calles de la Urbanización San Luis en la ciudad de Abancay. (p.08)

#### CONCLUSIONES:

Se llegaron a las siguientes conclusiones según (Lopez Sumarriva & Ortiz Pinares, 2018).

Dado que el suelo no cumplía con los criterios establecidos en las normas previamente mencionadas, se optó por utilizar el método de Eades & Grim (ASTM D 6276) para determinar el porcentaje de cal requerido con el fin de estabilizar el suelo. Este método consistió en medir el índice de acidez (pH) de las muestras de suelo-cal y determinar el porcentaje de cal necesario para lograr la estabilización deseada. Los resultados del análisis de pH indicaron que la primera muestra requería un 3% de cal, mientras que la segunda muestra requería un 5% de cal en peso para alcanzar el nivel de estabilización deseado.

Adicionalmente, se realizaron pruebas de laboratorio para obtener las características físicas del suelo. Se prepararon muestras con porcentajes de cal del 0%, 2%, 4%, 6% y 8% en peso del suelo seco. Estas muestras se compactaron y saturaron para luego determinar los valores de resistencia al corte (CBR) de cada una. Los resultados demostraron que, para la primera muestra, se obtuvo un valor de CBR del 145.00% al agregar un 8% de cal, mientras que para la segunda muestra se obtuvo un valor de CBR del 69% al agregar un 8% de cal. Estos valores superaron ampliamente los requisitos establecidos en los manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



Finalmente, al comparar el suelo estabilizado con cal con el suelo en su estado natural, se observó una disminución en la plasticidad y en el porcentaje de expansión del suelo. Por lo tanto, se concluye que el porcentaje óptimo de 8% de cal es adecuado para lograr la estabilización del suelo analizado, cumpliendo así con las especificaciones establecidas en el manual de especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (p.09)

Relación: La relación existente entre esta tesis y nuestro tema de investigación es que ambas tienen el mismo tipo de suelo arcilloso a estabilizar; como se observa, el uso al 8% de cal es adecuado para lograr estabilización. Cabe mencionar, que la cal no tiene las mismas composiciones que la ceniza volante, pero se quiso hacer una investigación profunda para ver el comportamiento de esta en un suelo arcilloso.

“ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE SUELOS ESTABILIZADOS CON CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA SUBRASANTE MEJORADA DE PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE PUNO.”

- Autores: Bach. Gonzalo Carpio Flor Marilia.
- Institución: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (Puno – Perú – 2018).

#### RESUMEN:

Según (Gonzalo Carpio, 2018); el propósito principal de este trabajo es evaluar el rendimiento de la aplicación de ceniza volante, cemento y cal en la estabilización de suelos y su uso como material de subrasante mejorada.

En este estudio, se desarrolló un enfoque alternativo para estabilizar los suelos extraídos de la cantera ubicada en el Km 06+000 de la zona 'Mi Perú'. Se empleó una combinación de estabilizadores, incluyendo ceniza volante, cemento y cal, con el objetivo de obtener un material de subrasante mejorado.

Durante la investigación, se consideraron diversas proporciones de ceniza volante (6%, 16%, 26%) en combinación con un 3% de cemento para mejorar la resistencia del suelo, y un 1% de cal para reducir su plasticidad. Estas proporciones fueron seleccionadas con el fin de lograr una estabilización óptima del suelo. (p.05)

#### CONCLUSIONES:

Según (Gonzalo Carpio, 2018), se llegó a las conclusiones.



Con el objetivo de analizar el comportamiento y evaluar las propiedades físico-mecánicas del suelo con potencial de mejora, se llevaron a cabo pruebas de laboratorio tanto en el suelo en su estado natural extraído de la cantera en la zona 'Mi Perú', como en la combinación de ceniza volante, cemento y cal. Estas pruebas incluyeron mediciones de contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, determinación de los límites de Atterberg, clasificación según los métodos SUCS y AASHTO, ensayo Proctor Modificado y CBR. Todos los ensayos fueron realizados siguiendo las normas ASTM y MTC correspondientes.

Los resultados obtenidos indican que la combinación de estabilizadores en proporciones adecuadas mejora el comportamiento y la resistencia del suelo proveniente de la cantera. Se observó un incremento significativo en el valor del CBR, el cual aumentó del 46.10% al 97.20% al utilizar la proporción de ceniza volante al 26%, cemento al 3% y cal al 1%. Estos resultados evidencian que dicha combinación de estabilizadores es idónea para utilizar el suelo como material de subrasante y sub-base mejorada en pavimentos.

En conclusión, se determina que la combinación adecuada de ceniza volante, cemento y cal es efectiva para mejorar el comportamiento y la resistencia del suelo extraído de la cantera, permitiendo su utilización como material de subrasante y sub-base mejorada en pavimentos. (p.05)

Relación: como se indica en el antecedente se usó como estabilizante ceniza volante, cemento y cal llegando a mejorar el comportamiento y resistencia del suelo, indicando que al 26% de ceniza volante se llegó a buenos resultados. La relación existente entre esta tesis y nuestro de investigación es el uso de la ceniza volante como estabilizante, indicando y corroborando que este estabilizando es bueno para este tipo de suelos.

### **2.1.3 Antecedentes a Nivel Internacional.**

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE CAL EN LAS VÍAS DE LA COMUNIDAD DE SAN ISIDRO DEL PEGÓN, MUNICIPIO POTOSÍ- RIVAS.”

- Autores: Bach. Genaro José Altamirano Navarro y Bach. Axell Exequiel Díaz Sandino
- Institución: Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua (Nicaragua – 2015).

#### **RESUMEN:**

Según (Altamirano Navarro & Diaz Sandino, Estabilizacion de suelos cohesivos por medio de cal en las vias de la comunidad de San Isidro del Pegon, Municipio Potosi-Rivas, 2015); los suelos desempeñan un papel fundamental en la ejecución de cualquier tipo de construcción.



Sobre ellos se erigen las más destacadas obras de ingeniería que han perdurado a lo largo de la historia y que hoy en día nos maravillan, impulsando a mejorar las técnicas utilizadas en el proceso constructivo con el fin de llevar a cabo estructuras más complejas y reducir los riesgos asociados a su construcción y operación.

A medida que el tiempo avanza, nos hemos visto en la necesidad de mejorar las condiciones que la naturaleza nos ofrece en relación a los suelos, especialmente al abordar las características que presentan mayores desafíos durante la ejecución de obras. Este proceso se conoce como estabilización (Crespo, 2004).

De todas las características que poseen los suelos, una de las más relevantes en el ámbito de la construcción es su plasticidad. De esta propiedad depende la estabilidad de las estructuras, ya que puede generar efectos negativos. Entre ellos se encuentra el hinchamiento, que implica cambios de volumen, así como la consolidación o asentamiento, que puede provocar fallas en las estructuras e incluso poner en riesgo la vida de las personas debido a colapsos (Juárez y Rico, 2007).

Cuando se encuentran suelos plásticos, como las arcillas, en el ámbito de la construcción de carreteras, surge la necesidad de buscar soluciones para solventar este problema. En muchas ocasiones, se opta por el retiro completo del material plástico, lo cual implica costos adicionales. Sin embargo, un buen tratamiento de los suelos plásticos mediante la estabilización permite utilizar los suelos presentes en el lugar donde se llevará a cabo la obra, reduciendo así los costos asociados al préstamo, retiro y transporte de materiales (Maldonado H. y Orellana A., 2009). (p.10)

#### CONCLUSIONES:

Según (Altamirano Navarro & Diaz Sandino, Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegon, Municipio Potosí-Rivas, 2015).

Según datos estadísticos proporcionados por el Ministerio de Acción Social (MAS, 2008) en colaboración con el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), se estima que aproximadamente el 63.68% de la superficie del municipio de Potosí está compuesto por suelos arcillosos. Estos suelos tienen la particularidad de expandirse durante la estación lluviosa y contraerse, formando grietas, durante la estación seca. (p.10)

Relación: se indica que esta tesis realizó su estudio en suelo arcilloso, cabe indicar que el estabilizante usado no tiene relación con el nuestro; sin embargo, se quiso hacer una investigación profunda del comportamiento de este tipo de suelos con diferentes estabilizantes.



“ESTABILIZACION DE UN SUELO CON CAL Y CENIZA VOLANTE.”

- Autores: Bach. Manuel Gerardo Parra Gómez.
- Institución: Universidad Católica De Colombia (Colombia – 2018).

RESUMEN:

Según (Parra Gomez, 2018)); este estudio se llevó a cabo en un laboratorio con el objetivo de evaluar la resistencia mecánica del caolín mediante la adición de cal y ceniza volante en diferentes porcentajes (2%, 4%, 6% y 8%). Se realizaron pruebas de tracción y compresión en diferentes muestras de caolín, previo al ensayo de Proctor estándar para caracterizar los materiales.

El propósito principal fue determinar el efecto de estas adiciones en el mejoramiento del suelo, mediante comparaciones de los resultados obtenidos. Se pudo concluir que la adición de cal brinda una mayor resistencia al caolín en términos de esfuerzos y deformaciones máximas. Por otro lado, la adición de ceniza volante no mostró una mejora significativa en el suelo en general. Sin embargo, se observó un mejor comportamiento a tracción cuando se comparó con la adición de cal, aunque sin superar los resultados obtenidos con esta última. (p.06)

CONCLUSIONES:

Se llegaron a las siguientes conclusiones según (Parra Gomez, 2018)).

Los datos obtenidos en este estudio sugieren que la cal es una opción más efectiva para mejorar la estabilidad de los suelos cuando se requiere una estabilización rápida. Los resultados mostraron que la adición de cal proporcionó una mayor resistencia y mejor comportamiento en términos de esfuerzos y deformaciones máximas en comparación con la adición de ceniza volante. Por lo tanto, si se busca una mejora rápida en la estabilidad del suelo, la utilización de cal puede ser considerada como una opción más adecuada. (p.07)

Relación: Se usó como estabilizante ceniza cal y ceniza volante en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% llegando a mejorar el comportamiento y resistencia del suelo. La relación existente entre esta tesis y nuestro de investigación es el uso de la ceniza volante como estabilizante, dando a conocer la efectividad de este material como estabilizante.



## 2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes.

### 2.2.1 Definición de Suelo.

Según (Sanz Llano, 1975, pág. 2) “Los suelos se definen como aglomerados de partículas procedentes de la descomposición de las rocas debido a la erosión: están constituidos por elementos relativamente pequeños y no homogéneos, una grava, arena o arcilla se considera, desde el punto de vista geológico, como roca, mientras que la geotecnia lo encuadra dentro del concepto de suelo.”

#### 2.2.1.1 Tipo de suelos.

- Grava: Se compone de partículas con un tamaño aproximado de 8-10 cm y 2 mm. Estas partículas son fácilmente visibles a simple vista. Debido a la inactividad de su superficie y los grandes espacios existentes entre las partículas, la grava no retiene agua de manera significativa (Gonzalez de Vallejo, 2002).
- Arenas: Consisten en partículas con un tamaño que oscila entre 2 y 0,060 mm, y también son visibles a simple vista. Cuando se mezclan con agua, las partículas de arena no se unen de manera continua, sino que se separan fácilmente del agua (Gonzalez de Vallejo, 2002).
- Limos: Están formados por partículas con un tamaño comprendido entre 0,060 y 0,002 mm (algunas normativas establecen 0,005 mm como límite, pero no hay grandes diferencias prácticas entre ambas medidas). Los limos retienen agua de manera más efectiva que las partículas de mayor tamaño. Si se forma una pasta de agua y limo y se coloca en la mano, al golpear con la mano se puede observar cómo el agua se libera con facilidad (Gonzalez de Vallejo, 2002).
- Arcillas: Están compuestas por partículas con un tamaño inferior al de los limos, generalmente por debajo de 0,002 mm. La formación de estas partículas de tamaño gel requiere transformaciones químicas. Las arcillas están principalmente constituidas por minerales silicatados, los cuales consisten en cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos. Estas estructuras regulares están unidas por enlaces covalentes débiles, lo que permite que las moléculas de agua se introduzcan entre las cadenas. Esto puede resultar en aumentos de volumen, los cuales son recuperables cuando el agua se evapora. Debido a su estructura y a la presencia de pequeños huecos con una gran superficie de absorción en las partículas, las arcillas tienen una capacidad de retención de agua muy alta. Estas características las convierten en materiales problemáticos, ya que pueden



presentar tiempos prolongados de consolidación o de liberación de agua bajo esfuerzos (Gonzalez de Vallejo, 2002)

### 2.2.1.2. *Propiedades de los suelos.*

#### a. Granulometría.

La granulometría desempeña un papel crucial en la clasificación de los suelos, ya que permite la separación de la fracción gruesa de la fina. Además, el tamaño de las partículas de un suelo es de gran importancia en su comportamiento mecánico y tiene un impacto significativo en la adecuada compactación de los suelos. La estabilidad de un suelo está relacionada con la cantidad de vacíos presentes en él, siendo deseable que estos vacíos sean mínimos. Para lograr esto, es necesario que el suelo tenga una gama de tamaños de partículas que permita que los huecos resultantes del acomodo de las partículas más grandes sean ocupados por partículas más pequeñas.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014, pág. 36), la granulometría representa la distribución de los tamaños de las partículas del suelo mediante el tamizado, siguiendo las especificaciones técnicas establecidas en el Ensayo MTC EM 107. A partir de esta información, se pueden estimar, con mayor o menor precisión, otras propiedades que puedan ser relevantes en el análisis del suelo.

**Tabla 1**

*Clasificación de Suelos*

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm Arena media: 2.00 mm – 0.425mm Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

*Fuente:* MTC (2014).

#### b. Contenido de humedad.

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014, pág. 38), la humedad natural es una característica importante de los suelos, ya que la resistencia de los suelos de subrasante, especialmente los de textura fina, está estrechamente relacionada con sus condiciones de humedad y densidad.



Según el mismo documento del MTC (2014, pág. 39), la determinación de la humedad natural (ensayo MTC EM 108) permite realizar una comparación con la humedad óptima obtenida en los ensayos Proctor para determinar el CBR del suelo (ensayo MTC EM 132). Si la humedad natural es igual o inferior a la humedad óptima, se recomienda llevar a cabo la compactación normal del suelo y ajustar la cantidad adecuada de agua. En caso de que la humedad natural sea superior a la humedad óptima, y dependiendo del grado de saturación del suelo, se sugiere aumentar la energía de compactación, ventilar el suelo o reemplazar el material saturado.

c. Plasticidad.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), la plasticidad es una propiedad de estabilidad que representa la capacidad de los suelos para mantener su integridad sin desintegrarse hasta cierto límite de humedad. Esta propiedad está determinada principalmente por los elementos finos presentes en el suelo, y no por los elementos gruesos. El análisis granulométrico no proporciona información sobre esta característica, por lo que es necesario realizar la determinación de los Límites de Atterberg para evaluar la plasticidad de un suelo.

➤ Límites de consistencia de los suelos o Límites de Atterberg.

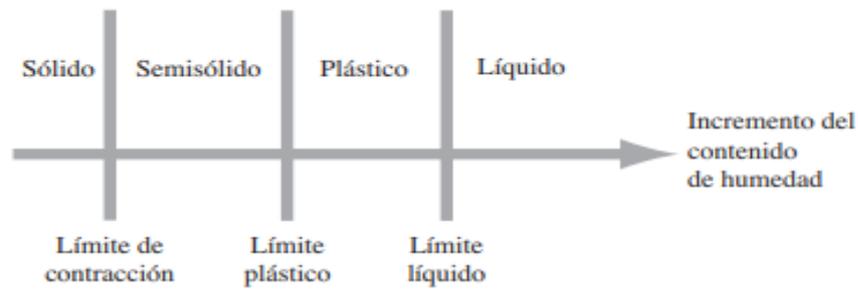
Los límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos de textura fina. Estos límites se basan en la idea de que los suelos finos pueden presentar diferentes estados según su contenido de agua. Dependiendo de su contenido de agua, un suelo puede encontrarse en estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido o líquido.

Los límites de consistencia más comúnmente utilizados son el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP). El límite líquido representa el contenido de agua en el cual un suelo cambia de un estado plástico a un estado semilíquido. El límite plástico indica el contenido de agua en el cual un suelo deja de comportarse como un sólido y adquiere propiedades plásticas. El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, y proporciona información sobre la plasticidad del suelo.

Estos límites de consistencia son importantes en la caracterización de los suelos finos, ya que ayudan a entender su comportamiento en relación con la deformabilidad, la resistencia y la capacidad de retención de agua.

**Figura 2**

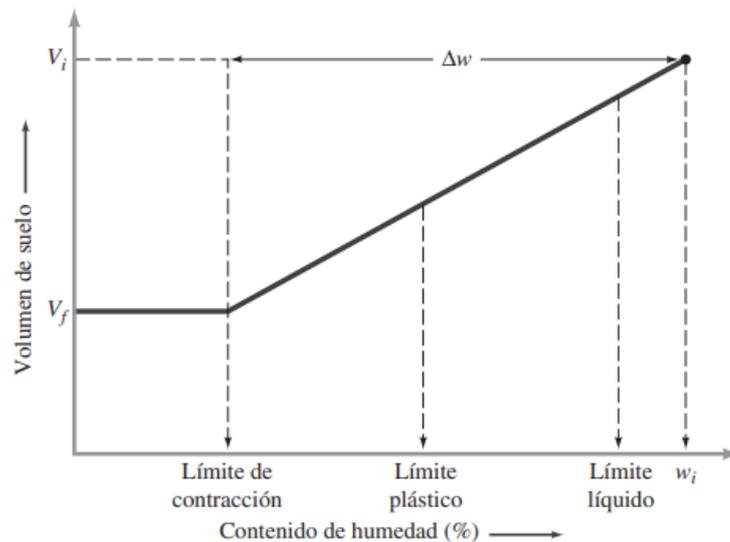
*Limites de Atterberg*



Fuente: Braja. M. Das. Fundamentos De Ingeniería Geotécnica.

**Figura 3**

*Definicion de Limites*



Fuente: Braja. M. Das. Fundamentos De Ingeniería Geotécnica.

- Límite líquido (LL): Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el límite líquido (LL) se refiere al contenido de humedad en el cual el suelo cambia de un estado semilíquido a un estado plástico y puede ser moldeado. Este límite marca el límite superior del comportamiento plástico del suelo.
- Límite plástico (LP): El límite plástico se define como el contenido de humedad en el cual el suelo, al ser enrollado en hilos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. Indica el límite inferior del comportamiento plástico del suelo.



- Límite de contracción (LC): El límite de contracción se define como el porcentaje de humedad en relación al peso seco de la muestra, en el cual una reducción adicional de agua no causa una disminución en el volumen del suelo. Este límite es útil para evaluar el comportamiento de cortes y terraplenes, especialmente en relación a la formación de grietas.
- Índice de plasticidad (IP): El índice de plasticidad es una medida de la capacidad de absorción de agua de un suelo antes de disolverse en una solución. Un valor alto de IP indica un suelo más plástico y débil. Según el MTC, el IP indica el rango de contenido de humedad en el cual el suelo muestra comportamiento plástico y permite clasificar el tipo de suelo. Un IP alto corresponde a un suelo con alta cantidad de arcilla, mientras que un IP bajo indica un suelo con baja cantidad de arcilla.

Estos parámetros de límites de consistencia y el índice de plasticidad son utilizados para caracterizar y clasificar los suelos, proporcionando información sobre su comportamiento y propiedades mecánicas. Son fundamentales en el diseño de proyectos de ingeniería que involucran suelos, como la construcción de carreteras, cimentaciones y estructuras.

$$IP = LL - LP$$

**Tabla 2**

*Clasificación de Suelos Según Índice de Plasticidad*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelo arcilloso
IP ≤ 20	Media	Suelo arcilloso
IP > 7	Baja	Suelo poco arcillosa plasticidad
IP < 7		
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

*Fuente:* MTC (2014).

d. Clasificación de suelos.

De acuerdo con Braja M. (2015), existen dos sistemas de clasificación ampliamente aceptados para categorizar los suelos según sus propiedades mecánicas y comportamiento en ingeniería: el sistema de la Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras (AASHTO)



y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. En Estados Unidos, el sistema AASHTO es comúnmente utilizado por los departamentos de carreteras estatales y del condado, mientras que los ingenieros geotécnicos prefieren el uso del Sistema Unificado. Estos sistemas de clasificación brindan un lenguaje estandarizado para describir de manera concisa las características generales de los suelos, lo que facilita la comunicación entre profesionales y la comprensión de las propiedades del suelo en el campo de la ingeniería.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) también enfatiza la importancia de la clasificación de suelos basada en sus características, como la granulometría, la plasticidad y el índice de grupo. Estas características permiten estimar el comportamiento de los suelos y clasificarlos adecuadamente. La clasificación de suelos es fundamental para el diseño y la construcción de proyectos de ingeniería, ya que proporciona información sobre las propiedades y el comportamiento esperado del suelo en diversas condiciones.

En resumen, tanto el sistema AASHTO como el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos son utilizados en ingeniería para clasificar los suelos y comunicar eficientemente sus propiedades. La clasificación de suelos es esencial para comprender su comportamiento y tomar decisiones fundamentadas en proyectos de ingeniería.

**Tabla 3**

*Correlacion de tipos de suelos AASHTO – SUCS*

Clasificación de suelos AASHTO M-145	Clasificación de suelos (SUCS) ASTM – D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SP
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

*Fuente:* MTC (2014).

➤ Clasificación Del Sistema De AASHTO.

Según (Braja M, 2015, pág. 78) ” En el sistema de clasificación utilizado por la AASHTO, los suelos se dividen en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que se clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasa a través del tamiz núm. 200 (0,075 mm). Estos suelos generalmente son arena, grava y mezclas de arena y grava.



Por otro lado, los suelos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son aquellos en los que más del 35% de las partículas pasa a través del tamiz núm. 200. Estos suelos son principalmente limo y materiales arcillosos. El grupo A-4 corresponde a suelos con bajo contenido de limo y arcilla, mientras que los grupos A-5, A-6 y A-7 representan suelos con mayor contenido de limo y arcilla.

Esta clasificación es útil en ingeniería civil y geotecnia, ya que los diferentes grupos de suelos tienen comportamientos y propiedades distintas, lo que influye en el diseño y construcción de proyectos de infraestructura. Conociendo la clasificación del suelo, los ingenieros pueden seleccionar los métodos de construcción y las técnicas de estabilización adecuadas para cada tipo de suelo”

**Figura 4**

*Clasificación de suelos - AASHTO*

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50	máx. 50	mín. 50	máx. 35	Máx.35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
0.5 mm	máx. 30	máx. 25	máx.10									
0.08 mm	máx. 15	máx. 15										
Limites Atterberg												
límite de líquido				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín.40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	mín. 10
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: MTC (2014).

Según (Braja M, 2015, pág. 81) “El índice de grupo es una medida estandarizada que se utiliza para clasificar y evaluar la calidad de los suelos en función de sus características físicas y mecánicas. Se representa mediante un número entre paréntesis que se agrega a la designación del grupo o subgrupo del suelo.



El índice de grupo se calcula teniendo en cuenta diferentes parámetros del suelo, como el tamaño de partícula, los límites de consistencia y la plasticidad. Estos parámetros proporcionan información sobre la composición del suelo y su comportamiento frente a las cargas y deformaciones.

El rango del índice de grupo varía de 0 a 20, donde un valor más alto indica un suelo de mejor calidad y mayor capacidad de carga. Por ejemplo, un suelo clasificado como A-2-6(16) tiene un grupo principal A-2, un subgrupo A-6 y un índice de grupo de 16.

El índice de grupo es utilizado por ingenieros y profesionales de la construcción para tomar decisiones sobre el diseño y la construcción de carreteras. Permite seleccionar las técnicas de construcciones adecuadas, determinar los requisitos de compactación y evaluar la necesidad de mejoramiento del suelo.

En resumen, el índice de grupo es una herramienta importante en la evaluación de la calidad de un suelo como material de sub rasante para carreteras. Proporciona información clave sobre las propiedades del suelo y ayuda en la toma de decisiones para lograr una construcción segura y duradera.”

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Donde:

F= porcentaje pasado por el tamiz núm. 200.

LL= índice líquido.

IP= índice de plasticidad.

“El índice de grupo para suelos que se encuentran en los grupos A-1-a, A-1-b, A-3, A-2-4 y A-2-5 siempre es cero” (Braja M, 2015, pág. 81)

Al hallar el índice de grupo (IG) para un suelo perteneciente al grupo A-2-6 o al A-2-7, solo se utiliza la ecuación del índice de grupo que se relaciona con el índice de plasticidad:

$$IG = 0.01(F_{200} - 15)(IP - 10)$$

➤ Sistema Unificado De Clasificación De Suelo (SUCS).

Según (Braja M, 2015)

El Sistema Unificado De Clasificación De Suelo, clasifica los úselos en dos grandes categorías:



- Los suelos de grano grueso, que incluyen grava y arena, se clasifican en grupos y subgrupos utilizando el prefijo "G" o "S". El prefijo "G" se utiliza para suelos con predominio de grava, mientras que el prefijo "S" se utiliza para suelos con predominio de arena. Estos suelos tienen menos del 50% de partículas que pasan a través del tamiz núm. 200.
- Los suelos de grano fino, que incluyen limo, arcilla y limos orgánicos, se clasifican en grupos y subgrupos utilizando el prefijo "M" para el limo inorgánico, el prefijo "C" para la arcilla inorgánica y el prefijo "O" para los limos orgánicos y arcillas. Además, el símbolo "Pt" se utiliza para clasificar suelos altamente orgánicos como turba y lodo. Estos suelos tienen un 50% o más de partículas que pasan a través del tamiz núm. 200.

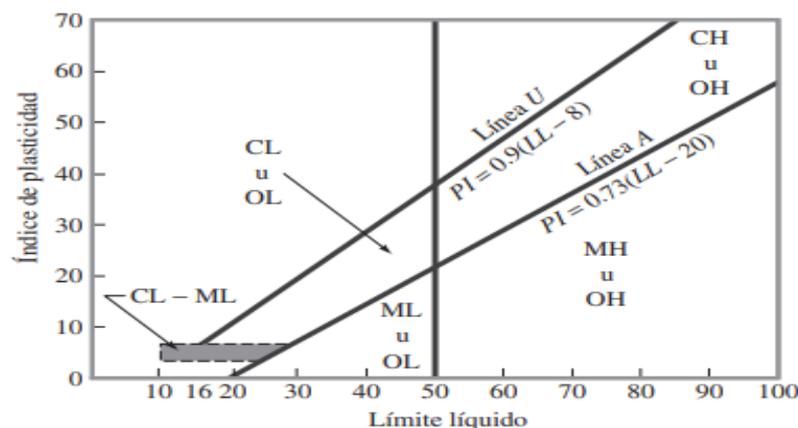
La clasificación de los suelos en grupos y subgrupos, junto con el índice de grupo, proporciona información valiosa sobre las propiedades y el comportamiento de los suelos. Esta información es fundamental para el diseño y la construcción de infraestructuras, como carreteras, ya que permite tomar decisiones informadas sobre los métodos de construcción, la compactación y el tratamiento adecuado de los suelos.

Otros símbolos que también se utilizan para clasificación son:

- W: bien clasificado
- P: mal clasificado
- L: baja plasticidad (límite líquido mayor de 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50)

**Figura 5**

*Grafico de plasticidad*





Fuente: Braja. M. Das. Fundamentos De Ingeniería Geotécnica.

e. Compactación de suelo.

➤ Ensayo de Proctor.

El ensayo de compactación se lleva a cabo siguiendo las normas ASTM D 1557 y MTC E 115. Este ensayo tiene como objetivo determinar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos, a través de la construcción de la curva de compactación.

El procedimiento se realiza en el laboratorio, utilizando un molde de diámetro de 101,6 mm (4 pulg) o 152,4 mm (6 pulg) y un pisón con una fuerza de 44,5 N (10 lbf), que cae desde una altura de 457 mm (18 pulg). Esta caída del pisón produce una energía de compactación de 2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>).

Durante el ensayo, se van variando los contenidos de agua en el suelo y se compacta el suelo en el molde con el pisón. Después de cada compactación, se mide el peso del suelo compactado y se determina su contenido de agua. Estos datos se utilizan para construir la curva de compactación, que muestra la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo en diferentes niveles de compactación.

Este ensayo es importante para evaluar la capacidad de compactación de un suelo y determinar la densidad máxima alcanzable. Estos datos son utilizados en el diseño de estructuras, como carreteras, para asegurar que el suelo esté correctamente compactado y tenga la densidad adecuada para soportar las cargas previstas

f. Valor soporte california (CBR).

(Ensayo MTC EM 132), Una vez que los suelos hayan sido clasificados según los sistemas AASHTO y SUCS, de acuerdo con el Manual de Carreteras, se procederá a elaborar un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio. Este perfil proporcionará información detallada sobre las características y propiedades de los diferentes estratos del suelo presentes en el área.

A partir del perfil estratigráfico, se determinará el programa de ensayos necesario para establecer el CBR (California Bearing Ratio), que es un valor que representa la resistencia o



capacidad de soporte del suelo. Este valor se calculará considerando una densidad máxima seca del 95% y una penetración de carga de 2.54 mm.

El programa de ensayos incluirá la realización de pruebas de CBR en muestras representativas del suelo en diferentes niveles del perfil estratigráfico. Estas pruebas se realizarán siguiendo el método MTC EM 132, que establece las pautas y procedimientos para la determinación del CBR.

El valor de CBR obtenido mediante estos ensayos proporcionará información importante para el diseño y dimensionamiento de las estructuras de la carretera, ya que permitirá evaluar la capacidad del suelo para soportar las cargas del tráfico y determinar los espesores adecuados de las capas de pavimento y sub-rasante.

En resumen, la determinación del CBR, basada en el programa de ensayos establecido a partir del perfil estratigráfico, es fundamental en el diseño y construcción de carreteras para garantizar una adecuada resistencia y estabilidad del suelo en función de las cargas esperadas.

**Tabla 4**

*Categorías de sub rasante*

Categoría de sub rasante	CBR
S0: subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: subrasante pobre	CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: subrasante regular	CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: subrasante buena	CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: subrasante muy buena	CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: subrasante excelente	CBR ≥ 30%

*Fuente: MTC (2014).*

### 2.2.2 Suelo en Zona de Estudio.

Según (Carlotto Caillaux, Cardenas Roque, & Cardier, 2011); la zona de estudio se encuentra en la formación chinchero o Pumamarca, está constituida de brechas que tienen una matriz arcillo-arenosa.

En términos generales, los diversos componentes clásicos presentes en la Formación Chinchero se originan a partir de la erosión de las formaciones Maras, Ayabacas y Puquín, las cuales consisten en calizas, yesos y lutitas de variados tonos de color. Estos depósitos se



caracterizan por ser conos aluviales de alta energía. El espesor de la formación es variable, alcanzando un máximo de 200 metros, y está compuesto por secuencias que muestran una disminución en el tamaño de los granos y en el espesor de los estratos a medida que se asciende en la secuencia sedimentaria.

### **2.2.3 Sub-Rasante.**

La subrasante desempeña un papel crucial en la construcción de carreteras, ya que es la capa que proporciona la base sólida y estable sobre la cual se apoya la estructura del pavimento. Su principal función es distribuir las cargas del tráfico de manera uniforme hacia el terreno subyacente, evitando deformaciones excesivas y asegurando la estabilidad del pavimento para garantizar su capacidad de soporte adecuada, la subrasante se construye utilizando suelos seleccionados que cumplan con ciertas características aceptables. Estos suelos son compactados en capas sucesivas utilizando equipos de compactación adecuados, para lograr una densidad óptima y una resistencia suficiente.

En el proceso constructivo, se presta especial atención a los últimos 0.30 metros de suelo debajo del nivel superior de la subrasante. Estos suelos son compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida a partir del ensayo Proctor modificado, que es un ensayo de laboratorio utilizado para determinar la densidad máxima alcanzable mediante compactación. El cumplimiento de este requisito de compactación garantiza que la subrasante tenga la capacidad de soporte necesaria para resistir las cargas del tráfico y mantener la estabilidad del pavimento a lo largo de su vida útil.

Es importante destacar que el diseño y la construcción de la subrasante deben llevarse a cabo de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas establecidas por los organismos competentes, como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) u otras entidades reguladoras correspondientes. En resumen, la subrasante es una capa esencial en la construcción de carreteras que proporciona la base sólida y estable para la estructura del pavimento. Su adecuada compactación y capacidad de soporte son fundamentales para garantizar la durabilidad y el buen desempeño del pavimento a lo largo del tiempo.

### **2.2.4 Exploración de suelos.**

Se optó la cantidad de calicatas según a lo que indica el manual de carreteras del MTC 2014 y observación in situ:



De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), se realizarán estudios para determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales de la subrasante mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas con una profundidad mínima de 1.5 metros. El número mínimo de calicatas requerido por kilómetro dependerá de los criterios establecidos en la tabla correspondiente:

**Tabla 5**

*Numero de calicata para exploración de suelos*

Tipo de Carretera	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	<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>	
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	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
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	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
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	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
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	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: MTC 2014

no obstante, al realizar la visita a capo, no obstante, al verificar que en el principio de la carretera en estudio presentaba visualmente mayo cantidad de baches, erosiones y deslizamientos, se optó en coordinación con nuestro asesor y para obtener mejores resultados, adicionar dos calicatas más en dicho tramo. Siendo esas la C-02 y C-04, las cuales se tomó cada medio Km. La longitud de la carretera consta de 18 km como se



indica en la pág. 45 y viene siendo una carretera de bajo volumen de tránsito con un IMDA < 200 Veh, esto se debe al estado actual de la carretera.

Según observación in situ; al realizar la exploración se observó que la zona de investigación presenta alta erosión en taludes, colapso de talud, inestabilidad de suelo, así también el desprendimiento de vía; generando peligro para la población y el tránsito vehicular. Por ende; se optó realizar calicatas consecutivas en estos tramos críticos, se muestra panel fotográfico.

**Tabla 6**

N°	CALICATA	PROGRESIVA
1	Calicata 01	00+000
2	Calicata 02	01+000
3	Calicata 03	02+000
4	Calicata 04	02+500
5	Calicata 05	03+000
6	Calicata 06	04+000
7	Calicata 07	05+000
8	Calicata 08	06+000
9	Calicata 09	07+000
10	Calicata 10	08+000
11	Calicata 11	09+000
12	Calicata 12	10+000
13	Calicata 13	11+000
14	Calicata 14	12+000
15	Calicata 15	13+000
16	Calicata 16	14+000
17	Calicata 17	15+000
18	Calicata 18	16+000
19	Calicata 19	17+000
20	Calicata 20	18+000

Fuente: Elaboración propia.



### 2.2.5 Estabilización de Suelos.

Según (Braja M, 2015, pág. 266) “El mejoramiento del suelo, también conocido como estabilización del suelo, es un proceso que implica la modificación de las propiedades del suelo para mejorar su comportamiento y cumplir con los requisitos de ingeniería específicos. Este proceso puede llevarse a cabo in situ, es decir, directamente en el lugar donde se encuentra el suelo, o puede implicar la extracción del suelo para su tratamiento en otro lugar con un mayor control de calidad.

El objetivo del mejoramiento del suelo es transformar el suelo existente en un material más adecuado para cumplir con las necesidades del proyecto de ingeniería. Esto puede incluir el aumento de la resistencia del suelo, la mejora de su capacidad de soporte de cargas, la reducción de la compresibilidad o la expansión, la disminución de la permeabilidad, entre otros aspectos”

Las técnicas de mejorar el suelo se pueden comprender en dos categorías principales:

a. Estabilización química.

Los aditivos químicos más comunes utilizados en la estabilización del suelo incluyen la cal, el cemento, los estabilizadores a base de silicato y los polímeros.

La adición de cal al suelo puede mejorar sus propiedades al actuar como agente aglomerante. La cal reacciona con los componentes del suelo y forma compuestos químicos que mejoran la cohesión, la resistencia y la estabilidad del suelo. Además, la cal puede reducir la plasticidad del suelo, disminuyendo su capacidad de deformación y contracción.

El cemento es otro aditivo químico comúnmente utilizado en la estabilización del suelo. Al mezclarse con el suelo, el cemento hidrata y forma un conglomerante duro, mejorando la resistencia y la capacidad portante del suelo. El cemento es especialmente efectivo en suelos con alto contenido de arcilla, proporcionando una mayor estabilidad y durabilidad.

Los estabilizadores a base de silicato, como los silicatos de sodio y los silicatos de calcio, se utilizan para mejorar la estabilidad y la resistencia de los suelos expansivos. Estos productos químicos reaccionan con las partículas de arcilla y forman compuestos que reducen la capacidad de expansión del suelo, evitando los problemas asociados con la contracción y la formación de grietas.

Los polímeros también se utilizan en la estabilización química del suelo. Estos aditivos ayudan a mejorar la cohesión y la resistencia del suelo al formar una red de fibras que refuerza la



estructura del suelo. Los polímeros también pueden mejorar la capacidad de retención de agua del suelo y reducir la erosión.” (Braja M, 2015, pág. 266)

Comprenden:

- Cal: Reduce la plasticidad de los suelos arcillosos y es una opción económica.
  - Cemento Portland: Mejora la resistencia de los suelos y se utiliza principalmente en arenas o gravas finas.
  - Emulsiones asfálticas: Son ampliamente utilizadas en suelos sin cohesión para controlar el polvo y mejorar la impermeabilización.
  - Cloruro de Sodio: Se utiliza para impermeabilizar y reducir el polvo en suelos, especialmente en arcillas y limos.
  - Cloruro de Calcio: Contribuye a la impermeabilización y control del polvo en suelos, especialmente en arcillas y limos.
  - Escorias de fundición: Se emplea comúnmente en capas asfálticas para aumentar la resistencia, mejorar la impermeabilización y prolongar su vida útil.
  - Polímeros: Son frecuentemente utilizados en capas asfálticas para incrementar la resistencia, mejorar la impermeabilización y prolongar su vida útil.
  - Hule de neumáticos: Se emplea comúnmente en capas asfálticas para aumentar la resistencia, mejorar la impermeabilización y prolongar su vida útil.
- b. Estabilización mecánica.

“La estabilización mecánica implica técnicas que mejoran las propiedades de los suelos seleccionados sin la necesidad de agregar agentes químicos u otras formas de unión entre partículas. En resumen, no se utilizan efectos químicos o de unión en esta metodología. En su lugar, se emplean técnicas físicas para mejorar las propiedades del suelo” (Braja M, 2015, pág. 266)

Comprende, entre otros, los siguientes:

- Compactación.
- Vibro flotaciones.
- Voladura o blasting.
- Compactación dinámica.
- Precarga.
- Drenes de arena.



### **2.2.6 Estabilización con Ceniza Volante.**

La ceniza volante es un material puzolánico que se encuentra de forma natural y tiene la capacidad de reaccionar con la cal hidratada para producir productos con propiedades cementicias. Debido a esta característica, las mezclas de cal y ceniza volante se pueden utilizar para estabilizar las bases y sub-bases de carreteras. Se pueden preparar mezclas efectivas utilizando un porcentaje de ceniza volante entre 10% y 35%, y un porcentaje de cal entre 2% y 10%. Estas mezclas de suelo-cal-ceniza volante se compactan en condiciones controladas, con la cantidad adecuada de humedad, para obtener capas de suelo estabilizadas.

La ceniza volante es un agente eficaz tanto para la estabilización química como mecánica de los suelos. Tiene influencia en la densidad del suelo, el contenido de agua, la plasticidad y el rendimiento de resistencia del suelo. Algunas de las aplicaciones típicas de la ceniza volante incluyen la estabilización del suelo, el secado del suelo y el control del encogimiento y la expansión del suelo.

En resumen, la ceniza volante es un material versátil que se utiliza en la estabilización de suelos tanto a nivel químico como mecánico. Su capacidad de reacción con la cal hidratada y sus propiedades cementicias la convierten en una opción eficaz para mejorar las características de los suelos en aplicaciones de ingeniería, como la construcción de carreteras. (Guyer J. P., 2020, pág. 25)

### **2.2.7 Ceniza Volante.**

Según (Braja M, 2015, pág. 270) "Las cenizas volantes son un subproducto del proceso de combustión de carbón pulverizado, por lo general asociado con las plantas de generación de energía eléctrica. Es un polvo fino granulado y se compone principalmente de sílice, alúmina y diversos óxidos y álcalis."

#### ***2.2.7.1 Características de la ceniza volante.***

##### **a. Tamaño y forma.**

"La ceniza volante es típicamente más fina que el cemento portland y la cal. La ceniza volante consiste en partículas del tamaño de limo que generalmente son esféricas, y típicamente varían en tamaño entre 10 y 100 micras. Estas pequeñas esferas de vidrio mejoran la fluidez y la trabajabilidad del concreto fresco. La finura es una de las propiedades importantes que contribuyen a la reactividad puzolánica de las cenizas volantes." (Guyer J. P., 2020, pág. 10)

##### **b. Química.**



“La ceniza volante se compone principalmente de óxidos de silicio, aluminio, hierro y calcio. Magnesio, potasio, sodio, titanio y azufre también están presentes en menor grado. Cuando se usa como una mezcla mineral en el concreto, la ceniza volante se clasifica como ceniza Clase C o Clase F en función de su composición química” (Guyer J. P., 2020, pág. 12)

- Clase C: generalmente se derivan de carbones sub-bituminosos y consisten principalmente en vidrio de aluminosulfato de calcio, así como cuarzo, aluminato tricálcico y cal libre (CaO). La ceniza volante de clase C también se conoce como cenizas volantes con alto contenido de calcio porque generalmente contiene más del 20% de CaO.
- Clase F: producidas por la calcinación de carbón antracítico o bituminoso, contienen pequeñas cantidades de cal, generalmente inferiores al 15%, y mayor combinación de sílice, aluminio y hierro. Estas cenizas presentan propiedades puzolánicas.

Según su composición química, y atendiendo a la procedencia de carbón de origen, las cenizas volantes pueden clasificarse en:

- Cenizas Silicoaluminosas.

Según (Arango Garcia, 2011, pág. 8) “Denominadas también puzolánicas o no activas con contenidos en CaO inferiores al 10%, clase F según norma ASTM C618-08a). Son las más importantes en cuanto a cantidades producidas y aprovechamiento. Tienen propiedades ligantes en presencia de activadores de su puzolanicidad (se utiliza cal o cemento); son también hidrofílicas y tienen propiedades puzolánicas. Los óxidos más importantes son la sílice (SiO<sub>2</sub>), la alúmina, (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y óxidos de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). El ph es netamente básico y puede ser superior a 10. El contenido en cal libre es importante para saber si una vez compactadas, sin aditivos, experimentan endurecimiento o no con el tiempo.”

- Cenizas Sulfocálcicas.

Según (Arango Garcia, 2011, pág. 8) “Con altos contenidos de CaO, por encima del 10%; clase C según norma ASTM C618-08a. Se llaman también hidráulicas o activas, y suelen presentar un comportamiento diferente al de las silicoaluminosas, comportándose como aglomerantes hidráulicos; es decir cuando son amasadas con agua sufren reacciones de hidratación, fraguado y endurecimiento semejantes a los que tiene lugar en los cementos.”

- Cenizas Silicocalcáreas.

Según (Arango Garcia, 2011, pág. 8) “Otra clasificación sería la basada en la concentración de los elementos, habitualmente utilizada según sus aplicaciones. Las cenizas se clasificarían como



siálicas, ferrosiálicas, sulfocálcicas, calciosiálicas o ricas en fases de aluminosilicatos. Simplificándose esta clasificación en silíceas y calcáreas”:

- Las cenizas volantes silíceas o V, según la instrucción para la recepción de los cementos (RC-08), son un polvo fino de partículas esféricas que tienen propiedades puzolánicas y que consta principalmente de dióxido de silicio reactivo ( $\text{SiO}_2$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). El resto contiene óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y otros compuestos.
- Las cenizas volantes calcáreas ó W, según la RC-08, son un polvo fino que tiene propiedades hidráulicas o puzolánicas, que consta esencialmente de óxido de calcio reactivo ( $\text{CaO}$ ), dióxido de silicio reactivo ( $\text{SiO}_2$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). El resto contiene óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y otros compuestos.

“Las cenizas resultantes de la combustión en lecho fluido suelen ser más finas que las cenizas de central térmica, lo que, unido a su porcentaje de cal, superior al de las silicoaluminosas convencionales, hace que puedan tener propiedades conglomerantes (actividad hidráulica). En cuanto a la solubilidad, el porcentaje de materia soluble es pequeño, de un 2 a un 4% como máximo, dependiendo de la composición química, principalmente del contenido de  $\text{CaO}$  libre y de sulfato.” (Arango Garcia, 2011, pág. 9)

c. Actividad hidráulica.

Según (Arango Garcia, 2011, pág. 10) “Para que una ceniza posea una capacidad hidráulica suficientemente buena (aptitud para endurecerse en presencia de agua o humedad), ha de poseer un índice de hidraulicidad comprendido entre 0,15 y 0,40. Este índice se define como la relación existente entre la sílice más la alúmina y óxidos de hierro, y la cantidad de cal más magnesia.”

Esta propiedad la presentan las cenizas volantes de alto contenido en cal que proceden generalmente de las centrales térmicas que queman lignitos.

d. Actividad puzolánica.

Según (Arango Garcia, 2011, pág. 10):

Se define la actividad puzolánica de un material como la capacidad de fijar hidróxido cálcico, a la temperatura ordinaria, en presencia de agua, originando productos sólidos, insolubles y dotados de resistencia mecánica.

Esta actividad puzolánica es la propiedad más importante de las cenizas silicoaluminosas, que es mayor que en muchas puzolanas naturales y artificiales y depende del contenido en material



silico-aluminoso soluble. Esta es una de las principales razones para su empleo en hormigón, pues las cenizas son capaces de reaccionar con el hidróxido cálcico ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) liberado en la reacción de hidratación del cemento portland.

La elevada superficie específica ejerce una acción favorable. Por otro lado, el contenido de carbón sin quemar, si supera el 10 %, resulta perjudicial para la actividad puzolánica, y para la consiguiente resistencia adquirida. Debido a que el carbón tiende a adherirse a las partículas, cubriendo su superficie y reduciendo así la superficie específica.

### **2.2.8 Zona Ladrillera – Distrito de San Jerónimo.**

San Jerónimo es un distrito del Cusco a unos cuarenta minutos al sur de la Ciudad Imperial donde se produce la mayoría de los ladrillos de las regiones del sur del Perú funcionando **168 fábricas ladrilleras** que utilizan alrededor de 330 hornos entre artesanales e industriales para cocinar miles de ladrillos. Los ladrilleros de San Jerónimo se encuentran adoptando nuevas tecnologías de producción para no dañar el medio ambiente.

Las ladrilleras se concentran en el este de la ciudad debido a la presencia de abundantes canteras de arcilla utilizada como materia prima principal. El sector genera unos 800 puestos de trabajo (entre permanentes y eventuales)

Para moldear los ladrillos se usan tres máquinas:

En la primera se hace pasar la masa humectada a través de una placa con orificios, obteniéndose una pasta peletizada, que tiene la virtud de dar mejor homogeneidad a la humedad y también un mejor amasado. A continuación, en la segunda máquina, los pelets se pasan por una extrusora, con la que se obtiene en forma continua un cuerpo prismático, que luego será cortado en la siguiente máquina cortadora, obteniéndose de esta manera los ladrillos que posteriormente serán secados a la intemperie o bajo techo.

### **Tipología de Horneado.**

#### **a) Horneado Artesanal.**

Generalmente se utilizan hornos hechos artesanalmente de ladrillos y arcilla con geometría circular que posee un piso donde se apoya los ladrillos crudos y debajo del cual se queman los combustibles.

Este piso tiene la particularidad de tener orificios de 10 cm. De diámetro, a través de los cuales pasan los gases calientes que provocan la cocción.



- Combustibles.

Varián principalmente de acuerdo a las facilidades de adquisición y al precio de mercado.

Los más comúnmente usados en el distrito son:

- Leña de eucalipto.
- Aserrín de madera.
- Carbón.
- Cubiertas usadas de vehículos (eventualmente).

El carbón se utiliza molido y se prefiere que sea de tipo antracítico, porque posee mayor poder calorífico y también porque elimina al ambiente menos sustancias volátiles contaminantes.

Se debe decir que la etapa más problemática con el medio ambiente es la de cocción dada las emisiones que durante este proceso se generan

**b) Horneado Industrial.**

➤ Descripción.

El horno industrial metálico móvil es una alternativa de cocción para la producción a mediana escala en la industria cerámica. Consume aproximadamente un 30% menos de combustible en comparación con los hornos convencionales pues se alimenta a través de gas, leña, aserrín o viruta. Consiste en un cuerpo metálico móvil que se mueve sobre diferentes plataformas fijas en cada ciclo de cocción, lo que permite preparar una carga de materiales cerámicos secos en una de las plataformas mientras se quema en otra plataforma. Un horno de metal puede contener dos o tres plataformas fijas (la producción de cerámica depende), dependiendo también del terreno. El horno móvil es modular y está compuesto por una estructura metálica cubierta con fibras gruesas para aislar el calor de la combustión y puede tener un sistema de control automatizado, puertas manuales o motorizadas, ruedas motrices y sistema de alimentación automatizado (opcional).

➤ Características / detalles constructivos:

- Horno de reemplazo fácil: diseño que facilita el intercambio rápido de hornos deteriorados, lo que resulta en una reducción significativa en el tiempo de



inactividad de mantenimiento ya que un horno se puede construir previamente fuera del horno.

- Diversidad de la quema de productos de cerámica roja: le permite cambiar productos e incluso quemar baldosas, bloques y baldosas juntas.
- Control y monitoreo de la temperatura de cocción a través de termopares y PLC llegando hasta los 1050 Grados parte superior y 950 grados la parte inferior del horno; lo cual permite una reducción del consumo de combustible (leña / astillas de madera / aserrín) y homogeneidad del color y la quema del material cerámico.
- Alta calidad del producto final: menos del 10% de pérdidas y más del 90% del producto de primera calidad.
- Facilidad de operación: reducción de la mano de obra y mejores condiciones de salud en el entorno de la fábrica, ya que es un sistema mecanizado, menos con una exposición mínima al estrés térmico y un menor riesgo de accidentes.
- Ciclo corto de cocción: aproximadamente 40 a 55 horas para el ciclo completo. (variable según arcilla, % de humedad del ladrillo).
- Recubrimiento en una manta térmica de 6" de espesor con  $192 \text{ kg} / \text{m}^3$ : blindaje completo del horno, evitando fugas de calor, proporcionando ahorro de combustible y durabilidad de todo el sistema.
- Estructura de viga en U, perfil en U plegado y ángulos: módulos rígidos que facilitan el transporte y optimizan el tiempo de montaje.
- Sellado del horno con ladrillos refractarios, manta sólida y térmica: reduce la propagación del calor al ambiente externo y aumenta la economía.
- Sistema de ventilación natural
- Las dimensiones generales dependen de la producción: espacio físico que es fácil de usar en fábricas que ya están en funcionamiento.
- Equipo robusto: bajo costo de mantenimiento.

➤ Características técnicas del horno:

**Tabla 7**

*Característica de horno industrial*

Ancho promedio	9.500 m
----------------	---------



Largo total	15 m
Altura máxima del horno	3.500 m
Tipo de aislamiento del horno (incluye)	Manta térmica 6" 192 kg/cm <sup>3</sup> (aplicada)
Tiempo de quema estimado	40 a 55 hr
Combustible Biomasa/Aserrín Consumo térmico específico del producto	450 Kcal/kg argila

Fuente: Elaboración propia.

➤ Ventajas:

- Reducir el tiempo de carga y descarga de piezas
- Reducción del consumo de energía calórica por tonelada de piezas consumidas (leña)
- Mejor uniformidad en la quema de las piezas
- Recuperación de calor para el secado de ladrillos
- Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.
- Facilidad de control de monitoreo de la emisión de gases mediante la chimenea.
- Diseño y cálculo de acuerdo a la producción requerida de la fabrica

➤ Desventajas:

- Elevado costo de inversión
- Tiempo alargado de construcción civil y mecánico
- Requiere de buen espacio en planta para su construcción.
- Tiempo de edificación y/o construcción

Vale recalcar que además la forma de prender dichos hornos son mediante ventiladores, con la diferencia que en los artesanales se coloca el ventilador en la puerta del horno dando paso a que la ceniza volante que quedara, será expulsada mediante las chimeneas quedando así mínimas cantidades, por lo contrario los hornos industriales utilizados en dicha zona tienen un sistema de encendido inverso mediante la chimenea, el cual da lugar a mayor residuo de ceniza volante de fondo, dando lugar a una mejor calidad y mayor cantidad.

La calidad fue determinada por los insumos que se utilizan en dichos hornos para quemar los ladrillos, en el caso de los hornos artesanales le colocan leña, aserrín, troncos de eucalipto y muchas veces otros artículos contaminantes como son llantas para su rápido encendido, al



contrario que en los hornos industriales, el uso de aserrín y leña solamente da lugar a una mejor calidad de ceniza volante de fondo residual.

## **2.3 Hipótesis.**

### **2.3.1 Hipótesis General.**

La ceniza volante de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante, mejorara las propiedades físico-mecánicas de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.

### **2.3.2 Sub Hipótesis.**

#### **Sub hipótesis N°1**

La adición de ceniza volante, este nos dará un índice de plasticidad (IP) mínima en la sub-rasante, teniendo un porcentaje de humedad dentro de los rangos establecidos según tipo de suelo encontrado, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.

#### **Sub hipótesis N°2**

Añadiendo ceniza volante, incrementará la densidad máxima seca del suelo, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.

#### **Sub hipótesis N°3**

Añadiendo ceniza volante, aumentara la capacidad de soporte (CBR) de la sub-rasante, generando mayor soporte de cargas aplicadas sobre ésta, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.

#### **Sub hipótesis N°4**

El uso de la ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; será económicamente menos costoso.



## 2.4 Definición de Variables.

### 2.4.1 Variables Independiente.

- Variable independiente X: Suelo.

Dimensiones de la variable X:

- Dimensión 1: Suelo no estabilizado.
- Dimensión 2: Suelo estabilizado.

Indicador de la variable X:

- Indicador 1: Ceniza volante en porcentaje variados.

### 2.4.2 Variable Dependiente.

- Variable dependiente Y: Propiedades físico y mecánicas.

Dimensiones de la variable Y:

- Dimensión 1: Plasticidad del suelo.
- Dimensión 2: Densidad máxima seca.
- Dimensión 3: capacidad de soporte (CBR).

Indicadores de las dimensiones de la variable Y.

- Indicador 1: Índice de Plasticidad (IP).
- Indicador 2: Relación entre contenido de humedad óptima (%) y densidad máxima seca (g/cm<sup>3</sup>).
- Indicador 3: Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y CBR

### 2.4.3 Variable Intermediaria

- Variable intermediaria: Costo.

Dimensión de la variable:

- Dimensión 1: Costo de la aplicación de ceniza volante.

Indicadores de las dimensiones de la variable.

- Indicador 1: Relación costo – beneficio.



## 2.4.4 Cuadro de Operacionalización de Variables.

**Tabla 8**

*Cuadro de operacionalización de variables*

VARIABLE	TIPO	DIMENSIONES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR	TECNICA	INSTRUMENTO DE INGENIERIA	INSTRUMENTO METODOLOGICO
Ceniza volante, de horno industrial y artesanal	independiente	- Suelo no estable - Suelo estabilizado con ceniza de fondo	Incorporación de la ceniza de fondo, para la estabilización, de la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.	Adición de ceniza volante en proporciones variados para mejorar las propiedades físico y mecánicas del suelo.	Porcentajes variados	Laboratorio	Laboratorio de suelos	
		Granulometría	Distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo.	Nos proporcionara las características del suelo.	Curva granulométrica	Laboratorio	Ensayo de granulometría	
Propiedades físico- mecánica	Dependiente	Contenido de humedad	de Generalmente se encuentra en un rango de 5 a 50% cuando se encuentra en su máxima capacidad de retención.	Tiene gran influencia en la máxima densidad del suelo	Porcentaje de agua en el suelo	laboratorio	Ensayo contenido de humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ manual de ensayo de materiales del (MTC)</li> <li>○ normas internacionales tales como la ASTM.</li> </ul>
		Índice de plasticidad	de Se expresa con el porcentaje del peso en seco de la muestra de suelo.	Indicara la plasticidad en la que está el suelo.	Limite líquido (L.L), limite plástico (L.P) e Índice de plasticidad (IP)	laboratorio	Ensayo de índice de plasticidad, limite líquido y limite plástico	
		Densidad máxima seca	Mayor densidad que puede alcanzar un suelo al ser compactado a la humedad optima	Máxima compactación	Relación entre humedad optima (%) y densidad máxima seca (g/cm3)	laboratorio	Proctor modificado	
		Capacidad de soporte	de Máxima carga de contacto, tal que no se produzca un fallo por cortante del suelo	Máxima carga de contacto	Capacidad portante	Laboratorio	Ensayo CBR	

Fuente: Elaboración propia.



## Capítulo III: Metodología

### 3.1 Metodología de la Investigación.

#### 3.1.1 Enfoque de la Investigación

La tesis que se presenta tiene un enfoque cuantitativo, ya que se recopilieron datos numéricos para llevar a cabo la investigación. Se utilizaron mediciones y verificaciones numéricas para identificar y evaluar los parámetros relacionados con las variables de estudio, con el objetivo de probar la hipótesis general planteada.

Esta investigación es el fundamento para futuras investigaciones en estabilización, con el objetivo que esta se normalice, debido a que es un proyecto de investigación y esa da la posibilidad de investigar y proponer, que en un futuro se generen nuevas normas utilizando la ceniza volante como estabilizante.

Según (Sampieri Hernandez, 2014) “El enfoque cuantitativo, utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en un población”.

#### 3.1.2 Nivel o Alcance de la Investigación.

La investigación abarca características tanto exploratorias como descriptivas y comparativas, con un enfoque explicativo. En primer lugar, se explora el uso de un aditivo como estabilizante, que hasta el momento no ha sido utilizado en ningún proyecto. Además, se describe detalladamente el proceso de pruebas que se realizarán en las muestras para evaluar su eficiencia. Por último, se busca establecer una relación causa-efecto al comparar una muestra de suelo natural con una muestra tratada con el aditivo, lo que permitirá obtener resultados comprobables y factibles.

#### 3.1.3 Método de investigación.

El enfoque metodológico utilizado en esta investigación es el método hipotético-deductivo. Este método sigue un proceso científico que consta de varios pasos fundamentales. En primer lugar, se realiza una observación detallada del fenómeno a estudiar. A partir de esta observación, se formula una hipótesis que busca explicar dicho fenómeno. Luego, se deducen consecuencias o proposiciones más específicas a partir de la hipótesis planteada. Por último, se lleva a cabo la verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos mediante



la comparación con la experiencia y los datos recopilados en el estudio. De esta manera, se sigue un camino lógico y estructurado para abordar la investigación científica.

### **3.2 Diseño de la Investigación.**

#### **3.2.1 Diseño Metodológico.**

El proyecto realizado presenta un diseño experimental; puesto que, para la obtención de las magnitudes de las propiedades físico-mecánicas se tuvo que realizar ensayos de laboratorio manipulando las variables como los porcentajes de ceniza volante, los cuales produjeron cambios en las propiedades mencionadas como: granulometría, contenido de humedad, índice de plasticidad, proctor Modificado y CBR.

Por lo que dicha investigación vendría a ser: **Experimental**

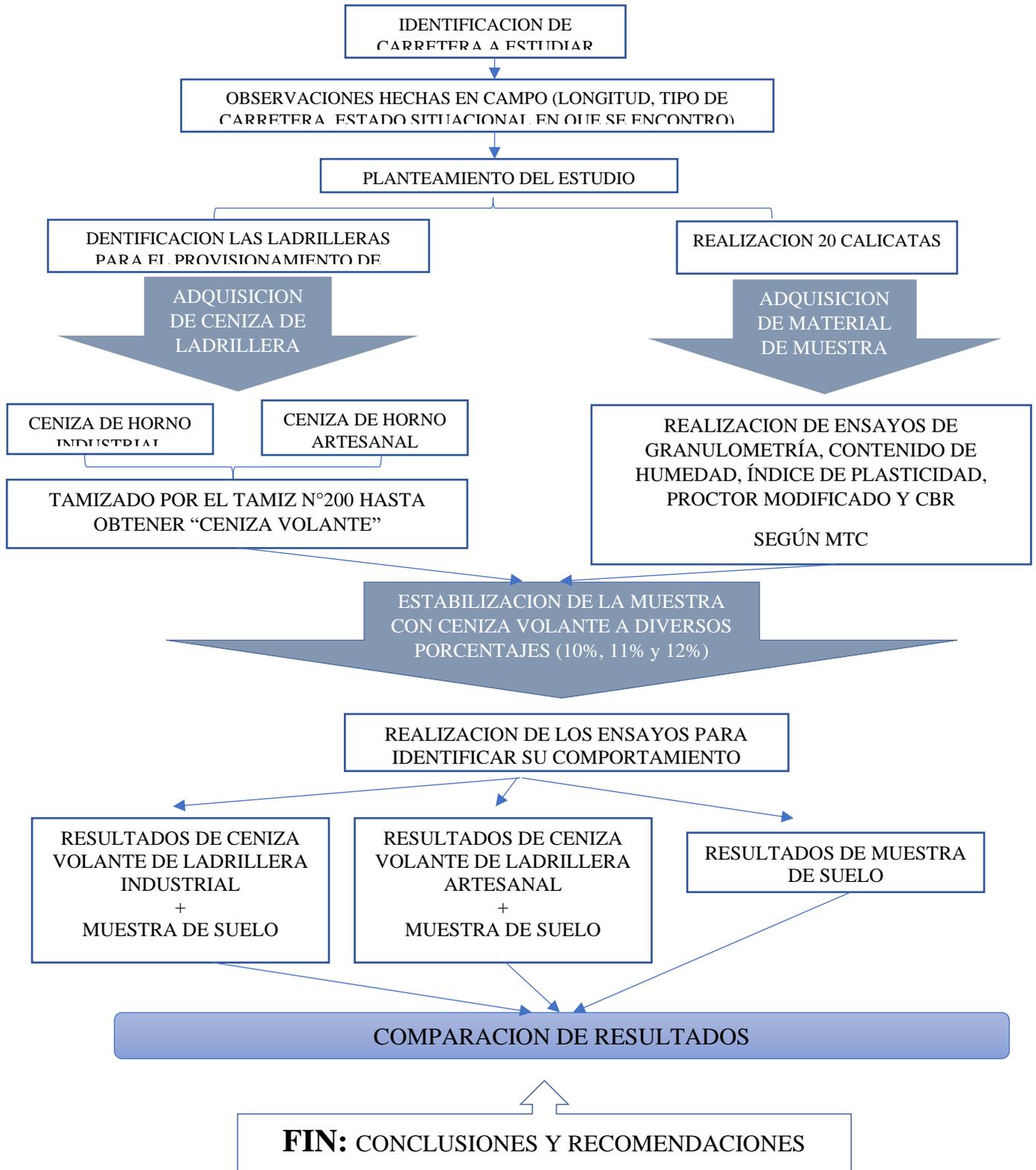
#### **3.2.2 Diseño de Ingeniería.**

##### **Figura 6**

*Procedimiento para realizar la estabilización de suelo*



“EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO. 2021”



Fuente: Elaboración propia.



### **3.3 Población y Muestra.**

#### **3.3.1 Población.**

##### ***3.3.1.1 Descripción de la Población.***

Según, (Sampieri Hernandez, 2014) “Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones, los cuales pertenecen al ámbito donde se desarrolla el trabajo de investigación”.

En esta investigación, la población viene a ser los pobladores de la Carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, Distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, Provincias de Cusco, Anta y Urubamba, Departamentos del Cusco; lugar donde se realizó las calicatas, para posteriormente analizarlas.

##### ***3.3.1.2 Cuantificación de la Población.***

En esta investigación, la población viene a ser única debido a que ésta es conformada por la carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, Distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, Provincias de Cusco, Anta y Urubamba, Departamentos del Cusco; lugar donde se realizó la mejora del suelo.

#### **3.3.2 Muestra.**

##### ***3.3.2.1 Descripción de la Muestra.***

Según, (Sampieri Hernandez, 2014) “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Es un subconjunto de elemento que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que se le llama población”

La cantidad de muestras tomadas fue determinada según el MTC 2014; sección suelos y pavimentos que da conformidad al artículo 18 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial; la cual contempla en el ítem 2.2.4 (tabla 5).

Teniendo en cuenta que, se obtuvo un IMDA  $\leq 200$  veh/día esto debido al estado actual de la carretera; según el cuadro deberá ser una calicata por kilómetro.

Con este antecedente, considerando que nuestro proyecto en estudio posee 18 km de longitud, se optó por tomar 20 calicatas considerando el km 0+000 como puntos de muestreo inicial y el km 18+000 como punto de muestreo final. Además, observándose visiblemente que en el km 02+000 y 03+000 se pudo identificar mayor inestabilidad, por ende, se optó por realizar colocar una calicata intermedia para su mejor identificación, contabilizando así las 20 calicatas que especifica nuestro proyecto en estudio.



Por consiguiente, en la presente investigación, la muestra viene a ser el material extraído de la carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, Distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, Provincias de Cusco, Anta y Urubamba, Departamentos del Cusco. Según nuestro estudio de suelos, tenemos los siguientes resultados; presentados en las siguientes tablas.

**Tabla 9**

*Descripcion de calicatas*

CALICATA	PROFUNDIDAD (M)	CLASIFICACION	
		SUCS	AASHTO
Calicata N° 01	1.50m	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(0)
Calicata N° 02	1.50m	SM (Arena limosa con grava)	A-2-4(0)
Calicata N° 03	1.50m	CL (Arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata N° 04	1.50m	SC (Arena arcillosa con grava)	A-6(1)
Calicata N° 05	1.50m	SC (Arena arcillosa con grava)	A-7-6(5)
Calicata N° 06	1.50m	SC (Arena arcillosa con grava)	A-6(2)
Calicata N° 07	1.50m	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(1)
Calicata N° 08	1.50m	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(2)
Calicata N° 09	1.50m	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(2)
Calicata N° 10	1.50m	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(3)
Calicata N° 11	1.50m	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(3)
Calicata N° 12	1.50m	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(3)
Calicata N° 13	1.50m	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(1)
Calicata N° 14	1.50m	SM (Arena limosa con grava)	A-5(1)
Calicata N° 15	1.50m	SM (Arena limosa)	A-4(0)
Calicata N° 16	1.50m	SM (Arena limosa)	A-2-4(0)
Calicata N° 17	1.50m	CL (Arcilla baja plasticidad)	A-4(3)
Calicata N° 18	1.50m	CL (Arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata N° 19	1.50m	CL (Arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata N° 20	1.50m	GC (Grava arcillosa con arena)	A-2(4)

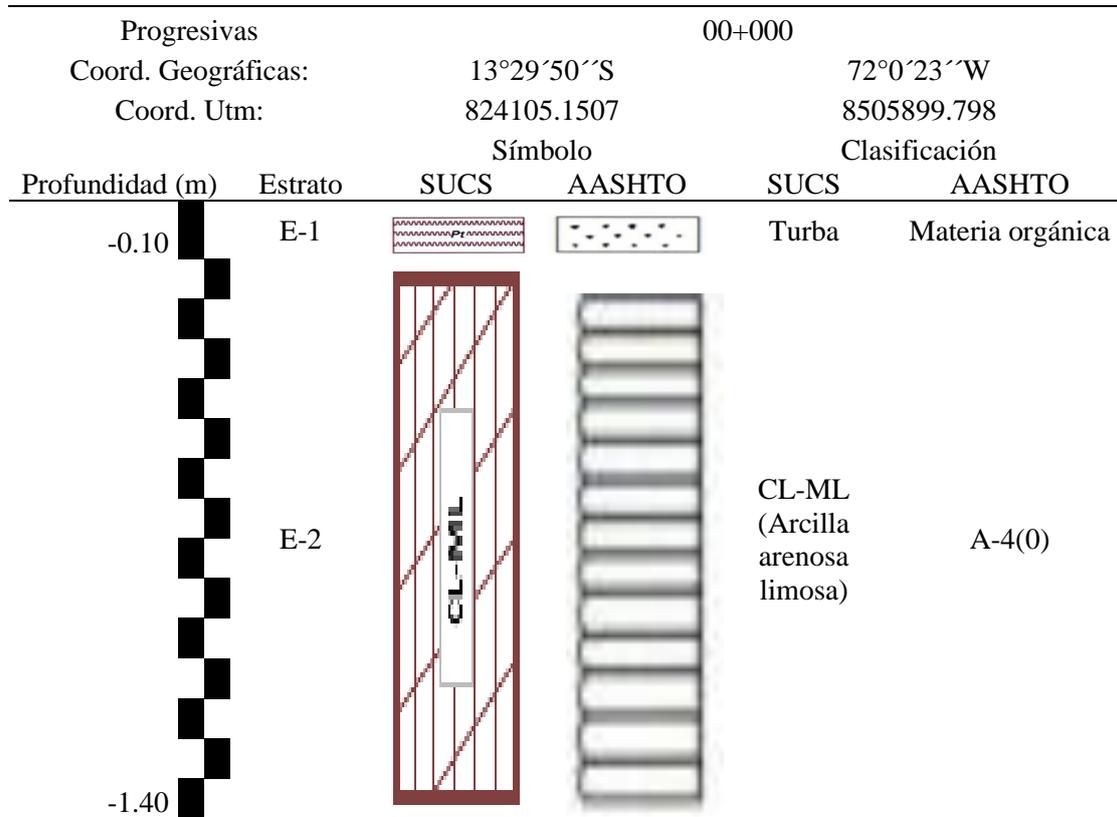
Fuente: Elaboración propia.

Nuestros suelos estudiados y estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial, presentan la siguiente estratigrafía:



**Tabla 10**

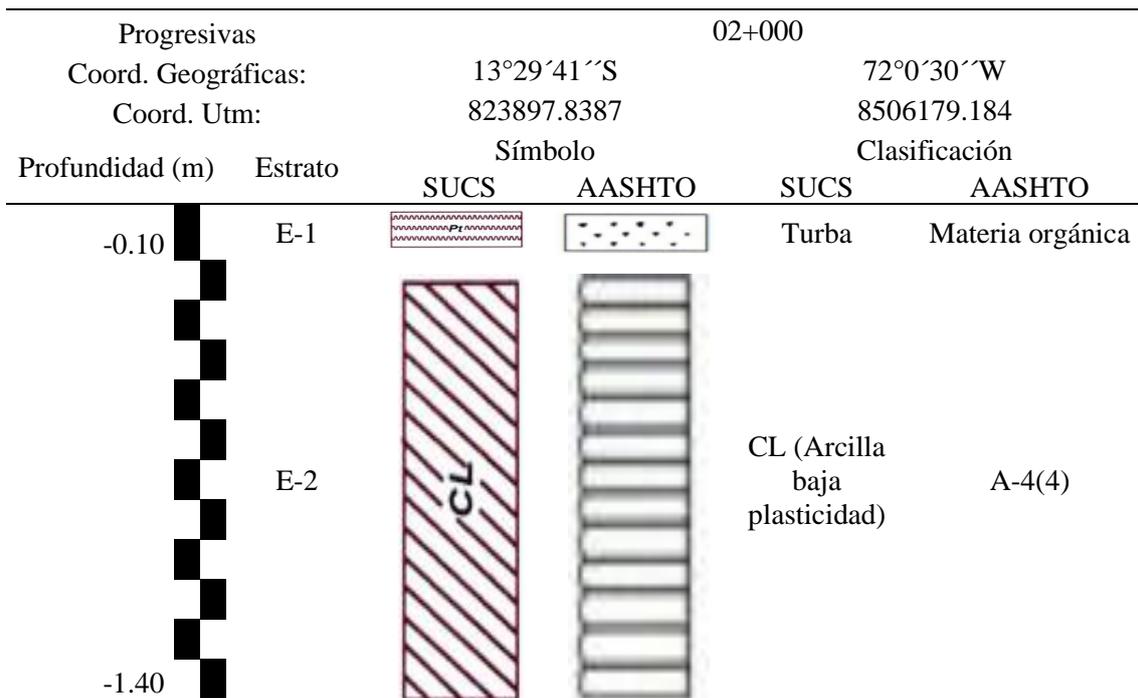
*Estratigrafía C-01*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11**

*Estratigrafía C-03*



Fuente: Elaboración propia.

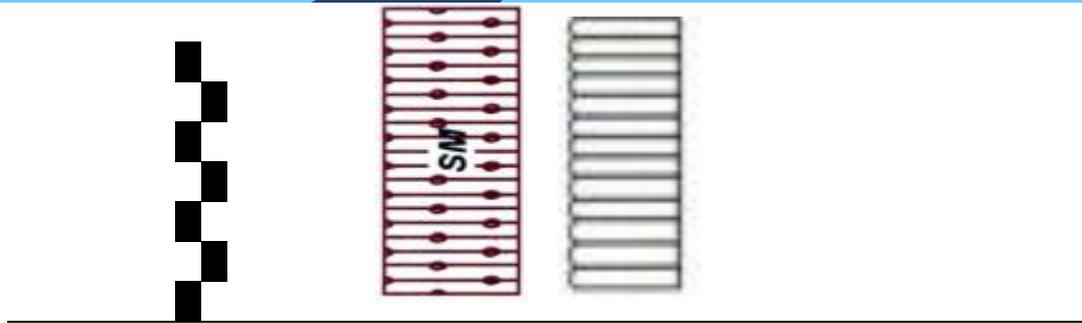
**Tabla 12**  
*Estratigrafía C-04*

Progresivas		02+500			
Coord. Geográficas:		13°29'42''S		72°0'39''W	
Coord. Utm:		823626.5767		8506151.729	
Profundidad (m)	Estrato	Símbolo		Clasificación	
		SUCS	AASHTO	SUCS	AASHTO
-0.10	E-1			Turba	Materia orgánica
-1.40	E-2			SC (Arena arcillosa con grava)	A-6(1)

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13**  
*Estratigrafía C-15*

Progresivas		13+000			
Coord. Geográficas:		13°26'30''S		72°2'13''W	
Coord. Utm:		820868.5383		8512091.288	
Profundidad (m)	Estrato	Símbolo		Clasificación	
		SUCS	AASHTO	SUCS	AASHTO
-0.10	E-1			Turba	materia orgánica
-1.40	E-2			SM (Arena limosa)	A-4(0)



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2.2 Cuantificación de la Muestra.

En nuestro caso, la muestra es el suelo de la zona estudiada en la carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, Distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, Provincias de Cusco, Anta y Urubamba, Departamentos del Cusco; lugar donde se realizó las calicatas, para posteriormente realizar los ensayos correspondientes.

### 3.3.2.3 Método de muestreo.

Según, (Sampieri Hernandez, 2014) “Los métodos de muestreo se refieren a la manera en la que se selecciona a los miembros de la población que van a participar en el estudio. Si una muestra no se selecciona aleatoriamente, es probable que presente algún tipo de sesgo, y los datos pueden no ser representativos de la población”.

Se comenzó por el reconocimiento del lugar para luego tener información de la identificación de zonas críticas, accesibilidad, facilidad de sacar dichas muestras sin perjudicar a la población y transeúntes.

### 3.3.2.4 Criterios de evaluación de muestra.

Las muestras, fueron evaluadas bajo los diversos ensayos:

**Tabla 14**

*Criterios de Evaluacion de Muestra*

Ensayo	Norma
Estratigrafía (prof. 1.50m)	Manual de carretera de suelos, geología, geotecnia y pavimentos.
Granulometría	MTC E 107/ análisis granulométrico de suelos por tamizado.
Contenido de humedad	MTC E 108/ determinacion del contenido de humedad de un suelo.
Limite liquido	MTC E 110/ determinacion del limite liquido de suelos.
Limite plástico	MTC E 111/ determinacion del limite plastico (LP) de los suelos e indice de plasticidad (IP).



Clasificación de suelos	Manual de carretera de suelos, geología, geotecnia y pavimentos.
Proctor modificado	MTC E 115/ compactacion de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado).
Cbr de suelos	MTC E 132/ CBR de suelos (laboratorio).

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3 Criterios de inclusión.

- Para la presente investigación se tomó en cuenta la carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, Distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, Provincias de Cusco, Anta y Urubamba, Departamentos del Cusco. Considerando que ésta en proceso de crecimiento poblacional y el cual posteriormente será pavimentada.
- Se realizó la recolección de ceniza volante de un horno artesanal y otra con horno industrial, provenientes de las ladrilleras de San Jerónimo - Cusco.
- Se tomaron en cuenta los suelos más inestables para el análisis de estos.
- Todos los ensayos fueron realizados de acuerdo al MTC.

## 3.4 Instrumentos.

### 3.4.1 Instrumentos Metodológicos.

#### *3.4.1.1 Instrumento de Recolección de Datos para Análisis Granulométrico, Contenido de Humedad y Limite de Consistencia y Clasificación de Suelos.*

##### **Tabla 15**

*Instrumento de recolección de datos para análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de consistencia y clasificación de suelos*



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPUIUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra Solicita** : SONCCO -UNUYSONCCO  
**Profundidad** :  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022.

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total :  
Peso de fracción :  
Peso de muestra lavada :

**Humedad Natural (MTC E 108)**

P.M.H. =  
P.M.S. =  
% W =

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes			
Recipiente Nº			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso Recip.			
Peso Agua			
Peso S. Seco			
% de Humedad			

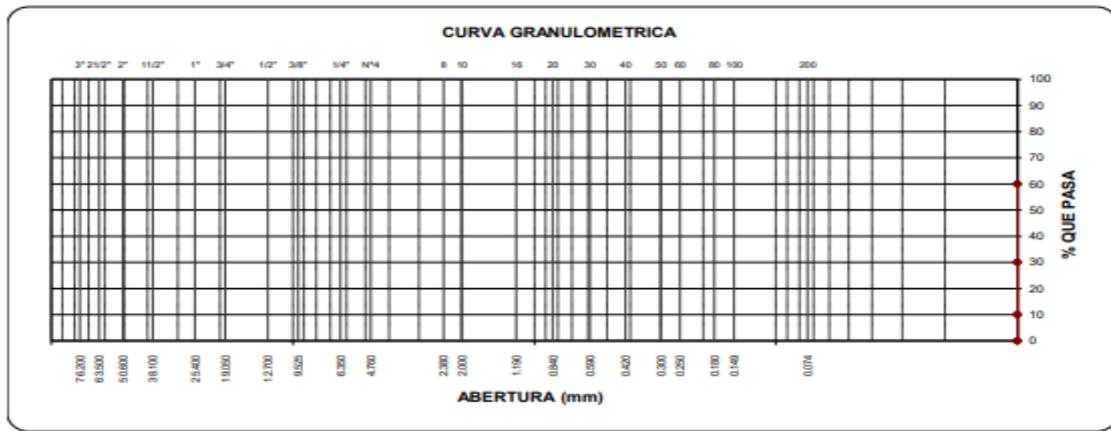
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso Recip.			
Peso Agua			
Peso S. Seco			
% de Humedad			

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
No4	4.760					
8	2.360					
10	2.000					
16	1.190					
30	0.600					
40	0.420					
50	0.300					
100	0.149					
200	0.074					
< 200						



Clasificación SUCS:	LL :	Máx.Dens.Seca :	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "
Clasificación AASHTO:	LP :	Humedad Optima	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "



OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.1.4 Instrumento de Recolección de Datos para Ensayo de Proctor Modificado.

Tabla 16

Instrumento de recolección de datos para ensayo de proctor modificado



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : 0

**Solicita** : SONCCO -UNUYSONCCO

**Profundidad** :

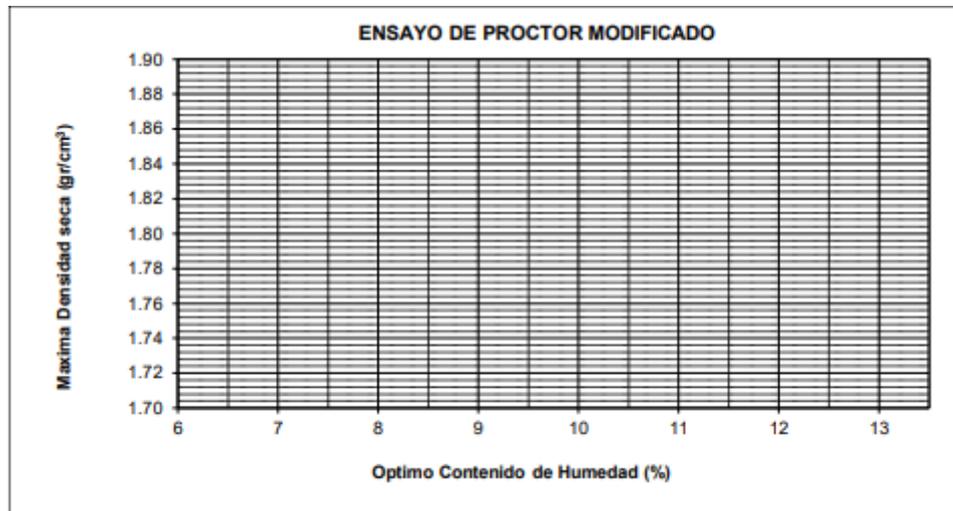
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022.

Compactación	Método( )				
Prueba N°	1	2	3	4	
Número de capas					
Número de golpes					
Peso suelo + molde (gr.)					
Peso molde (gr.)					
Peso suelo compactado (gr.)					
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )					
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )					

Humedad (%)					
Tara N°					
Tara + suelo húmedo (gr.)					
Tara + suelo seco (gr.)					
Peso de agua (gr.)					
Peso de tara (gr.)					
Peso de suelo seco (gr.)					
Humedad (%)					
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )					

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) :

Optimo Contenido de Humedad (%) :



Fuente: Elaboración propia.

**3.4.1.5 Instrumento de Recolección de Datos para Ensayo de CBR.**

**Tabla 17**

*Instrumento de recolección de datos para ensayo de CBR*



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra**

**Solicita** : SONCCO -UNUYSONCCO

**Profundidad** :

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022.

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) :

Optimo Contenido de Humedad (%) :

**Compactación**

Molde N°			
Número de capas			
Número de golpes			
Peso suelo + molde (gr.)			
Peso molde (gr.)			
Peso suelo compactado (gr.)			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )			
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )			

**Humedad (%)**

Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)			
Tara+suelo seco (gr.)			
Peso de agua (gr.)			
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)			
Humedad (%)			
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )			

**Aplicación de Carga**

Penetración (Pulg.)	Presión (mm.) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde ( )		Molde ( )		Molde ( )	
		Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64						
0.050	1.27						
0.075	1.91						
0.100	2.54						
0.150	3.81						
0.200	5.08						
0.250	6.35						
0.300	7.62						
0.350	8.89						
0.400	10.16						
0.450	11.43						
0.500	12.70						

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
% EXP.			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18**

*Instrumento de recolección de datos para la determinación del CBR*



ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco - Dpto. Cusco.

Muestra :

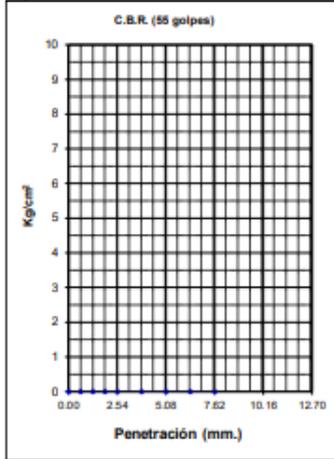
Solicita : SONCCO -UNUYSONCCO

Profundidad :

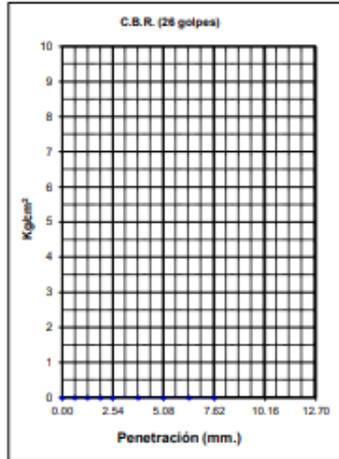
Fecha : Cusco, octubre del 2022.

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) :

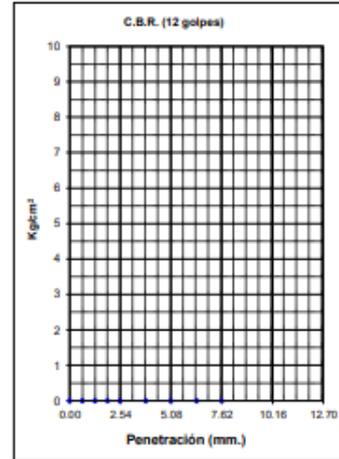
Optimo Contenido de Humedad (%) :



C.B.R. (0.1")-55 Golpes:
C.B.R. (0.2")-55 Golpes:
Densidad Seca (gr/cc) :

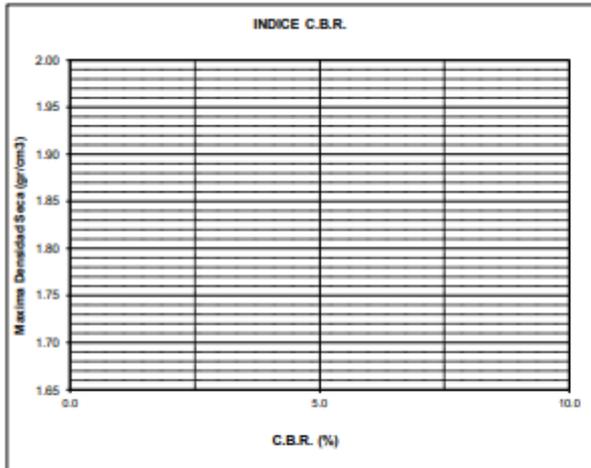


C.B.R. (0.1")-26 Golpes:
C.B.R. (0.2")-26 Golpes:
Densidad Seca (gr/cc) :



C.B.R. (0.1")-12 Golpes:
C.B.R. (0.2")-12 Golpes:
Densidad Seca (gr/cc) :

DETERMINACION DE C.B.R.



M.D.S. :
95% DE M.D.S. :

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : %
C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : %
C.B.R. (95% M.D.S.) 02" : %

OBSERVACIONES :

Four horizontal dashed lines for observations.

Fuente: Elaboración propia.



### **3.4.2 Instrumentos de Ingeniería.**

#### **3.4.2.1 Granulometría.**

- Balanza.
- Tamices.
- Espátula.
- Cucharón.
- Comba.

#### **3.4.2.2 Contenido de Humedad.**

- Balanza.
- Cucharón.
- Horno.

#### **3.4.2.3 Limite de consistencia.**

- Recipiente para almacenaje.
- Aparato del límite líquido o de Casagrande.
- Acanalador.
- Taras.
- Horno.
- Espátula.
- Balanza.
- Tamiz N°40.
- Vidrios de reloj.
- Superficie de rodadura.

#### **3.4.2.4 Proctor Modificado.**

- Molde.
- Pistón de compactación.
- Balanza.
- Extractor de muestras.
- Horno de secado.
- Regla.
- Tamices.

#### **3.4.2.5 Cbr.**

- Molde.
- Disco espaciador.



- Pistón de compactación.
- Estufa.
- Balanza.
- Tamices.

### 3.5 Procedimientos de Recolección de Datos.

#### 3.5.1 Exploración de la Zona de Investigación.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, como primer paso fue el de explorar el área de investigación. La carretera a estudiar tiene un total de 18 km, en los cuales se realizaron calicata para su posterior estudio.

Así como se muestra en la figura 1; se indica que al realizar la exploración se observó que la zona de investigación presenta alta erosión en taludes, colapso de talud, inestabilidad de suelo, así también el desprendimiento de vía; generando peligro para la población y el tránsito vehicular.

#### Figura 7

*Exploracion de la zona de investigacion*



Fuente. Elaboración propia.

#### 3.5.2 Toma de muestra.

Una vez explorada la zona de investigación se procedió a realizar calicatas en toda la carretera de estudio, indicando que hubo zonas críticas donde se realizaron calicatas continuas; se procedió a la toma de muestras y posteriormente realizar los ensayos mencionados. Se indica que número de calicatas obedece al MTC 2014, como ya se explicó en el ítem 03.03.02.01.

A continuación; se muestran fotos de las calicatas menos favorables con respecto a su estratigrafía, se realizó una verificación visual y física in situ, que son parte de los procedimientos que se indican en el manual de carreteras, así también se tomó como referencia el resultado de CBR; considerando que según el MTC dentro de los parámetros para una subrasante excelente esta debe ser  $\geq 30\%$ , eligiendo el CBR más bajo de cada tipo de suelo encontrado en la carretera estudiada.

La toma de muestra de las calicatas 01, 03, 04 y 15 se iniciaron con el trazo de 1.20m x 1.20m, para luego hacer una excavación de 1.50 m de profundidad, se extrajeron 1 saco de 10kg de cada calicata para los respectivos ensayos que posteriormente se realizaron.

Se indica que la calicata 01 tiene como clasificación de suelos SUCS CL-ML (arcilla arenosa limosa) y AASHTO A-4(0), ubicado en la progresiva 00+000 de la carretera estudiada.

### Figura 8

#### *Muestra de calicata 01*



Fuente: Elaboración propia.

La calicata 03 tiene como clasificación de suelos SUCS CL (arcilla baja plasticidad) y AASHTO A-4(4), ubicado en la progresiva 02+000 de la carretera estudiada.

### Figura 9

#### *Muestra de calicata 03*



Fuente: Elaboración propia.

La calicata 04 tiene como clasificación de suelos SUCS SC (arena arcillosa con grava) y AASHTO A-6(1), ubicado en la progresiva 02+500 de la carretera estudiada.

**Figura 10**

*Muestra de calicata 04*



Fuente: Elaboración propia.

La calicata 15 tiene como clasificación de suelos SUCS SM (arena limosa) y AASHTO A-4(0), ubicado en la progresiva 13+000 de la carretera estudiada.

**Figura 11**

*Muestra de calicata 15*



Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron 20 calicatas, con una profundidad de 1.50m; los cuales se encuentran en las siguientes coordenadas:

**Tabla 19**

*Coordenadas de ubicación de calicatas*

Calicata	Ubicación	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM (zona 18 s)		Progresivas
		Latitud	Longitud	X	Y	



Calicata  
N° 01



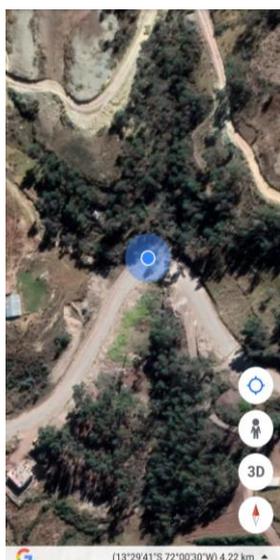
13°29'50''S 72°0'23''W 824105.1507 8505899.798 00+000

Calicata  
N° 02



13°29'44''S 72°0'27''W 823987.0089 8506085.811 01+000

Calicata  
N° 03



13°29'41''S 72°0'30''W 823897.8387 8506179.184 02+000



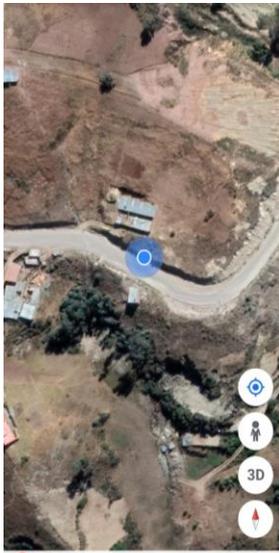
Calicata  
N° 04



Pin colocado  
13°29'42"S 72°00'39"W · 3.73 km

13°29'42''S 72°0'39''W 823626.5767 8506151.729 02+500

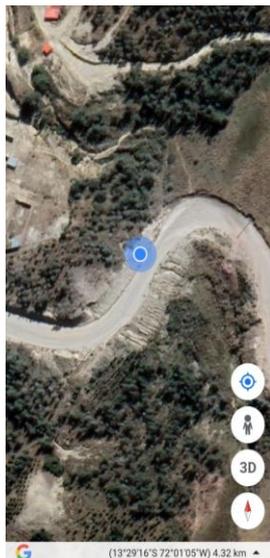
Calicata  
N° 05



(13°29'34"S 72°00'50"W) 4.24 km

13°29'34''S 72°0'50''W 823298.4885 8506401.818 03+000

Calicata  
N° 06



(13°29'16"S 72°01'05"W) 4.32 km

13°29'16''S 72°1'5''W 822853.7362 8506960.934 04+000



Calicata  
N° 07



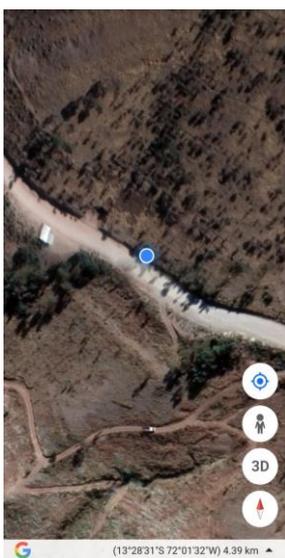
13°29'10''S 72°1'20''W 822404.4871 8507150.957 05+000

Calicata  
N° 08



13°28'51''S 72°1'15''W 822562.0753 8507733.511 06+000

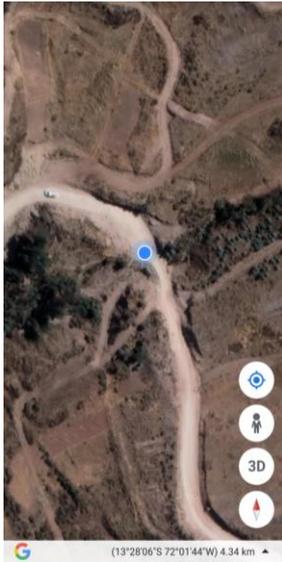
Calicata  
N° 09



13°28'31''S 72°1'32''W 822057.8251 8508354.848 07+000



Calicata  
N° 10



13°28'6''S 72°1'44''W 821705.9154 8509128.135 08+000

Calicata  
N° 11



13°27'52''S 72°2'2''W 821169.2865 8509565.271 09+000

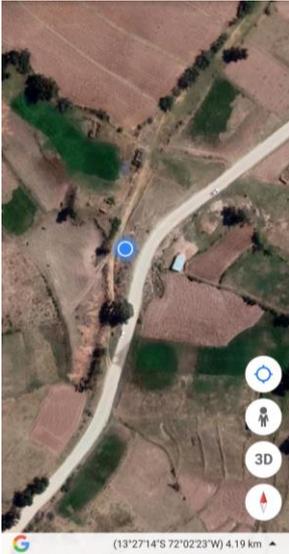
Calicata  
N° 12



13°27'35''S 72°2'23''W 820543.4449 8510095.748 10+000

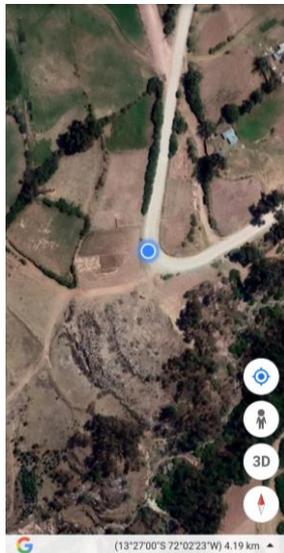


Calicata  
N° 13



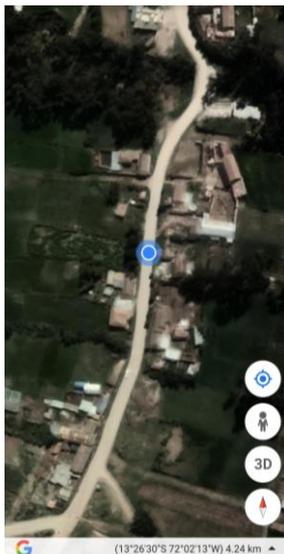
13°27'14''S 72°2'23''W 820551.2177 8510741.631 11+000

Calicata  
N° 14



13°27'0''S 72°2'23''W 820556.3977 8511172.219 12+000

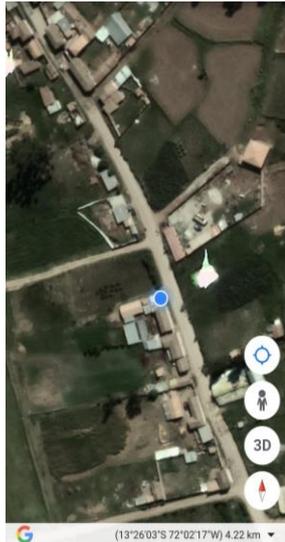
Calicata  
N° 15



13°26'30''S 72°2'13''W 820868.5383 8512091.288 13+000

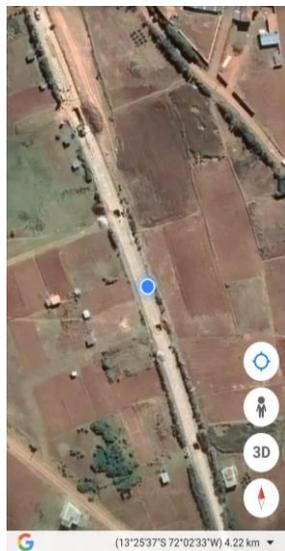


Calicata  
N° 16



13°26'3''S 72°2'17''W 820758.1055 8512923.158 14+000

Calicata  
N° 17



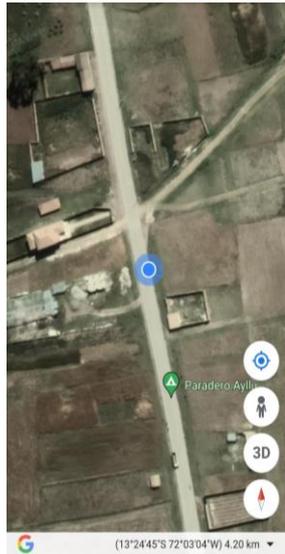
13°25'37''S 72°2'33''W 820286.0144 8513728.606 15+000

Calicata  
N° 18



13°25'14''S 72°2'51''W 819752.5723 8514442.491 16+000

Calicata  
N° 19



13°24'45''S 72°3'4''W 819371.8432 8515339.097 17+000

Calicata  
N° 20



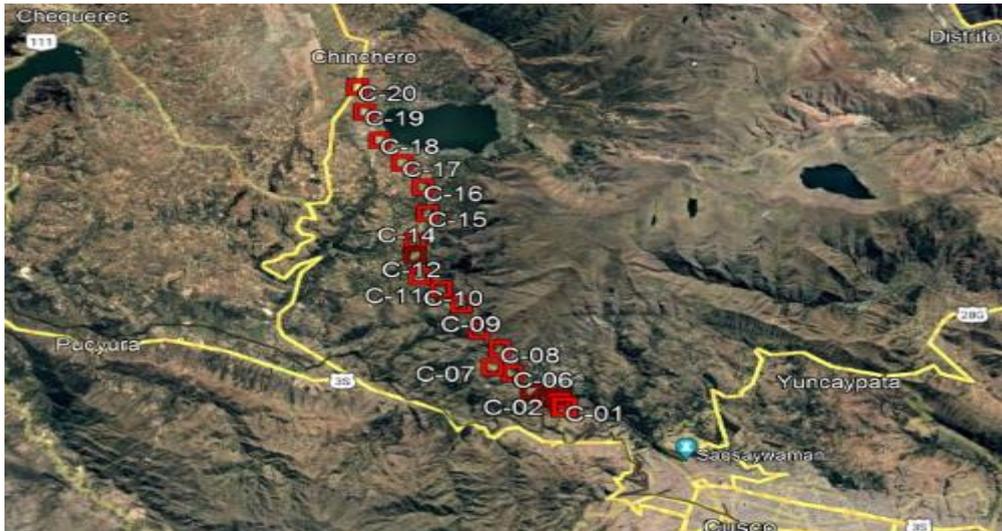
13°24'23''S 72°3'9''W 819229.3834 8516017.526 18+000

---

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12**

*Ubicación de calicatas en la carretera*



Fuente: Elaboración propia.

Se visitó la zona ladrillera de San Jerónimo- Cusco para obtener las muestras de ceniza volante artesanal e industrial, para posteriormente usarlas en la estabilización.

El procedimiento de toma de muestra de ceniza volante artesanal y ceniza volante industrial se inició con la extracción del material en costales (5kg) luego pasarla por el tamiz N°200 ya que esta tiene pedazos de carbón, madera y otros desechos inorgánicos, para así tener un material más puro para la estabilización el cual recibe el nombre de “ceniza volante”.

### Figura 13

#### *Horno artesanal*



Fuente. Elaboración propia.



**Figura 14**

*Horno industrial*



Fuente. Elaboración propia.

**Figura 15**

*Visita a ladrillera industrial*



Fuente. Elaboración propia.

### **3.5.3 Ensayo Granulometría.**

#### **a. Equipos y Materiales.**

Equipos.

- Tamizadora mecánica.
- Balanza digital de precisión 0.01gr.

Materiales.

- Serie de tamices: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°10, N°16, N°30, N°40, N°50, N°100, N°200, tapa y fondo.



- Martillo de goma, bandejas, bol y cucharon.

**b. Procedimiento.**

- Se pesó una muestra considerable del material extraído, con la ayuda del martillo de goma se obtuvo muestras más finas. Luego se pasó al lavado del material.
- Seguidamente se colocó en bandejas para el secado en horno, por 24 horas.
- Una vez pasado el tiempo en el horno, se pesó la muestra seca y posteriormente se colocó la muestra en la maquina tamizadora por un periodo de 15 minutos.
- Terminado el tamizado, se pesó las muestras retenidas en cada número de tamiz, con estos datos se pasó a realizar la curva granulométrica.

**Figura 16**

*Tamizado de las muestras*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 17**

*Distribucion de la muestra tamizada*



Fuente: Elaboración propia.

**c. Toma de Datos.**



**Tabla 20**

*Datos obtenidos del ensayo de granulometria*

MUESTRA	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06	C-07	C-08	C-09	C-10	C-11	C-12	C-13	C-14	C-15	C-16	C-17	C-18	C-19	C-20		
Malla	% Ret																					
Tamiz mm.	Parcial (gr)																					
3"	76.200	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
2 1/2"	63.500	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.600	100.00	100.00	100.00	96.6	100.00	96.3	95.5	100.00	100.00	97.4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	100.00	100.00	100.00	94.5	95.9	96.3	89.7	97.8	98.3	95.9	100.00	100.00	100.00	95.9	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	94.5
1"	25.400	98.9	98.4	100.00	86.1	95.3	94.5	81.3	96.0	95.2	94.1	100.00	100.00	99.0	95.3	100.00	100.00	99.2	100.00	100.00	92.0	
3/4"	19.050	97.9	95.8	99.4	81.6	95.1	92.6	79.0	94.8	93.5	92.6	100.00	100.00	98.3	95.1	100.00	100.00	98.4	100.00	99.5	84.1	
1/2"	12.700	95.7	91.0	98.5	72.3	93.2	90.3	77.4	94.3	93.1	88.7	100.00	100.00	97.1	93.2	100.00	100.00	96.7	100.00	98.7	78.6	
3/8"	9.525	92.6	86.1	96.6	67.4	92.1	88.7	76.8	94.0	92.8	86.2	100.00	100.00	95.4	92.1	100.00	100.00	96.0	100.00	98.1	75.3	
1/4"	6.350	90.2	79.3	94.4	62.9	88.6	85.1	76.4	93.4	92.4	85.0	100.00	100.00	93.5	88.6	100.00	100.00	95.4	100.00	96.6	67.6	
No4	4.760	88.2	74.4	92.6	58.8	86.5	82.9	76.2	93.1	91.9	84.0	100.00	100.00	92.2	86.5	100.00	100.00	93.0	99.2	95.9	61.6	
8	2.360	81.9	64.8	85.5	52.9	76.5	77.4	72.4	91.8	88.7	81.5	99.9	99.5	86.0	76.5	99.9	97.1	91.5	98.1	94.2	57.7	
10	2.000	80.5	61.2	83.1	51.5	73.1	75.7	71.6	91.4	87.9	80.5	99.9	99.4	83.7	73.1	99.8	95.7	91.2	97.6	93.6	56.4	
16	1.190	76.1	52.0	77.0	47.9	64.0	70.1	69.3	90.4	86.0	78.7	99.8	98.6	80.0	64.0	99.7	89.7	90.0	95.7	91.4	52.2	
30	0.600	70.8	42.9	71.0	43.9	57.8	63.7	66.0	88.6	83.9	76.2	99.3	97.0	74.7	57.8	99.4	76.5	87.7	92.5	88.4	46.1	
40	0.420	68.1	40.0	69.4	42.4	55.3	61.3	65.3	87.4	82.8	75.1	98.4	95.9	72.6	55.3	97.7	67.8	86.1	89.6	86.4	43.9	
50	0.300	64.0	36.6	67.4	40.5	51.6	56.7	62.1	82.0	78.4	72.9	95.9	93.0	69.5	51.6	92.4	52.8	81.4	84.5	83.2	41.1	
100	0.149	60.8	34.0	65.1	38.7	48.6	50.3	56.1	69.0	69.3	70.4	93.9	84.6	65.8	48.6	68.1	39.8	71.2	76.3	77.5	38.7	
200	0.074	58.80	31.3	62.50	37.2	45.8	43.2	50.4	59.7	62.1	66.8	93.1	74.8	61.1	45.8	43.0	28.3	58.2	70.3	69.3	36.3	
< 200		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Elaboración propia.



### 3.5.4 Ensayo Contenido de Humedad.

#### a. Equipos y Materiales.

Equipos.

- Horno de secado.
- Balanza digital de precisión 0.01gr.

Materiales.

- Taras.
- Guantes.

#### b. Procedimiento.

- Como primer paso, fue el de pesar la muestra que se extrajo de las calicatas. Posteriormente se hizo el respectivo peso de taras, donde se colocaron la muestra.
- Se pasó a pesar TARA + MUESTRA HUMEDAD, para seguidamente colocarlas al horno por 24 horas.
- Pasado el tiempo se prosiguió a pesar TARA + MUESTRA SECA. Obteniendo mediante formula el % HUMEDAD.

### Figura 18

*Muestras introducidas al horno*



Fuente: Elaboración propia.

### Figura 19

*Muestras sacadas del horno*



Fuente: Elaboración propia.

**c. Toma de Datos.**

**Tabla 21**

*Datos obtenidos del ensayo de contenido de humedad*

Calicata	Peso de muestra humedad (gr)	Peso de muestra seca (gr)	Humedad (%)
C-01	393.40	331.70	18.60%
C-02	552.40	500.30	10.41%
C-03	443.20	389.70	13.73%
C-04	543.70	475.50	14.34%
C-05	257.10	194.70	32.05%
C-06	276.20	221.00	24.98%
C-07	502.60	435.90	15.30%
C-08	447.80	391.40	14.41%
C-09	375.90	331.20	13.50%
C-10	524.80	456.20	15.04%
C-11	453.60	392.70	15.51%
C-12	403.80	354.10	14.04%
C-13	480.20	416.90	15.18%
C-14	257.10	194.70	32.05%
C-15	615.60	489.65	25.72%
C-16	369.20	325.48	13.43%
C-17	428.50	374.56	14.40%
C-18	435.60	372.54	16.93%
C-19	358.50	315.64	13.58%
C-20	356.12	328.31	8.47%

. Fuente: Elaboración propia.

**3.5.5 Ensayo de Límites de Consistencia (Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad).**

**a. Equipos y Materiales.**

Equipos.



- Balanza digital de precisión 0.01gr.

Materiales.

- Cuchara Casagrande.
- Ranurador, pizon, mortero y pizeta.
- Vidrio esmerilado.
- Varilla de calibración.
- Taras.
- Tamiz N° 40.
- Cucharon, bandejas, espátula, martillo de goma.

#### **b. Procedimiento.**

- Se tamizo una porción de muestra por el tamiz N°40, esto sería usado para los ensayos de limite líquido y limite plástico.
- Limite liquido: Se colocó una muestra tamizada considerable en el mortero, para seguidamente saturarlo con agua y mezclarlo hasta obtener una muestra homogénea; esta muestra no deberá tener burbujas de aire en la pasta.
- Se colocó una porción de esta pasta en la cuchara de Casagrande, y con la ayuda del ranurador se hizo un corte; verificando que no existan restos de suelo por debajo de la copa. Procediendo a contar los golpes al cual la ranura deberá juntarse.
- Una vez obtenido esto; se procedió a colocar en taras, pesándolas y llevándolas al horno, con un tiempo de 24 horas, para determinar su contenido de humedad.
- Limite plástico: obteniendo una porción de la muestra antes tamizada; se colocó ésta en el mortero para su saturación con agua, el resultado de esto será una pasta homogénea, con la ayuda del vidrio esmerilado se realizó cilindros de 3mm de diámetro.
- Obtenido estos cilindros, se pondrán en taras para luego pesarlas y colocarlas al horno por 24 horas; seguidamente calcular su contenido de humedad.

**Nota:** tanto para limite líquido y limite plástico; el mismo procedimiento se realizó al añadir ceniza volante artesanal e industrial en porcentajes de 10%, 11% y 12%.

#### **Figura 20**

*Limite liquido*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 21**

*Limite plastico*



Fuente: Elaboración propia.

**c. Toma de Datos.**

- Datos obtenidos respecto a calicatas.

Se recolectaron datos de los ensayos de límites de consistencia de cada calicata, total de 20 calicatas

**Tabla 22**

*Datos obtenidos de los ensayos limites de consistencia*

Calicata	Limite liquido (L.L)	Limite plástico (L.P)	Índice de plasticidad (I.P)
C-01	25.16	21.08	4.08
C-02	19.82	17.51	2.31
C-03	37.13	30.16	6.97
C-04	28.75	17.6	11.15



C-05	44.04	26.38	17.67
C-06	33.71	22.42	11.29
C-07	28.73	22.12	6.61
C-08	25.96	19.04	6.92
C-09	26.45	19.7	6.75
C-10	28.66	21.98	6.68
C-11	26.17	21.56	4.61
C-12	26.53	20.82	5.71
C-13	20.57	16.26	4.31
C-14	44.04	37.62	6.42
C-15	36.63	33.67	2.96
C-16	21.83	19.79	2.04
C-17	31.34	23.59	7.75
C-18	33.41	27.29	6.12
C-19	32.89	25.37	7.52
C-20	46.83	21.75	25.08

Fuente: Elaboración propia.

- Datos obtenidos de los ensayos de límites de consistencia (calicata + % ceniza volante artesanal).

Se recolectaron datos de los ensayos de límites de consistencia; respecto a cada tipo de suelo encontrado, eligiendo los suelos con CBR bajo de cada tipo de suelo y añadiéndoles a estos ceniza volante artesanal en porcentajes de 10%, 11% y 12%. Dentro de los suelos mejorados se encuentran las calicatas (C-01, C-03, C-04 Y C-15).

### Tabla 23

*Datos obtenidos de los ensayos límites de consistencia (calicata + % ceniza volante artesanal)*

Muestra	Limite liquido (L.L)	Limite plástico (L.P)	Índice de plasticidad (I.P)
C-01	25.16	21.08	4.08
C-01 + 10% ceniza volante artesanal	31.15	30.31	0.84
C-01 + 11% ceniza volante artesanal	30.49	29.06	1.43
C-01 + 12% ceniza volante artesanal	32.28	30.55	1.73
C-03	37.13	30.16	6.97
C-03 + 10% ceniza volante artesanal	43.54	41.28	2.26



C-03 + 11% ceniza volante artesanal	46.41	43.73	2.68
C-03 + 12% ceniza volante artesanal	47.65	44.48	3.17
C-04	28.75	17.60	11.15
C-04 + 10% ceniza volante artesanal	36.35	25.54	10.81
C-04 + 11% ceniza volante artesanal	35.40	24.74	10.66
C-04 + 12% ceniza volante artesanal	36.87	26.15	10.72
C-15	36.63	33.67	2.96
C-15 + 10% ceniza volante artesanal	41.93	38.29	3.64
C-15 + 11% ceniza volante artesanal	42.94	39.01	3.93
C-15 + 12% ceniza volante artesanal	43.47	39.37	4.10

Fuente: Elaboración propia.

➤ Datos obtenidos de los ensayos de límites de consistencia (calicata + % ceniza volante industrial).

Se recolectaron datos de los ensayos de límites de consistencia; respecto a cada tipo de suelo encontrado, eligiendo los suelos con CBR bajo de cada tipo de suelo y añadiéndoles a estos ceniza volante industrial en porcentajes de 10%, 11% y 12%. Dentro de los suelos mejorados se encuentran las calicatas (C-01, C-03, C-04 Y C-15).

**Tabla 24**

*Datos obtenidos de los ensayos límites de consistencia (calicata + % ceniza volante industrial)*

Muestra	Limite liquido (L.L)	Limite plástico (L.P)	Índice de plasticidad (I.P)
C-01	25.16	21.08	4.08
C-01 + 10% ceniza volante industrial	30.21	29.54	0.67
C-01 + 11% ceniza volante industrial	30.31	29.21	1.10
C-01 + 12% ceniza volante industrial	31.04	29.50	1.54
C-03	37.13	30.16	6.97



C-03 + 10% ceniza volante industrial	43.91	39.87	4.04
C-03 + 11% ceniza volante industrial	42.84	39.29	3.55
C-03 + 12% ceniza volante industrial	43.65	38.67	4.98
C-04	28.75	17.60	11.15
C-04 + 10% ceniza volante industrial	34.39	25.23	9.16
C-04 + 11% ceniza volante industrial	34.07	24.88	9.19
C-04 + 12% ceniza volante industrial	34.96	25.44	9.52
C-15	36.63	33.67	2.96
C-15 + 10% ceniza volante industrial	41.42	40.54	0.88
C-15 + 11% ceniza volante industrial	42.21	40.27	1.94
C-15 + 12% ceniza volante industrial	43.42	40.65	2.77

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.6 Clasificación de suelos.

#### a. Equipos y materiales.

- Los datos y equipos usados, serán los que se usaron en el análisis granulométrico y en los ensayos de límites de consistencia.

#### b. Procedimiento.

- Para la clasificación de las calicatas se utilizó dos sistemas de métodos Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- Para el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) se usaron las siguientes tablas, donde se ubicarán tipo de suelo, granulometría, límites de consistencia y coeficientes.

#### Tabla 25

*Clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*

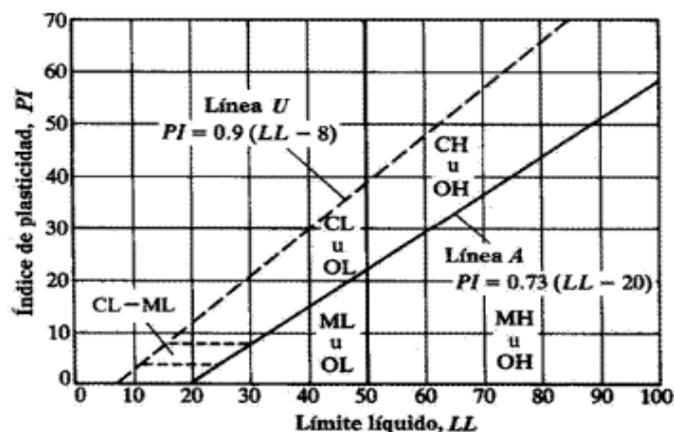


CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO			SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada
			$Cu < 4$ ó $Cc > 3$	GP	Grava mal gradada
		GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava limosa arcillosa
		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien gradada con limo
		Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC	Grava bien gradada con arcilla	
		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM	Grava mal gradada con limo	
		Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal gradada con arcilla	
	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien gradada
			$Cu < 6$ ó $Cc > 3$	SP	Arena mal gradada
		ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM	Arena limosa arcillosa
ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM	Arena bien gradada con limo	
		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC	Arena bien gradada con arcilla	
		Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM	Arena mal gradada con limo	
	Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC	Arena mal gradada con arcilla		
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa
		Orgánicos		OL	Limo orgánico Arcilla orgánica
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido 50 o mayor	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
Orgánicos			OH	Limo orgánico Arcilla orgánica	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Principalmente materia orgánica de color oscuro		Pt	Turba

Fuente: Braja. M. Das.

Figura 22

Carta de plasticidad de Casagrande para suelos finos



Fuente: Braja. M. Das

- Para el método de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) se usó la siguiente tabla, donde de igual manera se ubicarán tipo de suelo, granulometría y límites de consistencia.



**Tabla 26**

*Clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
SUB-GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-6	
% que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			No Plástico	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Fuente: Braja. M. Das.

**c. Toma de Datos.**

**Tabla 27**

*Clasificación de suelos de las calicatas*

Calicata	Clasificación	
	SUCS	AASHTO
Calicata N° 01	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(0)
Calicata N° 02	SM (Arena limosa con grava)	A-2-4(0)
Calicata N° 03	CL (Arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata N° 04	SC (Arena arcillosa con grava)	A-6(1)
Calicata N° 05	SC (Arena arcillosa con grava)	A-7-6(5)
Calicata N° 06	SC (Arena arcillosa con grava)	A-6(2)
Calicata N° 07	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(1)
Calicata N° 08	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(2)
Calicata N° 09	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(2)
Calicata N° 10	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(3)
Calicata N° 11	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(3)



Calicata N° 12	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(3)
Calicata N° 13	CL-ML (Arcilla arenosa limosa)	A-4(1)
Calicata N° 14	SM (Arena limosa con grava)	A-5(1)
Calicata N° 15	SM (Arena limosa)	A-4(0)
Calicata N° 16	SM (Arena limosa )	A-2-4(0)
Calicata N° 17	CL (Arcilla baja plasticidad)	A-4(3)
Calicata N° 18	CL (Arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata N° 19	CL (Arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata N° 20	GC (Grava arcillosa con arena)	A-2(4)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.7 Ensayo Proctor Modificado.

#### a. Equipos y materiales.

Equipo

- Balanza de precisión.
- Horno.

Materiales

- Molde 4" y 6" (para el método A y C).
- Pisón.
- Tamiz N° 4, 3/8" y 3/4".
- Probeta de plástico.
- Espátula.
- Bandeja.
- Taras.
- Regla metálica.
- Brocha y cucharón.

#### b. Procedimiento.

- Se determinó el porcentaje de material retenido en la malla N° 4, 3/8" ó 3/4" para así saber el método a usar (método A, B o C). En este caso tenemos dos métodos a usar (método A y C).
- Una vez el material tamizado y pesado, con ayuda de la probeta de plástico se pasa a saturar con agua en un rango del 2% para suelo sin estabilizar; sin embargo, al



momento de adicionar la ceniza volante en porciones de 10%, 11% y 12%; la saturación de agua variara en un rango del 4% debido a la absorción alta de la ceniza volante.

- Teniendo la mezcla homogénea, se pasó a dividir en cinco partes iguales para luego colocarlas por capas en los moldes de 4" y 6" (dependiendo del método A o C). No olvidar pesar el molde a usar.
- Obtenido estos datos, se empezó con la compactación de cada capa con 25 golpes para el método A y 56 golpes para el método C. Terminado el compactado, se retiró el collar para enrasar los moldes compactados con la ayuda de la regla metálica; pesando el molde más el suelo saturado respectivamente.
- Se extrajo muestras de la parte inferior, intermedia y superior del molde; los cuales se pusieron en taras para pesarlas y colocarlas en el horno por 24 horas. Posteriormente se determinó el contenido de humedad.

### **Figura 23**

*Secado del material*



Fuente: Elaboración propia.

### **Figura 24**

*Compactacion de los moldes*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 25**

*Muestra de los moldes*



Fuente: Elaboración propia.

**c. Toma de Datos.**

- Datos obtenidos de proctor modificado del suelo sin estabilizar.

**Tabla 28**

*Datos obtenidos del ensayo proctor modificado*

Calicata	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo contenido de humedad (%)
C-01	1.892	10.80
C-02	2.155	7.20
C-03	1.783	10.50



C-04	2.103	7.50
C-05	1.900	15.30
C-06	1.929	14.60
C-07	1.851	6.50
C-08	1.973	8.20
C-09	1.867	7.50
C-10	1.673	8.90
C-11	1.850	10.50
C-12	1.830	8.30
C-13	1.888	9.20
C-14	1.745	19.50
C-15	1.822	10.10
C-16	1.891	9.40
C-17	1.888	9.10
C-18	1.781	12.50
C-19	1.874	9.00
C-20	1.964	10.20

Fuente: Elaboración propia.

- Datos obtenidos de los ensayos de proctor modificado (calicata + % ceniza volante artesanal).

Se recolectaron datos de los ensayos de proctor modificado; respecto a cada tipo de suelo encontrado, eligiendo los suelos con CBR bajo de cada tipo de suelo y añadiéndole a estos ceniza volante artesanal en porcentajes de 10%, 11% y 12%. Dentro de los suelos mejorados se encuentran las calicatas (C-01, C-03, C-04 Y C-15).

**Tabla 29**

*Datos obtenidos del ensayo proctor modificado (calicata+% ceniza volante artesanal)*

Muestra	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo contenido de humedad (%)
C-01	1.892	10.800
C-01 + 10% ceniza volante artesanal	1.815	8.600
C-01 + 11% ceniza volante artesanal	1.870	9.900
C-01 + 12% ceniza volante artesanal	1.842	10.800
C-03	1.783	10.500
C-03 + 10% ceniza volante artesanal	1.686	9.700



C-03 + 11% ceniza volante artesanal	1.771	9.900
C-03 + 12% ceniza volante artesanal	1.745	10.200
C-04	2.103	7.500
C-04 + 10% ceniza volante artesanal	2.048	5.900
C-04 + 11% ceniza volante artesanal	2.099	6.700
C-04 + 12% ceniza volante artesanal	2.088	7.400
C-15	1.822	10.100
C-15 + 10% ceniza volante artesanal	1.733	7.700
C-15 + 11% ceniza volante artesanal	1.805	9.200
C-15 + 12% ceniza volante artesanal	1.700	9.900

Fuente: Elaboración propia.

- Datos obtenidos de los ensayos de proctor modificado (calicata + % ceniza volante industrial).

Se recolectaron datos de los ensayos de proctor modificado; respecto a cada tipo de suelo encontrado, eligiendo los suelos con CBR bajo de cada tipo de suelo y añadiéndole a estos ceniza volante industrial en porcentajes de 10%, 11% y 12%. Dentro de los suelos mejorados se encuentran las calicatas (C-01, C-03, C-04 Y C-15).

### Tabla 30

*Datos obtenidos del ensayo proctor modificado (calicata+% ceniza volante industrial)*

Muestra	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo contenido de humedad (%)
C-01	1.892	10.800
C-01 + 10% ceniza volante industrial	1.800	8.800
C-01 + 11% ceniza volante industrial	1.855	10.600
C-01 + 12% ceniza volante industrial	1.820	11.300
C-03	1.783	10.500
C-03 + 10% ceniza volante industrial	1.704	8.400
C-03 + 11% ceniza volante industrial	1.764	10.200



---

C-03 + 12% ceniza volante industrial	1.714	11.300
C-04	2.103	7.500
C-04 + 10% ceniza volante industrial	2.091	5.400
C-04 + 11% ceniza volante industrial	2.050	7.400
C-04 + 12% ceniza volante industrial	2.039	8.100
C-15	1.822	10.100
C-15 + 10% ceniza volante industrial	2.039	8.100
C-15 + 11% ceniza volante industrial	1.780	9.800
C-15 + 12% ceniza volante industrial	1.749	10.700

---

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.8 Ensayo CBR

#### a. Equipos y materiales.

Equipo

- Maquina CBR.
- Moldes 6”.
- Disco espaciador.
- Pisón de compactación.
- Aparato medidor de expansión con una precisión de 0.025mm (deformimetro).
- Juego de pesas.
- Tanque de agua.
- Balanza.
- Horno.

Materiales

- Tamices N°4, ¾” y 2”.
- Regla.
- Cucharon.
- Martillo de goma.
- Probeta.
- Papel filtro.
- Taras.

#### b. Procedimiento.



- Iniciamos tamizando la muestra, pasando por el tamiz N° 4. Se pesará el mismo valor que hizo en el ensayo de proctor modificado + 5kg por cada molde de CBR.
- Seguidamente, se realizó la mezcla con los porcentajes de agua considerados en el ensayo proctor modificado. Hasta conseguir una mezcla homogénea y separar en 5 porciones.
- Se preparó los moldes de 6"; no olvidando introducir el papel filtro después de colocar el disco espaciador, con el fin de no pegarse la muestra con el disco.
- Se introdujo la mezcla preparada, siendo compactada en cada capa con 12, 26 y 55. Considerar un adecuado enrasamiento con el mismo material.
- Se pesó el molde con el material ya enrasado, retiramos el disco espaciador y giramos los moldes para colocar las pesas; para posteriormente sumergirlas en el tanque de agua. Marcamos la posición del deformímetro y sumergimos el molde por 96 horas.
- Pasadas las 96 horas, retiramos los moldes del tanque de agua para la prueba de penetración en la máquina de CBR; se obtuvo los datos de esfuerzo con velocidad de penetración uniforme de 12,7mm por minuto. Finalmente se tomará una muestra para hallar su contenido de humedad.

**Nota:** se realizó el mismo procedimiento para la estabilización del suelo con ceniza volante industrial y artesanal en porcentajes de 10%, 11% y 12%, considerando el porcentaje de agua usado en el ensayo de proctor modificado.

### Figura 26

*Tamizado de la ceniza*



Fuente: Elaboración propia.

### Figura 27

*Peso de moldes*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 28**

*Prueba de penetración*



Fuente: Elaboración propia.

**c. Toma de Datos.**

**Tabla 31**

*Datos obtenidos de los ensayos CBR*

---

Calicata	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "
----------	--------------------------	---------------------------

---



C-01	3.00	3.60
C-02	8.90	12.60
C-03	3.90	5.00
C-04	5.40	6.80
C-05	8.00	11.60
C-06	7.50	14.10
C-07	5.80	6.00
C-08	5.40	7.90
C-09	4.90	6.90
C-10	4.30	7.90
C-11	3.50	4.10
C-12	3.70	4.50
C-13	4.80	7.60
C-14	10.00	15.70
C-15	6.80	11.90
C-16	8.10	12.10
C-17	5.40	10.70
C-18	3.90	5.90
C-19	4.80	6.70
C-20	12.00	21.40

Fuente: Elaboración propia.

➤ Datos obtenidos de los ensayos de CBR (calicata + % ceniza volante artesanal).

Se recolectaron datos de los ensayos de CBR; respecto a cada tipo de suelo encontrado, eligiendo los suelos con CBR bajo de cada tipo de suelo y añadiéndoles a estos ceniza volante artesanal en porcentajes de 10%, 11% y 12%. Dentro de los suelos mejorados se encuentran las calicatas (C-01, C-03, C-04 Y C-15).

**Tabla 32**

*Datos obtenidos de los ensayos cbr (calicata+% ceniza volante artesanal)*

Muestra	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "
C-01	3.00	3.60
C-01 + 10% ceniza volante artesanal	6.50	10.40
C-01 + 11% ceniza volante artesanal	10.80	15.50
C-01 + 12% ceniza volante artesanal	19.40	36.60
C-03	3.90	5.00



C-03 + 10% ceniza volante artesanal	4.60	8.80
C-03 + 11% ceniza volante artesanal	10.80	15.80
C-03 + 12% ceniza volante artesanal	14.50	35.70
C-04	5.40	6.80
C-04 + 10% ceniza volante artesanal	6.90	12.90
C-04 + 11% ceniza volante artesanal	12.00	15.70
C-04 + 12% ceniza volante artesanal	20.30	37.40
C-15	6.80	11.90
C-15 + 10% ceniza volante artesanal	11.10	18.40
C-15 + 11% ceniza volante artesanal	15.50	18.90
C-15 + 12% ceniza volante artesanal	22.90	43.10

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

➤ Datos obtenidos de los ensayos de CBR (calicata + % ceniza volante industrial).

Se recolectaron datos de los ensayos de proctor modificado; respecto a cada tipo de suelo encontrado, eligiendo los suelos con CBR bajo de cada tipo de suelo y añadiéndoles a estos ceniza volante industrial en porcentajes de 10%, 11% y 12%. Dentro de los suelos mejorados se encuentran las calicatas (C-01, C-03, C-04 Y C-15).

**Tabla 33**

*Datos obtenidos de los ensayos cbr (calicata+%ceniza volante industrial)*

Muestra	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "
C-01	3.00	3.60
C-01 + 10% ceniza volante industrial	5.80	11.20



C-01 + 11% ceniza volante industrial	9.90	17.30
C-01 + 12% ceniza volante industrial	17.70	33.60
C-03	3.90	5.00
C-03 + 10% ceniza volante industrial	6.90	12.40
C-03 + 11% ceniza volante industrial	6.10	13.50
C-03 + 12% ceniza volante industrial	10.70	22.40
C-04	5.40	6.80
C-04 + 10% ceniza volante industrial	8.90	13.90
C-04 + 11% ceniza volante industrial	10.20	15.40
C-04 + 12% ceniza volante industrial	19.60	36.60
C-15	6.80	11.90
C-15 + 10% ceniza volante industrial	8.00	19.60
C-15 + 11% ceniza volante industrial	12.20	27.10
C-15 + 12% ceniza volante industrial	19.90	42.20

Fuente: Elaboración propia.

### **3.6 Procedimiento de Análisis de Datos.**

Se indica que, para el análisis de prueba para cada ensayo se eligió la calicata más desfavorable de cada tipo de suelo encontrado en la carretera, en este caso C-01, C-03, C-04 y C-15; el cual se procedió a su respectivo análisis y comparación con ceniza volante artesanal e industrial, en diferentes porcentajes de 10%, 11% y 12%.

#### **3.6.1 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Análisis Granulométrico.**

##### **3.6.1.1 Procedimiento y Cálculos.**

Se determinó los porcentajes que son retenidas en los tamices, para posteriormente evaluarlas y obtener la curva granulométrica.

- Análisis de datos para la calicata 01



**Tabla 34**

*Analisis granulometrico C-01*

Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	66.5	1.1	1.1	98.9
3/4"	19.050	62.5	1.0	2.1	97.9
1/2"	12.700	132.5	2.2	4.3	95.7
3/8"	9.525	184.2	3.1	7.4	92.6
1/4"	6.350	142.1	2.4	9.8	90.2
No4	4.760	119.4	2.0	11.8	88.2
8	2.360	30.3	6.3	18.1	81.9
10	2.000	6.9	1.4	19.5	80.5
16	1.190	21.0	4.4	23.9	76.1
30	0.600	25.6	5.3	29.2	70.8
40	0.420	13.2	2.7	31.9	68.1
50	0.300	20.0	4.1	36.0	64.0
100	0.149	15.4	3.2	39.2	60.8
200	0.074	9.5	2.0	41.2	58.8
< 200		283.4	58.8	100.0	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 35**

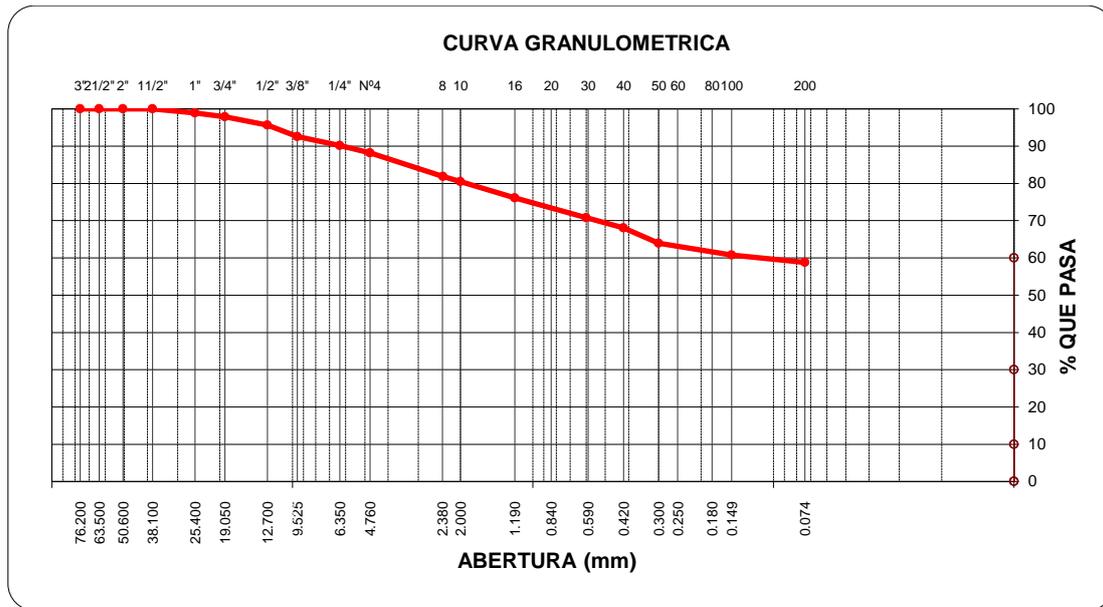
*Descripcion de la muestra C-01*

Descripción de la muestra	
Peso total	5970.0 gr
Peso de fracción	425.3 gr
Peso de muestra lavada	2463.1 gr
% Grueso	41.20%
% Fino	58.80%
% Grava (% Ret. Acum. Tamiz N°4)	11.80 %
% Finos (% Pasa Tamiz N°200)	58.80%

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 29**

*Curva granulométrica C-01*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 03

**Tabla 36**

*Análisis granulométrico C-03*

Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.050	34.8	0.6	0.6	99.4
1/2"	12.700	48.8	0.9	1.5	98.5
3/8"	9.525	103.1	1.9	3.4	96.6
1/4"	6.350	120.5	2.2	5.6	94.4
No4	4.760	98.9	1.8	7.4	92.6
8	2.360	29.8	7.1	14.5	85.5
10	2.000	10.0	2.4	16.9	83.1
16	1.190	25.5	6.1	23.0	77.0
30	0.600	25.3	6.0	29.0	71.0
40	0.420	6.8	1.6	30.6	69.4
50	0.300	8.4	2.0	32.6	67.4
100	0.149	9.5	2.3	34.9	65.1
200	0.074	10.6	2.5	37.4	62.6
< 200		261.4	62.5	99.9	

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 37**

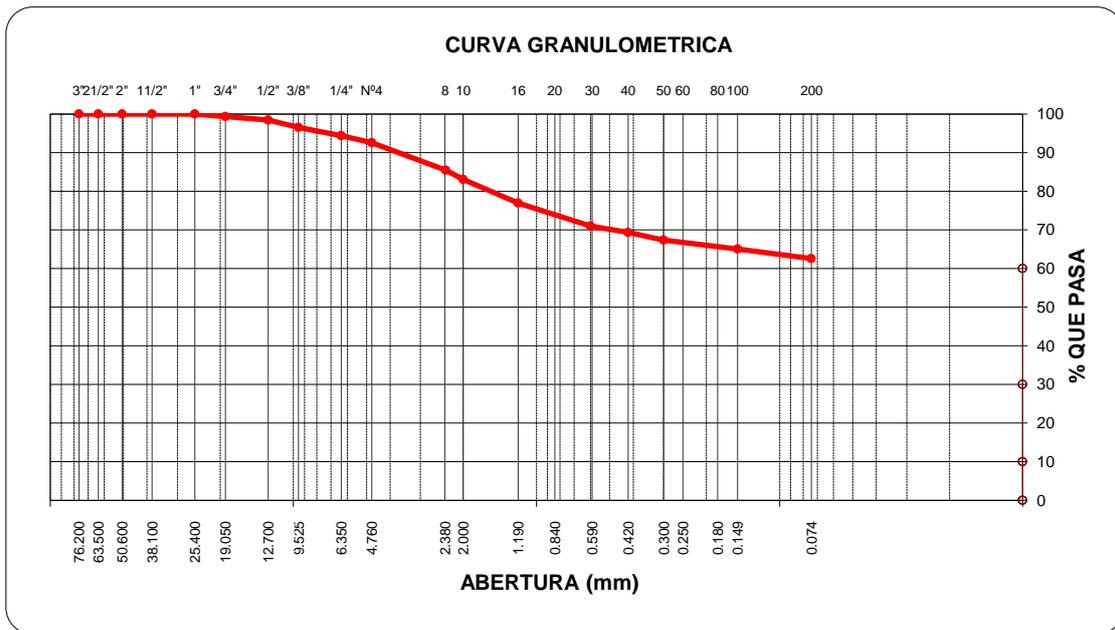
*Descripción de la muestra C-03*

Descripción de la muestra	
Peso total	5408.0 gr
Peso de fracción	387.3 gr
Peso de muestra lavada	2032.1 gr
% Grueso	37.40%
% Fino	62.60%
% Grava (% Ret. Acum. Tamiz N°4)	7.40 %
% Finos (% Pasa Tamiz N°200)	62.60%

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 30**

*Curva granulométrica C-03*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 04

**Tabla 38**

*Análisis granulométrico C-04*

Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa
-------	-----------	-----------	---------------	-------------	------------



3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.600	242.1	3.4	3.4	96.6
1 1/2"	38.100	147.7	2.1	5.5	94.5
1"	25.400	601.0	8.4	13.9	86.1
3/4"	19.050	321.1	4.5	18.4	81.6
1/2"	12.700	662.4	9.3	27.7	72.3
3/8"	9.525	350.7	4.9	32.6	67.4
1/4"	6.350	318.9	4.5	37.1	62.9
Nº4	4.760	289.6	4.1	41.2	58.8
8	2.360	41.3	5.9	47.1	52.9
10	2.000	10.0	1.4	48.5	51.5
16	1.190	25.2	3.6	52.1	47.9
30	0.600	28.0	4.0	56.1	43.9
40	0.420	10.2	1.5	57.6	42.4
50	0.300	13.0	1.9	59.5	40.5
100	0.149	12.9	1.8	61.3	38.7
200	0.074	10.8	1.5	62.8	37.2
< 200		260.7	37.2	100.0	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 39**

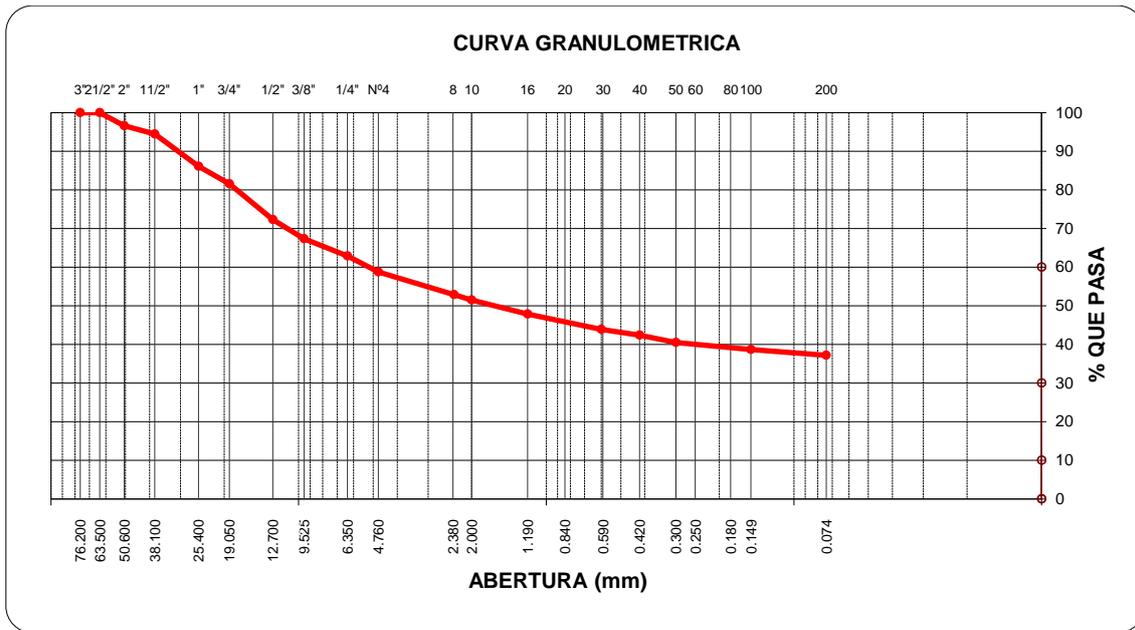
*Descripción de la muestra C-04*

Descripción de la muestra	
Peso total	7115.0 gr
Peso de fracción	412.1 gr
Peso de muestra lavada	4469.1 gr
% Grueso	62.80%
% Fino	37.20%
% Grava (% Ret. Acum. Tamiz Nº4)	41.20%
% Finos (% Pasa Tamiz Nº200)	37.20%

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31**

*Curva granulométrica C-04*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 15

**Tabla 40**

*Análisis granulométrico C-15*

Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0
No4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
8	2.360	0.3	0.1	0.1	99.9
10	2.000	0.4	0.1	0.2	99.8
16	1.190	0.5	0.1	0.3	99.7
30	0.600	1.0	0.3	0.6	99.4
40	0.420	6.0	1.7	2.3	97.7
50	0.300	18.6	5.3	7.6	92.4
100	0.149	85.6	24.3	31.9	68.1
200	0.074	88.5	25.1	57.0	43.0
< 200		151.1	42.9	99.9	

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 41**

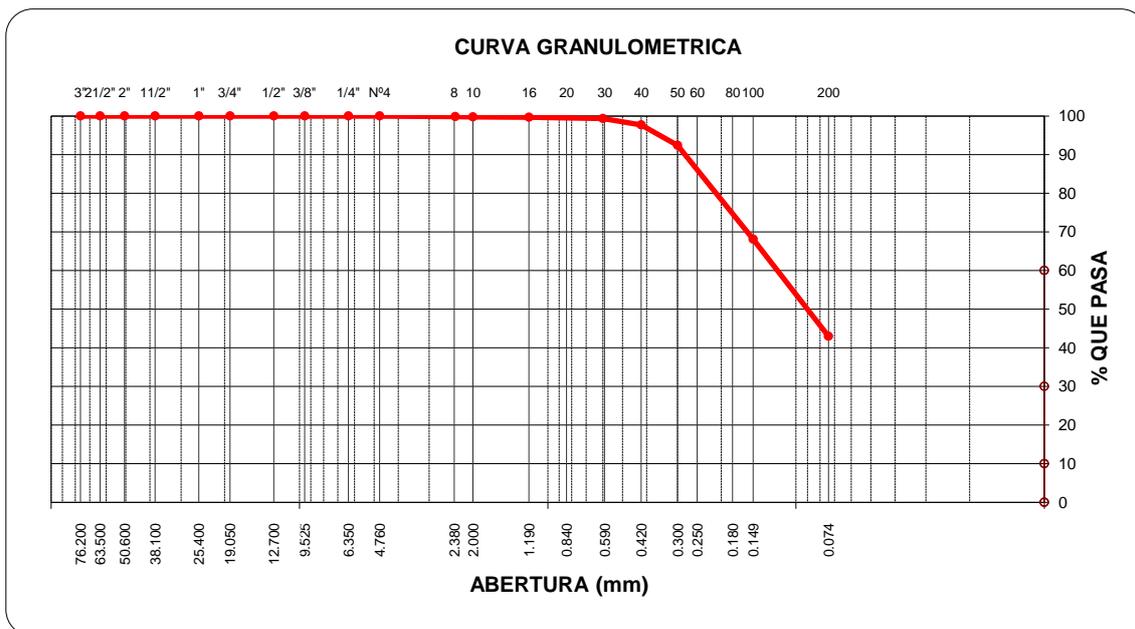
*Descripción de la muestra C-15*

Descripción de la muestra	
Peso total	352.0 gr
Peso de fracción	352.0 gr
Peso de muestra lavada	200.9 gr
% Grueso	57.0%
% Fino	43.0%
% Grava (% Ret. Acum. Tamiz N°4)	0.00%
% Finos (% Pasa Tamiz N°200)	43.0%

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32**

*Curva granulométrica C-15*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.1.2 Análisis de la Prueba de Granulometría.

Se observa que, las calicatas C-01 y C-03 según el análisis granulométrico presentan mayor % grueso; sin embargo, las calicatas C-04 y C-15 presentan mayor % fino. Indicar también que no se presentara el coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc), debido a que más del 12% pasa el tamiz N°200.



### 3.6.2 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Contenido de Humedad.

#### 3.6.2.1 Procedimiento y Cálculos.

Para la obtención del contenido de humedad, se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{peso de muestra humedad}}{\text{peso de muestra seca}} \times 100\%$$

**Tabla 42**

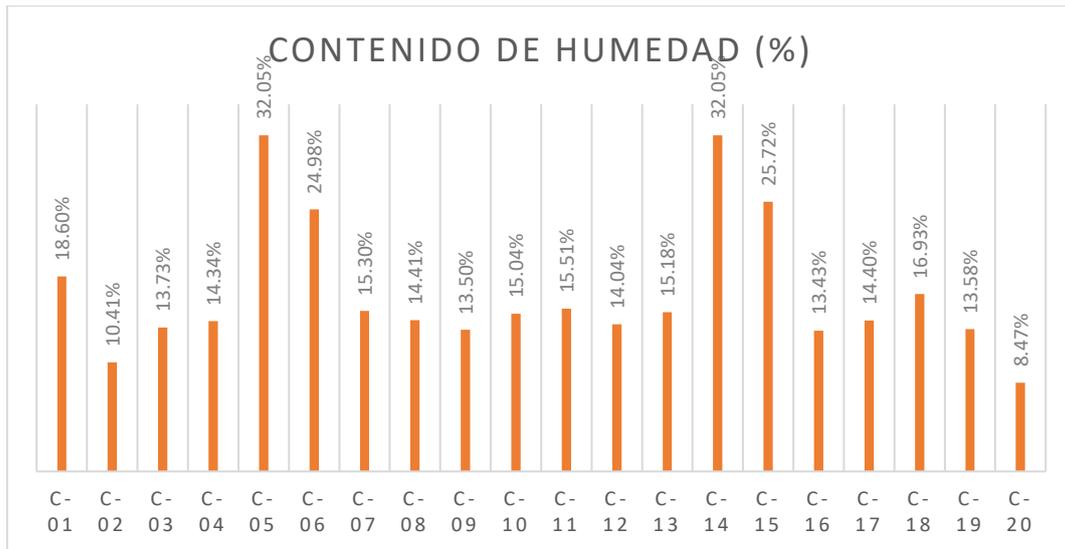
*Análisis de datos contenido de humedad (%)*

Calicata	Peso de muestra humedad (gr)	Peso de muestra seca (gr)	Humedad (%)
C-01	393.40	331.70	18.60%
C-02	552.40	500.30	10.41%
C-03	443.20	389.70	13.73%
C-04	543.70	475.50	14.34%
C-05	257.10	194.70	32.05%
C-06	276.20	221.00	24.98%
C-07	502.60	435.90	15.30%
C-08	447.80	391.40	14.41%
C-09	375.90	331.20	13.50%
C-10	524.80	456.20	15.04%
C-11	453.60	392.70	15.51%
C-12	403.80	354.10	14.04%
C-13	480.20	416.90	15.18%
C-14	257.10	194.70	32.05%
C-15	615.60	489.65	25.72%
C-16	369.20	325.48	13.43%
C-17	428.50	374.56	14.40%
C-18	435.60	372.54	16.93%
C-19	358.50	315.64	13.58%
C-20	356.12	328.31	8.47%

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 33**

*Análisis de datos contenido de humedad (%)*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.2.2 Análisis de la Prueba de Contenido de Humedad.

Según el análisis de contenido de humedad, tenemos que la C-05 y C-14 tienen el contenido de humedad más alto con un porcentaje de 32.05% y que la C-20 tiene el contenido de humedad bajo con un porcentaje de 8.47%.

### 3.6.3 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Limite Liquido.

#### 3.6.3.1 Procedimiento y Cálculos.

Para el cálculo del contenido de humedad, se pesó las taras con suelo seco y húmedo. Seguidamente se realizó el grafico del límite liquido con los numero de golpes y contenido de humedad, se hizo una tabulación para 25 golpes.

- Análisis de datos para la calicata 01

**Tabla 43**

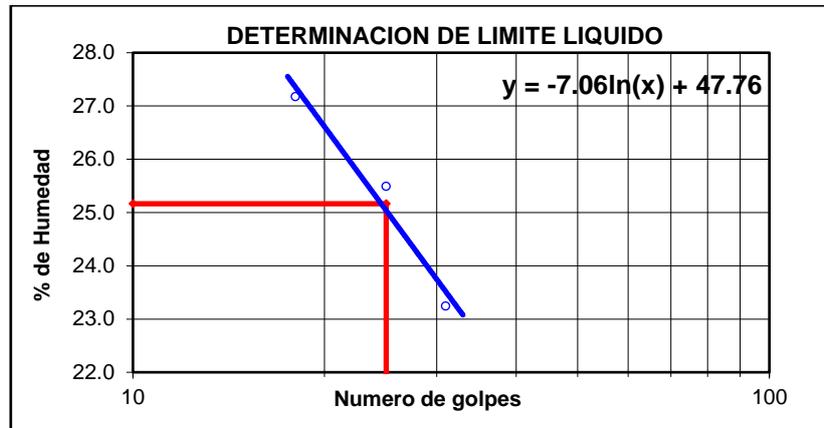
*Análisis de datos del ensayo limite liquido C-01*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	25	18
Recipiente Nº	20	33	21
R + Suelo Hum.	56.30	60.68	59.30
R + Suelo Seco	50.31	53.39	51.87
Peso Recip.	24.54	24.79	24.53
Peso Agua	5.99	7.29	7.43
Peso S. Seco	25.77	28.60	27.34
% de Humedad	23.24	25.49	27.18

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 34**

*Gráfico de limite liquido C-01*



Fuente: Elaboración propia.

<b>Ecuación:</b>	<b><math>y = -7.06\ln(x) + 47.76</math></b>
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	25.16

**Tabla 44**

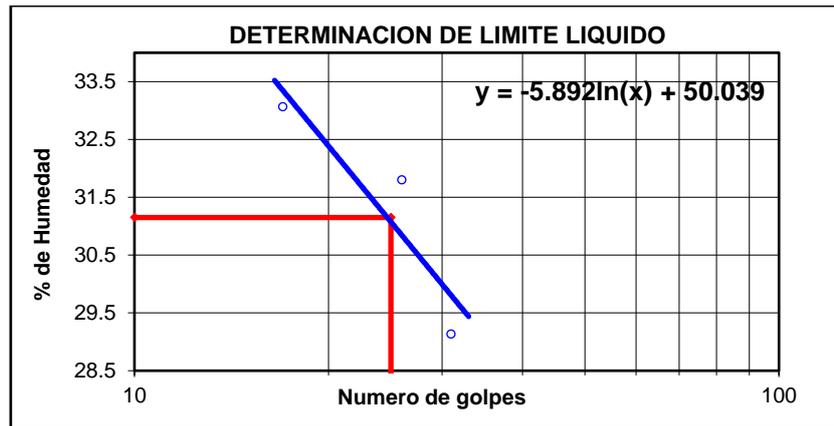
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	17
Recipiente Nº	17	10	19
R + Suelo Hum.	47.35	46.95	49.38
R + Suelo Seco	42.20	41.63	43.21
Peso Recip.	24.52	24.90	24.55
Peso Agua	5.15	5.32	6.17
Peso S. Seco	17.68	16.73	18.66
% de Humedad	29.13	31.80	33.07

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 35**

*Gráfico del limite liquido (C-01+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -5.892\ln(x) + 50.039$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	31.15

**Tabla 45**

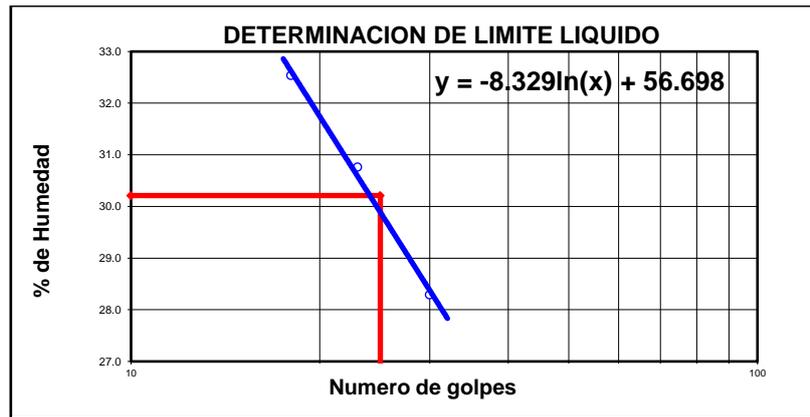
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-01+10%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	23	18
Recipiente Nº	11	15	8
R + Suelo Hum.	56.27	59.28	56.65
R + Suelo Seco	49.32	51.12	48.78
Peso Recip.	24.75	24.59	24.59
Peso Agua	6.95	8.16	7.87
Peso S. Seco	24.57	26.53	24.19
% de Humedad	28.29	30.76	32.53

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 36**

*Gráfico del límite líquido (C-01+10%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -8.329\ln(x) + 56.698$
N° de golpes:	25
Límite líquido:	30.21

**Tabla 46**

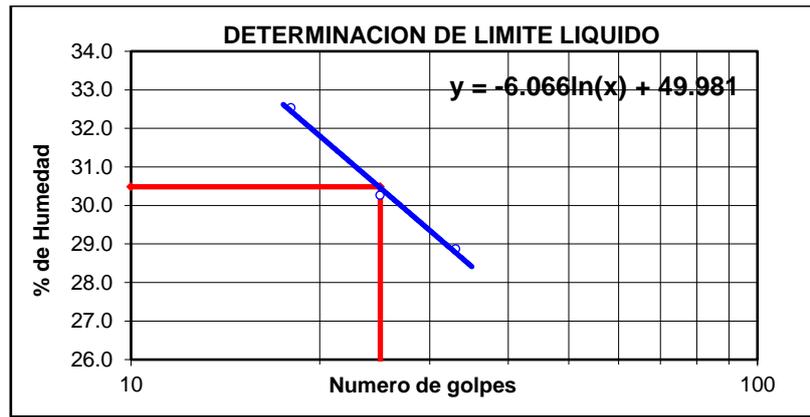
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	33	25	18
Recipiente N°	17	55	19
R + Suelo Hum.	50.63	48.95	51.68
R + Suelo Seco	44.78	48.95	45.02
Peso Recip.	24.52	24.53	24.55
Peso Agua	5.85	7.39	6.66
Peso S. Seco	20.26	24.42	20.47
% de Humedad	28.87	30.26	32.54

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 37**

*Gráfico del límite líquido (C-01+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -6.066\ln(x) + 49.981$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	30.49

**Tabla 47**

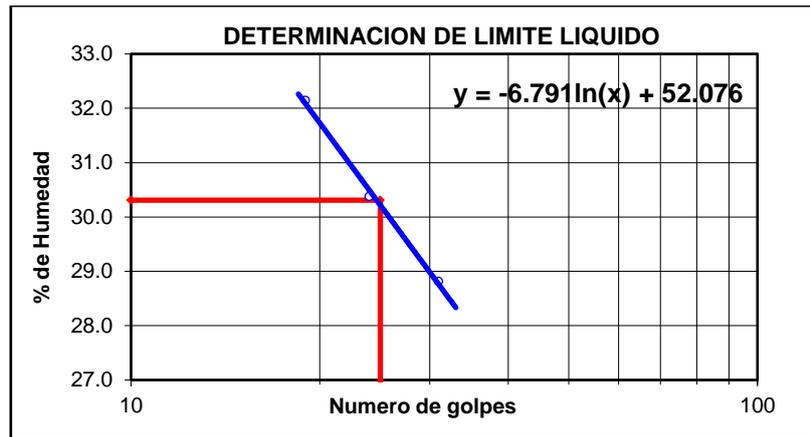
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-01+11%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	24	19
Recipiente Nº	21	10	36
R + Suelo Hum.	55.60	58.05	60.85
R + Suelo Seco	48.65	50.32	52.02
Peso Recip.	24.53	24.87	24.55
Peso Agua	6.95	7.73	8.83
Peso S. Seco	24.12	25.45	27.47
% de Humedad	28.81	30.37	32.14

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 38**

*Gráfico del límite líquido (C-01+11%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -6.791\ln(x) + 52.076$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	30.31

**Tabla 48**

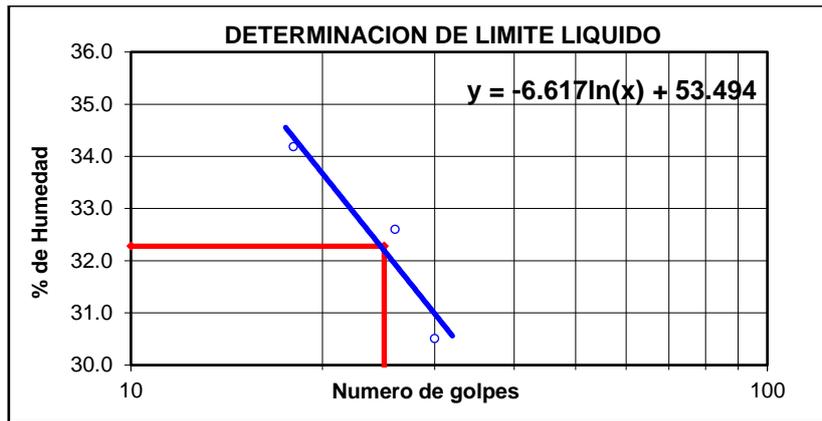
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	26	18
Recipiente Nº	15	9	16
R + Suelo Hum.	50.68	54.81	53.64
R + Suelo Seco	44.56	47.40	46.25
Peso Recip.	24.50	24.67	24.63
Peso Agua	6.12	7.41	7.39
Peso S. Seco	20.06	22.73	21.62
% de Humedad	30.51	32.60	34.18

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 39**

*Gráfico del límite líquido (C-01+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -6.617\ln(x) + 53.494$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	32.28

**Tabla 49**

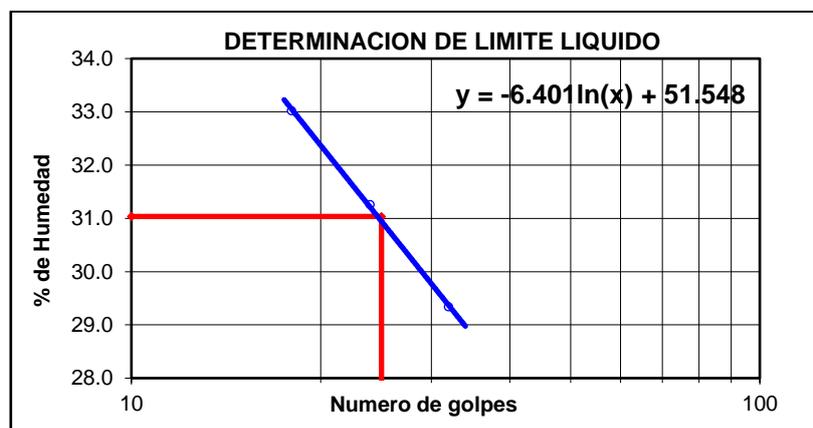
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-01+12%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	24	18
Recipiente Nº	20	16	12
R + Suelo Hum.	56.59	58.26	59.95
R + Suelo Seco	49.32	50.28	51.14
Peso Recip.	24.54	24.75	24.46
Peso Agua	7.27	7.98	8.81
Peso S. Seco	24.78	25.53	26.68
% de Humedad	29.34	31.26	33.02

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 40**

*Gráfico del límite líquido (C-01+12%ceniza volante industrial)*





Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -6.401\ln(x) + 51.548$
Nº de golpes:	25
Limite liquido:	31.04

➤ Análisis de datos para la calicata 03

**Tabla 50**

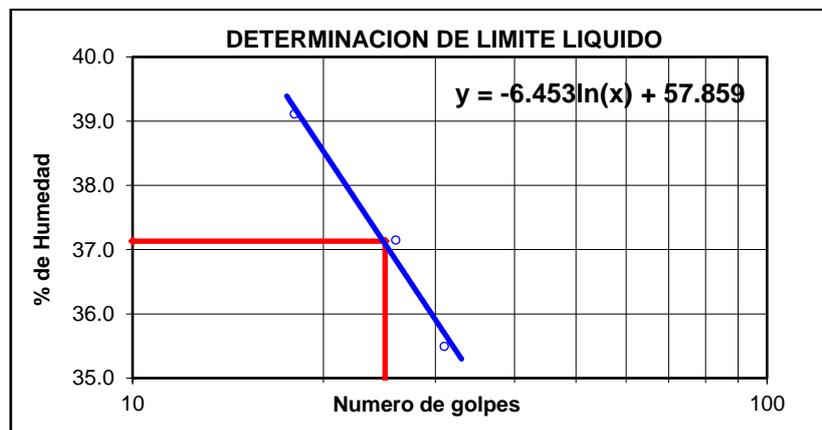
*Análisis de datos del ensayo limite liquido C-03*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	60.75	57.55	59.78
R + Suelo Seco	51.32	48.65	49.87
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	9.43	8.90	9.91
Peso S. Seco	26.57	23.96	25.34
% de Humedad	35.49	37.15	39.11

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 41**

*Gráfico de limite liquido C-03*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -6.453\ln(x) + 57.859$
Nº de golpes:	25
Limite liquido:	37.13



**Tabla 51**

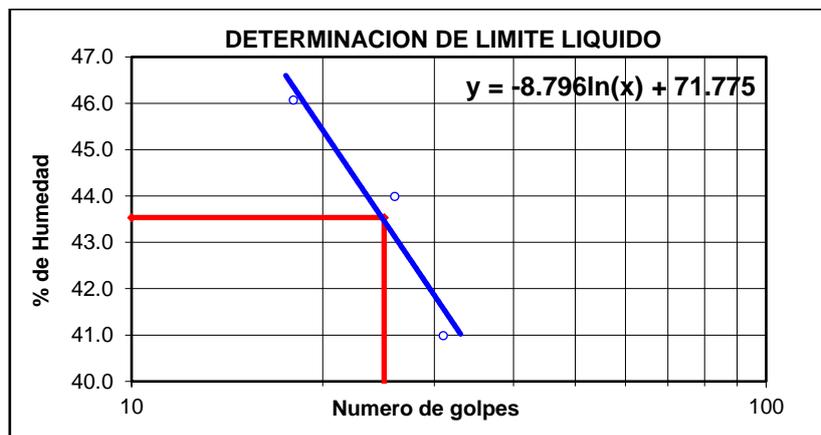
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	53.75	50.55	52.78
R + Suelo Seco	45.32	42.65	43.87
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	8.43	7.90	8.91
Peso S. Seco	20.57	17.96	19.34
% de Humedad	40.98	43.99	46.07

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 42**

*Gráfico del limite liquido (C-03+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -8.796\ln(x) + 71.775$
Nº de golpes:	25
Límite liquido:	43.54

**Tabla 52**

*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+10%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	60.72	56.15	57.13
R + Suelo Seco	50.33	46.38	46.78
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53

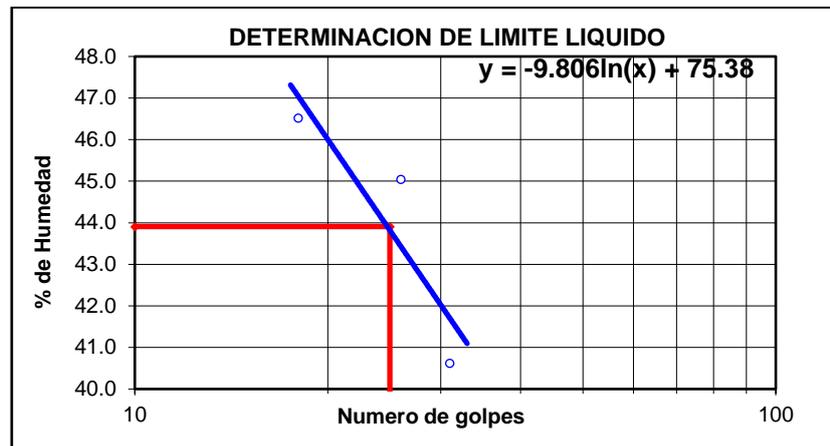


Peso Agua	10.39	9.77	10.35
Peso S. Seco	25.58	21.69	22.25
% de Humedad	40.62	45.04	46.52

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 43**

*Gráfico del limite liquido (C-03+10%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -9.806\ln(x) + 75.38$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	43.91

**Tabla 53**

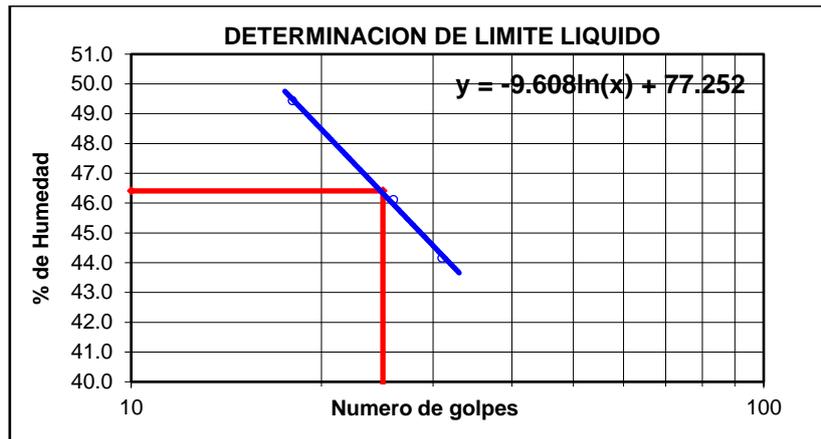
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+11%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	55.08	53.21	52.16
R + Suelo Seco	45.79	44.21	43.02
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	9.29	9.00	9.14
Peso S. Seco	21.04	19.52	18.49
% de Humedad	44.15	46.11	49.43

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 44**

*Gráfico del limite liquido (C-03+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -9.608\ln(x) + 77.252$
Nº de golpes:	25
Limite liquido:	46.41

**Tabla 54**

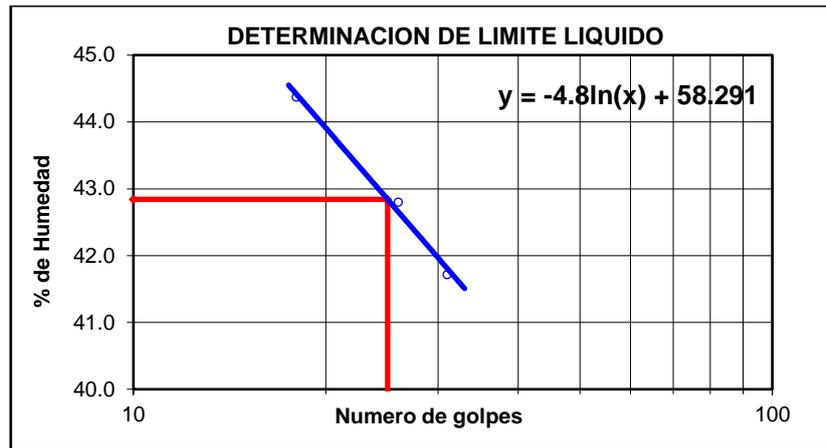
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+11%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	60.05	54.52	61.33
R + Suelo Seco	49.66	45.58	50.02
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	10.39	8.94	11.31
Peso S. Seco	24.91	20.89	25.49
% de Humedad	41.71	42.80	44.37

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 45**

*Gráfico del limite liquido (C-03+11%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -4.8\ln(x) + 58.291$
N° de golpes:	25
Limite liquido:	42.84

**Tabla 55**

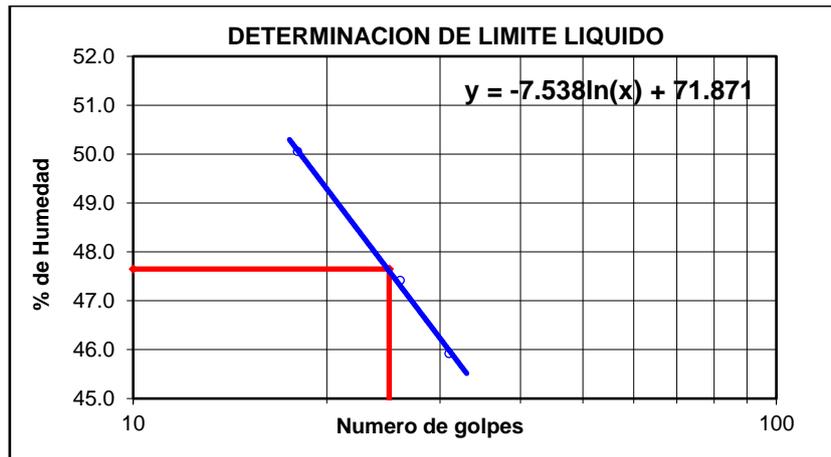
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	31	26	18
Recipiente N°	11	9	34
R + Suelo Hum.	55.13	51.18	54.12
R + Suelo Seco	45.57	42.66	44.25
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	9.56	8.52	9.87
Peso S. Seco	20.82	17.97	19.72
% de Humedad	45.92	47.41	50.05

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 46**

*Gráfico del limite liquido (C-03+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -7.538\ln(x) + 71.871$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	47.65

**Tabla 56**

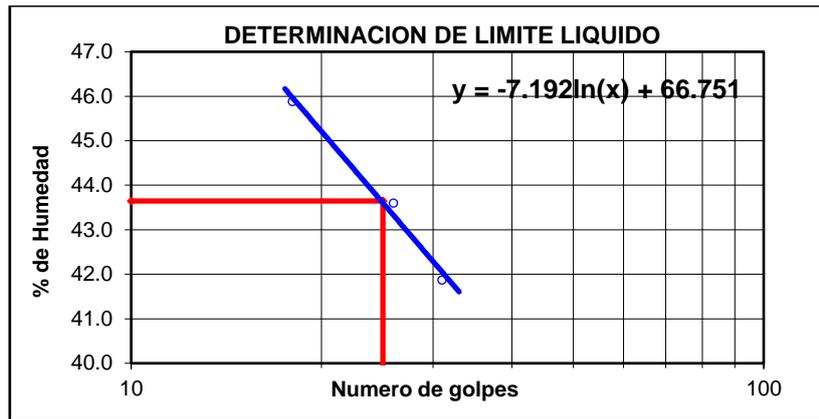
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-03+12%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	61.04	54.63	60.43
R + Suelo Seco	50.33	45.54	49.14
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	10.71	9.09	11.29
Peso S. Seco	25.58	20.85	24.61
% de Humedad	41.87	43.60	45.88

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 47**

*Gráfico del límite líquido (C-03+12%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -7.192\ln(x) + 66.751$
Nº de golpes:	25
Limite liquido:	43.65

➤ Análisis de datos para la calicata 04

**Tabla 57**

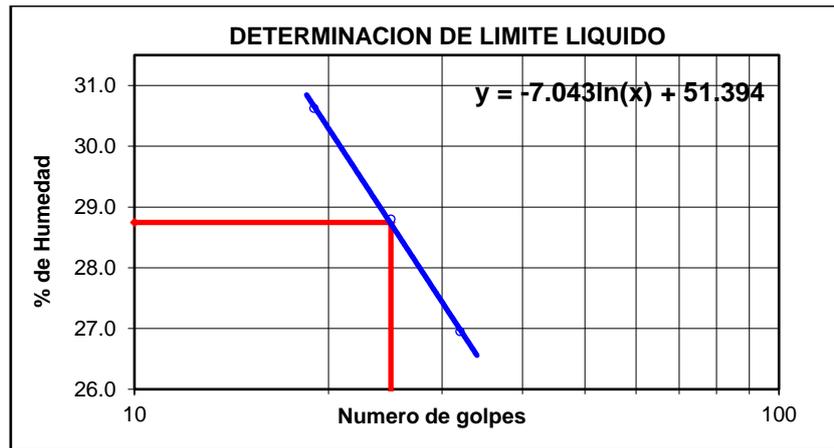
*Análisis de datos del ensayo limite liquido C-04*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	56.40	57.50	60.53
R + Suelo Seco	49.62	50.18	52.17
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	6.78	7.32	8.36
Peso S. Seco	25.16	25.42	27.30
% de Humedad	26.95	28.80	30.62

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 48**

*Gráfico del limite liquido C-04*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -7.043\ln(x) + 51.394$
N° de golpes:	25
Limite liquido:	28.75

**Tabla 58**

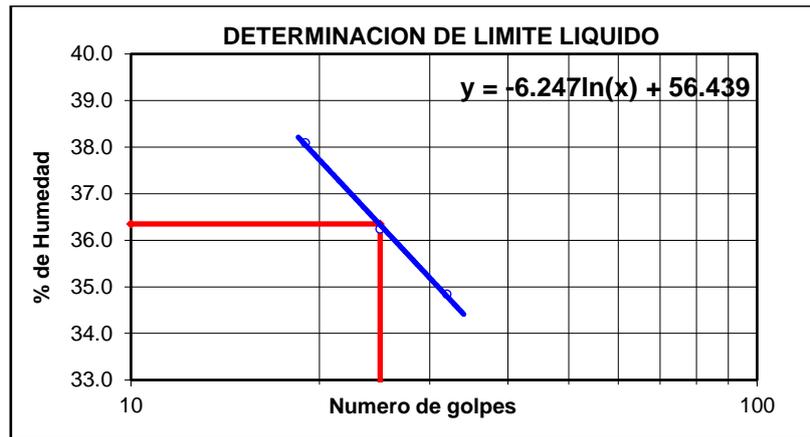
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	32	25	19
Recipiente N°	12	16	10
R + Suelo Hum.	47.45	43.37	50.61
R + Suelo Seco	41.51	38.42	43.51
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	5.94	4.95	7.10
Peso S. Seco	17.05	13.66	18.64
% de Humedad	34.84	36.24	38.09

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 49**

*Gráfico del limite liquido (C-04+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -6.247\ln(x) + 56.439$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	36.35

**Tabla 59**

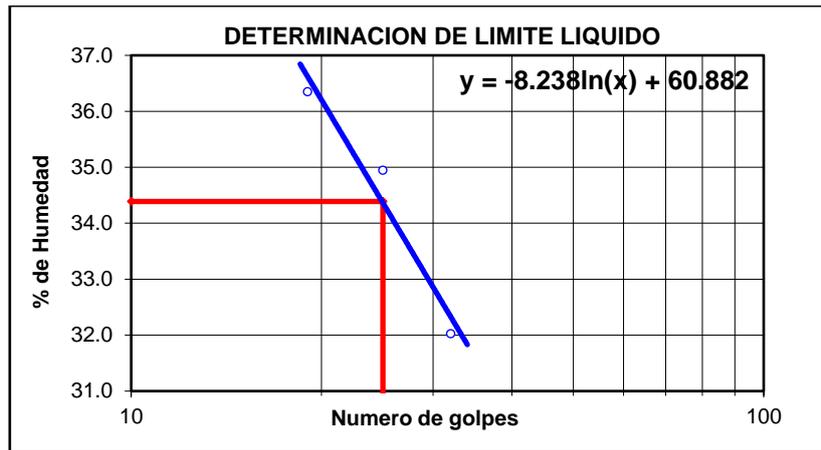
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-04+10%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	56.37	56.00	57.88
R + Suelo Seco	48.63	47.91	49.08
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	7.74	8.09	8.80
Peso S. Seco	24.17	23.15	24.21
% de Humedad	32.02	34.95	36.35

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 50**

*Gráfico del límite líquido (C-04+10%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -8.238\ln(x) + 60.882$
N° de golpes:	25
Limite liquido:	34.39

**Tabla 60**

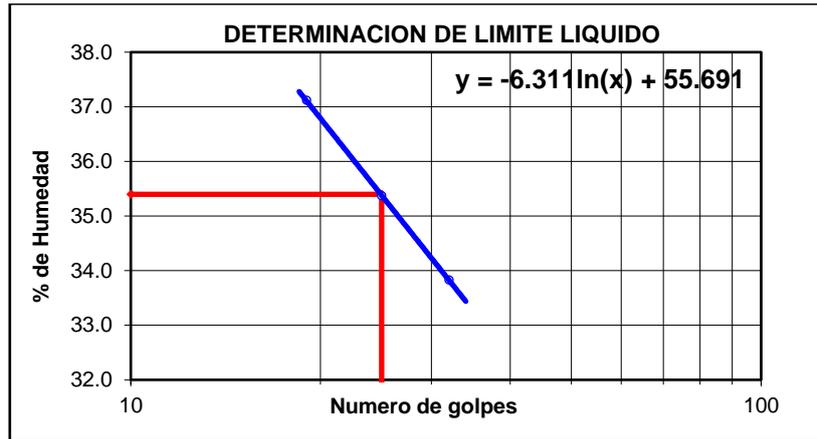
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	32	25	19
Recipiente N°	12	16	10
R + Suelo Hum.	50.73	53.16	52.91
R + Suelo Seco	44.09	45.74	45.32
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	6.64	7.42	7.59
Peso S. Seco	19.63	20.98	20.45
% de Humedad	33.83	35.37	37.11

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 51**

*Gráfico del limite liquido (C-04+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -6.311\ln(x) + 55.691$
N° de golpes:	25
Límite líquido:	35.40

**Tabla 61**

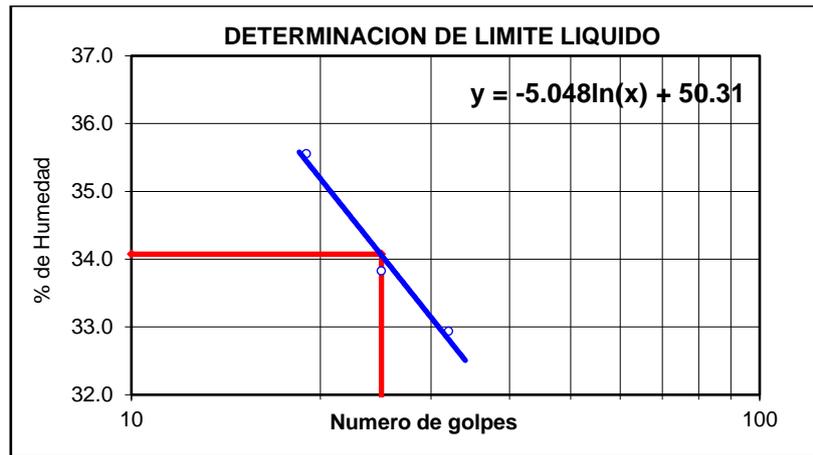
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-04+11%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	32	25	19
Recipiente N°	12	16	10
R + Suelo Hum.	55.70	54.67	62.08
R + Suelo Seco	47.96	47.11	52.32
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	7.74	7.56	9.76
Peso S. Seco	23.50	22.35	27.45
% de Humedad	32.94	33.83	35.56

Fuente: elaboración propia.

**Figura 52**

*Gráfico del límite líquido (C-04+11%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -5.048\ln(x) + 50.31$
Nº de golpes:	25
Limite liquido:	34.07

**Tabla 62**

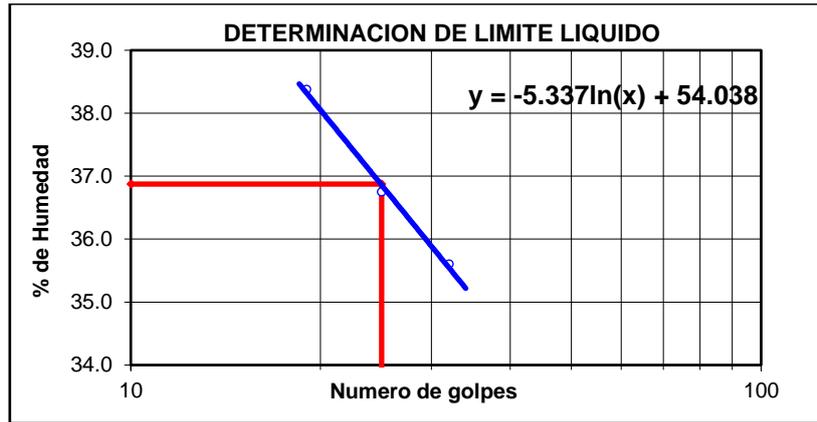
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	50.78	51.33	54.87
R + Suelo Seco	43.87	44.19	46.55
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	6.91	7.14	8.32
Peso S. Seco	19.41	19.43	21.68
% de Humedad	35.60	36.75	38.38

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 53**

*Gráfico del limite liquido (C-04+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -5.337\ln(x) + 54.038$
Nº de golpes:	25
Limite liquido:	36.87

**Tabla 63**

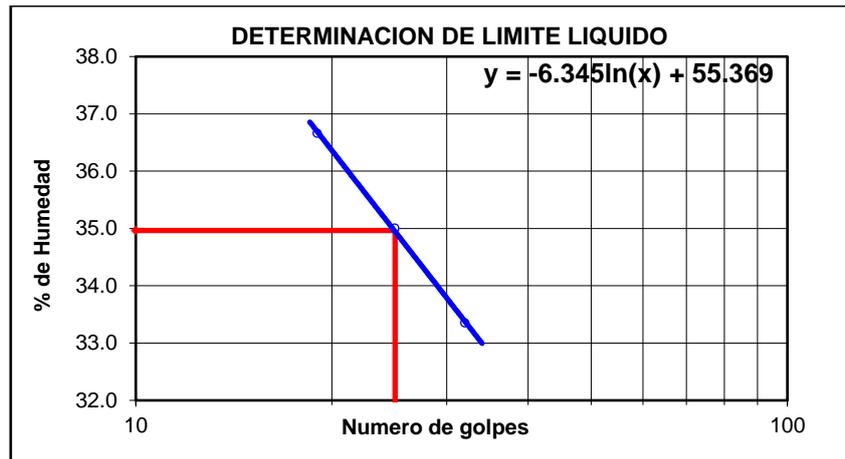
*Análisis de datos del ensayo limite liquido (C-04+12%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	56.69	54.88	61.18
R + Suelo Seco	48.63	47.07	51.44
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	8.06	7.81	9.74
Peso S. Seco	24.17	22.31	26.57
% de Humedad	33.35	35.01	36.66

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 54**

*Gráfico del limite liquido (C-04+12%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -6.345\ln(x) + 55.369$
N° de golpes:	25
Limite liquido:	34.96

➤ Análisis de datos para la calicata 15

**Tabla 64**

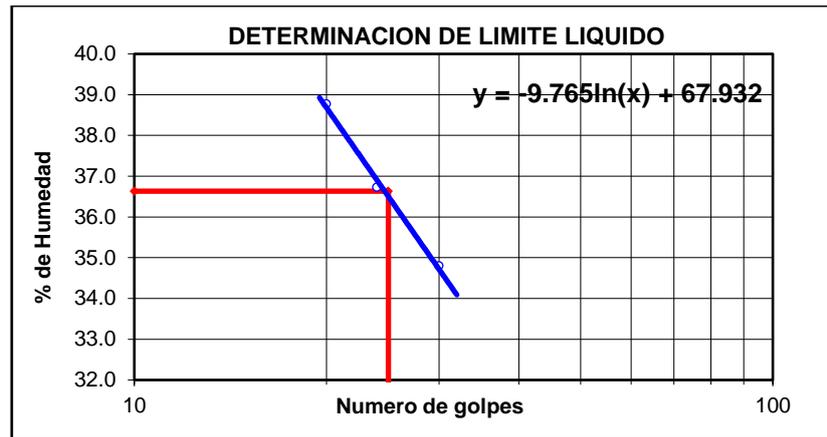
*Análisis de datos del ensayo limite liquido C-15*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	30	24	20
Recipiente N°	17	59	19
R + Suelo Hum.	50.63	52.32	51.68
R + Suelo Seco	43.89	44.75	44.10
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	6.74	7.57	7.58
Peso S. Seco	19.37	20.61	19.55
% de Humedad	34.80	36.73	38.77

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 55**

*Gráfico de limite liquido C-15*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -9.765\ln(x) + 67.932$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	36.63

**Tabla 65**

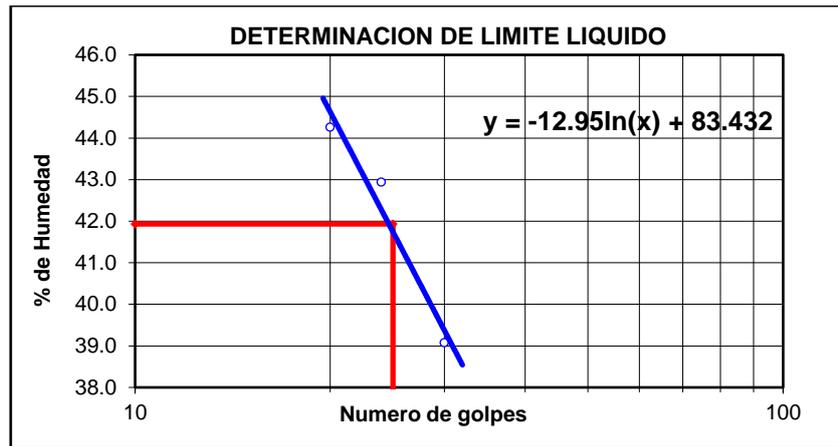
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	24	20
Recipiente Nº	17	59	19
R + Suelo Hum.	40.18	36.79	40.26
R + Suelo Seco	35.78	32.99	35.44
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	4.40	3.80	4.82
Peso S. Seco	11.26	8.85	10.89
% de Humedad	39.08	42.94	44.26

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 56**

*Gráfico del límite líquido (C-15+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -12.95\ln(x) + 83.432$
N° de golpes:	25
Límite líquido:	41.93

**Tabla 66**

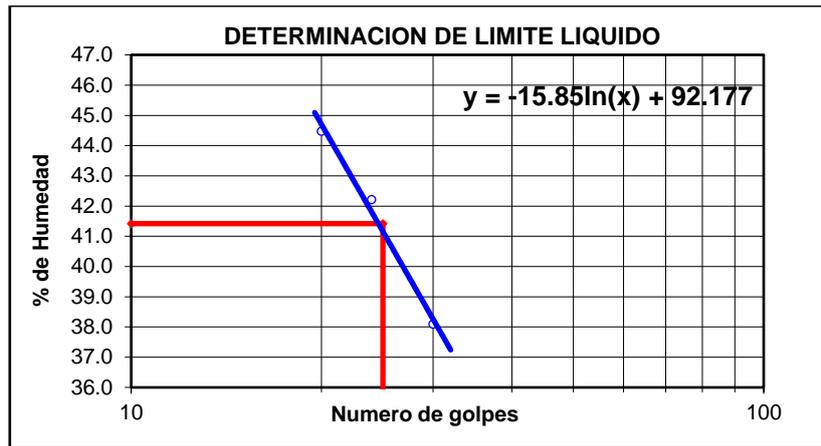
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-15+10%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	30	24	20
Recipiente N°	17	59	19
R + Suelo Hum.	49.90	50.22	48.33
R + Suelo Seco	42.90	42.48	41.01
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	7.00	7.74	7.32
Peso S. Seco	18.38	18.34	16.46
% de Humedad	38.08	42.20	44.47

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 57**

*Gráfico del límite líquido (C-15+10%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -15.85\ln(x) + 92.177$
N° de golpes:	25
Límite líquido:	41.42

**Tabla 67**

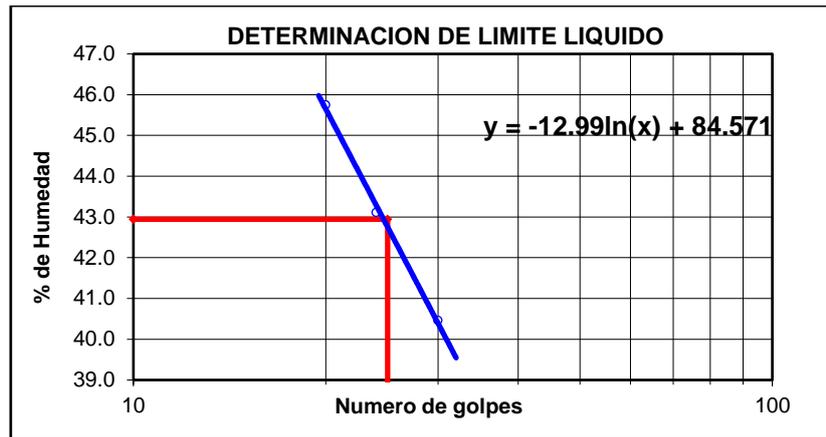
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	30	24	20
Recipiente N°	17	59	19
R + Suelo Hum.	43.96	47.28	43.06
R + Suelo Seco	38.36	40.31	37.25
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	5.60	6.97	5.81
Peso S. Seco	13.84	16.17	12.70
% de Humedad	40.46	43.10	45.75

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 58**

*Gráfico del límite líquido (C-15+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -12.99\ln(x) + 84.571$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	42.94

**Tabla 68**

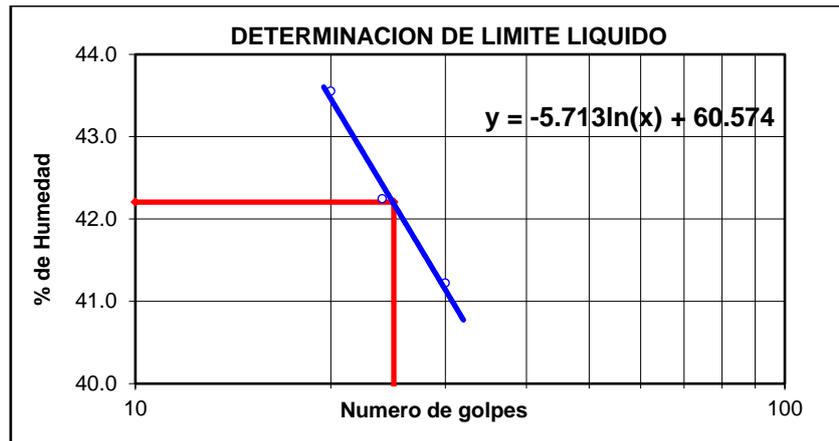
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-15+11%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	24	20
Recipiente Nº	17	59	19
R + Suelo Hum.	49.53	49.09	52.83
R + Suelo Seco	42.23	41.68	44.25
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	7.30	7.41	8.58
Peso S. Seco	17.71	17.54	19.70
% de Humedad	41.22	42.25	43.55

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 59**

*Gráfico del límite líquido (C-15+11%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -5.713\ln(x) + 60.574$
N° de golpes:	25
Límite líquido:	42.21

**Tabla 69**

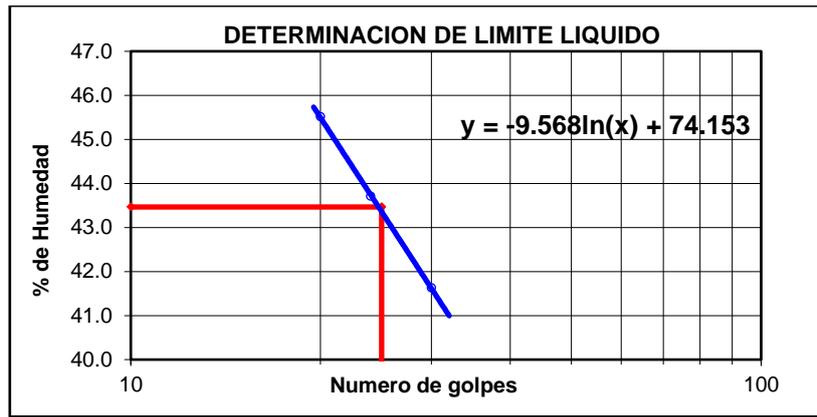
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	30	24	20
Recipiente N°	17	59	19
R + Suelo Hum.	43.81	45.15	44.82
R + Suelo Seco	38.14	38.76	38.48
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	5.67	6.39	6.34
Peso S. Seco	13.62	14.62	13.93
% de Humedad	41.63	43.71	45.51

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 60**

*Gráfico del límite líquido (C-15+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -9.568\ln(x) + 74.153$
N° de golpes:	25
Límite líquido:	43.47

**Tabla 70**

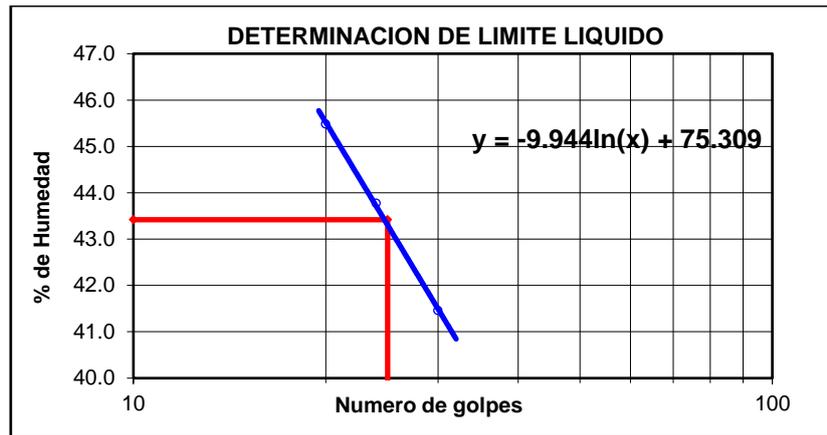
*Análisis de datos del ensayo límite líquido (C-15+12%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	30	24	20
Recipiente N°	17	59	19
R + Suelo Hum.	50.52	49.30	51.93
R + Suelo Seco	42.90	41.64	43.37
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	7.62	7.66	8.56
Peso S. Seco	18.38	17.50	18.82
% de Humedad	41.46	43.77	45.48

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 61**

*Gráfico del límite líquido (C-15+12%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Ecuación:	$y = -9.944\ln(x) + 75.309$
Nº de golpes:	25
Límite líquido:	43.42

➤ Resumen de análisis de datos de límite líquido

**Tabla 71**

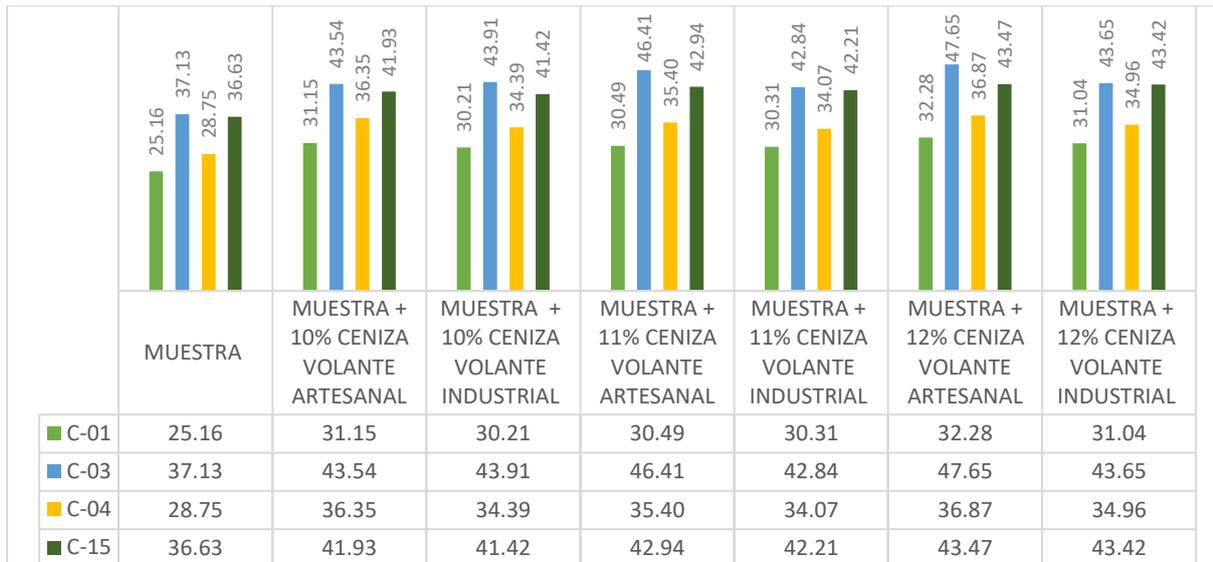
*Resumen de análisis de datos del ensayo límite líquido*

Calicatas	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	25.16	37.13	28.75	36.63
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	31.15	43.54	36.35	41.93
Muestra + 10% ceniza volante industrial	30.21	43.91	34.39	41.42
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	30.49	46.41	35.40	42.94
Muestra + 11% ceniza volante industrial	30.31	42.84	34.07	42.21
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	32.28	47.65	36.87	43.47
Muestra + 12% ceniza volante industrial	31.04	43.65	34.96	43.42

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 62**

*Gráfico de análisis de datos del ensayo límite líquido*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.3.2 Análisis de la Prueba de Limite Liquido.

Se indica que la calicata C-03 tiene el límite liquido alto; mientras el limite liquido más bajo pertenece a la C-04.

Se observa que; los limites líquidos aumentan con la incorporación de la ceniza volante artesanal e industrial, esto se debe a la absorción alta de agua por parte de la ceniza en ambos casos.

### 3.6.4 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Limite Plástico.

#### 3.6.4.1 Procedimiento y Cálculos.

Se calculó el contenido de humedad para la luego hallar el contenido de humedad promedio (limite plástico).

- Análisis de datos para la calicata 01

**Tabla 72**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico C-01*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	13	10
R + Suelo Hum.	18.74	17.48
R + Suelo Seco	16.15	15.10
Peso Recip.	3.90	3.78
Peso Agua	2.59	2.38
Peso S. Seco	12.25	11.32
% de Humedad	21.14	21.02

Fuente: Elaboración propia.



Límite plástico:	21.08
------------------	-------

**Tabla 73**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	8	21
R + Suelo Hum.	17.05	17.94
R + Suelo Seco	13.98	14.65
Peso Recip.	3.83	3.82
Peso Agua	3.07	3.29
Peso S. Seco	10.15	10.83
% de Humedad	30.25	30.38

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	30.31
------------------	-------

**Tabla 74**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+10%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	14	11
R + Suelo Hum.	18.47	18.10
R + Suelo Seco	15.08	14.87
Peso Recip.	3.73	3.81
Peso Agua	3.39	3.23
Peso S. Seco	11.35	11.06
% de Humedad	29.87	29.20

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	29.54
------------------	-------

**Tabla 75**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	7	21
R + Suelo Hum.	18.59	18.22
R + Suelo Seco	15.26	14.98
Peso Recip.	3.81	3.82
Peso Agua	3.33	3.24
Peso S. Seco	11.45	11.16
% de Humedad	29.08	29.03

Fuente: Elaboración propia.



Límite plástico:	29.06
------------------	-------

**Tabla 76**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+11%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	12	26
R + Suelo Hum.	18.22	18.55
R + Suelo Seco	14.98	15.20
Peso Recip.	3.83	3.79
Peso Agua	3.24	3.35
Peso S. Seco	11.15	11.41
% de Humedad	29.06	29.36

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	29.21
------------------	-------

**Tabla 77**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	13	20
R + Suelo Hum.	18.19	19.35
R + Suelo Seco	14.80	15.74
Peso Recip.	3.82	3.80
Peso Agua	3.39	3.61
Peso S. Seco	10.98	11.94
% de Humedad	30.87	30.23

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	30.55
------------------	-------

**Tabla 78**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-01+12%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	8	31
R + Suelo Hum.	19.99	19.44
R + Suelo Seco	16.30	15.89
Peso Recip.	3.82	3.83
Peso Agua	3.69	3.55
Peso S. Seco	12.48	12.06
% de Humedad	29.57	29.44

Fuente: Elaboración propia.



Límite plástico:	29.50
------------------	-------

- Análisis de datos para la calicata 03

**Tabla 79**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico C-03*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	18.22	18.68
R + Suelo Seco	14.88	15.23
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	3.34	3.45
Peso S. Seco	11.10	11.41
% de Humedad	30.09	30.24

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	30.16
------------------	-------

**Tabla 80**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	16.53	19.14
R + Suelo Seco	12.71	14.78
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	3.82	4.36
Peso S. Seco	8.93	10.96
% de Humedad	42.78	39.78

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	41.28
------------------	-------

**Tabla 81**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+10%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	17.95	19.30
R + Suelo Seco	13.81	15.00
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	4.14	4.30
Peso S. Seco	10.03	11.18



% de Humedad	41.28	38.46
Fuente: Elaboración propia.		
Límite plástico:		39.87

**Tabla 82**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+11%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	18.57	19.92
R + Suelo Seco	13.99	15.11
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	4.58	4.81
Peso S. Seco	10.21	11.29
% de Humedad	44.86	42.60
Fuente: Elaboración propia.		
Límite plástico:		43.73

**Tabla 83**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+11%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	17.70	19.75
R + Suelo Seco	13.71	15.33
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	3.99	4.42
Peso S. Seco	9.93	11.51
% de Humedad	40.18	38.40
Fuente: Elaboración propia.		
Límite plástico:		39.29

**Tabla 84**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	17.77	21.35
R + Suelo Seco	13.53	15.87
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	4.24	5.48
Peso S. Seco	9.75	12.05



% de Humedad	43.49	45.48
Fuente: Elaboración propia.		
Límite plástico:		44.48

**Tabla 85**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-03+12%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	19.47	20.64
R + Suelo Seco	15.03	16.02
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	4.44	4.62
Peso S. Seco	11.25	12.20
% de Humedad	39.47	37.87
Fuente: Elaboración propia.		
Límite plástico:		38.67

➤ Análisis de datos para la calicata 04

**Tabla 86**

*Análisis de datos del ensayo limite plástico C-04*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	19.69	18.39
R + Suelo Seco	17.32	16.20
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	2.37	2.19
Peso S. Seco	13.53	12.38
% de Humedad	17.52	17.69
Fuente: Elaboración propia.		
Límite plástico:		17.60

**Tabla 87**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	18.00	18.85
R + Suelo Seco	15.15	15.75
Peso Recip.	3.79	3.82



Peso Agua	2.85	3.10
Peso S. Seco	11.36	11.93
% de Humedad	25.09	25.98

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	25.54
------------------	-------

**Tabla 88**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+10%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	19.42	19.01
R + Suelo Seco	16.25	15.97
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.17	3.04
Peso S. Seco	12.46	12.15
% de Humedad	25.44	25.02

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	25.23
------------------	-------

**Tabla 89**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	19.54	19.13
R + Suelo Seco	16.43	16.08
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.11	3.05
Peso S. Seco	12.64	12.26
% de Humedad	24.60	24.88

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	24.74
------------------	-------

**Tabla 90**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+11%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	19.17	19.46
R + Suelo Seco	16.15	16.30
Peso Recip.	3.79	3.82



Peso Agua	3.02	3.16
Peso S. Seco	12.36	12.48
% de Humedad	24.43	25.32

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	24.88
------------------	-------

### Tabla 91

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	19.14	20.26
R + Suelo Seco	15.97	16.84
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.17	3.42
Peso S. Seco	12.18	13.02
% de Humedad	26.03	26.27

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	26.15
------------------	-------

### Tabla 92

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-04+12%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	20.94	20.35
R + Suelo Seco	17.47	16.99
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.47	3.36
Peso S. Seco	13.68	13.17
% de Humedad	25.37	25.51

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	25.44
------------------	-------

➤ Análisis de datos para la calicata 15

### Tabla 93

*Análisis de datos del ensayo limite plástico C-15*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	10.18	10.56
R + Suelo Seco	8.56	8.86



Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.62	1.70
Peso S. Seco	4.82	5.04
% de Humedad	33.61	33.73

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	33.67
------------------	-------

**Tabla 94**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	7.49	10.02
R + Suelo Seco	6.39	8.41
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.10	1.61
Peso S. Seco	2.65	4.59
% de Humedad	41.51	35.08

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	38.29
------------------	-------

**Tabla 95**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+10%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	9.01	10.58
R + Suelo Seco	7.49	8.63
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.52	1.95
Peso S. Seco	3.75	4.81
% de Humedad	40.53	40.54

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	40.54
------------------	-------

**Tabla 96**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	9.33	10.50
R + Suelo Seco	7.67	8.74



Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.66	1.76
Peso S. Seco	3.93	4.92
% de Humedad	42.24	35.77

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	39.01
------------------	-------

**Tabla 97**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+11%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	8.86	11.03
R + Suelo Seco	7.39	8.96
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.47	2.07
Peso S. Seco	3.65	5.14
% de Humedad	40.27	40.27

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	40.27
------------------	-------

**Tabla 98**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	8.58	11.73
R + Suelo Seco	7.21	9.50
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.37	2.23
Peso S. Seco	3.47	5.68
% de Humedad	39.48	39.26

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	39.37
------------------	-------

**Tabla 99**

*Análisis de datos del ensayo limite plastico (C-15+12%ceniza volante industrial)*

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	10.73	12.02
R + Suelo Seco	8.71	9.65



Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	2.02	2.37
Peso S. Seco	4.97	5.83
% de Humedad	40.64	40.65

Fuente: Elaboración propia.

Límite plástico:	40.65
------------------	-------

➤ Resumen de análisis de datos de limite plástico.

**Tabla 100**

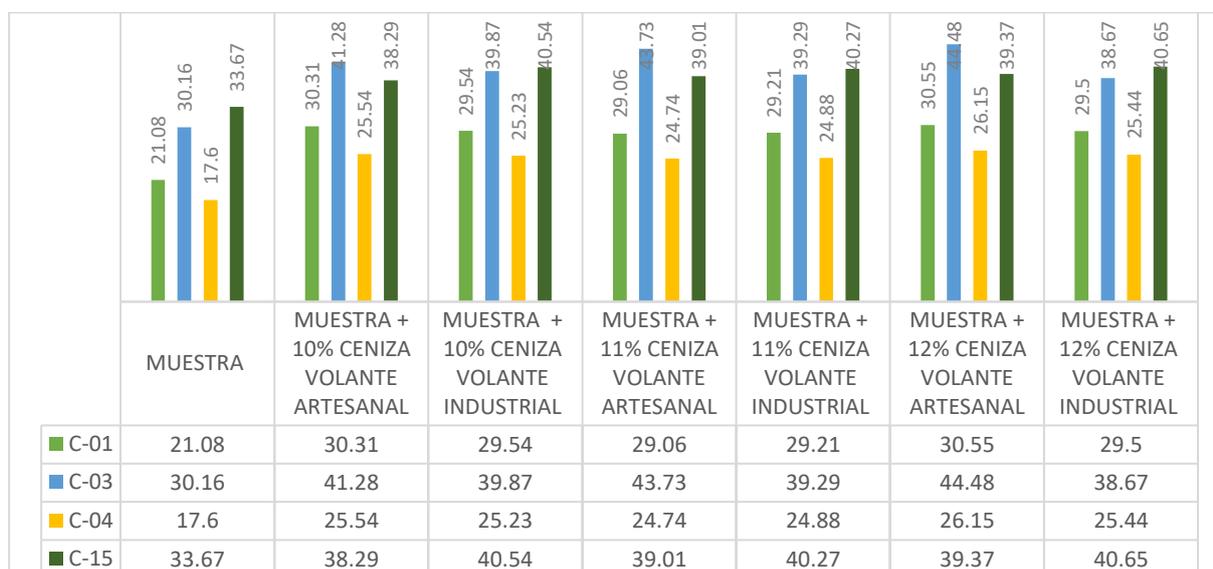
*Resumen de análisis de datos del ensayo limite plástico*

Calicatas	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	21.08	30.16	17.6	33.67
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	30.31	41.28	25.54	38.29
Muestra + 10% ceniza volante industrial	29.54	39.87	25.23	40.54
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	29.06	43.73	24.74	39.01
Muestra + 11% ceniza volante industrial	29.21	39.29	24.88	40.27
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	30.55	44.48	26.15	39.37
Muestra + 12% ceniza volante industrial	29.5	38.67	25.44	40.65

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 63**

*Gráfico de análisis de datos del ensayo limite plástico*





Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.4.2 Análisis de la Prueba de Limite Plástico.

Se indica que la calicata C-15 tiene el limite plástico alto; mientras el limite plástico más bajo pertenece a la C-04.

Se observa que; los limites plásticos aumentan con la incorporación de la ceniza volante artesanal e industrial, debido a la alta retención de líquido este para llegar al punto plástico que deseamos.

### 3.6.5 Análisis de Datos Obtenidos en el Índice de Plasticidad.

#### 3.6.5.1 Procedimiento y Cálculos.

Para el cálculo del índice de plasticidad, se usó la siguiente formula:

$$\text{Indice de Plasticidad (IP)} = \text{Limite Liquido} - \text{Limite Plastico}$$

- Análisis de datos para la calicata 01

**Tabla 101**

*Análisis de datos del índice de plasticidad (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante artesanal)*

Muestra	C-01	C-01 + 10% ceniza volante artesanal	C-01 + 11% ceniza volante artesanal	C-01 + 12% ceniza volante artesanal
Limite liquido (L.L)	25.16	31.15	30.49	32.28
Limite plástico (L.P)	21.08	30.31	29.06	30.55
Índice de plasticidad (IP)	4.08	0.84	1.43	1.73

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 102**

*Análisis de datos del índice de plasticidad (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante industrial)*

Muestra	C-01	C-01 + 10% ceniza volante industrial	C-01 + 11% ceniza volante industrial	C-01 + 12% ceniza volante industrial
Limite liquido (L.L)	25.16	30.21	30.31	31.04

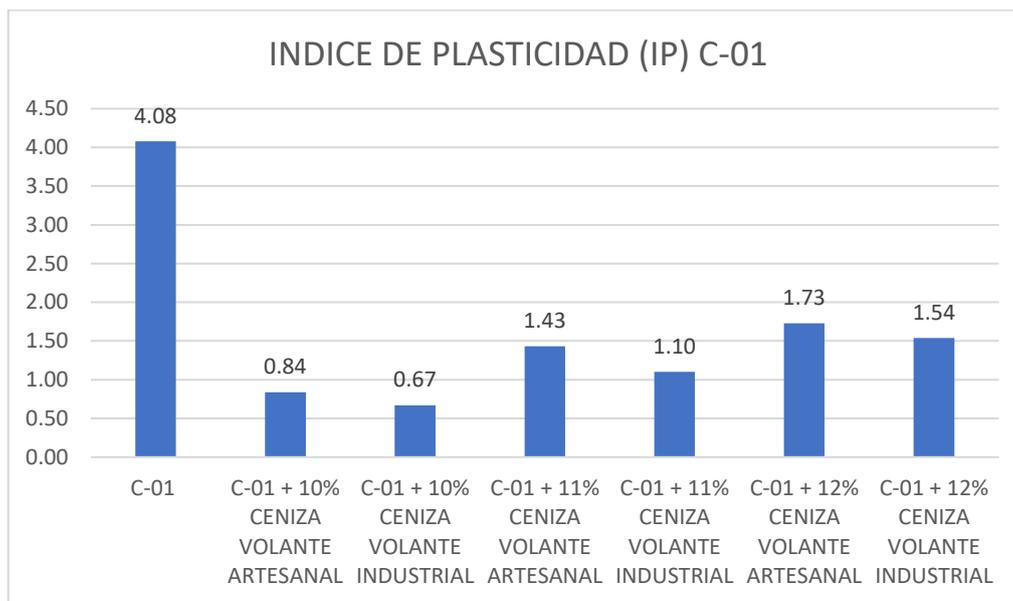


Limite plástico (L.P)	21.08	29.54	29.21	29.50
Índice de plasticidad (IP)	4.08	0.67	1.1	1.54

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 64**

Gráfico de análisis de datos del índice de plasticidad (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante)



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 03

**Tabla 103**

Análisis de datos del índice de plasticidad (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante artesanal)

Muestra	C-03	C-03 + 10% ceniza volante artesanal	C-03 + 11% ceniza volante artesanal	C-03 + 12% ceniza volante artesanal
Limite liquido (L.L)	37.13	43.54	46.41	47.65
Limite plástico (L.P)	30.16	41.28	43.73	44.48
Índice de plasticidad (IP)	6.97	2.26	2.68	3.17

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 104**

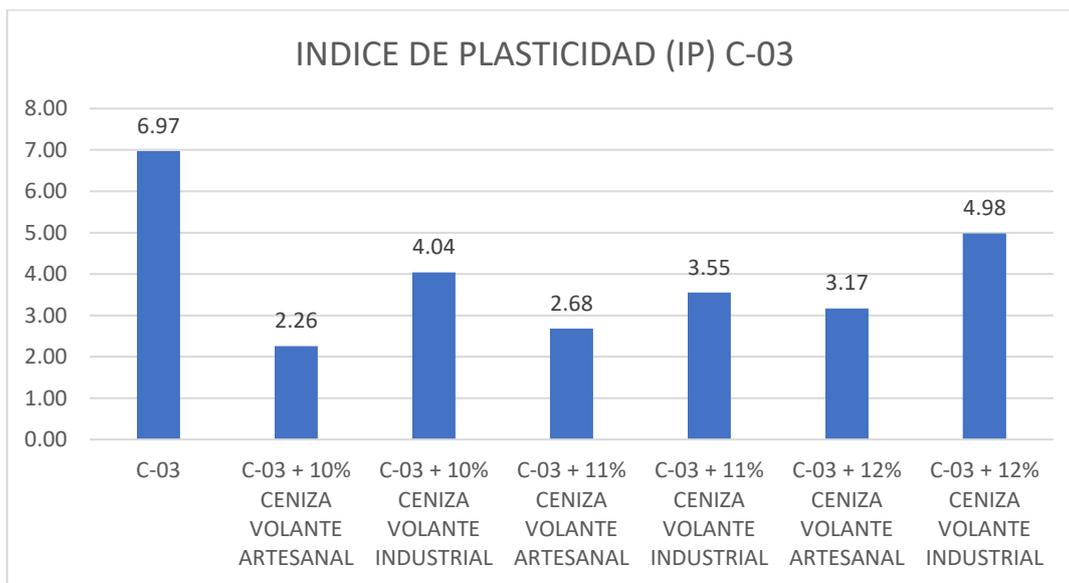
*Análisis de datos del índice de plasticidad (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante industrial)*

Muestra	C-03	C-03 + 10% ceniza volante industrial	C-03 + 11% ceniza volante industrial	C-03 + 12% ceniza volante industrial
Límite líquido (L.L)	37.13	43.91	42.84	43.65
Límite plástico (L.P)	30.16	39.87	39.29	38.67
Índice de plasticidad (IP)	6.97	4.04	3.55	4.98

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 65**

*Gráfico de análisis de datos del índice de plasticidad (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante)*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 04

**Tabla 105**

*Análisis de datos del índice de plasticidad (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante artesanal)*

Muestra	C-04	C-04 + 10% ceniza volante artesanal	C-04 + 11% ceniza volante artesanal	C-04 + 12% ceniza volante artesanal
---------	------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------



Limite liquido (L.L)	28.75	36.35	35.40	36.87
Limite plástico (L.P)	17.60	25.54	24.74	26.15
Índice de plasticidad (IP)	11.15	10.81	10.66	10.72

Fuente: Elaboración propia.

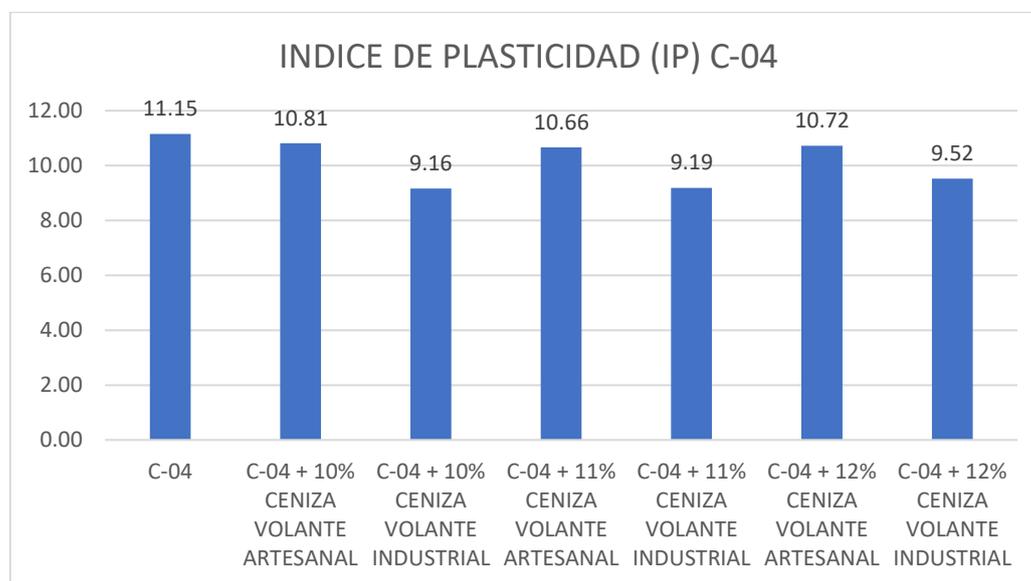
**Tabla 106**

*Análisis de datos del índice de plasticidad (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante industrial)*

Muestra	C-04	C-04 + 10% ceniza volante industrial	C-04 + 11% ceniza volante industrial	C-04 + 12% ceniza volante industrial
Limite liquido (L.L)	28.75	34.39	34.07	34.96
Limite plástico (L.P)	17.60	25.23	24.88	25.44
Índice de plasticidad (IP)	11.15	9.16	9.19	9.52

Fuente: Elaboración propia.

*Figura 66 Gráfico de Análisis de Datos del Índice de Plasticidad (C-04 Vs. C-04+%Ceniza Volantel)*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 15

**Tabla 107**

*Análisis de datos del índice de plasticidad (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante artesanal)*



Muestra	C-15	C-15 + 10% ceniza volante artesanal	C-15 + 11% ceniza volante artesanal	C-15 + 12% ceniza volante artesanal
Limite liquido (L.L)	36.63	41.93	42.94	43.47
Limite plástico (L.P)	33.67	38.29	39.01	39.37
Índice de plasticidad (IP)	2.96	3.64	3.93	4.10

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 108**

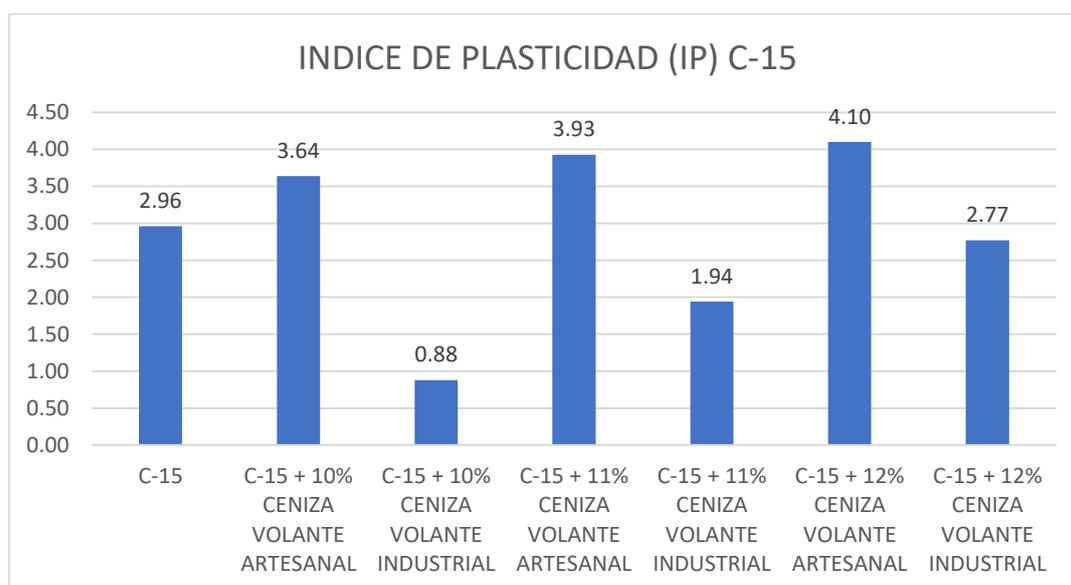
*Análisis de datos del índice de plasticidad (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante industrial)*

Muestra	C-15	C-15 + 10% ceniza volante industrial	C-15 + 11% ceniza volante industrial	C-15 + 12% ceniza volante industrial
Limite liquido (L.L)	36.63	41.42	42.21	43.42
Limite plástico (L.P)	33.67	40.54	40.27	40.65
Índice de plasticidad (IP)	2.96	0.88	1.94	2.77

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 67**

*Gráfico de análisis de datos del índice de plasticidad (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante)*



Fuente: Elaboración propia.



➤ Resumen de Análisis de datos de índice de plasticidad

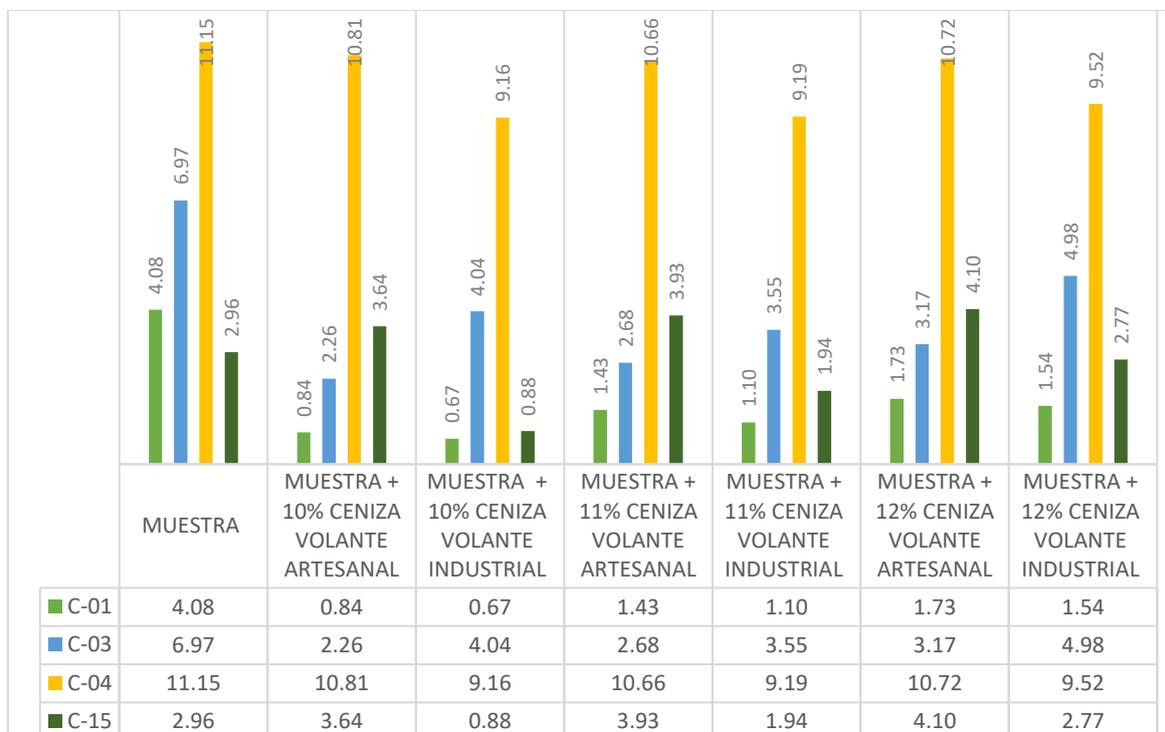
**Tabla 109**

*Resumen análisis de datos del índice de plasticidad*

	Calicatas	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra		4.08	6.97	11.15	2.96
Muestra + 10% ceniza volante artesanal		0.84	2.26	10.81	3.64
Muestra + 10% ceniza volante industrial		0.67	4.04	9.16	0.88
Muestra + 11% ceniza volante artesanal		1.43	2.68	10.66	3.93
Muestra + 11% ceniza volante industrial		1.10	3.55	9.19	1.94
Muestra + 12% ceniza volante artesanal		1.73	3.17	10.72	4.10
Muestra + 12% ceniza volante industrial		1.54	4.98	9.52	2.77

Fuente: Elaboración propia.

*Figura 68 Grafico Análisis de Datos del Índice de Plasticidad*



Fuente: Elaboración propia.



### 3.6.5.2 Análisis de la Prueba de Índice de Plasticidad.

Se indica que; la calicata C-15 presenta 2.96 de índice de plasticidad siendo el más bajo, mientras las C-04 tiene 11.15 siendo el más alto.

Se observa que; el índice de plasticidad (IP) en las calicatas llegan a disminuir con la incorporación de la ceniza volante artesanal e industrial. A diferencia de la C-15 con la adición de ceniza artesanal sus valores presentan valores altos.

### 3.6.6 Análisis de Datos Obtenidos en la Clasificación de Suelos.

#### 3.6.6.1 Procedimiento y Cálculos.

Para la clasificación de las calicatas se utilizó dos sistemas de métodos SUCS y AASHTO según los resultados obtenidos en la granulometría y límites de consistencia.

➤ Clasificación de suelos C-01

**Tabla 110**

*Analisis de datos clasificacion de suelos C-01*

Tipo de suelo	
Suelo	Inorgánico
Granulometría	
% que pasa el tamiz n°10	80.5%
% que pasa el tamiz n°40	68.1%
% que pasa el tamiz n°200	58.8%
Límites de consistencia	
L.L	25.16
LP	21.08
IP	4.08
Coeficientes	
Cu	No presenta
Cc	Más del 12% pasa el tamiz n°200
Clasificación de suelo (SUCS)	
<b>CI-ml (arcilla arenosa limosa)</b>	
Clasificación de suelo (AASHTO)	
<b>A-4(0)</b>	

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 111

Criterios de clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) C-01

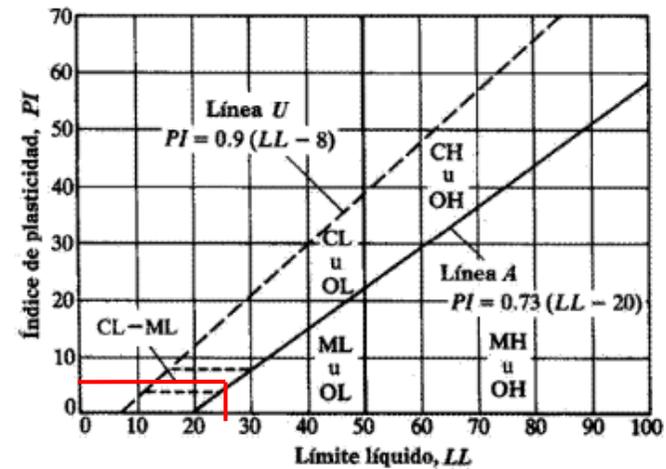
CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO			SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada
			$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada
		GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava limosa arcillosa
		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien gradada con limo
		Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC	Grava bien gradada con arcilla	
		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM	Grava mal gradada con limo	
		Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal gradada con arcilla	
	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien gradada
			$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada
		ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
		IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM	Arena limosa arcillosa	
ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM	Arena bien gradada con limo	
	Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC	Arena bien gradada con arcilla		
	Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM	Arena mal gradada con limo		
	Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC	Arena mal gradada con arcilla		
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido menor que 50	Inorgánicos	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
			IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa
		Orgánicos		OL	Limo orgánico Arcilla orgánica
	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido 50 o mayor	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
	Orgánicos		OH	Limo orgánico Arcilla orgánica	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Principalmente materia orgánica de color oscuro		Pt	Turba	

Fuente. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)



Figura 69

*Criterio de clasificación de suelos según la Carta de Plasticidad de Casagrande para suelos finos C-01*



Fuente. Braja. M. Das. Fundamentos De Ingeniería Geotécnica.

Tabla 112

*Criterio de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) C-01*



CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% que pasa el tamiz: N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del material que pasa el tamiz N° 40			No Plástico								
Límite Líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Fuente. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

➤ Clasificación de suelos C-03

**Tabla 113**

*Analisis de datos clasificacion de suelos C-03*

Tipo de suelo	
Suelo	Inorgánico
Granulometría	
% que pasa el tamiz n°10	83.1%
% que pasa el tamiz n°40	69.4%
% que pasa el tamiz n°200	62.6%
Límites de consistencia	
L.L	37.13
LP	30.16
IP	6.97
Coeficientes	
Cu	No presenta
Cc	Más del 12% pasa el tamiz n°200
Clasificación de suelo (SUCS)	



CL (arcilla baja plasticidad)
Clasificación de suelo (AASHTO)
A-4(4)
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 114**

*Criterios de clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) C-03*

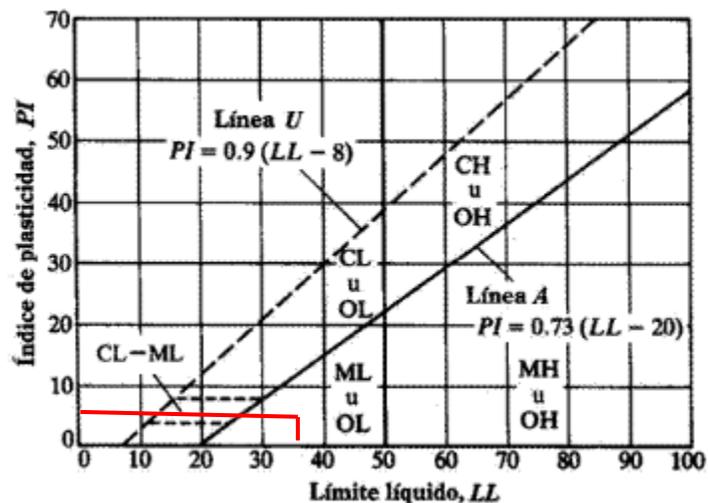


CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO				SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada
			$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada
		GRAVAS CON FINOS	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
		Más del 12% pasa la malla N° 200	IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava limosa arcillosa
			Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien gradada con limo
	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS	Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC	Grava bien gradada con arcilla
		Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM	Grava mal gradada con limo
			Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal gradada con arcilla
		ARENAS LIMPIAS	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien gradada
		Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada
		ARENAS CON FINOS	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
		Más del 12% pasa la malla N° 200	IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM	Arena limosa arcillosa
SUELOS DE PARTICULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	LIMOS Y ARCILLAS Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
			IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa	
	Orgánicos		OL	Limo orgánico Arcilla orgánica	
	LIMOS Y ARCILLAS Limite Liquido 50 o mayor	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
	Orgánicos		OH	Limo orgánico Arcilla orgánica	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Principalmente materia orgánica de color oscuro		Pt	Turba

Fuente. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Figura 70

Criterio de clasificación de suelos según la Carta de Plasticidad de Casagrande para suelos finos C-03



Fuente. Braja. M. Das. Fundamentos De Ingeniería Geotécnica.

Tabla 115

Criterio de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
% que pasa el tamiz: N° 10 N° 40 N° 200	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del material que pasa el tamiz N° 40 Límite Líquido Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.	No Plástico	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	



Fuente. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

➤ Clasificación de suelos C-04

**Tabla 116**

*Análisis de datos clasificación de suelos C-04*

Tipo de suelo	
Suelo	Inorgánico
Granulometría	
% que pasa el tamiz n°4	58.8%
% que pasa el tamiz n°10	51.5%
% que pasa el tamiz n°40	42.4%
% que pasa el tamiz n°200	37.2%
Límites de consistencia	
L.L	28.75
LP	17.60
IP	11.14
Coeficientes	
Cu	No presenta
Cc	Más del 12% pasa el tamiz n°200
Clasificación de suelo (SUCS)	
<b>SC (arena arcillosa con grava)</b>	
Clasificación de suelo (AASHTO)	
<b>A-6(1)</b>	

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 117

Criterios de clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO			SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada
			$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada
		GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava limosa arcillosa
		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien gradada con limo
		Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC	Grava bien gradada con arcilla	
		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM	Grava mal gradada con limo	
		Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal gradada con arcilla	
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS Mas del 12% pasa la malla N° 200	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW
			$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada
ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200			IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
		IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM	Arena limosa arcillosa	
ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM	Arena bien gradada con limo	
	Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC	Arena bien gradada con arcilla		
	Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM	Arena mal gradada con limo		
	Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC	Arena mal gradada con arcilla		
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido menor que 50	Inorgánicos	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
			IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa
		Orgánicos		OL	Limo orgánico Arcilla orgánica
	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido 50 o mayor	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
Orgánicos			OH	Limo orgánico Arcilla orgánica	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Principalmente materia orgánica de color oscuro		Pt	Turba	

Fuente. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).



**Tabla 118**

*Criterio de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% que pasa el tamiz: N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			No Plástico	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Fuente. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).



➤ Clasificación de suelos C-15

**Tabla 119**

*Análisis de datos clasificación de suelos C-15*

Tipo de suelo	
Suelo	Inorgánico
Granulometría	
% que pasa el tamiz n°4	100%
% que pasa el tamiz n°10	99.8%
% que pasa el tamiz n°40	97.7%
% que pasa el tamiz n°200	43.0%
Límites de consistencia	
L.L	36.63
LP	33.67
IP	2.96
Coeficientes	
Cu	No presenta
Cc	Más del 12% pasa el tamiz n°200
Clasificación de suelo (SUCS)	
<b>SM (arena limosa con grava)</b>	
Clasificación de suelo (AASHTO)	
<b>A-4-(0)</b>	

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 120

Criterios de clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO			SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada
			$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada
		GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava limosa arcillosa
		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien gradada con limo
		Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC	Grava bien gradada con arcilla	
		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM	Grava mal gradada con limo	
		Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal gradada con arcilla	
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW
			$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada
ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200			$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM	Arena limosa arcillosa	
ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM	Arena bien gradada con limo	
	Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC	Arena bien gradada con arcilla		
	Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM	Arena mal gradada con limo		
	Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC	Arena mal gradada con arcilla		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa
	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido 50 o mayor	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			Orgánicos	OH	Limo orgánico Arcilla orgánica
	Principalmente materia orgánica de color oscuro	Pt	Turba		

Fuente. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).



**Tabla 121**

*Criterio de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			No Plástico	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Fuente. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).



### 3.6.6.2 Análisis de la Prueba de Clasificación de Suelos.

Se determinó que los suelos más problemáticos son las calicatas C-01, C-03, C-04 y C-15; los cuales se estabilizaran con ceniza volantes artesanal e industrial en porcentajes de 10%, 11% y 12%.

### 3.6.7 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando Energía Modificada (Proctor Modificado).

#### 3.6.7.1 Procedimiento y Cálculos.

Se calculó el contenido de humedad sacados de la parte inferior, medio y superior de cada molde del suelo compactado, para seguidamente sacar el promedio de este.

Para determinar la densidad seca de cada molde se usó la siguiente formula:

$$\text{densidad seca } (\rho_d) = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

- $\rho_m$ , densidad humedad compactada (gr/cm<sup>3</sup>)
- w, contenido de humedad (%)

Seguidamente, se realizó la gráfica de la densidad máxima seca vs. óptimo contenido de humedad, el cual se usó la ecuación de la curva.

- Análisis de datos para la calicata 01

**Tabla 122**

*Análisis de datos de compactación C-01*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6039.00	6164.00	6260.00	6219.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1765.00	1890.00	1986.00	1945.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.87	2.00	2.11	2.06

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 123**

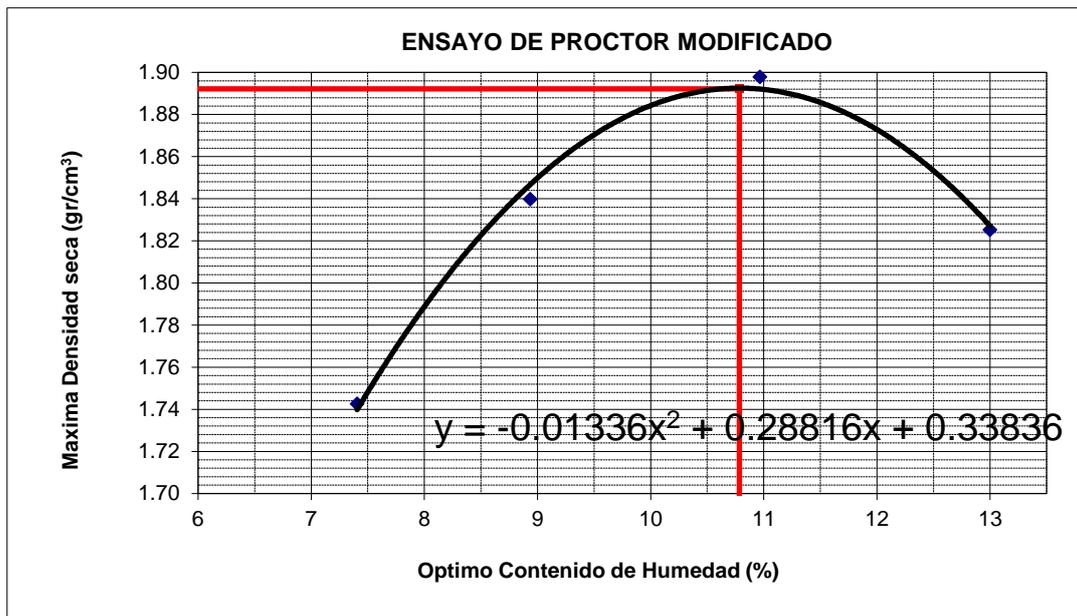
*Análisis de datos del contenido de humedad C-01*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	414.80	382.20	377.50	450.30
Tara + suelo seco (gr.)	386.20	351.60	340.20	398.50
Peso de agua (gr.)	28.60	30.60	37.30	51.80
Peso de suelo seco (gr.)	386.20	342.50	340.20	398.50
Humedad (%)	7.4	8.9	10.96	13.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.743	1.840	1.898	1.825

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 71**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.892
Óptimo contenido de humedad (%):	10.8

**Tabla 124**

*Análisis de datos de compactación (C-01+10% ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5924.00	6031.00	6120.00	6132.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1650.00	1757.00	1846.00	1858.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.750	1.863	1.958	1.970

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 125**

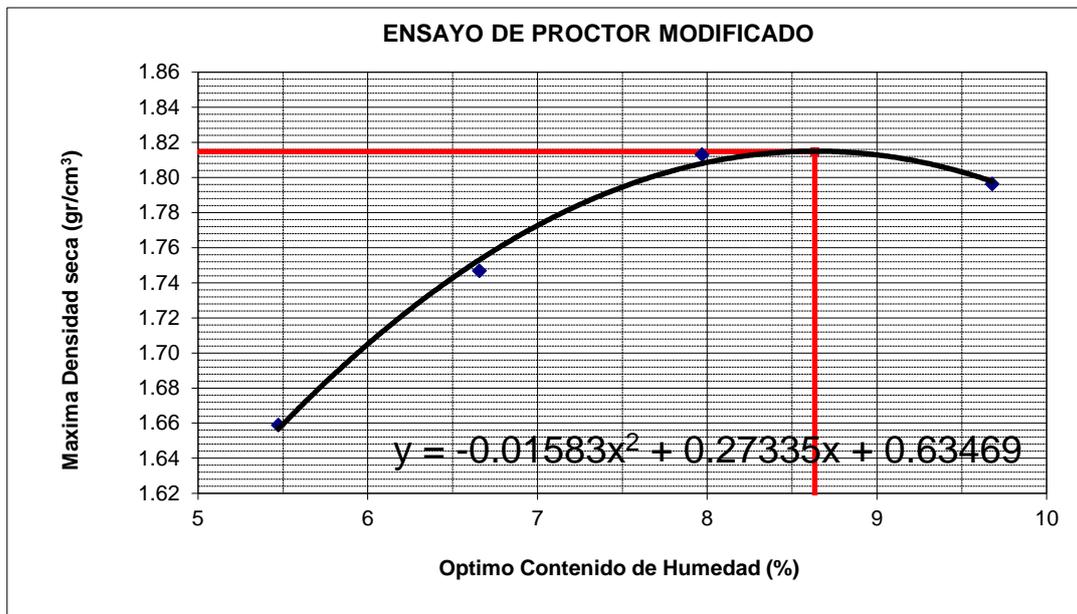
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	339.20	325.60	341.40	335.40
Tara + suelo seco (gr.)	321.60	302.80	316.20	305.80
Peso de agua (gr.)	17.60	22.80	25.20	29.60
Peso de suelo seco (gr.)	321.60	342.50	316.20	305.80
Humedad (%)	5.5	6.7	7.97	9.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.659	1.747	1.813	1.796

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 72**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.815
Optimo contenido de humedad (%):	8.6

**Tabla 126**

*Análisis de datos de compactación (C-01+10%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método A			
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5970.00	6060.00	6125.00	6122.00



Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1696.00	1786.00	1851.00	1848.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.799	1.894	1.963	1.960

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 127**

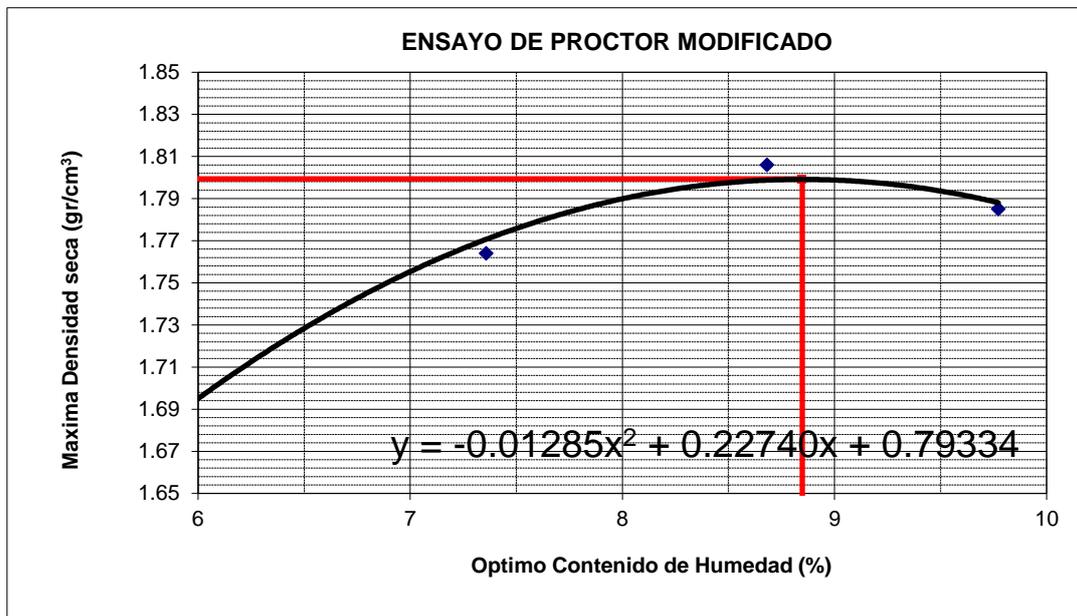
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante industrial)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	362.40	352.10	343.00	332.50
Tara + suelo seco (gr.)	341.90	326.90	315.60	302.90
Peso de agua (gr.)	20.50	25.20	27.40	29.60
Peso de suelo seco (gr.)	341.90	342.50	315.60	302.90
Humedad (%)	6.0	7.4	8.68	9.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.697	1.764	1.806	1.785

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 73**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.80
Optimo Contenido de Humedad (%):	8.8

**Tabla 128**

*Análisis de datos de compactación (C-01+11%ceniza volante artesanal)*



Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6072.00	6146.00	6202.00	6210.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1798.00	1872.00	1928.00	1936.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.907	1.985	2.045	2.053

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 129**

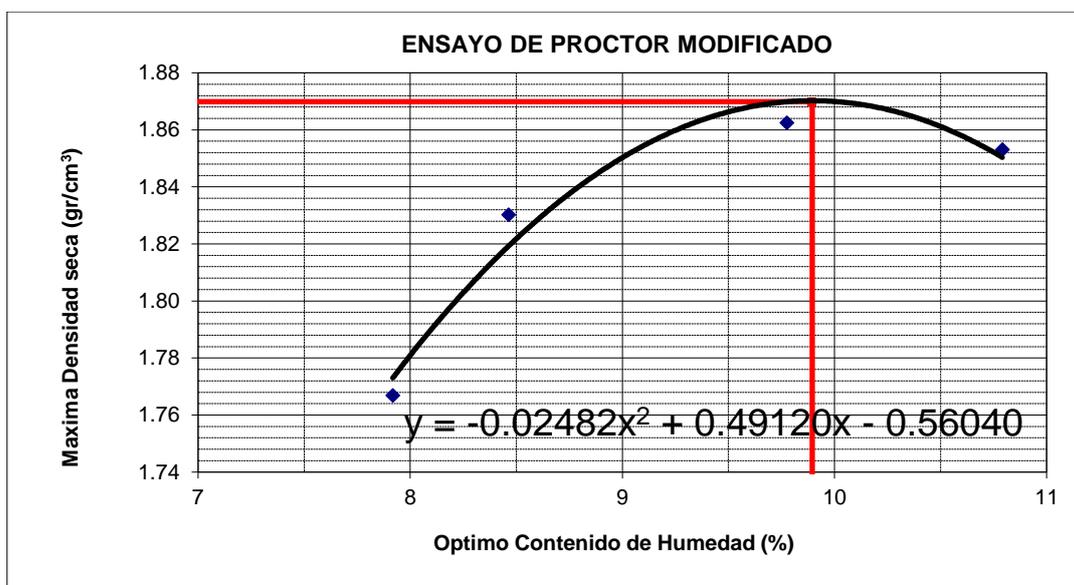
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	496.80	567.20	652.80	519.10
Tara + suelo seco (gr.)	460.35	538.21	594.67	468.54
Peso de agua (gr.)	36.45	28.99	58.13	50.56
Peso de suelo seco (gr.)	460.35	342.50	594.67	468.54
Humedad (%)	7.9	8.5	9.78	10.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.767	1.830	1.862	1.853

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 74**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.870
Optimo contenido de humedad (%):	9.9

**Tabla 130**

*Análisis de datos de compactación (C-01+11%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	2
Peso suelo + molde (gr.)	6023.00	6120.00	6210.00	6198.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1749.00	1846.00	1936.00	1924.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.855	1.958	2.043	2.040

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 131**

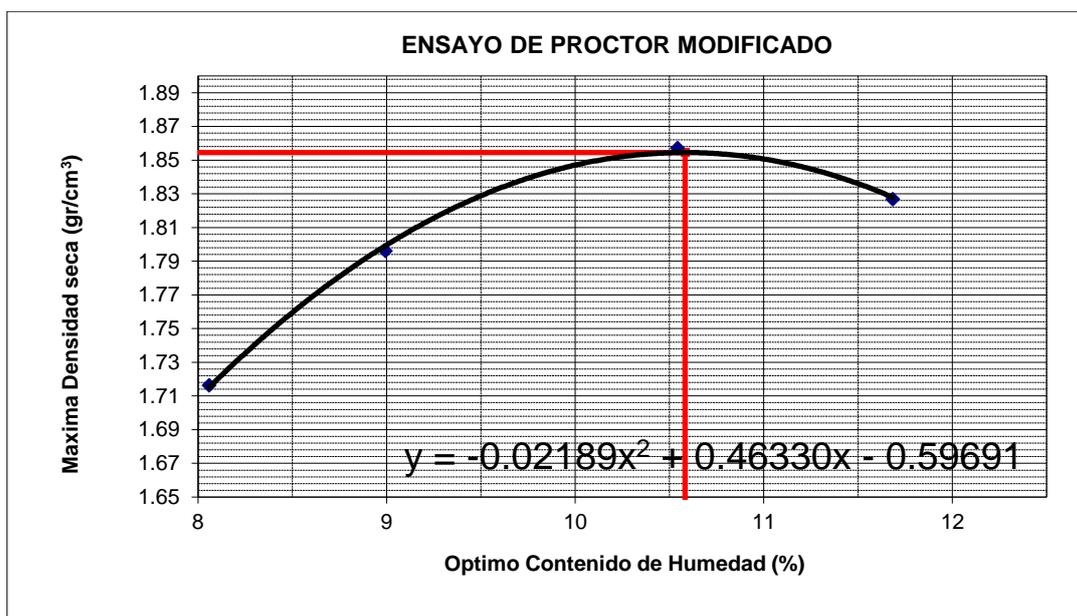
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante industrial)*

	Humedad (%)			
	8.1	9.0	10.54	11.7
Tara + suelo húmedo (gr.)	359.40	345.00	334.50	359.40
Tara + suelo seco (gr.)	332.60	314.20	302.60	321.80
Peso de agua (gr.)	26.80	30.80	31.90	37.60
Peso de suelo seco (gr.)	332.60	342.50	302.60	321.80
Humedad (%)	8.1	9.0	10.54	11.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.716	1.796	1.857	1.827

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 75**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante industrial)*





Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.855
Optimo contenido de humedad (%):	10.6

**Tabla 132**

*Análisis de datos de compactación (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6072.00	6156.00	6199.00	6195.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1798.00	1882.00	1925.00	1921.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.907	1.996	2.041	2.037

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 133**

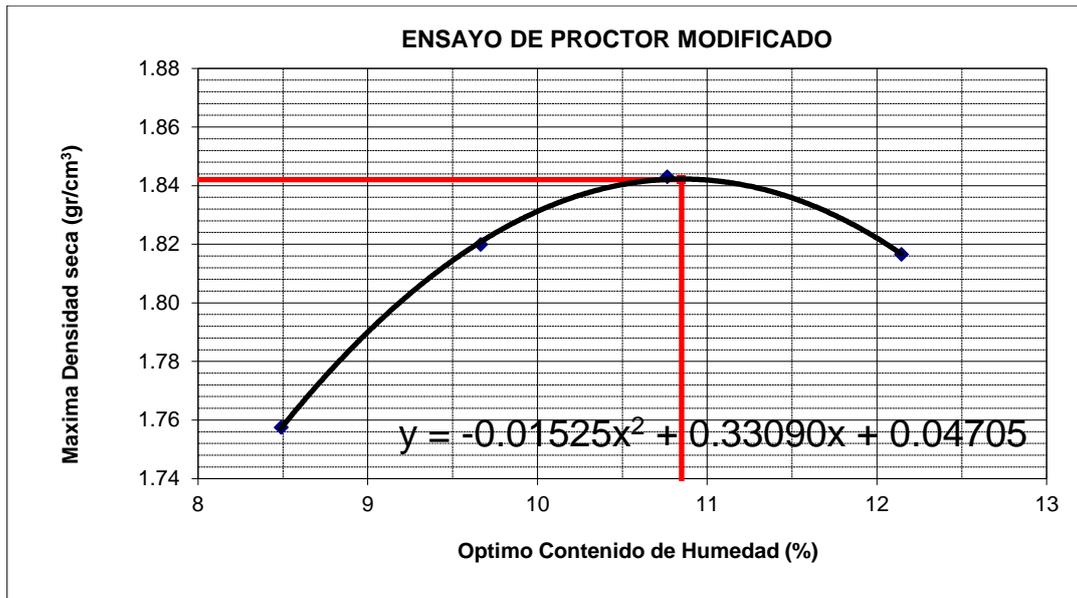
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	483.10	524.70	562.90	483.90
Tara + suelo seco (gr.)	445.30	491.60	508.20	431.50
Peso de agua (gr.)	37.80	33.10	54.70	52.40
Peso de suelo seco (gr.)	445.30	342.50	508.20	431.50
Humedad (%)	8.5	9.7	10.76	12.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.757	1.820	1.843	1.817

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 76**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.842
Optimo Contenido de Humedad (%):	10.8

**Tabla 134**

*Análisis de datos de compactación (C-01+12%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5991.00	6102.00	6180.00	6170.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1717.00	1828.00	1906.00	1896.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.821	1.98	2.021	2.011

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 135**

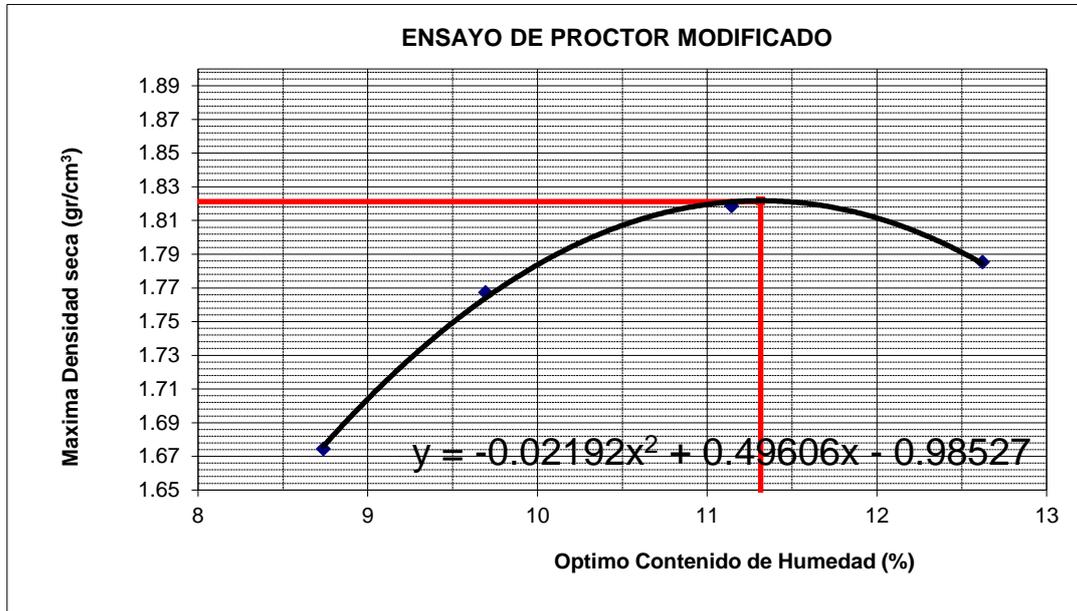
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante industrial)*

	Humedad (%)			
	8.7	9.7	11.14	12.60
Tara + suelo húmedo (gr.)	324.80	334.50	345.10	324.80
Tara + suelo seco (gr.)	298.70	301.30	310.50	288.40
Peso de agua (gr.)	26.10	33.20	34.60	36.40
Peso de suelo seco (gr.)	298.70	342.50	310.50	288.40
Humedad (%)	8.7	9.7	11.14	12.60
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.674	1.767	1.819	1.785

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 77**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm3):	1.82
Optimo contenido de humedad (%):	11.3

➤ Resumen análisis de datos calicata 01

**Tabla 136**

*Resumen analisis de datos del ensayo proctor modificado (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante)*

Muestra	Densidad máxima seca (gr/cm3)	Optimo contenido de humedad (%)
C-01	1.892	10.800
C-01 + 10% ceniza volante artesanal	1.815	8.600
C-01 + 10% ceniza volante industrial	1.800	8.800
C-01 + 11% ceniza volante artesanal	1.870	9.900
C-01 + 11% ceniza volante industrial	1.850	10.600

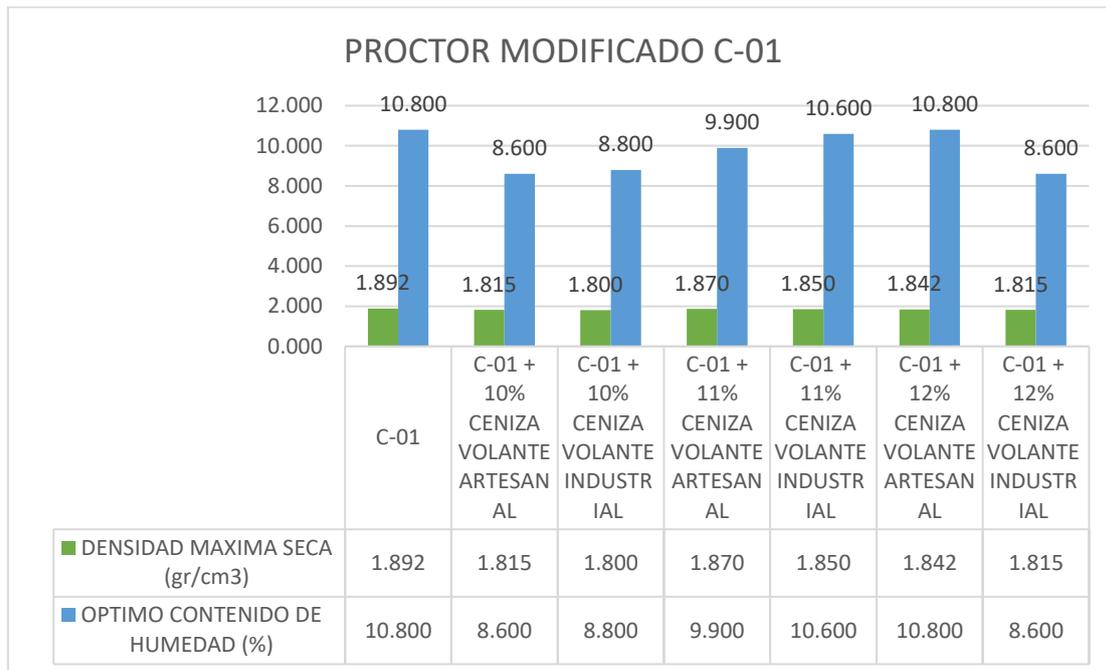


C-01 + 12% ceniza volante artesanal	1.842	10.800
C-01 + 12% ceniza volante industrial	1.815	8.600

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 78**

*Grafico del ensayo proctor modificado (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante)*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 03

**Tabla 137**

*Análisis de datos de compactación C-03*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5946.00	6063.00	6159.00	6120.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1672.00	1789.00	1885.00	1846.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.773	1.897	1.99	1.958

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 138**

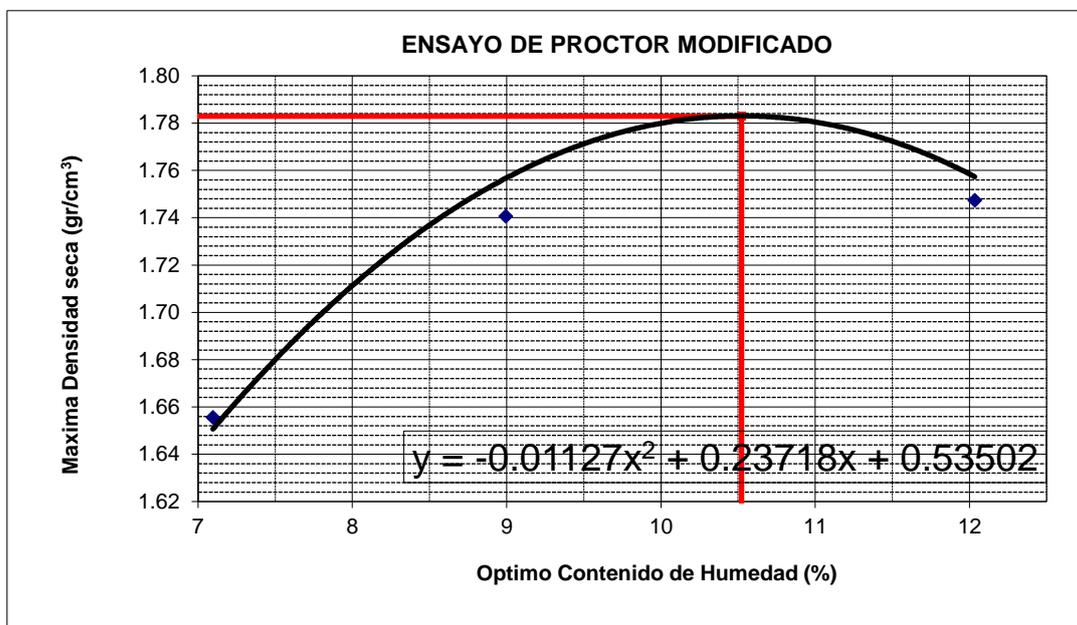
*Análisis de datos del contenido de humedad C-03*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	393.90	372.70	361.80	372.40
Tara + suelo seco (gr.)	367.80	341.90	326.30	332.40
Peso de agua (gr.)	26.10	30.80	35.50	40.00
Peso de suelo seco (gr.)	367.80	342.50	326.30	332.40
Humedad (%)	7.1	9.0	10.88	12.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.665	1.741	1.803	1.747

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 79**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.783
Óptimo contenido de humedad (%):	10.5

**Tabla 139**

*Análisis de datos de compactación (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5831.00	5965.00	6019.00	6028.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00



Peso suelo compactado (gr.)	1557.00	1691.00	1745.00	1754.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.651	1.793	1.850	1.860

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 140**

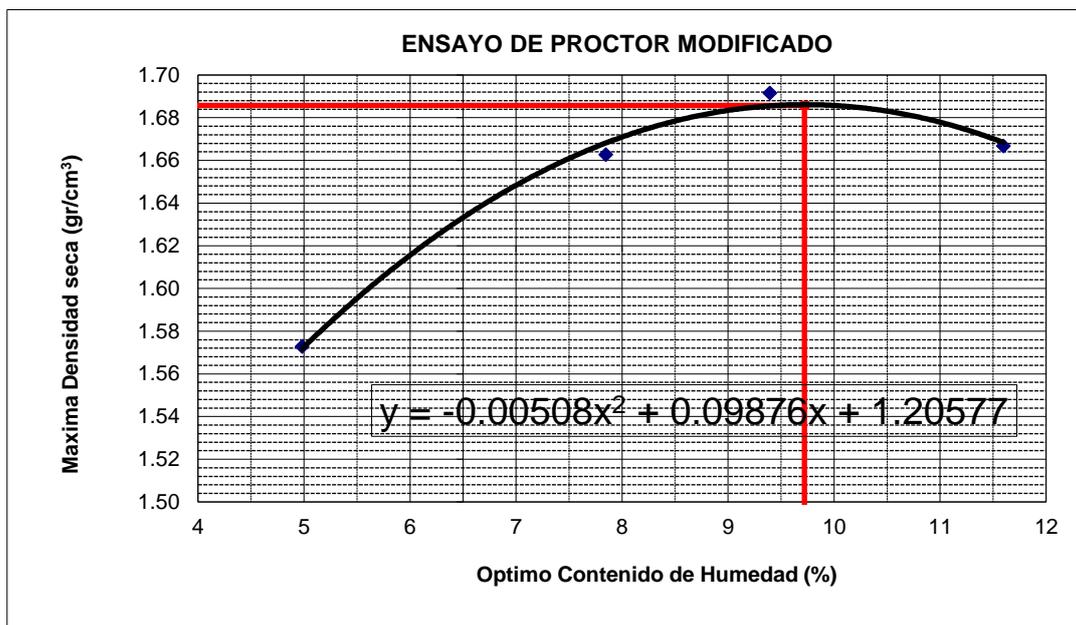
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	318.30	316.10	330.70	267.50
Tara + suelo seco (gr.)	303.20	293.10	302.30	239.70
Peso de agua (gr.)	15.10	23.00	28.40	27.80
Peso de suelo seco (gr.)	303.20	293.10	302.30	239.70
Humedad (%)	5.0	7.8	9.39	11.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.573	1.663	1.692	1.667

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 80**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.686
Optimo contenido de humedad (%):	9.7

**Tabla 141**

*Análisis de datos de compactación (C-03+10%ceniza volante industrial)*



Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5877.00	5979.00	6024.00	6023.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1603.00	1705.00	1750.00	1749.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.700	1.808	1.856	1.855

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 142**

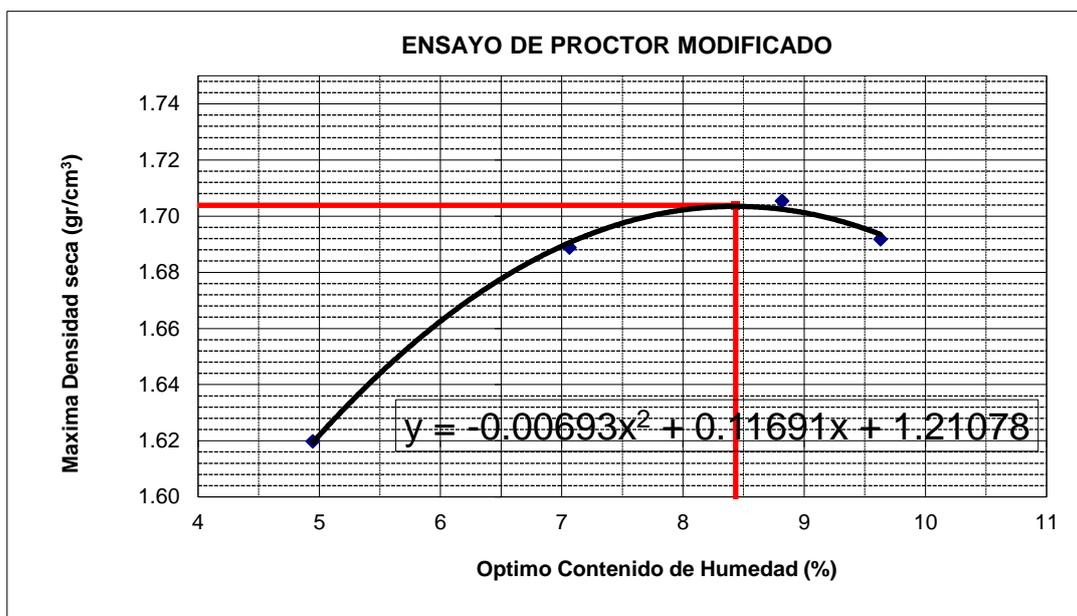
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)				
Tara + suelo húmedo (gr.)	339.50	339.60	328.30	259.60
Tara + suelo seco (gr.)	323.50	317.20	301.70	236.80
Peso de agua (gr.)	16.00	22.40	26.60	22.80
Peso de suelo seco (gr.)	323.50	317.20	301.70	236.80
Humedad (%)	4.9	7.1	8.82	9.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.620	1.689	1.705	1.692

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 81**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.704
Óptimo contenido de humedad (%):	8.4

**Tabla 143**

*Análisis de datos de compactación (C-03+11%ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5979.00	6045.00	6101.00	6111.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1705.00	1771.00	1827.00	1837.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.808	1.878	1.937	1.948

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 144**

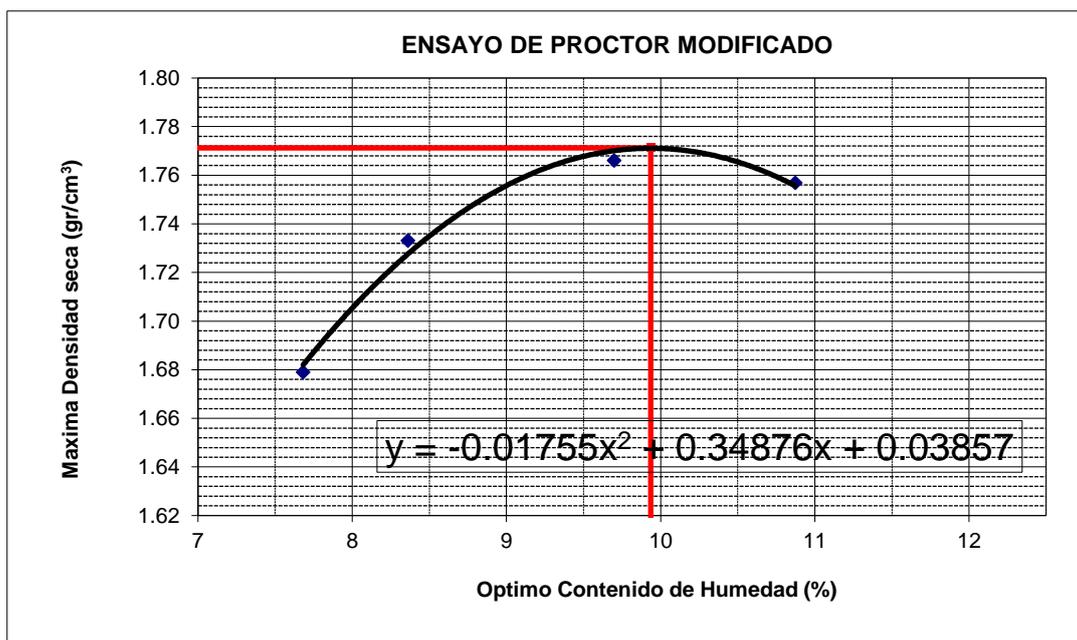
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante artesanal)*

Humedad (%)				
Tara + suelo húmedo (gr.)	475.90	572.70	637.10	446.20
Tara + suelo seco (gr.)	441.95	528.51	580.77	402.44
Peso de agua (gr.)	33.95	44.19	56.33	43.76
Peso de suelo seco (gr.)	441.95	528.51	580.77	402.44
Humedad (%)	7.7	8.4	9.70	10.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.679	1.733	1.766	1.757

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 82**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente: elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.771
Óptimo contenido de humedad (%):	9.9

**Tabla 145**

*Análisis de datos de compactación (C-03+11%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5930.00	6019.00	6109.00	6099.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1656.00	1745.00	1835.00	1825.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.756	1.850	1.946	1.935

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 146**

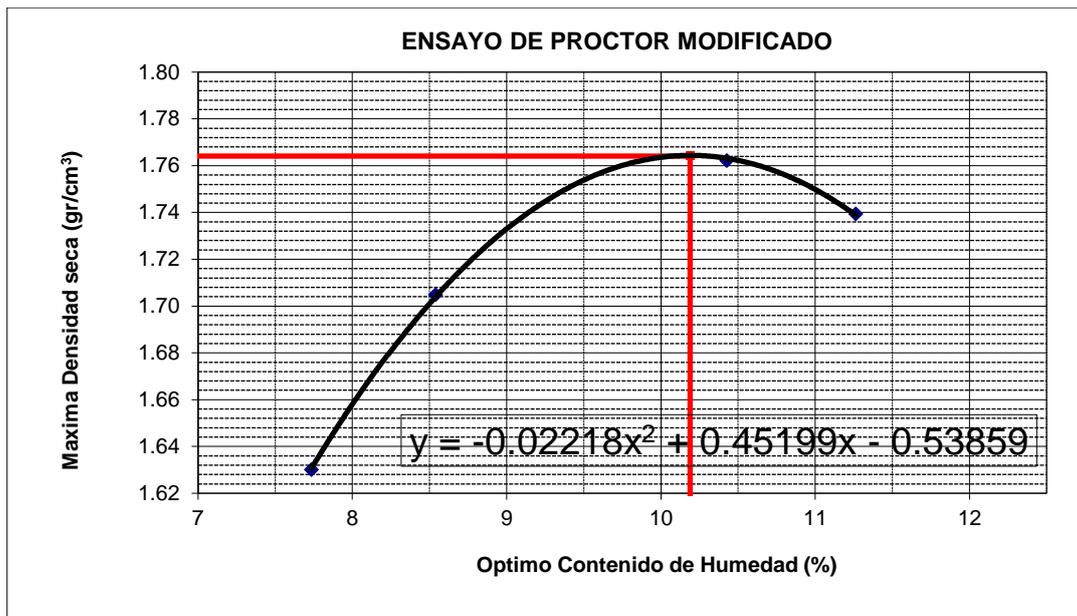
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante industrial)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	338.50	330.50	318.80	284.50
Tara + suelo seco (gr.)	314.20	304.50	288.70	255.70
Peso de agua (gr.)	24.30	26.00	30.10	28.80
Peso de suelo seco (gr.)	314.20	304.50	288.70	255.70
Humedad (%)	7.7	8.5	10.43	11.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.630	1.705	1.762	1.739

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 83**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Óptimo contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.764
Óptimo contenido de humedad (%):	10.2

**Tabla 147**

*Análisis de datos de compactación (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5979.00	6055.00	6098.00	6096.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1705.00	1781.00	1824.00	1822.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.808	1.889	1.934	1.932

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 148**

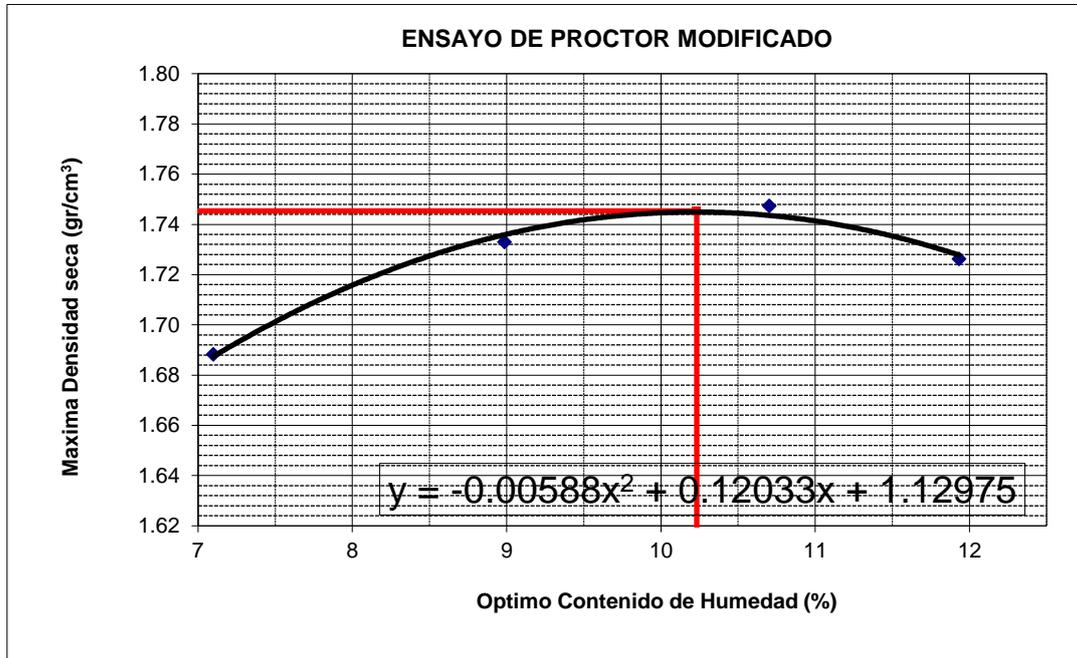
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	457.20	525.20	547.20	409.00
Tara + suelo seco (gr.)	426.90	481.90	494.30	365.40
Peso de agua (gr.)	30.30	43.30	52.90	43.60
Peso de suelo seco (gr.)	426.90	481.90	494.30	365.40
Humedad (%)	7.1	9.0	10.70	11.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.688	1.733	1.747	1.726

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 84**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm3):	1.745
Optimo contenido de humedad (%):	10.2

**Tabla 149**

*Análisis de datos de compactación (C-03+12%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5898.00	6001.00	6079.00	6071.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1624.00	1727.00	1805.00	1797.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.722	1.831	1.914	1.906

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 150**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)				
Tara + suelo húmedo (gr.)	303.90	320.00	329.40	248.90

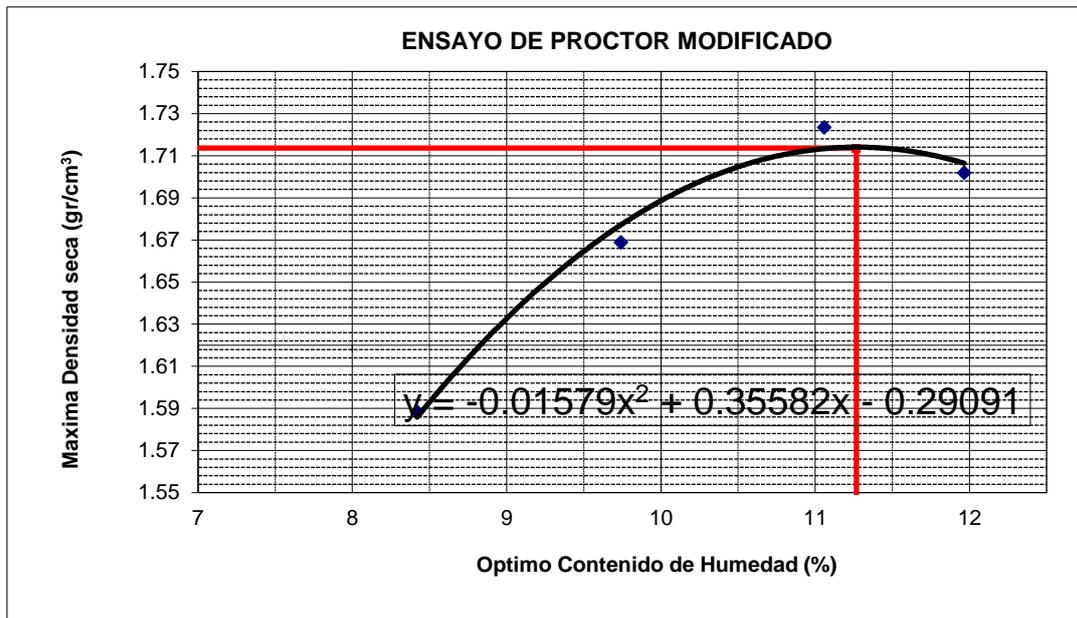


Tara + suelo seco (gr.)	280.30	291.60	296.60	222.30
Peso de agua (gr.)	23.60	28.40	32.80	26.60
Peso de suelo seco (gr.)	280.30	291.60	296.60	222.30
Humedad (%)	8.4	9.7	11.06	12.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.588	1.669	1.724	1.702

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 85**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.714
Optimo contenido de humedad (%):	11.3

➤ Resumen análisis de datos calicata 03

**Tabla 151**

*Resumen análisis de datos del ensayo proctor modificado (C-03 Vs. C-03 + % ceniza volante)*

Muestra	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo contenido de humedad (%)
C-03	1.783	10.500
C-03 + 10% ceniza volante artesanal	1.686	9.700

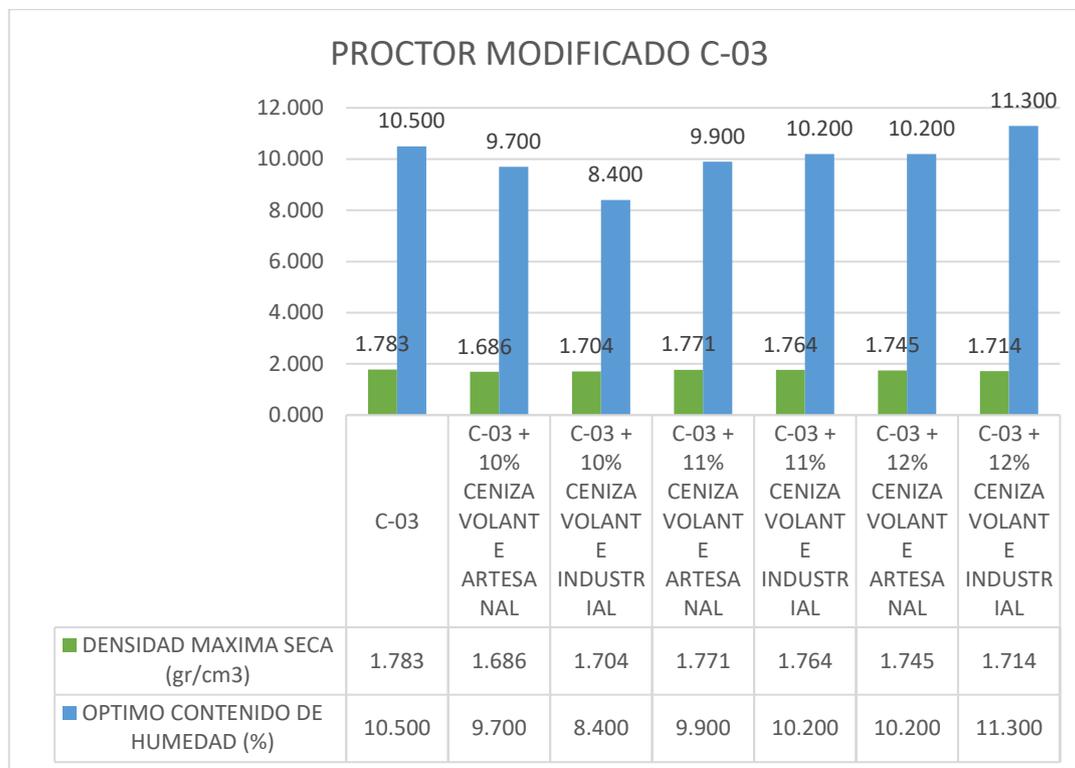


C-03 + 10% ceniza volante industrial	1.704	8.400
C-03 + 11% ceniza volante artesanal	1.771	9.900
C-03 + 11% ceniza volante industrial	1.764	10.200
C-03 + 12% ceniza volante artesanal	1.745	10.200
C-03 + 12% ceniza volante industrial	1.714	11.300

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 86**

*Grafico del ensayo proctor modificado (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante)*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 04

**Tabla 152**

*Análisis de datos de compactación C-04*

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56



Peso suelo + molde (gr.)	11065.00	11410.00	11586.00	11526.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4300.00	4645.00	4821.00	4761.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.033	2.196	2.279	2.51

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 153**

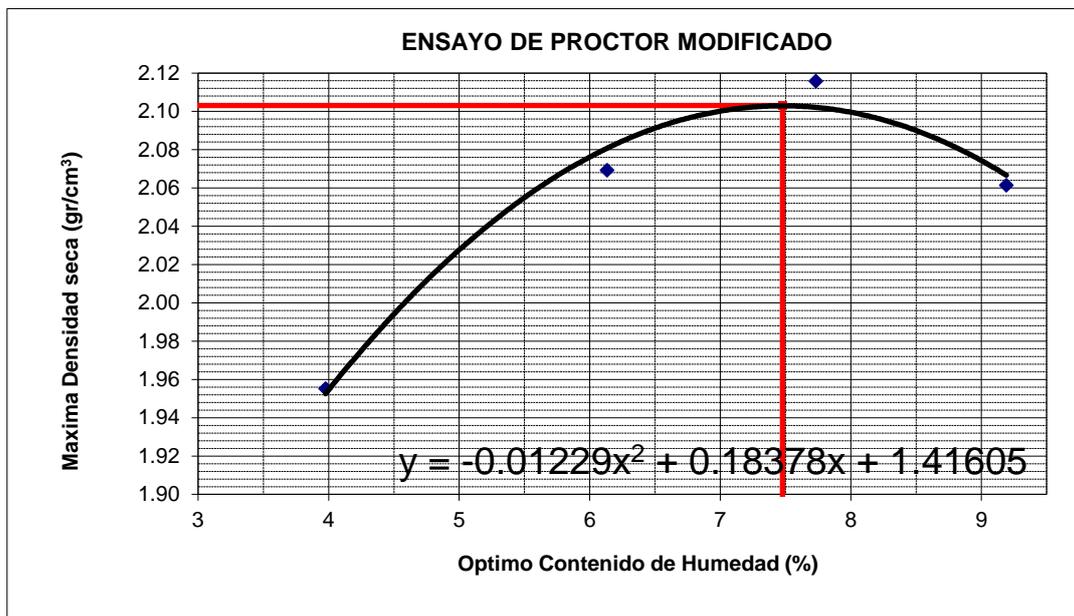
*Análisis de datos del contenido de humedad C-04*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	339.90	336.90	363.70	373.00
Tara + suelo seco (gr.)	326.90	315.90	337.60	341.60
Peso de agua (gr.)	13.00	21.00	26.10	31.40
Peso de suelo seco (gr.)	326.90	342.50	337.60	341.60
Humedad (%)	4.0	6.1	7.73	9.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.955	2.069	2.116	2.062

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 87**

*Gráfico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.103
Óptimo contenido de humedad (%):	7.5

**Tabla 154**

*Análisis de datos de compactación (C-04+10%ceniza volante artesanal)*



Compactación	Método C			
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10850.00	11177.00	11346.00	11339.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4085.00	4412.00	4581.00	4574.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.931	2.086	2.166	2.163

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 155**

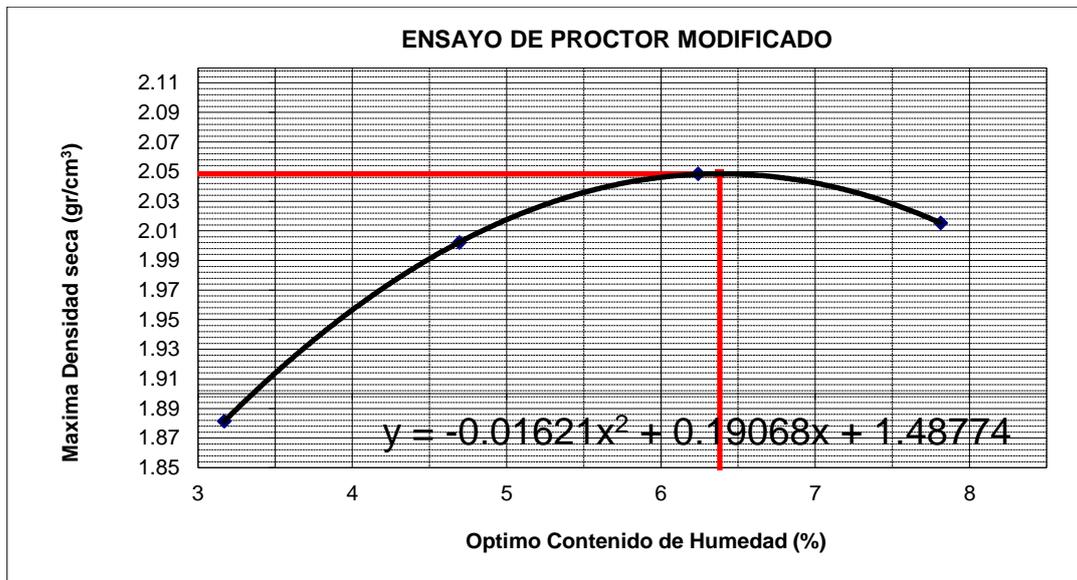
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	269.30	278.30	331.60	267.10
Tara + suelo seco (gr.)	262.30	267.10	313.60	248.90
Peso de agua (gr.)	7.00	11.20	18.00	18.20
Peso de suelo seco (gr.)	262.30	267.10	313.60	248.90
Humedad (%)	2.7	4.2	5.74	7.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.881	2.002	2.048	2.015

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 88**

*Grafico de máxima densidad Seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.048
Optimo contenido de humedad (%):	5.9



**Tabla 156**

*Análisis de datos de compactación (C-04+10%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10996.00	11306.00	11451.00	11429.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4231.00	4541.00	4686.00	4664.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.000	2.147	2.216	2.205

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 157**

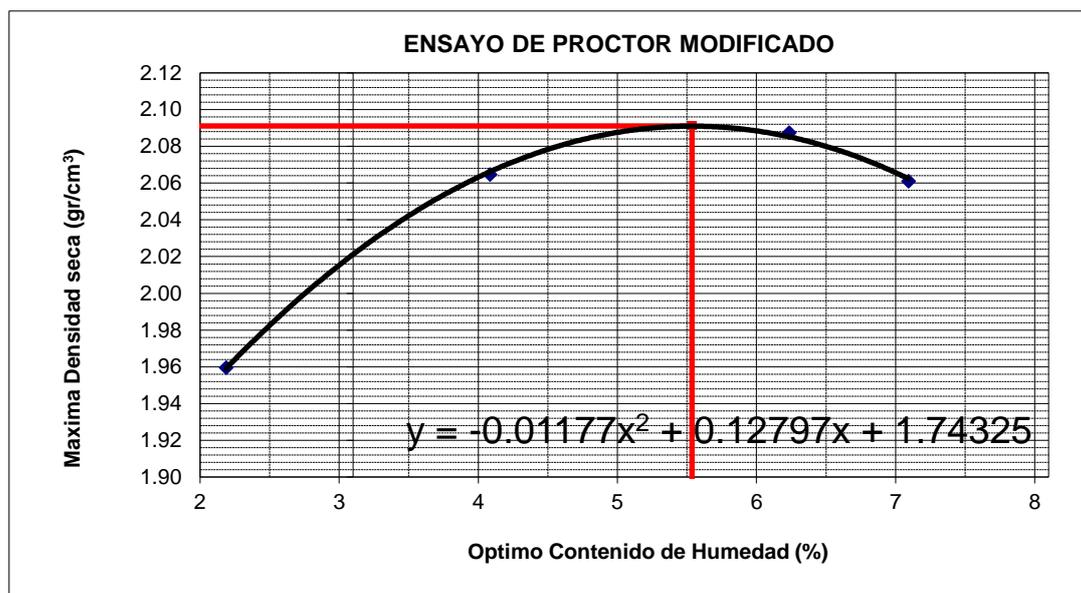
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)				
Tara + suelo húmedo (gr.)	288.50	302.80	332.20	263.20
Tara + suelo seco (gr.)	282.60	291.20	313.00	246.00
Peso de agua (gr.)	5.90	11.60	19.20	17.20
Peso de suelo seco (gr.)	282.60	291.20	313.00	246.00
Humedad (%)	2.1	4.0	6.13	7.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.960	2.065	2.088	2.061

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 89**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante industrial)*





Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.091
Óptimo contenido de humedad (%):	5.4

**Tabla 158**

*Análisis de datos de compactación (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11098.00	11392.00	11528.00	11517.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4333.00	4627.00	4763.00	4752.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.049	2.188	2.252	2.247

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 159**

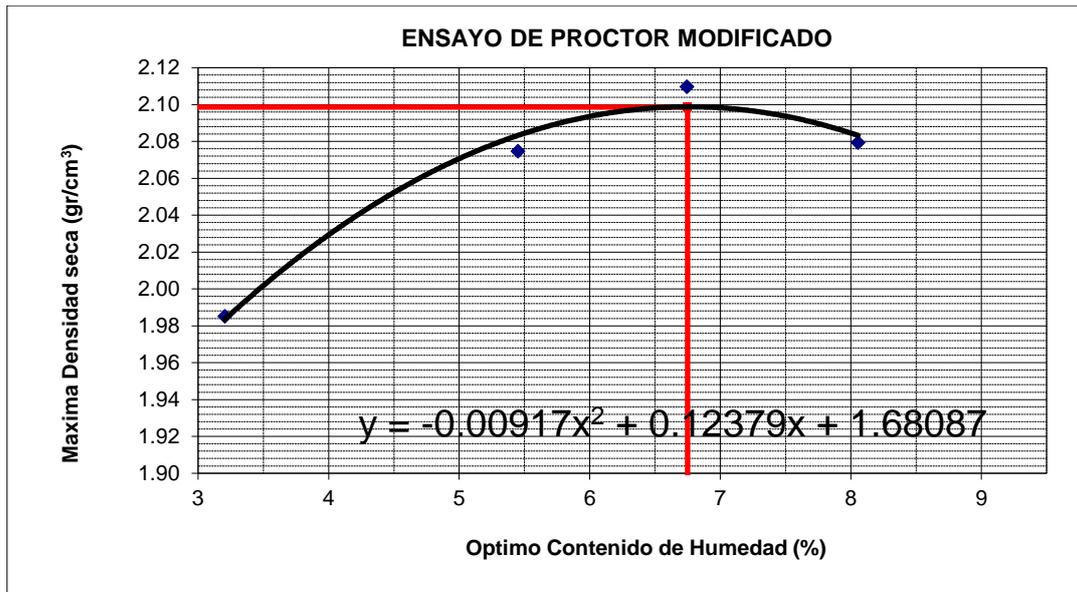
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	413.90	529.90	632.00	444.80
Tara + suelo seco (gr.)	401.05	502.51	592.07	411.64
Peso de agua (gr.)	12.85	27.39	39.93	33.16
Peso de suelo seco (gr.)	401.05	502.51	592.07	411.64
Humedad (%)	3.2	5.5	6.74	8.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.985	2.075	2.110	2.079

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 90**

*Gráfico de máxima densidad seca Vs Óptimo contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.099
Óptimo contenido de humedad (%):	6.7

**Tabla 160**

*Análisis de datos de compactación (C-04+11%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10949.00	11266.00	11436.00	11405.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4184.00	4501.00	4671.00	4640.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.978	2.128	2.209	2.194

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 161**

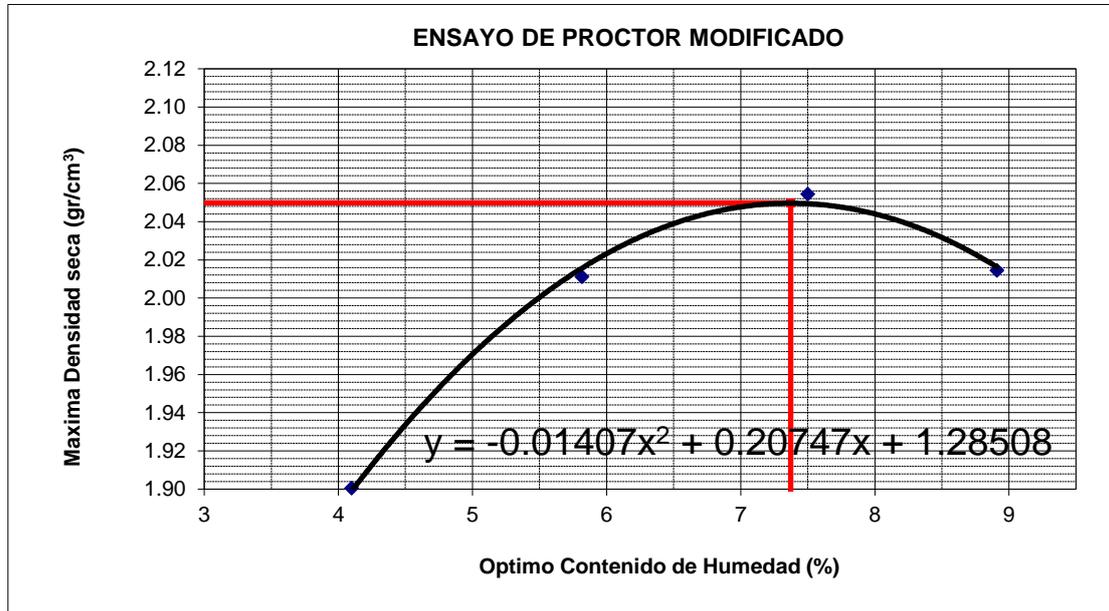
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante industrial)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	284.50	294.70	322.50	288.50
Tara + suelo seco (gr.)	273.30	278.50	300.00	264.90
Peso de agua (gr.)	11.20	16.20	22.50	23.60
Peso de suelo seco (gr.)	273.30	278.50	300.00	264.90
Humedad (%)	4.1	5.8	7.50	8.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.900	2.011	2.054	2.014

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 91**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.050
Optimo contenido de humedad (%):	7.4

**Tabla 162**

*Análisis de datos de compactación (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11098.00	11402.00	11525.00	11502.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4333.00	4637.00	4760.00	4737.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.049	2.192	2.251	2.240

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 163**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

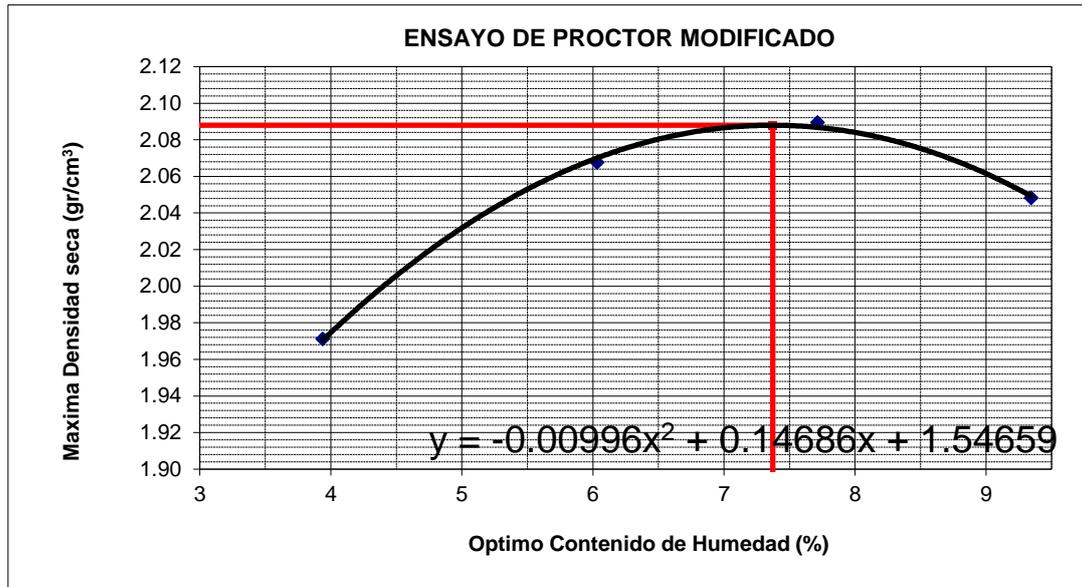
	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	401.20	483.40	544.60	409.60
Tara + suelo seco (gr.)	386.00	455.90	505.60	374.60

Peso de agua (gr.)	15.20	27.50	39.00	35.00
Peso de suelo seco (gr.)	386.00	455.90	505.60	374.60
Humedad (%)	3.9	6.0	7.71	9.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.971	2.068	2.089	2.048

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 92**

Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante artesanal)



Fuente: Elaboración propia.

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.088
Optimo Contenido de Humedad (%):	7.4

**Tabla 164**

Análisis de datos de compactación (C-04+12%ceniza volante industrial)

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10967.00	11298.00	11456.00	11427.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4202.00	4533.00	4691.00	4662.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.987	2.143	2.218	2.204

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 165**

Análisis de datos del contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante industrial)

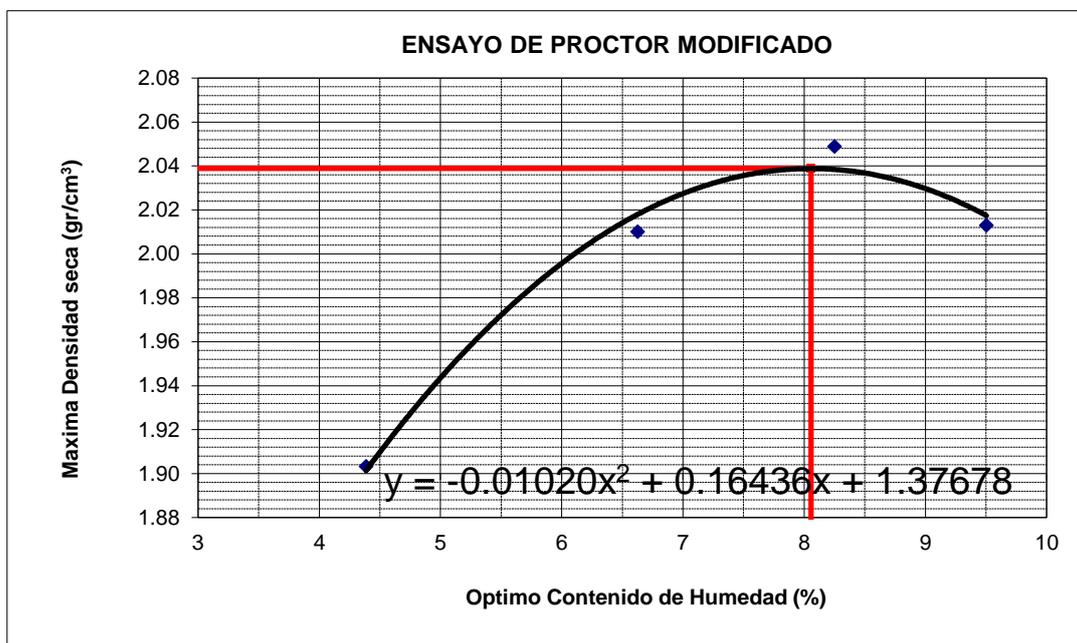


	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	249.90	283.20	333.30	253.50
Tara + suelo seco (gr.)	239.40	265.60	307.90	231.50
Peso de agua (gr.)	10.50	17.60	25.40	22.00
Peso de suelo seco (gr.)	239.40	265.60	307.90	231.50
Humedad (%)	4.4	6.6	8.25	9.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.903	2.010	2.049	2.013

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 93**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.039
Optimo Contenido de Humedad (%):	8.1

➤ Resumen análisis de datos calicata 04

**Tabla 166**

*Resumen análisis de datos del ensayo proctor modificado (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante)*

Muestra	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo contenido de humedad (%)
C-04	2.103	7.500

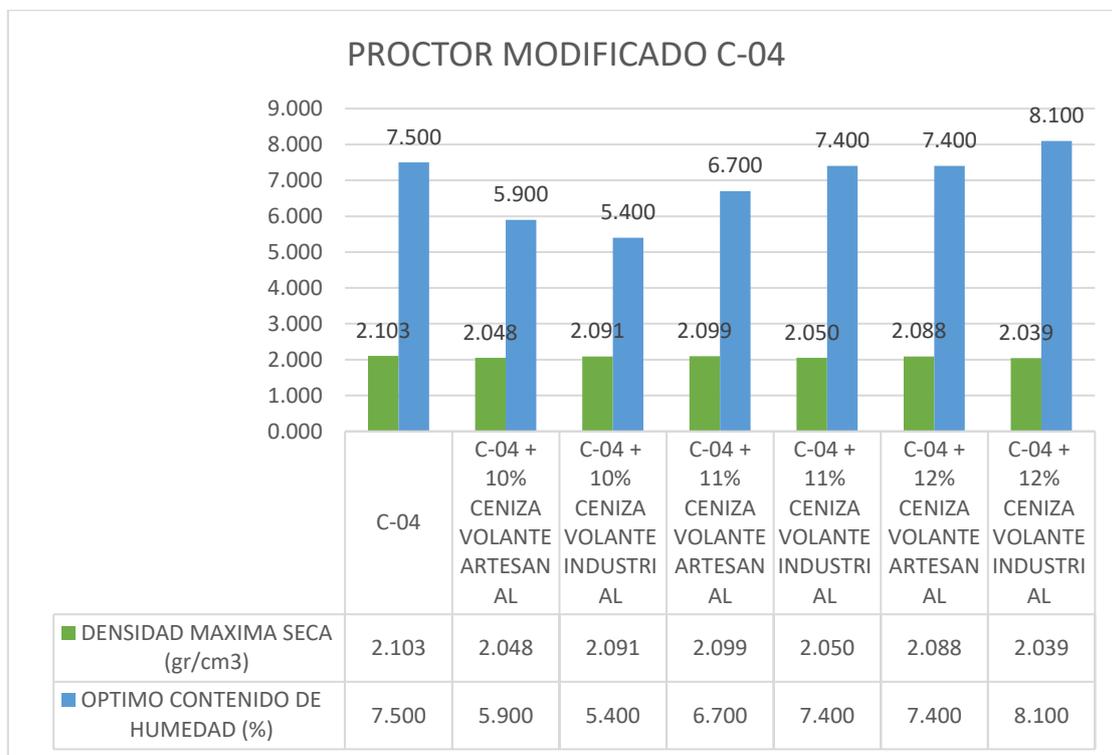


C-04 + 10% ceniza volante artesanal	2.048	5.900
C-04 + 10% ceniza volante industrial	2.091	5.400
C-04 + 11% ceniza volante artesanal	2.099	6.700
C-04 + 11% ceniza volante industrial	2.050	7.400
C-04 + 12% ceniza volante artesanal	2.088	7.400
C-04 + 12% ceniza volante industrial	2.039	8.100

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 94**

*Grafico del ensayo proctor modificado (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante)*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 15

**Tabla 167**

*Análisis de datos de compactación C-15*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5



Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6067.00	6121.00	6170.00	6155.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1793.00	1847.00	1896.00	1881.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.901	1.959	2.011	1.995

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 168**

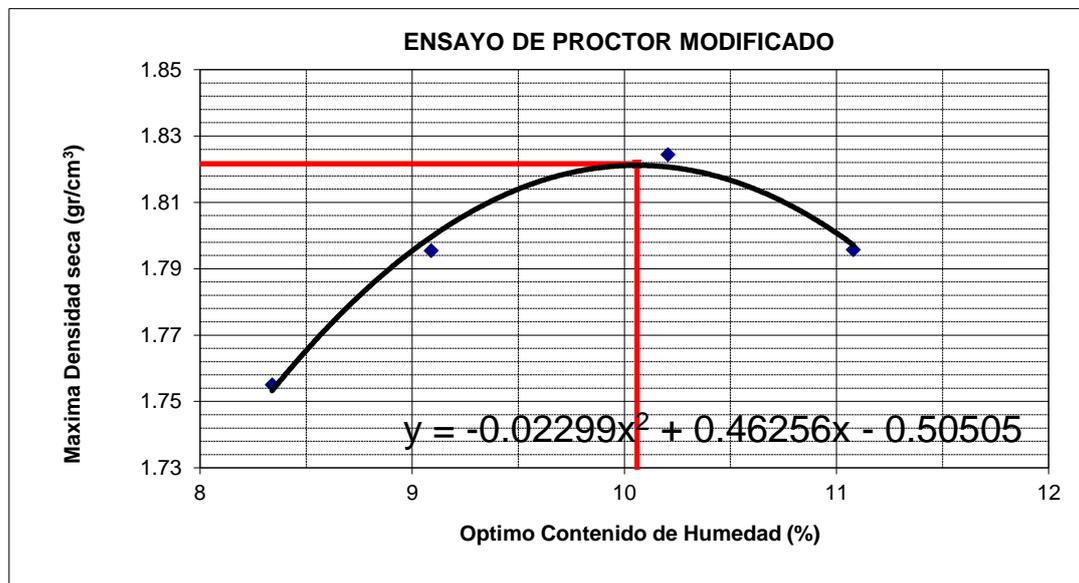
*Análisis de datos del contenido de humedad C-15*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	498.74	568.97	654.23	520.45
Tara + suelo seco (gr.)	460.35	537.84	593.65	468.54
Peso de agua (gr.)	38.39	31.13	60.58	51.91
Peso de suelo seco (gr.)	460.35	342.50	593.65	468.54
Humedad (%)	8.3	9.1	10.20	11.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.755	1.795	1.824	1.796

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 95**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.822
Optimo contenido de humedad (%):	10.1

**Tabla 169**

*Análisis de datos de compactación (C-15+10%ceniza volante artesanal)*



Compactación	Método A			
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5952.00	6008.00	6040.00	6018.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1678.00	1734.00	1766.00	1744.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.779	1.839	1.873	1.849

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 170**

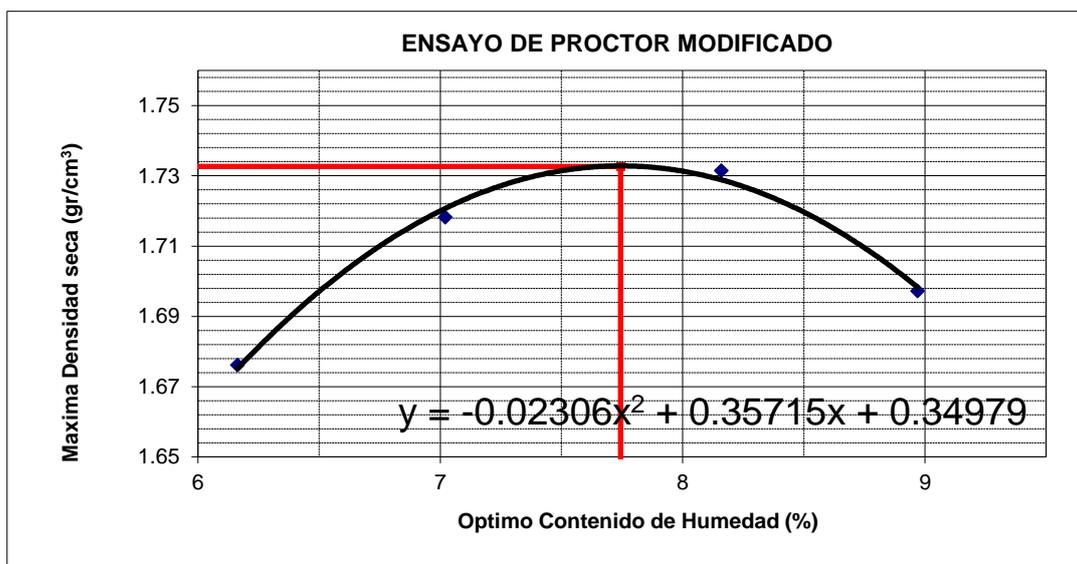
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	420.14	523.37	616.13	409.55
Tara + suelo seco (gr.)	395.75	489.04	569.65	375.84
Peso de agua (gr.)	24.39	34.33	46.48	33.71
Peso de suelo seco (gr.)	395.75	489.04	569.65	375.84
Humedad (%)	6.2	7.0	8.16	9.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.676	1.718	1.731	1.697

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 96**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.733
Optimo contenido de humedad (%):	7.7



**Tabla 171**

*Análisis de datos de compactación (C-15+10%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5978.00	6014.00	6037.00	6038.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1704.00	1740.00	1763.00	1764.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.807	1.845	1.870	1.871

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 172**

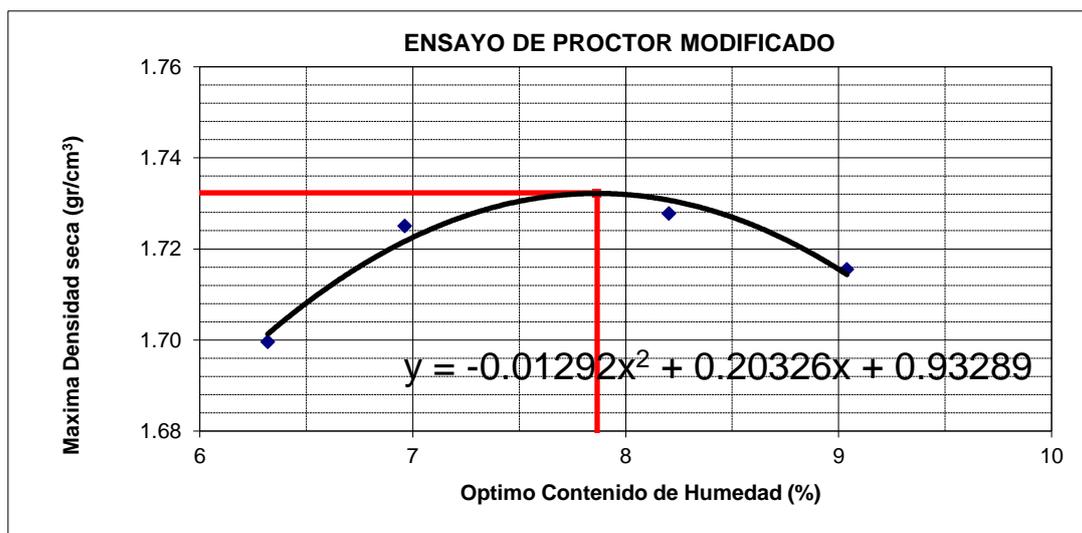
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante industrial)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	442.34	548.87	615.73	406.65
Tara + suelo seco (gr.)	416.05	513.14	569.05	372.94
Peso de agua (gr.)	26.29	35.73	46.68	33.71
Peso de suelo seco (gr.)	416.05	513.14	569.05	372.94
Humedad (%)	6.3	7.0	8.20	9.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.700	1.725	1.728	1.716

Fuente: elaboración propia.

**Figura 97**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.



Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.732
Optimo contenido de humedad (%):	7.9

**Tabla 173**

*Análisis de datos de compactación (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6060.00	6103.00	6130.00	6136.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1786.00	1829.00	1856.00	1862.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.894	1.940	1.968	1.975

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 174**

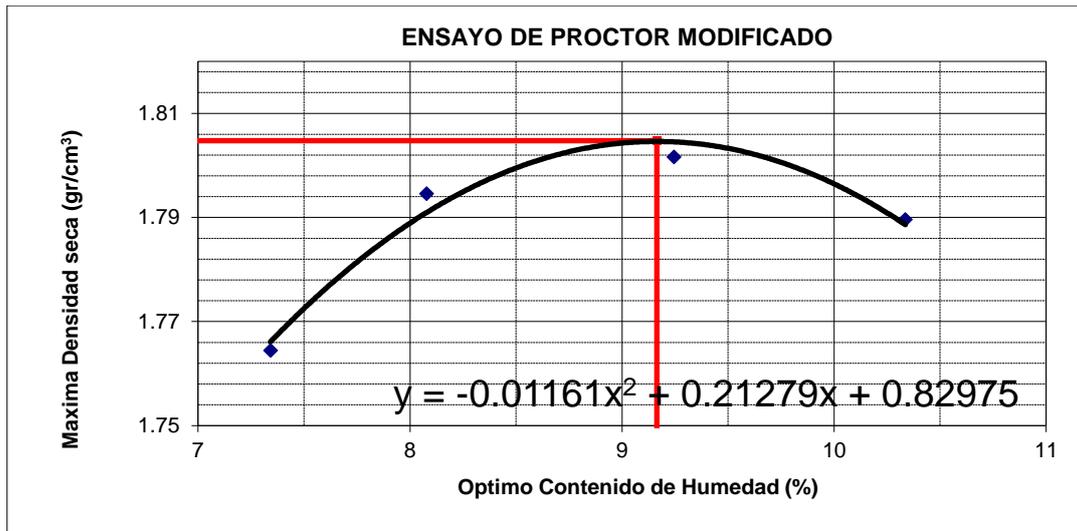
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	573.74	782.97	926.53	594.25
Tara + suelo seco (gr.)	534.50	724.45	848.12	538.58
Peso de agua (gr.)	39.24	58.52	78.41	55.67
Peso de suelo seco (gr.)	534.50	724.45	848.12	538.58
Humedad (%)	7.3	8.1	9.25	10.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.764	1.795	1.802	1.790

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 98**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.805
Optimo contenido de humedad (%):	9.2

**Tabla 175**

*Análisis de datos de compactación (C-15+11%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6038.00	6090.00	6117.00	6116.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1764.00	1816.00	1843.00	1842.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.871	1.926	1.954	1.953

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 176**

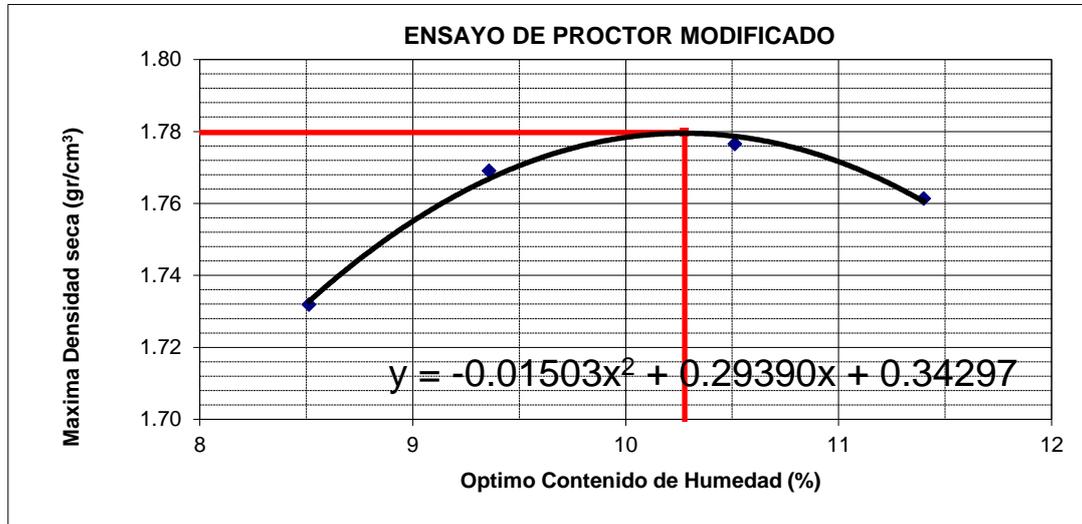
*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)				
Tara + suelo húmedo (gr.)	439.34	544.77	611.73	434.55
Tara + suelo seco (gr.)	406.75	500.44	556.05	391.84
Peso de agua (gr.)	32.59	44.33	55.68	42.71
Peso de suelo seco (gr.)	406.75	500.44	556.05	391.84
Humedad (%)	8.0	8.9	10.01	10.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.732	1.769	1.777	1.761

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 99**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.780
Optimo contenido de humedad (%):	9.8

**Tabla 177**

*Análisis de datos de compactación (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6040.00	6088.00	6109.00	6108.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1766.00	1814.00	1835.00	1834.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.873	1.924	1.946	1.945

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 178**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)			
Tara + suelo húmedo (gr.)	562.04	739.47	839.13	557.05
Tara + suelo seco (gr.)	519.45	677.84	761.65	501.54
Peso de agua (gr.)	42.59	61.63	77.48	55.51
Peso de suelo seco (gr.)	519.45	677.84	761.65	501.54

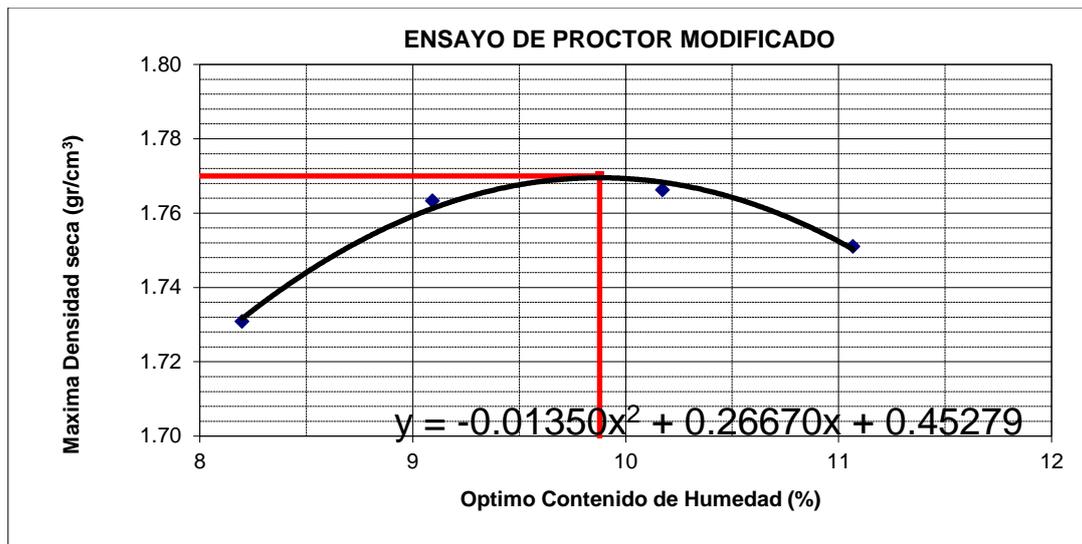


Humedad (%)	8.2	9.1	10.17	11.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.731	1.763	1.766	1.751

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 100**

*Grafico de máxima densidad seca vs optimo contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima densidad seca corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.770
Optimo contenido de humedad (%):	9.9

**Tabla 179**

*Análisis de datos de compactación (C-15+12%ceniza volante industrial)*

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6029.00	6069.00	6100.00	6106.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1755.00	1795.00	1826.00	1832.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.861	1.903	1.936	1.943

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 180**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)
-------------

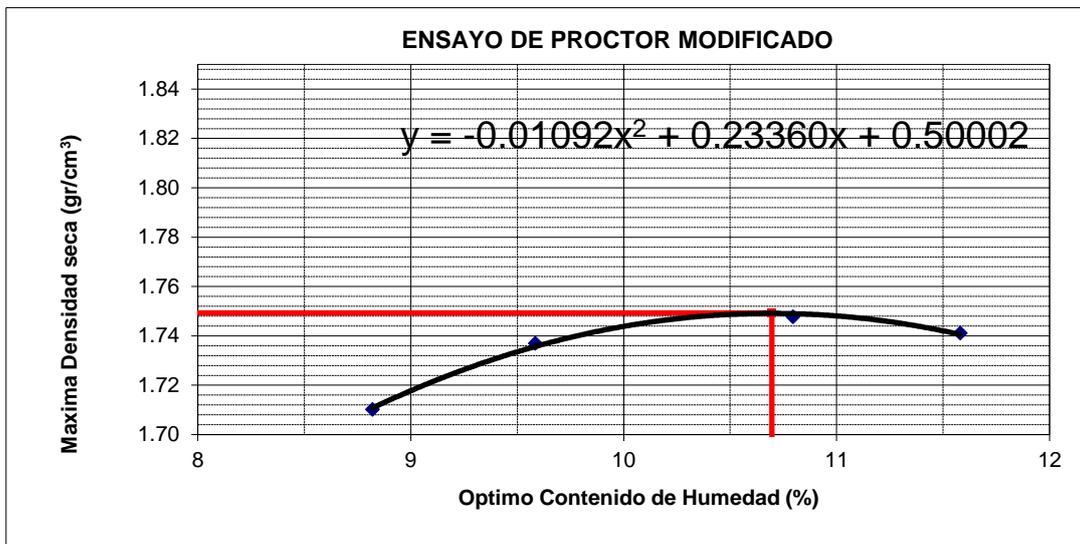


Tara + suelo húmedo (gr.)	405.74	534.27	624.83	399.95
Tara + suelo seco (gr.)	372.85	487.54	563.95	358.44
Peso de agua (gr.)	32.89	46.73	60.88	41.51
Peso de suelo seco (gr.)	372.85	487.54	563.95	358.44
Humedad (%)	8.8	9.6	10.80	11.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.710	1.737	1.748	1.741

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 101**

*Grafico de máxima densidad seca Vs Optimo contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante industrial)*



Fuente: Elaboración propia.

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.749
Optimo Contenido de Humedad (%):	10.7

➤ Resumen análisis de datos calicata 15

**Tabla 181**

*Resumen análisis de datos del ensayo proctor modificado (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante)*

Muestra	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo contenido de humedad (%)
C-15	1.822	10.100
C-15 + 10% ceniza volante artesanal	1.733	7.700
C-15 + 10% ceniza volante industrial	1.732	7.900

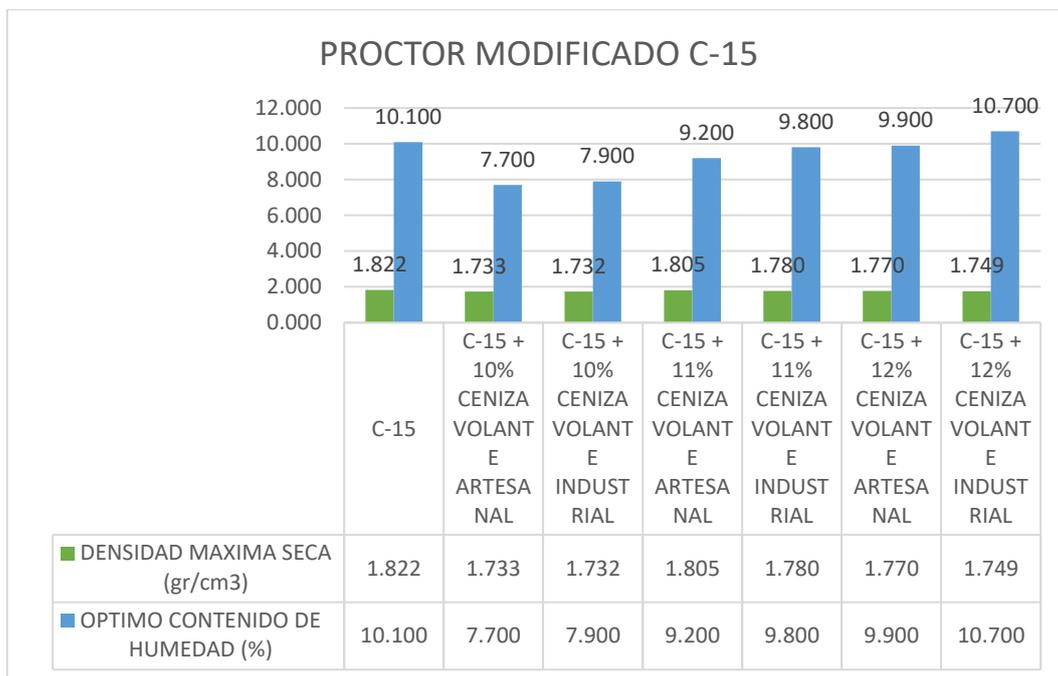


C-15 + 11% ceniza volante artesanal	1.805	9.200
C-15 + 11% ceniza volante industrial	1.780	9.800
C-15 + 12% ceniza volante artesanal	1.770	9.900
C-15 + 12% ceniza volante industrial	1.749	10.700

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 102**

*Grafico del ensayo proctor modificado (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante)*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Resumen análisis de datos del ensayo proctor modificado

**Tabla 182**

*Resumen análisis de datos de la densidad máxima seca*

Calicatas	Densidad máxima seca (gr/cm3)			
	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	1.89	1.783	2.103	1.822
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	1.82	1.69	2.05	1.73
Muestra + 10% ceniza volante industrial	1.80	1.70	2.09	1.73
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	1.87	1.77	2.10	1.81

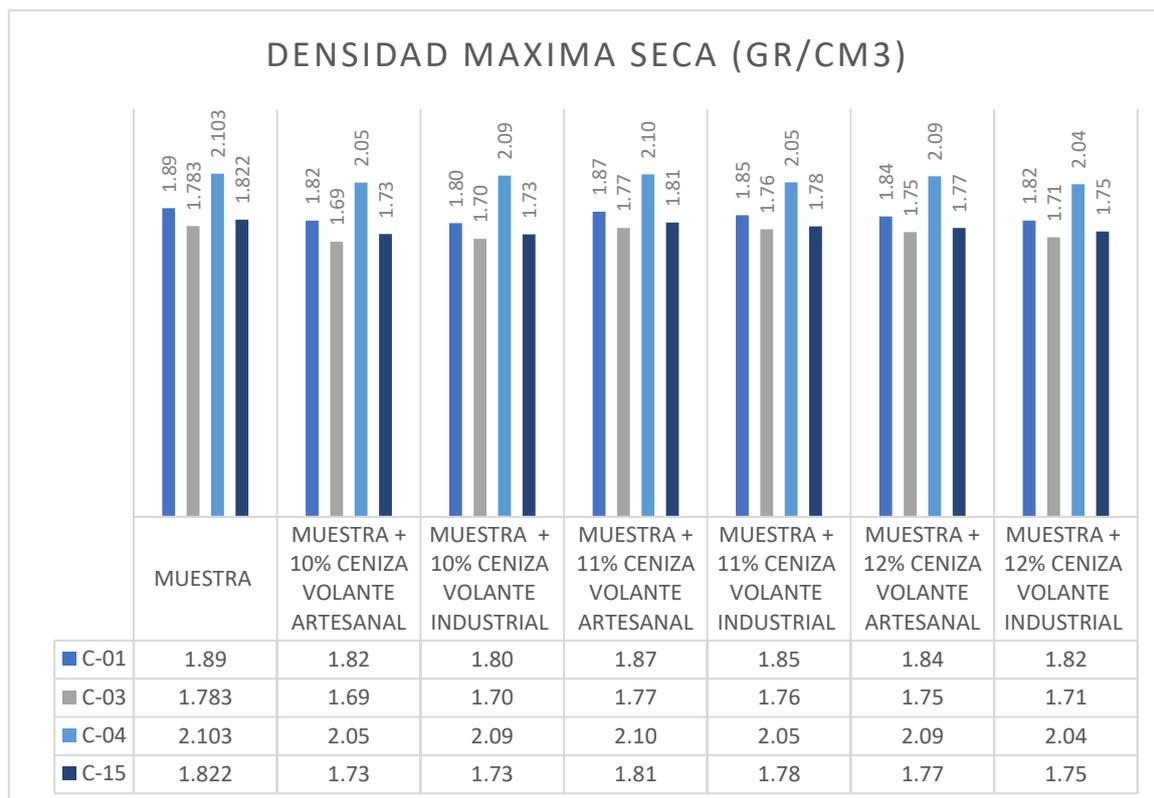


Muestra + 11% ceniza volante industrial	1.85	1.76	2.05	1.78
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	1.84	1.75	2.09	1.77
Muestra + 12% ceniza volante industrial	1.82	1.71	2.04	1.75

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 103**

*Grafico de densidad maxima seca del ensayo proctor modificado*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 183**

*Resumen análisis de datos del optimo contenido de humedad*

	Optimo contenido de humedad (%)				
	Calicatas	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra		10.80	10.50	7.50	10.10
Muestra + 10% ceniza volante artesanal		8.60	9.70	5.90	7.70
Muestra + 10% ceniza volante industrial		8.80	8.40	5.40	7.90
Muestra + 11% ceniza volante artesanal		9.90	9.90	6.70	9.20

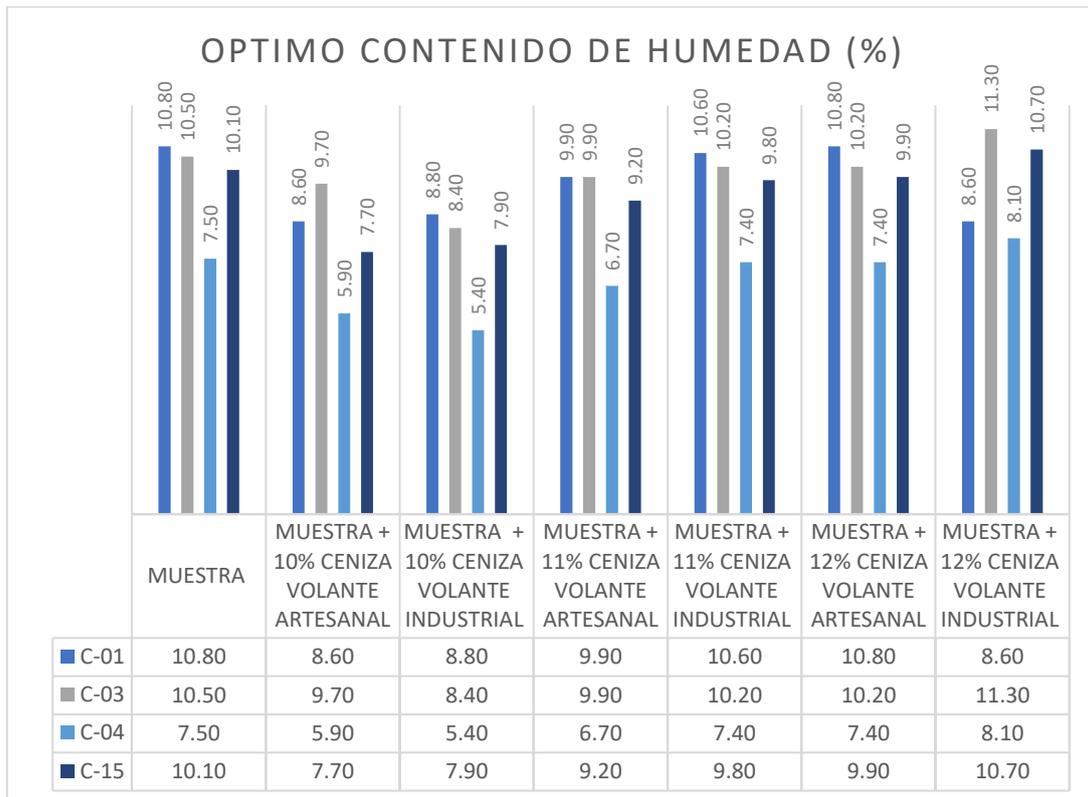


Muestra + 11% ceniza volante industrial	10.60	10.20	7.40	9.80
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	10.80	10.20	7.40	9.90
Muestra + 12% ceniza volante industrial	8.60	11.30	8.10	10.70

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 104**

*Grafico de optimo contenido de humedad del ensayo proctor modificado*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.7.2 Análisis de la Prueba de Proctor Modificado.

Se observa que la C-03 tiene 1.783 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca siendo la más baja de los suelos estudiados; mientras tanto, la calicata C-04 tiene 2.103 gr/cm<sup>3</sup> siendo la más alta. En cuanto al optimo contenido de humedad, la C-04 tiene 7.50% siendo la más baja y la calicata C-01 es la más alta con 10.80%; de los suelos estudiados.

Se indica también; incorporando la ceniza volante artesanal e industrial se puede observar que la densidad máxima seca llega disminuir en ambos casos y en diferentes porcentajes de aplicación.



Sin embargo; en el óptimo contenido de humedad este se eleva en la C-03 y C-15 al incorporar ceniza volante industrial al 12%.

### 3.6.8 Análisis de Datos Obtenidos en el Ensayo de Soporte California (CBR).

#### 3.6.8.1 Procedimiento y Cálculos.

- Análisis de datos para la calicata 01

**Tabla 184**

*Análisis de datos de compactación C-01*

	Compactación		
	5	2	4
Molde N°	5	2	4
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12207.00	12398.00	11810.00
Peso molde (gr.)	7758.00	8170.00	7713.00
Peso suelo compactado (gr.)	4449.00	4228.00	4097.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109.00	2097.00	2174.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.110	2.016	1.885

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 185**

*Análisis de datos del contenido de humedad C-01*

	Humedad (%)		
	5	2	4
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.70	398.70	398.70
Tara+suelo seco (gr.)	360.20	360.20	360.20
Peso de agua (gr.)	38.50	38.50	38.50
Peso de suelo seco (gr.)	360.20	360.20	360.20
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.906	1.822	1.703

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 186**

*Análisis de datos de expansión C-01*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	5	2	4
18-10-22	0.000	0.000	0.000
19-10-22	0.172	0.085	0.102
20-10-22	0.235	0.089	0.125
21-10-22	0.239	0.095	0.125
22-10-22	0.240	0.095	0.125
% EXP.	5.1	2.0	2.7



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 187**

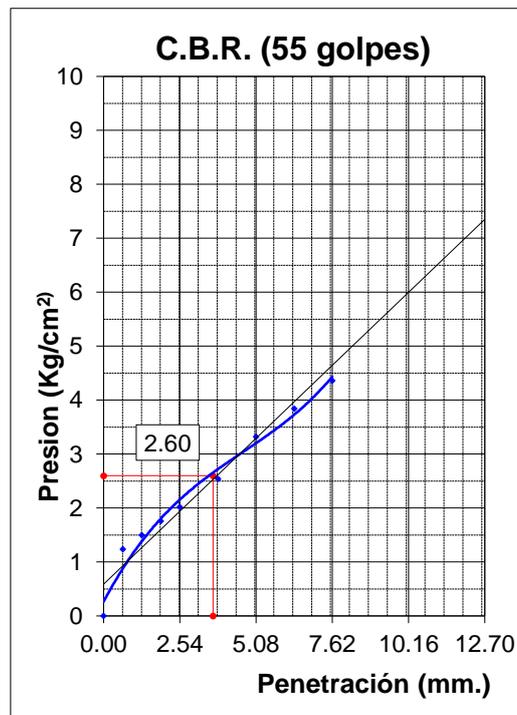
*Análisis de datos aplicación de carga C-01*

Penetración (Pulg.)	Penetración (mm.)	Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 2 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		3	1.2	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		4	1.5	3	1.2	2	1.0
0.075	1.91		5	1.8	4	1.5	3	1.2
0.100	2.54	70.31	6	2.0	5	1.8	4	1.5
0.150	3.81		8	2.5	7	2.3	5	1.8
0.200	5.08	105.46	11	3.3	9	2.8	6	2.0
0.250	6.35		13	3.8	10	3.1	7	2.3
0.300	7.62		15	4.4	11	3.3	9	2.8
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 105**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01)*



Fuente: Elaboración propia.



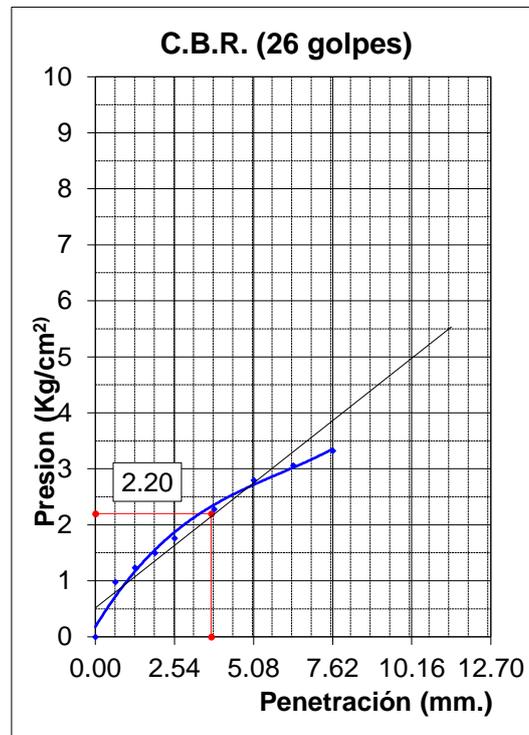
---

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	3.7
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	3.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.906

---

**Figura 106**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01)*



Fuente: Elaboración propia.

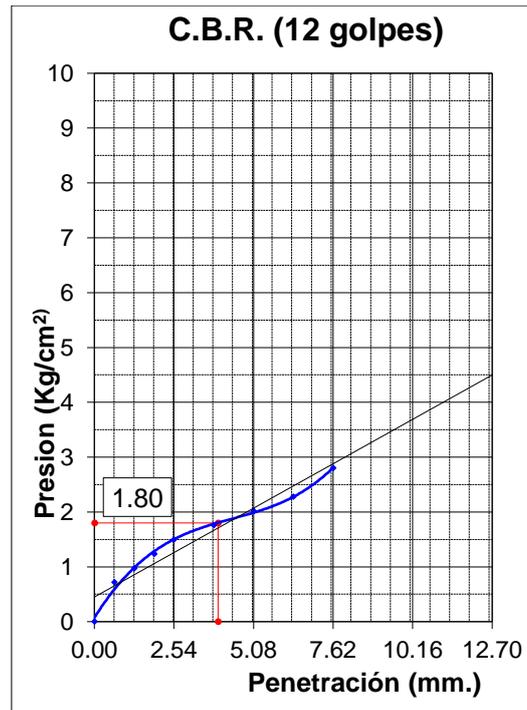
---

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	3.1
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	2.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.822

---

**Figura 107**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01)*

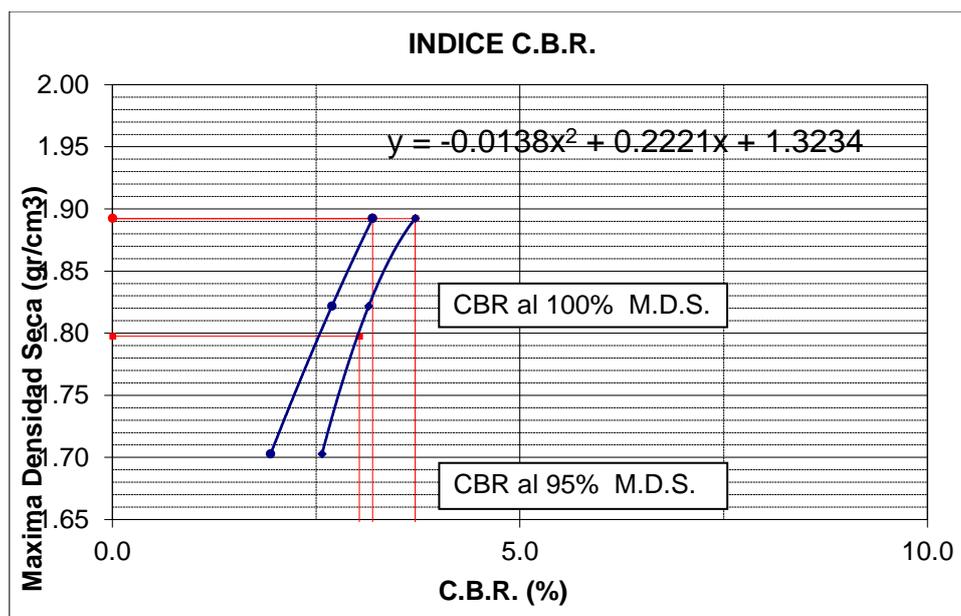


Fuente: Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	2.6
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	1.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.703

**Figura 108**

*Grafico del ensayo CBR (C-01)*



Fuente. Elaboración propia



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	3.6 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	3.0%
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	3.1%
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	2.5%

**Tabla 188**

*Análisis de datos del ensayo CBR C-01*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.892
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.792
CBR AL 100 % M.D.S	3.6 %
CBR AL 95% M..D.S	3.0 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 189**

*Análisis de datos de compactación (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

	Compactación		
	1	2	3
Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11880.00	11116.00	10875.00
Peso molde (gr.)	7539.00	7120.00	7127.00
Peso suelo compactado (gr.)	4341.00	3996.00	3748.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2204.00	2162.00	2168.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.970	1.848	1.729

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 190**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)		
Tara+suelo húmedo (gr.)	387.00	387.00	387.00
Tara+suelo seco (gr.)	356.74	356.74	356.74
Peso de agua (gr.)	30.26	30.26	30.26
Peso de suelo seco (gr.)	356.74	356.74	356.74
Humedad (%)	8.5	8.5	8.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.816	1.704	1.594

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 191**

*Análisis de datos de expansión (C-01+10%ceniza volante artesanal)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	1	2	3
09-01-23	0.000	0.000	0.000
10-01-23	0.102	0.089	0.059
11-01-23	0.105	0.090	0.061
12-01-23	0.112	0.091	0.062
13-01-23	0.112	0.091	0.062
% EXP.	2.4	1.9	1.3

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 192**

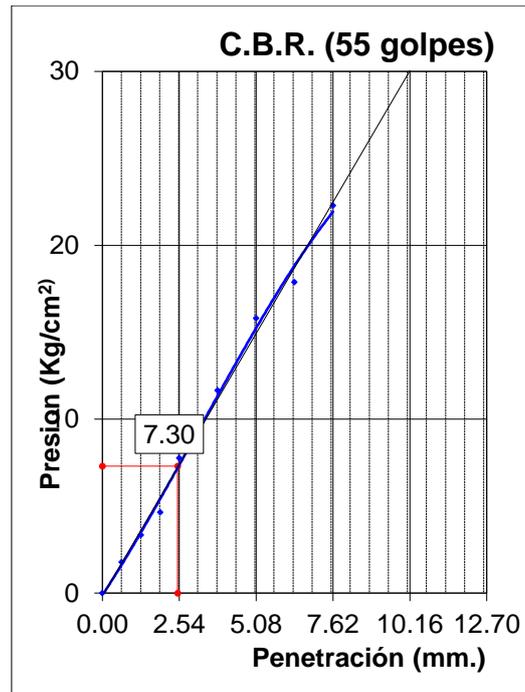
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 1 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 2 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 3 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.3	2	1.0
0.050	1.27		11	3.3	6	2.0	3	1.3
0.075	1.91		16	4.6	10	3.1	7	2.3
0.100	2.54	70.31	28	7.8	15	4.4	9	2.8
0.150	3.81		43	11.7	25	7.0	12	3.6
0.200	5.08	105.46	59	15.8	30	8.3	16	4.6
0.250	6.35		67	17.9	33	9.1	20	5.7
0.300	7.62		84	22.3	37	10.1	26	7.2
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 109**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

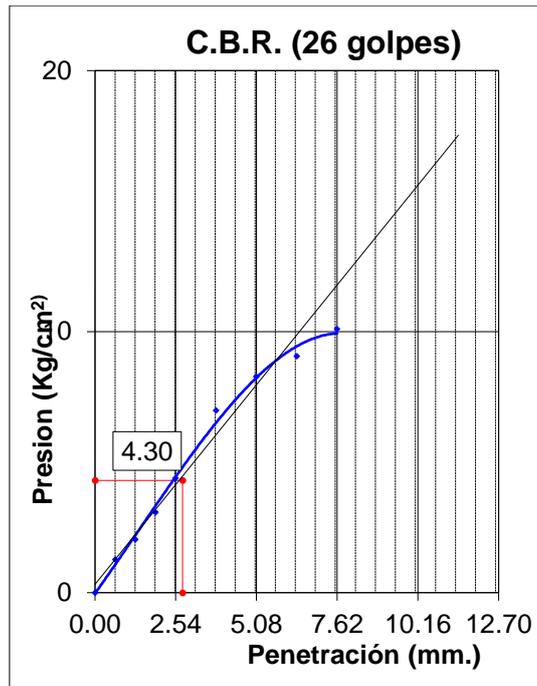


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	10.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	15.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.816

**Figura 110**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 Golpes (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

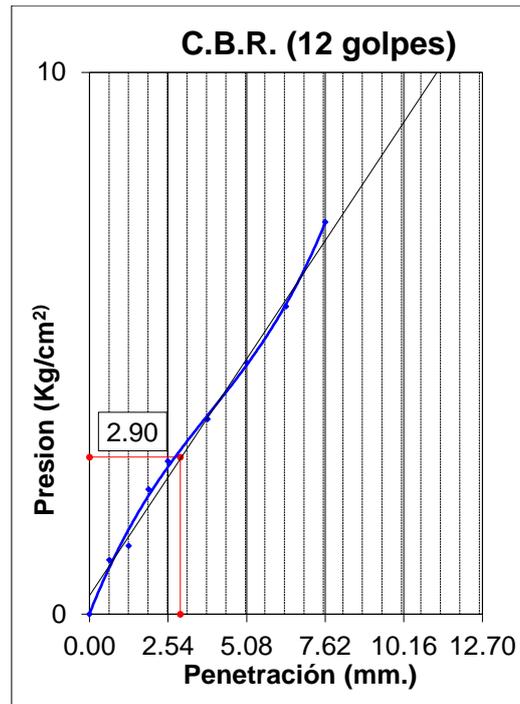


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	6.1
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	7.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.704

### Figura 111

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

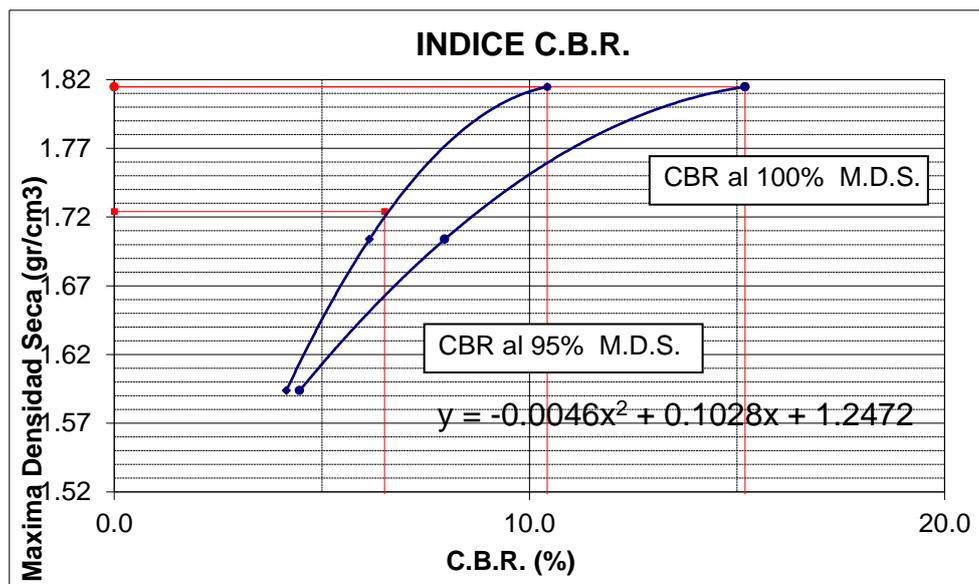


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	4.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	4.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.594

**Figura 112**

*Grafico del ensayo CBR (C-01+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	10.4 %
--------------------------	--------



C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	6.5 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	15.0 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	8.5 %

**Tabla 193**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+10%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.815
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.724
CBR AL 100 % M.D.S	10.4 %
CBR AL 95% M..D.S	6.5 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 194**

*Análisis de datos de compactación (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

	Compactación		
	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12508.00	12196.00	10935.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4324.00	4016.00	3862.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.055	1.903	1.778

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 195**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)		
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.00	398.00	398.00
Tara+suelo seco (gr.)	362.58	362.58	362.58
Peso de agua (gr.)	35.42	35.42	35.42
Peso de suelo seco (gr.)	362.58	362.58	362.58
Humedad (%)	9.8	9.8	9.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.872	1.734	1.620

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 196**

*Análisis de datos de expansión (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

Fecha	Expansión (Pulg.)
-------	-------------------



	4	5	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.028	0.052	0.069
07-01-23	0.029	0.056	0.071
08-01-23	0.035	0.056	0.071
09-01-23	0.036	0.056	0.071
% EXP.	0.8	1.2	1.5

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 197**

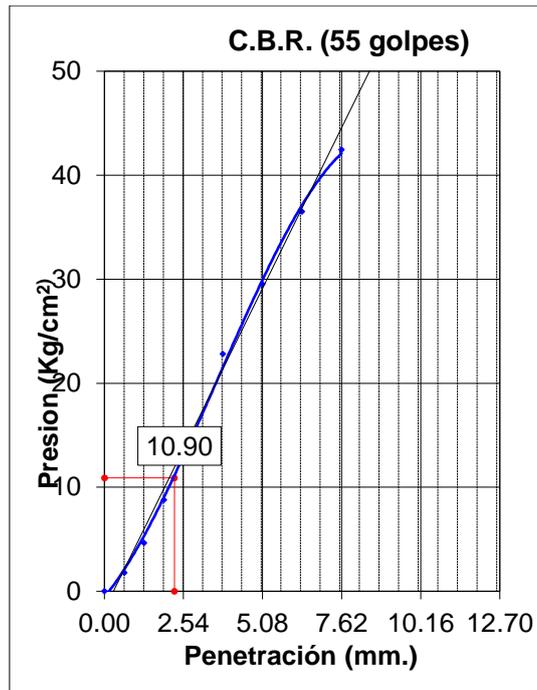
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

		Aplicación de Carga						
Penetración (Pulg.)	(mm.)	Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
			Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.3	2	1.0
0.050	1.27		16	4.6	11	3.3	5	1.8
0.075	1.91		32	8.8	18	5.2	11	3.3
0.100	2.54	70.31	49	13.2	28	7.8	17	4.9
0.150	3.81		86	22.8	34	9.3	24	6.7
0.200	5.08	105.46	112	29.5	44	11.9	26	7.2
0.250	6.35		139	36.5	51	13.7	33	9.1
0.300	7.62		162	42.4	56	15.0	35	9.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 113**

*Gráfico curvatura de presión de penetración para 55 golpes (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

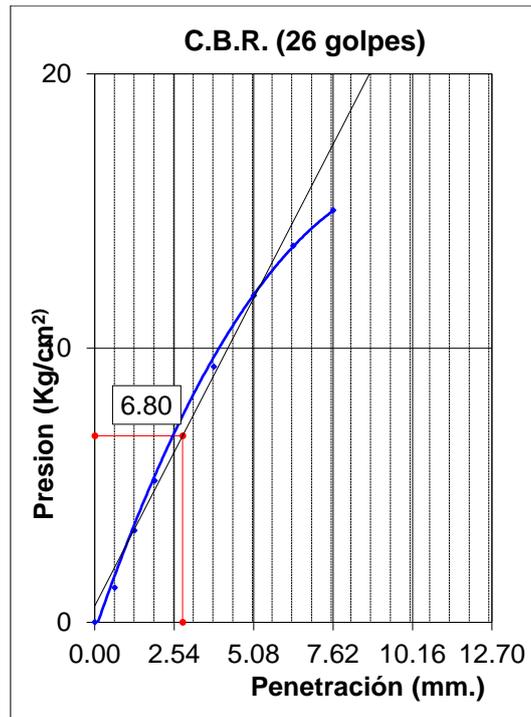


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	15.6
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	28.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.872

### Figura 114

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 Golpes (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

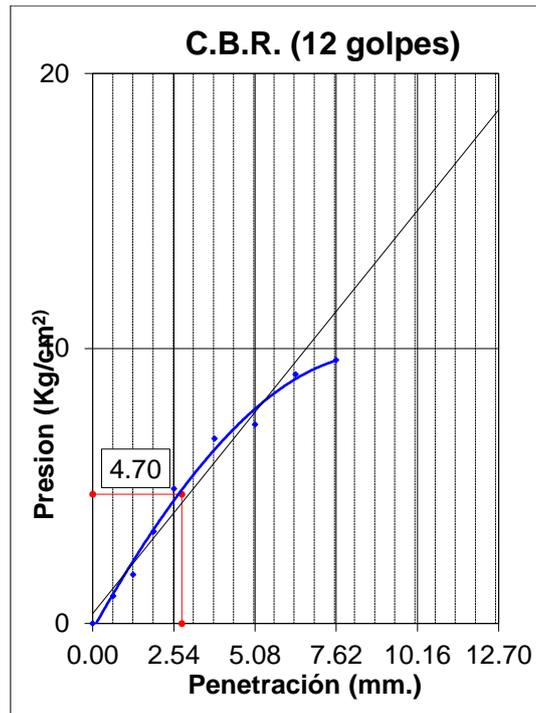


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	9.7
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	11.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.734

**Figura 115**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

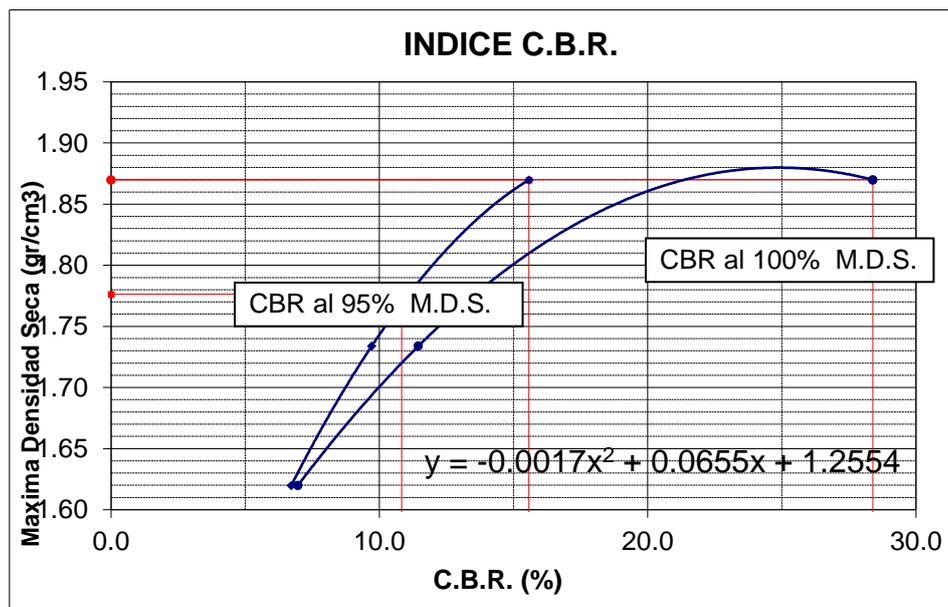


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	6.7
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	6.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.620

**Figura 116**

*Grafico del ensayo CBR (C-01+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	15.5 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	10.8 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	27.8 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	13.0 %

**Tabla 198**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+11%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.87
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.776
CBR AL 100 % M.D.S	15.5 %
CBR AL 95% M.D.S	10.8 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 199**

*Análisis de datos de compactación (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

	Compactación		
	10	11	12
Molde N°	10	11	12
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	11524.00	11345.00	11065.00
Peso molde (gr.)	7187.00	7217.00	7189.00
Peso suelo compactado (gr.)	4337.00	4128.00	3876.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2157.00	2163.00	2163.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.011	1.908	1.792

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 200**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)		
Tara+suelo húmedo (gr.)	399.00	399.00	399.00
Tara+suelo seco (gr.)	360.50	360.50	360.50
Peso de agua (gr.)	38.50	38.50	38.50
Peso de suelo seco (gr.)	360.50	360.50	360.50
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.817	1.724	1.619

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 201**

*Análisis de datos de expansión (C-01+12%ceniza volante artesanal)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	11	12
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.035	0.045	0.060
07-01-23	0.041	0.058	0.061
08-01-23	0.041	0.058	0.061
09-01-23	0.041	0.058	0.061
% EXP.	0.9	1.2	1.3

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 202**

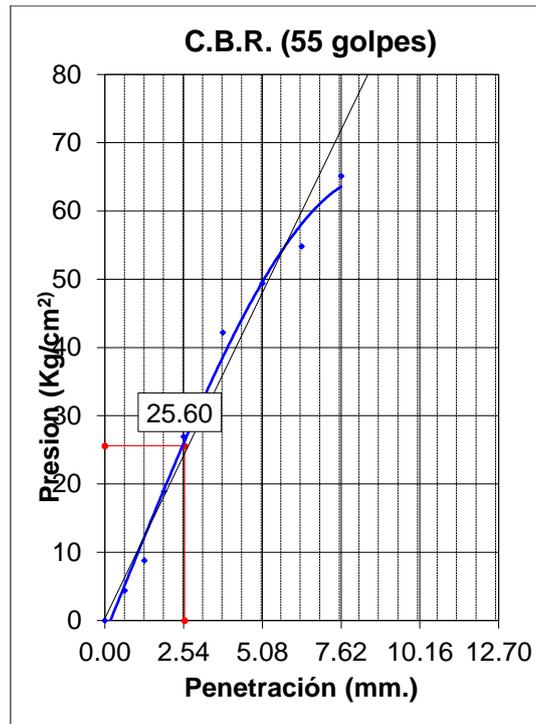
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 11 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 12 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		15	4.4	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		32	8.8	20	5.7	15	4.4
0.075	1.91		71	18.9	37	10.1	23	6.5
0.100	2.54	70.31	102	26.9	48	12.9	32	8.8
0.150	3.81		161	42.2	60	16.1	48	12.9
0.200	5.08	105.46	189	49.4	71	18.9	56	15.0
0.250	6.35		210	54.8	86	22.8	64	17.1
0.300	7.62		250	65.1	97	25.6	68	18.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 117**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

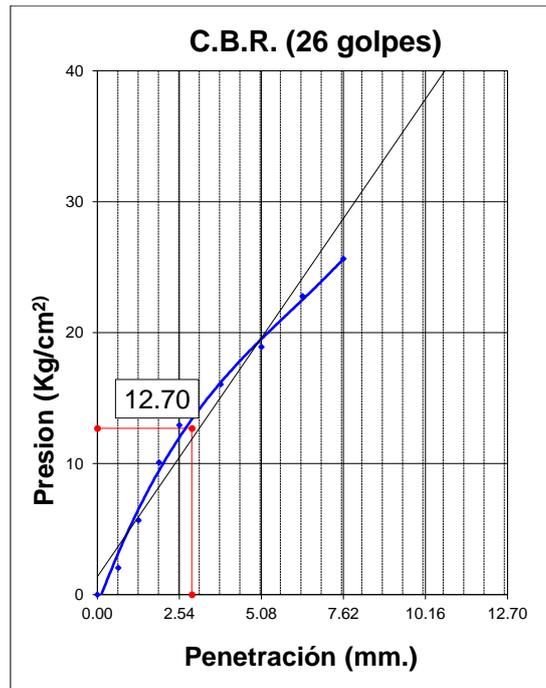


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	36.6
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	47.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.817

### Figura 118

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

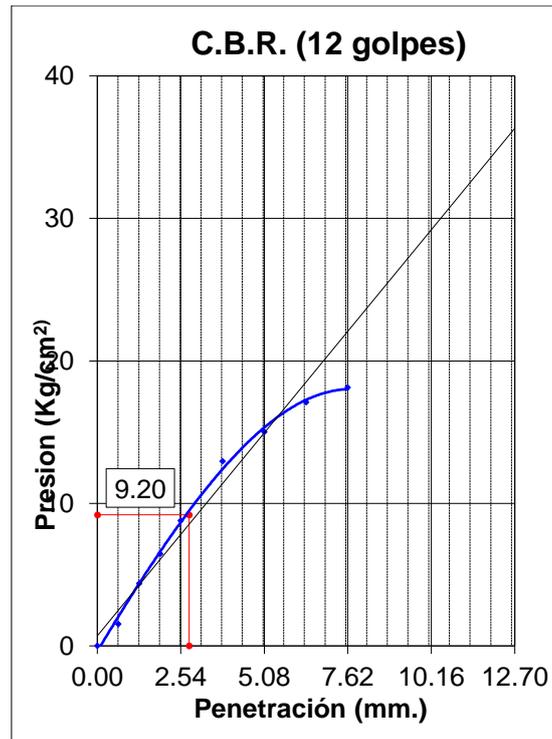


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	18.1
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	18.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.724

**Figura 119**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

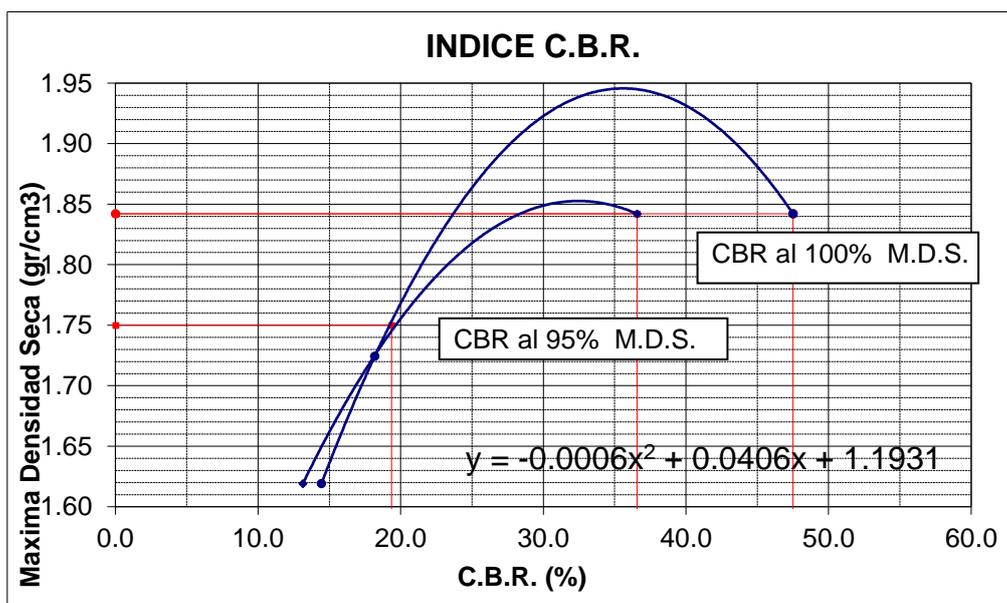


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	13.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	14.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.619

**Figura 120**

*Gráfico del ensayo CBR (C-01+12% ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	36.6 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	19.4 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	47.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	18.9 %

**Tabla 203**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+12%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.842
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.750
CBR AL 100 % M.D.S	36.6 %
CBR AL 95% M..D.S	19.4 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 204**

*Análisis de datos de compactación (C-01+10%ceniza volante industrial)*

Compactación			
Molde N°	5	22	4
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11893.00	12105.00	11560.00
Peso molde (gr.)	7758.00	8170.00	7713.00
Peso suelo compactado (gr.)	4135.00	3935.00	3847.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109.00	2097.00	2174.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.961	1.876	1.770

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 205**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+10%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	273.40	273.40	273.40
Tara+suelo seco (gr.)	251.60	251.60	251.60
Peso de agua (gr.)	21.80	21.80	21.80
Peso de suelo seco (gr.)	251.60	251.60	251.60
Humedad (%)	8.7	8.7	8.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.804	1.727	1.628

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 206**

*Análisis de datos de expansión (C-01+10%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	5	22	4
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.120	0.084	0.071
07-01-23	0.122	0.089	0.076
08-01-23	0.122	0.089	0.076
09-01-23	0.122	0.089	0.076
% EXP.	2.6	1.9	1.6

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 207**

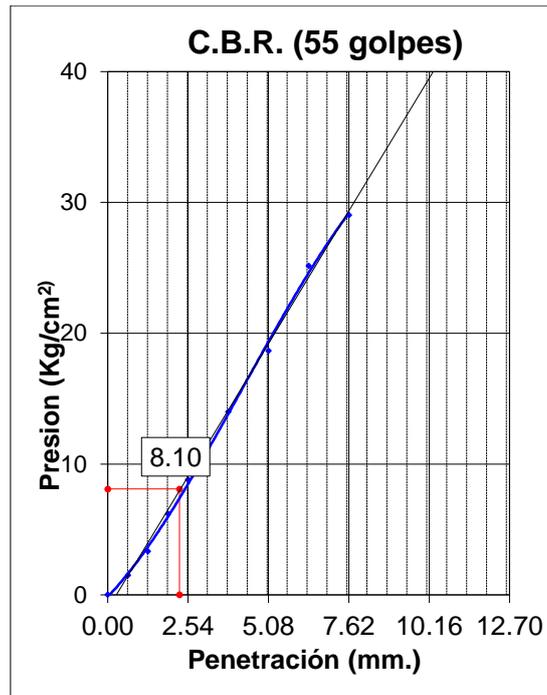
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+10%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 22 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		11	3.3	6	2.0	3	1.2
0.075	1.91		22	6.2	10	3.1	6	2.0
0.100	2.54	70.31	32	8.8	15	4.4	9	2.8
0.150	3.81		52	14.0	21	5.9	13	3.8
0.200	5.08	105.46	70	18.7	27	7.5	18	5.1
0.250	6.35		95	25.1	32	8.8	24	6.7
0.300	7.62		110	29.0	36	9.8	28	7.7
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 121**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+10%ceniza volante industrial)*

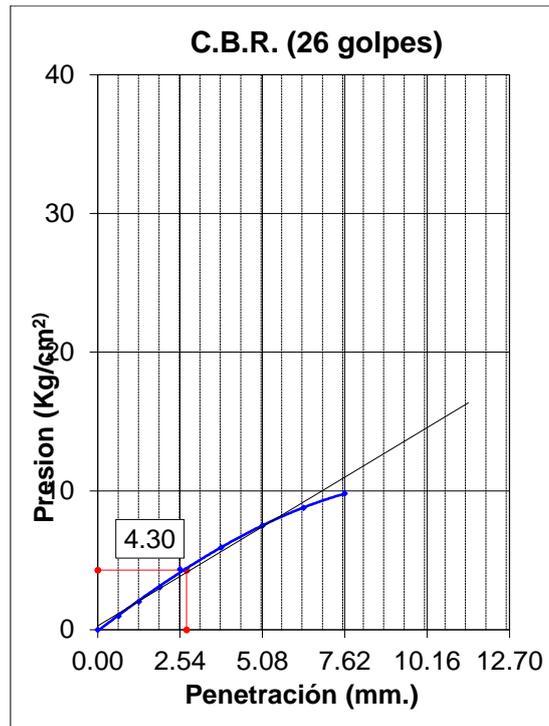


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	11.6
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	17.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.804

### Figura 122

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01+10%ceniza volante industrial)*

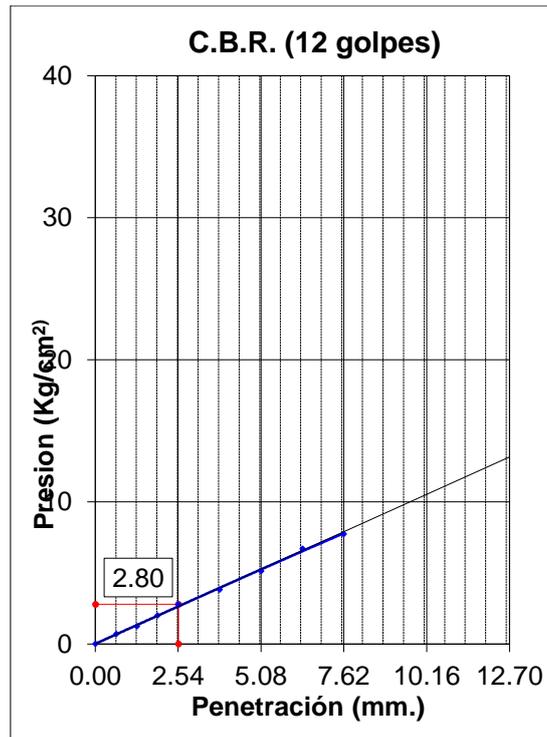


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	6.1
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	7.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.727

### Figura 123

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+10%ceniza volante industrial)*

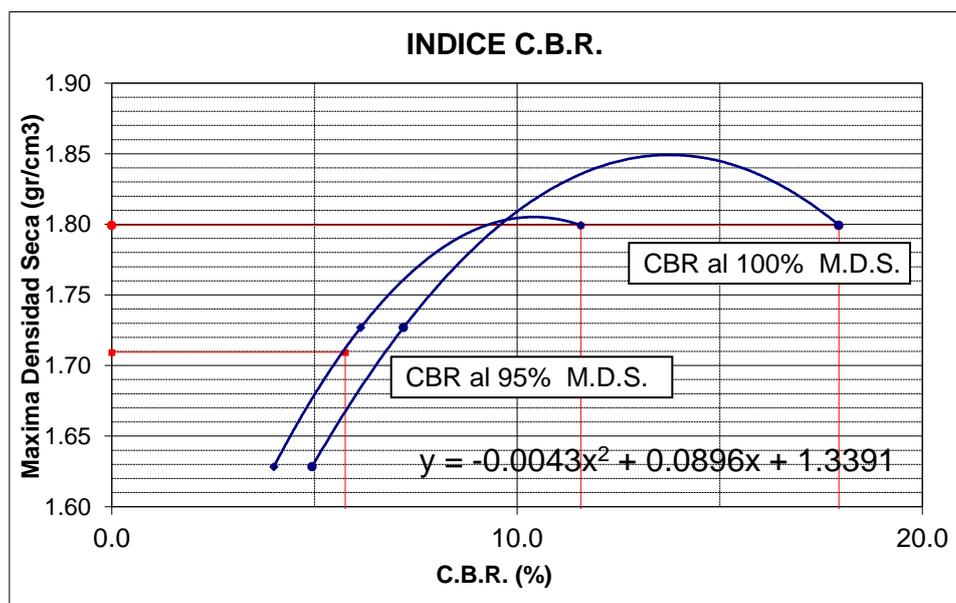


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	4.0
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	4.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.628

**Figura 124**

*Gráfico del ensayo CBR (C-01+10% ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1''	11.2 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1''	5.8 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2''	17.7 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2''	6.7 %

**Tabla 208**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+10%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.799
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.709
CBR AL 100 % M.D.S	11.2 %
CBR AL 95% M.D.S	5.8 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 209**

*Análisis de datos de compactación (C-01+11%ceniza volante industrial)*

Compactación			
Molde N°	7	24	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12232.00	11910.00	11676.00
Peso molde (gr.)	7865.00	7713.00	7955.00
Peso suelo compactado (gr.)	4367.00	4197.00	3721.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2121.00	2174.00	2107.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.059	1.931	1.766

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 210**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+11%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	257.20	257.20	257.20
Tara+suelo seco (gr.)	232.60	232.60	232.60
Peso de agua (gr.)	24.60	24.60	24.60
Peso de suelo seco (gr.)	232.60	232.60	232.60
Humedad (%)	10.6	10.6	10.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.862	1.746	1.597

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 211**

*Análisis de datos de expansión (C-01+11%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	7	24	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.045	0.050	0.072
07-01-23	0.046	0.052	0.074
08-01-23	0.046	0.052	0.074
09-01-23	0.046	0.052	0.074
% EXP.	1.0	1.1	1.6

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 212**

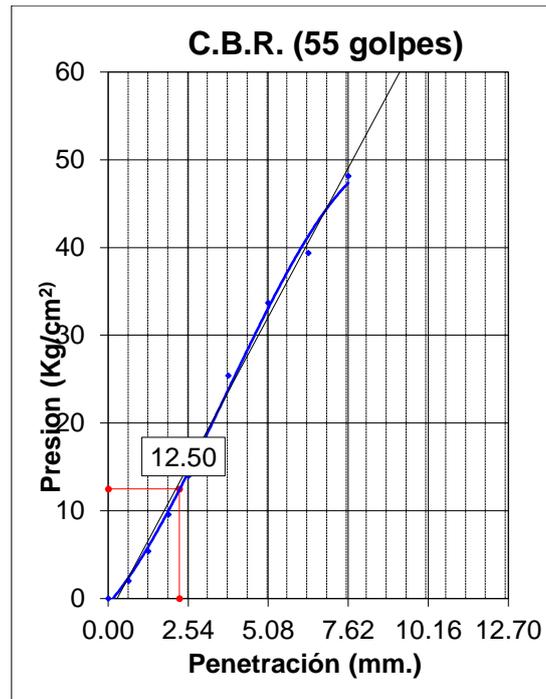
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+11%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 7 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 24 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		19	5.4	11	3.3	6	2.0
0.075	1.91		35	9.6	20	5.7	12	3.6
0.100	2.54	70.31	52	14.0	26	7.2	16	4.6
0.150	3.81		96	25.4	34	9.3	21	5.9
0.200	5.08	105.46	128	33.7	45	12.2	28	7.7
0.250	6.35		150	39.4	59	15.8	34	9.3
0.300	7.62		184	48.1	72	19.2	39	10.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 125**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+11%ceniza volante industrial)*

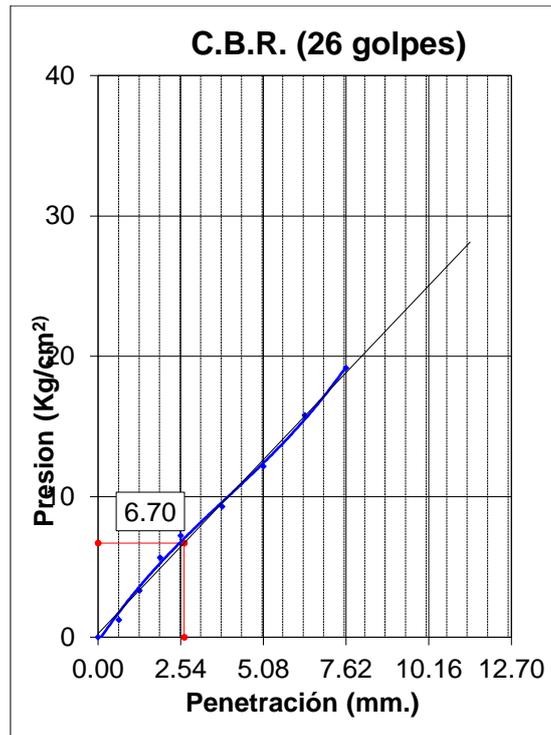


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	17.9
C.B.R. (0.2")-565Golpes	32.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.862

**Figura 126**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01+11%ceniza volante industrial)*

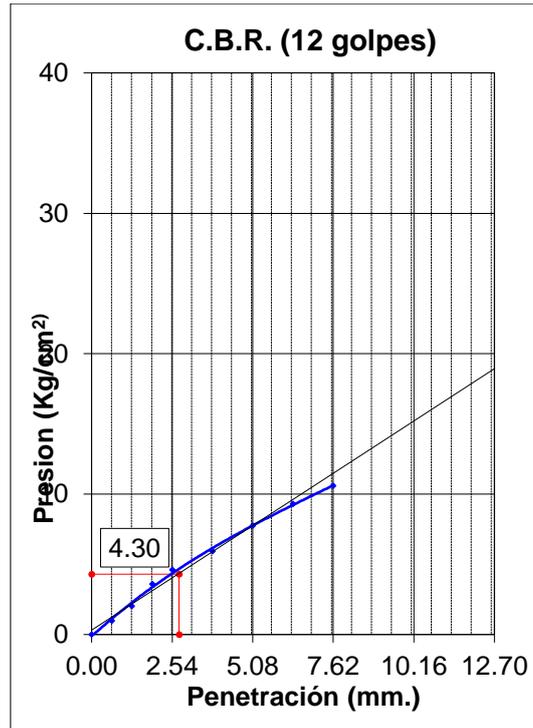


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	9.6
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	11.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.746

### Figura 127

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+11%ceniza volante industrial)*

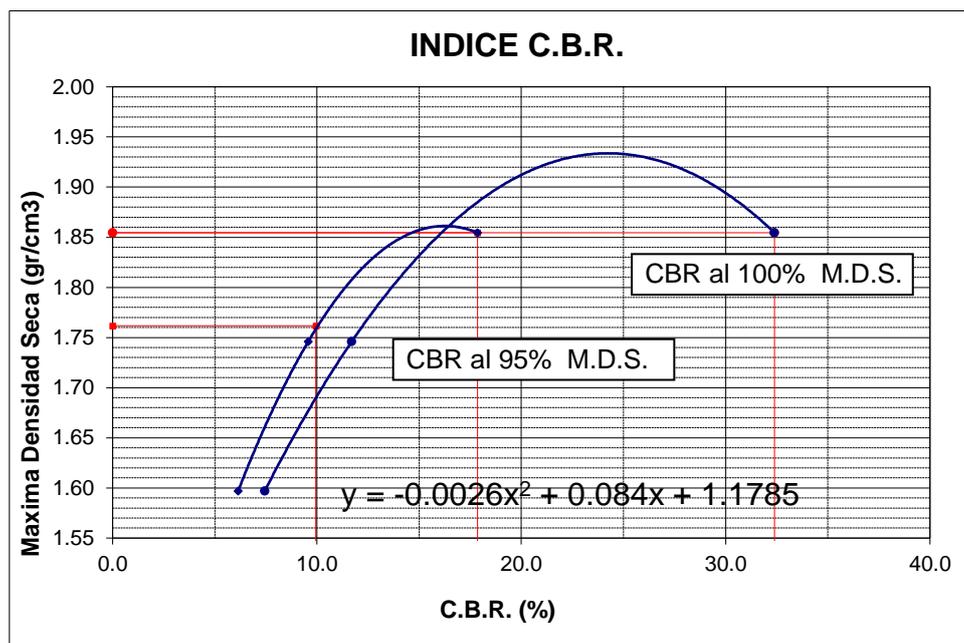


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	6.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	7.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.597

**Figura 128**

*Grafico del ensayo CBR (C-01+11%ceniza volante industrial)*





Fuente. Elaboración propia

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	17.3 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	9.9 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	30.8 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	12.0 %

**Tabla 213**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+11%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.855
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.762
CBR AL 100 % M.D.S	17.3 %
CBR AL 95% M.D.S	9.9 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 214**

*Análisis de datos de compactación (C-01+12%ceniza volante industrial)*

Compactación			
Molde N°	10	27	8
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11395.00	11898.00	11740.00
Peso molde (gr.)	6935.00	7865.00	8018.00
Peso suelo compactado (gr.)	4460.00	4033.00	3722.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201.00	2121.00	2094.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.026	1.901	1.777

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 215**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-01+12%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	279.40	279.40	279.40
Tara+suelo seco (gr.)	251.20	251.20	251.20
Peso de agua (gr.)	28.20	28.20	28.20
Peso de suelo seco (gr.)	251.20	251.20	251.20
Humedad (%)	11.2	11.2	11.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.822	1.710	1.598

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 216**

*Análisis de datos de expansión (C-01+12%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	8
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.040	0.050	0.058
07-01-23	0.044	0.051	0.058
08-01-23	0.044	0.051	0.058
09-01-23	0.044	0.051	0.058
% EXP.	0.9	1.1	1.2

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 217**

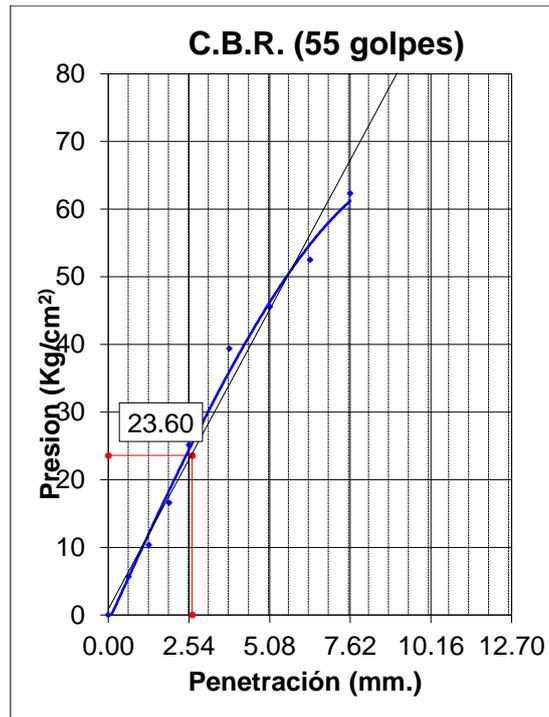
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-01+12%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 27 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 8 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		20	5.7	9	2.8	5	1.8
0.050	1.27		38	10.3	19	5.4	13	3.8
0.075	1.91		62	16.6	34	9.3	21	5.9
0.100	2.54	70.31	95	25.1	42	11.4	23	6.4
0.150	3.81		150	39.4	56	15.0	34	9.3
0.200	5.08	105.46	174	45.6	75	20.0	45	12.2
0.250	6.35		201	52.5	89	23.6	52	14.0
0.300	7.62		239	62.3	116	30.6	62	16.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 129**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-01+12%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia.

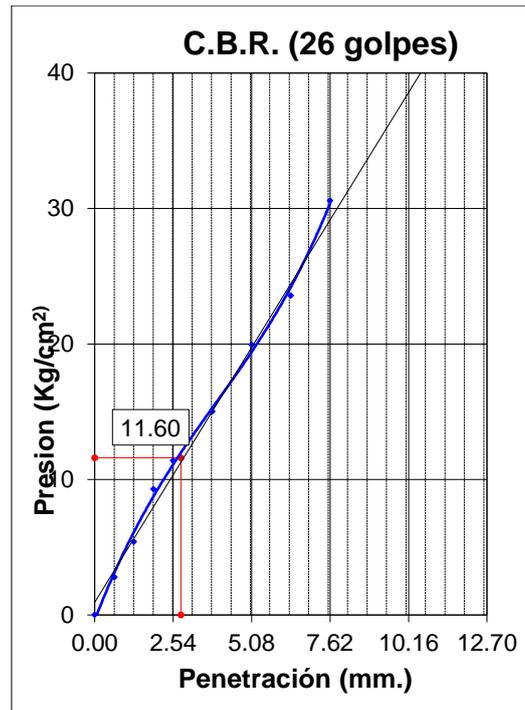
---

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	33.7
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	43.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.822

---

**Figura 130**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-01+12%ceniza volante industrial)*

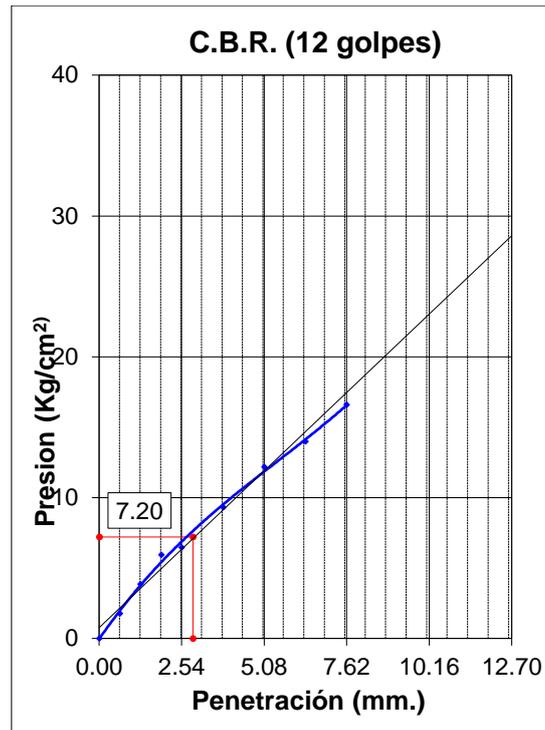


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	16.6
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	19.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.710

**Figura 131**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-01+12%ceniza volante industrial)*

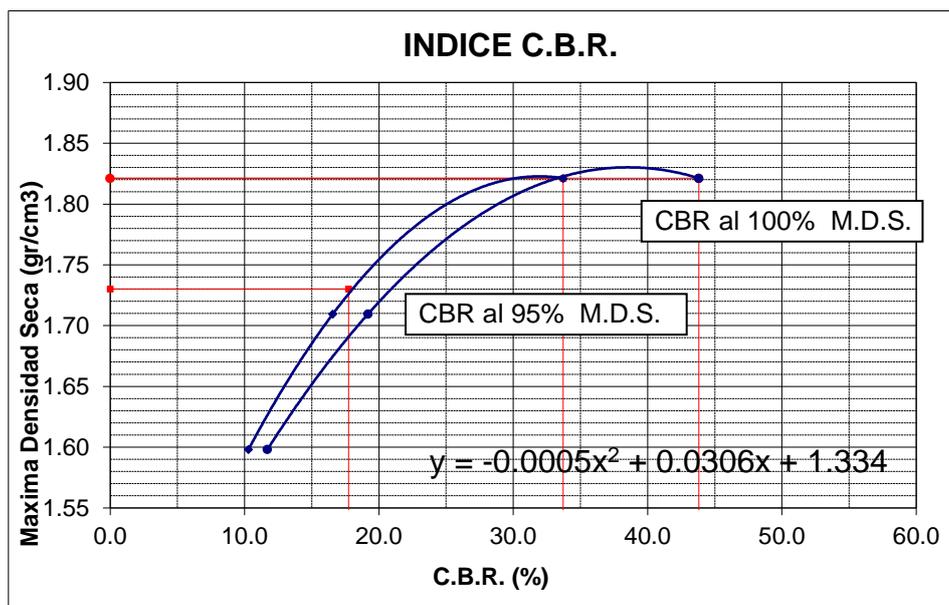


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	10.3
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	11.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.598

**Figura 132**

*Grafico del ensayo CBR (C-01+12%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	33.6 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	17.7 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	43.3 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	20.4 %

**Tabla 218**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-01+12%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.821
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.730
CBR AL 100 % M.D.S	33.6 %
CBR AL 95% M..D.S	17.7 %

Fuente. Elaboración propia.

➤ Resumen análisis de datos calicata 01

**Tabla 219**

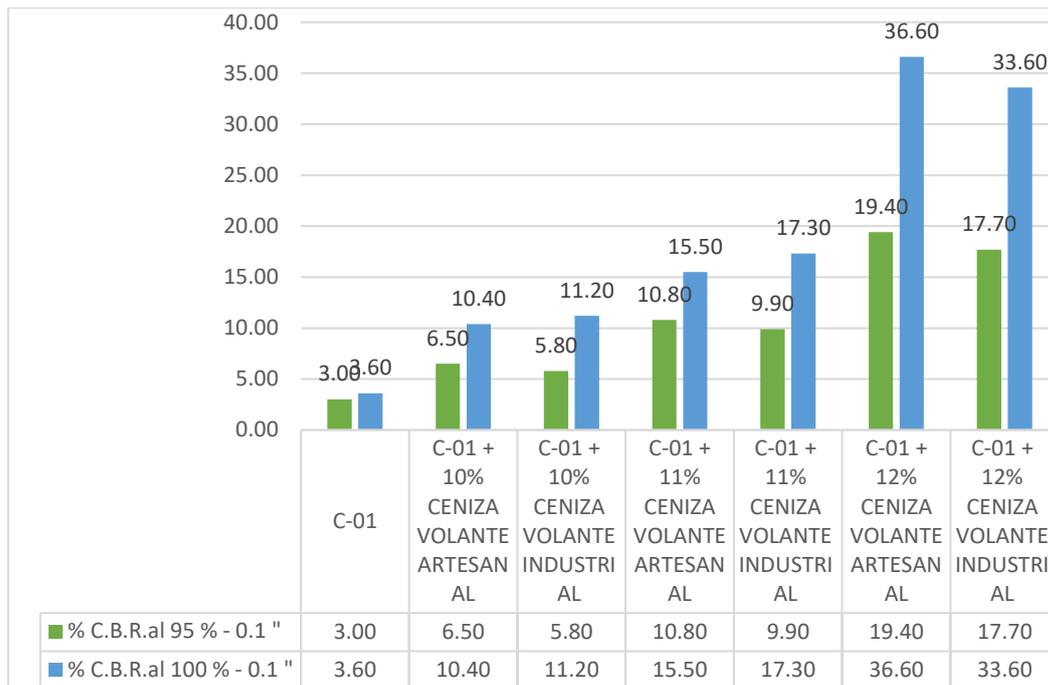
*Resumen análisis de datos del ensayo CBR (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante)*

Muestra	% C.B.R. AL 95 % - 0.1 "	% C.B.R. AL 100 % - 0.1 "
C-01	3.00	3.60
C-01 + 10% ceniza volante artesanal	6.50	10.40
C-01 + 10% ceniza volante industrial	5.80	11.20
C-01 + 11% ceniza volante artesanal	10.80	15.50
C-01 + 11% ceniza volante industrial	9.90	17.30
C-01 + 12% ceniza volante artesanal	19.40	36.60
C-01 + 12% ceniza volante industrial	17.70	33.60

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 133**

*Grafico del ensayo CBR (C-01 Vs. C-01+%ceniza volante)*



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 03

**Tabla 220**

*Análisis de datos de compactación C-03*

	Compactación		
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11270.00	11756.00	11528.00
Peso molde (gr.)	6935.00	7865.00	7955.00
Peso suelo compactado (gr.)	4335.00	3891.00	3573.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201.00	2121.00	2107.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.970	1.835	1.696

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 221**

*Análisis de datos del contenido de humedad C-03*

	Humedad (%)		
Tara+suelo húmedo (gr.)	378.00	378.00	378.00
Tara+suelo seco (gr.)	341.60	341.60	341.60
Peso de agua (gr.)	36.40	36.40	36.40
Peso de suelo seco (gr.)	341.60	341.60	341.60
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.780	1.658	1.532



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 222**

*Análisis de datos de expansión C-03*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.137	0.120	0.110
21-10-22	0.160	0.125	0.115
22-10-22	0.170	0.128	0.116
23-10-22	0.172	0.130	0.118
% EXP.	3.7	2.8	2.5

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 223**

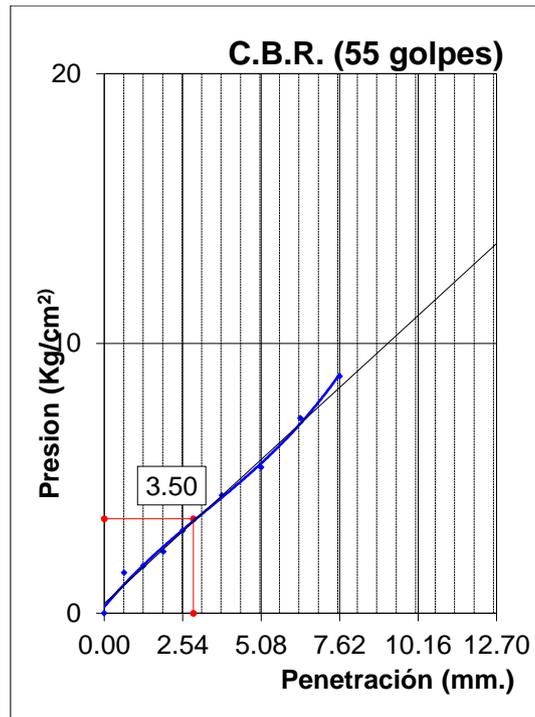
*Análisis de datos de aplicación de carga C-03*

Penetración (Pulg.)	Penetración (mm.)	Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 27 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		5	1.8	4	1.5	3	1.2
0.075	1.91		7	2.3	5	1.8	4	1.5
0.100	2.54	70.31	10	3.1	7	2.3	5	1.8
0.150	3.81		15	4.4	10	3.1	7	2.3
0.200	5.08	105.46	19	5.4	12	3.6	8	2.5
0.250	6.35		26	7.2	15	4.4	10	3.1
0.300	7.62		32	8.8	17	4.9	12	3.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 134**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03)*

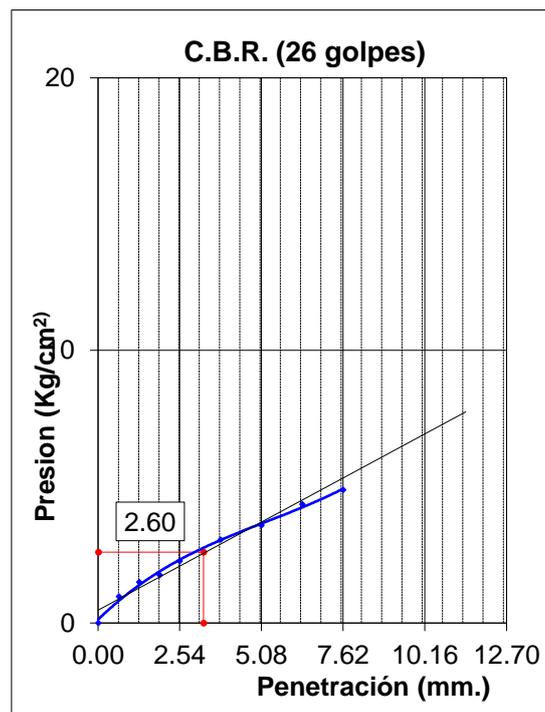


Fuente: Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	5.0
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	5.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.780

Figura 135

Gráfico curvatura de presión de penetración para 26 golpes (C-03)

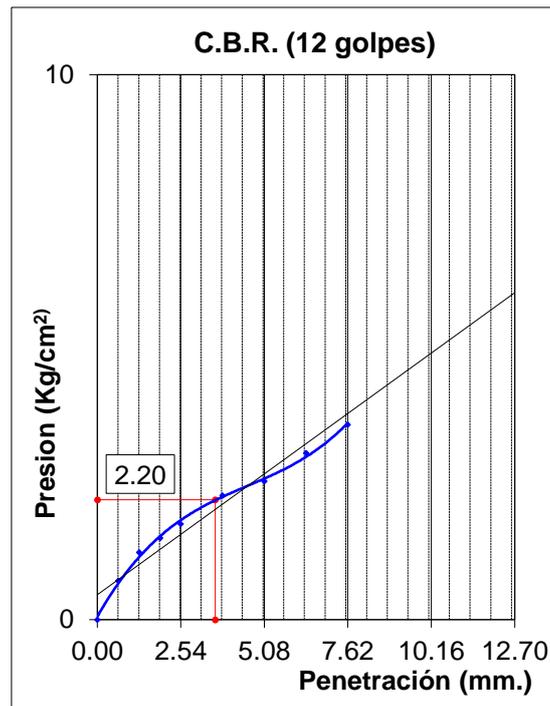


Fuente: Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	3.7
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	3.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.658

**Figura 136**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03)*

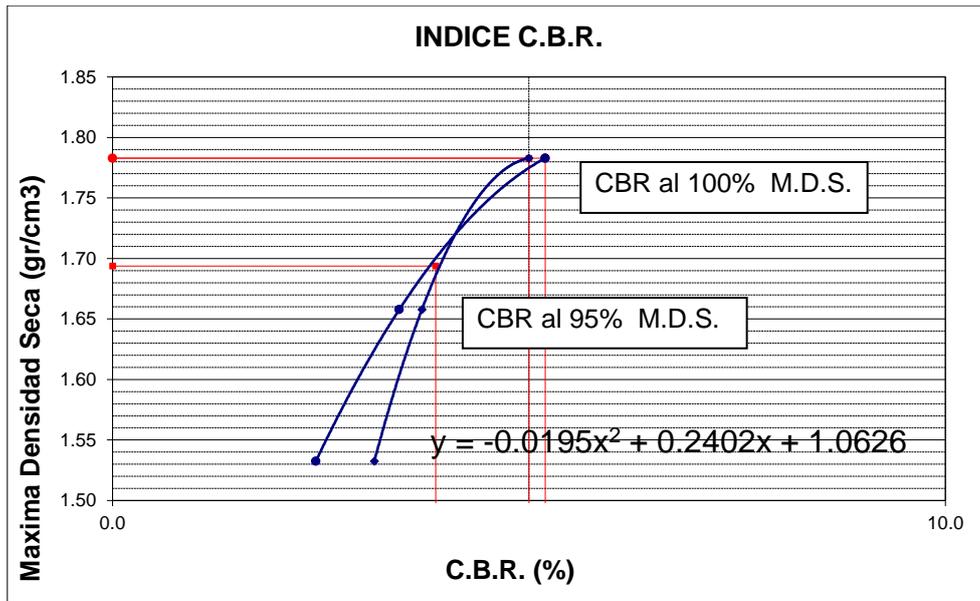


Fuente: Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	3.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	2.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.532

**Figura 137**

*Grafico del ensayo CBR (C-03)*



Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	5.0 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	3.9 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	5.2 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	3.7 %

**Tabla 224**

*Análisis de datos del ensayo CBR C-03*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm3)	1.783
95% de máxima densidad seca (gr/cm3)	1.694
CBR AL 100 % M.D.S	5.0 %
CBR AL 95% M.D.S	3.9 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 225**

*Análisis de datos de compactación (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

	Compactación		
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	10993	11714	11743
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4058	3849	3788
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.844	1.815	1.798

Fuente. Elaboración propia.



**Tabla 226**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	366.30	366.30	366.30
Tara+suelo seco (gr.)	338.14	338.14	338.14
Peso de agua (gr.)	28.16	28.16	28.16
Peso de suelo seco (gr.)	338.14	338.14	338.14
Humedad (%)	8.3	8.3	8.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.702	1.675	1.660

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 227**

*Análisis de datos de expansión (C-03 + 10% ceniza volante artesanal)*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.067	0.124	0.067
07-01-23	0.030	0.126	0.051
08-01-23	0.043	0.124	0.053
09-01-23	0.044	0.126	0.055
% EXP.	0.9	2.7	1.2

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 228**

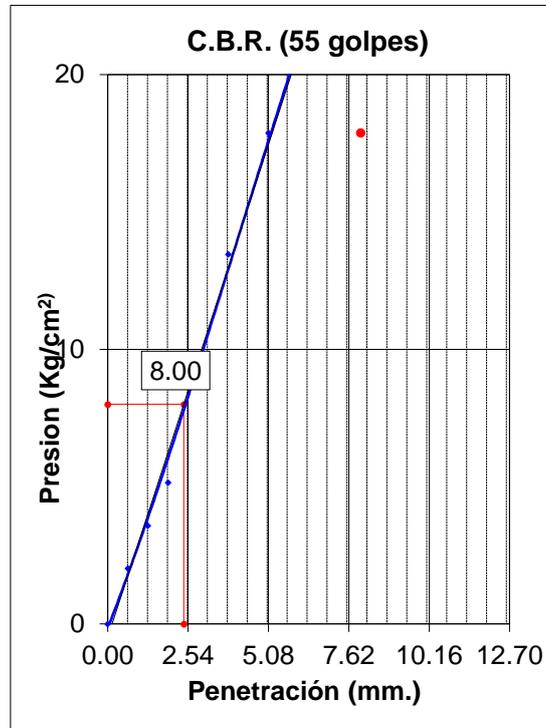
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		12	3.6	7	2.3	4	1.5
0.075	1.91		18	5.1	11	3.3	8	2.5
0.100	2.54	70.31	32	8.8	17	4.9	10	3.1
0.150	3.81		50	13.5	28	7.7	14	4.1
0.200	5.08	105.46	67	17.9	33	9.0	18	5.1
0.250	6.35		80	21.3	38	10.3	23	6.4
0.300	7.62		101	26.7	43	11.6	29	8.0
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 138**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

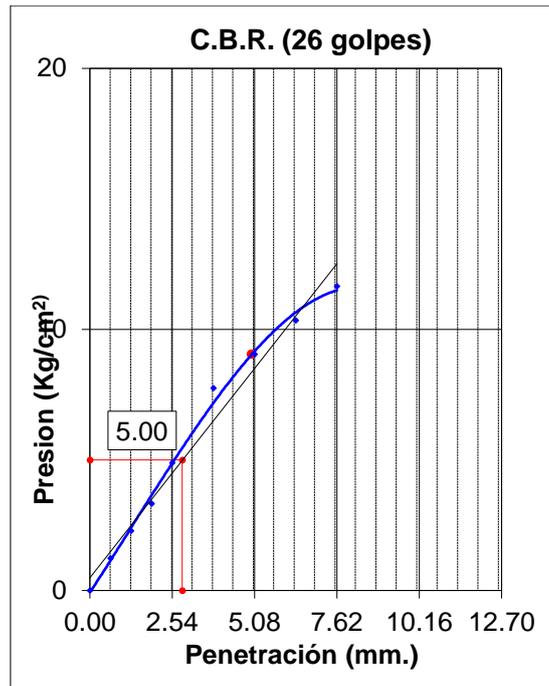


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	11.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	17.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.702

**Figura 139**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

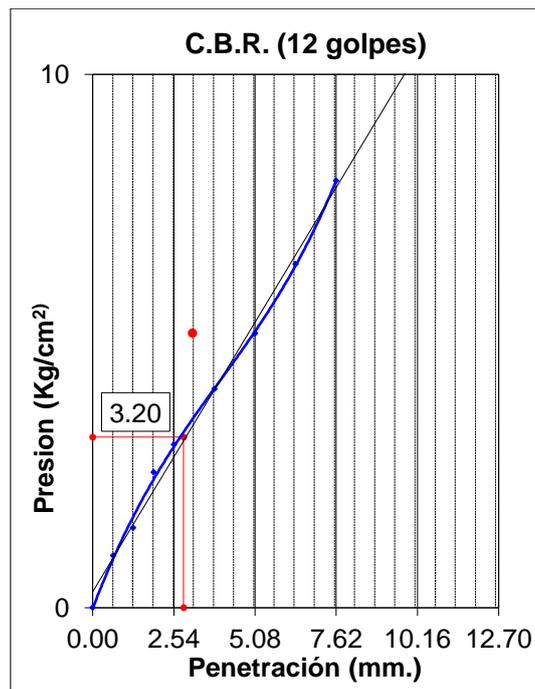


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	7.1
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	8.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.675

**Figura 140**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

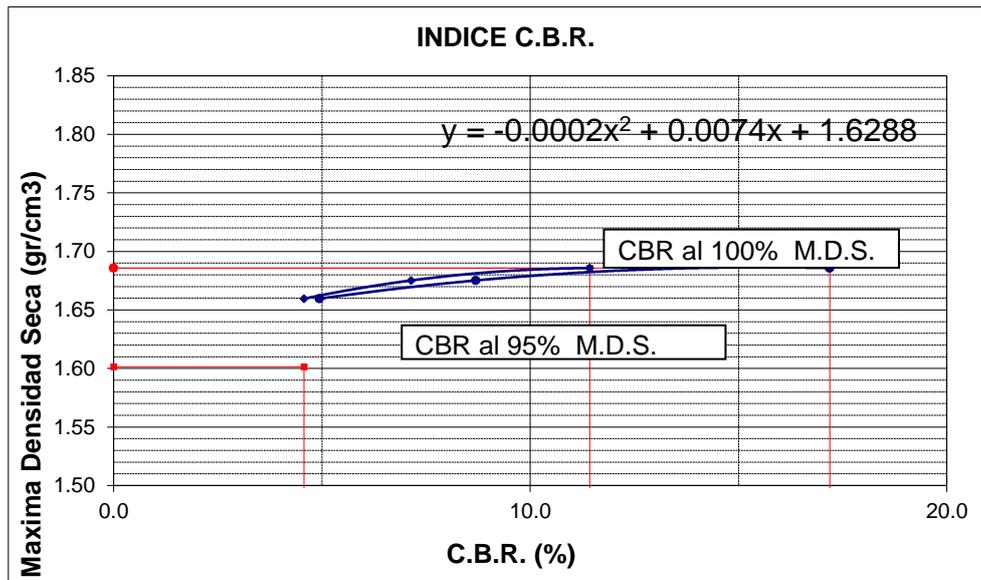


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	4.6
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	4.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.660

**Figura 141**

*Grafico del ensayo CBR (C-03+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1”	8.8 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1”	4.6 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2”	11.9 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2”	4.9 %

**Tabla 229**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+10%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.686
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.601
CBR AL 100 % M.D.S	8.8%
CBR AL 95% M..D.S	4.6 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 230**

*Análisis de datos de compactación (C-03+11%ceniza volante artesanal)*



Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11571	11554	10653
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4636	3689	2698
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.106	1.739	1.280

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 231**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante artesanal)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	377.30	377.30	377.30
Tara+suelo seco (gr.)	343.98	343.98	343.98
Peso de agua (gr.)	33.32	33.32	33.32
Peso de suelo seco (gr.)	343.98	343.98	343.98
Humedad (%)	9.7	9.7	9.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.920	1.586	1.167

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 232**

*Análisis de datos de expansión (C-03 + 11% ceniza volante artesanal)*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.067	0.087	0.077
07-01-23	0.072	0.092	0.080
08-01-23	0.082	0.095	0.082
09-01-23	0.092	0.099	0.084
% EXP.	2.0	2.1	1.8

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 233**

*Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+11%ceniza volante artesanal)*

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		17	4.9	12	3.6	6	2.0

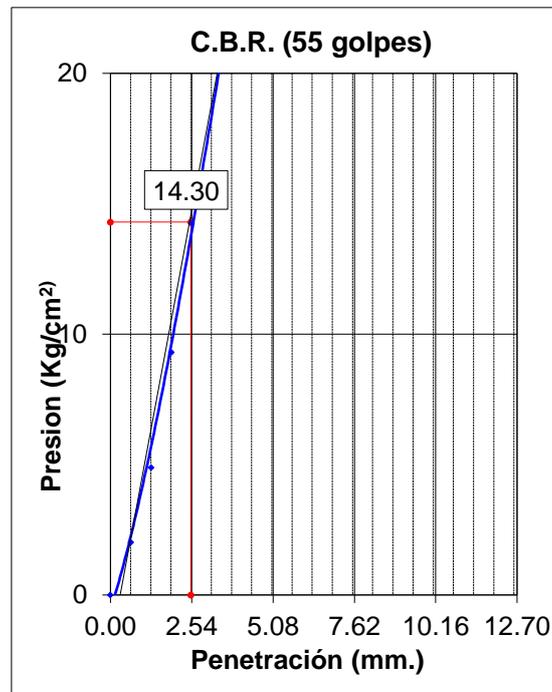


0.075	1.91		34	9.3	19	5.4	12	3.6
0.100	2.54	70.31	53	14.2	30	8.3	18	5.1
0.150	3.81		93	24.6	37	10.1	26	7.2
0.200	5.08	105.46	120	31.6	47	12.7	28	7.7
0.250	6.35		152	39.9	56	15.0	36	9.8
0.300	7.62		179	46.9	62	16.6	38	10.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 142**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+11%ceniza volante artesanal)*

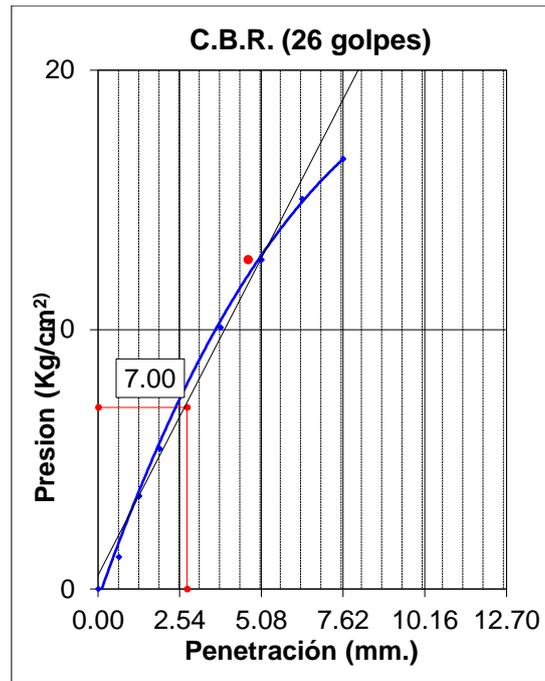


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	20.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	30.1
Densidad Seca (gr/cm3) :	1.920

**Figura 143**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+11%ceniza volante artesanal)*

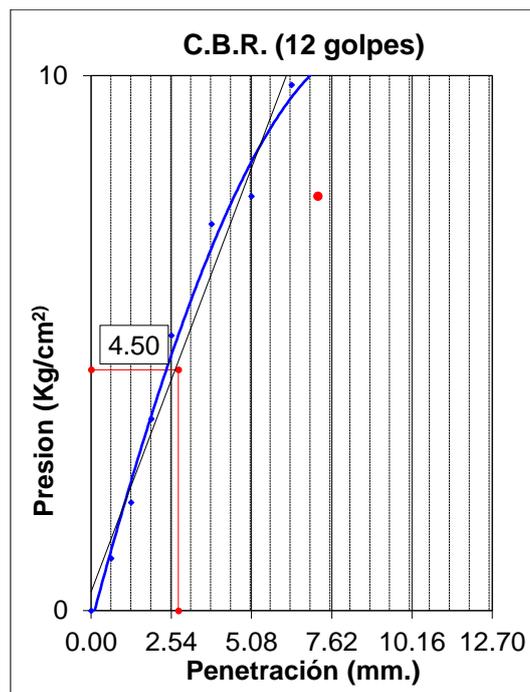


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	10.0
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	12.1
Densidad Seca (gr/cm3) :	1.586

Figura 144

Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+11%ceniza volante artesanal)



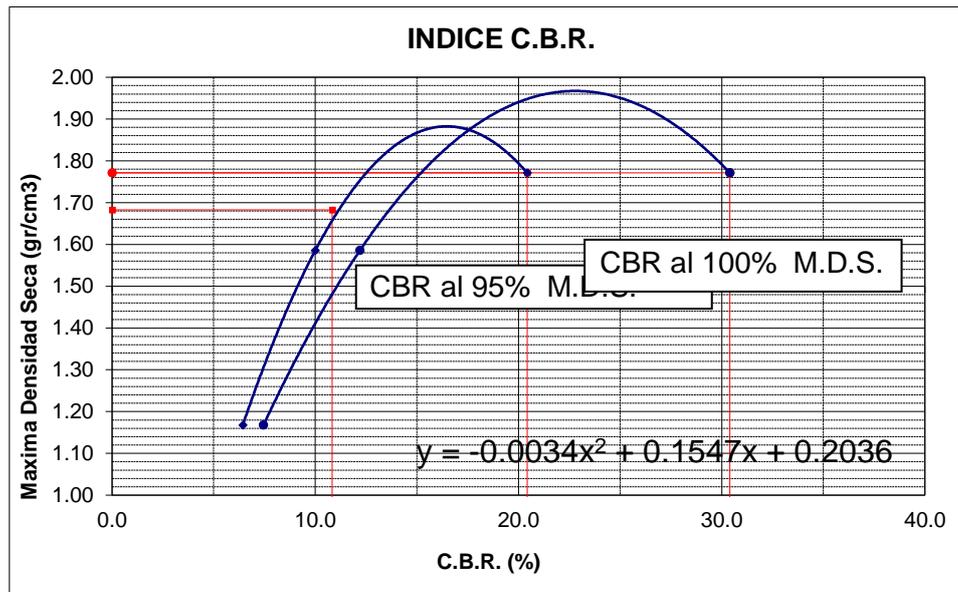


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	6.4
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	7.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.167

**Figura 145**

*Grafico del ensayo CBR (C-03+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	15.8 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	10.8 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	22.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	13.2 %

**Tabla 234**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+11% ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.771
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.683
CBR AL 100 % M.D.S	15.8 %
CBR AL 95% M..D.S	10.8 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 235**

*Análisis de datos de compactación (C-03+12% ceniza volante artesanal)*



Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11087	11803	11783
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4152	3938	3828
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.886	1.857	1.817

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 236**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	378.30	378.30	378.30
Tara+suelo seco (gr.)	341.90	341.90	341.90
Peso de agua (gr.)	36.40	36.40	36.40
Peso de suelo seco (gr.)	341.90	341.90	341.90
Humedad (%)	10.6	10.6	10.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.705	1.678	1.642

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 237**

*Análisis de datos de expansión (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.070	0.080	0.068
07-01-23	0.075	0.085	0.073
08-01-23	0.080	0.091	0.077
09-01-23	0.083	0.093	0.080
% EXP.	1.8	2.0	1.7

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 238**

*Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

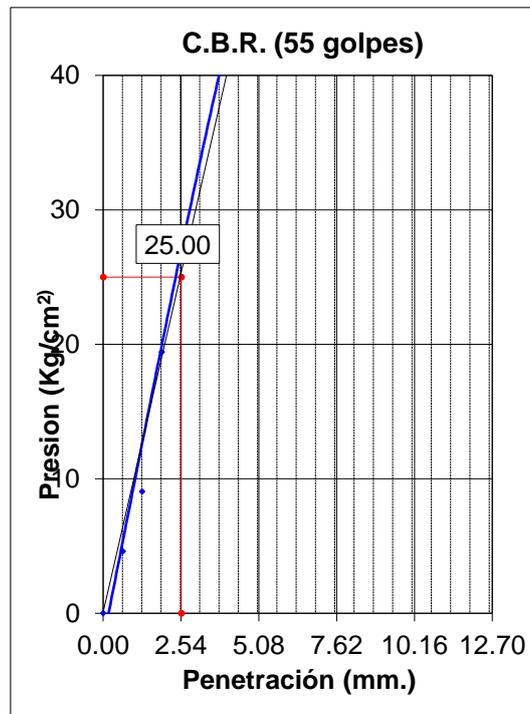
Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga							
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )		Molde 10 (Kg/cm <sup>2</sup> )		Molde 27 (Kg/cm <sup>2</sup> )		Molde 6 (Kg/cm <sup>2</sup> )	
			Dial		Dial		Dial		Dial
0.025	0.64		16	4.6	6	2.0	4	1.5	
0.050	1.27		33	9.0	21	5.9	16	4.6	

0.075	1.91		73	19.4	38	10.3	24	6.7
0.100	2.54	70.31	106	28.0	50	13.5	33	9.0
0.150	3.81		168	44.0	63	16.8	50	13.5
0.200	5.08	105.46	197	51.5	74	19.7	58	15.5
0.250	6.35		223	58.2	91	24.1	67	17.9
0.300	7.62		267	69.5	103	27.2	71	18.9
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 146**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

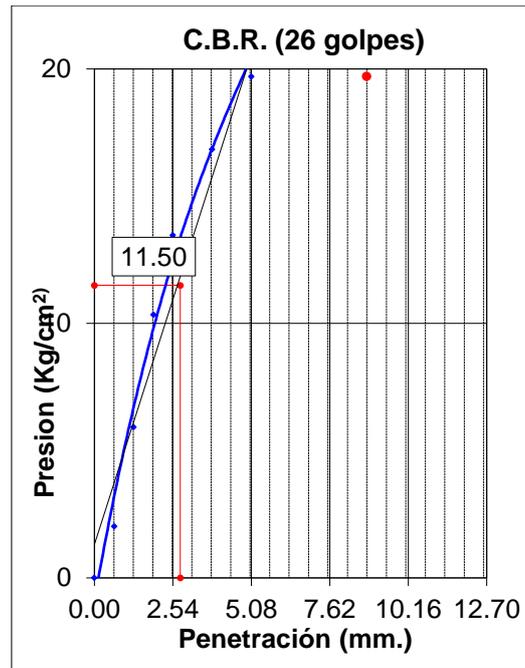


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	35.7
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	49.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.705

**Figura 147**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

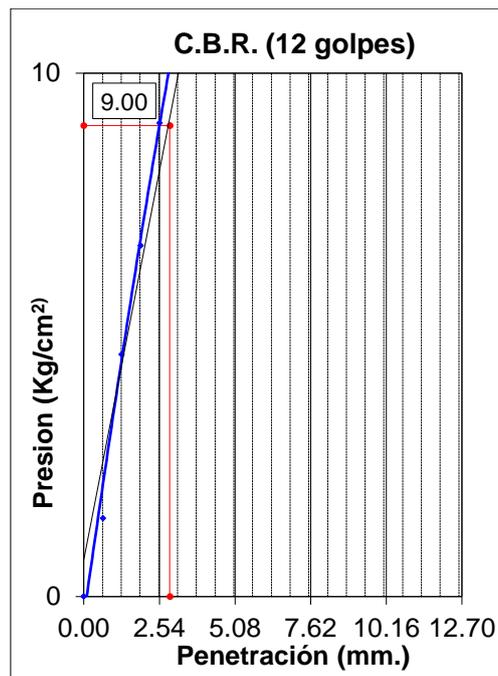


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	16.4
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	18.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.678

Figura 148

Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+12%ceniza volante artesanal)



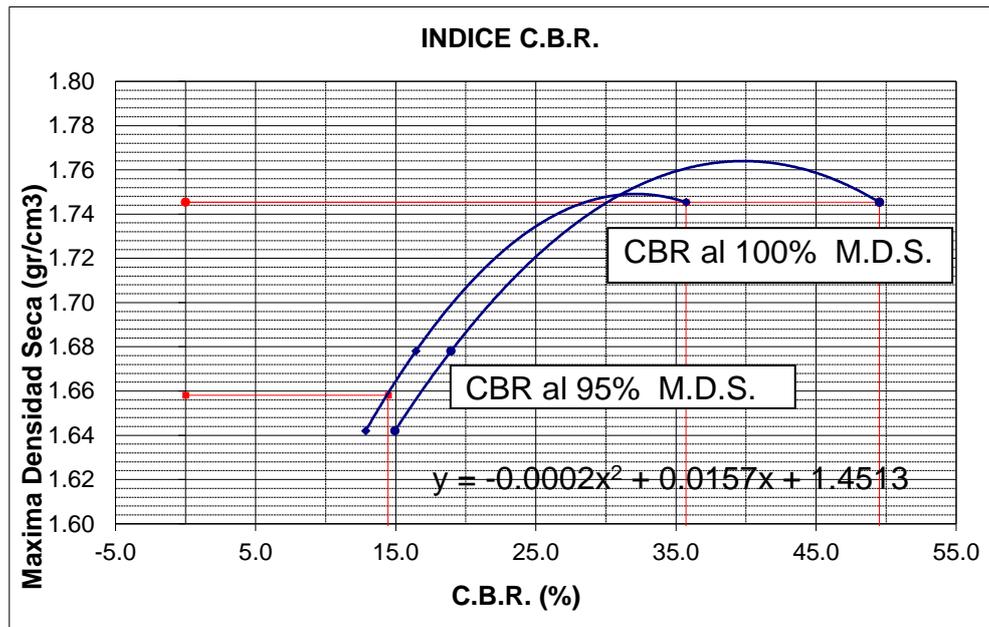


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	12.9
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	14.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.642

**Figura 149**

*Grafico del ensayo CBR (C-03+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	35.7 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	14.5 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	49.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	16.6 %

**Tabla 239**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+12%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.745
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.658
CBR AL 100 % M.D.S	35.7 %
CBR AL 95% M..D.S	14.5 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 240**

*Análisis de datos de compactación (C-03+10%ceniza volante industrial)*



Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	10956	11463	11278
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4021	3598	3323
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.827	1.696	1.577

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 241**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+10%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	252.70	252.70	252.70
Tara+suelo seco (gr.)	233.00	233.00	233.00
Peso de agua (gr.)	19.70	19.70	19.70
Peso de suelo seco (gr.)	233.00	233.00	233.00
Humedad (%)	8.5	8.5	8.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.684	1.564	1.454

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 242**

*Análisis de datos de expansión (C-03+10%ceniza volante industrial)*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.085	0.119	0.079
12-01-23	0.090	0.125	0.085
13-01-23	0.095	0.128	0.095
14-01-23	0.100	0.130	0.098
% EXP.	2.1	2.8	2.1

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 243**

*Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+10%ceniza volante industrial)*

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		12	3.6	7	2.3	4	1.5

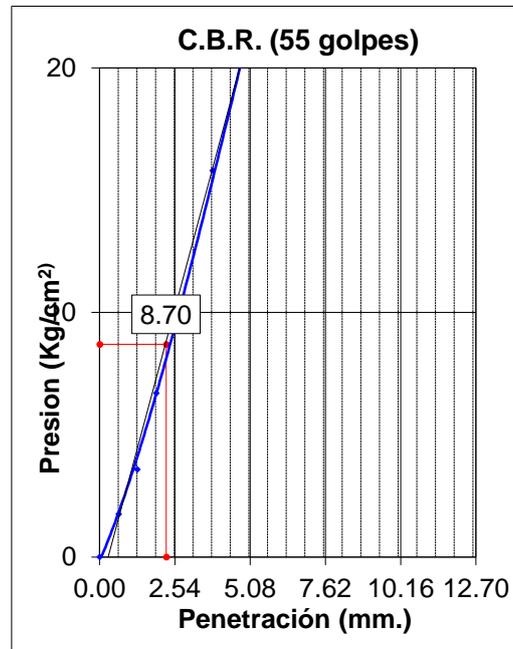


0.075	1.91		24	6.7	11	3.3	7	2.3
0.100	2.54	70.31	36	9.8	17	4.9	10	3.1
0.150	3.81		59	15.8	24	6.7	15	4.4
0.200	5.08	105.46	78	20.7	30	8.3	20	5.7
0.250	6.35		108	28.5	37	10.1	27	7.5
0.300	7.62		127	33.4	42	11.4	31	8.5
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 150**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+10%ceniza volante industrial)*

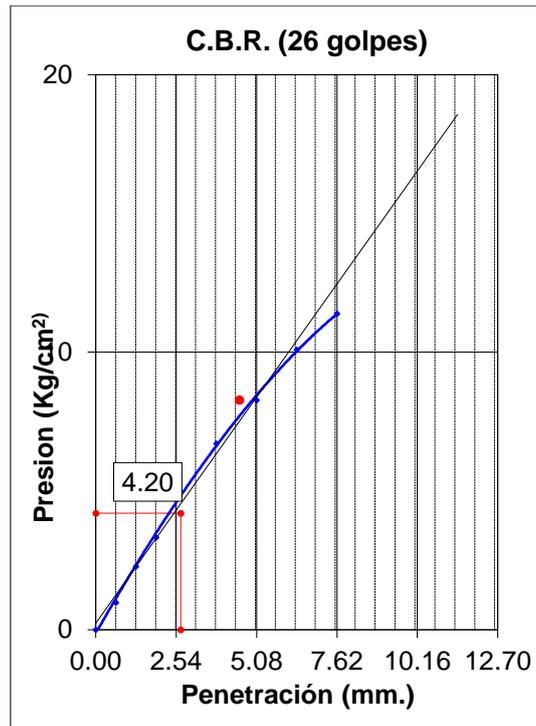


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	12.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	19.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.684

**Figura 151**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+10%ceniza volante industrial)*

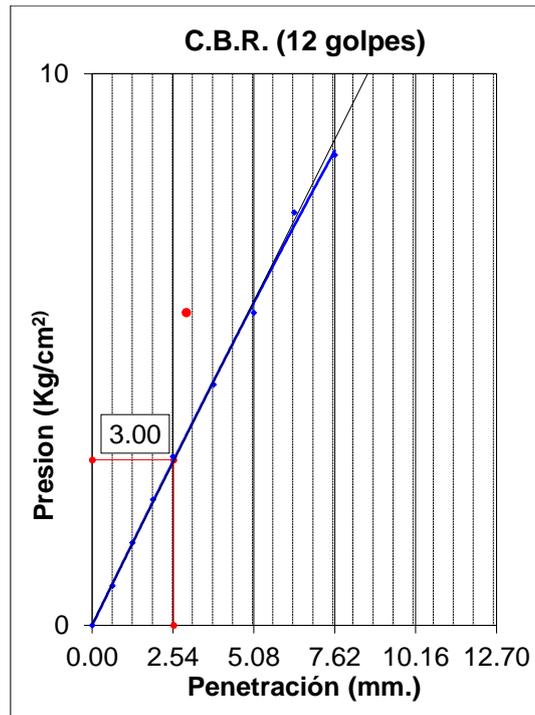


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	6.0
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	7.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.564

### Figura 152

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+10%ceniza volante industrial)*

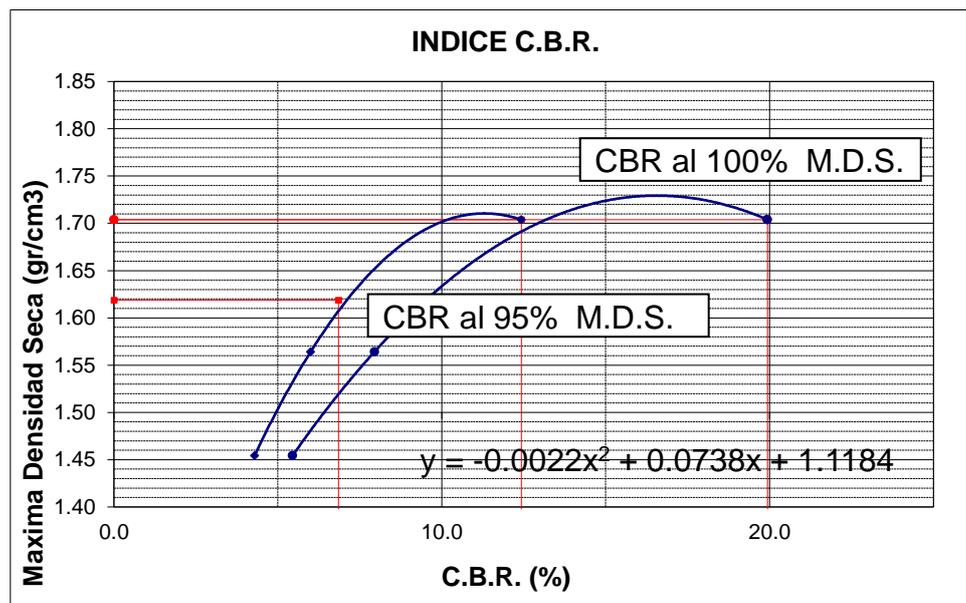


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	4.3
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	5.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.454

**Figura 153**

*Grafico del ensayo CBR (C-03+10%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	12.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	6.9 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	19.8 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	9.1 %

**Tabla 244**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+10%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.704
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.619
CBR AL 100 % M.D.S	12.4 %
CBR AL 95% M.D.S	6.9 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 245**

*Análisis de datos de compactación (C-03+11%ceniza volante industrial)*

Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11295	11968	11894
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4360	4103	3939
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.981	1.934	1.869

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 246**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+11%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	236.50	236.50	236.50
Tara+suelo seco (gr.)	214.00	214.00	214.00
Peso de agua (gr.)	22.50	22.50	22.50
Peso de suelo seco (gr.)	214.00	214.00	214.00
Humedad (%)	10.5	10.5	10.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.792	1.750	1.692

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 247**

*Análisis de datos de expansión (C-03+11%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.070	0.085	0.080
12-01-23	0.075	0.088	0.085
13-01-23	0.080	0.090	0.087
14-01-23	0.082	0.092	0.089
% EXP.	1.7	2.0	1.9

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 248**

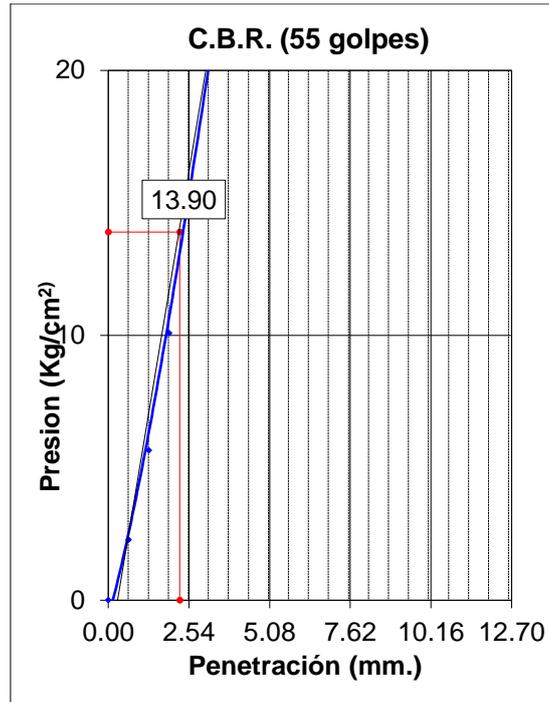
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+11%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 27 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		7	2.3	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		20	5.7	12	3.6	7	2.3
0.075	1.91		37	10.1	21	5.9	13	3.8
0.100	2.54	70.31	56	15.0	28	7.7	17	4.9
0.150	3.81		103	27.2	37	10.1	23	6.4
0.200	5.08	105.46	136	35.8	48	12.9	30	8.3
0.250	6.35		163	42.7	64	17.1	37	10.1
0.300	7.62		201	52.5	78	20.7	42	11.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 154**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+11%ceniza volante industrial)*

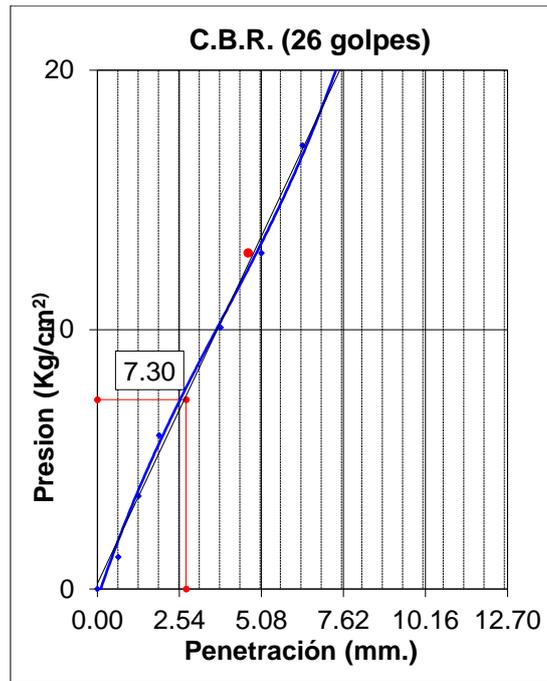


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	19.9
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	34.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.792

### Figura 155

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+11%ceniza volante industrial)*

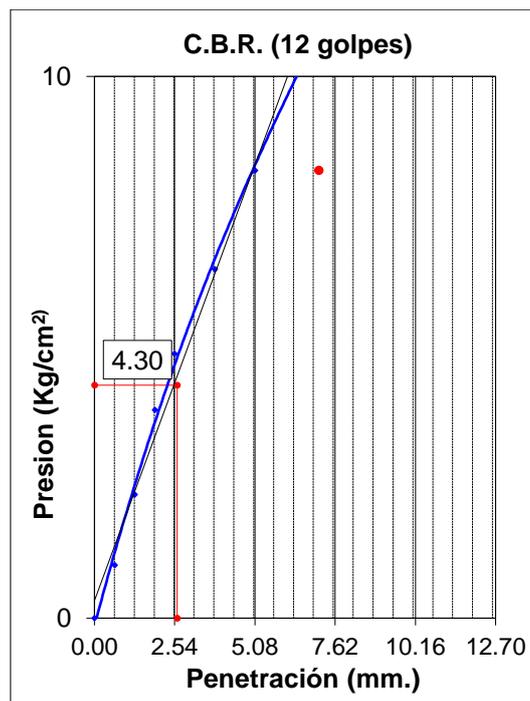


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	10.4
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	12.3
Densidad Seca (gr/cm3) :	1.750

Figura 156

Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+11%ceniza volante industrial)



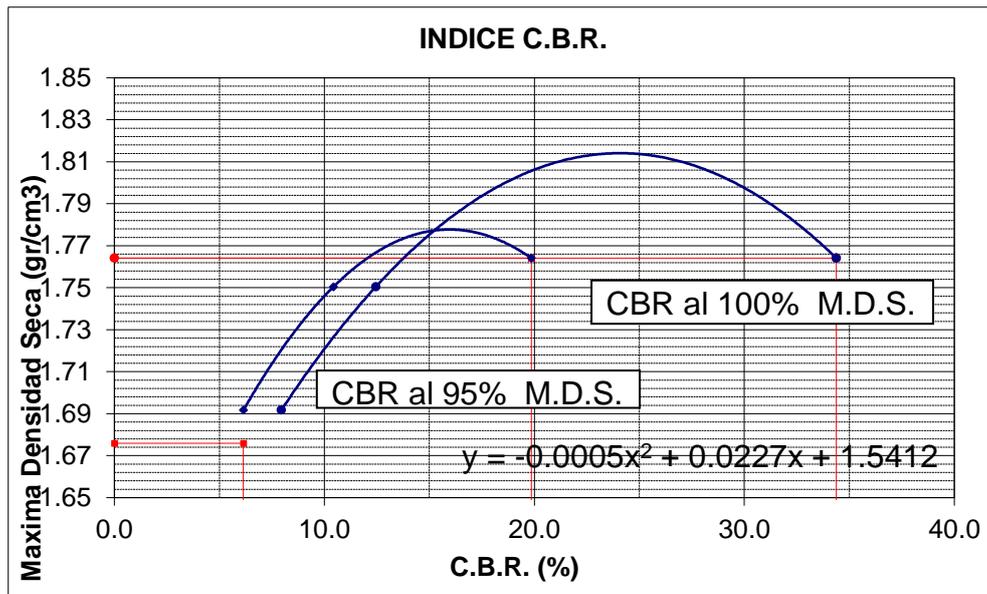


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	6.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	7.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.692

**Figura 157**

*Grafico del ensayo CBR (C-03+11%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	13.5 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	6.1 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	19.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	7.9 %

**Tabla 249**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+11%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.764
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.676
CBR AL 100 % M.D.S	13.5 %
CBR AL 95% M.D.S	6.1 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 250**

*Análisis de datos de compactación (C-03+12%ceniza volante industrial)*



Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11258	11856	11758
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4323	3991	3803
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.964	1.882	1.805

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 251**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-03+12%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	258.70	258.70	258.70
Tara+suelo seco (gr.)	232.60	232.60	232.60
Peso de agua (gr.)	26.10	26.10	26.10
Peso de suelo seco (gr.)	232.60	232.60	232.60
Humedad (%)	11.2	11.2	11.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.766	1.692	1.623

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 252**

*Análisis de datos de expansión (C-03+12%ceniza volante industrial)*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.080	0.085	0.066
12-01-23	0.083	0.090	0.070
13-01-23	0.085	0.094	0.074
14-01-23	0.086	0.096	0.077
% EXP.	1.8	2.0	1.6

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 253**

*Análisis de datos de aplicación de carga (C-03+12%ceniza volante industrial)*

Aplicación de Carga									
Penetración		Presión		Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial
0.025	0.64		21	5.9	9	2.8	5	1.8	
0.050	1.27		39	10.6	20	5.7	14	4.1	

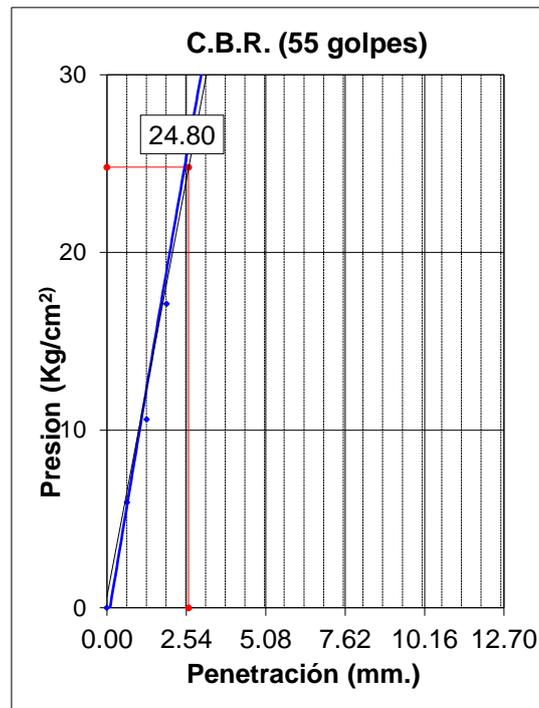


0.075	1.91		64	17.1	35	9.6	22	6.2
0.100	2.54	70.31	99	26.2	44	11.9	24	6.7
0.150	3.81		157	41.2	59	15.8	36	9.8
0.200	5.08	105.46	182	47.6	78	20.7	47	12.7
0.250	6.35		214	55.9	94	24.9	55	14.8
0.300	7.62		256	66.7	122	32.1	65	17.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 158**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-03+12%ceniza volante industrial)*

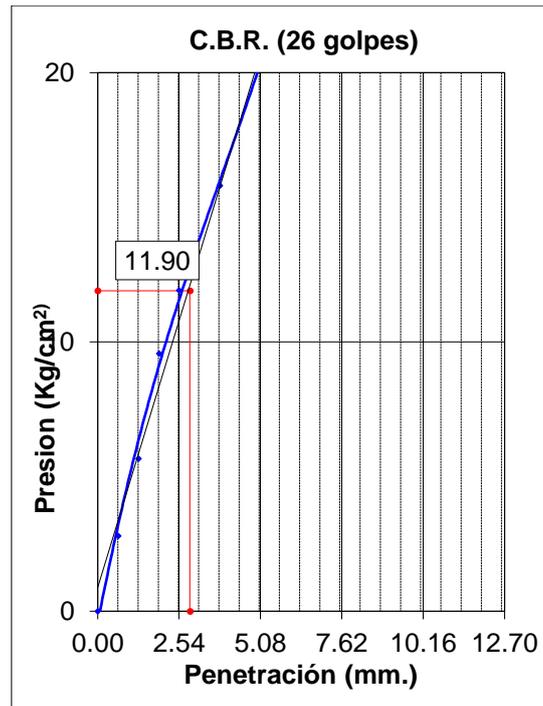


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	35.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	45.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.766

**Figura 159**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-03+12%ceniza volante industrial)*

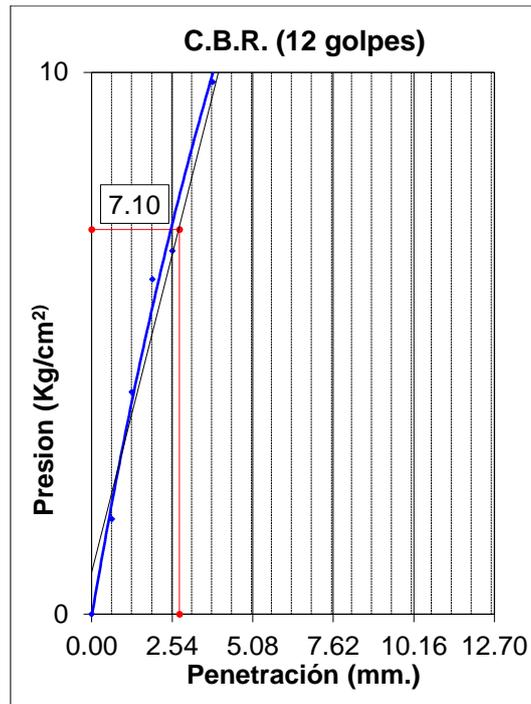


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	17.0
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	19.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.692

**Figura 160**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-03+12%ceniza volante industrial)*

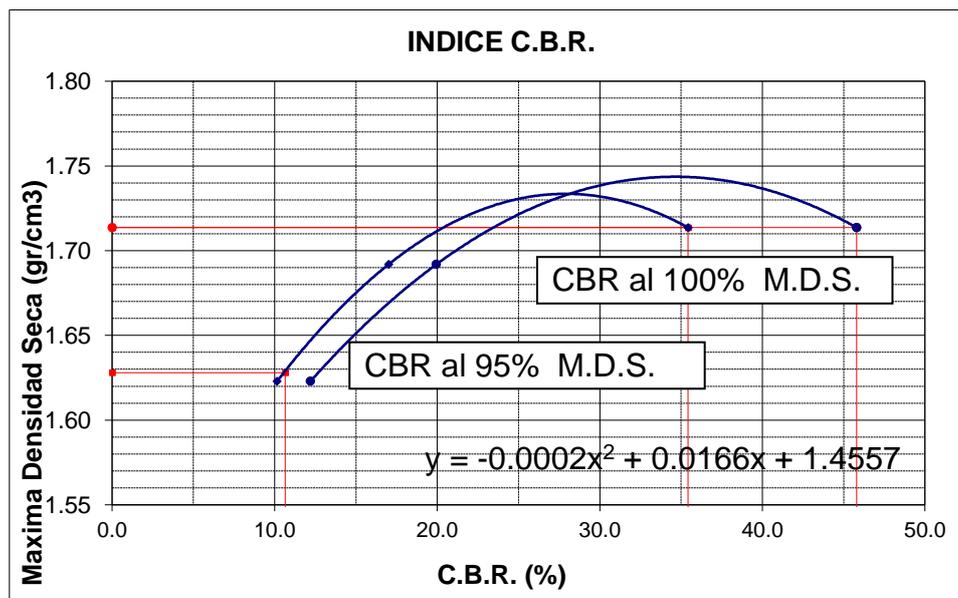


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	10.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	12.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.623

**Figura 161**

*Grafico del ensayo CBR (C-03+12%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	22.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	10.7 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	27.3 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	12.7 %

**Tabla 254**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-03+12%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.714
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.628
CBR AL 100 % M.D.S	22.4 %
CBR AL 95% M..D.S	10.7 %

Fuente. Elaboración propia.

➤ Resumen análisis de datos calicata 03

**Tabla 255**

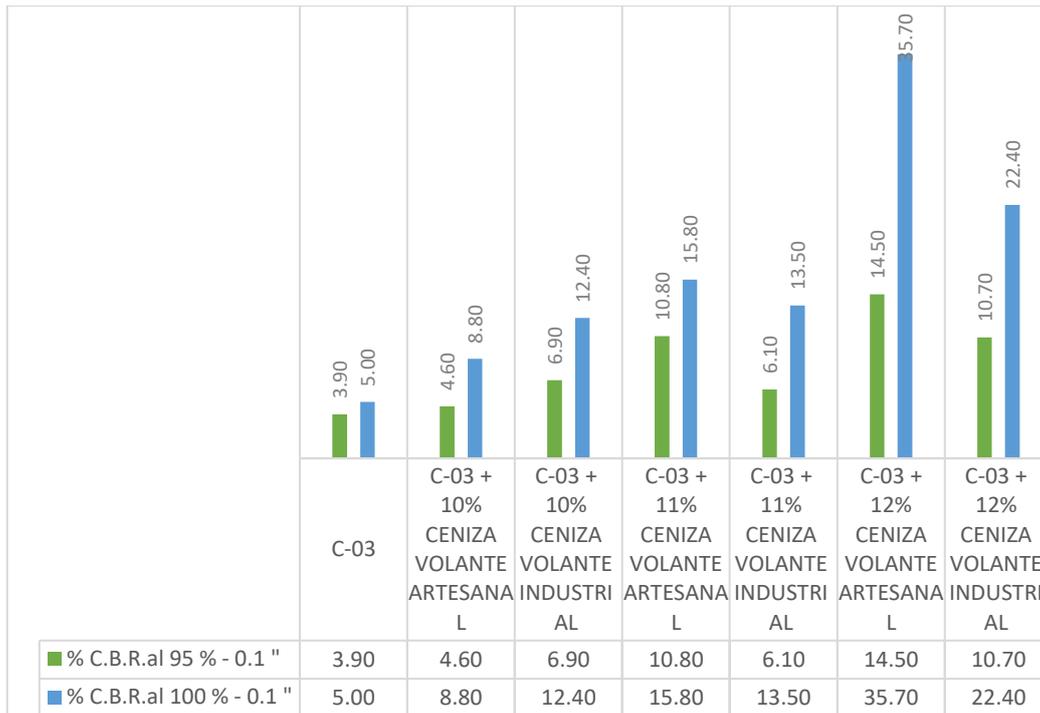
*Resumen análisis de datos del ensayo CBR (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante)*

Muestra	% C.B.R. AL 95 % - 0.1 "	% C.B.R. AL 100 % - 0.1 "
C-03	3.90	5.00
C-03 + 10% ceniza volante artesanal	4.60	8.80
C-03 + 10% ceniza volante industrial	6.90	12.40
C-03 + 11% ceniza volante artesanal	10.80	15.80
C-03 + 11% ceniza volante industrial	6.10	13.50
C-03 + 12% ceniza volante artesanal	14.50	35.70
C-03 + 12% ceniza volante industrial	10.70	22.40

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 162**

*Grafico del ensayo CBR (C-03 Vs. C-03+%ceniza volante)*



➤ Análisis de datos para la calicata 04

**Tabla 256**

*Análisis de datos de compactación C-04*

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12738.00	12637.00	11227.00
Peso molde (gr.)	7955.00	8170.00	6935.00
Peso suelo compactado (gr.)	4783.00	4467.00	4292.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107.00	2097.00	2201.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.270	2.130	1.950

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 257**

*Análisis de datos del contenido de humedad C-04*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	396.80	396.80	396.80
Tara+suelo seco (gr.)	368.90	368.90	368.90
Peso de agua (gr.)	27.90	27.90	27.90
Peso de suelo seco (gr.)	368.90	368.90	368.90
Humedad (%)	7.6	7.6	7.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.110	1.980	1.813



Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 258**

*Análisis de datos de expansión C-04*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
13-10-22	0.000	0.000	0.000
14-10-22	0.145	0.120	0.130
15-10-22	0.149	0.125	0.147
16-10-22	0.156	0.128	0.152
17-10-22	0.165	0.130	0.155
% EXP.	3.2	3.5	3.3

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 259**

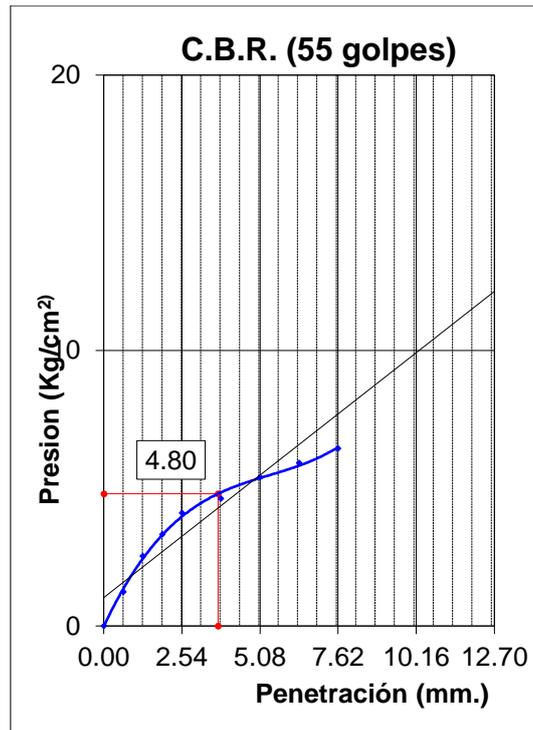
*Análisis de datos de aplicación de carga C-04*

Penetración (Pulg.)	Presión (mm.)	Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6		Molde 22		Molde 10	
			Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		3	1.2	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		8	2.5	6	2.0	4	1.5
0.075	1.91		11	3.3	8	2.5	6	2.0
0.100	2.54	70.31	14	4.1	10	3.1	8	2.5
0.150	3.81		16	4.6	12	3.6	9	2.8
0.200	5.08	105.46	19	5.4	15	4.4	11	3.3
0.250	6.35		21	5.9	17	4.9	12	3.6
0.300	7.62		23	6.4	18	5.1	13	3.8
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 163**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04)*

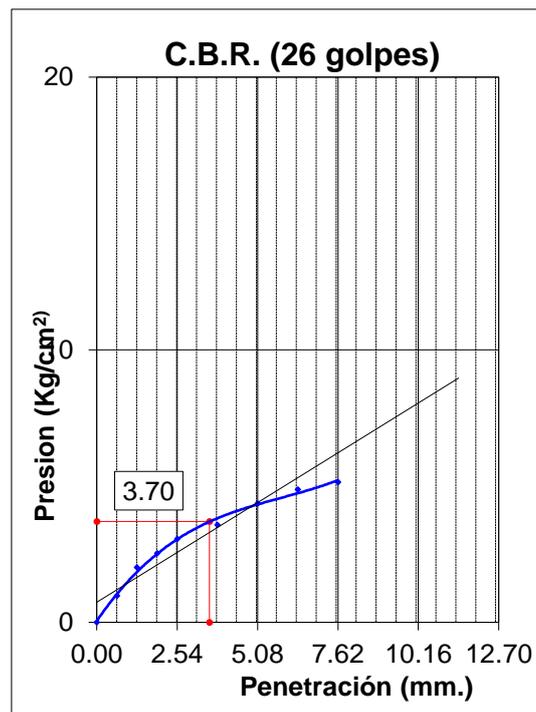


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	6.9
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	5.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.110

**Figura 164**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04)*



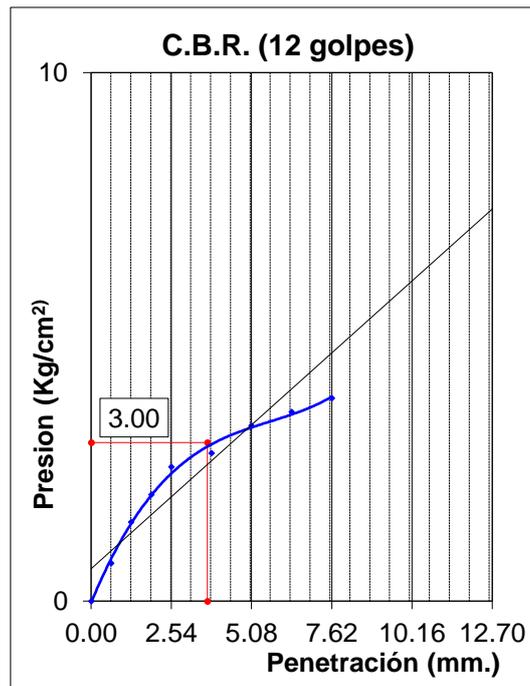


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	5.3
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	4.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.980

**Figura 165**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04)*

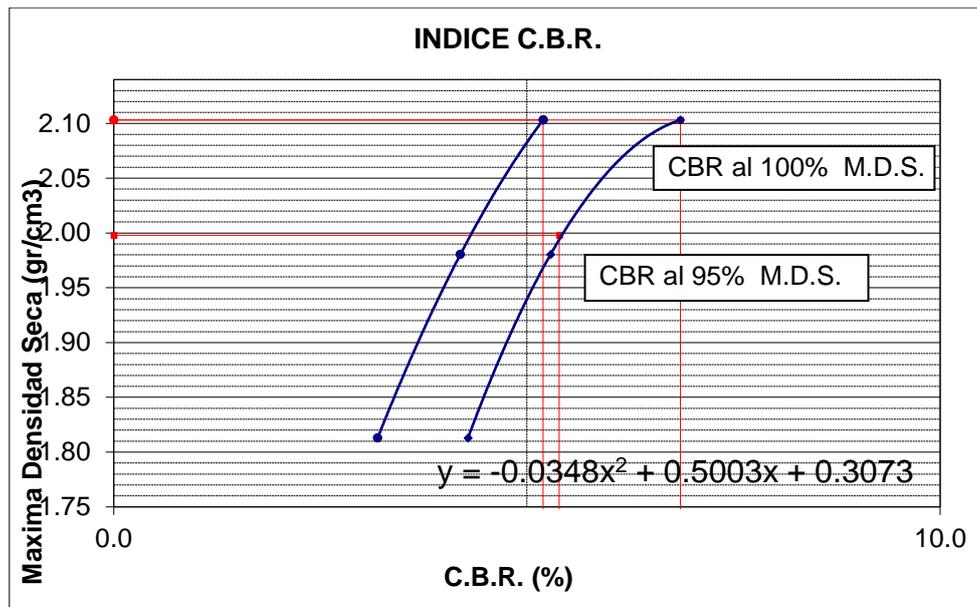


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	4.3
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	3.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.813

**Figura 166**

*Grafico del ensayo CBR (C-04)*



Fuente. Elaboración propia

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1''	6.8 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1''	5.4 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2''	5.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2''	4.3 %

**Tabla 260**

*Análisis de datos del ensayo CBR C-04*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.103
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.998
CBR AL 100 % M.D.S	6.8 %
CBR AL 95% M.D.S	5.4 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 261**

*Análisis de datos de compactación (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12411	12555	11292
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4456	4385	4357
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.115	2.091	1.980

Fuente. Elaboración propia.



**Tabla 262**

*Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	385.10	385.10	385.10
Tara+suelo seco (gr.)	365.44	365.44	365.44
Peso de agua (gr.)	19.66	19.66	19.66
Peso de suelo seco (gr.)	365.44	365.44	365.44
Humedad (%)	5.4	5.4	5.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.007	1.984	1.878

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 263**

*Análisis de datos de expansión (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.120	0.149	0.130
07-01-23	0.126	0.150	0.135
08-01-23	0.130	0.152	0.140
09-01-23	0.132	0.161	0.142
% EXP.	2.8	3.4	3.0

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 264**

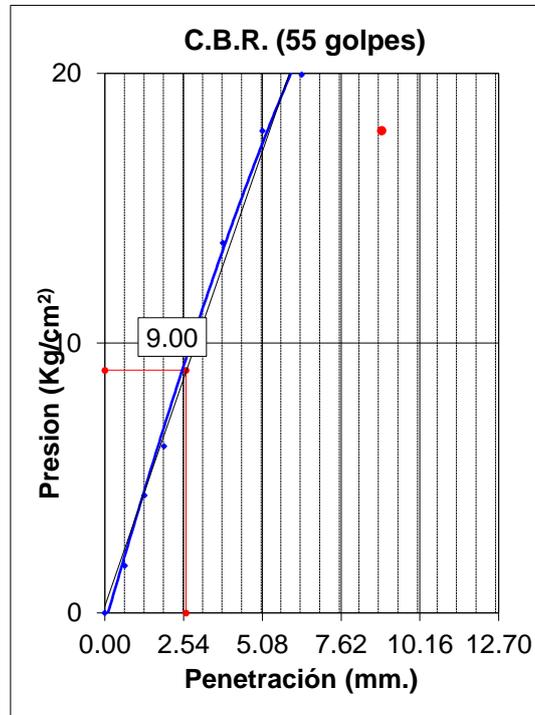
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6		Molde 22		Molde 10	
			Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		15	4.4	9	2.8	5	1.8
0.075	1.91		22	6.2	14	4.1	10	3.1
0.100	2.54	70.31	36	9.8	20	5.7	13	3.8
0.150	3.81		51	13.7	30	8.3	16	4.6
0.200	5.08	105.46	67	17.9	36	9.8	21	5.9
0.250	6.35		75	20.0	40	10.9	25	7.0
0.300	7.62		92	24.4	44	11.9	30	8.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 167**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

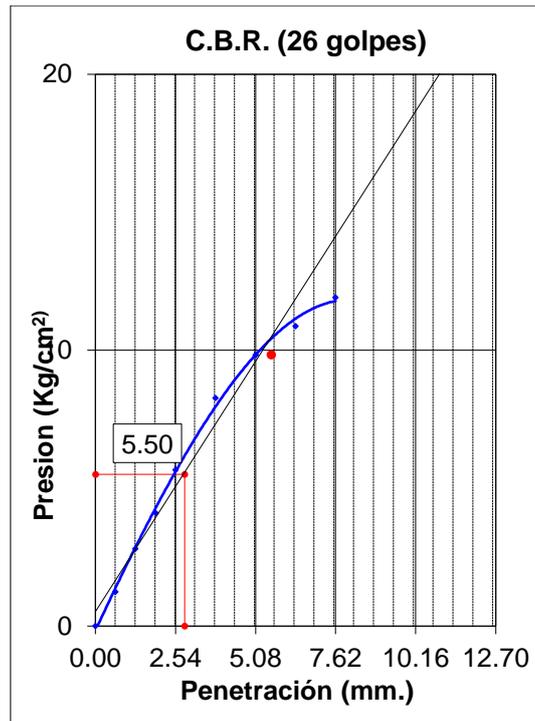


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	12.9
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	17.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	2.007

**Figura 168**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

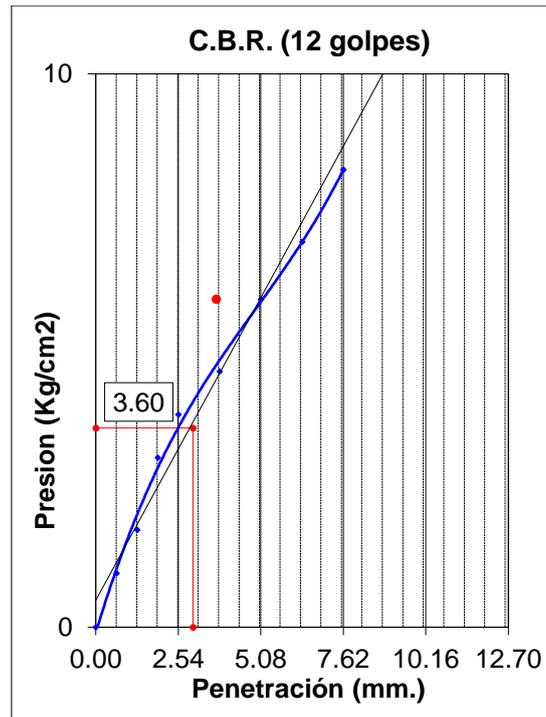


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	7.9
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	9.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.984

### Figura 169

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

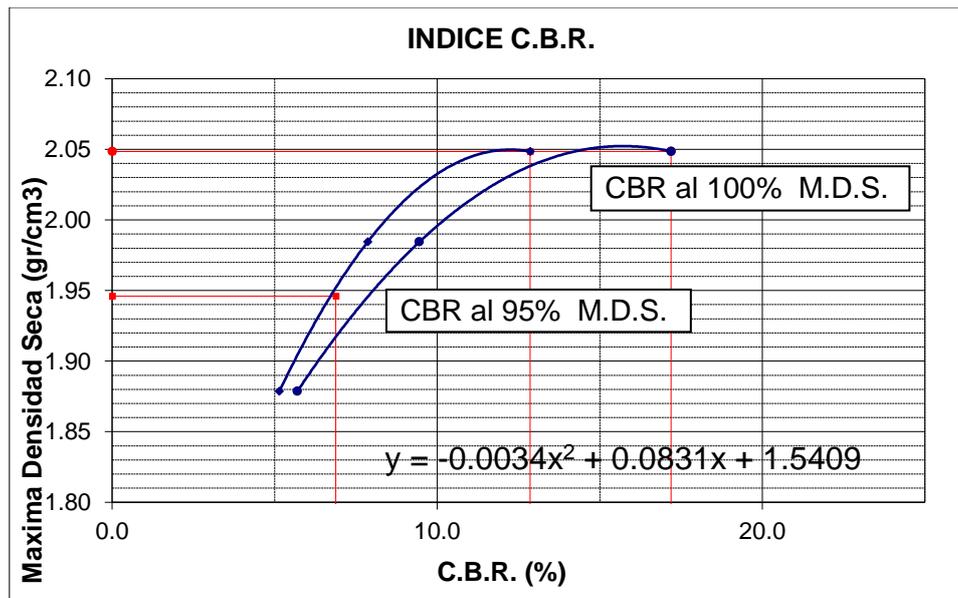


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	5.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	5.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.878

**Figura 170**

*Grafico del ensayo CBR (C-04+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1”	12.9 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1”	6.9 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2”	17.0 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2”	8.0 %

**Tabla 265**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-04+10%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.048
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.946
CBR AL 100 % M.D.S	12.9 %
CBR AL 95% M..D.S	6.9 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 266**

*Análisis de datos de compactación (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	13039	12435	10352
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	5084	4265	3417
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.413	2.034	1.552

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 267**

*Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	396.10	396.10	396.10
Tara+suelo seco (gr.)	371.28	371.28	371.28
Peso de agua (gr.)	24.82	24.82	24.82
Peso de suelo seco (gr.)	371.28	371.28	371.28
Humedad (%)	6.7	6.7	6.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.262	1.906	1.455

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 268**

*Análisis de datos de expansión (C-04+11%ceniza volante artesanal)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.100	0.112	0.115
07-01-23	0.105	0.116	0.120
08-01-23	0.110	0.117	0.125
09-01-23	0.112	0.126	0.130
% EXP.	2.4	2.7	2.8

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 269**

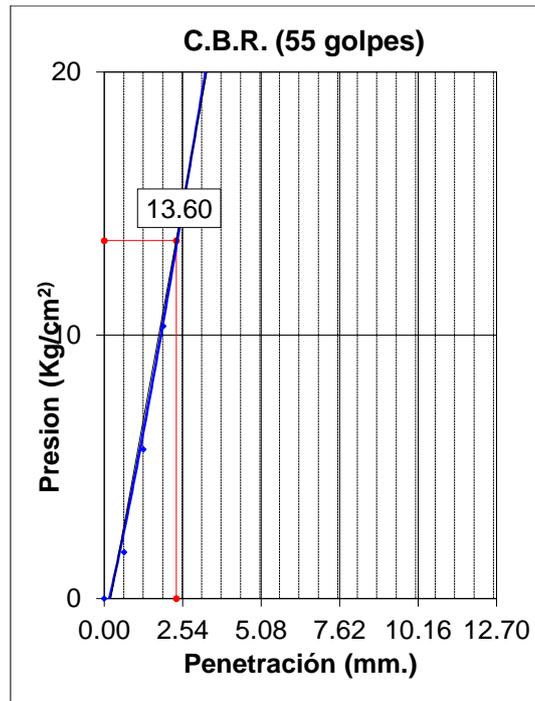
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 22 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		20	5.7	14	4.1	7	2.3
0.075	1.91		38	10.3	22	6.2	14	4.1
0.100	2.54	70.31	57	15.3	33	9.0	21	5.9
0.150	3.81		94	24.9	39	10.6	28	7.7
0.200	5.08	105.46	120	31.6	50	13.5	31	8.5
0.250	6.35		147	38.6	58	15.5	38	10.3
0.300	7.62		170	44.5	63	16.8	39	10.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 171**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

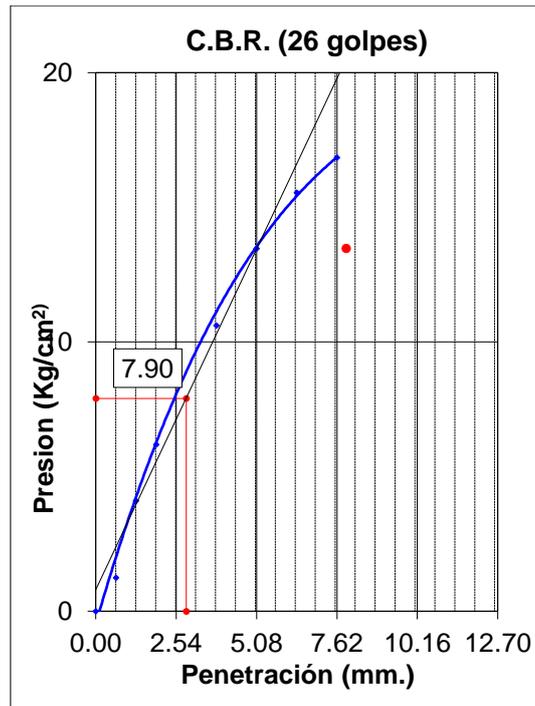


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	19.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	30.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	2.262

### Figura 172

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

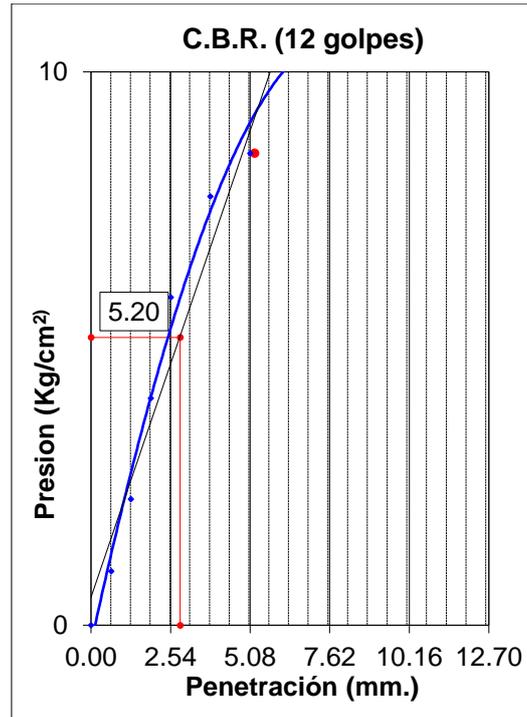


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	11.3
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	12.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.906

### Figura 173

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

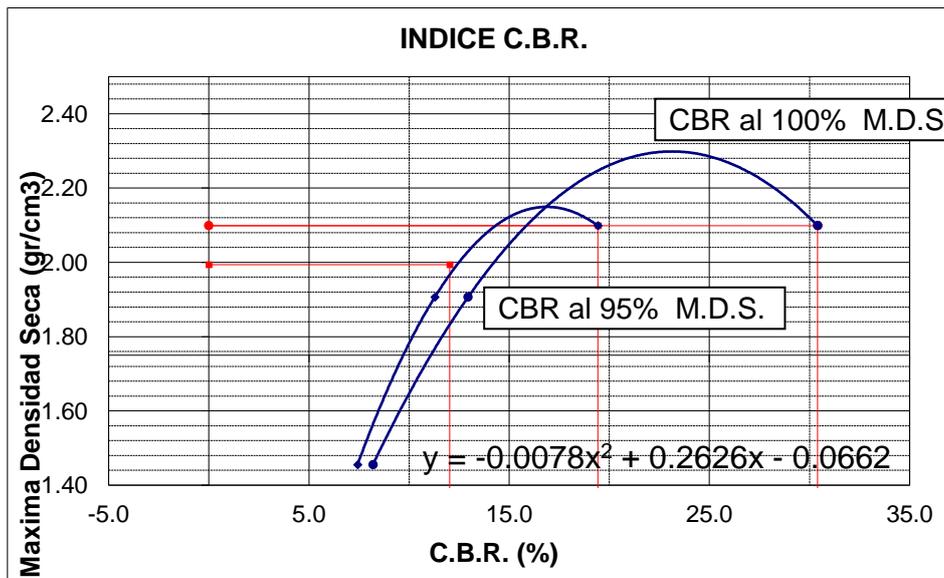


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	7.4
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	8.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.455

**Figura 174**

*Grafico del ensayo CBR (C-04+11%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1”	15.7 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1”	12.0 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2”	22.2 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2”	13.7 %

**Tabla 270**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-04+11%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.099
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.994
CBR AL 100 % M.D.S	15.7 %
CBR AL 95% M..D.S	12.0 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 271**

*Análisis de datos de compactación (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12555	12584	11382
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4600	4414	4447
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.183	2.105	2.020

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 272**

*Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	397.10	397.10	397.10
Tara+suelo seco (gr.)	369.20	369.20	369.20
Peso de agua (gr.)	27.90	27.90	27.90
Peso de suelo seco (gr.)	369.20	369.20	369.20
Humedad (%)	7.6	7.6	7.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.030	1.957	1.878

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 273**

*Análisis de datos de expansión (C-04+12%ceniza volante artesanal)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.100	0.105	0.110
07-01-23	0.105	0.110	0.115
08-01-23	0.110	0.115	0.120
09-01-23	0.112	0.117	0.125
% EXP.	2.4	2.5	2.7

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 274**

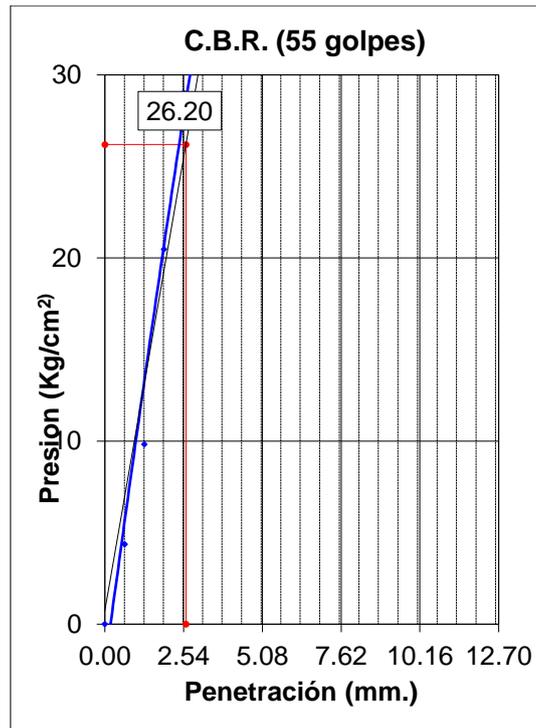
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 22 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		15	4.4	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		36	9.8	23	6.4	17	4.9
0.075	1.91		77	20.5	41	11.1	26	7.2
0.100	2.54	70.31	110	29.0	53	14.2	36	9.8
0.150	3.81		169	44.3	65	17.4	52	14.0
0.200	5.08	105.46	197	51.5	77	20.5	61	16.3
0.250	6.35		218	56.9	93	24.6	69	18.4
0.300	7.62		258	67.2	104	27.5	72	19.2
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 175**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

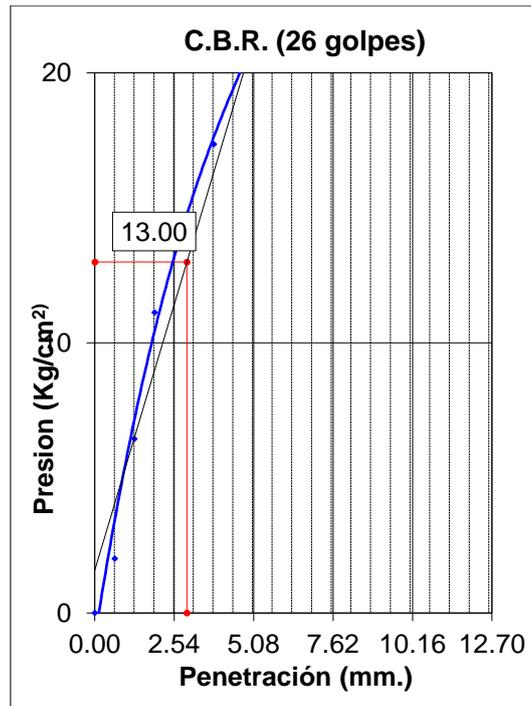


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	37.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	49.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	2.030

**Figura 176**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

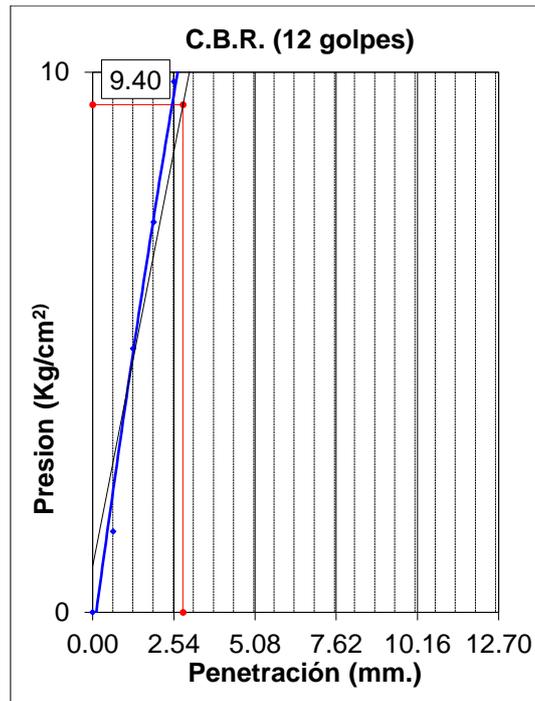


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	18.6
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	19.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.957

**Figura 177**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 Golpes (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

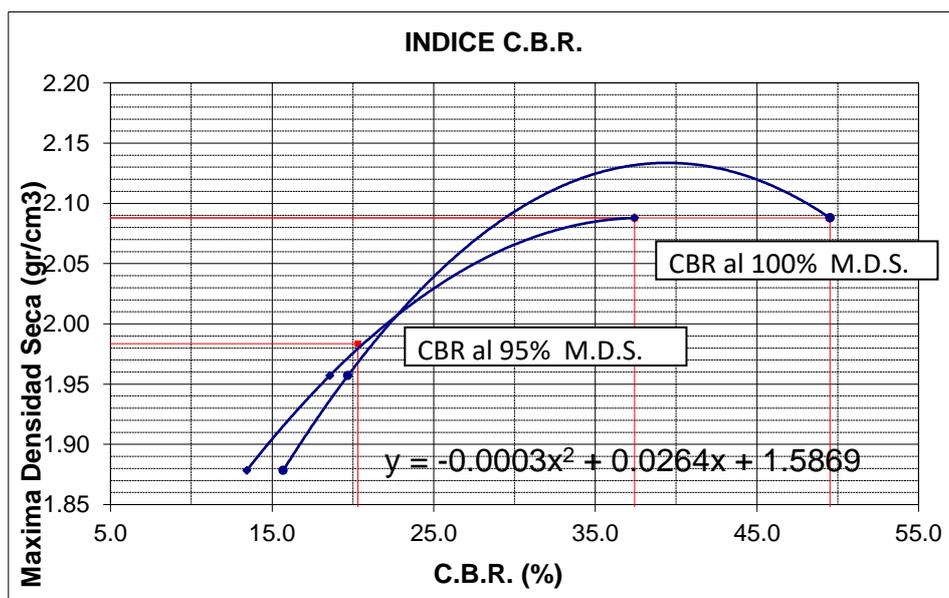


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	13.4
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	15.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.878

**Figura 178**

*Grafico del ensayo CBR (C-04+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1”	37.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1”	20.3 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2”	49.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2”	20.8 %

**Tabla 275**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-04+12%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.088
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.984
CBR AL 100 % M.D.S	37.4 %
CBR AL 95% M..D.S	20.3 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 276**

*Análisis de datos de compactación (C-04+10%ceniza volante industrial)*

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12424	12344	10977
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4469	4174	4042
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.121	1.990	1.836

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 277**

*Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+10%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	271.50	271.50	271.50
Tara+suelo seco (gr.)	260.30	260.30	260.30
Peso de agua (gr.)	11.20	11.20	11.20
Peso de suelo seco (gr.)	260.30	260.30	260.30
Humedad (%)	4.3	4.3	4.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.034	1.908	1.761

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 278**

*Análisis de datos de expansión (C-04+10%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.150	0.144	0.130
12-01-23	0.155	0.149	0.135
13-01-23	0.158	0.153	0.138
14-01-23	0.163	0.154	0.140
% EXP.	3.5	3.3	3.0

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 279**

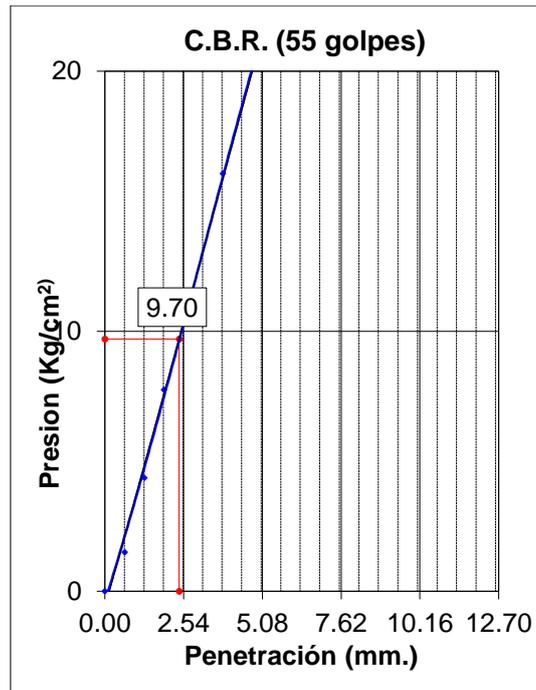
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+10%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 22 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		15	4.4	9	2.8	5	1.8
0.075	1.91		28	7.7	14	4.1	9	2.8
0.100	2.54	70.31	40	10.9	20	5.7	13	3.8
0.150	3.81		60	16.1	26	7.2	17	4.9
0.200	5.08	105.46	78	20.7	33	9.0	23	6.4
0.250	6.35		103	27.2	39	10.6	29	8.0
0.300	7.62		118	31.1	43	11.6	32	8.8
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 179**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+10%ceniza volante industrial)*

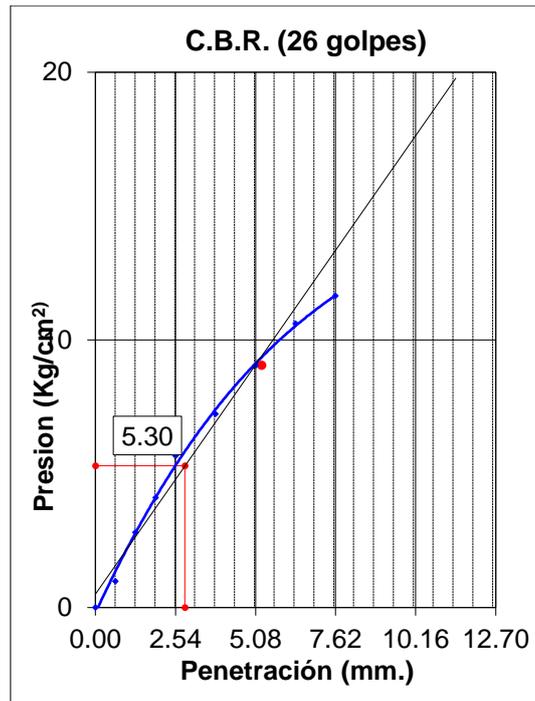


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	13.9
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	19.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	2.034

**Figura 180**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+10%ceniza volante industrial)*

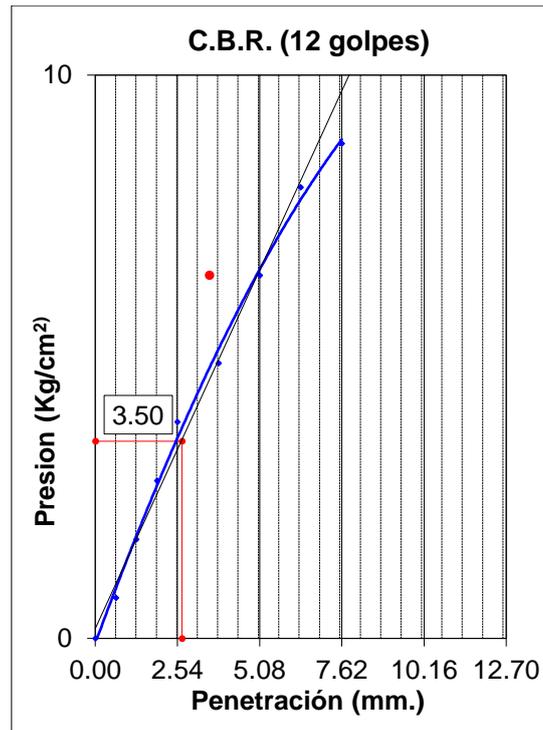


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	7.6
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	8.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.908

**Figura 181**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+10%ceniza volante industrial)*

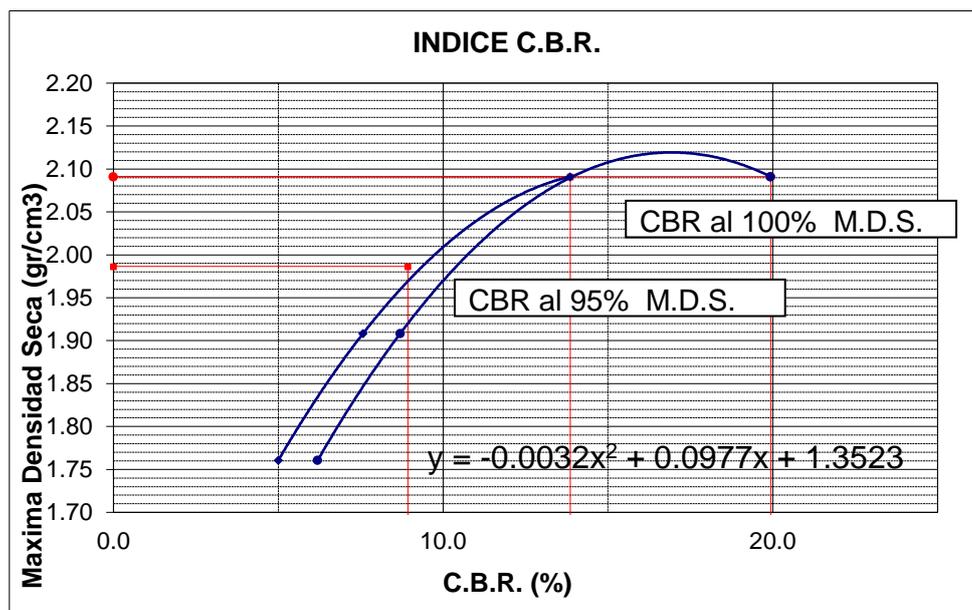


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	5.0
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	6.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.761

**Figura 182**

*Grafico del ensayo CBR (C-04+10%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1”	37.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1”	20.3 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2”	49.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2”	20.8 %

**Tabla 280**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-04+10%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.088
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.984
CBR AL 100 % M.D.S	37.4 %
CBR AL 95% M..D.S	20.3 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 281**

*Análisis de datos de compactación (C-04+11%ceniza volante industrial)*

	Compactación		
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12763	12549	11293
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4808	4379	4358
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.282	2.088	1.980

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 282**

*Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+11%ceniza volante industrial)*

	Humedad (%)		
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	255.30	255.30	255.30
Tara+suelo seco (gr.)	241.30	241.30	241.30
Peso de agua (gr.)	14.00	14.00	14.00
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	241.30	241.30	241.30
Humedad (%)	5.8	5.8	5.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.157	1.974	1.871

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 283**

*Análisis de datos de expansión (C-04+11%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.100	0.110	0.120
12-01-23	0.105	0.114	0.124
13-01-23	0.108	0.117	0.127
14-01-23	0.110	0.119	0.130
% EXP.	2.3	2.5	2.8

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 284**

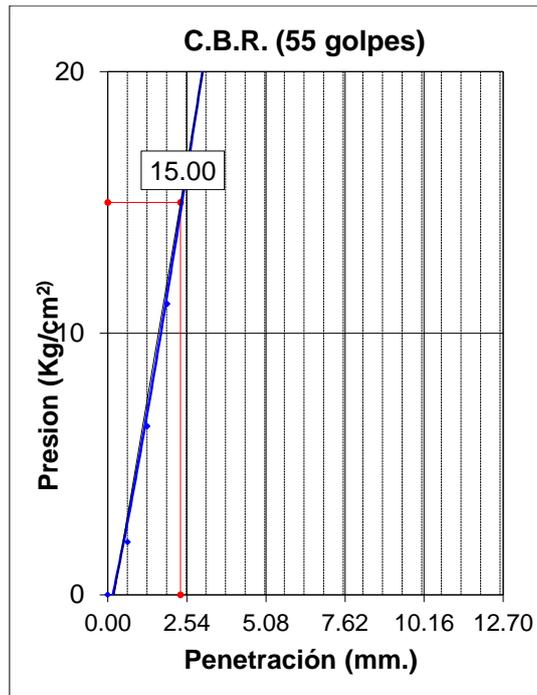
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+11%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 22 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		23	6.4	14	4.1	8	2.5
0.075	1.91		41	11.1	24	6.7	15	4.4
0.100	2.54	70.31	60	16.1	31	8.5	20	5.7
0.150	3.81		104	27.5	39	10.6	25	7.0
0.200	5.08	105.46	136	35.8	51	13.7	33	9.0
0.250	6.35		158	41.4	66	17.6	39	10.6
0.300	7.62		192	50.2	79	21.0	43	11.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 183**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+11%ceniza volante industrial)*

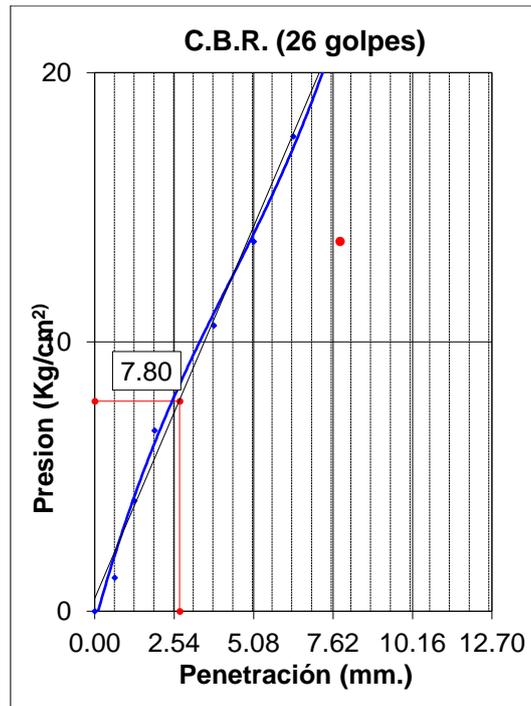


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	21.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	34.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	2.157

### Figura 184

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+11%ceniza volante industrial)*

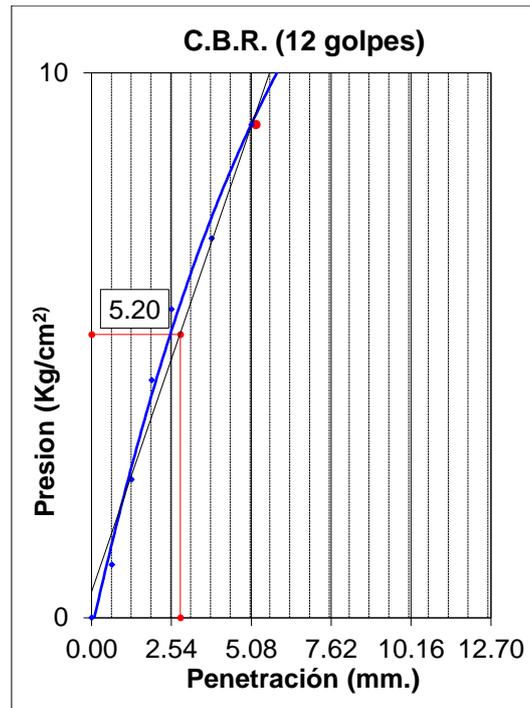


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	11.1
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	13.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.974

### Figura 185

*Grafico curvatura de presión de penetración para 12 golpes (C-04+11%ceniza volante industrial)*

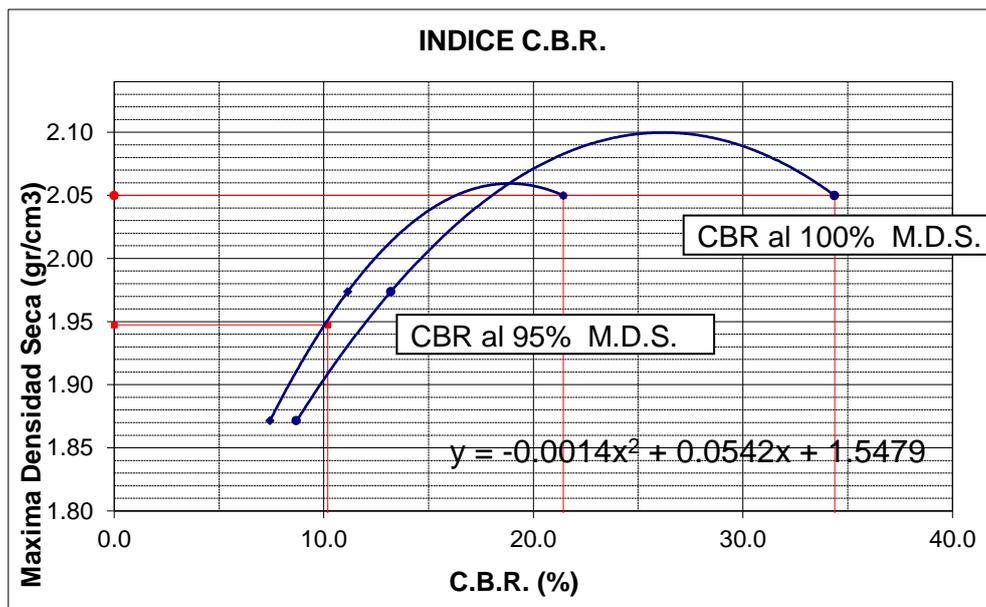


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	7.4
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	8.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.871

**Figura 186**

*Grafico del ensayo CBR (C-04+11%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	15.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	10.2 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	21.8 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	11.9 %

**Tabla 285**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-04+11%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.05
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.947
CBR AL 100 % M.D.S	15.4 %
CBR AL 95% M..D.S	10.2 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 286**

*Análisis de datos de compactación (C-04+12%ceniza volante industrial)*

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12426	12437	11157
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4471	4267	4222
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.122	2.035	1.918

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 287**

*Análisis de datos de contenido de humedad (C-04+12%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	277.50	277.50	277.50
Tara+suelo seco (gr.)	259.90	259.90	259.90
Peso de agua (gr.)	17.60	17.60	17.60
Peso de suelo seco (gr.)	259.90	259.90	259.90
Humedad (%)	6.8	6.8	6.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.987	1.906	1.797

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 288**

*Análisis de datos de expansión (C-04+12%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.100	0.110	0.112
12-01-23	0.105	0.115	0.117
13-01-23	0.107	0.117	0.120
14-01-23	0.109	0.118	0.122
% EXP.	2.3	2.5	2.6

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 289**

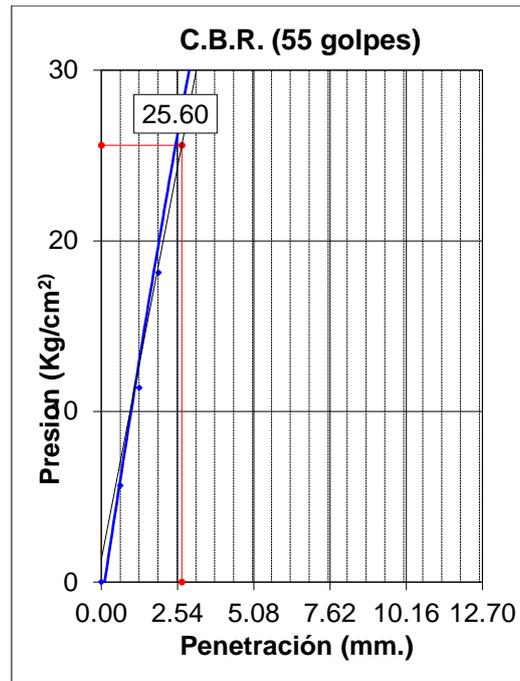
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-04+12%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 22 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		20	5.7	9	2.8	5	1.8
0.050	1.27		42	11.4	22	6.2	15	4.4
0.075	1.91		68	18.1	38	10.3	24	6.7
0.100	2.54	70.31	103	27.2	47	12.7	27	7.5
0.150	3.81		158	41.4	61	16.3	38	10.3
0.200	5.08	105.46	182	47.6	81	21.5	50	13.5
0.250	6.35		209	54.6	96	25.4	57	15.3
0.300	7.62		247	64.4	123	32.4	66	17.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 187**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-04+12%ceniza volante industrial)*

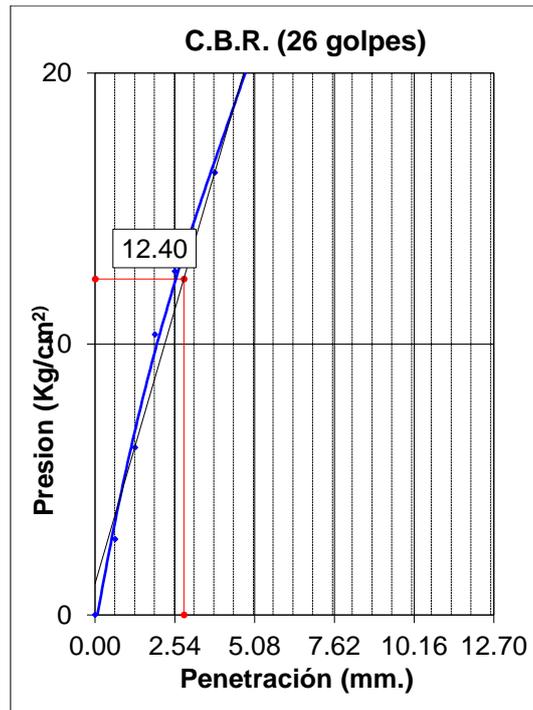


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	36.6
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	45.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.987

**Figura 188**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-04+12%ceniza volante industrial)*

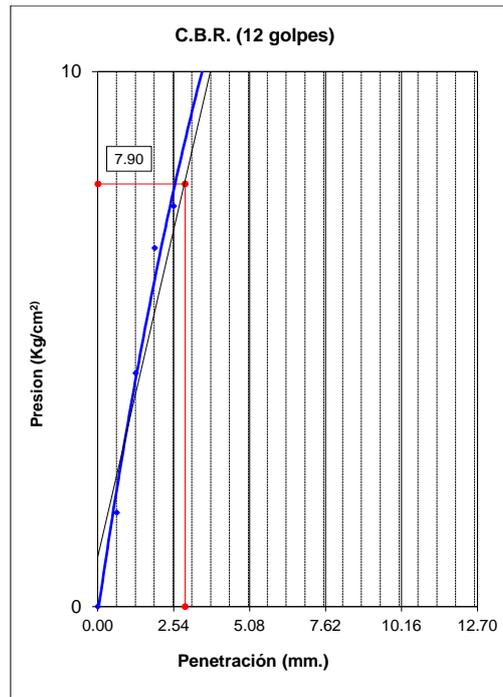


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	17.7
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	20.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.906

**Figura 189**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-04+12%ceniza volante industrial)*

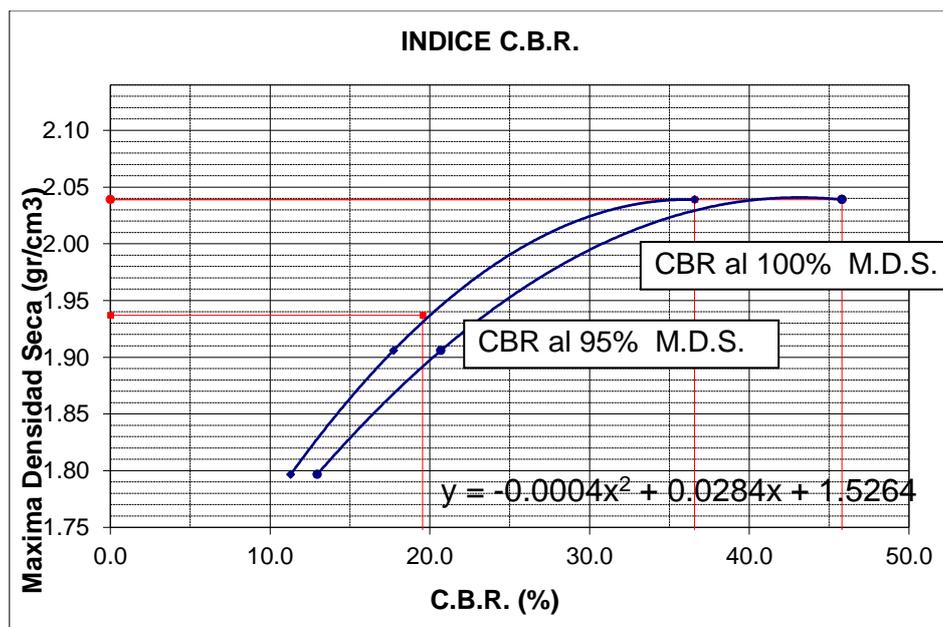


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	11.3
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	12.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.797

**Figura 190**

*Grafico del ensayo CBR (C-04+12%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	36.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	19.6 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	45.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	22.7 %

**Tabla 290**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-04+12%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.039
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.937
CBR AL 100 % M.D.S	36.6 %
CBR AL 95% M.D.S	19.6 %

Fuente. Elaboración propia.

➤ Resumen análisis de datos calicata 04

**Tabla 291**

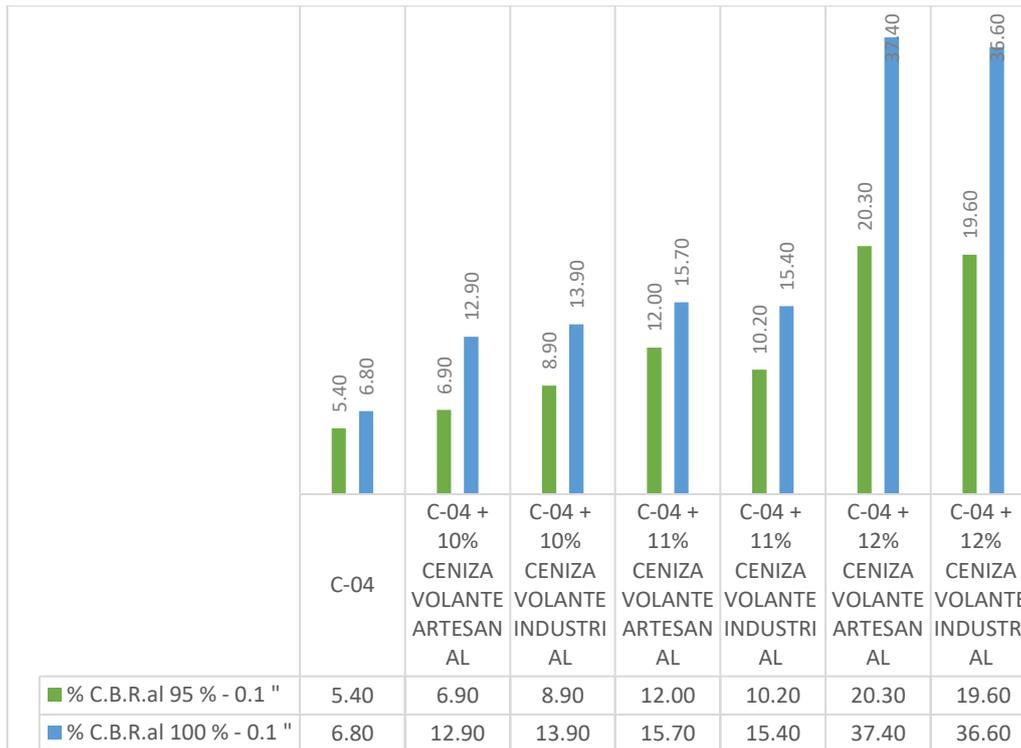
*Resumen análisis de datos del ensayo CBR (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante)*

Muestra	% C.B.R.AL 95 % - 0.1 "	% C.B.R.AL 100 % - 0.1 "
C-04	5.40	6.80
C-04 + 10% ceniza volante artesanal	6.90	12.90
C-04 + 10% ceniza volante industrial	8.90	13.90
C-04 + 11% ceniza volante artesanal	12.00	15.70
C-04 + 11% ceniza volante industrial	10.20	15.40
C-04 + 12% ceniza volante artesanal	20.30	37.40
C-04 + 12% ceniza volante industrial	19.60	36.60

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 191**

*Grafico del ensayo CBR (C-04 Vs. C-04+%ceniza volante)*



Fuente. Elaboración propia.

➤ Análisis de datos para la calicata 15

**Tabla 292**

*Análisis de datos de compactación C-15*

	Compactación		
	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12420.00	12346.00	11150.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4236.00	4166.00	4077.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad humedad (gr/cm <sup>3</sup> )	2.013	1.974	1.877

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 293**

*Análisis de datos del contenido de humedad C-15*

	Humedad (%)		
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.50	398.50	398.50
Tara+suelo seco (gr.)	361.28	361.28	361.28
Peso de agua (gr.)	37.22	37.22	37.22
Peso de suelo seco (gr.)	361.28	361.28	361.28



Humedad (%)	10.3	10.3	10.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.825	1.790	1.702

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 294**

*Análisis de datos de expansión C-15*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.000	0.000	0.000
21-10-22	0.000	0.000	0.000
22-10-22	0.000	0.000	0.000
23-10-22	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 295**

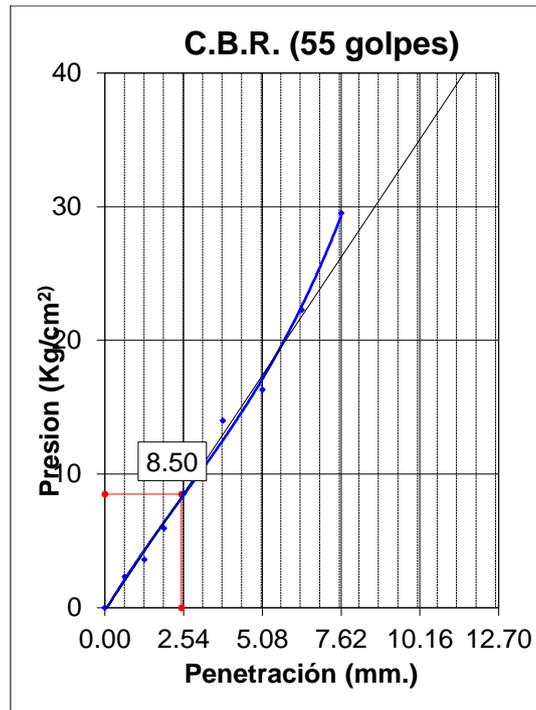
*Análisis de datos de aplicación de carga C-15*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
			Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		7	2.3	5	1.8	3	1.3
0.050	1.27		12	3.6	9	2.8	5	1.8
0.075	1.91		21	5.9	15	4.4	10	3.1
0.100	2.54	70.31	31	8.5	25	7.0	12	3.6
0.150	3.81		52	14.0	33	9.1	18	5.2
0.200	5.08	105.46	61	16.3	41	11.1	25	7.0
0.250	6.35		84	22.3	52	14.0	32	8.8
0.300	7.62		112	29.5	71	18.9	38	10.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 192**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15)*

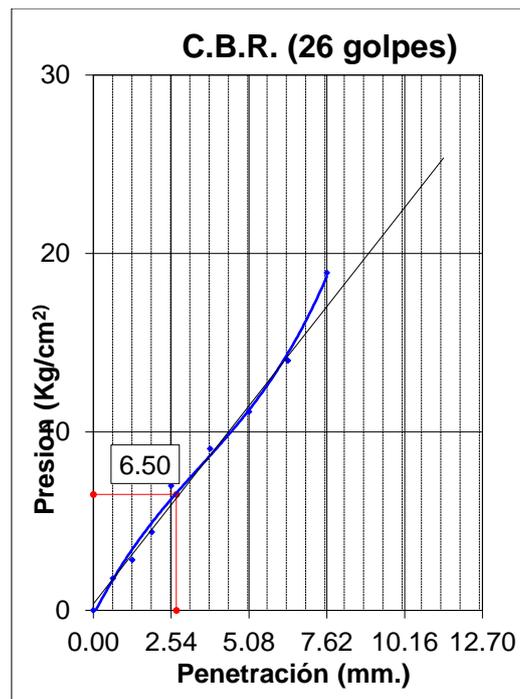


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	12.1
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	15.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.825

**Figura 193**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15)*

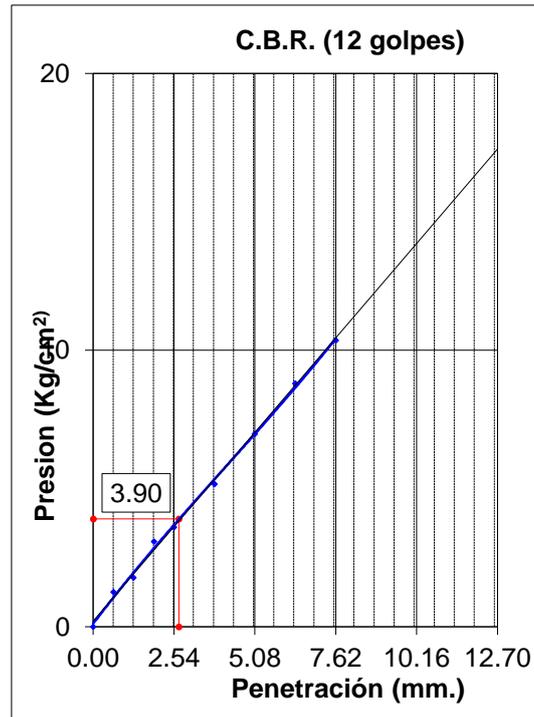


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	9.3
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	10.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.790

**Figura 194**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15)*

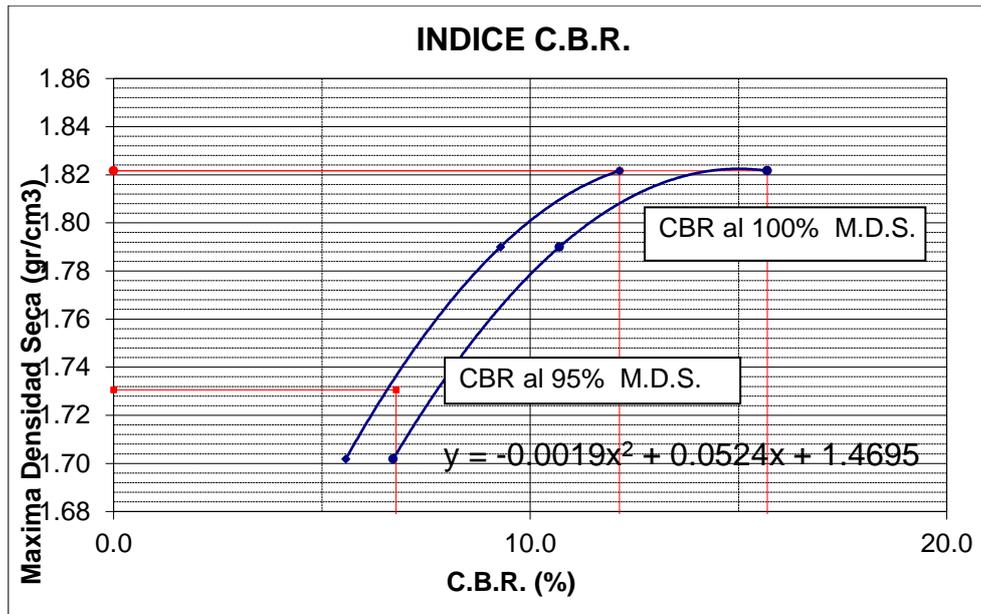


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	5.6
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	6.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.702

**Figura 195**

*Grafico del ensayo CBR (C-15)*



Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	11.9 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	6.8 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	15.0 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	7.9 %

**Tabla 296**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-15)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.822
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.731
CBR AL 100 % M.D.S	11.9 %
CBR AL 95% M..D.S	6.8 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 297**

*Análisis de datos de compactación (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

	Compactación		
	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12123.00	12024.00	10615.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	3939.00	3844.00	3542.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.872	1.822	1.631



Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 298**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	386.80	386.80	386.80
Tara+suelo seco (gr.)	357.82	357.82	357.82
Peso de agua (gr.)	28.98	28.98	28.98
Peso de suelo seco (gr.)	357.82	357.82	357.82
Humedad (%)	8.1	8.1	8.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.732	1.685	1.509

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 299**

*Análisis de datos de expansión (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.000	0.000	0.000
07-01-23	0.000	0.000	0.000
08-01-23	0.000	0.000	0.000
09-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 300**

*Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

Aplicación de Carga								
Penetración (Pulg.)	Penetración (mm.)	Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
			Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		9	2.8	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		19	5.4	12	3.6	6	2.0
0.075	1.91		32	8.8	21	5.9	14	4.1
0.100	2.54	70.31	53	14.2	35	9.6	17	4.9
0.150	3.81		87	23.1	51	13.7	25	7.0
0.200	5.08	105.46	109	28.8	62	16.6	35	9.6
0.250	6.35		138	36.2	75	19.9	45	12.2
0.300	7.62		181	47.3	97	25.6	55	14.8
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							




---

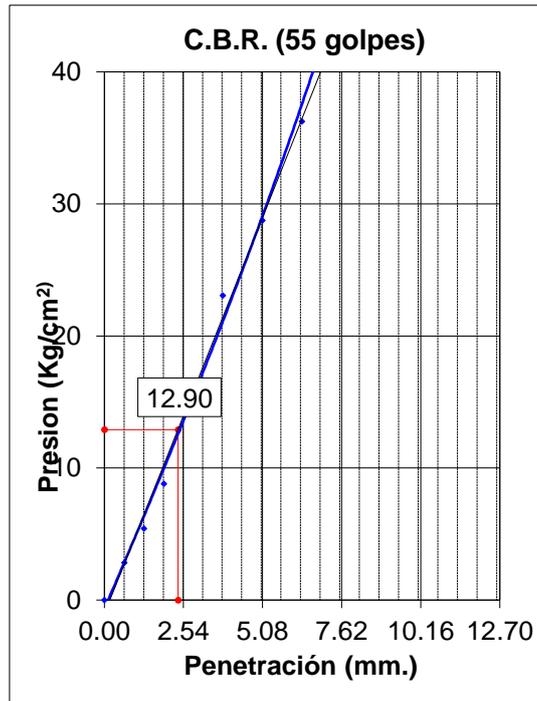
0.500	12.70
-------	-------

---

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 196**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.

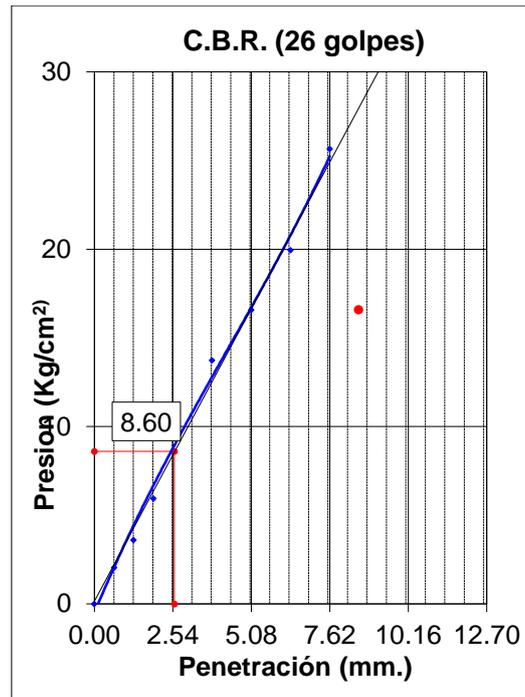
---

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	18.4
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	27.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.732

---

**Figura 197**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

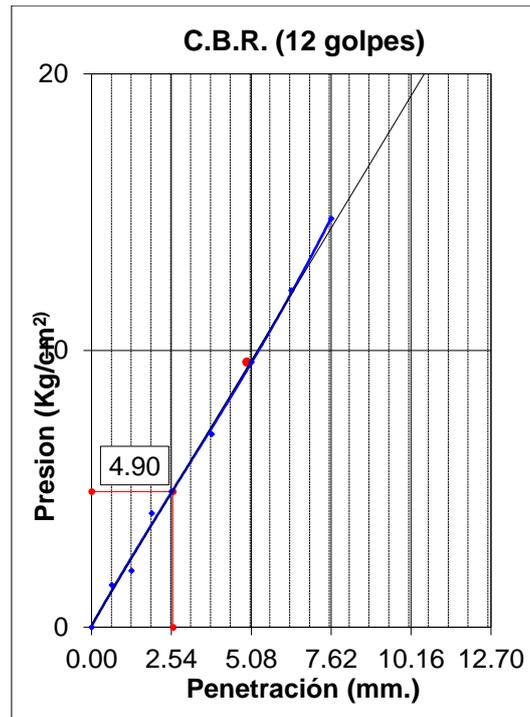


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	12.3
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	15.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.685

### Figura 198

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

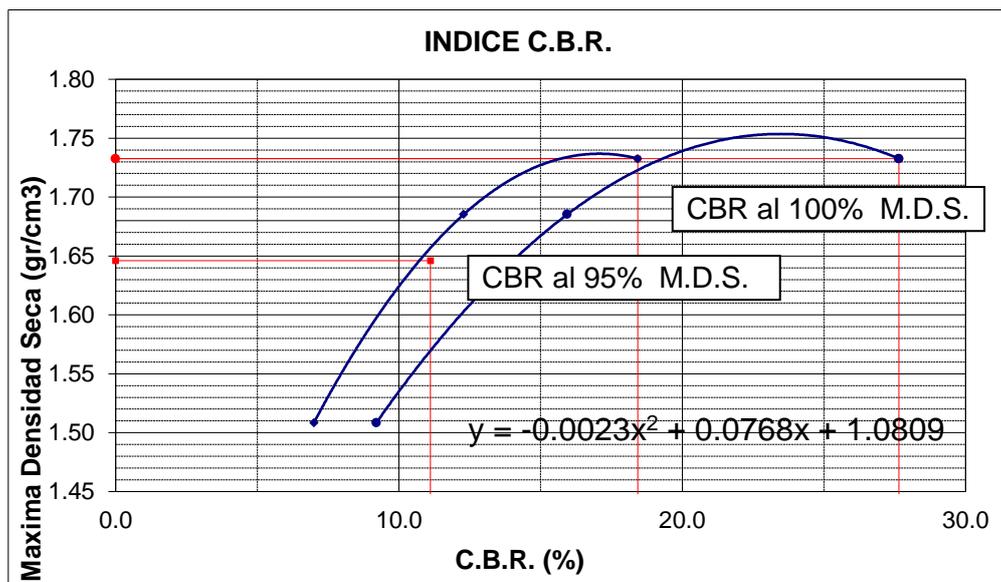


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	7.0
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	9.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.509

**Figura 199**

*Gráfico del ensayo CBR (C-15+10%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1”	18.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1”	11.1 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2”	27.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2”	14.3 %

**Tabla 301**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-15+10%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.733
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.646
CBR AL 100 % M.D.S	18.4 %
CBR AL 95% M..D.S	11.1 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 302**

*Análisis de datos de compactación (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

	Compactación		
	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12721.00	12144.00	10275.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4537.00	3964.00	3202.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.156	1.879	1.474

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 303**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)		
Tara+suelo húmedo (gr.)	397.80	397.80	397.80
Tara+suelo seco (gr.)	363.66	363.66	363.66
Peso de agua (gr.)	34.14	34.14	34.14
Peso de suelo seco (gr.)	363.66	363.66	363.66
Humedad (%)	9.4	9.4	9.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.971	1.717	1.348

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 304**

*Análisis de datos de expansión (C-15+11%ceniza volante artesanal)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.000	0.000	0.000
07-01-23	0.000	0.000	0.000
08-01-23	0.000	0.000	0.000
09-01-23	0.000	0.000	0.000
<b>% EXP.</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 305**

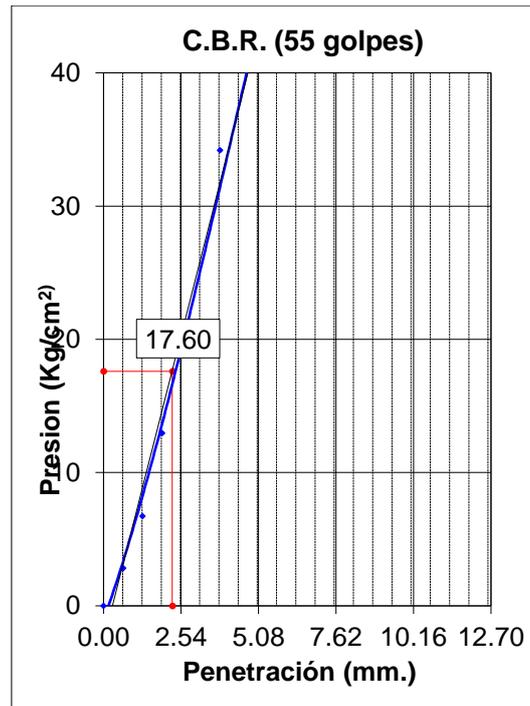
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		9	2.8	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		24	6.7	17	4.9	8	2.6
0.075	1.91		48	12.9	29	8.0	18	5.2
0.100	2.54	70.31	74	19.7	48	12.9	25	7.0
0.150	3.81		130	34.2	60	16.1	37	10.1
0.200	5.08	105.5	162	42.4	76	20.2	45	12.2
0.250	6.35		210	54.8	93	24.6	58	15.5
0.300	7.62		259	67.4	116	30.6	64	17.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 200**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

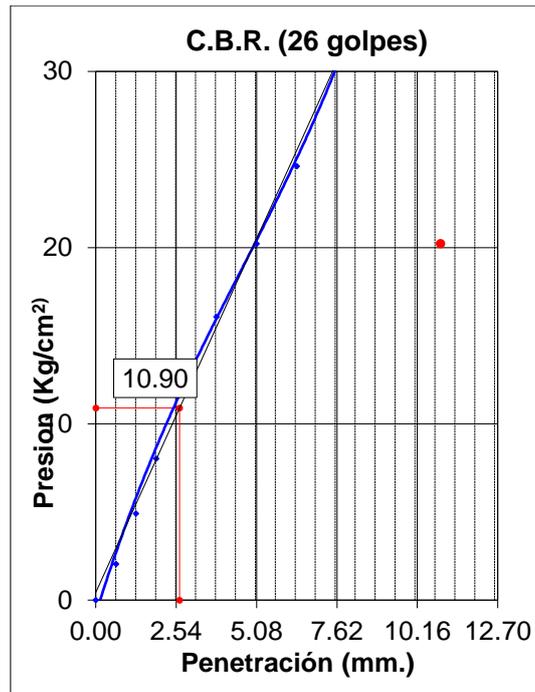


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	25.1
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	40.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.971

### Figura 201

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

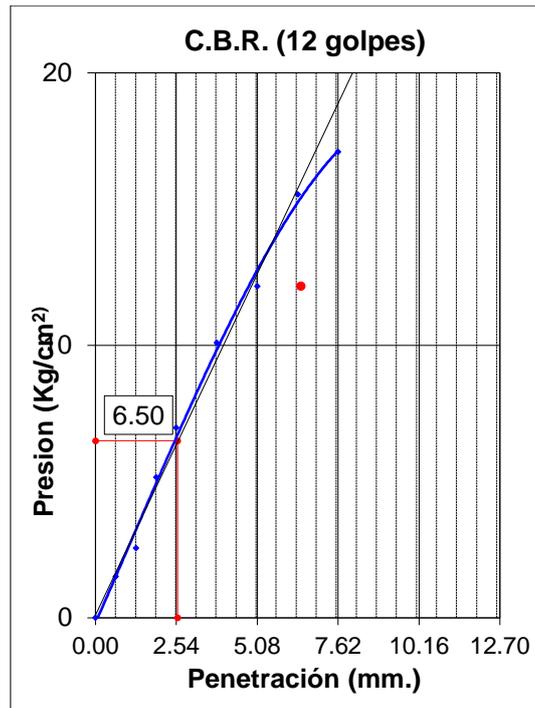


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	15.6
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	19.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.717

### Figura 202

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

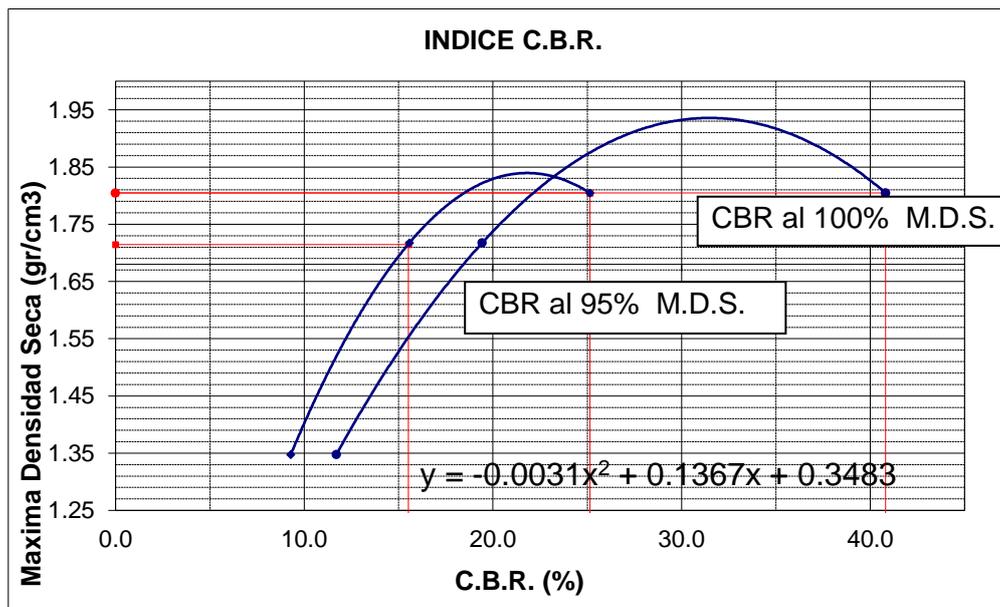


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	9.3
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	11.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.348

**Figura 203**

*Gráfico del ensayo CBR (C-15+11% ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1”	18.9 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1”	15.5 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2”	26.5 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2”	19.2 %

**Tabla 306**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-15+11%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.805
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.715
CBR AL 100 % M.D.S	18.9 %
CBR AL 95% M..D.S	15.5 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 307**

*Análisis de datos de compactación (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

	Compactación		
	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12237.00	12093.00	10705.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4053.00	3913.00	3632.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.926	1.855	1.672

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 308**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

	Humedad (%)		
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.80	398.80	398.80
Tara+suelo seco (gr.)	361.58	361.58	361.58
Peso de agua (gr.)	37.22	37.22	37.22
Peso de suelo seco (gr.)	361.58	361.58	361.58
Humedad (%)	10.3	10.3	10.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.747	1.681	1.516

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 309**

*Análisis de datos de expansión (C-15+12%ceniza volante artesanal)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.000	0.000	0.000
07-01-23	0.000	0.000	0.000
08-01-23	0.000	0.000	0.000
09-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 310**

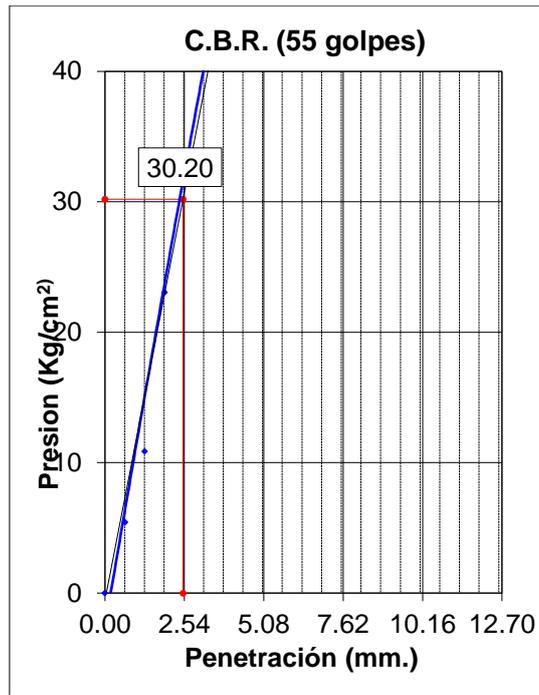
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		19	5.4	9	2.8	6	2.0
0.050	1.27		40	10.9	26	7.2	18	5.2
0.075	1.91		87	23.1	48	12.9	30	8.3
0.100	2.54	70.31	127	33.4	68	18.1	40	10.9
0.150	3.81		205	53.5	86	22.8	61	16.3
0.200	5.08	105.46	239	62.3	103	27.2	75	19.9
0.250	6.35		281	73.1	128	33.7	89	23.6
0.300	7.62		347	90.0	157	41.2	97	25.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 204**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

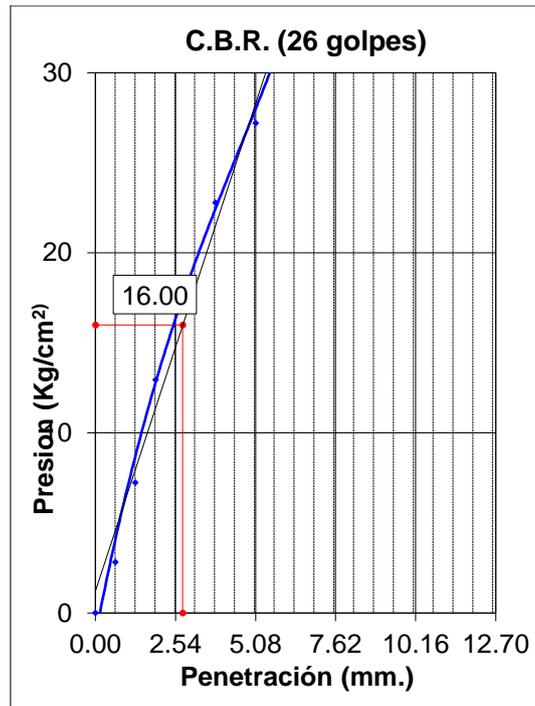


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	43.1
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	59.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.747

**Figura 205**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

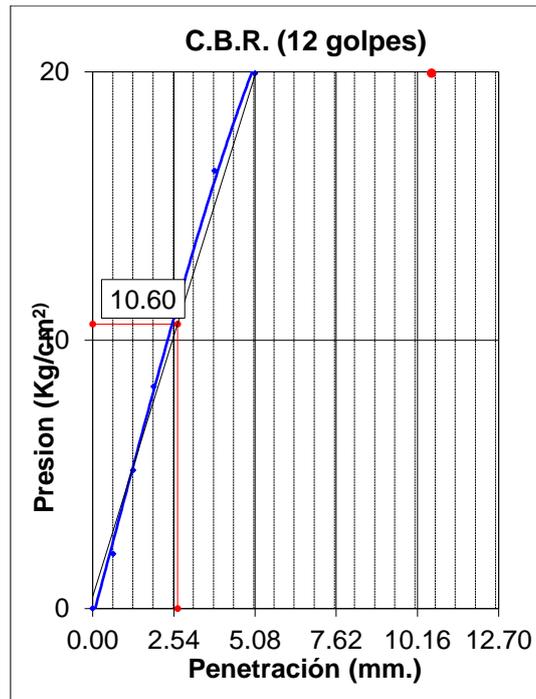


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	22.9
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	25.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.681

### Figura 206

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

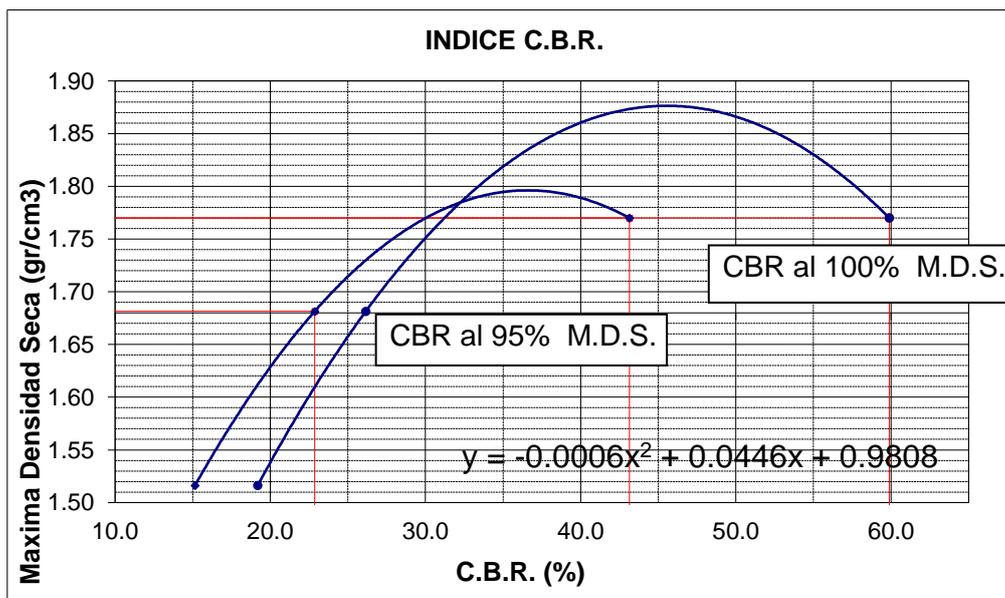


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	15.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	19.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.516

**Figura 207**

*Grafico del ensayo CBR (C-15+12%ceniza volante artesanal)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1”	43.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1”	22.9 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2”	59.3 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2”	25.9 %

**Tabla 311**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-15+12%ceniza volante artesanal)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.77
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.681
CBR AL 100 % M.D.S	43.1 %
CBR AL 95% M..D.S	22.9 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 312**

*Análisis de datos de compactación (C-15+10%ceniza volante industrial)*

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12106.00	12053.00	10900.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	3922.00	3873.00	3827.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.864	1.836	1.762

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 313**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+10%ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	273.20	273.20	273.20
Tara+suelo seco (gr.)	252.68	252.68	252.68
Peso de agua (gr.)	20.52	20.52	20.52
Peso de suelo seco (gr.)	252.68	252.68	252.68
Humedad (%)	8.1	8.1	8.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.724	1.698	1.630

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 314**

*Análisis de datos de expansión (C-15+10%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.000	0.000	0.000
12-01-23	0.000	0.000	0.000
13-01-23	0.000	0.000	0.000
14-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 315**

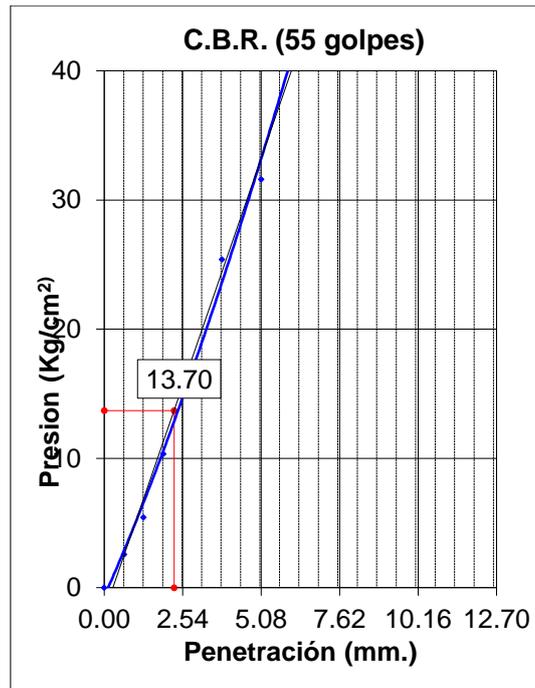
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+10%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		8	2.6	5	1.8	3	1.3
0.050	1.27		19	5.4	12	3.6	6	2.0
0.075	1.91		38	10.4	21	5.9	13	3.9
0.100	2.54	70.31	57	15.3	35	9.6	17	4.9
0.150	3.81		96	25.4	47	12.7	26	7.2
0.200	5.08	105.46	120	31.6	59	15.8	37	10.1
0.250	6.35		166	43.5	74	19.7	49	13.2
0.300	7.62		207	54.0	96	25.4	57	15.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 208**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+10%ceniza volante industrial)*

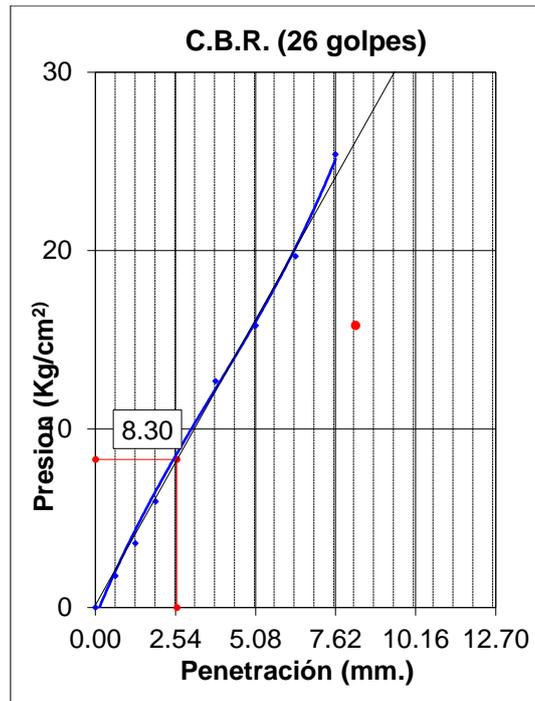


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	19.6
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	30.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.724

### Figura 209

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+10%ceniza volante industrial)*

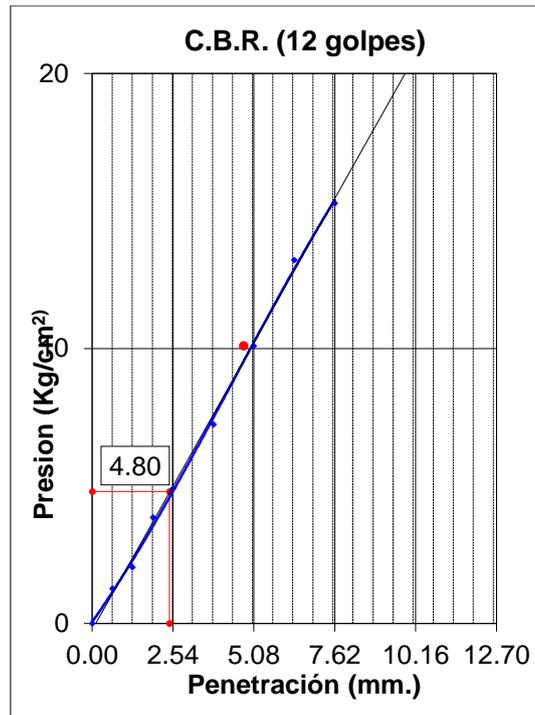


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	11.9
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	15.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.698

**Figura 210**

*grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+10%ceniza volante industrial)*

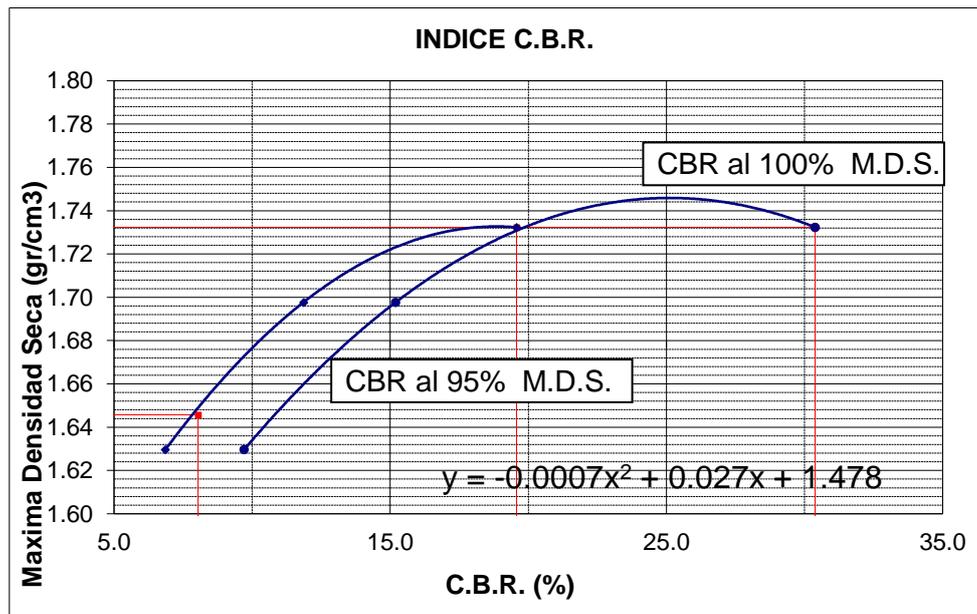


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	6.9
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	9.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.630

**Figura 211**

*Grafico del ensayo CBR (C-15+10%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	19.6 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	8.0 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	30.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	10.9 %

**Tabla 316**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-15+10%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.732
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.646
CBR AL 100 % M.D.S	19.6 %
CBR AL 95% M..D.S	8.0 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 317**

*Análisis de datos de compactación (C-15+11%ceniza volante industrial)*

	Compactación		
	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12297.00	12208.00	11016.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4113.00	4028.00	3943.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.955	1.909	1.815

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 318**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15+11%ceniza volante industrial)*

	Humedad (%)		
Tara+suelo húmedo (gr.)	257.00	257.00	257.00
Tara+suelo seco (gr.)	233.68	233.68	233.68
Peso de agua (gr.)	23.32	23.32	23.32
Peso de suelo seco (gr.)	233.68	233.68	233.68
Humedad (%)	10.0	10.0	10.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.777	1.736	1.651

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 319**

*Análisis de datos de expansión (C-15+11%ceniza volante industrial)*



Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.000	0.000	0.000
12-01-23	0.000	0.000	0.000
13-01-23	0.000	0.000	0.000
14-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 320**

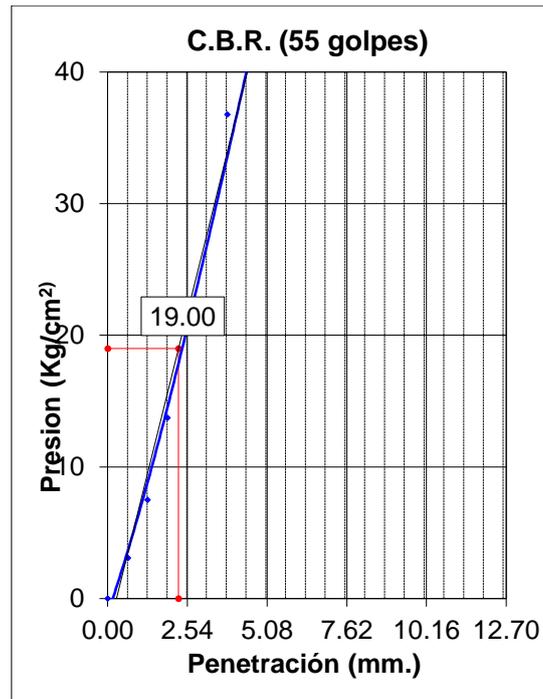
*Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+11%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		10	3.1	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		27	7.5	17	4.9	9	2.8
0.075	1.91		51	13.7	31	8.5	19	5.4
0.100	2.54	70.31	77	20.5	46	12.4	24	6.7
0.150	3.81		140	36.8	60	16.1	34	9.3
0.200	5.08	105.46	178	46.6	77	20.5	47	12.7
0.250	6.35		221	57.6	101	26.7	59	15.8
0.300	7.62		281	73.1	132	34.7	68	18.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 212**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+11%ceniza volante industrial)*

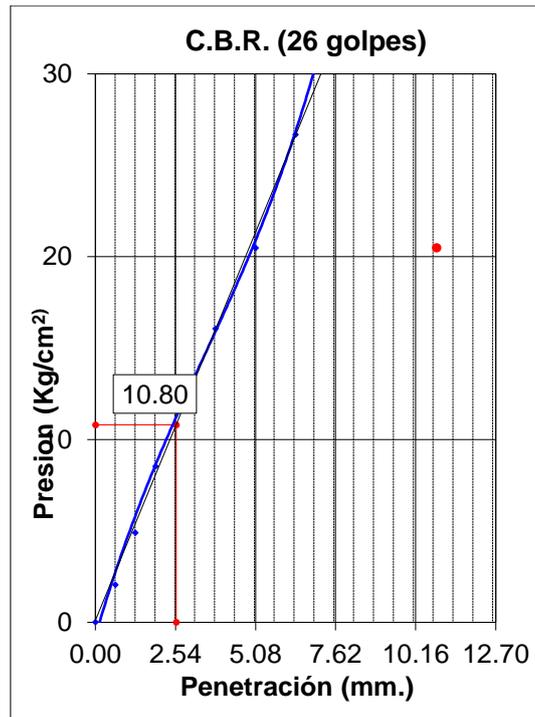


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	27.1
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	44.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.777

**Figura 213**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+11%ceniza volante industrial)*

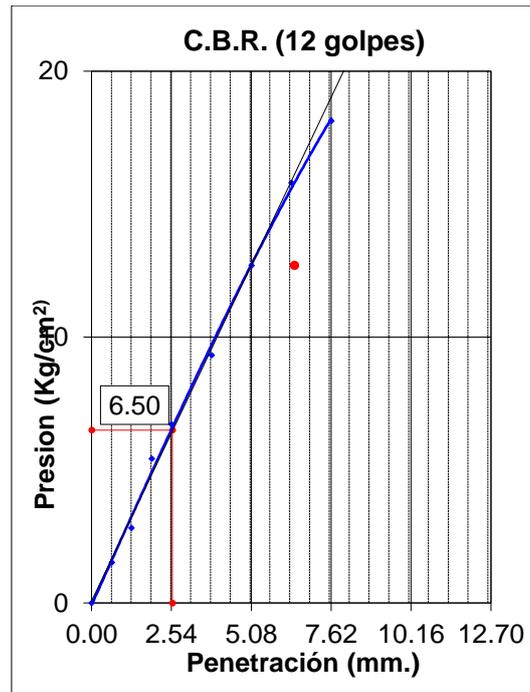


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	15.4
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	19.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.736

### Figura 214

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+11%ceniza volante industrial)*

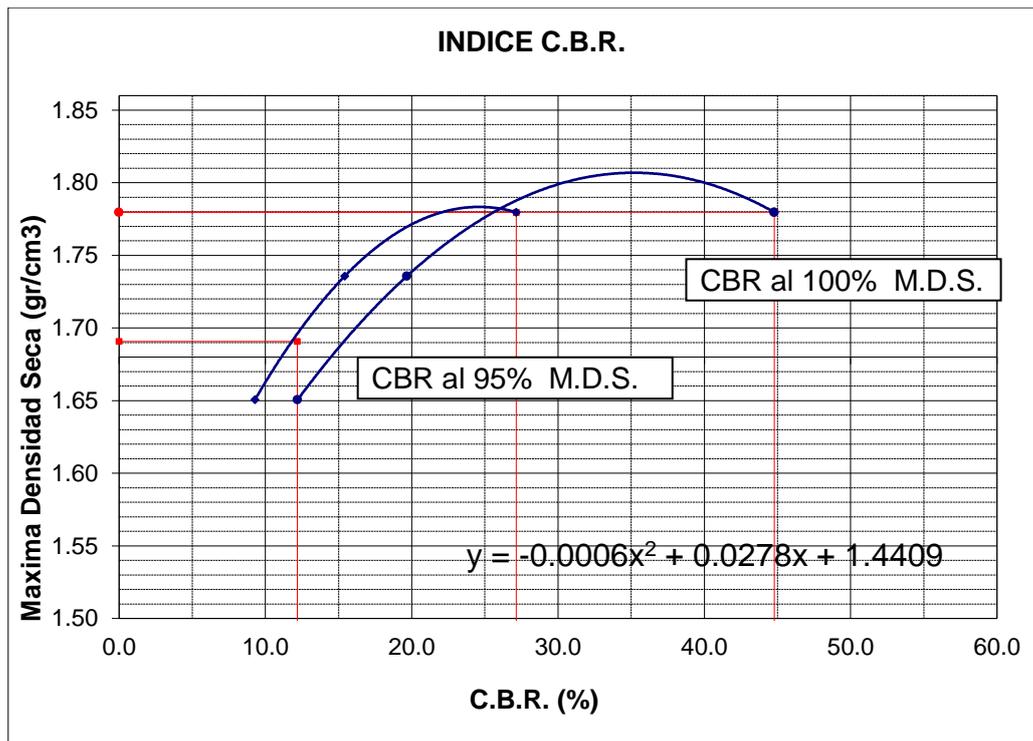


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	9.3
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	12.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.651

**Figura 215**

*Grafico del ensayo CBR (C-15+11%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	27.1 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	12.2 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	44.4 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	15.6 %

**Tabla 321**

*Análisis de datos del ensayo CBR (C-15+11%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.78
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.691
CBR AL 100 % M.D.S	27.1 %
CBR AL 95% M.D.S	12.2 %

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 322**

*Análisis de datos de compactación (C-15+12%ceniza volante industrial)*

	Compactación		
	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12258.00	12146.00	10780.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00



Peso suelo compactado (gr.)	4074.00	3966.00	3707.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.936	1.880	1.707

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 323**

*Análisis de datos del contenido de humedad (C-15 + 12% ceniza volante industrial)*

Humedad (%)			
Tara+suelo húmedo (gr.)	279.20	279.20	279.20
Tara+suelo seco (gr.)	252.28	252.28	252.28
Peso de agua (gr.)	26.92	26.92	26.92
Peso de suelo seco (gr.)	252.28	252.28	252.28
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.750	1.698	1.542

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 324**

*Análisis de datos de expansión (C-15+12%ceniza volante industrial)*

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.000	0.000	0.000
12-01-23	0.000	0.000	0.000
13-01-23	0.000	0.000	0.000
14-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 325**

*Análisis de datos de aplicación de carga (C-15+12%ceniza volante industrial)*

Penetración (Pulg.) (mm.)		Aplicación de Carga						
		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 6 Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		24	6.7	12	3.6	7	2.3
0.050	1.27		46	12.4	25	7.0	16	4.6
0.075	1.91		78	20.7	45	12.2	28	7.8
0.100	2.54	70.31	120	31.6	62	16.6	31	8.5
0.150	3.81		194	50.7	82	21.8	47	12.7
0.200	5.08	105.46	224	58.4	107	28.2	64	17.1
0.250	6.35		272	70.8	131	34.4	77	20.5
0.300	7.62		336	87.2	176	46.1	91	24.1

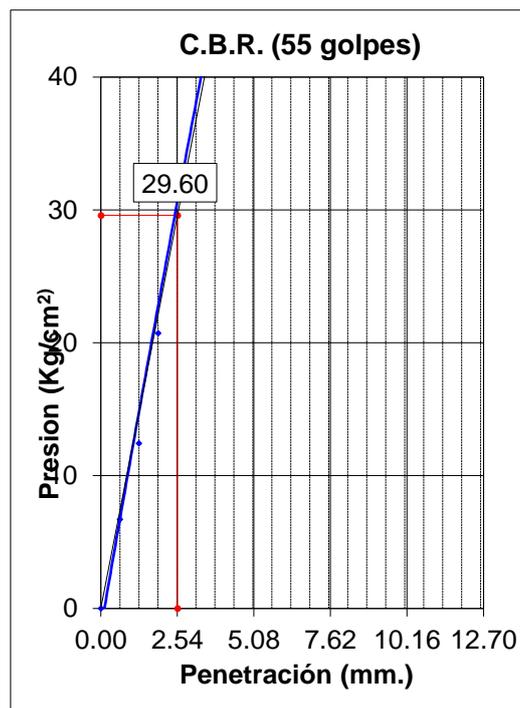


0.350	8.89
0.400	10.16
0.450	11.43
0.500	12.70

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 216**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 55 golpes (C-15+12%ceniza volante industrial)*

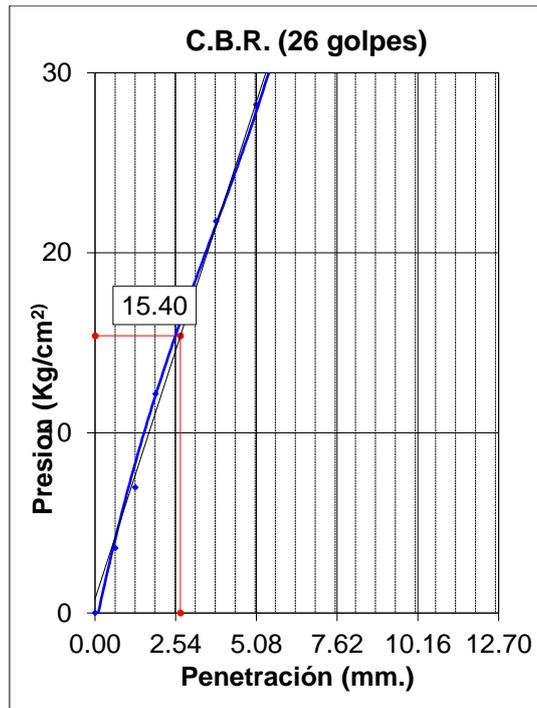


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-55 Golpes	42.3
C.B.R. (0.2")-55 Golpes	55.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.750

**Figura 217**

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 26 golpes (C-15+12%ceniza volante industrial)*

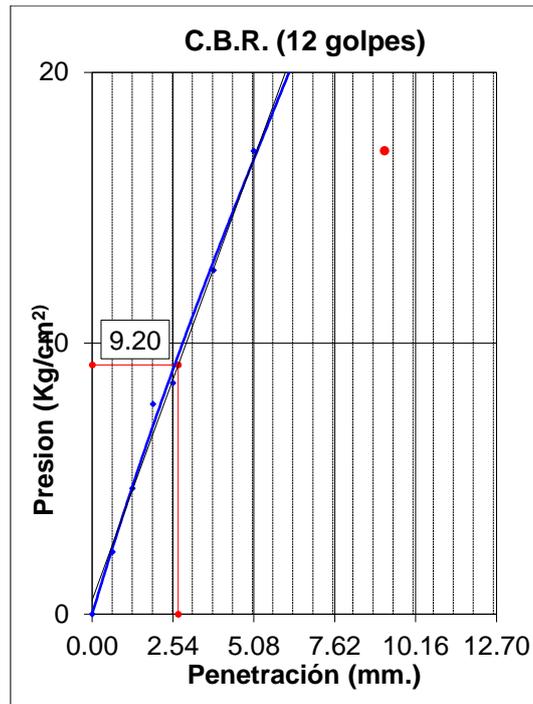


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-26 Golpes	22.0
C.B.R. (0.2")-26 Golpes	26.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.698

### Figura 218

*Grafico curvatura de presion de penetracion para 12 golpes (C-15+12%ceniza volante industrial)*

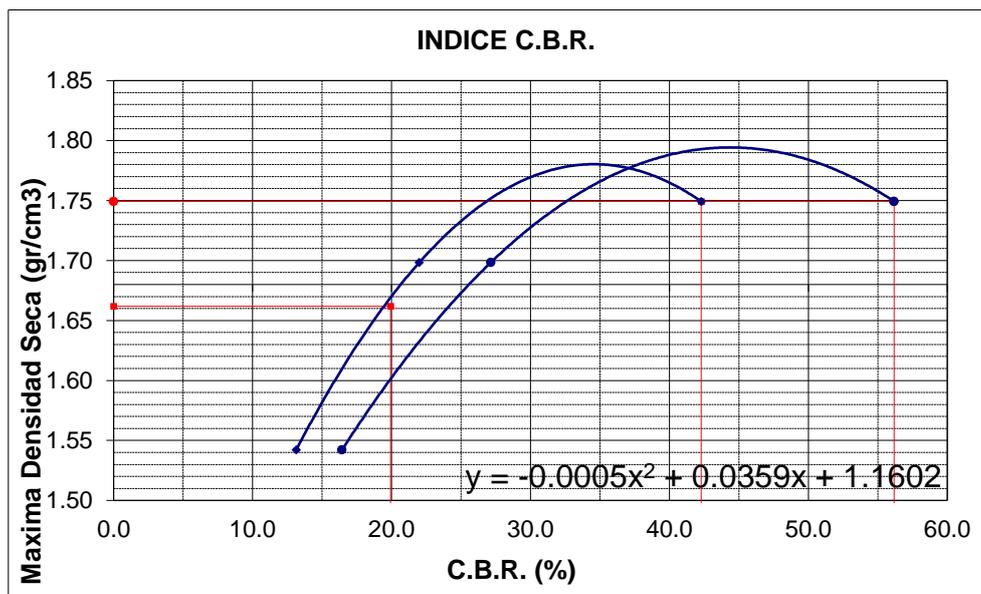


Fuente. Elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	13.1
C.B.R. (0.2")-12 Golpes	16.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.542

**Figura 219**

*Grafico del ensayo CBR (C-15+12%ceniza volante industrial)*



Fuente. Elaboración propia.



C.B.R. (100% M.D.S) 0.1"	42.2 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.1"	19.9 %
C.B.R. (100% M.D.S) 0.2"	55.5 %
C.B.R. (95% M.D.S) 0.2"	24.4 %

**Tabla 326**

*Analisis de datos del ensayo CBR (C-15+12%ceniza volante industrial)*

Descripción	Resultado
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.749
95% de máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.662
CBR AL 100 % M.D.S	42.2 %
CBR AL 95% M..D.S	19.9 %

Fuente. Elaboración propia.

➤ Resumen análisis de datos calicata 15

**Tabla 327**

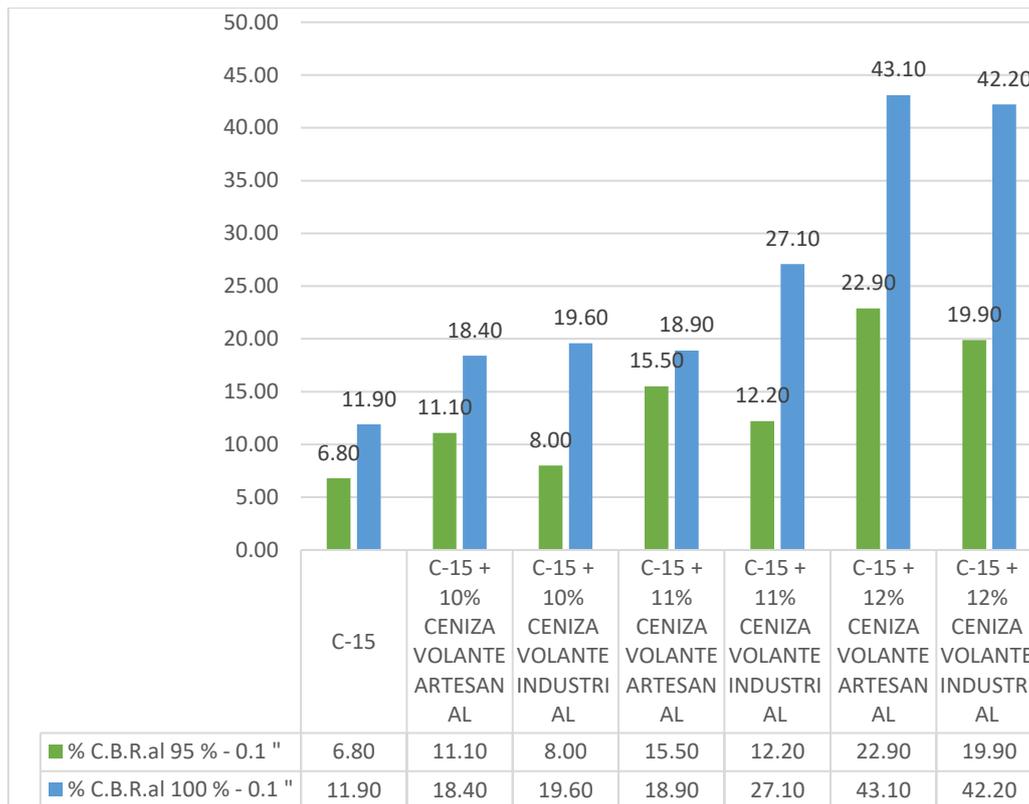
*Resumen análisis de datos del ensayo CBR (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante)*

Muestra	% C.B.R.AL 95 % - 0.1 "	% C.B.R.AL 100 % - 0.1 "
C-15	6.80	11.90
C-15 + 10% ceniza volante artesanal	11.10	18.40
C-15 + 10% ceniza volante industrial	8.00	19.60
C-15 + 11% ceniza volante artesanal	15.50	18.90
C-15 + 11% ceniza volante industrial	12.20	27.10
C-15 + 12% ceniza volante artesanal	22.90	43.10
C-15 + 12% ceniza volante industrial	19.90	42.20

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 220**

*Grafico del ensayo CBR (C-15 Vs. C-15+%ceniza volante)*



Fuente. Elaboración propia.

➤ Resumen análisis de datos del ensayo CBR

**Tabla 328**

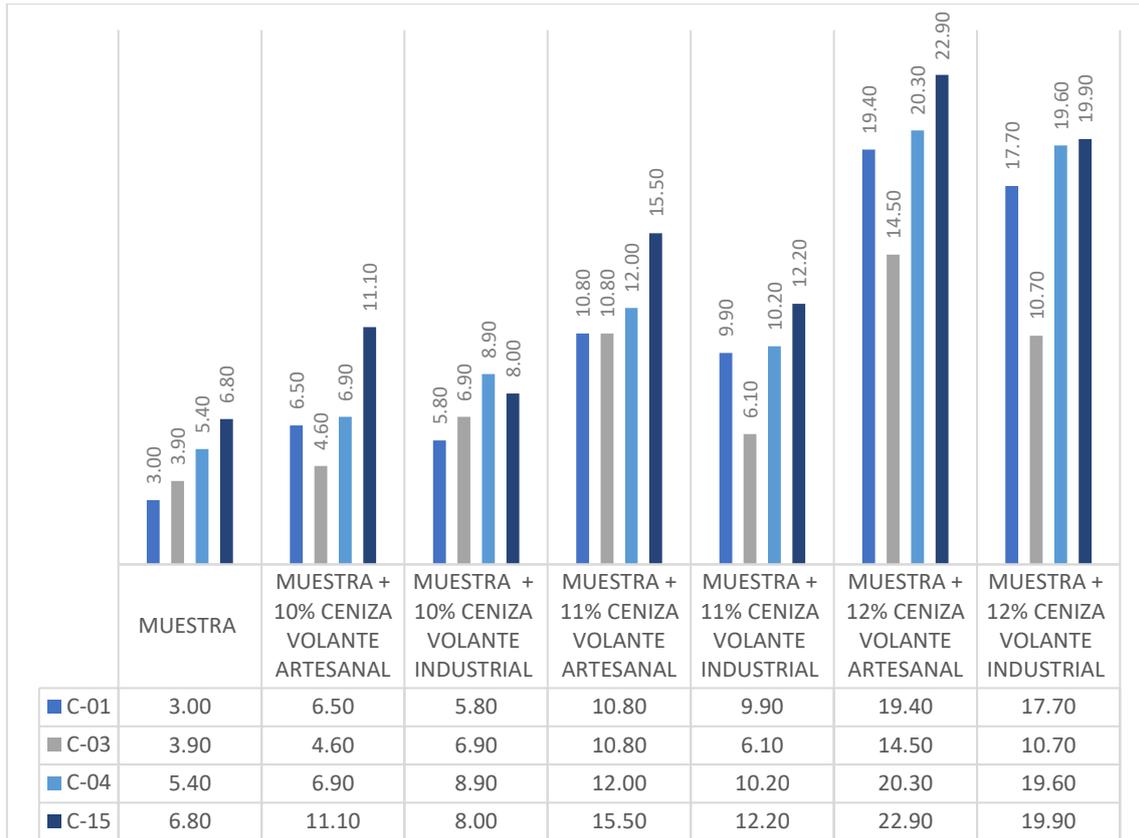
*Resumen análisis de datos % C.B.R al 95 % - 0.1 "*

Calicatas	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	3.00	3.90	5.40	6.80
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	6.50	4.60	6.90	11.10
Muestra + 10% ceniza volante industrial	5.80	6.90	8.90	8.00
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	10.80	10.80	12.00	15.50
Muestra + 11% ceniza volante industrial	9.90	6.10	10.20	12.20
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	19.40	14.50	20.30	22.90
Muestra + 12% ceniza volante industrial	17.70	10.70	19.60	19.90

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 221**

*Grafico del ensayo CBR de % C.B.R al 95 % - 0.1 "*



Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 329**

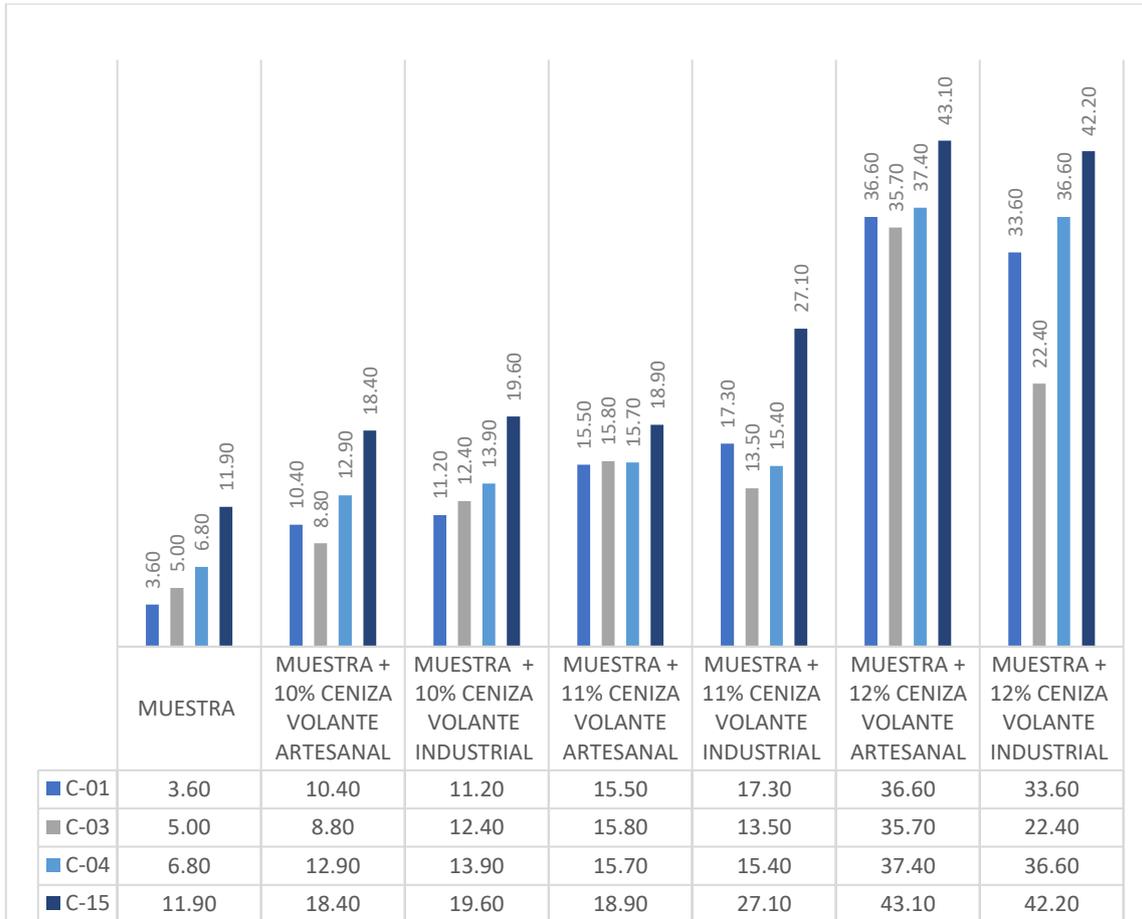
*Resumen análisis de datos % C.B.R al 100 % - 0.1 "*

Calicatas	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	3.60	5.00	6.80	11.90
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	10.40	8.80	12.90	18.40
Muestra + 10% ceniza volante industrial	11.20	12.40	13.90	19.60
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	15.50	15.80	15.70	18.90
Muestra + 11% ceniza volante industrial	17.30	13.50	15.40	27.10
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	36.60	35.70	37.40	43.10
Muestra + 12% ceniza volante industrial	33.60	22.40	36.60	42.20

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 222**

*Grafico del ensayo CBR de % C.B.R al 100 % - 0.1 "*



### 3.6.8.2 Análisis de la Prueba de CBR

Se indica que el % C.B.R al 95 % - 0.1 " más bajo es la C-01 con 3.00 %, mientras que el más alto es la C-15 con 6.8%. En cuanto al % C.B.R al 100 % - 0.1 ", tenemos que la calicata con el porcentaje más bajo es C-01 con 3.6%, la calicata con porcentaje más alto es la C-15 con 11.90%.

Al incorporar la ceniza volante artesanal e industrial a las calicatas evaluadas se observa que los % C.B.R al 95 % - 0.1 " aumenta, siendo la más alta 19.90% siendo un CBR bueno para la C-15 estabilizado con ceniza volante industrial al 12%; mientras para el % C.B.R al 100 % - 0.1 " el más alto porcentaje es de 43.10% siendo CBR bueno, para la C-15 siendo estabilizado con ceniza volante artesanal al 12%.

## Capítulo IV: Resultados

### 4.1 Estratigrafía.

Se indica que, en la estratigrafía de las calicatas estudiadas C-01, C-03, C-04 y C-15 no se encontró nivel freático. Sin embargo, se encontró alta humedad en la C-15.



#### 4.2 Ensayo Contenido de Humedad.

- Contenido de humedad de las 20 calicatas.

**Tabla 330**

*Resultado del ensayo contenido de humedad*

Calicata	Peso de muestra humedad (gr)	Peso de muestra seca (gr)	Humedad (%)
C-01	393.40	331.70	18.60%
C-02	552.40	500.30	10.41%
C-03	443.20	389.70	13.73%
C-04	543.70	475.50	14.34%
C-05	257.10	194.70	32.05%
C-06	276.20	221.00	24.98%
C-07	502.60	435.90	15.30%
C-08	447.80	391.40	14.41%
C-09	375.90	331.20	13.50%
C-10	524.80	456.20	15.04%
C-11	453.60	392.70	15.51%
C-12	403.80	354.10	14.04%
C-13	480.20	416.90	15.18%
C-14	257.10	194.70	32.05%
C-15	615.60	489.65	25.72%
C-16	369.20	325.48	13.43%
C-17	428.50	374.56	14.40%
C-18	435.60	372.54	16.93%
C-19	358.50	315.64	13.58%
C-20	356.12	328.31	8.47%

Fuente. Elaboración propia.

- Contenido de humedad de calicatas a estabilizar con ceniza volante artesanal e industrial.

**Tabla 331**

*Resultado del ensayo contenido de humedad de calicatas a estabilizar*

Calicata	Peso de muestra humedad (gr)	Peso de muestra seca (gr)	Humedad (%)
C-01	393.40	331.70	18.60%
C-03	443.20	389.70	13.73%
C-04	543.70	475.50	14.34%
C-15	615.60	489.65	25.72%

Fuente. Elaboración propia.



**Comentario:** Se observa que la C-03 tiene 13.73% de contenido de humedad, siendo la más baja; la C-15 tiene 25.72% siendo la más alta.

#### 4.3 Ensayo Límites de Consistencia.

- Resultados de límites consistencia de las 20 calicatas.

**Tabla 332**

*Resultados de límites consistencia de las 20 calicatas*

Calicata	Límite líquido (L.L)	Límite plástico (L.P)	Índice de plasticidad (IP)
C-01	25.16	21.08	4.08
C-02	19.82	17.51	2.31
C-03	37.13	30.16	6.97
C-04	28.75	17.6	11.15
C-05	44.04	26.38	17.66
C-06	33.71	22.42	11.29
C-07	28.73	22.12	6.61
C-08	25.96	19.04	6.92
C-09	26.45	19.7	6.75
C-10	28.66	21.98	6.68
C-11	26.17	21.56	4.61
C-12	26.53	20.82	5.71
C-13	20.57	16.26	4.31
C-14	44.04	37.62	6.42
C-15	36.63	33.67	2.96
C-16	21.83	19.79	2.04
C-17	31.34	23.59	7.75
C-18	33.41	27.29	6.12
C-19	32.89	25.37	7.52
C-20	46.83	21.75	25.08

Fuente. Elaboración propia.

- Resultado de los ensayos de límite líquido de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial.

**Tabla 333**

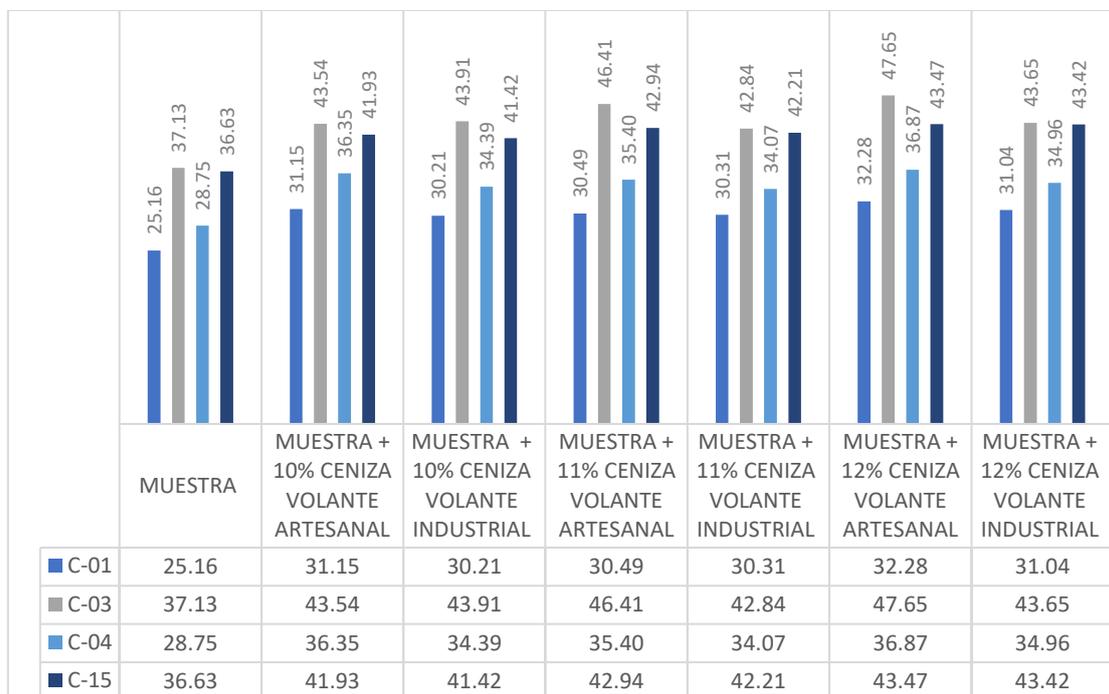
*Resultado del ensayo límite líquido de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial*

Limite liquido (LL)				
Calicatas	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	25.16	37.13	28.75	36.63
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	31.15	43.54	36.35	41.93
Muestra + 10% ceniza volante industrial	30.21	43.91	34.39	41.42
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	30.49	46.41	35.40	42.94
Muestra + 11% ceniza volante industrial	30.31	42.84	34.07	42.21
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	32.28	47.65	36.87	43.47
Muestra + 12% ceniza volante industrial	31.04	43.65	34.96	43.42

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 223**

*Grafico de resultados del ensayo limite liquido de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial*



Fuente. Elaboración propia.

**Comentario:** Se puede observar que el limite liquido aumenta en los suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial, esto se debe a la absorción alta de agua por parte de la ceniza en ambos casos.



Se indica que la ceniza volante artesanal al 12% es quien eleva aún más su límite líquido, en las calicatas C-01, C-03, C-04 y C-15.

- Resultado de los ensayos de limite pastico de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial.

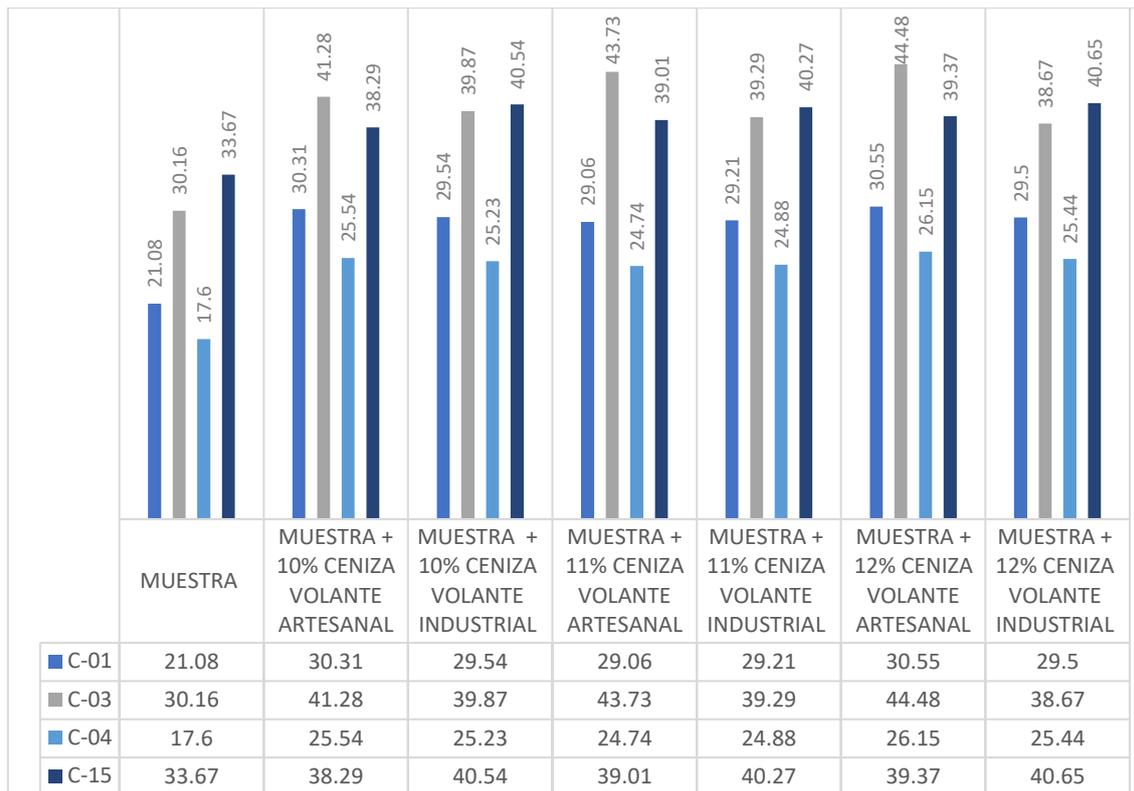
**Tabla 334**

*Resultado del ensayo limite plástico de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial*

Calicatas	Limite plástico (LP)			
	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	21.08	30.16	17.6	33.67
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	30.31	41.28	25.54	38.29
Muestra + 10% ceniza volante industrial	29.54	39.87	25.23	40.54
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	29.06	43.73	24.74	39.01
Muestra + 11% ceniza volante industrial	29.21	39.29	24.88	40.27
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	30.55	44.48	26.15	39.37
Muestra + 12% ceniza volante industrial	29.5	38.67	25.44	40.65

Fuente. Elaboración propia.

*Figura 224 Grafico de los Resultados del Ensayo Limite Plastico de Suelos Estabilizados con Ceniza Volante Artesanal e Industrial*



Fuente. Elaboración propia.

**Comentario:** El límite plástico aumenta en todos los suelos estabilizados, esto se debe a la alta retención de líquido este para llegar al punto plástico que deseamos.

Se observa que en la C-01 la ceniza volante artesanal al 12% es quien eleva su límite plástico, en la C-03 la ceniza volante artesanal al 10%, C-04 la ceniza volante artesanal al 12% y en la C-15 la ceniza volante industrial al 12%.

- Resultado del índice de plasticidad de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial.

**Tabla 335**

*Resultado del índice de plasticidad de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial*

Calicatas	Índice de plasticidad (IP)			
	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	4.08	6.97	11.15	2.96
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	0.84	2.26	10.81	3.64
Muestra + 10% ceniza volante industrial	0.67	4.04	9.16	0.88

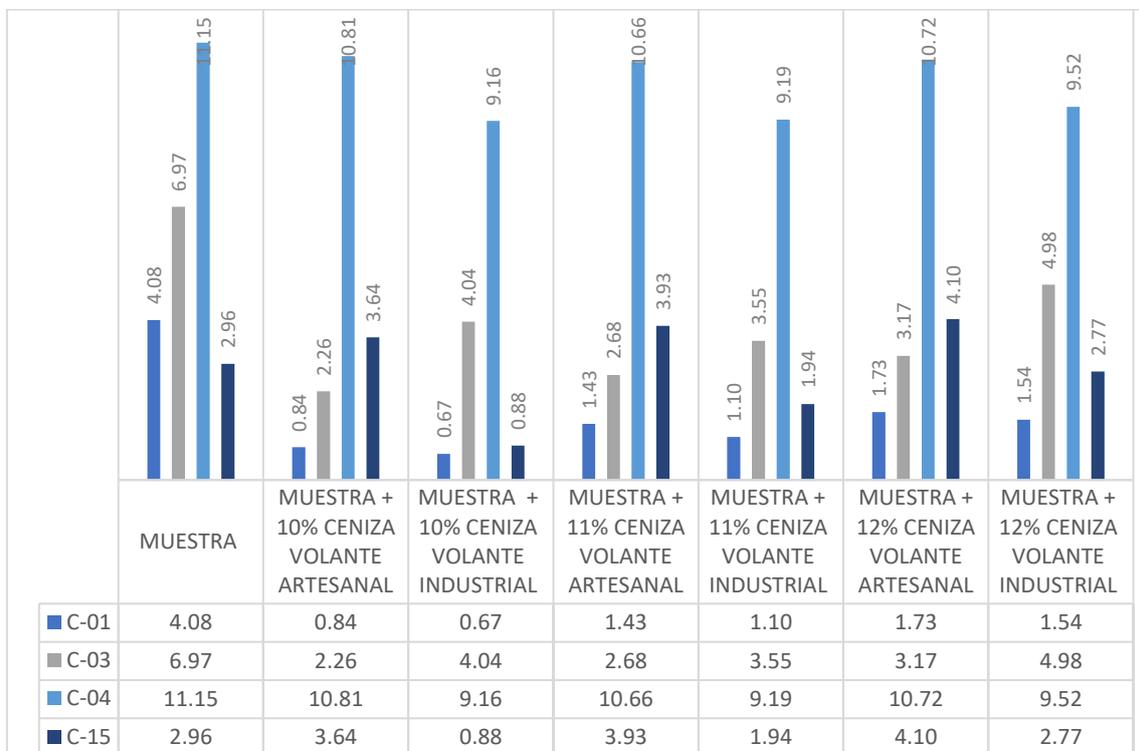


Muestra + 11% ceniza volante artesanal	1.43	2.68	10.66	3.93
Muestra + 11% ceniza volante industrial	1.10	3.55	9.19	1.94
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	1.73	3.17	10.72	4.10
Muestra + 12% ceniza volante industrial	1.54	4.98	9.52	2.77

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 225**

*Gráfico de los resultados del índice de plasticidad de suelos estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial*



Fuente. Elaboración propia.

**Comentario:** El índice de plasticidad en las calicatas estudiadas tiene valores bajos al estabilizarla con ceniza volante artesanal e industrial en diferentes porcentajes. A diferencia de la C-15 con la adición de ceniza artesanal sus valores presentan valores altos.

Para la C-01 estabilizada tenemos el índice más bajo de 0.84 con la adición de ceniza volante artesanal al 10% y 0.67 al adicionar ceniza volante industrial al 10%.

Según la norma MTC E 111, un suelo con alto índice de plasticidad puede ser un elemento riesgoso en el suelo de sub rasante, debido a su gran sensibilidad al agua; como se muestra en



los resultados, se observa que disminuyeron los valores al incorporar ceniza volante como estabilizante.

#### 4.4 Clasificación de suelos

Se realizó la clasificación de las 20 calicatas realizadas.

**Tabla 336**

*Resultado de la clasificación de suelos de las 20 calicatas*

Calicata	Clasificación	
	SUCS	AASHTO
Calicata n° 01	Cl-ml (arcilla arenosa limosa)	A-4(0)
Calicata n° 02	Sm (arena limosa con grava)	A-2-4(0)
Calicata n° 03	Cl (arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata n° 04	Sc (arena arcillosa con grava)	A-6(1)
Calicata n° 05	Sc (arena arcillosa con grava)	A-7-6(5)
Calicata n° 06	Sc (arena arcillosa con grava)	A-6(2)
Calicata n° 07	Cl-ml (arcilla arenosa limosa)	A-4(1)
Calicata n° 08	Cl-ml (arcilla arenosa limosa)	A-4(2)
Calicata n° 09	Cl-ml (arcilla arenosa limosa)	A-4(2)
Calicata n° 10	Cl-ml (arcilla arenosa limosa)	A-4(3)
Calicata n° 11	Cl-ml (arcilla arenosa limosa)	A-4(3)
Calicata n° 12	Cl-ml (arcilla arenosa limosa)	A-4(3)
Calicata n° 13	Cl-ml (arcilla arenosa limosa)	A-4(1)
Calicata n° 14	Sm (arena limosa con grava)	A-5(1)
Calicata n° 15	Sm (arena limosa)	A-4(0)
Calicata n° 16	Sm (arena limosa )	A-2-4(0)
Calicata n° 17	Cl (arcilla baja plasticidad)	A-4(3)
Calicata n° 18	Cl (arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata n° 19	Cl (arcilla baja plasticidad)	A-4(4)
Calicata n° 20	Gc (grava arcillosa con arena)	A-2 (4)



Fuente. Elaboración propia.

#### 4.5 Ensayo Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando Energía Modificada (Proctor Modificado).

- Resultados del ensayo proctor modificado de las 20 calicatas.

**Tabla 337**

*Resultados del ensayo proctor modificado de las 20 calicatas*

Proctor modificado		
Calicata	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo contenido de humedad (%)
C-01	1.892	10.80
C-02	2.155	7.20
C-03	1.783	10.50
C-04	2.103	7.50
C-05	1.900	15.30
C-06	1.929	14.60
C-07	1.851	6.50
C-08	1.973	8.20
C-09	1.867	7.50
C-10	1.673	8.90
C-11	1.850	10.50
C-12	1.830	8.30
C-13	1.888	9.20
C-14	1.745	19.50
C-15	1.822	10.10
C-16	1.891	9.40
C-17	1.888	9.10
C-18	1.781	12.50
C-19	1.874	9.00
C-20	1.964	10.20

Fuente. Elaboración propia.

- Resultado del ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial.

**Tabla 338**

*Resultado de la densidad maxima seca en el ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial*

Calicatas	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )			
	C-01	C-03	C-04	C-15

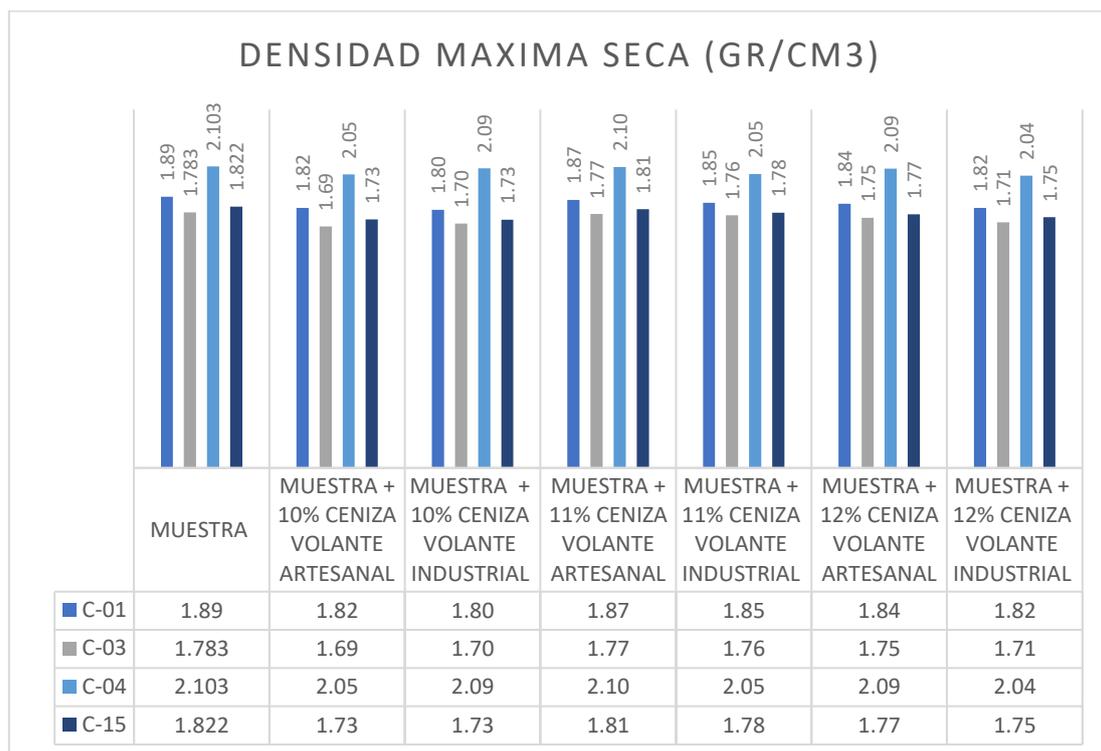


Muestra	1.89	1.783	2.103	1.822
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	1.82	1.69	2.05	1.73
Muestra + 10% ceniza volante industrial	1.80	1.70	2.09	1.73
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	1.87	1.77	2.10	1.81
Muestra + 11% ceniza volante industrial	1.85	1.76	2.05	1.78
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	1.84	1.75	2.09	1.77
Muestra + 12% ceniza volante industrial	1.82	1.71	2.04	1.75

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 226**

*Grafico de los resultados de la densidad maxima seca en el ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial*



Fuente. Elaboración propia.

**Comentario:** Se observa que los resultados son menores con la estabilización con ceniza volante artesanal e industrial; teniendo más impacto en el resultado la ceniza volante industrial.



Teniendo para la C-03 el valor más bajo en la densidad máxima seca es de 1.69 (gr/cm<sup>3</sup>) con la aplicación de ceniza volante artesanal al 10% y la más alta es la C-04 con 2.10 (gr/cm<sup>3</sup>) con ceniza volante artesanal al 11%.

**Tabla 339**

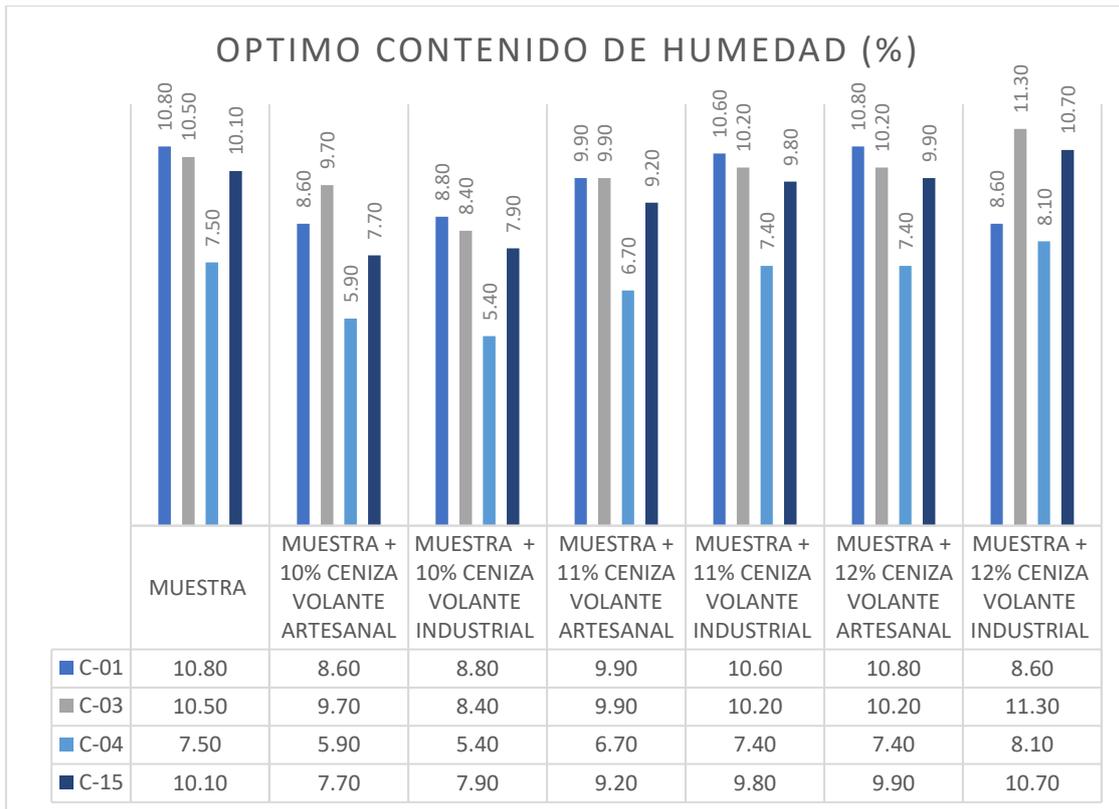
*Resultado del optimo contenido de humedad en el ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial*

Calicatas	Optimo contenido de humedad (%)			
	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	10.80	10.50	7.50	10.10
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	8.60	9.70	5.90	7.70
Muestra + 10% ceniza volante industrial	8.80	8.40	5.40	7.90
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	9.90	9.90	6.70	9.20
Muestra + 11% ceniza volante industrial	10.60	10.20	7.40	9.80
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	10.80	10.20	7.40	9.90
Muestra + 12% ceniza volante industrial	8.60	11.30	8.10	10.70

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 227**

*Grafico de los resultado del optimo contenido de humedad en el ensayo proctor modificado con ceniza volante artesanal e industrial*



Fuente. Elaboración propia.

**Comentario:** Se observa que los resultados del óptimo contenido de humedad (%) son valores bajos, teniendo menores valores con la aplicación de la ceniza volante artesanal.

Indicando que la C-04 tiene el valor menor con 5.40% con la aplicación de ceniza volante industrial al 10% y la C-01 tiene el mayor valor con 10.80% aplicando ceniza volante artesanal al 12%.

#### 4.6 Ensayo CBR.

➤ Resultados de CBR de las 20 calicatas.

**Tabla 340**

*Resultados de CBR de las 20 calicatas*

Calicata	% C.B.R.AL 95 % - 0.1 "	% C.B.R.AL 100 % - 0.1 "
C-01	3.00	3.60
C-02	8.90	12.60
C-03	3.90	5.00
C-04	5.40	6.80
C-05	8.00	11.60



C-06	7.50	14.10
C-07	5.80	6.00
C-08	5.40	7.90
C-09	4.90	6.90
C-10	4.30	7.90
C-11	3.50	4.10
C-12	3.70	4.50
C-13	4.80	7.60
C-14	10.00	15.70
C-15	6.80	11.90
C-16	8.10	12.10
C-17	5.40	10.70
C-18	3.90	5.90
C-19	4.80	6.70
C-20	12.00	21.40

Fuente: Elaboración propia.

➤ Resultados del ensayo CBR con ceniza volante artesanal e industrial.

**Tabla 341**

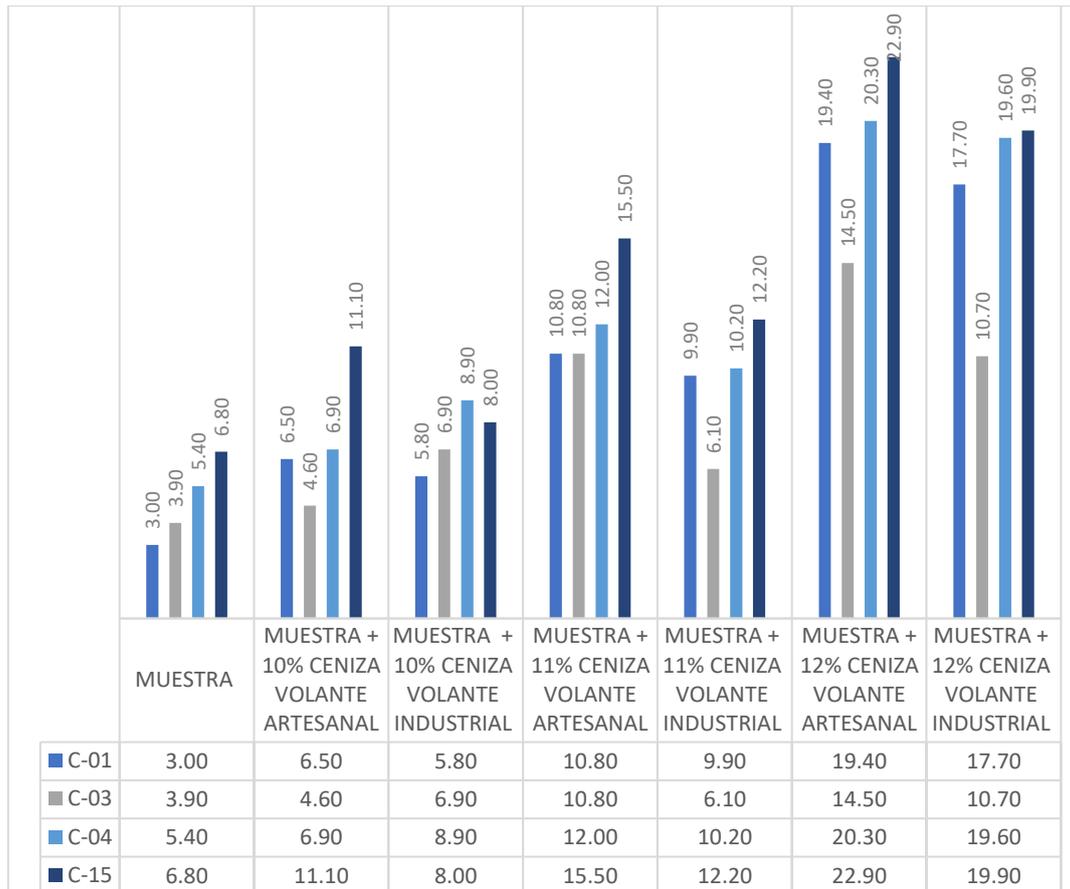
*Resultado del % C.B.R al 95 % - 0.1 " con ceniza volante artesanal e industrial*

Calicatas	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "			
	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	3.00	3.90	5.40	6.80
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	6.50	4.60	6.90	11.10
Muestra + 10% ceniza volante industrial	5.80	6.90	8.90	8.00
Muestra + 11% ceniza volante artesanal	10.80	10.80	12.00	15.50
Muestra + 11% ceniza volante industrial	9.90	6.10	10.20	12.20
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	19.40	14.50	20.30	22.90
Muestra + 12% ceniza volante industrial	17.70	10.70	19.60	19.90

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 228**

*Grafico de los resultados del % C.B.R al 95 % - 0.1 " con ceniza volante artesanal e industrial*



Fuente. Elaboración propia.

**Comentario:** Como se aprecia en el cuadro, el % C.B.R. al 95 % - 0.1 " tiene un incremento al estabilizarlo con ceniza volante artesanal e industrial, teniendo mejores resultados en la C-15 (arena limosa) llegando hasta un 22.90% teniendo una subrasante MUY BUENA con la estabilización de ceniza volante artesanal al 12%.

Como se indica en la norma MTC 132, para obtener una sub rasante de capacidad portante buena esta deberá tener un CBR de  $\geq 20\%$  a  $<30\%$ , siendo el resultado más alto 22.90% estando dentro de los parámetros establecidos.

**Tabla 342**

*Resultado del % C.B.R al 100 % - 0.1 " con ceniza volante artesanal e industrial*

Calicatas	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "			
	C-01	C-03	C-04	C-15
Muestra	3.60	5.00	6.80	11.90
Muestra + 10% ceniza volante artesanal	10.40	8.80	12.90	18.40
Muestra + 10% ceniza volante industrial	11.20	12.40	13.90	19.60

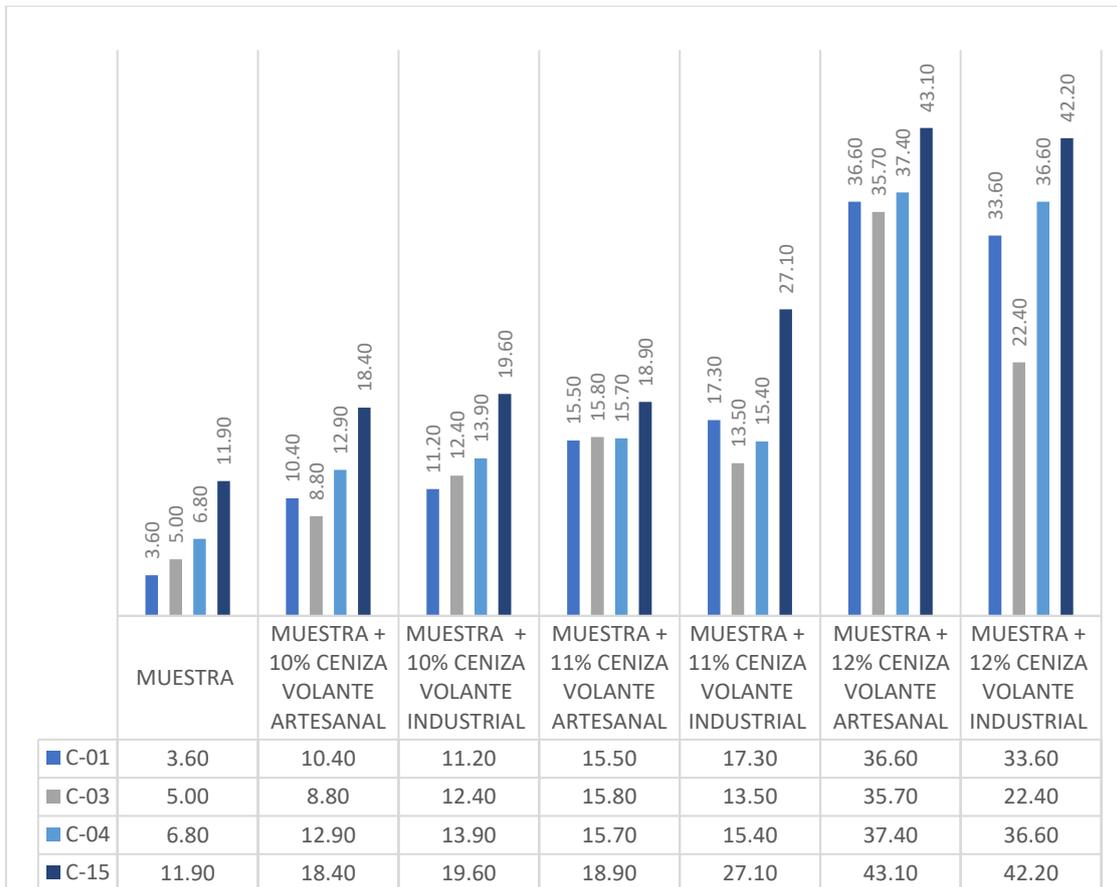


Muestra + 11% ceniza volante artesanal	15.50	15.80	15.70	18.90
Muestra + 11% ceniza volante industrial	17.30	13.50	15.40	27.10
Muestra + 12% ceniza volante artesanal	36.60	35.70	37.40	43.10
Muestra + 12% ceniza volante industrial	33.60	22.40	36.60	42.20

Fuente. Elaboración propia.

**Figura 229**

*Grafico de los resultados del % C.B.R al 100 % - 0.1 " con ceniza volante artesanal e industrial*



Fuente. Elaboración propia.

**Comentario:** Respecto al % C.B.R.al 100 % - 0.1 ", tenemos un incremento de CBR para las calicatas estabilizadas con ceniza volante artesanal e industrial en diferentes porcentajes; la calicata que mejores resultados presento fue la C-15, teniendo un incremento mayor con la

estabilización de ceniza volante artesanal al 12%, llegando a 43.10% teniendo una subrasante MUY EXCELENTE.

Según la norma MTC 132, para obtener una sub rasante excelente con capacidad portante alta esta deberá tener un CBR  $\geq$  30%, teniendo 43.10% como único resultado alto e indicando que se encuentra dentro de los parámetros establecidos según norma.

#### 4.5 Análisis económico

**Tabla 343**

*Análisis económico estabilización de suelo*

Partida	303.A	SUB RASANTE ESTABILIZADA						
Rendimiento	M3/DIA	MO. 424.0000	EQ. 424.0000	Costo unitario directo por : M3				11.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147010001	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0189	18.44	0.35		
0147010004	PEON	HH	4.0000	0.0755	11.58	0.87		
						<b>1.22</b>		
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.22	0.06		
0349030046	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP 101-135 HP 10-12T	HM	1.0000	0.0189	135.08	2.55		
0349090001	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	1.0000	0.0189	187.97	3.55		
						<b>6.16</b>		
<b>Subpartidas</b>								
930101130101	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1200	17.94	2.15		
930101930306	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	Bls		0.060	25.00	1.50		
						<b>3.65</b>		

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 344**

*Análisis económico estabilización de suelo con ceniza volante*

Partida	303.A	SUB RASANTE ESTABILIZADA						
Rendimiento	M3/DIA	MO. 424.0000	EQ. 424.0000	Costo unitario directo por : M3				9.83
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147010001	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0189	18.44	0.35		
0147010004	PEON	HH	4.0000	0.0755	11.58	0.87		
						<b>1.22</b>		
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.22	0.06		
0349030046	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP 101-135 HP 10-12T	HM	1.0000	0.0189	135.08	2.55		
0349090001	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	1.0000	0.0189	187.97	3.55		
						<b>6.16</b>		
<b>Subpartidas</b>								
930101130101	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1200	17.94	2.15		
930101930308	CENIZA VOLANTE (42.5 kg)	Bls		0.060	5.00	0.30		
						<b>2.45</b>		

Fuente. Elaboración propia.



**Comentario:** Como se muestra en los análisis de costos unitarios, se indica que la estabilización con ceniza volante resulta más económica; debido a que la ceniza volante a diferencia del cemento esta presenta un precio referencial ya que en realidad esta es desechada.

## Capítulo V: Discusión

- **¿Por qué razón se escogió como zona de estudio la carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, Distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, Provincias de Cusco, Anta y Urubamba, Departamento del Cusco?**

Con el tiempo este vía será de gran importancia, debido a que es una alternativa más rápida de llegada hacia el aeropuerto de chinchero; teniendo en cuenta que no se hizo ningún estudio por esta zona, ni se conoce las características de ésta.

- **Al estabilizar la C-15 con ceniza volante artesanal en los porcentajes de 10%, 11% y 12%; el índice de plasticidad (IP) es superior a la C-15 sin estabilizar. ¿Por qué?**

Se encontró un resultado atípico, a diferencia de las demás muestras el índice de plasticidad aumenta en esta calicata con la incorporación de ceniza volante artesanal. Se puede generar una investigación para saber el porqué de este resultado, ya que posiblemente sea un error de data.

- **¿Por qué se obtuvieron valores menores en el ensayo de proctor modificado?**

La disminución se produjo debido a que, al juntar agua con ceniza volante artesanal o industrial, tiene una composición plástica por ende disminuye los valores obtenidos en el proctor modificado.

- **¿Por qué la densidad máxima seca en el ensayo de proctor modificado tiene valores mucho más menores, no cumpliendo con la hipótesis n°2; con la aplicación de ceniza volante industrial, que con la ceniza artesanal?**

La ceniza volante industrial tiene un tamaño de particulación más fina en comparación con la ceniza volante artesanal, ésta diferencia granulométrica genera más porosidad en la masa de suelo, por lo tanto, es proclive a perder peso y por ende la densidad máxima seca resulta muy baja.

- **¿Por qué se escogió como estabilizante la ceniza volante artesanal e industrial?**

Recientes estudios indican que la ceniza volante tiene la misma composición del cemento, siendo ésta una alternativa como estabilizante. Indicando también que no hay una investigación de estabilización con ceniza volante, en la región del Cusco.



➤ **¿Por qué se consideró en la estabilización los porcentajes de 10%, 11% y 12% de ceniza volante artesanal e industrial?**

No se tiene investigaciones realizadas con ceniza volante, ni en estos porcentajes; más si con ceniza de fondo en porcentajes elevados. Se deseó saber cuáles serían los resultados si se usaba este material en estos porcentajes.

➤ **¿Por qué se eligió hacer 20 calicatas en la carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca, Distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, Provincias de Cusco, Anta y Urubamba, Departamento del Cusco?**

Se realizó 20 calicatas para obtener muestras representativas de los tipos de suelos encontrados y así establecer una tendencia de resultados.

➤ **¿Cuál es el aporte de la investigación?**

1. Será de mucho aporte para próximas investigaciones, debido a que ésta la ceniza volante artesanal e industrial serán alternativas como estabilizante en suelos. Considerando que no hubo investigaciones anteriores con este material.
2. Esta investigación tendrá un aporte positivo en la estabilización de la carretera carretera Sencca Quispihuara – Allpachaca; ya que con el tiempo esta no solo beneficiará a las comunicadas aledañas, sino será de gran importancia por la conexión que tendrá con el aeropuerto de chinchero.



## Glosario

- **AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials.
- **Arcilla:** material blando que con el contacto al gua se vuelven blandas, con gran capacidad de absorción.
- **Ceniza volante:** Las cenizas volantes son un subproducto del proceso de combustión de carbón pulverizado.
- **CBR:** California Bearing Ratio o Ensayo de Relación de Soporte de California.
- **Clasificación de suelos:** permite ver las características de un determinado suelo, este con el fin de identificar su comportamiento.
- **Contenido de humedad:** se considera a la cantidad de agua que se encuentra en una materia sólida.
- **Compactación:** aplicación de energía mediante un instrumento, para la eliminación de espacios vacíos.
- **Estabilización de suelos:** el mejoramiento del suelo ya sea físico químico, teniendo una calidad de suelo óptima para futuras estructuras.
- **Granulometría:** distribución de tamaños de las partículas presentes en una muestra de suelo, para su posterior análisis según su origen y propiedades mecánicas.
- **Horno artesanal:** estructura de adobe cuya función es el de cocción de ladrillos de manera artesanal; es decir, se alimenta de aserrín de madera, carbón, leña, entre otros.
- **Horno industrial:** estructura metálica móvil, siendo esta una alternativa de cocción para la producción a mediana escala en la industria de la cerámica. Consume un 30% menos de combustible en comparación con los hornos convencionales o artesanales, ésta se alimenta a través de eucalipto de retoño y aserrín de ser necesario.
- **Índice de plasticidad:** define el rango de plasticidad, también se define como la diferencia entre el limite líquido y limite plástico.
- **Limite liquido:** cambio de un suelo arcilloso del estado plástico al líquido, debido al contenido de agua.
- **Limite plástico:** porcentaje de humedad en la cual el suelo empieza a agrietarse cuando es amasado en pequeños cilindros.
- **Proctor modificado:** ensayo que define la relación entre el contenido de agua (%) y la densidad máxima seca (gr/cm<sup>3</sup>).



- **Subrasante:** capa de suelo natural perfilada, donde se apoya la estructura del pavimento.

## Conclusiones

### Conclusión General

Se comprobó la hipótesis general “La ceniza volante de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante, mejorará las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.”

Como se muestra en los resultados al adicionar ceniza volante artesanal e industrial en los porcentajes de 10%, 11% y 12% respectivamente, las propiedades físico- mecánicas llegan a mejorar, como se aprecia en los resultados obtenidos.

Los tipos de suelos estudiados CL-ML arcilla arenosa limosa (C-01), ML limo arenoso (C-03), SC arena arcillosa (C-04) y SM arena limosa (C-15); estabilizados con ceniza volante artesanal e industrial muestran un índice de plasticidad (IP) bajo en las calicatas estudiadas, respecto al proctor modificado los resultados obtenidos son menores. Sin embargo, se mejoró el CBR en todas las calicatas estabilizadas.

Estos resultados se deben a la disminución de vacíos (porosidad) al incorporar ceniza volante como estabilizante; ya que dicha ceniza tiene partículas más finas, acomodándose en estos espacios vacíos de las muestras estudiadas.

### Conclusión n° 01

Se comprobó la hipótesis n°1 “La adición de ceniza volante, disminuirá el índice de plasticidad este nos dará un índice de plasticidad (IP) mínima en la sub-rasante, teniendo un porcentaje de humedad dentro de los rangos establecidos según tipo de suelo encontrado, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.”

Las calicatas estabilizadas, como se aprecia en los resultados (tabla 329): las calicatas C-01, C-03 y C-04 llegan a bajar el índice de plasticidad respecto a su valor inicial sin estabilizar; **C-01 (CL-ML)** el valor mínimo de reducción es 0.67% estabilizado con ceniza volante industrial al 10% , el valor mayor de reducción es 1.73% estabilizado con ceniza volante artesanal al 12% y



el valor promedio es de 1.2%; **C-03 (ML)** el valor mínimo de reducción es 2.26% estabilizado con ceniza volante artesanal al 10%, el valor mayor de reducción es 4.98% estabilizado con ceniza volante industrial al 12% y el valor promedio es de 3.62%; **C-04 (SC)** el valor mínimo de reducción es 9.16% estabilizado con ceniza volante industrial al 10%, el valor mayor de reducción es 10.81% estabilizado con ceniza volante artesanal al 10% y el valor promedio es de 9.985%; **C-15 (SM)** el valor mínimo de reducción es 0.88% estabilizado con ceniza volante industrial al 10%, el valor mayor de reducción es 3.93% estabilizado con ceniza volante artesanal al 11% y el valor promedio es de 2.405%

**Nota:** Se indica que la C-15 con la adición de ceniza artesanal sus valores presentan valores altos en índice de plasticidad.

### **Conclusión n° 02**

No se logró comprobar la hipótesis n°2 “Añadiendo ceniza volante, incrementará la densidad máxima seca del suelo, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.”

Tal como se muestran en los resultados (tabla 332): Para la **C-01** inicialmente la muestra sin estabilizar presenta 1.89 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca; la muestra estabilizada tiene el valor mínimo es de 1.80 gr/cm<sup>3</sup> estabilizado con ceniza volante industrial al 10%, el valor mayor es de 1.87 gr/cm<sup>3</sup> estabilizado con ceniza volante artesanal al 11% y el valor promedio es de 1.835 gr/cm<sup>3</sup>; **C-03** inicialmente la muestra sin estabilizar presenta 1.783 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca; la muestra estabilizada tiene el valor mínimo es de 1.69 gr/cm<sup>3</sup> estabilizado con ceniza volante artesanal al 10%, el valor mayor es de 1.76 gr/cm<sup>3</sup> estabilizado con ceniza volante industrial al 11% y el valor promedio es de 1.725 gr/cm<sup>3</sup>; **C-04** inicialmente la muestra sin estabilizar presenta 2.103 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca; la muestra estabilizada tiene el valor mínimo es de 2.04 gr/cm<sup>3</sup> estabilizado con ceniza volante industrial al 12%, el valor mayor es de 2.10 gr/cm<sup>3</sup> estabilizado con ceniza volante artesanal al 11% y el valor promedio es de 2.07 gr/cm<sup>3</sup>; **C-15** inicialmente la muestra sin estabilizar presenta 1.822 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca; la muestra estabilizada tiene el valor mínimo es de 1.73 gr/cm<sup>3</sup> estabilizado con ceniza volante industrial al 10% y ceniza volante artesanal al 10%, el valor mayor es de 1.81 gr/cm<sup>3</sup> estabilizado con ceniza volante artesanal al 11% y el valor promedio es de 1.77 gr/cm<sup>3</sup>.

### **Conclusión n° 03**



Se comprobó la hipótesis n°3 “Añadiendo ceniza volante, aumentara la capacidad de soporte (CBR) de la sub-rasante, generando mayor soporte de cargas aplicadas sobre ésta, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.”

Como se aprecia en los resultados (tabla 335), la capacidad de soporte (CBR) aumento con la adición de la ceniza volante artesanal e industrial. Para la **C-01** su valor inicial de CBR fue 3.00%, el valor mínimo de aumento es 5.80% estabilizado con ceniza volante industrial al 10%, el valor mayor de aumento es 19.40% estabilizado con ceniza volante artesanal al 12% y el valor promedio es 12.60%; **C-03** su valor inicial de CBR fue 3.90%, el valor mínimo de aumento es 4.60% estabilizado con ceniza volante artesanal al 10%, el valor mayor de aumento es 14.50% estabilizado con ceniza volante artesanal al 12% y el valor promedio es 9.55%; **C-04** su valor inicial de CBR fue 5.40%, el valor mínimo de aumento es 6.90% estabilizado con ceniza volante artesanal al 10%, el valor mayor de aumento es 20.30% estabilizado con ceniza volante artesanal al 12% y el valor promedio es 13.60%; **C-15** su valor inicial de CBR fue 6.80%, el valor mínimo de aumento es 8.00% estabilizado con ceniza volante industrial al 10%, el valor mayor de aumento es 22.90% estabilizado con ceniza volante artesanal al 12% y el valor promedio es 15.45%.

**Nota:** La C-15 (arena limosa) tuvo mejor resultado con la estabilización con ceniza volante artesanal al 12%, tanto para el 100% y 95% de CBR.

#### **Conclusión n° 04**

Se comprobó la hipótesis n°4 “El uso de la ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; resultará económicamente menos costoso.”

Como se muestra en las tablas 337 y tabla 338; la ceniza volante artesanal e industrial tiene un costo menor en el mercado, debido a que ésta es considerada como desperdicio y arrojada en botaderos.



## Recomendaciones

### **Recomendación n°1**

Implementar de forma más rigurosa la ejecución de los ensayos de mecánica de suelos, para generar resultados más precisos y así tener mayor conocimiento del comportamiento de la ceniza volante.

### **Recomendación n°2:**

Realizar estudios más detallados de la utilización de la ceniza volante industrial en diferentes porcentajes, ya que se obtuvo buenos resultados con este tipo de ceniza, con el fin de tener posibles usos en el área de la ingeniería.

### **Recomendación n°3:**

Prever el tratamiento del tamizado de la ceniza volante artesanal con mayor tiempo de tamizado, considerando la dificultad que se tuvo ya que por cada costal (5 kg) adquirido solo se obtuvo un kilo de ceniza fina.

### **Recomendación n°4:**

Priorizar el uso de la ceniza volante en suelos cohesivos, debido a que los resultados obtenidos arrojaron resultados favorables.

### **Recomendación n°5:**

Implementar de forma obligatoria el uso de mascarillas de tipo N95/N99 (aptas para la manipulación de la ceniza) y lentes de seguridad, ya que al tener contacto con ésta puede ser muy riesgoso para salud, debido a que son muy finas.

### **Recomendación n°6:**

Generar un sistema de gestión de residuos sólidos con el fin de crear botaderos para la eliminación de ceniza provenientes de las ladrilleras de San Jerónimo, para evitar la contaminación ambiental. Así también, implementar campañas de concientización sobre la contaminación del aire provocada por los hornos en dicha zona.



## Bibliografía

- Aguilar Paravicino, H. O., & Bravo Gutierrez, J. C. (2020). *Evaluacion de la ceniza de fondo para la estabilizacion de suelos arcillosos provenientes de la zona ladrillera del distrito de San Jeronimo-Cusco*. Universidad Andina del Cusco, Cusco, Cusco.
- Altamirano Navarro, G. J., & Diaz Sandino, A. E. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas*. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, Potosi, Potosi - Rivas.
- Altamirano Navarro, G. J., & Diaz Sandino, A. E. (2015). *Estabilizacion de suelos cohesivos por medio de cal en las vias de la comunidad de San Isidro del Pegon, Municipio Potosi-Rivas*. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, Nicaragua.
- Arango Garcia, M. (2011). *Ceniza Volante de Carbon y Cenizas de Hogar o Escorias*.
- Braja M, D. (2015). *Fundametos de Ingenieria Geotecnica* (cuarta ed.). Santa Fe, Mexico: Cengage Learning.
- Carlotto Caillaux, V., Cardenas Roque, J., & Cardier, G. (2011). Geologia del Cuadrangulo de Cusco. En V. Carlotto Caillaux, J. Cardenas Roque, & G. Cardier , *Feologia del Cuadrangulo de Cusco* (pág. 262). Lima.
- Garcia Toro, J. R. (2019). *ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE SUELO-CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VIAS TERCARIAS EN COLOMBIA*. Universidad Catolica de Colombia, Bogota.
- Goicochea Posito, D. (2019). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE CON LA APLICACION DE ENZIMAS ORGANIZAS, CHACHAPOYAS, 2018*. Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Chachapoyas.
- Gonzalez de Vallejo, L. (2002). *Ingenieria Geologia*. Madrid, España: Pearson Educacion.
- Gonzalo Carpio, F. M. (2018). *Analisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de Puno*. Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez, Puno.



- Guyer, J. (2020). *una introduccion a cenizas volantes en carreteras* (Vol. I). California, California, Estados Unidos: The Clubhouse Press.
- Guyer, J. P. (2020). *Una Introduccion a Cenizas Volantes en Pavimentos de Hormigon*. California: The Clubhouse Press.
- Lopez Sumarriva, J. J., & Ortiz Pinares, G. (2018). *Estabilizacion de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la Urbanizacion San Luis de la ciudad de Abancay*. Abancay.
- Mamani Garcia, J., & Ramirez Rondan, M. B. (2020). *Analisis y evaluacion de la estabilizacion de suelos arcillosos en la APV. Pícol Orcompugio mediante la adicion de cal al 10% y puzolana volcanica de la cantera de Raqchi al 15, 25 y 30% para sub rasante de vias pavimentadas segun el manual de carreteras*. Univerdad Andina del Cusco, Cusco, Cusco.
- Montejo Fonseca, A., Montejo Piratova, A., & Montejo Piratova, A. (2018). *Estabilizacion de suelos* (primera ed., Vol. I). Colombia, Bogota, Colombia: Ediciones de la U.
- MTC. (2014). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Lima.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*.
- Parra Gomez, M. G. (2018). *Estabilizacion de un suelo con cal y ceniza volante*. Universidad Catolica de Colombia, Bogota.
- Rico Rodriguez, A., & Del Castillo , H. (2005). *la ingenieria de suelos en las vias terrestres carreteras, ferrocarriles y autopistas* (Vol. I). Mexico, Mexico: Limusa.
- Rico Rodriguez, A., & Del Castillo, H. (2005). *la ingenieria de suelos en las vias terrestres carreteras, ferrocarriles y aeropistas* (Vol. II). Mexico, Mexico: Limusa.
- Sampieri Hernandez, R. (2014). *Metodologia de la investigacin* (Sexta ed.). (M.-H. Interamericana, Ed.)
- Sanz Llano, J. J. (1975). *Mecanica de Suelos*. Barcelona, españa: Editores Tecnicos Asociados S.A.



## Anexos

**Tabla 345**

*Matriz de consistencia*

“EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTOS DEL CUSCO, 2021”.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS	INSTRUMENTOS DE INGENIERIA
PROBLEMA GENERAL	¿Cómo variará las propiedades físico-mecánicas de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante?	Determinar cuánto será la variación que exista en las propiedades físico-mecánicas de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporarle ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.	La ceniza volante de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante, mejorara las propiedades físico-mecánicas de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.	INDEPENDIENTES	INDEPENDIENTES	INDEPENDIENTES	Laboratorio de suelos
PROBLEMAS ESPECIFICOS 1	¿Cómo varía el índice de plasticidad para la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de	Determinar la variación en el índice de plasticidad de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al	La adición de ceniza volante, este nos dará un índice de plasticidad (IP) mínima en la sub-rasante, teniendo un porcentaje de humedad dentro de los rangos establecidos según tipo de	DEPENDIENTES	DEPENDIENTES	DEPENDIENTES	MTC ensayo de límite de consistencia



la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante?

incorporarle ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.

suelo encontrado, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.

2

¿Cuánto varía la densidad máxima seca (DMS) para la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentaje variados para cada procedencia utilizada como estabilizante?

Determinar cuánto será la variación que exista en la densidad máxima seca (DMS) de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.

Añadiendo ceniza volante, incrementará la densidad máxima seca del suelo, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.

densidad máxima seca (DMS)

Relación entre humedad optima (%) y densidad máxima seca (g/cm3)

ensayo de Proctor modificado

3

¿En qué medida varía la magnitud de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante?

Determinar en qué medida será la variación que exista en la magnitud de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporar ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.

Añadiendo ceniza volante, aumentara la capacidad de soporte (CBR) de la sub-rasante, generando mayor soporte de cargas aplicadas sobre ésta, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco.

capacidad de soporte (CBR)

Máxima densidad seca (gr/cm3) y CBR (%)

ensayo de CBR



4	<p>¿Cuál de las cenizas volante utilizadas en la muestra de suelo en porcentajes variados como estabilizante, en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporarle ceniza de volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.</p>	<p>Determinar cuan económicamente conveniente es la aplicación a la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; al incorporarle ceniza de volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante.</p>	<p>El uso de la ceniza volante, de horno industrial y artesanal provenientes de la zona ladrillera de San Jerónimo – Cusco, en porcentajes variados para cada procedencia utilizada como estabilizante de la sub-rasante en la carretera Sencca Quispihuara-Allpachaca, distritos de Cusco, Poroy, Cachimayo y Chinchero, provincias de Cusco, Anta y Urubamba, departamento del Cusco; será económicamente menos costoso.</p>	<p>menor costo</p>	<p>costo de la aplicación de ceniza volante</p>	<p>relación costo-beneficio</p> <p>análisis económico</p>
---	---	---	--	--------------------	---	---

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 230**

*Panel fotografico*





		
Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.	Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.	Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.
		
Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.	Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.	Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.
		
Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.	Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.	Visitas a campo Fuente: Elaboración propia.



Visitas a campo  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a campo  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a campo  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a zona ladrillera  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a zona ladrillera  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a zona ladrillera  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a zona ladrillera  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a zona ladrillera  
Fuente: Elaboración propia.



Mercado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a zona ladrillera  
Fuente: Elaboración propia.



Visitas a zona ladrillera  
Fuente: Elaboración propia.



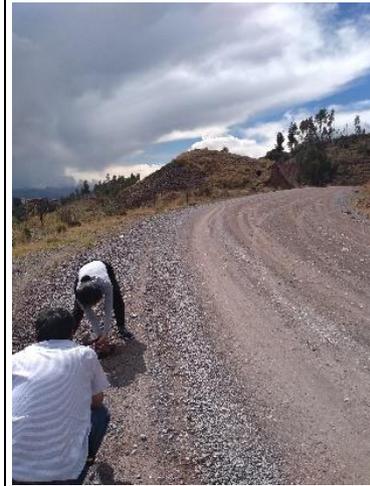
Visitas a zona ladrillera  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



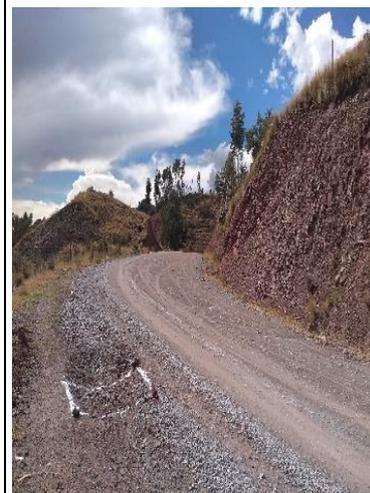
Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Marcado de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Excavación de calicatas  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



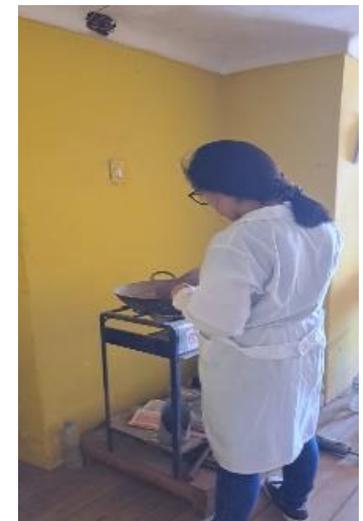
Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



Pruebas de laboratorio  
Fuente: Elaboración propia.



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 Subrasante  
**Solicita** : Soncco -Unaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**  
Peso Total : 5970.0  
Peso de fracción : 425.3  
Peso de muestra lavada: 2463.1

**Humedad Natural (MTC E 108)**

P.M.H. = 393.4  
P.M.S. = 331.7  
% W = 18.6

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	31	25	18
Recipiente N°	20	33	21
R + Suelo Hum.	56.30	60.68	59.30
R + Suelo Seco	50.31	53.39	51.87
Peso Recip.	24.54	24.79	24.53
Peso S. Seco	5.99	7.29	7.43
Peso S. Seco	25.77	28.60	27.34
% de Humedad	23.24	25.49	27.18

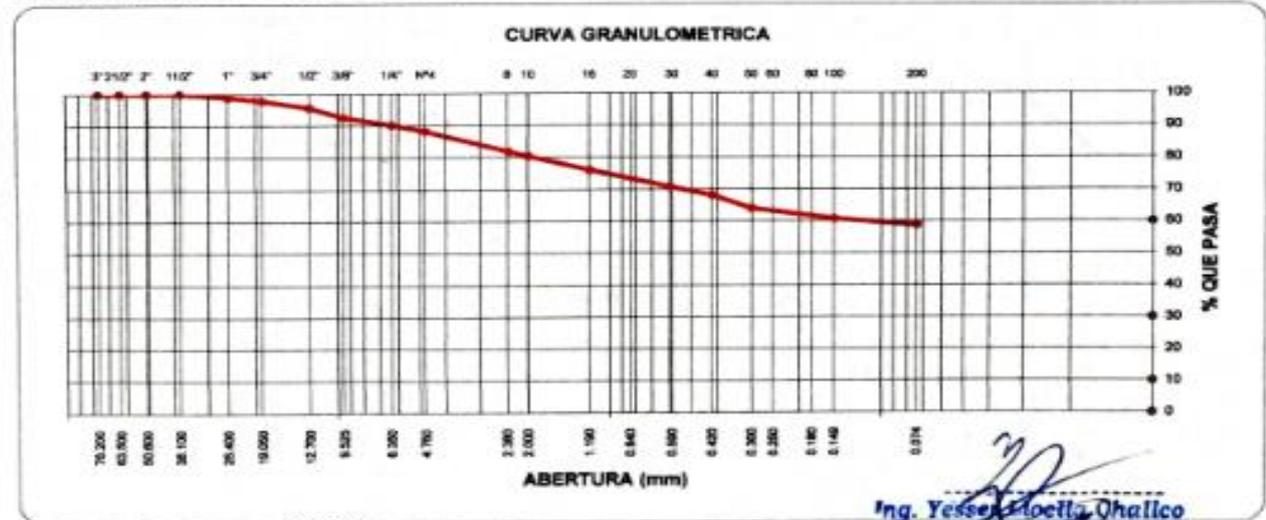
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	13	10
R + Suelo Hum.	18.74	17.48
R + Suelo Seco	16.15	15.10
Peso Recip.	3.90	3.78
Peso Agua	2.59	2.38
Peso S. Seco	12.25	11.32
% de Humedad	21.14	21.02

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	66.5	1.1	98.9	
3/4"	19.050	62.5	2.1	97.9	
1/2"	12.700	132.5	2.2	95.7	
3/8"	9.525	184.2	3.1	92.6	
1/4"	6.350	142.1	2.4	90.2	
No#4	4.760	119.4	2.0	88.2	
8	2.360	30.3	6.3	81.9	
10	2.000	6.9	1.4	80.5	
16	1.190	21.0	4.4	76.1	
30	0.600	25.6	5.3	70.8	
40	0.420	13.2	2.7	68.1	
50	0.300	20.0	4.1	64.0	
100	0.149	15.4	3.2	60.8	
200	0.074	9.5	2.0	58.8	
< 200	283.4	58.8	100.0		



Clasificación SUCS	CL-ML	L.L. : 25.16	Máx.Dens.Seca : 1.892	% C.B.R.al 95% - 0.1 "	3.0
Clasificación AASHTO	A-4(0)	I.P. : 4.08	Humedad Optima : 10.8	% C.B.R.al 100% - 0.1 "	3.6



Ing. Yesser Florentino Qhalico  
REF: 10

OBSERVACIONES: SUCCO muestra resultados...



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)

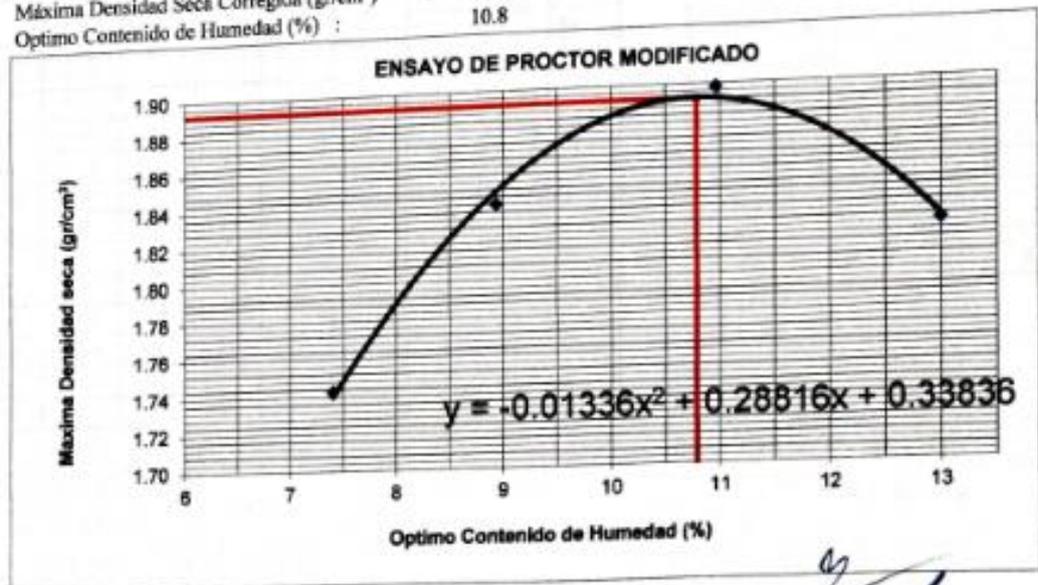
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 01 Subrasante  
**Solicita** : Soncco -Unuysoscco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6039.00	6164.00	6280.00	6219.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1765.00	1890.00	1986.00	1945.00
Volúmen del molde (cm³)	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm³)	1.872	2.004	2.106	2.063

Humedad (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	414.80	382.20	377.50	450.30
Tara + suelo seco (gr.)	386.20	351.80	340.20	398.50
Peso de agua (gr.)	28.60	30.60	37.30	51.80
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	386.20	342.50	340.20	398.50
Humedad (%)	7.4	8.9	10.96	13.0
Densidad Seca (gr/cm³)	1.743	1.840	1.898	1.825

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm³) : 1.892  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.8



Ing. Fesser Libella Chalico  
 CIP 15184  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto**

:"EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCECA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Senceca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 01 Subrasante  
**Solicitante** : Senceca -Unuysenceca  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.892  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.8

Compactación			
Molde N°	5	2	4
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12207	12398	11810
Peso molde (gr.)	7758	8170	7713
Peso suelo compactado (gr.)	4449	4228	4097
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109	2097	2174
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.110	2.016	1.885

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.70	398.70	398.70
Tara+suelo seco (gr.)	360.20	360.20	360.20
Peso de agua (gr.)	38.50	38.50	38.50
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	360.20	360.20	360.20
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.906	1.822	1.703

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5		Molde 2		Molde 4	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		3	1.2	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		4	1.5	3	1.2	2	1.0
0.075	1.91		5	1.8	4	1.5	3	1.2
0.100	2.54	70.31	6	2.0	5	1.8	4	1.5
0.150	3.81		8	2.5	7	2.3	5	1.8
0.200	5.08	105.46	11	3.3	9	2.8	6	2.0
0.250	6.35		13	3.8	10	3.1	7	2.3
0.300	7.62		15	4.4	11	3.3	9	2.8
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	5	2	4
13-10-22	0.000	0.000	0.000
14-10-22	0.172	0.085	0.102
15-10-22	0.235	0.089	0.125
16-10-22	0.239	0.095	0.125
17-10-22	0.240	0.095	0.125
<b>% EXP.</b>	<b>5.1</b>	<b>2.0</b>	<b>2.7</b>

Ing. Jasser Lopez Challo  
 CIP 16117  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021\*

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

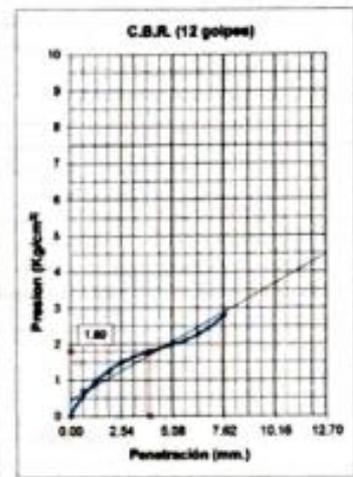
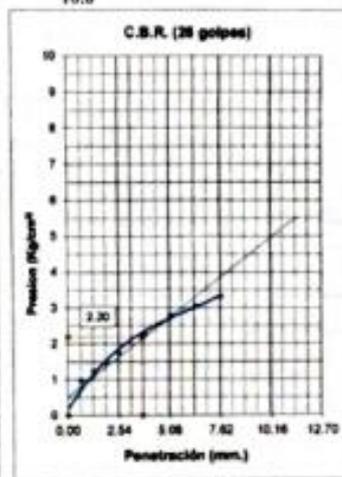
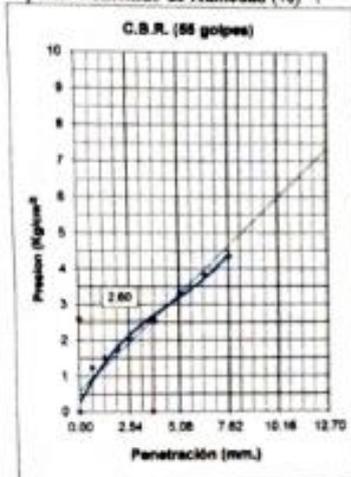
**Muestra** : C- 01 Subrasante

**Solicita** : Soncco -Unuysoneco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.892  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.8

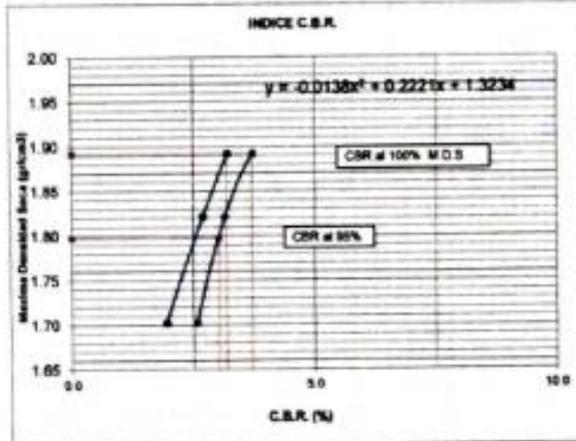


C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 3.7  
 C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 3.2  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.906

C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 3.1  
 C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 2.7  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.822

C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 2.6  
 C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 1.9  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.703

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8922  
 95% DE M.D.S. : 1.798

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 3.6 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 3.0 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 3.1 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 2.6 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 3.0 % al 95% M.D.S.  
 Subrasante pobre.

*[Signature]*  
 Ing. Vester David Choclo  
 CP 11007  
 JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPihuARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 02 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 6301.0  
Peso de fracción : 364.0  
Peso de muestra lavada: 4317.5

**Humedad Natural (MTC E 108)**

P.M.H. = 552.4  
P.M.S. = 500.3  
% W = 10.41

Malla Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	101.2	1.6	1.6	98.4	
3/4"	19.050	165.5	2.6	4.2	95.8	
1/2"	12.700	302.7	4.8	9.0	91.0	
3/8"	9.525	309.8	4.9	13.9	86.1	
1/4"	6.350	425.6	6.8	20.7	79.3	
No4	4.760	311.0	4.9	25.6	74.4	
8	2.360	46.8	9.6	35.2	64.8	
10	2.000	17.4	3.6	38.8	61.2	
16	1.190	44.8	9.2	48.0	52.0	
30	0.600	44.4	9.1	57.1	42.9	
40	0.420	14.2	2.9	60.0	40.0	
50	0.300	16.6	3.4	63.4	36.6	
100	0.149	12.6	2.6	66.0	34.0	
200	0.074	13.1	2.7	68.7	31.3	
< 200		154.1	31.5	100.2		

**Límite Líquido MTC E 110**

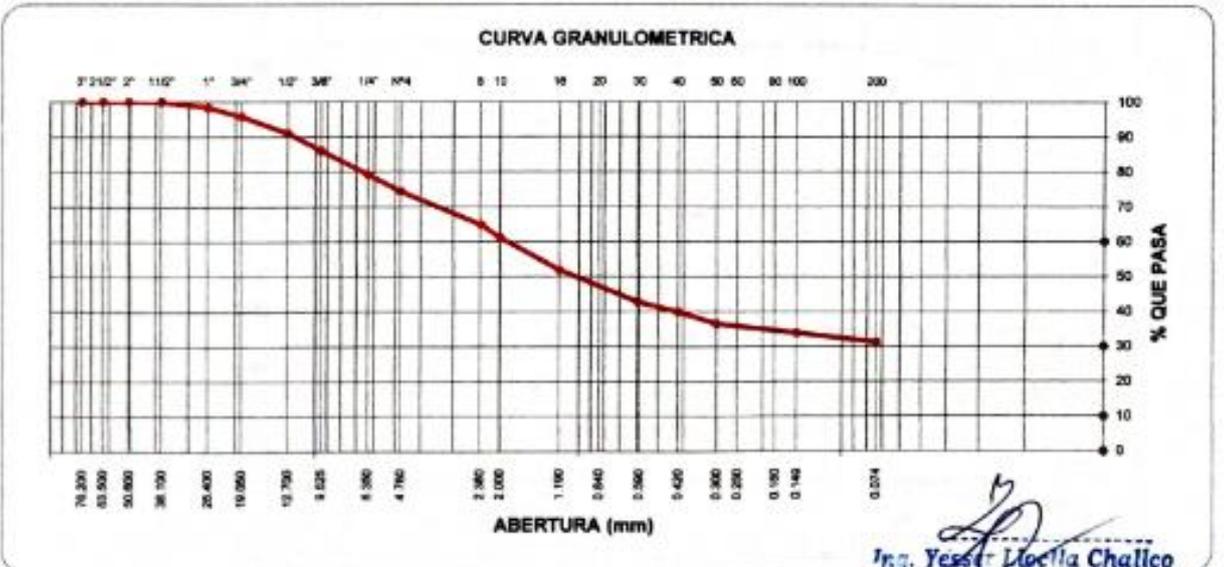
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	25	18
Recipiente Nº	21	39	36
R + Suelo Hum.	54.95	58.83	55.02
R + Suelo Seco	50.31	53.13	49.56
Peso Recip.	24.53	24.59	24.55
Peso Agua	4.64	5.70	5.46
Peso S. Seco	25.78	28.54	25.01
% de Humedad	18.00	19.97	21.83

**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	12	7
R + Suelo Hum.	19.30	18.26
R + Suelo Seco	17.01	16.09
Peso Recip.	3.83	3.79
Peso Agua	2.29	2.17
Peso S. Seco	13.18	12.30
% de Humedad	17.37	17.64



Clasificación SUCS	SM	L.L. : 19.82	Máx. Dens. Seca : 2.155	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	8.9
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	LP : 2.31	Humedad Óptima 7.2	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	12.6



OBSERVACIONES : SUCS: arena limosa con grava.   
 Ing. Yessica Loella Chalco   
 161617   
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILLUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 02 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

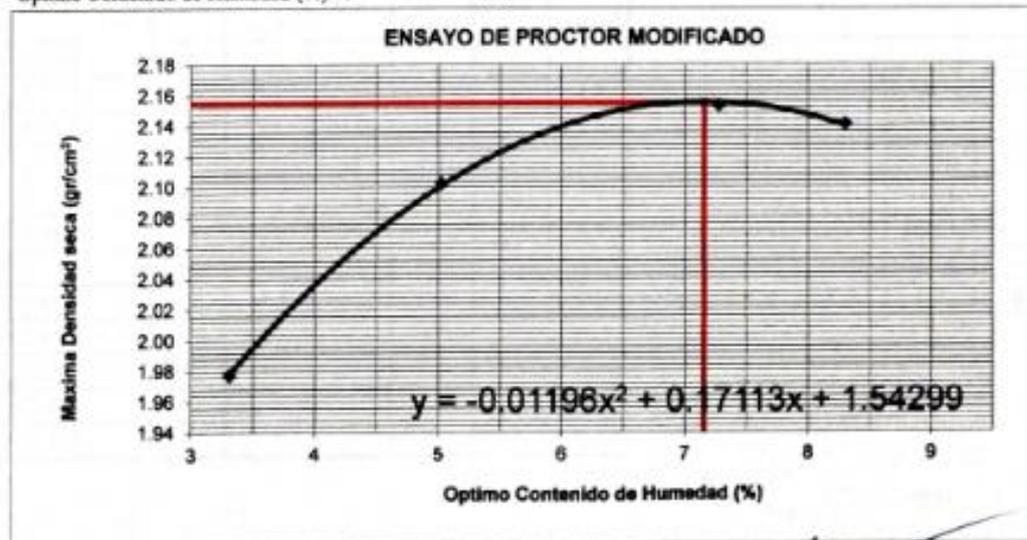
**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11086	11435	11650	11600
Peso molde (gr.)	6765	6765	6765	6765
Peso suelo compactado (gr.)	4321	4670	4885	4904
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115	2115	2115	2115
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.043	2.208	2.310	2.319

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	343.80	362.80	377.50	405.90
Tara + suelo seco (gr.)	332.80	345.80	351.90	374.80
Peso de agua (gr.)	11.00	17.20	25.60	31.10
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	332.60	342.50	351.90	374.80
Humedad (%)	3.3	5.0	7.27	8.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.978	2.102	2.153	2.141

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.155  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.2



Ing. Páscar Doraña Chalico  
 CIP 151617  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 02 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.155

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.2

Compactación			
Molde Nº	5	25	4
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12639	12332	12147
Peso molde (gr.)	7758	7758	7713
Peso suelo compactado (gr.)	4881	4574	4434
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109	2109	2174
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.314	2.169	2.040

Humedad (%)			
Tara Nº			
Tara+suelo húmedo (gr.)	356.40	356.40	356.40
Tara+suelo seco (gr.)	332.60	332.60	332.60
Peso de agua (gr.)	23.80	23.80	23.80
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	332.60	332.60	332.60
Humedad (%)	7.2	7.2	7.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.160	2.024	1.903

**Aplicación de Carga**

Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5		Molde 25		Molde 4	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		15	4.4	11	3.3	5	1.8
0.075	1.91		25	7.0	15	4.4	7	2.3
0.100	2.54	70.31	28	7.7	18	5.1	9	2.8
0.150	3.81		42	11.4	21	5.9	13	3.8
0.200	5.08	105.46	50	13.5	26	7.2	14	4.1
0.250	6.35		60	16.1	33	9.0	16	4.6
0.300	7.62		71	18.9	42	11.4	18	5.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	5	25	4
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.035	0.032	0.030
21-10-22	0.040	0.034	0.030
22-10-22	0.041	0.034	0.030
23-10-22	0.041	0.034	0.030
<b>% EXP.</b>	<b>0.9</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>

*Ing. Yeiser Lioella Chalizo*  
C.O. 15164  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUBRASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHUNCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** C- 02 Subrasante.

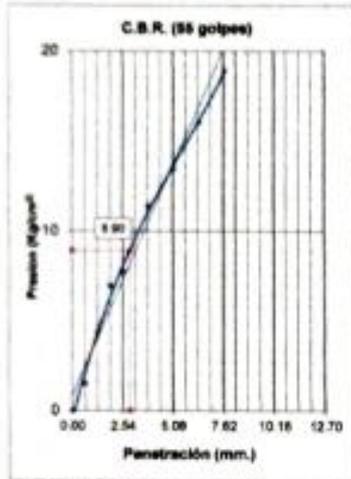
**Solicita** Soncco -Unaysoncco

**Profundidad** 1.50 m

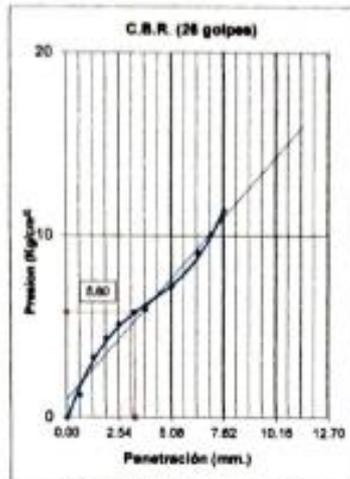
**Fecha** Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.155

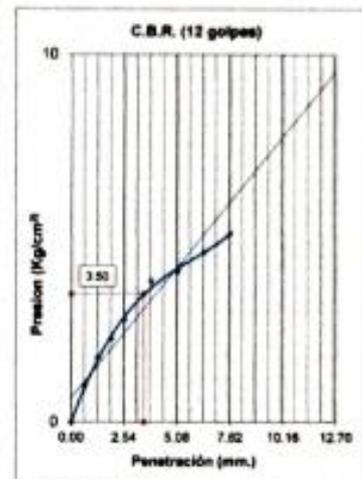
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.2



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 12.7  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 12.8  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.160

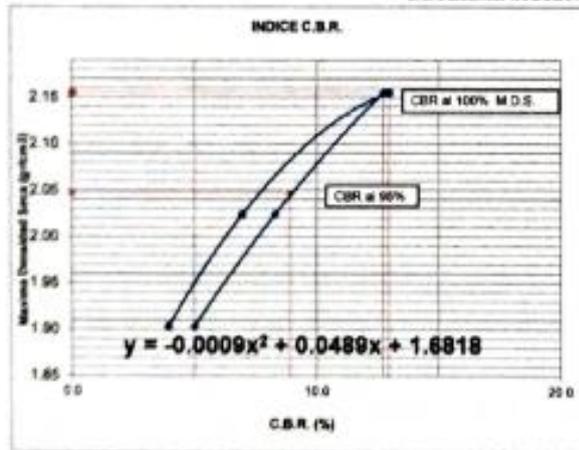


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 8.3  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 6.9  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.024



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 5.0  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 3.9  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.913

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 2.1551

95% DE M.D.S. : 2.047

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 12.6 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 8.9 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 12.6 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 7.5 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R DISEÑO: 8.9 % al 95% M.D.S.

Subrasante regular.

*Ing. Yasser Lucilla Chalico*  
CIP 181647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPÍHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unaysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 5408.0  
Peso de fracción : 387.3  
Peso de muestra lavada: 2032.1

**Humedad Natural**

(MTC E 108)  
P.M.H. = 443.2  
P.M.S. = 389.7  
% W = 13.73

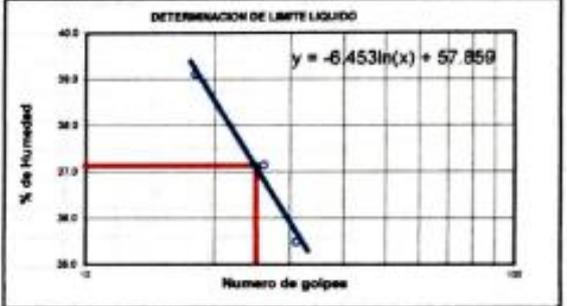
**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	31	26	18
Recipiente N°	11	9	34
R + Suelo Hum.	60.75	57.55	59.78
R + Suelo Seco	51.32	48.65	49.87
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	9.43	8.90	9.91
Peso S. Seco	26.57	23.96	25.34
% de Humedad	35.49	37.15	39.11

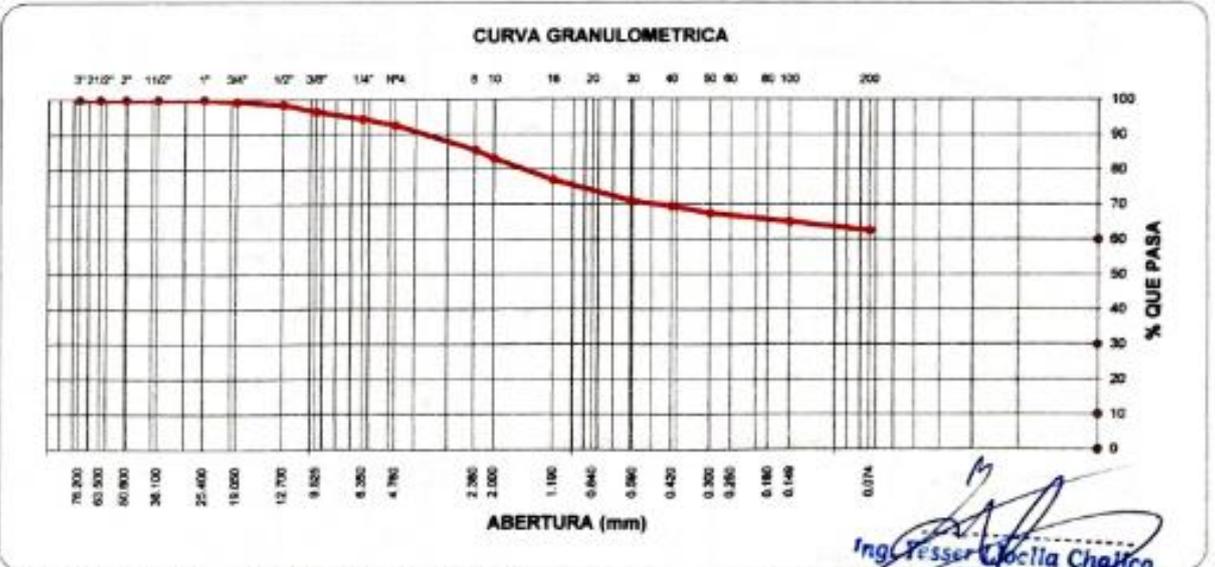
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2	
Recipiente N°	17	30	
R + Suelo Hum.	18.22	18.68	
R + Suelo Seco	14.88	15.23	
Peso Recip.	3.78	3.82	
Peso Agua	3.34	3.45	
Peso S. Seco	11.10	11.41	
% de Humedad	30.09	30.24	30.16

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	34.8	0.6	99.4	
1/2"	12.700	48.8	0.9	98.5	
3/8"	9.525	103.1	1.9	96.6	
1/4"	6.350	120.5	2.2	94.4	
No4	4.760	98.9	1.8	92.6	
8	2.360	29.8	7.1	85.5	
10	2.000	10.0	2.4	83.1	
16	1.190	25.5	6.1	77.0	
30	0.600	25.3	6.0	71.0	
40	0.420	6.8	1.6	69.4	
50	0.300	8.4	2.0	67.4	
100	0.149	9.5	2.3	65.1	
200	0.074	10.6	2.5	62.6	
< 200		261.4	62.5	99.9	



Clasificación SUCS	CL	L.L. : 37.13	Máx.Dens.Seca : 1.783	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	3.9
Clasificación AASHTO	A-4 (4)	IP. : 6.97	Humedad Óptima 10.5	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	5.0



OBSERVACIONES : MUCR. Arcilla baja plasticidad

Ing. Yesser Jocella Chalko  
CIP 81647  
JEFE DE LABORATORIO



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHENCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 03 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoneco

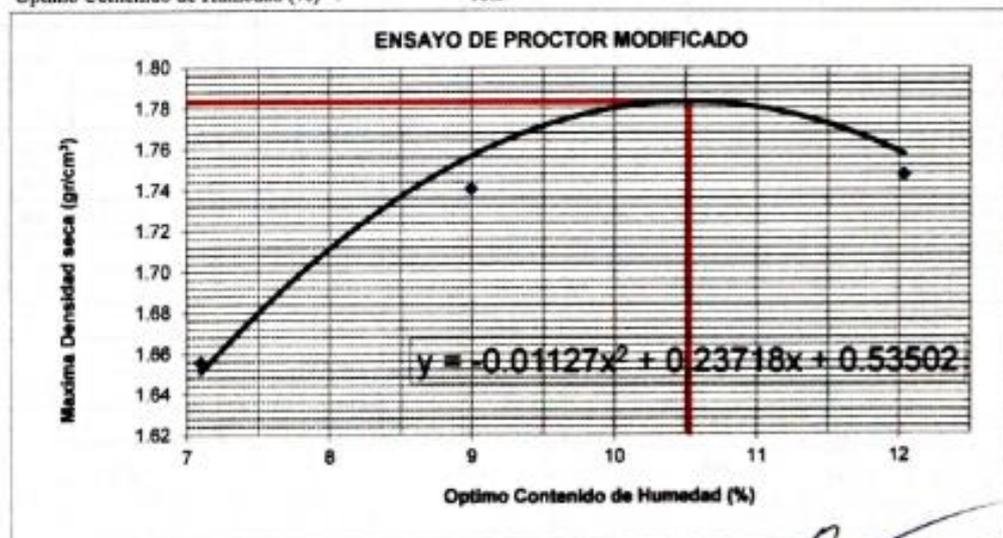
**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°				
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5848	6063	6158	6120
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1672	1789	1885	1846
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.773	1.897	1.999	1.958

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	393.90	372.70	361.80	372.40
Tara + suelo seco (gr.)	367.80	341.90	326.30	332.40
Peso de agua (gr.)	26.10	30.80	35.50	40.00
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	367.80	342.50	326.30	332.40
Humedad (%)	7.1	9.0	10.88	12.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.656	1.741	1.803	1.747

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.783  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.5



*[Firma]*  
 Ing. **Jesús Ilcota Chalco**  
 CIP 18164  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUSPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHENCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 Subrasante.

Solicita : Soncco -Unuysoncco

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Cusco, octubre del 2022.

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.783

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.5

Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11270	11756	11528
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4335	3891	3573
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.970	1.835	1.696

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	378.00	378.00	378.00
Tara+suelo seco (gr.)	341.60	341.60	341.60
Peso de agua (gr.)	36.40	36.40	36.40
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	341.60	341.60	341.60
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.780	1.658	1.532

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		5	1.8	4	1.5	3	1.2
0.075	1.91		7	2.3	5	1.8	4	1.5
0.100	2.54	70.31	10	3.1	7	2.3	5	1.8
0.150	3.81		15	4.4	10	3.1	7	2.3
0.200	5.08	105.46	19	5.4	12	3.6	8	2.5
0.250	6.35		26	7.2	15	4.4	10	3.1
0.300	7.62		32	8.8	17	4.9	12	3.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.137	0.120	0.110
21-10-22	0.160	0.125	0.115
22-10-22	0.170	0.128	0.116
23-10-22	0.172	0.130	0.118
% EXP.	3.7	2.8	2.5

Ing. Yasser Lloclha Chalico  
CIP 16167  
JEFE DE LABORATORIO

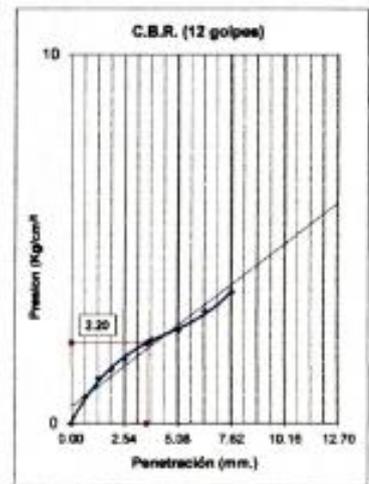
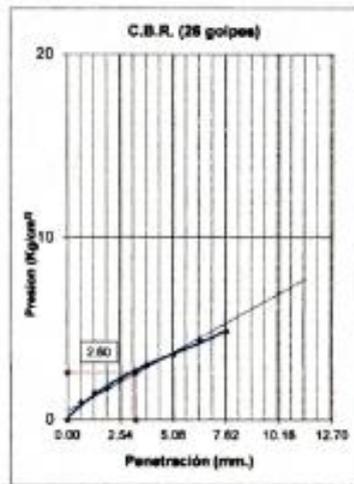
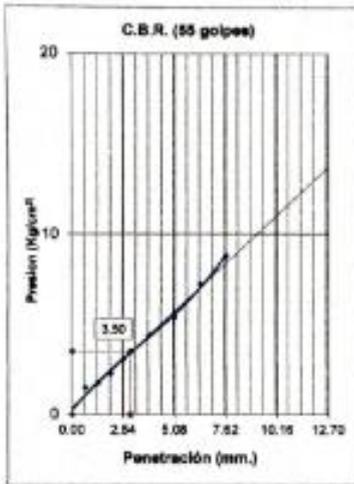


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
Muestra : C-03 Subrasante.  
Solicita : Sencco -Unuysoncco  
Profundidad : 1.50 m  
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.783  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.5

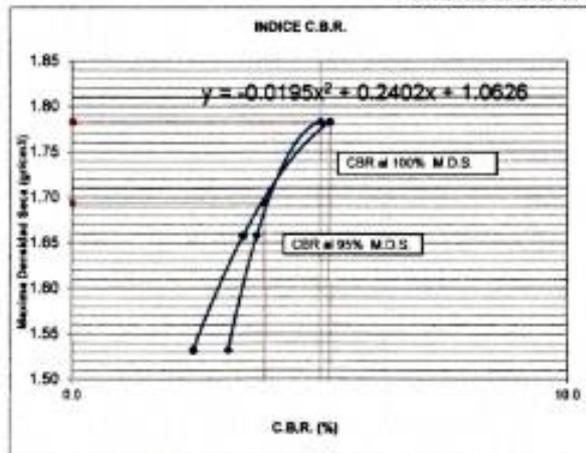


C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 5.0  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 5.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.780

C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 3.7  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 3.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.658

C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 3.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 2.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.532

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7829

95% DE M.D.S. : 1.694

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 5.0 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 3.9 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 5.2 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 3.7 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R DISEÑO: 3.9 % al 95% M.D.S.  
Subrasante pobre.

*Ing. Yesser Lucilla Chalco*  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : 1ª EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 04 Subrasante.  
**Solicita** : Sonoco -Unuysonceo  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 7115.0  
Peso de fracción : 412.1  
Peso de muestra lavada: 4469.7

**Humedad Natural**

(MTC E 108)  
P.M.H. = 543.7  
P.M.S. = 475.5  
% W = 14.34

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	56.40	57.50	60.53
R + Suelo Seco	49.62	50.18	52.17
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	6.78	7.32	8.36
Peso S. Seco	25.16	25.42	27.30
% de Humedad	26.95	28.80	30.62

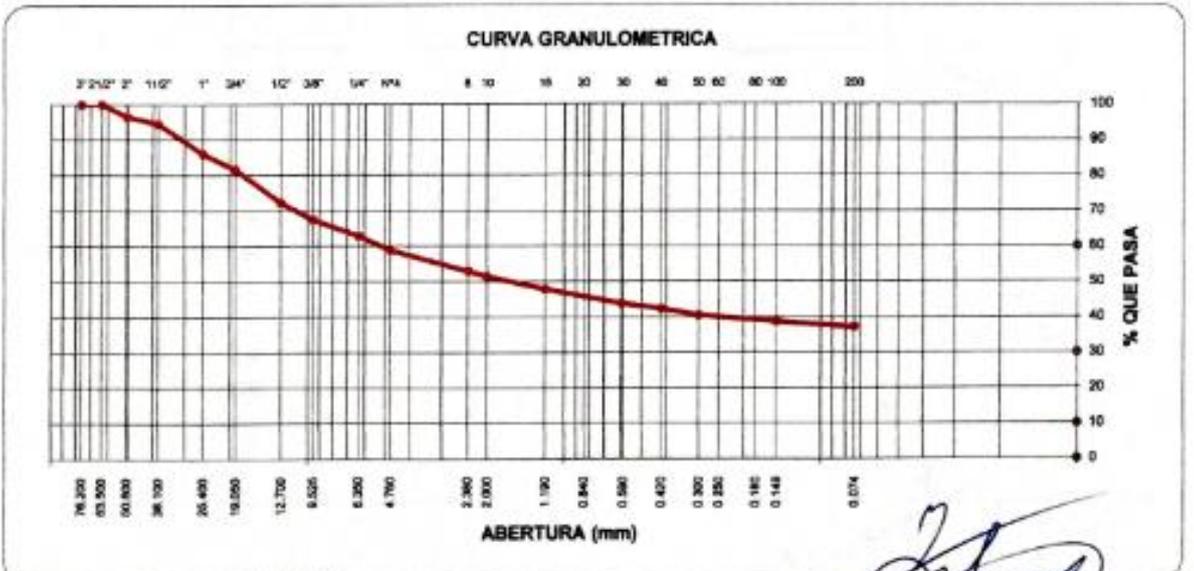
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	17	21	
R + Suelo Hum.	19.69	18.39	
R + Suelo Seco	17.32	16.20	
Peso Recip.	3.79	3.82	
Peso Agua	2.37	2.19	
Peso S. Seco	13.53	12.38	
% de Humedad	17.52	17.69	17.60

Malla	Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	242.1	3.4	3.4	96.6		
1 1/2"	38.100	147.7	2.1	5.5	94.5		
1"	25.400	601.0	8.4	13.9	86.1		
3/4"	19.050	321.1	4.5	18.4	81.6		
1/2"	12.700	662.4	9.3	27.7	72.3		
3/8"	9.525	350.7	4.9	32.6	67.4		
1/4"	6.350	318.9	4.5	37.1	62.9		
No#4	4.760	289.6	4.1	41.2	58.8		
8	2.360	41.3	5.9	47.1	52.9		
10	2.000	10.0	1.4	48.5	51.5		
16	1.190	25.2	3.6	52.1	47.9		
30	0.600	28.0	4.0	56.1	43.9		
40	0.420	10.2	1.5	57.6	42.4		
50	0.300	13.0	1.9	59.5	40.5		
100	0.149	12.9	1.8	61.3	38.7		
200	0.074	10.8	1.5	62.8	37.2		
< 200		260.7	37.2	100.0			



Clasificación SUCS	SC	L.L. :	28.75	Máx. Dens. Seca :	2.103	% C.B.R. al 95% - 0.1"	5.4
Clasificación AASHTO	A-6 (1)	I.P. :	11.14	Humedad Óptima	7.5	% C.B.R. al 100% - 0.1"	6.8



OBSERVACIONES :

SUCS: Arcos arcillosos con grava

Ing. *[Firma]*  
CIP. 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115)

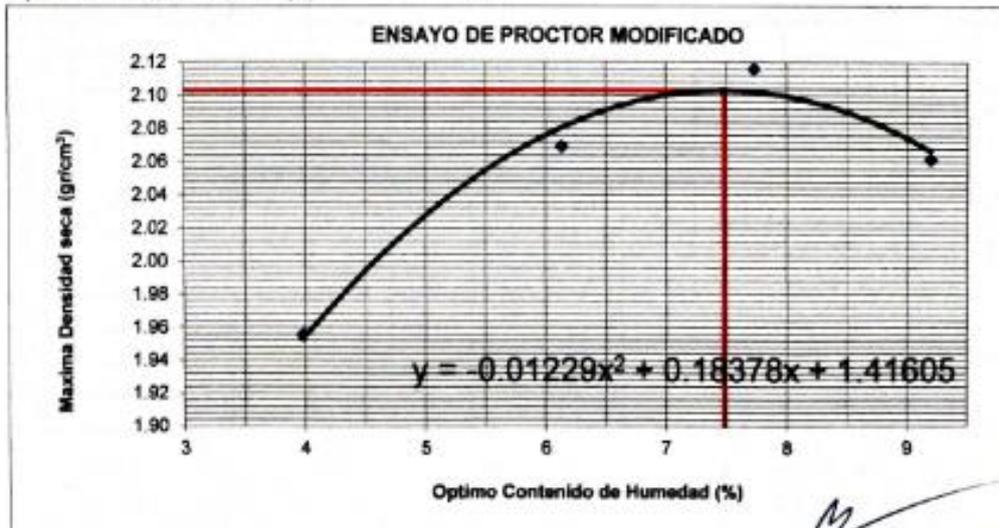
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-04 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11085	11410	11588	11528
Peso molde (gr.)	6765	6765	6765	6765
Peso suelo compactado (gr.)	4300	4645	4821	4761
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115	2115	2115	2115
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.033	2.196	2.279	2.251

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	339.90	336.90	363.70	373.00
Tara + suelo seco (gr.)	328.90	315.90	337.60	341.60
Peso de agua (gr.)	13.00	21.00	26.10	31.40
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	326.90	342.50	337.60	341.60
Humedad (%)	4.0	6.1	7.73	9.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.955	2.069	2.116	2.062

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.103  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.5



Ing. *[Firma]*  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 04 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.103

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.5

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12738	12637	11227
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4783	4467	4292
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.270	2.130	1.950

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	396.80	396.80	396.80
Tara+suelo seco (gr.)	368.90	368.90	368.90
Peso de agua (gr.)	27.90	27.90	27.90
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	368.90	368.90	368.90
Humedad (%)	7.6	7.6	7.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.110	1.980	1.813

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 6		Molde 22		Molde 10	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		3	1.2	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		8	2.5	6	2.0	4	1.5
0.075	1.91		11	3.3	8	2.5	6	2.0
0.100	2.54	70.31	14	4.1	10	3.1	8	2.5
0.150	3.81		16	4.6	12	3.6	9	2.8
0.200	5.08	105.46	19	5.4	15	4.4	11	3.3
0.250	6.35		21	5.9	17	4.9	12	3.6
0.300	7.62		23	6.4	18	5.1	13	3.8
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
13-10-22	0.000	0.000	0.000
14-10-22	0.140	0.145	0.130
15-10-22	0.148	0.149	0.147
16-10-22	0.149	0.156	0.152
17-10-22	0.149	0.165	0.155
<b>% EXP.</b>	<b>3.2</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>

Ing. Yessier Lucilla Chalisco  
CIP 191647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 04 Subrasante.

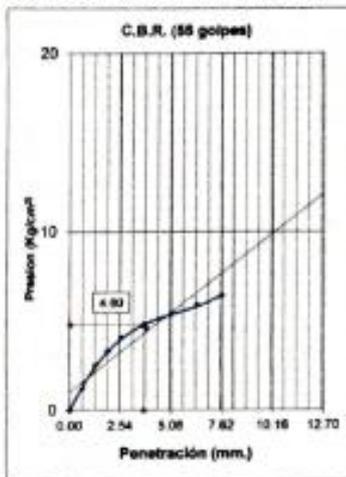
**Solicita** : Soncco -Unuysonecco

**Profundidad** : 1.50 m

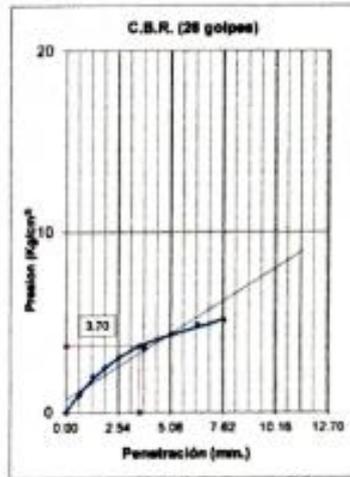
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.103

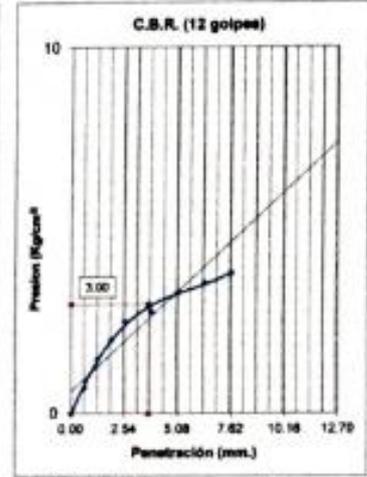
Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.5



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 6.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 5.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.110

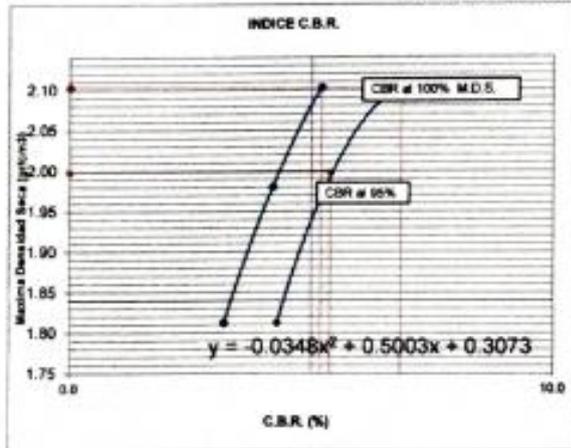


C.B.R. (0.1")-25 Golpes : 5.3  
C.B.R. (0.2")-25 Golpes : 4.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.980



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 4.3  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 3.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.813

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 2.1031

95% DE M.D.S. : 1.998

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 8.8 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 8.4 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 5.1 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 4.3 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 5.4 % al 95% M.D.S.

Subrasante pobre.

Ing. Jasser Benigno Charlino  
CIP 161547  
JEFE DE LABORATORIO



## Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 5 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysomcco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

### Granulometría (MTC E107)

#### Datos de ensayo

Peso Total : 5282.0

Peso de fracción : 295.0

Peso de muestra lavada: 2865.8

### Humedad Natural

#### (MTC E 108)

P.M.H. = 257.1

P.M.S. = 194.7

% W = 32.05

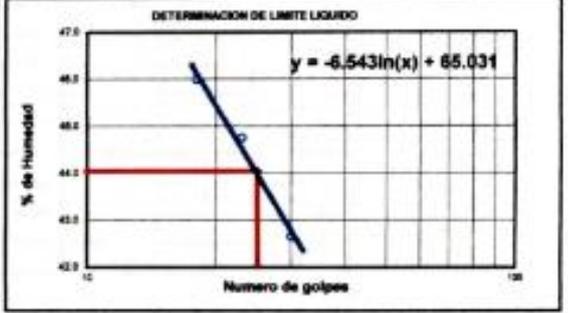
### Límite Líquido MTC E 110

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	23	18
Recipiente N°	15	33	20
R + Suelo Hum.	59.87	55.82	61.90
R + Suelo Seco	49.26	46.22	50.13
Peso Recip.	24.39	24.77	24.54
Peso Agua	10.61	9.60	11.77
Peso S. Seco	24.87	21.45	25.59
% de Humedad	42.66	44.76	45.99

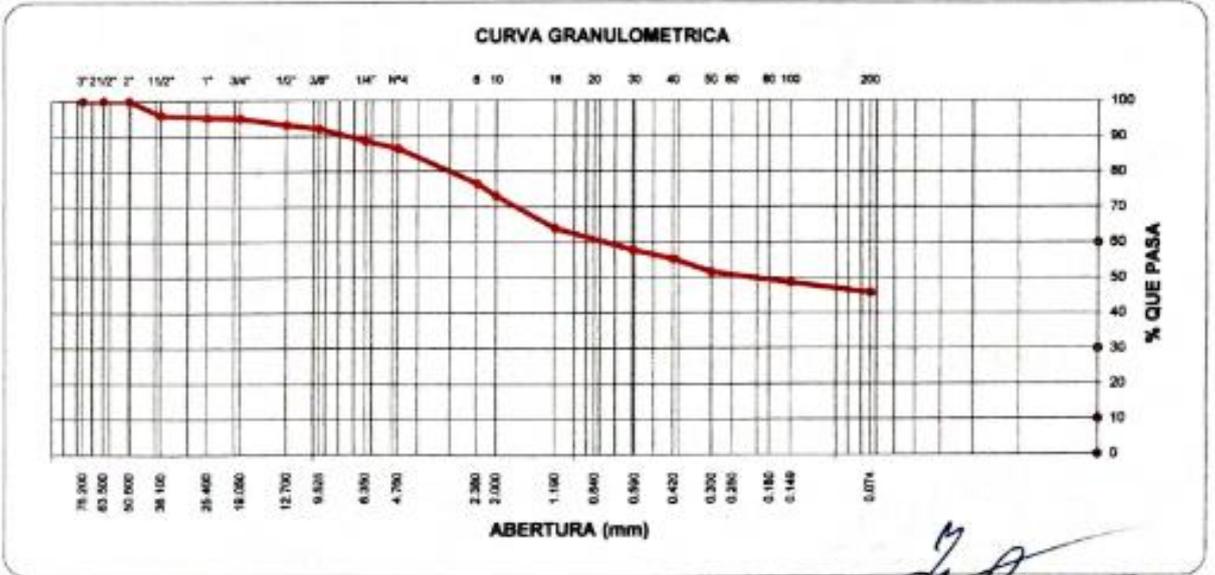
### Límite Plástico MTC E111

Ensayo	1	2	
Recipiente N°	35	10	
R + Suelo Hum.	16.72	16.55	
R + Suelo Seco	14.02	13.89	
Peso Recip.	3.81	3.78	
Peso Agua	2.70	2.66	
Peso S. Seco	10.21	10.11	
% de Humedad	26.44	26.31	26.38

Malla	Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"		76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"		63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"		50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"		38.100	215.3	4.1	4.1	95.9	
1"		25.400	29.5	0.6	4.7	95.3	
3/4"		19.050	11.0	0.2	4.9	95.1	
1/2"		12.700	102.1	1.9	6.8	93.2	
3/8"		9.525	57.2	1.1	7.9	92.1	
1/4"		6.350	183.0	3.5	11.4	88.6	
No4		4.760	108.9	2.1	13.5	86.5	
8		2.360	34.1	10.0	23.5	76.5	
10		2.000	11.7	3.4	26.9	73.1	
16		1.190	31.1	9.1	36.0	64.0	
30		0.600	21.3	6.2	42.2	57.8	
40		0.420	8.4	2.5	44.7	55.3	
50		0.300	12.5	3.7	48.4	51.6	
100		0.149	10.4	3.0	51.4	48.6	
200		0.074	9.7	2.8	54.2	45.8	
< 200			155.8	45.7	99.9		



Clasificación SUCS	SC	L.L. : 44.04	Máx.Dens.Seca : 1.900	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	8.0
Clasificación AASHTO	A-7-6 (5)	I.P. : 17.67	Humedad Optima 15.3	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	11.6



OBSERVACIONES : SUCS: arena arenillosa

*[Firma]*  
Ing. *[Nombre]* Chanco  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)

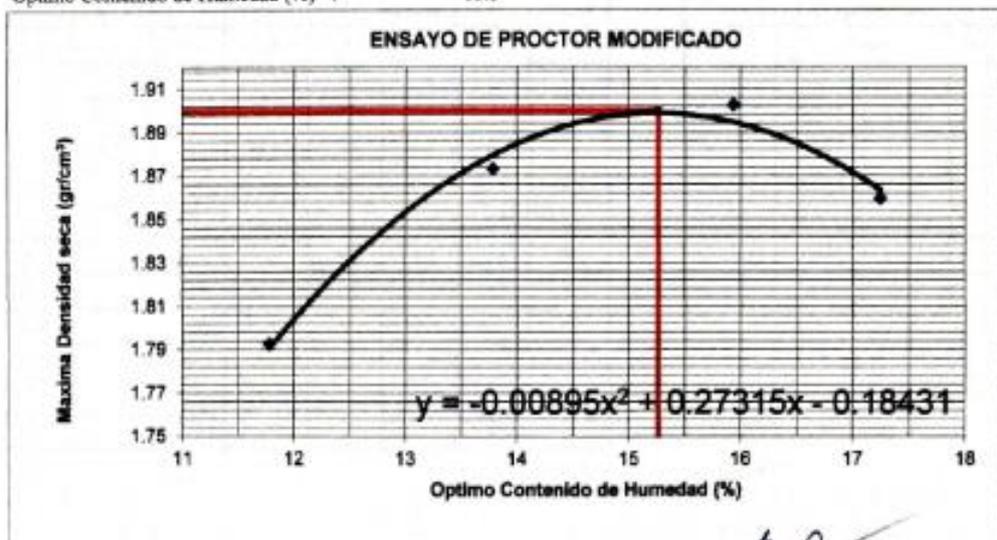
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 5 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoneco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6160	6280	6350	6326
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1886	2006	2076	2052
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	941.24	941.24	941.24	941.24
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.004	2.131	2.206	2.180

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	282.90	292.10	300.50	316.20
Tara + suelo seco (gr.)	235.20	244.90	259.20	269.70
Peso de agua (gr.)	27.70	47.20	41.30	46.50
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	235.20	342.50	259.20	269.70
Humedad (%)	11.8	13.8	15.93	17.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.793	1.873	1.902	1.859

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.900  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 15.3



Ing. Yesser Lioetia Chalco  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 5 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Umuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.900

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 15.3

Compactación			
Molde N°	43	44	45
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12636	12186	11810
Peso molde (gr.)	7996	7713	7758
Peso suelo compactado (gr.)	4640	4473	4052
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2117	2174	2109
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.192	2.057	1.921

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	299.90	299.90	299.90
Tara+suelo seco (gr.)	259.80	259.80	259.80
Peso de agua (gr.)	40.10	40.10	40.10
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	259.80	259.80	259.80
Humedad (%)	15.4	15.4	15.4
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.899	1.782	1.664

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 43		Molde 44		Molde 45	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		15	4.4	9	2.8	6	2.0
0.075	1.91		20	5.7	12	3.6	9	2.8
0.100	2.54	70.31	31	8.5	19	5.4	12	3.6
0.150	3.81		58	15.5	37	10.1	20	5.7
0.200	5.08	105.46	68	18.1	52	14.0	27	7.5
0.250	6.35		87	23.1	69	18.4	34	9.3
0.300	7.62		102	27.0	78	20.7	42	11.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	43	44	45
24-10-22	0.000	0.000	0.000
25-10-22	0.020	0.022	0.025
26-10-22	0.028	0.026	0.028
27-10-22	0.032	0.026	0.029
28-10-22	0.032	0.026	0.029
% EXP.	0.7	0.6	0.6

Ing. Jesse Liberta Chalko  
CIF 161947  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-5 Subrasante.

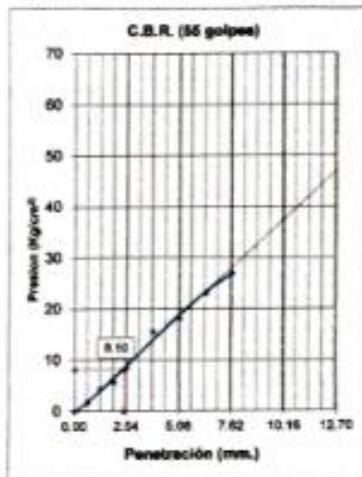
**Solicita** : Soncco - Uenaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

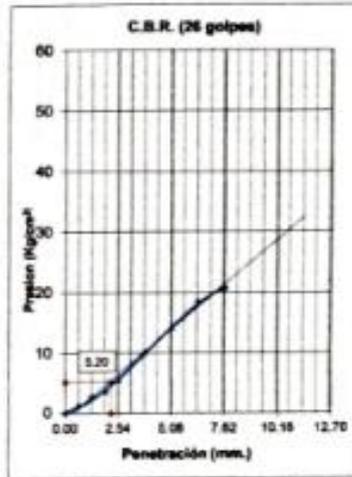
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.900

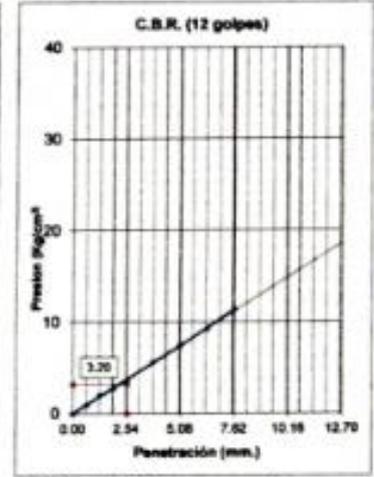
Optimo Contenido de Humedad (%) : 15.3



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 11.6  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 17.3  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.899

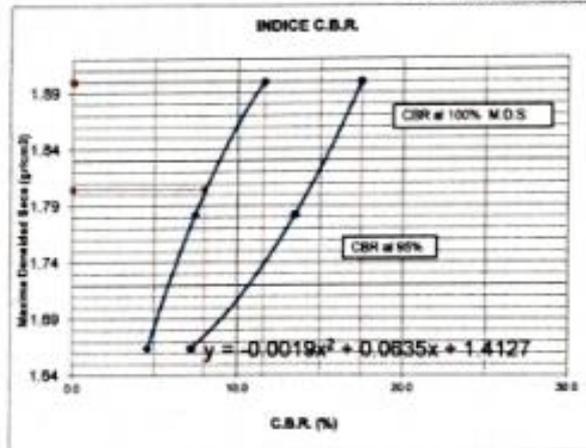


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 7.4  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 13.3  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.782



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 4.6  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 7.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.564

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8998

95% DE M.D.S. : 1.805

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 11.6 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 8.0 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 17.3 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 14.5 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 8.0 % al 95% M.D.S.  
Subrasante regular.

*Ing. Yasser Llibella Chalico*  
CIF 151647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-06 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoneco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**  
 Peso Total : 7835.0  
 Peso de fracción : 299.5  
 Peso de muestra lavada: 4438.7

**Humedad Natural (MTC E 108)**  
 P.M.H. = 276.2  
 P.M.S. = 221  
 % W = 24.98

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	29	23	18
Recipiente N°	4	15	31
R + Suelo Hum.	58.03	62.78	64.98
R + Suelo Seco	49.88	53.00	54.26
Peso Recip.	24.58	24.39	24.39
Peso Agua	8.15	9.78	10.72
Peso S. Seco	25.30	28.61	29.87
% de Humedad	32.21	34.18	35.89

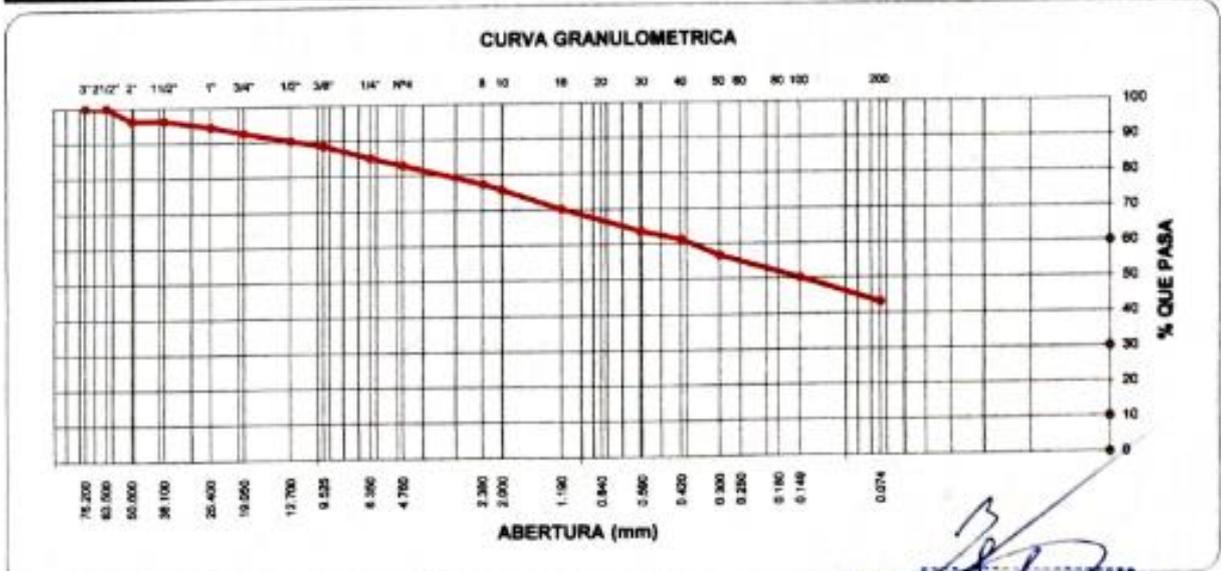
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2	
Recipiente N°	23	17	
R + Suelo Hum.	18.01	17.41	
R + Suelo Seco	15.40	14.91	
Peso Recip.	3.74	3.78	
Peso Agua	2.61	2.50	
Peso S. Seco	11.66	11.13	
% de Humedad	22.38	22.46	22.42

Malla Tamiz mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	289.8	3.7	96.3	
1 1/2"	38.100	0.0	3.7	96.3	
1"	25.400	140.6	1.8	5.5	94.5
3/4"	19.050	146.9	1.9	7.4	92.6
1/2"	12.700	179.2	2.3	9.7	90.3
3/8"	9.525	122.3	1.6	11.3	88.7
1/4"	6.350	282.2	3.6	14.9	85.1
No4	4.760	174.4	2.2	17.1	82.9
8	2.360	19.7	5.5	22.6	77.4
10	2.000	6.2	1.7	24.3	75.7
16	1.190	20.1	5.6	29.9	70.1
30	0.600	23.1	6.4	36.3	63.7
40	0.420	8.6	2.4	38.7	61.3
50	0.300	16.5	4.6	43.3	56.7
100	0.149	23.3	6.4	49.7	50.3
200	0.074	25.5	7.1	56.8	43.2
< 200		156.5	43.3	100.1	



Clasificación SUCS	SC	L.L. :	33.71	Máx. Dens. Seca :	1.929	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	7.5
Clasificación AASHTO	A-6(2)	I.P. :	11.28	Humedad Óptima	14.6	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	14.1



OBSERVACIONES : SUCS: Arena arcillosa  
 Ing. *[Firma]* Chailco  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)

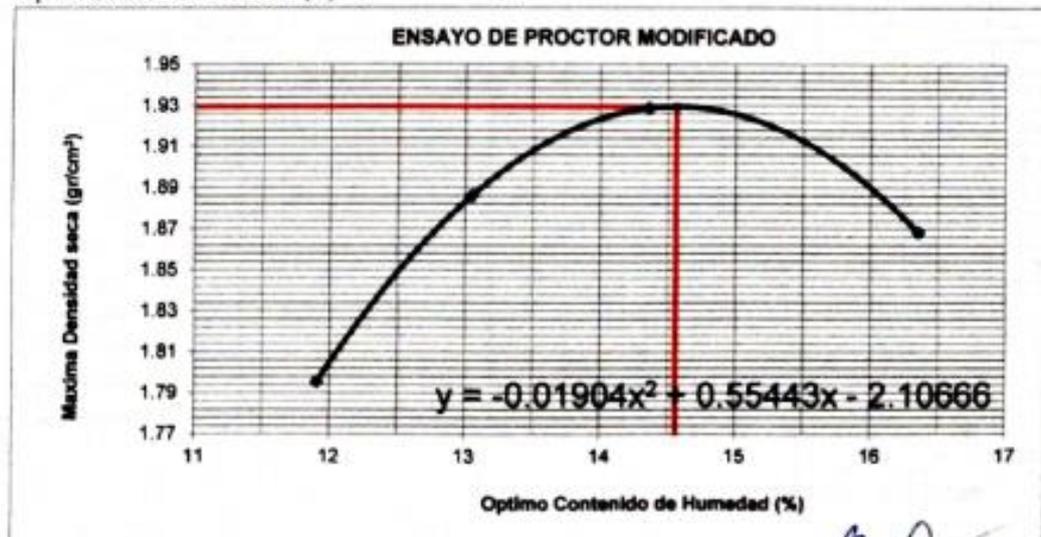
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-06 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6165	6281	6350	6320
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1891	2007	2076	2046
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	941.24	941.24	941.24	941.24
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.009	2.132	2.206	2.174

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	341.20	328.40	309.80	327.30
Tara + suelo seco (gr.)	304.90	283.70	270.90	281.30
Peso de agua (gr.)	36.30	44.70	38.90	46.00
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	304.90	342.50	270.90	281.30
Humedad (%)	11.9	13.1	14.36	16.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.795	1.886	1.929	1.868

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.929  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.6



Ing. Yesenia Jocita Chalico  
 151647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 06 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysonecco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

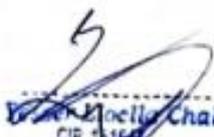
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.929  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 14.6

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12520	12265	12221
Peso molde (gr.)	7713	7758	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4807	4507	4266
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2174	2109	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.211	2.137	2.025

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	327.50	327.50	327.50
Tara+suelo seco (gr.)	285.60	285.60	285.60
Peso de agua (gr.)	41.90	41.90	41.90
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	285.60	285.60	285.60
Humedad (%)	14.7	14.7	14.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.928	1.864	1.766

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		13	3.8	7	2.3	5	1.8
0.075	1.91		27	7.5	15	4.4	10	3.1
0.100	2.54	70.31	39	10.6	24	6.7	15	4.4
0.150	3.81		65	17.4	35	9.6	27	7.5
0.200	5.08	105.46	82	21.8	51	13.7	41	11.1
0.250	6.35		101	26.7	71	18.9	52	14.0
0.300	7.62		127	33.4	85	22.5	60	16.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
18-10-22	0.000	0.000	0.000
19-10-22	0.022	0.029	0.036
20-10-22	0.026	0.032	0.037
21-10-22	0.026	0.032	0.037
22-10-22	0.026	0.032	0.037
<b>% EXP.</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>

  
 Ing. Yvonne Anello Chalco  
 CIP 11514  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021\*

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 06 Subrasante.

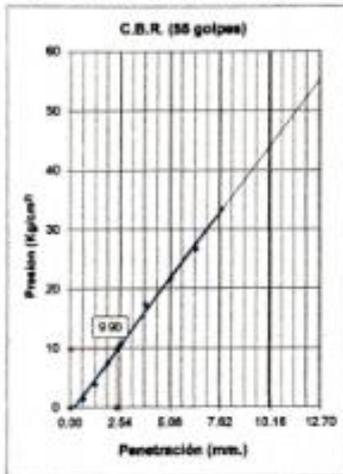
**Solicita** : Soncco -Unrysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

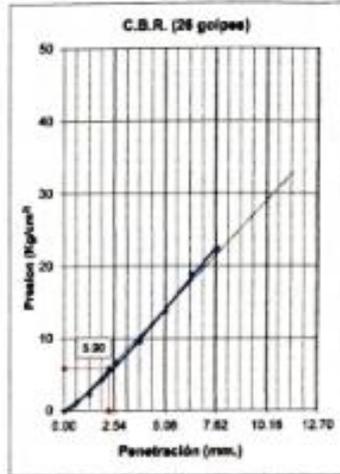
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.929

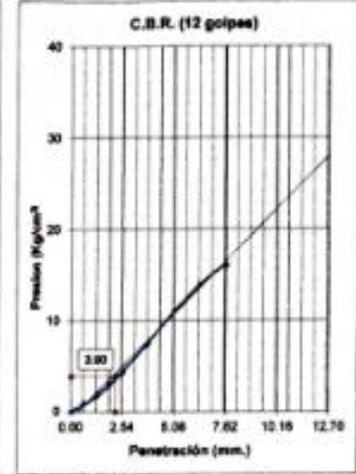
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.6



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 14.1  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 20.7  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.928



C.B.R. (0.1")-25 Golpes : 8.4  
C.B.R. (0.2")-25 Golpes : 13.1  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.864

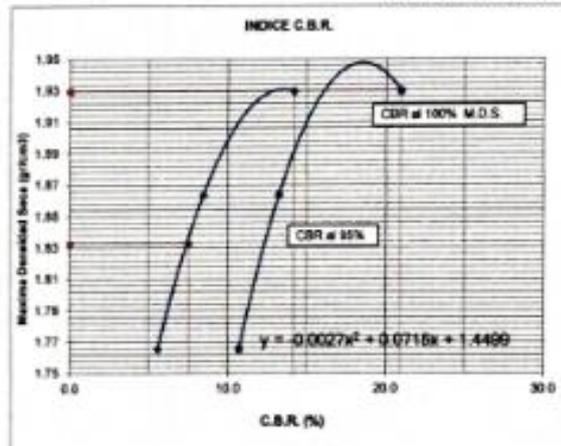


C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 5.6  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 10.6  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.766

**DETERMINACION DE C.B.R.**

M.D.S. : 1.9295

95% DE M.D.S. : 1.833



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 14.1 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 7.5 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 20.7 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 12.3 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 7.5 % al 95% MDS.

Subrasante regular.

*Ing. Jeyson Challo*  
161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : 1ª EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUINPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra Solicita** : C-07 Subrasante.  
: Sencca - Unruysencca

**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (NTP 339.128)**

**Datos de ensayo**  
Peso Total : 8910.8  
Peso de fracción : 380.8  
Peso de muestra lavada: 4438.7

**Humedad Natural (MTC E 108)**

P.M.H. = 502.6  
P.M.S. = 435.9  
% W = 15.30

**Límite Líquido NTP 339.129**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	26	18
Recipiente Nº	8	9	20
R + Suelo Hum.	59.51	58.97	59.02
R + Suelo Seco	52.15	51.32	50.87
Peso Recip.	24.59	24.69	24.54
Peso Agua	7.36	7.65	8.15
Peso S. Seco	27.56	26.63	26.33
% de Humedad	26.71	28.73	30.95

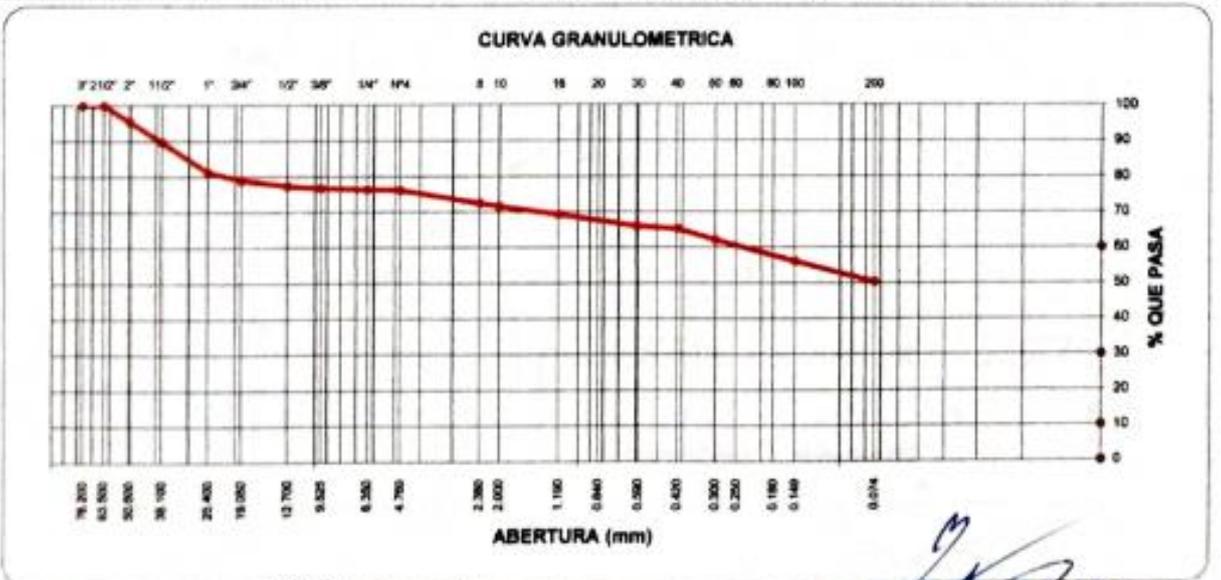
**Límite Plástico NTP 339.129**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	25	14
R + Suelo Hum.	18.95	19.90
R + Suelo Seco	16.20	16.98
Peso Recip.	3.76	3.79
Peso Agua	2.75	2.92
Peso S. Seco	12.44	13.19
% de Humedad	22.11	22.14
		22.12

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	403.0	4.5	4.5	95.5	
1 1/2"	38.100	513.6	5.8	10.3	89.7	
1"	25.400	752.3	8.4	18.7	81.3	
3/4"	19.050	207.5	2.3	21.0	79.0	
1/2"	12.700	145.9	1.6	22.6	77.4	
3/8"	9.525	54.2	0.6	23.2	76.8	
1/4"	6.350	39.1	0.4	23.6	76.4	
No4	4.760	18.6	0.2	23.8	76.2	
8	2.360	19.2	3.8	27.6	72.4	
10	2.000	3.8	0.8	28.4	71.6	
16	1.190	11.7	2.3	30.7	69.3	
30	0.600	16.3	3.3	34.0	66.0	
40	0.420	3.6	0.7	34.7	65.3	
50	0.300	16.0	3.2	37.9	62.1	
100	0.149	30.2	6.0	43.9	56.1	
200	0.074	28.7	5.7	49.6	50.4	
< 200		251.3	50.3	99.9		



Clasificación SUCS	CL-ML	L.L.:	28.73	Máx. Dens. Seca :	1.851	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	5.8
Clasificación AASHTO	A-4(1)	LP:	6.61	Humedad Óptima	6.5	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	6.0



CARRERA VACACIONES : **ALICIA Arellano Arellano**  
**Ing. Yesenia Alicia Chalco**  
 CIP 153847  
**JEFE DE LABORATORIO**



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( NTP 339,141)

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 07 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoccco

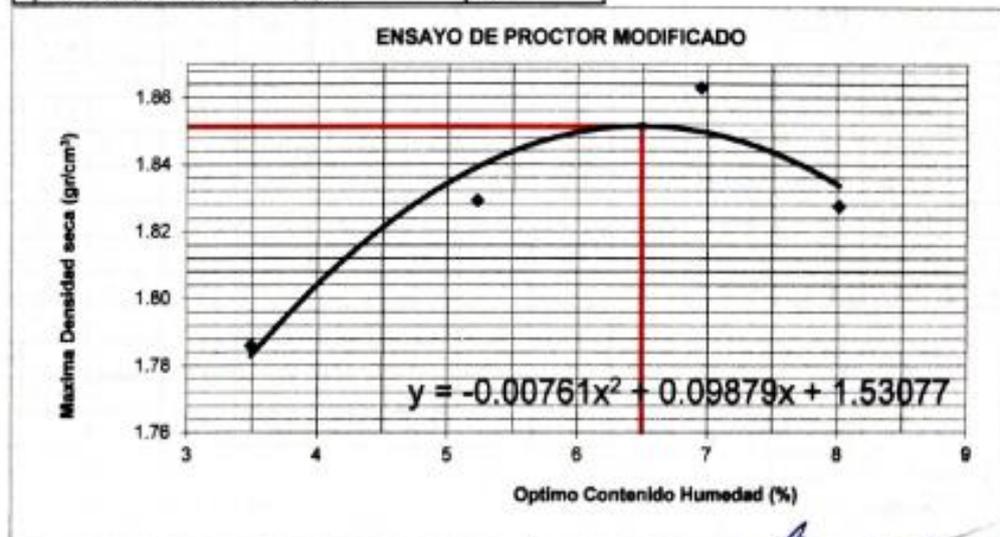
**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10674	10836	10979	10940
Peso molde (gr.)	6765	6765	6765	6765
Peso suelo compactado (gr.)	3909	4071	4214	4175
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115	2115	2115	2115
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.92	1.99	1.97

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	415.20	334.80	410.90	439.50
Tara + suelo seco (gr.)	401.20	316.90	384.20	406.90
Peso de agua (gr.)	14.00	17.90	26.70	32.60
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	401.20	342.50	384.20	406.90
Humedad (%)	3.5	5.2	6.95	8.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.786	1.829	1.863	1.828

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.851
Óptimo Contenido de Humedad (%) :	6.5



Ing. Pesser Gioella Chalico  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NTP 339,145**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 07 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysocco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.851  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.5

Compactación			
Molde N°	5	15	4
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11888	11698	11395
Peso molde (gr.)	7758	7956	7713
Peso suelo compactado (gr.)	4130	3742	3682
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109	2101	2174
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.958	1.781	1.694

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	338.10	338.10	338.10
Tara+suelo seco (gr.)	316.90	316.90	316.90
Peso de agua (gr.)	21.20	21.20	21.20
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	316.90	316.90	316.90
Humedad (%)	6.7	6.7	6.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.835	1.669	1.587

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5		Molde 15		Molde 4	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		7	2.3	4	1.5	3	1.2
0.075	1.91		11	3.3	6	2.0	4	1.5
0.100	2.54	70.31	13	3.8	8	2.5	5	1.8
0.150	3.81		17	4.9	11	3.3	6	2.0
0.200	5.08	105.46	20	5.7	14	4.1	7	2.3
0.250	6.35		26	7.2	16	4.6	9	2.8
0.300	7.62		31	8.5	20	5.7	11	3.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	5	15	4
18-10-22	0.000	0.000	0.000
19-10-22	0.135	0.090	0.081
20-10-22	0.137	0.092	0.081
21-10-22	0.140	0.092	0.081
22-10-22	0.140	0.092	0.081
<b>% EXP.</b>	<b>3.0</b>	<b>2.0</b>	<b>1.7</b>

*Ing. Yesenia Leticia Challico*  
CIP 181647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NTP 339,145**

**Proyecto** : "EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

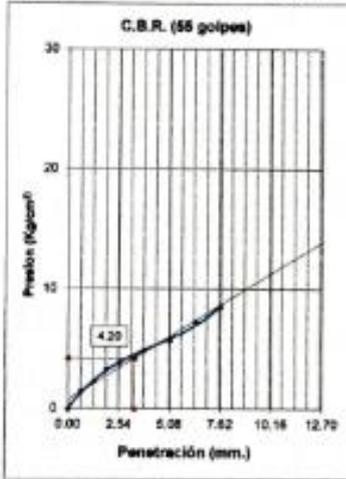
**Muestra** : C- 07 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysonecco

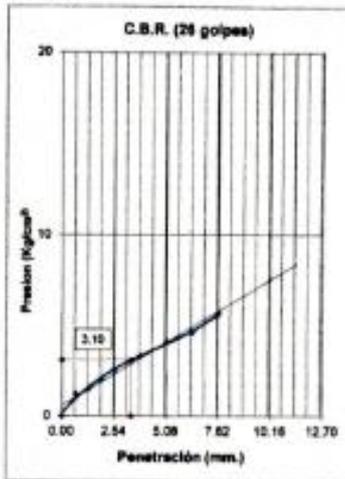
**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

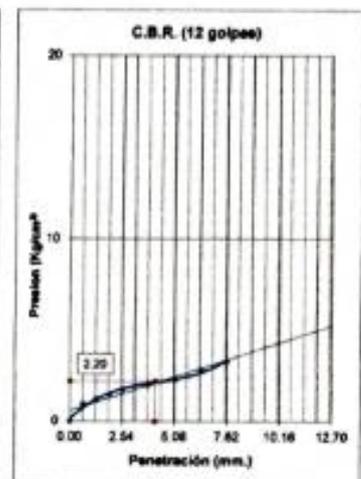
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.851  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.5



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 6.0  
 C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 5.4  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.815

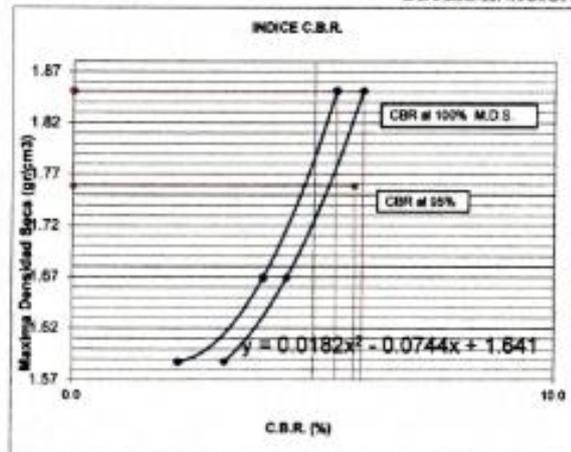


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 4.4  
 C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 3.9  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.669



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 3.1  
 C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 2.2  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.587

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8514  
 95% DE M.D.S. : 1.759

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 6.0 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 5.8 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 5.4 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 5.8 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R DISEÑO: 5.8 % al 95% MDS.  
 subrasante pobre.

Ing. Yesenia Lucilla Chalico  
 CIP 19169  
 JEFE DE LABORATORIO



## Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-08 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco-Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

### Granulometría (MTC E107)

**Datos de ensayo**  
Peso Total : 6756.0  
Peso de fracción : 384.2  
Peso de muestra lavada: 2714.0

### Humedad Natural

(MTC E 108)  
P.M.H. = 447.8  
P.M.S. = 391.4  
% W = 14.41

### Límite Líquido MTC E 110

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	25	18
Recipiente Nº	19	33	29
R + Suelo Hum.	57.68	56.48	57.36
R + Suelo Seco	51.26	49.91	50.18
Peso Recip.	24.55	24.76	24.69
Peso Agua	6.42	6.57	7.18
Peso S. Seco	26.71	25.15	25.49
% de Humedad	24.04	26.12	28.17

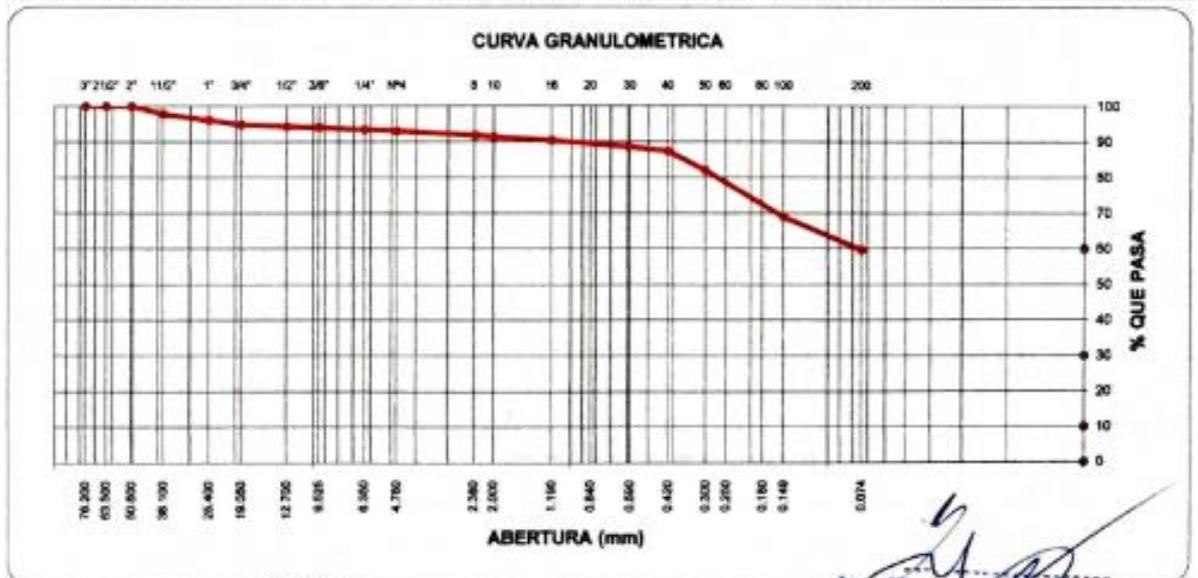
### Límite Plástico MTC E111

Ensayo	1	2	
Recipiente Nº	15	11	
R + Suelo Hum.	18.15	18.64	
R + Suelo Seco	15.86	16.26	
Peso Recip.	3.79	3.81	
Peso Agua	2.29	2.38	
Peso S. Seco	12.07	12.45	
% de Humedad	18.97	19.12	19.04

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	152.0	2.2	97.8	
1"	25.400	119.0	1.8	96.0	
3/4"	19.050	78.1	1.2	94.8	
1/2"	12.700	31.0	0.5	94.3	
3/8"	9.525	23.5	0.3	94.0	
1/4"	6.350	38.0	0.6	93.4	
No4	4.760	22.1	0.3	93.1	
8	2.360	5.2	1.3	91.8	
10	2.000	1.5	0.4	91.4	
16	1.190	4.1	1.0	90.4	
30	0.600	7.3	1.8	88.6	
40	0.420	5.0	1.2	87.4	
50	0.300	22.2	5.4	82.0	
100	0.149	53.6	13.0	69.0	
200	0.074	38.5	9.3	59.7	
< 200		246.8	59.8	100.1	



Clasificación SUCS	CL-ML	L.L. : 25.96	Máx.Dens.Seca : 1.973	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	5.4
Clasificación AASHTO	A-4 (4)	LP : 6.92	Humedad Óptima 8.2	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	7.9



OBSERVACIONES :

SUCS: Arcilla arcillosa limosa.

Ing. Yesser Challa Challa  
JEFE DE LABORATORIO



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCECA QUSPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Senceca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
Muestra : C- 08 Subrasante.  
Solicitante : Soncco -Unuysoncco  
Profundidad : 1.50m  
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6056	6210	6285	6285
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1782	1936	2011	1991
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.890	2.053	2.133	2.111

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	347.50	328.20	418.90	444.80
Tara + suelo seco (gr.)	332.50	306.90	386.20	402.80
Peso de agua (gr.)	15.00	21.30	32.70	42.00
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	332.50	342.50	386.20	402.80
Humedad (%)	4.5	6.2	8.47	10.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.808	1.933	1.966	1.912

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.973  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.2



*Ing. Yesser Uoclla Chalico*  
CIF: 151647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 08 Subrasante.

**Solicita** : Sencco -Unuysonceo

**Profundidad** : 1.50m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.973

Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.2

Compactación			
Molde N°	8	17	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12501	12370	11818
Peso molde (gr.)	8018	7984	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4483	4386	3863
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2094	2140	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.141	2.050	1.833

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	386.80	386.80	386.80
Tara+suelo seco (gr.)	356.90	356.90	356.90
Peso de agua (gr.)	29.90	29.90	29.90
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	356.90	356.90	356.90
Humedad (%)	8.4	8.4	8.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.975	1.891	1.692

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 8		Molde 17		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		11	3.3	5	1.8	3	1.2
0.075	1.91		15	4.4	8	2.5	4	1.5
0.100	2.54	70.31	20	5.7	15	4.4	5	1.8
0.150	3.81		28	7.7	18	5.1	7	2.3
0.200	5.08	105.46	33	9.0	24	6.7	9	2.8
0.250	6.35		54	14.5	29	8.0	11	3.3
0.300	7.62		60	16.1	34	9.3	15	4.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	8	17	6
18-10-22	0.000	0.000	0.000
19-10-22	0.264	0.101	0.094
20-10-22	0.269	0.101	0.094
21-10-22	0.274	0.101	0.094
22-10-22	0.274	0.101	0.094
% EXP.	5.8	2.1	2.0

*Ing. César Challo*  
C° 16647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-08 Subrasante.

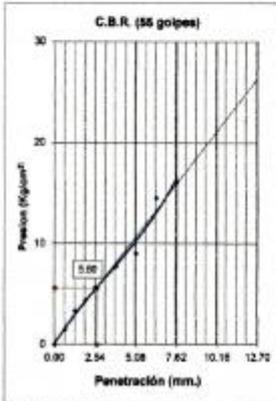
**Solicitante** : Soncco -Umaysocco

**Profundidad** : 1.50m

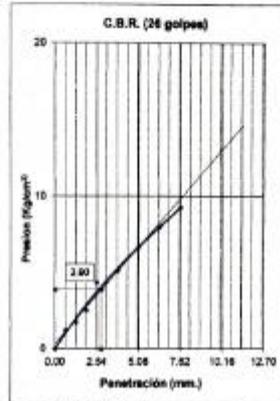
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.973

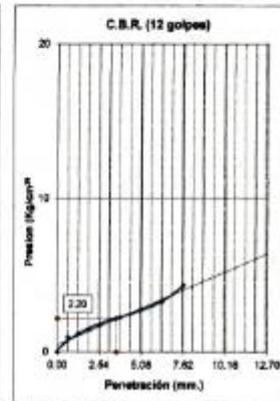
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.2



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 8.0  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 8.6  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>): 1.975

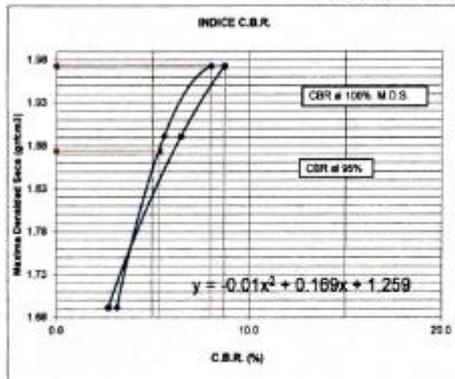


C.B.R. (0.1")-25 Golpes : 5.6  
C.B.R. (0.2")-25 Golpes : 6.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>): 1.891



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 3.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 2.7  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>): 1.692

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.9729

95% DE M.D.S. : 1.874

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 7.9 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 5.4 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 8.6 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 6.1 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 5.4 % al 95% MDS.  
subrasante pobre.

Ing. *[Signature]* Lioella Chalico  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCACA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencaca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco,

**Muestra** : C-09 Subrasante.  
**Solicitante** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**  
Peso Total : 9066.0  
Peso de fracción : 377.8  
Peso de muestra lavada: 3418.9

**Humedad Natural**

(MTC E 108)  
P.M.H. = 375.9  
P.M.S. = 331.2  
% W = 13.50

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	26	19
Recipiente Nº	12	5	14
R + Suelo Hum.	57.60	61.30	59.90
R + Suelo Seco	50.98	53.61	52.14
Peso Recip.	24.46	24.38	24.47
Peso Agua	6.62	7.69	7.76
Peso S. Seco	26.52	29.23	27.67
% de Humedad	24.96	26.31	28.04

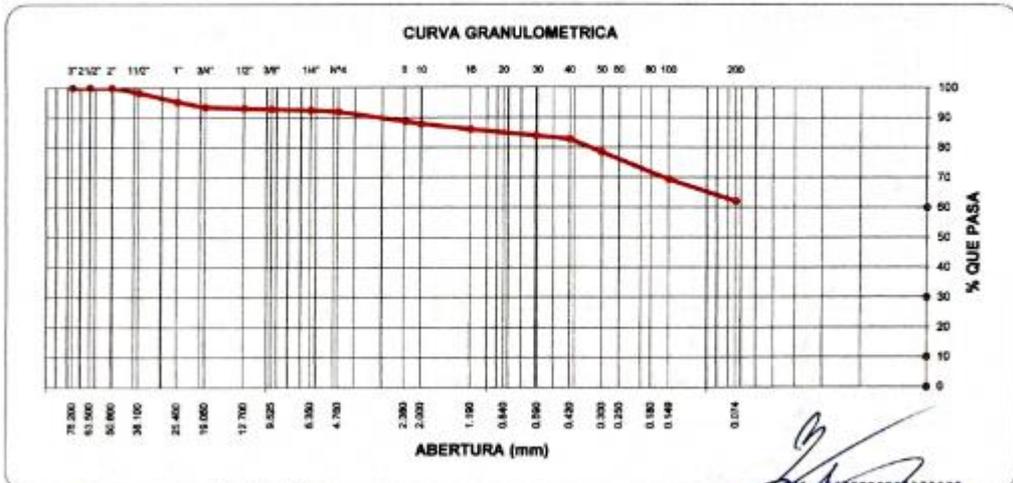
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	4	16
R + Suelo Hum.	18.28	18.55
R + Suelo Seco	15.90	16.12
Peso Recip.	3.79	3.81
Peso Agua	2.38	2.43
Peso S. Seco	12.11	12.31
% de Humedad	19.65	19.74

Malla	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	150.0	1.7	98.3	
1"	25.400	284.6	3.1	95.2	
3/4"	19.050	151.3	1.7	6.5	93.5
1/2"	12.700	32.7	0.4	6.9	93.1
3/8"	9.525	24.7	0.3	7.2	92.8
1/4"	6.350	32.1	0.4	7.6	92.4
No4	4.760	43.6	0.5	8.1	91.9
8	2.360	13.1	3.2	11.3	88.7
10	2.000	3.1	0.8	12.1	87.9
16	1.190	7.8	1.9	14.0	86.0
30	0.600	8.7	2.1	16.1	83.9
40	0.420	4.5	1.1	17.2	82.8
50	0.300	18.1	4.4	21.6	78.4
100	0.149	37.5	9.1	30.7	69.3
200	0.074	29.4	7.2	37.9	62.1
< 200	255.6	62.2	100.1		



Clasificación SUCS	CL-ML	L.L. : 26.45	Máx.Dens.Seca : 1.867	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	4.9
Clasificación AASHTO	A-4(2)	I.P. : 6.75	Humedad Óptima 7.5	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	6.9



LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

Ing. Y. G. Chalco  
C-461847  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

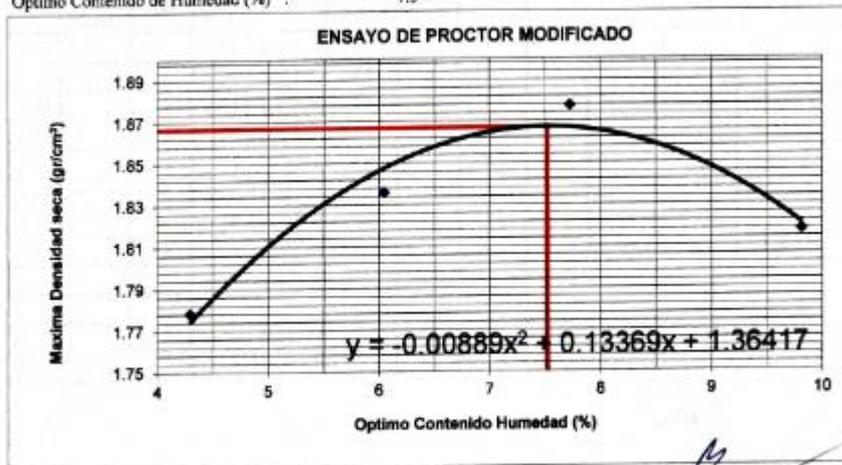
Ubicación : Comunidad de Seneca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
Muestra : C- 09 Subrasante.  
Solicita : Soncco -Unuysoncco  
Profundidad : 1.50 m  
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6023	6110	6181	6156
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1749	1836	1907	1882
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.855	1.947	2.022	1.996

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	361.80	426.90	403.10	381.60
Tara + suelo seco (gr.)	346.90	406.20	374.20	347.50
Peso de agua (gr.)	14.90	20.70	28.90	34.10
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	346.90	342.50	374.20	347.50
Humedad (%)	4.3	6.0	7.72	9.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.778	1.836	1.877	1.817

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.867  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.5



Ing. Yessica Lioella Chalico  
CIF 4815  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
Muestra : C- 09 Subrasante.  
Solicita : Sencco -Unuysoncco  
Profundidad : 1.50 m  
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.867  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.5

Compactación			
Molde N°	25	18	24
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11994	11786	11487
Peso molde (gr.)	7758	7890	7713
Peso suelo compactado (gr.)	4236	3896	3774
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109	2097	2174
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.009	1.858	1.736

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	364.50	364.50	364.50
Tara+suelo seco (gr.)	338.50	338.50	338.50
Peso de agua (gr.)	26.00	26.00	26.00
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	338.50	338.50	338.50
Humedad (%)	7.7	7.7	7.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.865	1.725	1.612

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 25		Molde 18		Molde 24	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		9	2.8	4	1.5	3	1.2
0.075	1.91		12	3.6	7	2.3	4	1.5
0.100	2.54	70.31	15	4.4	8	2.5	6	2.0
0.150	3.81		17	4.9	12	3.6	8	2.5
0.200	5.08	105.46	20	5.7	15	4.4	11	3.3
0.250	6.35		26	7.2	16	4.6	12	3.6
0.300	7.62		31	8.5	20	5.7	14	4.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	25	18	24
18-10-22	0.000	0.000	0.000
19-10-22	0.125	0.086	0.078
20-10-22	0.126	0.086	0.078
21-10-22	0.126	0.086	0.078
22-10-22	0.126	0.086	0.078
% EXP.	2.7	1.8	1.7

Ing. *[Firma]*  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 09 Subrasante.

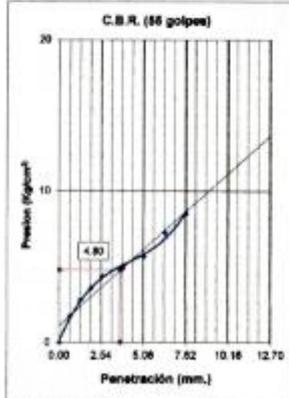
**Solicitante** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

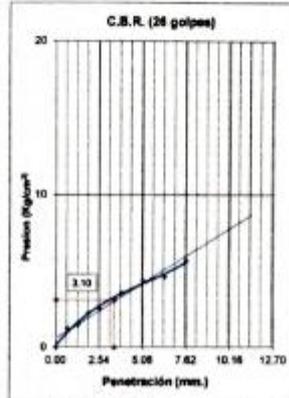
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)** : 1.867

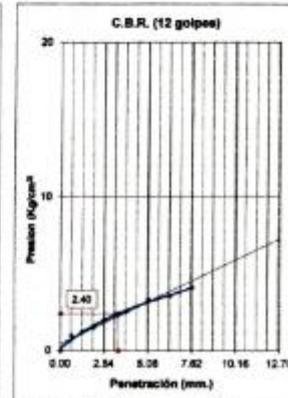
**Óptimo Contenido de Humedad (%)** : 7.5



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 6.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 5.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.865

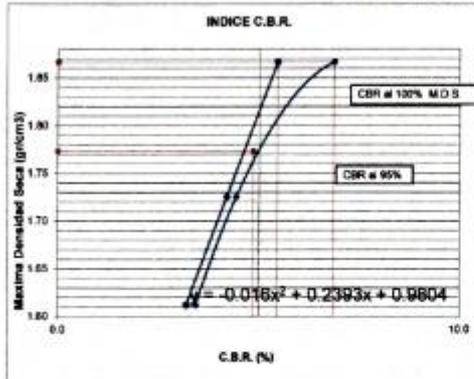


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 4.4  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 4.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.725



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 3.4  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 3.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.612

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8668

95% DE M.D.S. : 1.773

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 6.9 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 4.9 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 5.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 4.8 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 4.9 % al 95% MDS.  
subrasante pobre.

*[Signature]*  
Ing. Víctor Huella Challo  
D.F. 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-10 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco-Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 8114.0  
Peso de fracción : 361.0  
Peso de muestra lavada: 2693.3

**Humedad Natural (MTC E 108)**

P.M.H. = 524.8  
P.M.S. = 456.2  
% W = 15.04

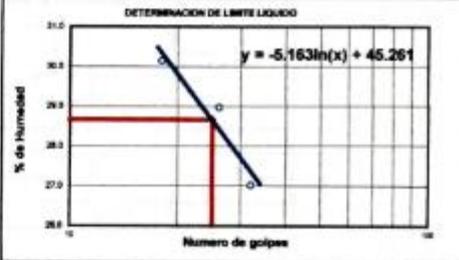
**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	32	26	18
Recipiente N°	15	33	10
R + Suelo Hum.	59.02	59.22	61.50
R + Suelo Seco	51.65	51.48	53.02
Peso Recip.	24.38	24.77	24.89
Peso Agua	7.37	7.74	8.48
Peso S. Seco	27.27	26.71	28.13
% de Humedad	27.03	28.98	30.15

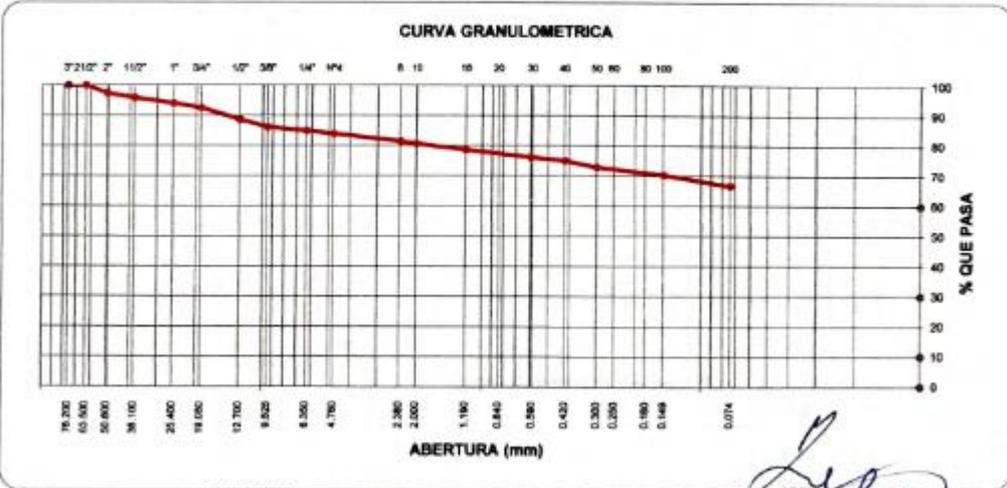
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	7	16
R + Suelo Hum.	18.37	18.70
R + Suelo Seco	15.74	16.02
Peso Recip.	3.79	3.81
Peso Agua	2.63	2.68
Peso S. Seco	11.95	12.21
% de Humedad	22.01	21.95

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	211.0	2.6	97.4	
1 1/2"	38.100	119.6	1.5	4.1	95.9
1"	25.400	142.6	1.8	5.9	94.1
3/4"	19.050	120.8	1.5	7.4	92.6
1/2"	12.700	315.2	3.9	11.3	88.7
3/8"	9.525	203.6	2.5	13.8	86.2
1/4"	6.350	95.4	1.2	15.0	85.0
No4	4.760	82.7	1.0	16.0	84.0
8	2.360	10.9	2.5	18.5	81.5
10	2.000	3.6	0.8	19.3	80.7
16	1.190	8.5	2.0	21.3	78.7
30	0.600	10.6	2.5	23.8	76.2
40	0.420	4.9	1.1	24.9	75.1
50	0.300	9.4	2.2	27.1	72.9
100	0.149	10.7	2.5	29.6	70.4
200	0.074	15.6	3.6	33.2	66.8
< 200	286.8	66.7	99.9		



Clasificación SUCS	CL-ML	L.L. : 28.66	Máx. Dens. Seca : 1.673	% C.B.R. al 95 % - 0.1 " : 4.3
Clasificación AASHTO	A-4(3)	I.P. : 6.69	Humedad Óptima : 8.9	% C.B.R. al 100 % - 0.1 " : 7.9



OBSERVACIONES : SUCR: Arcilla arcillosa limosa con grava.  
Ing. Fe. Estrella Chálico  
CIP 19647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

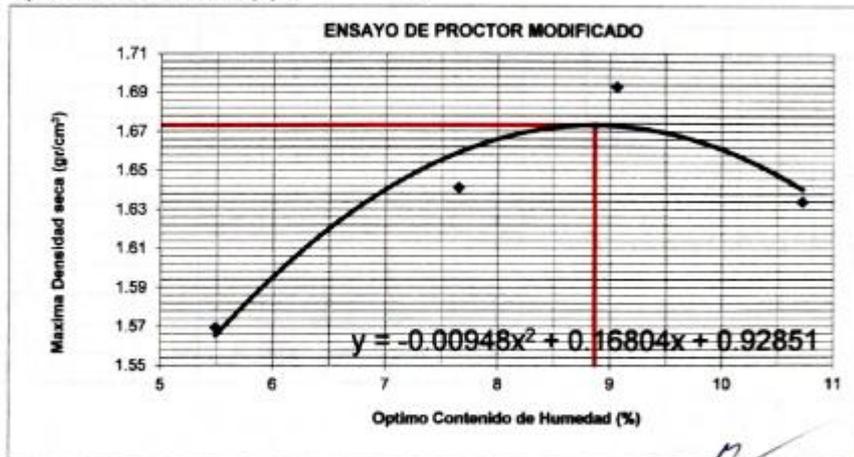
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPUIHARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 10 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5835	5940	6015	5980
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1561	1666	1741	1706
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.655	1.767	1.846	1.809

Humedad (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	332.60	376.80	412.80	440.90
Tara + suelo seco (gr.)	315.30	350.60	378.50	398.20
Peso de agua (gr.)	17.30	26.20	34.30	42.70
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	315.30	342.50	378.50	398.20
Humedad (%)	5.5	7.6	9.06	10.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.569	1.641	1.693	1.634

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.673  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.9



Ing. Yessy Libella Chalco  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPÍHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 10 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.673

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.9

Compactación			
Molde N°	5	34	4
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11590	12020	11302
Peso molde (gr.)	7758	8243	7713
Peso suelo compactado (gr.)	3832	3777	3589
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109	2162	2174
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.817	1.747	1.651

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	393.10	393.10	393.10
Tara+suelo seco (gr.)	361.00	361.00	361.00
Peso de agua (gr.)	32.10	32.10	32.10
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	361.00	361.00	361.00
Humedad (%)	8.9	8.9	8.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.669	1.604	1.516

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5		Molde 34		Molde 4	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		6	2.0	4	1.5	2	1.0
0.050	1.27		10	3.1	5	1.8	4	1.5
0.075	1.91		14	4.1	7	2.3	5	1.8
0.100	2.54	70.31	18	5.1	8	2.5	6	2.0
0.150	3.81		21	5.9	9	2.8	7	2.3
0.200	5.08	105.46	31	8.5	10	3.1	8	2.5
0.250	6.35		35	9.6	12	3.6	9	2.8
0.300	7.62		41	11.1	14	4.1	11	3.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	5	34	4
18-10-22	0.000	0.000	0.000
19-10-22	0.092	0.065	0.053
20-10-22	0.100	0.065	0.058
21-10-22	0.101	0.065	0.058
22-10-22	0.101	0.065	0.058
<b>% EXP.</b>	<b>2.1</b>	<b>1.4</b>	<b>1.2</b>

  
Ing. Yesser Yvelia Chalco  
C.M. 15647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021\*

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 10 Subrasante.

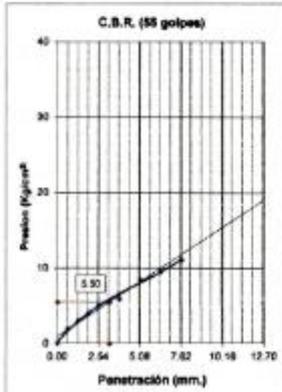
**Solicita** : Soncco -Unuysncco

**Profundidad** : 1.50 m

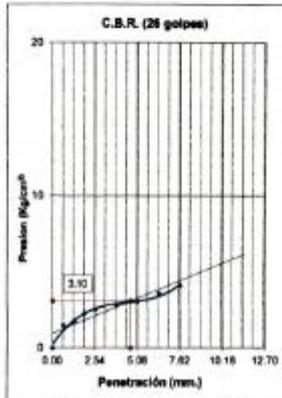
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.673

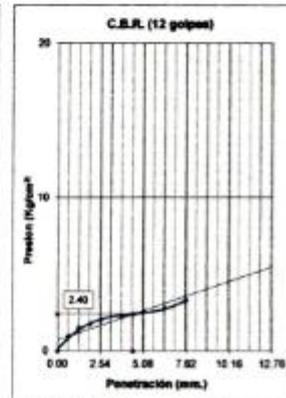
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.9



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 7.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 8.1  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.669

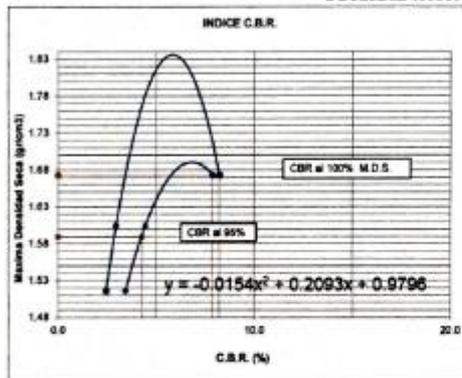


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 4.4  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 2.9  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.604



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 3.4  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 2.4  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.516

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.6732

95% DE M.D.S. : 1.590

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 7.9 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 4.3 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 8.1 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 2.8 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 4.3 % al 95% MDS.  
subrasante pobre.

Ing. Yesenia Challo  
CIS 16164  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-11 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 401.4  
Peso de fracción : 401.4  
Peso de muestra lavada: 27.8

**Humedad Natural**

**(MTC E 108)**

P.M.H. = 453.6  
P.M.S. = 392.7  
% W = 15.51

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	24	18
Recipiente Nº	20	39	21
R + Suelo Hum.	55.20	55.20	58.67
R + Suelo Seco	49.23	48.82	51.10
Peso Recip.	24.54	24.58	24.53
Peso Agua	5.97	6.38	7.57
Peso S. Seco	24.69	24.24	26.57
% de Humedad	24.18	26.32	28.49

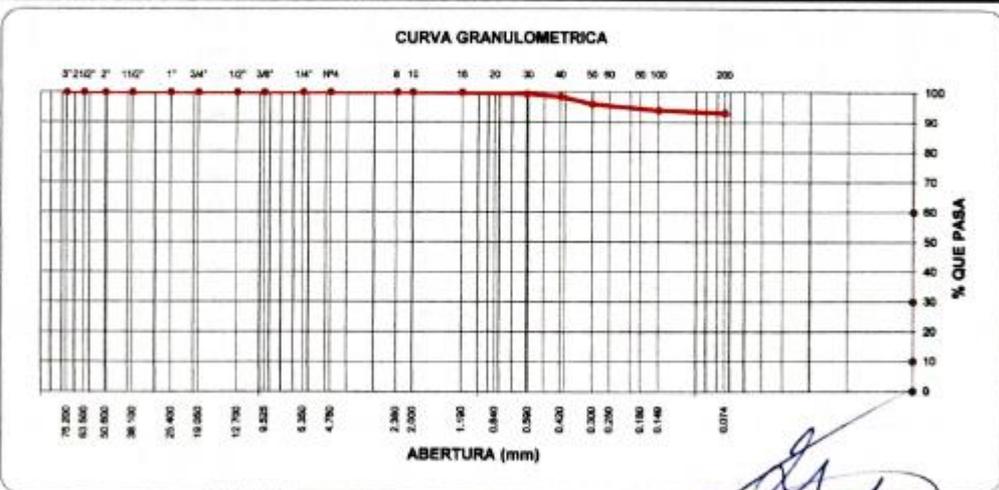
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	8	14
R + Suelo Hum.	17.48	17.86
R + Suelo Seco	15.05	15.38
Peso Recip.	3.83	3.82
Peso Agua	2.43	2.48
Peso S. Seco	11.22	11.56
% de Humedad	21.66	21.45

Malla	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	0.3	0.1	99.9	
10	2.000	0.1	0.0	99.9	
16	1.190	0.5	0.1	99.8	
30	0.600	2.1	0.5	97.9	
40	0.420	3.5	0.9	96.5	
50	0.300	10.1	2.5	89.9	
100	0.149	7.9	2.0	97.9	
200	0.074	3.3	0.8	96.7	
<200		373.6	93.1	6.9	



Clasificación SUCS	CL-ML	L.L. : 26.17	Máx.Dens.Seca : 1.852	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	3.5
Clasificación AASHTO	A-4(3)	I.P. : 4.62	Humedad Optima 10.5	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	4.1



OBSERVACIONES : SUCS: Arcilla arenosa limosa.

Ing. Javier Doraño Chullus  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115)**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCECA QUBSPHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

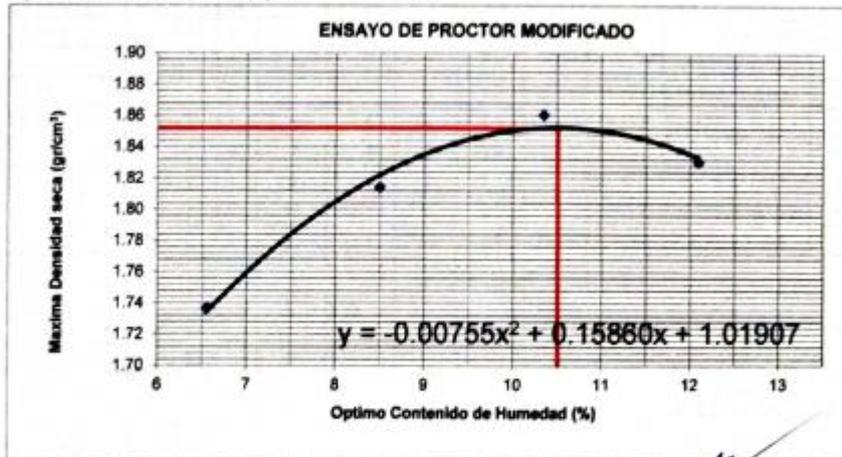
**Ubicación** : Comunidad de Senceca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 11 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoneco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°				
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	8019	8130	8210	8209
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1745	1856	1936	1935
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.850	1.968	2.053	2.052

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	411.50	380.70	374.30	448.70
Tara + suelo seco (gr.)	386.20	351.60	339.20	398.50
Peso de agua (gr.)	25.30	29.10	35.10	48.20
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	386.20	342.50	339.20	398.50
Humedad (%)	6.6	8.5	10.35	12.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.737	1.814	1.861	1.831

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.85  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.5



Ing. Yasser Loella Chálico  
 CIP 181647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-11 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.852  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.5

Compactación			
Molde N°	5	23	4
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12049	12040	11657
Peso molde (gr.)	7758	7996	7713
Peso suelo compactado (gr.)	4291	4044	3944
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2109	2117	2174
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.035	1.910	1.814

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	396.40	396.40	396.40
Tara+suelo seco (gr.)	359.20	359.20	359.20
Peso de agua (gr.)	37.20	37.20	37.20
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	359.20	359.20	359.20
Humedad (%)	10.4	10.4	10.4
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.844	1.731	1.644

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 5		Molde 23		Molde 4	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		3	1.2	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		4	1.5	3	1.2	2	1.0
0.075	1.91		5	1.8	4	1.5	3	1.2
0.100	2.54	70.31	7	2.3	5	1.8	4	1.5
0.150	3.81		11	3.3	7	2.3	5	1.8
0.200	5.08	105.46	14	4.1	9	2.8	7	2.3
0.250	6.35		16	4.6	11	3.3	8	2.5
0.300	7.62		19	5.4	13	3.8	10	3.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	5	23	4
18-10-22	0.000	0.000	0.000
19-10-22	0.125	0.115	0.106
20-10-22	0.130	0.118	0.112
21-10-22	0.135	0.120	0.112
22-10-22	0.135	0.120	0.112
<b>% EXP.</b>	<b>2.9</b>	<b>2.6</b>	<b>2.4</b>

*[Firma]*  
Ing. Cesar Challo Challo  
N° 16161  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 11 Subrasante.

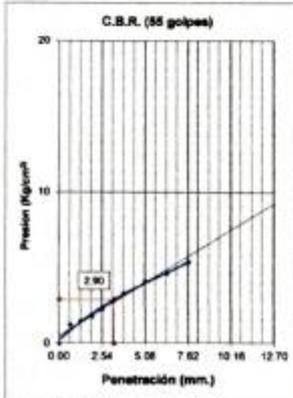
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

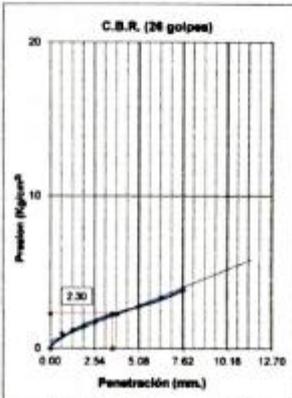
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.852

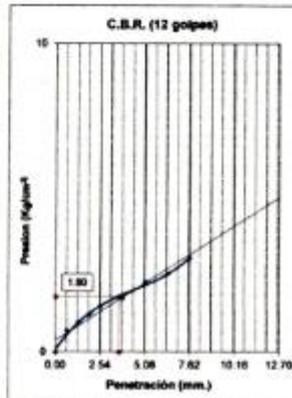
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.5



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 4.1  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 3.9  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.844

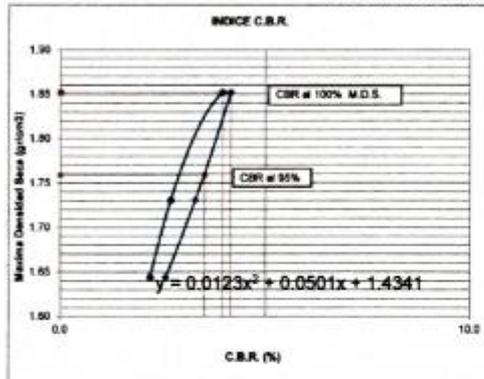


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 3.3  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 2.7  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.731



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 2.6  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 2.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.644

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.852

95% DE M.D.S. : 1.759

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 4.1 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 3.5 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 3.9 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 2.8 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 3.5 % al 95% MDS.

Subrasante pobre.

Ing. Yessica *[Signature]* Challo  
C.P. 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco -  
**Muestra** : C-12 Subrasante.  
**Solicitante** : Soucco -Umuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 403.9  
Peso de fracción : 403.9  
Peso de muestra lavada: 101.4

**Humedad Natural**

(MTC E 108)

P.M.H. = 403.8  
P.M.S. = 354.1  
% W = 14.04

Malla	Tamir	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	2.0	0.5	0.5	99.5		
10	2.000	0.4	0.1	0.6	99.4		
16	1.190	3.1	0.8	1.4	98.6		
30	0.600	6.4	1.6	3.0	97.0		
40	0.420	4.5	1.1	4.1	95.9		
50	0.300	11.7	2.9	7.0	93.0		
100	0.149	33.9	8.4	15.4	84.6		
200	0.074	39.4	9.8	25.2	74.8		
< 200		302.5	74.9	100.1			

**Límite Líquido MTC E 110**

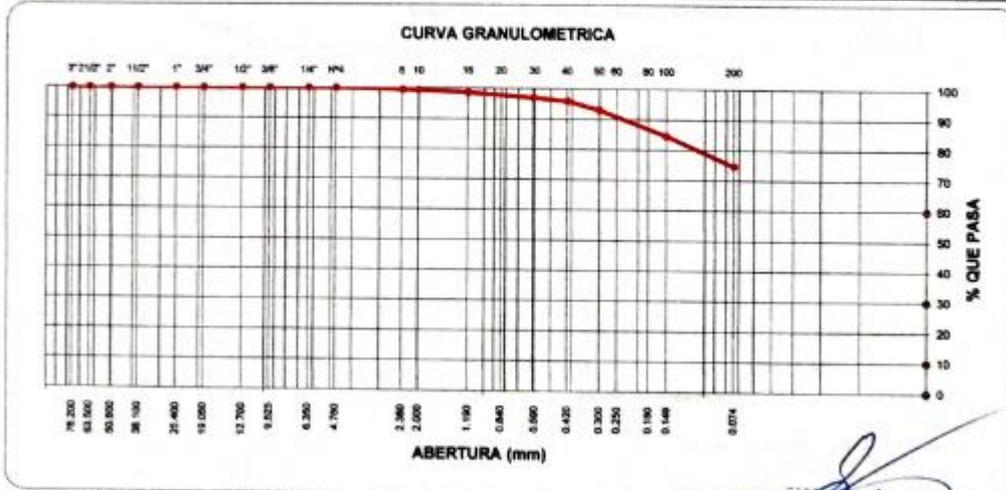
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	25	19
Recipiente Nº	20	16	29
R + Suelo Hum.	56.59	59.20	56.15
R + Suelo Seco	50.34	51.92	49.11
Peso Recip.	24.54	24.76	24.69
Peso Agua	6.25	7.28	7.04
Peso S. Seco	25.80	27.16	24.42
% de Humedad	24.22	26.80	28.83

**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2	
Recipiente Nº	23	14	
R + Suelo Hum.	17.19	17.69	
R + Suelo Seco	14.86	15.31	
Peso Recip.	3.73	3.82	
Peso Agua	2.33	2.38	
Peso S. Seco	11.13	11.49	
% de Humedad	20.93	20.71	20.82



Clasificación SUCS	CL-ML	L.L. : 26.53	Mín. Dens. Seca : 1.831	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	3.7
Clasificación AASHTO	A-4(3)	I.P. : 5.71	Humedad Óptima : 8.3	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	4.5



OBSERVACIONES : SUCS: Arella arenosa limosa

Ing. J. Chelico  
18/10/22  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

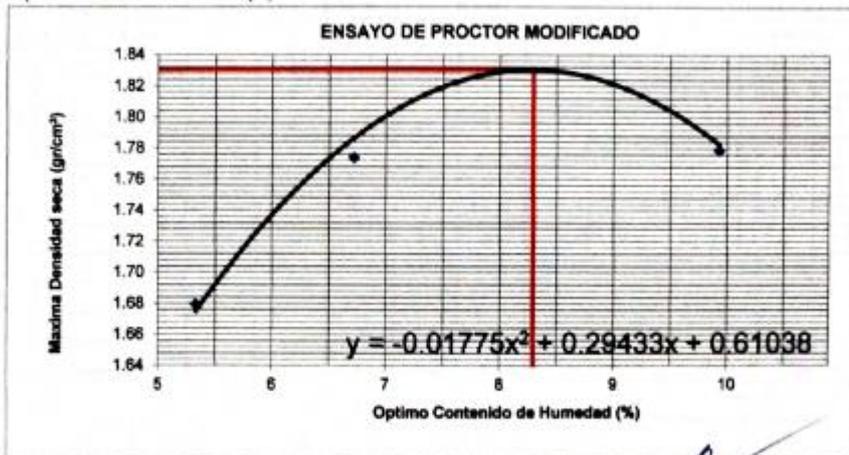
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 12 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5942.00	6059.00	6155.00	6118.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1668.00	1785.00	1881.00	1844.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.769	1.893	1.995	1.955

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	387.40	364.90	353.40	365.40
Tara + suelo seco (gr.)	367.80	341.90	326.30	332.40
Peso de agua (gr.)	19.60	23.00	27.10	33.00
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	367.80	342.50	326.30	332.40
Humedad (%)	5.3	6.7	8.31	9.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.679	1.774	1.842	1.779

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.83  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.3



Ing. Yessy Noelia Chalco  
 CIP 151647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUSPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 12 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.831

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.3

Compactación			
Molde Nº	7	29	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12085	11926	11698
Peso molde (gr.)	7865	8020	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4220	3906	3743
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2121	2104	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.990	1.856	1.776

Humedad (%)			
Tara Nº			
Tara+suelo húmedo (gr.)	358.30	358.30	358.30
Tara+suelo seco (gr.)	331.20	331.20	331.20
Peso de agua (gr.)	27.10	27.10	27.10
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	331.20	331.20	331.20
Humedad (%)	8.2	8.2	8.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.839	1.716	1.642

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 7		Molde 29		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		3	1.2	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		5	1.8	3	1.2	2	1.0
0.075	1.91		6	2.0	4	1.5	3	1.2
0.100	2.54	70.31	8	2.5	6	2.0	4	1.5
0.150	3.81		12	3.6	9	2.8	6	2.0
0.200	5.08	105.46	14	4.1	11	3.3	7	2.3
0.250	6.35		17	4.9	13	3.8	8	2.5
0.300	7.62		19	5.4	16	4.6	10	3.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	7	29	6
18-10-22	0.000	0.000	0.000
19-10-22	0.129	0.109	0.101
20-10-22	0.131	0.114	0.103
21-10-22	0.131	0.115	0.103
22-10-22	0.131	0.115	0.103
<b>% EXP.</b>	<b>2.8</b>	<b>2.4</b>	<b>2.2</b>

Ing. Yasser Lochea Chalico  
C<sup>o</sup> 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 12 Subrasante.

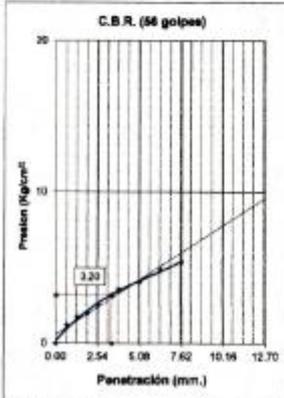
**Solicitante** : Soncco - Unaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

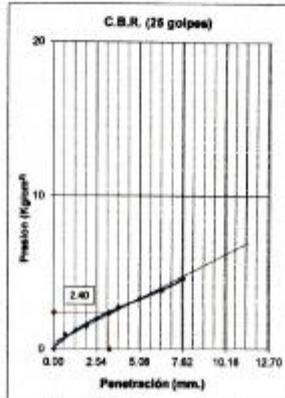
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.831

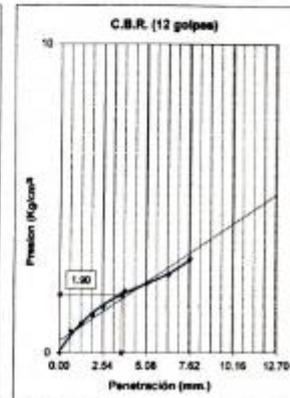
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.3



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 4.6  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 3.9  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.839

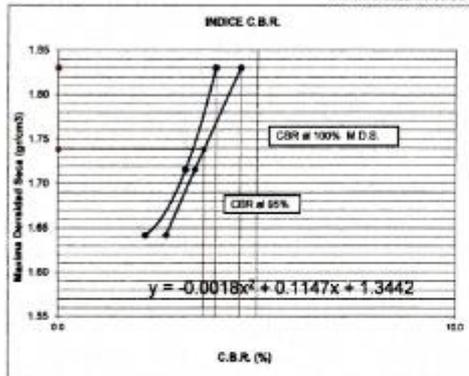


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 3.4  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 3.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.716



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 2.7  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 2.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.642

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8305

95% DE M.D.S. : 1.739

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 4.5 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 3.7 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 3.9 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 3.5 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 3.7 % al 95% M.D.S.

Subrasante pobre.

*Ing. Yesca Lidia Chalco*  
CIP 167167  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra Solicita** : C-13 Subrasante.  
**Profundidad** : Soncco -Unuysoncco  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**  
Peso Total : 6150.0  
Peso de fracción : 373.8  
Peso de muestra lavada: 2386.3

**Humedad Natural (MTC E 108)**  
P.M.H. = 480.2  
P.M.S. = 416.9  
% W = 15.18

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	27	18
Recipiente Nº	15	12	23
R + Suelo Hum.	56.32	54.41	59.45
R + Suelo Seco	51.26	49.24	53.15
Peso Recip.	24.39	24.46	24.61
Peso Agua	5.06	5.17	6.30
Peso S. Seco	26.87	24.78	28.54
% de Humedad	18.83	20.86	22.07

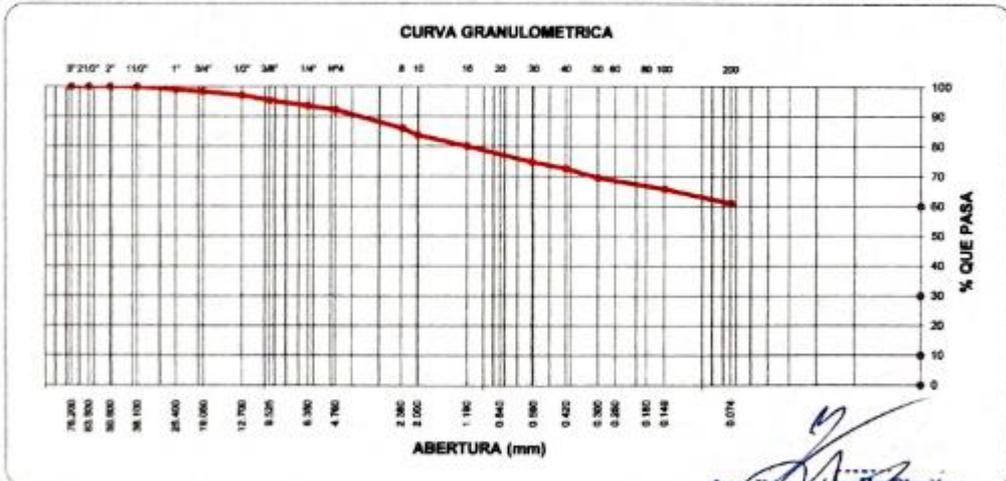
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	15	10
R + Suelo Hum.	18.11	17.06
R + Suelo Seco	16.11	15.20
Peso Recip.	3.79	3.78
Peso Agua	2.00	1.86
Peso S. Seco	12.32	11.42
% de Humedad	16.23	16.29

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	60.2	1.0	99.0	
3/4"	19.050	45.6	0.7	1.7	98.3
1/2"	12.700	72.8	1.2	2.9	97.1
3/8"	9.525	102.2	1.7	4.6	95.4
1/4"	6.350	115.6	1.9	6.5	93.5
No4	4.760	78.5	1.3	7.8	92.2
8	2.360	25.2	6.2	14.0	86.0
10	2.000	9.2	2.3	16.3	83.7
16	1.190	14.8	3.7	20.0	80.0
30	0.600	21.3	5.3	25.3	74.7
40	0.420	8.4	2.1	27.4	72.6
50	0.300	12.6	3.1	30.5	69.5
100	0.149	15.2	3.7	34.2	65.8
200	0.074	19.2	4.7	38.9	61.1
< 200		247.9	61.1	100.0	



Clasificación SUCS : CL-ML L.L. : 20.57 Máx. Dens. Seca : 1.888 % C.B.R. al 95% - 0.1 \* : 4.8  
Clasificación AASHTO : A-4(1) I.P. : 4.31 Humedad Óptima : 9.2 % C.B.R. al 100% - 0.1 \* : 7.6



OBSERVACIONES : SUCC: Arella arena limosa.   
Ing. Yessica Quella Chatico  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

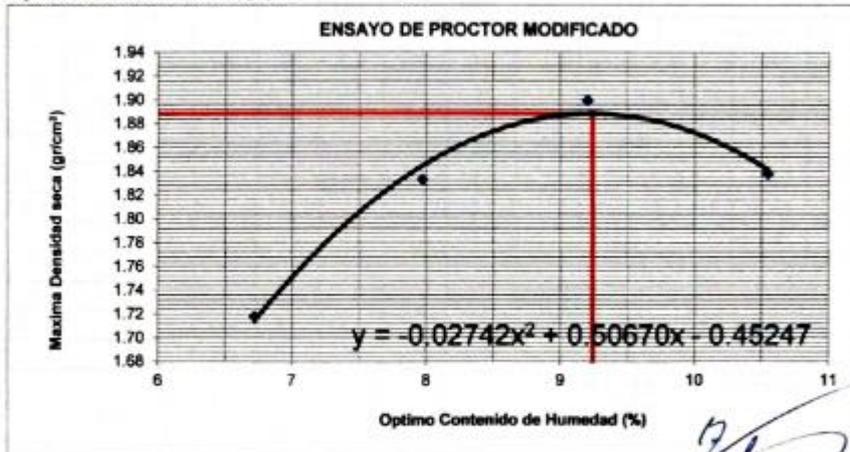
**Proyecto** :EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** :Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-13 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50m  
**Fecha** :Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6003	6140	6230	6190
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1729	1866	1956	1916
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.834	1.979	2.074	2.032

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	443.10	409.40	442.50	440.20
Tara + suelo seco (gr.)	415.20	382.10	405.20	398.20
Peso de agua (gr.)	27.90	27.30	37.30	42.00
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	415.20	342.50	405.20	398.20
Humedad (%)	6.7	8.0	9.21	10.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.718	1.833	1.899	1.838

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.888  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.2



*Ing. Jessica Coella Chalico*  
 CIP 14547  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 13 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unaysoneco

**Profundidad** : 1.50m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.888

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.2

Compactación			
Molde N°	2	11	12
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12510	12260	12048
Peso molde (gr.)	8170	8190	8201
Peso suelo compactado (gr.)	4340	4070	3847
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2097	2110	2108
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.070	1.929	1.825

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	214.98	214.98	214.98
Tara+suelo seco (gr.)	197.10	197.10	197.10
Peso de agua (gr.)	17.88	17.88	17.88
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	197.10	197.10	197.10
Humedad (%)	9.1	9.1	9.1
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.897	1.768	1.673

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 2		Molde 11		Molde 12	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		9	2.8	5	1.8	3	1.2
0.050	1.27		13	3.8	6	2.0	4	1.5
0.075	1.91		14	4.1	7	2.3	5	1.8
0.100	2.54	70.31	15	4.4	8	2.5	6	2.0
0.150	3.81		17	4.9	9	2.8	7	2.3
0.200	5.08	105.46	20	5.7	11	3.3	8	2.5
0.250	6.35		22	6.2	12	3.6	10	3.1
0.300	7.62		24	6.7	13	3.8	11	3.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	2	11	12
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.050	0.065	0.086
21-10-22	0.059	0.078	0.089
22-10-22	0.065	0.082	0.095
23-10-22	0.078	0.086	0.095
<b>% EXP.</b>	<b>1.7</b>	<b>1.8</b>	<b>2.0</b>

Ing. Yesser Bioccha Chalico  
CIP 161547  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 13 Subrasante.

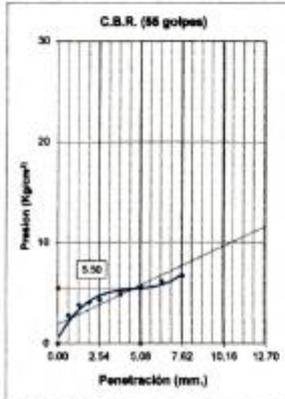
**Solicitante** : Soncco -Umaysoncoco

**Profundidad** : 1.50cm

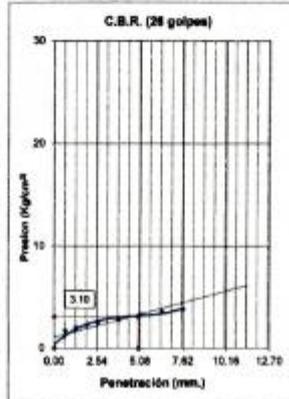
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.888

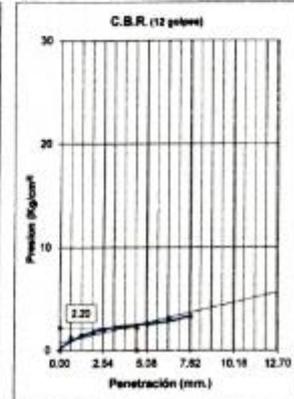
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.2



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 7.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 5.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.897

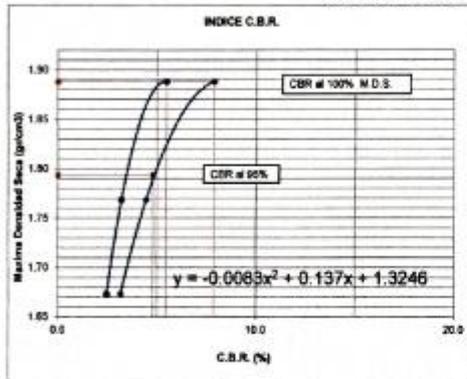


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 4.4  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 3.3  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.768



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 3.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 2.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.673

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8884

95% DE M.D.S. : 1.794

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 7.6 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 4.8 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 5.2 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 3.4 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 4.8 % al 95% MDS.

subrasante pobre.

*Ing. Yessy Ciofella Cháfico*  
CIP 101647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 14 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unaysoncco

**Profundidad** : 1.50m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 5282.0

Peso de fracción : 295.0

Peso de muestra lavada: 2865.8

**Humedad Natural**

(MTC E 108)

P.M.H. = 257.1

P.M.S. = 194.7

% W = 32.05

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	23	18
Recipiente Nº	15	33	20
R + Suelo Hum.	59.87	55.82	61.90
R + Suelo Seco	49.26	46.22	50.13
Peso Recip.	24.39	24.77	24.54
Peso Agua	10.61	9.60	11.77
Peso S. Seco	24.87	21.45	25.59
% de Humedad	42.66	44.76	45.99

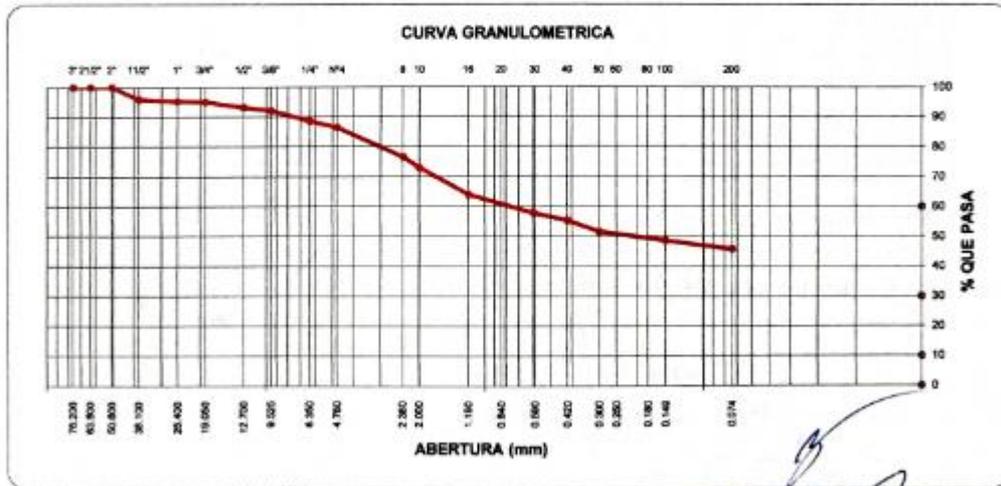
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	35	10
R + Suelo Hum.	16.44	17.09
R + Suelo Seco	12.98	13.46
Peso Recip.	3.81	3.78
Peso Agua	3.46	3.63
Peso S. Seco	9.17	9.68
% de Humedad	37.73	37.50

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	215.3	4.1	4.1	95.9	
1"	25.400	29.5	0.6	4.7	95.3	
3/4"	19.050	11.0	0.2	4.9	95.1	
1/2"	12.700	102.1	1.9	6.8	93.2	
3/8"	9.525	57.2	1.1	7.9	92.1	
1/4"	6.350	183.0	3.5	11.4	88.6	
No4	4.760	108.9	2.1	13.5	86.5	
8	2.360	34.1	10.0	23.5	76.5	
10	2.000	11.7	3.4	26.9	73.1	
16	1.190	31.1	9.1	36.0	64.0	
30	0.600	21.3	6.2	42.2	57.8	
40	0.420	8.4	2.5	44.7	55.3	
50	0.300	12.5	3.7	48.4	51.6	
100	0.149	10.4	3.0	51.4	48.6	
200	0.074	9.7	2.8	54.2	45.8	
< 200		155.8	45.7	99.9		



Clasificación SUCS	SM	L.L.:	44.04	Máx. Dens. Seca :	1.745	% C.B.R.al 95% - 0.1 "	10.0
Clasificación AASHTO	A-5(1)	I.P.:	6.43	Humedad Optima	19.5	% C.B.R.al 100% - 0.1 "	15.7



CARRERA VA CAMERON SUCS - Av. Alameda s/n. 08000 CUSCO

Ing. Yessy Rosetta Chailco  
CIF 16647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

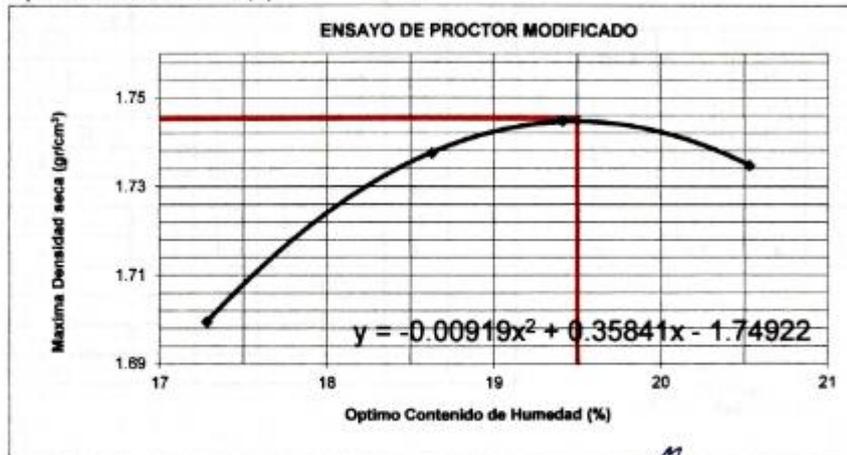
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 14 Subrasante.  
**Solicita** : Sorcco -Unuysoccco  
**Profundidad** : 1.50m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6150	6214	6235	6242
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1876	1940	1961	1968
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	941.24	941.24	941.24	941.24
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.993	2.061	2.083	2.091

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	277.60	309.10	308.20	323.50
Tara + suelo seco (gr.)	236.70	245.30	258.10	268.40
Peso de agua (gr.)	40.90	63.80	50.10	55.10
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	236.70	342.50	258.10	268.40
Humedad (%)	17.3	18.6	19.41	20.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.699	1.737	1.745	1.735

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.745  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 19.5



*[Signature]*  
 Ing. Yesser Lloclla Chalico  
 CIP 16164  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 14 Subrasante.

**Solicitante** : Soncco -Umuysoncco

**Profundidad** : 1.50m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.745

Optimo Contenido de Humedad (%) : 19.5

Compactación			
Molde N°	43	44	45
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12411	12012	11768
Peso molde (gr.)	7996	7713	7758
Peso suelo compactado (gr.)	4415	4299	4010
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2117	2174	2109
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.085	1.977	1.901

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	310.20	310.20	310.20
Tara+suelo seco (gr.)	259.80	259.80	259.80
Peso de agua (gr.)	50.40	50.40	50.40
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	259.80	259.80	259.80
Humedad (%)	19.4	19.4	19.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.747	1.656	1.592

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 43		Molde 44		Molde 45	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		20	5.7	13	3.8	7	2.3
0.075	1.91		30	8.3	19	5.4	12	3.6
0.100	2.54	70.31	44	11.9	27	7.5	15	4.4
0.150	3.81		70	18.7	51	13.7	30	8.3
0.200	5.08	105.46	84	22.3	67	17.9	39	10.6
0.250	6.35		102	27.0	81	21.5	48	12.9
0.300	7.62		119	31.4	92	24.4	54	14.5
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	43	44	45
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.020	0.022	0.025
21-10-22	0.028	0.026	0.028
22-10-22	0.032	0.026	0.029
23-10-22	0.032	0.026	0.029
% EXP.	0.7	0.6	0.6

*Ing. Yesenia Lioella Chailco*  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPUIHARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

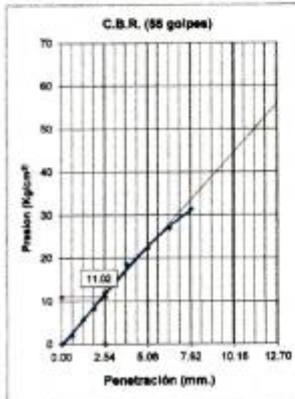
**Muestra** : C- 14 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Umaysocco

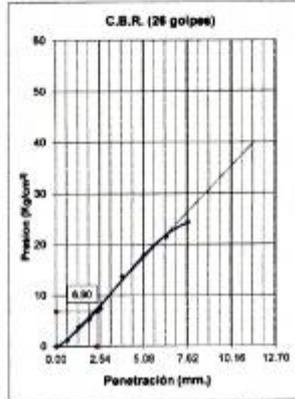
**Profundidad** : 1.50m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

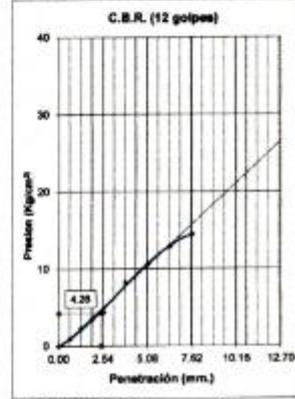
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.745  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 19.5



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 15.7  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 21.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.747

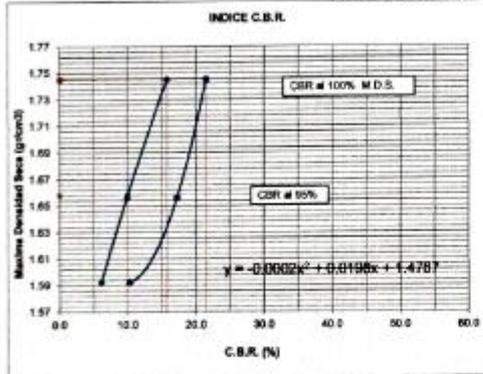


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 9.9  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 17.0  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.656



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 6.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 10.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.592

**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7453  
95% DE M.D.S. : 1.658

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 15.7 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 10.0 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 21.2 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 17.2 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 10.0 % al 95% MDS.  
subrasante buena.

*Ing. Josselyn Vidella Chállico*  
CIP 151647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 15 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Umuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 352.0 P.M.H. = 615.6  
 Peso de fracción : 352.0 P.M.S. = 489.65  
 Peso de muestra lavada: 200.9 % W = 25.72

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	24	20
Recipiente Nº	17	59	19
R + Suelo Hum.	50.63	52.32	51.68
R + Suelo Seco	43.89	44.75	44.10
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	6.74	7.57	7.58
Peso S. Seco	19.37	20.61	19.55
% de Humedad	34.80	36.73	38.77

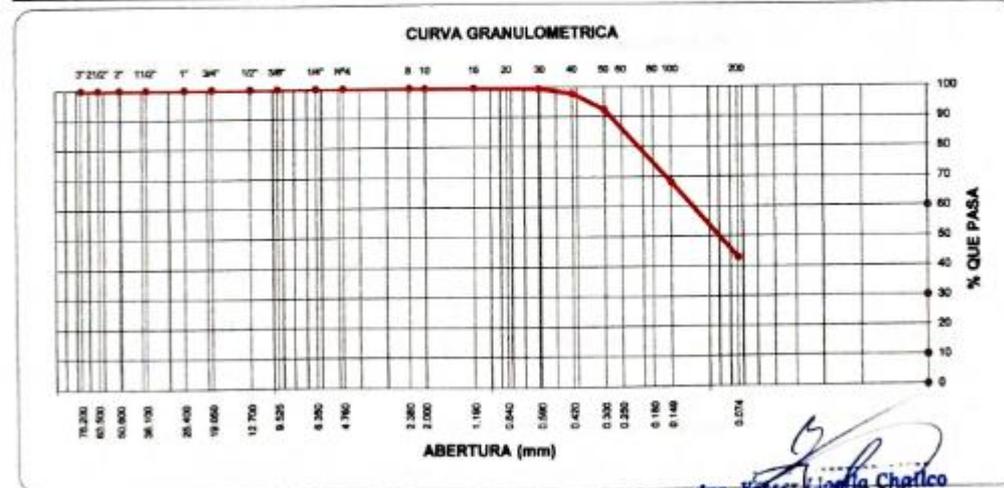
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	23	21
R + Suelo Hum.	10.18	10.56
R + Suelo Seco	8.56	8.86
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.62	1.70
Peso S. Seco	4.82	5.04
% de Humedad	33.61	33.73

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	0.3	0.1	0.1	99.9	
10	2.000	0.4	0.1	0.2	99.8	
16	1.190	0.5	0.1	0.3	99.7	
30	0.600	1.0	0.3	0.6	99.4	
40	0.420	6.0	1.7	2.3	97.7	
50	0.300	18.6	5.3	7.6	92.4	
100	0.149	85.6	24.3	31.9	68.1	
200	0.074	88.5	25.1	57.0	43.0	
< 200		151.1	42.9	99.9		



Clasificación SUCS	SM	L.L. : 36.63	Máx. Dens. Seca : 1.822	% C.B.R. al 95% - 0.1 "	6.8
Clasificación AASHTO	A-4(0)	I.P. : 2.96	Humedad Óptima : 10.1	% C.B.R. al 100% - 0.1 "	11.9



ING. YESSIE CHATICO  
 161042  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

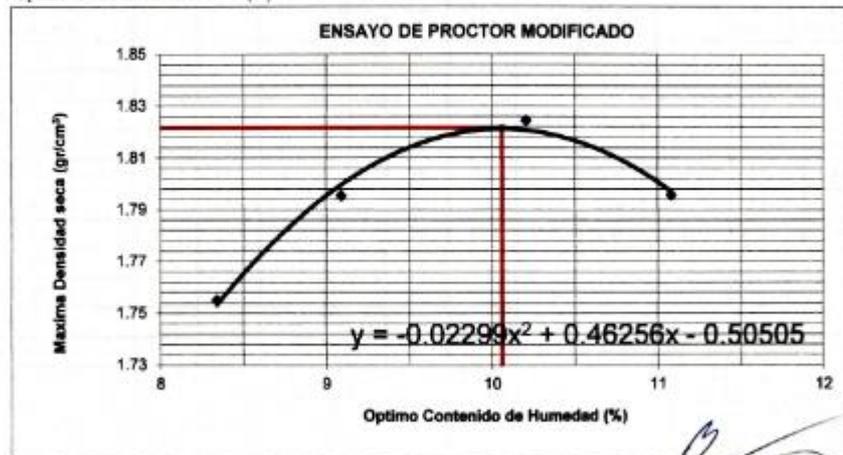
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 15 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6067	6121	6170	6155
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1793	1847	1896	1881
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.901	1.959	2.011	1.995

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	498.74	568.97	654.23	520.45
Tara + suelo seco (gr.)	460.35	537.84	593.65	468.54
Peso de agua (gr.)	38.39	31.13	60.58	51.91
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	460.35	342.50	593.65	468.54
Humedad (%)	8.3	9.1	10.20	11.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.755	1.795	1.824	1.796

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.822  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.1



Ing. Yasser Llanca Chalco  
 JEFE DEL LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 15 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.822  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.1

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12420	12346	11150
Peso molde (gr.)	8184	8180	7073
Peso suelo compactado (gr.)	4236	4166	4077
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104	2110	2172
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.013	1.974	1.877

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.50	398.50	398.50
Tara+suelo seco (gr.)	361.28	361.28	361.28
Peso de agua (gr.)	37.22	37.22	37.22
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	361.28	361.28	361.28
Humedad (%)	10.3	10.3	10.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.825	1.790	1.702

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		7	2.3	5	1.8	3	1.3
0.050	1.27		12	3.6	9	2.8	5	1.8
0.075	1.91		21	5.9	15	4.4	10	3.1
0.100	2.54	70.31	31	8.5	25	7.0	12	3.6
0.150	3.81		52	14.0	33	9.1	18	5.2
0.200	5.08	105.46	61	16.3	41	11.1	25	7.0
0.250	6.35		84	22.3	52	14.0	32	8.8
0.300	7.62		112	29.5	71	18.9	38	10.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.000	0.000	0.000
21-10-22	0.000	0.000	0.000
22-10-22	0.000	0.000	0.000
23-10-22	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Ing. Yesser Moella Chállico  
 C.P. 451547  
 JEFE DE LABORATORIO

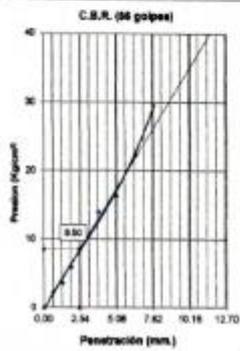


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

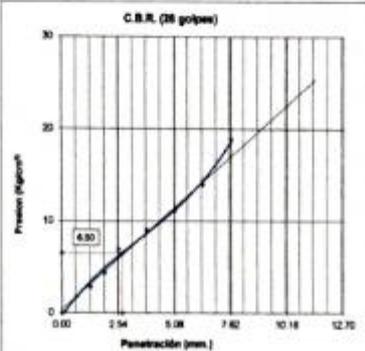
**Proyecto** : \*EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUSPUBIARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URBAMBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021\*

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 15 Subrasante.  
**Solicita** : Soroco -Umaysocco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

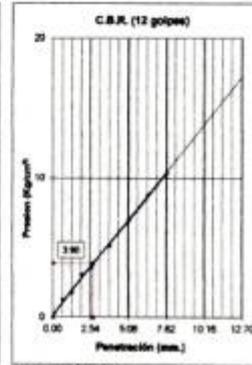
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.822  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.1



C.B.R. (0.1") > 35 Golpes : 12.1  
 C.B.R. (0.2") > 35 Golpes : 15.5  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.825

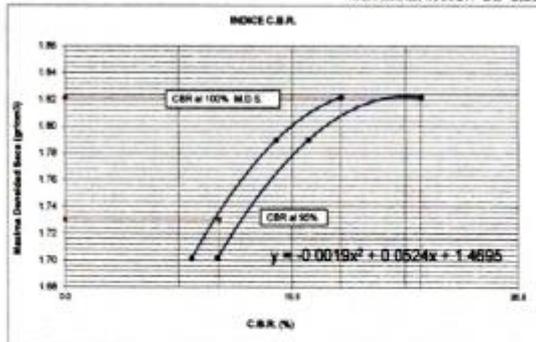


C.B.R. (0.1") > 26 Golpes : 9.3  
 C.B.R. (0.2") > 26 Golpes : 10.6  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.790



C.B.R. (0.1") > 12 Golpes : 3.8  
 C.B.R. (0.2") > 12 Golpes : 6.4  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.782

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8216  
 95% DE M.D.S. : 1.731

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 11.9 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 8.8 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 15.0 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 7.9 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 6.8 % al 95% M.D.S.  
 Subrasante regular.

*[Signature]*  
**Ing. Yésser Libellia Chalico**  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPUIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 16 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco - Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Límite Líquido MTC E 110**

ENSAJO	1	2	3
Nº de Golpes	28	25	21
Recipiente Nº	15	39	16
R + Suelo Hum.	50.68	50.56	53.64
R + Suelo Seco	46.28	45.88	48.12
Peso Recip.	24.50	24.58	24.63
Peso Agua	4.40	4.68	5.52
Peso S. Seco	21.78	21.30	23.49
% de Humedad	20.20	21.97	23.50

**Granulometría (MTC E 107)**

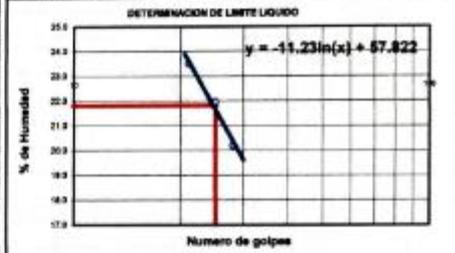
**Humedad Natural**

<b>Datos de ensayo</b>			
Peso Total :	315.0	P.M.H. =	369.2
Peso de fracción :	315.0	P.M.S. =	325.48
Peso de muestra lavada:	225.9	% W =	13.43

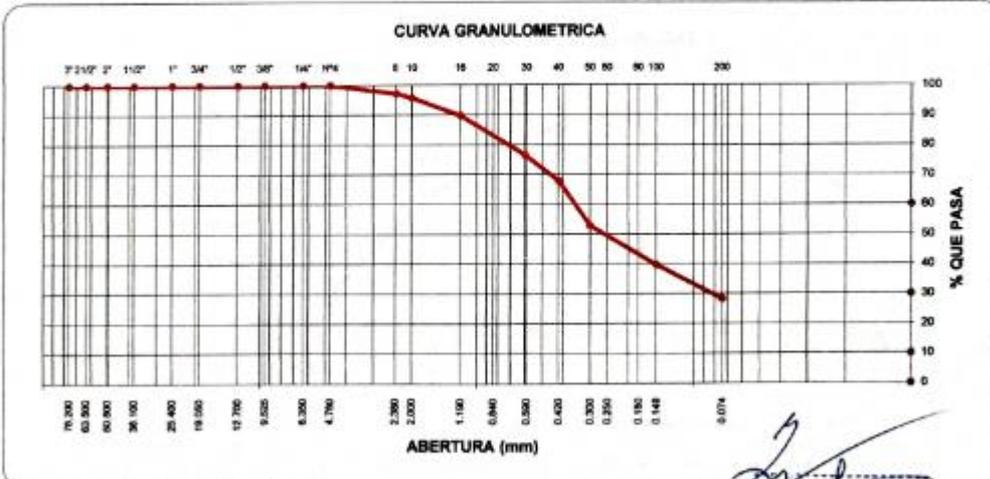
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	13	20
R + Suelo Hum.	10.66	10.45
R + Suelo Seco	9.52	9.35
Peso Recip.	3.75	3.80
Peso Agua	1.14	1.10
Peso S. Seco	5.77	5.55
% de Humedad	19.76	19.82

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200			100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	9.2	2.9	97.1	
10	2.000	4.4	1.4	95.7	
16	1.190	18.8	6.0	89.7	
30	0.600	41.6	13.2	76.5	
40	0.420	27.3	8.7	67.8	
50	0.300	47.4	15.0	52.8	
100	0.149	41.0	13.0	39.8	
200	0.074	36.2	11.5	28.3	
< 200		89.1	28.3	100.0	



Clasificación SUCS	SM	L.L. : 21.83	Máx.Dens.Secn : 1.891	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	8.1
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	I.P. : 2.04	Humedad Óptima 9.4	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	12.1



OBSERVACIONES : SUCS: Arcilla limosa.

Ing. Yesenia Uscalia Challo  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

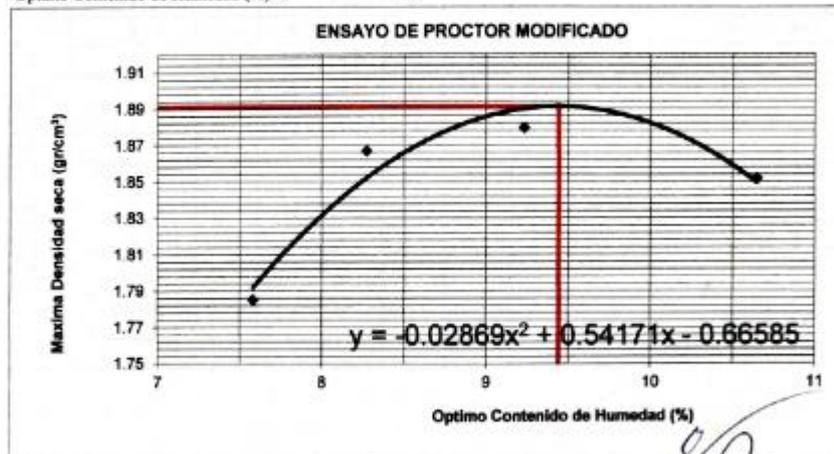
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPISHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 16 Subrasante.  
**Solicitante** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6085	6180	6210	6206
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1811	1906	1936	1932
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.920	2.021	2.053	2.049

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	482.56	523.45	568.74	481.55
Tara + suelo seco (gr.)	448.56	495.12	520.67	435.21
Peso de agua (gr.)	34.00	28.33	48.07	46.34
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	448.56	342.50	520.67	435.21
Humedad (%)	7.6	8.3	9.23	10.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.785	1.867	1.880	1.852

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.891  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.4



**Ing. Yesser Lioella Chaico**  
C. 151642  
 JEFE DEL LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPihuARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 16 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.891

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.4

Compactación			
Molde N°	10	11	12
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11650	11510	11299
Peso molde (gr.)	7187	7217	7189
Peso suelo compactado (gr.)	4463	4293	4110
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2157	2163	2163
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.069	1.985	1.900

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.70	398.70	398.70
Tara+suelo seco (gr.)	364.25	364.25	364.25
Peso de agua (gr.)	34.45	34.45	34.45
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	364.25	364.25	364.25
Humedad (%)	9.5	9.5	9.5
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.890	1.813	1.736

Aplicación de Carga								
Penetración (Pulg.)	Presión (mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10		Molde 11		Molde 12	
			Dial (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		9	2.8	4	1.5	3	1.3
0.050	1.27		12	3.6	11	3.3	9	2.8
0.075	1.91		25	7.0	17	4.9	11	3.3
0.100	2.54	70.31	35	9.6	20	5.7	13	3.9
0.150	3.81		52	14.0	26	7.2	15	4.4
0.200	5.08	105.46	72	19.2	33	9.1	19	5.4
0.250	6.35		95	25.1	44	11.9	30	8.3
0.300	7.62		106	28.0	55	14.8	29	8.0
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	11	12
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.000	0.000	0.000
21-10-22	0.000	0.000	0.000
22-10-22	0.000	0.000	0.000
23-10-22	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Ing. Pesser Ilcoella Chalico  
CIP 14187  
JEFE DE LABORATORIO

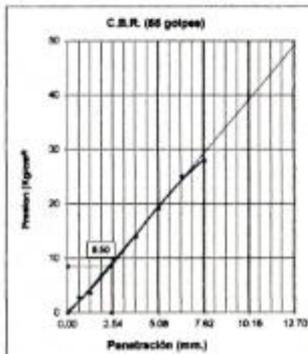


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

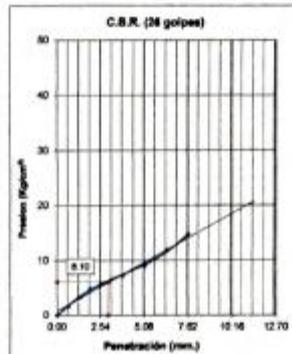
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 16 Subrasante.  
**Societa** : Soncco -Utuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

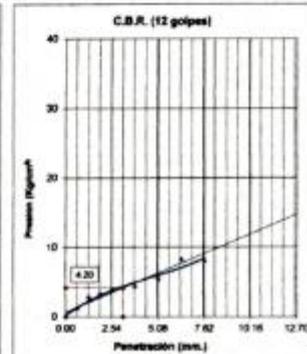
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.891  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.4



C.B.R. (0.1")-66 Golpes : 12.1  
 C.B.R. (0.2")-66 Golpes : 18.3  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.891

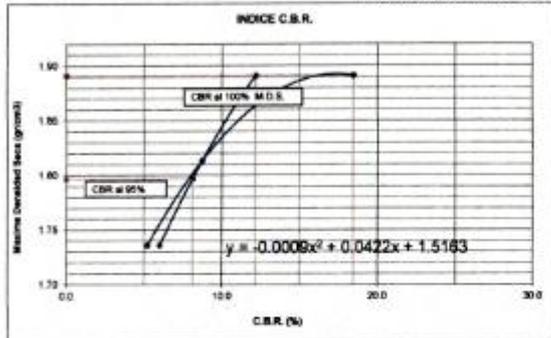


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 8.1  
 C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 8.6  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.813



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 6.0  
 C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 5.2  
 Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.736

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8912  
 95% DE M.D.S. : 1.797

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 12.1 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 8.1 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 18.3 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 7.9 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 8.1 % al 95% MDS.  
 Subrasante regular.

*Ing. Gisela Chalico*  
 C.P. 16647  
 JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCHA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Senccha, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 17. Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.

**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 2100.0 P.M.H. = 428.5  
Peso de fracción : 356.0 P.M.S. = 374.56  
Peso de muestra lavada: 878.3 % W = 14.40

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	24	19
Recipiente Nº	17	20	19
R = Suelo Hum.	52.98	53.69	55.35
R = Suelo Seco	46.42	46.76	47.68
Peso Recip.	24.52	24.54	24.55
Peso Agua	6.56	6.93	7.67
Peso S. Seco	21.90	22.22	23.13
% de Humedad	29.95	31.19	33.16

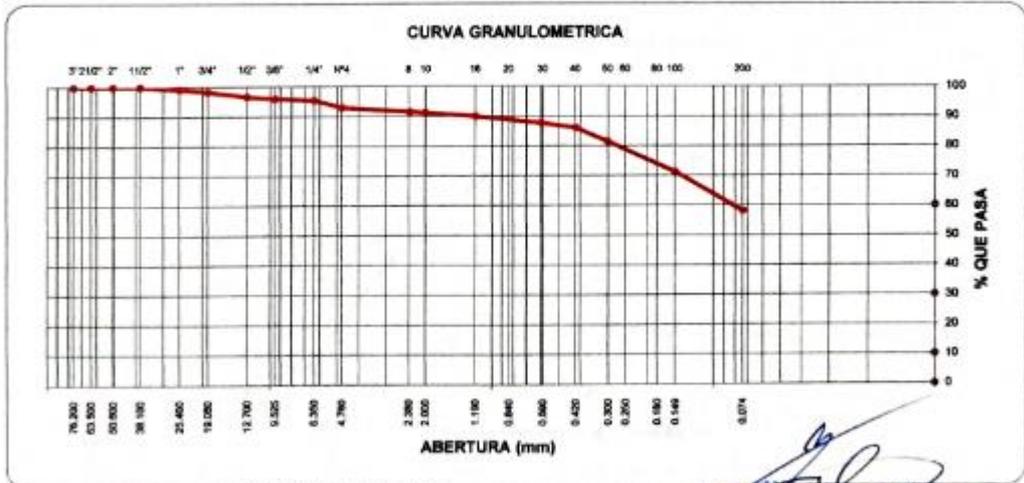
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	23	21
R = Suelo Hum.	10.44	10.12
R = Suelo Seco	9.15	8.93
Peso Recip.	3.75	3.82
Peso Agua	1.29	1.19
Peso S. Seco	5.40	5.11
% de Humedad	23.89	23.29



Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200				100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	16.8	0.8	0.8	99.2	
3/4"	19.050	17.4	0.8	1.6	98.4	
1/2"	12.700	35.1	1.7	3.3	96.7	
3/8"	9.525	14.9	0.7	4.0	96.0	
1/4"	6.350	12.6	0.6	4.6	95.4	
No#4	4.760	50.2	2.4	7.0	93.0	
8	2.360	5.6	1.5	8.5	91.5	
10	2.000	1.2	0.3	8.8	91.2	
16	1.190	4.6	1.2	10.0	90.0	
30	0.600	8.9	2.3	12.3	87.7	
40	0.420	6.2	1.6	13.9	86.1	
50	0.300	17.9	4.7	18.6	81.4	
100	0.149	39.2	10.2	28.8	71.2	
200	0.074	49.7	13.0	41.8	58.2	
< 200		222.7	58.2	100.0		

Clasificación SUCS : CL L.L. : 31.34 Máx. Dens. Seca : 1.888 % C.B.R. al 95% - 0.1" : 5.4  
Clasificación AASHTO : A-4(3) I.P. : 7.75 Humedad Óptima : 9.1 % C.B.R. al 100% - 0.1" : 10.7



OBSERVACIONES : MUEC: Arcilla baja plasticidad  
Ing. [Firma] [Firma] Chailco  
L.P. 163647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

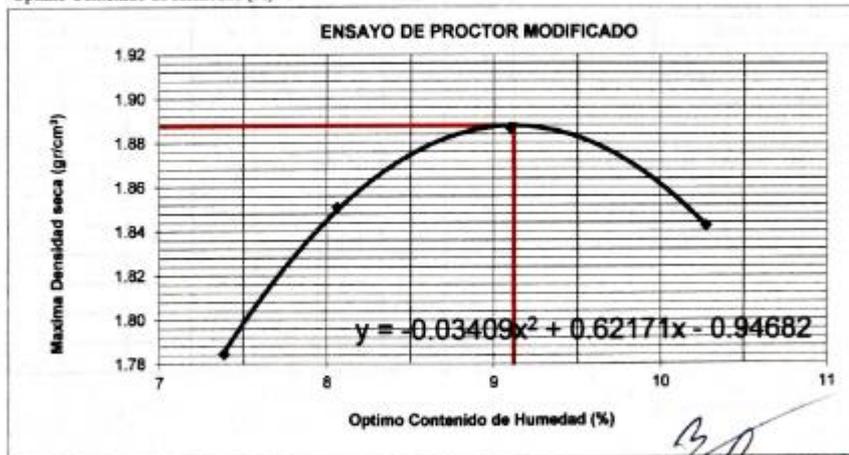
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 17. Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Umuysoncco.  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6081	6160	6215	6190
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1807	1886	1941	1916
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.916	2.000	2.058	2.032

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	480.23	497.56	598.58	486.32
Tara + suelo seco (gr.)	447.21	469.95	548.65	441.02
Peso de agua (gr.)	33.02	27.61	49.91	45.30
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	447.21	342.50	548.65	441.02
Humedad (%)	7.4	8.1	9.10	10.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.784	1.851	1.887	1.843

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.888  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.1



Ing. Jesse Gioella Chállico  
 CIP 121647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 17. Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Urnysoncco.

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.888

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.1

Compactación			
Molde N°	13	14	15
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11623	11411	11551
Peso molde (gr.)	7196	7229	7409
Peso suelo compactado (gr.)	4427	4182	4142
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2160	2107	2188
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.050	1.985	1.893

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	390.02	390.02	390.02
Tara+suelo seco (gr.)	357.98	357.98	357.98
Peso de agua (gr.)	32.04	32.04	32.04
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	357.98	357.98	357.98
Humedad (%)	9.0	9.0	9.0
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.881	1.822	1.738

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 13		Molde 14		Molde 15	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		13	3.9	6	2.0	3	1.3
0.050	1.27		15	4.4	7	2.3	5	1.8
0.075	1.91		18	5.2	9	2.8	7	2.3
0.100	2.54	70.31	22	6.2	11	3.3	8	2.6
0.150	3.81		31	8.5	14	4.1	10	3.1
0.200	5.08	105.46	42	11.4	15	4.4	11	3.3
0.250	6.35		50	13.5	19	5.4	13	3.9
0.300	7.62		64	17.1	21	5.9	15	4.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	13	14	15
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.008	0.009	0.011
21-10-22	0.010	0.012	0.015
22-10-22	0.012	0.016	0.018
23-10-22	0.015	0.016	0.018
<b>% EXP.</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>

Ing. Yessy Llanca Chacico  
C.F. 181547  
JEFE DE LABORATORIO

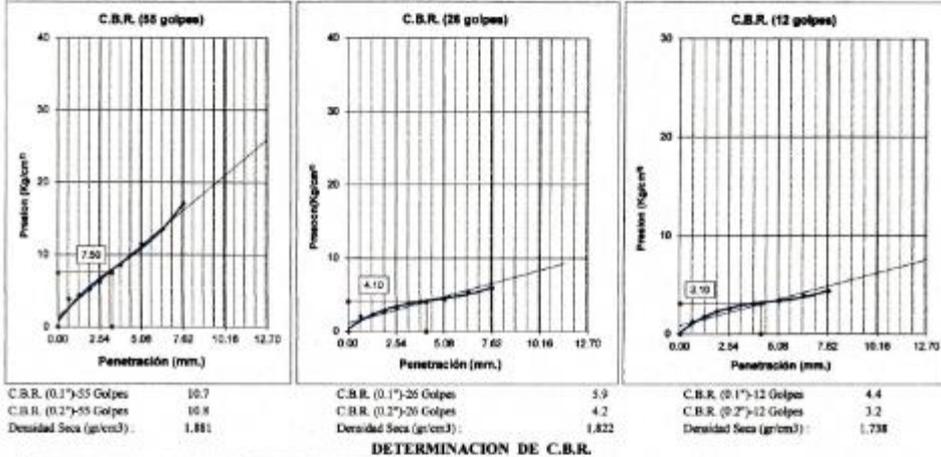


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

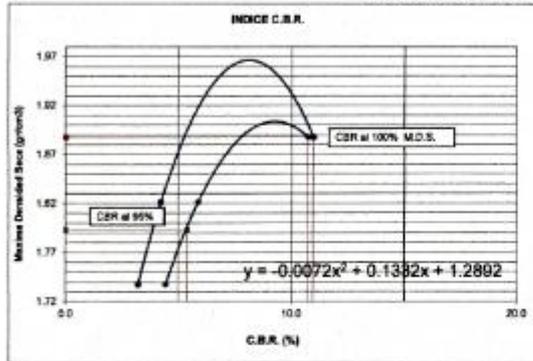
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUSPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C- 17. Subrasante.  
**Solicitante** : Soncco - Unaysoncco.  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.888  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.1



**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8878  
 95% DE M.D.S. : 1.793

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 10.7 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 5.4 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 10.9 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 3.8 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 5.4 % al 95% MDS.  
 Subrasante pobre.

*Ing. Yesser Uscitia Chanco*  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto:** "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación:** Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra Solicita:** C- 18. Subrasante. Sencca -Unuysoncco.

**Profundidad:** 1.50 m

**Fecha:** Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 317.0 P.M.H. = 435.6  
 Peso de fracción : 317.0 P.M.S. = 372.54  
 Peso de muestra lavada: 93.5 % W = 16.93

**Humedad Natural**

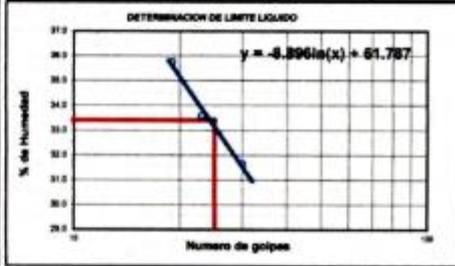
**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	23	19
Recipiente N°	22	59	16
R + Suelo Hum.	50.34	50.98	52.45
R + Suelo Seco	43.37	44.23	48.38
Peso Recip.	21.35	24.14	37.00
Peso Agua	6.97	6.75	4.07
Peso S. Seco	22.02	20.09	11.38
% de Humedad	31.65	33.60	35.76

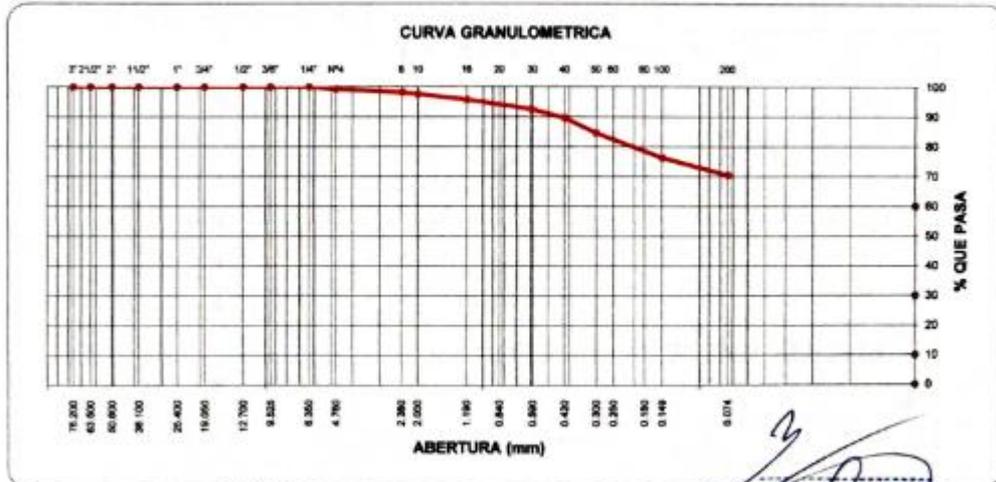
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	15	20
R + Suelo Hum.	10.25	10.56
R + Suelo Seco	8.86	9.12
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	1.39	1.44
Peso S. Seco	5.07	5.30
% de Humedad	27.42	27.17

Tamiz	Maila	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	2.5	0.8	0.8	99.2	
8	2.360	3.6	1.1	1.9	98.1	
10	2.000	1.6	0.5	2.4	97.6	
16	1.190	6.1	1.9	4.3	95.7	
30	0.600	10.2	3.2	7.5	92.5	
40	0.420	9.2	2.9	10.4	89.6	
50	0.300	16.3	5.1	15.5	84.5	
100	0.149	26.3	8.2	23.7	76.3	
200	0.074	18.4	5.8	29.5	70.5	
< 200		225.3	70.5	100.0		



Clasificación SUCS	CL	L.L.:	33.41	Máx. Dens. Seca :	1.781	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	3.9
Clasificación AASHTO	A-4(4)	LP :	6.12	Humedad Óptima	12.5	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	5.9



**OBSERVACIONES:** SUCS: Arcilla baja plasticidad  
 Ing. T. S. Challo  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

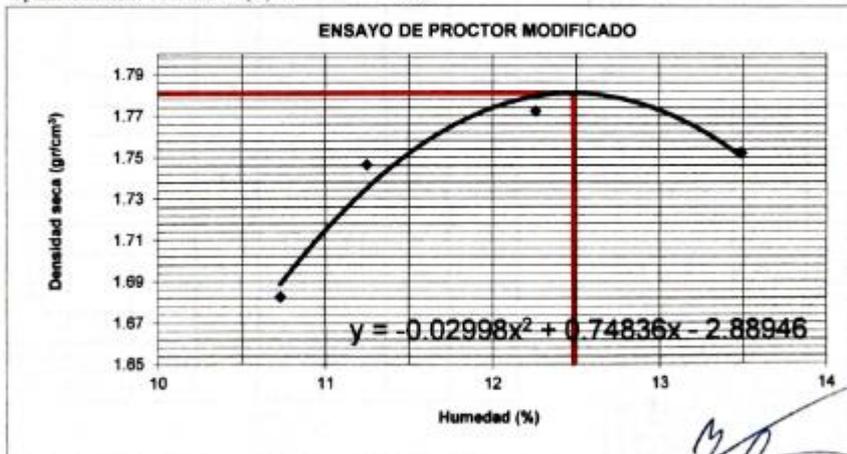
**Proyecto:** "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación:** Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra:** : C- 18. Subrasante.  
**Solicita:** : Soncco -Unuysoncco.  
**Profundidad:** :1.50 m  
**Fecha:** :Cusco, octubre del 2022

Compactación	Metodo A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6031	6106	6150	6149
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1757	1832	1876	1875
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.863	1.943	1.989	1.988

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	489.77	495.64	564.25	487.52
Tara + suelo seco (gr.)	442.31	457.12	502.64	429.58
Peso de agua (gr.)	47.46	38.52	61.61	57.94
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	442.31	342.50	502.64	429.58
Humedad (%)	10.7	11.2	12.26	13.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.683	1.746	1.772	1.752

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.781  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.5



Ing. Jessor Coelia Chalico  
 CIP 101647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto:** "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación:** Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra:** C- 18. Subrasante,

**Solicitante:** Soncco -Unuysoncco.

**Profundidad:** 1.50 m

**Fecha:** Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.781  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.5

Compactación			
Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11968	11320	11156
Peso molde (gr.)	7539	7120	7127
Peso suelo compactado (gr.)	4429	4200	4029
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2204	2162	2168
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.010	1.943	1.858

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	401.23	401.23	401.23
Tara+suelo seco (gr.)	356.21	356.21	356.21
Peso de agua (gr.)	45.02	45.02	45.02
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	356.21	356.21	356.21
Humedad (%)	12.6	12.6	12.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.784	1.725	1.650

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	4	1.5	2	1.0
0.050	1.27		9	2.8	5	1.8	3	1.3
0.075	1.91		11	3.3	7	2.3	4	1.5
0.100	2.54	70.31	12	3.6	8	2.6	5	1.8
0.150	3.81		15	4.4	10	3.1	6	2.0
0.200	5.08	105.46	18	5.2	12	3.6	7	2.3
0.250	6.35		21	5.9	15	4.4	8	2.6
0.300	7.62		24	6.7	16	4.6	10	3.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	1	2	3
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.002	0.005	0.009
21-10-22	0.005	0.008	0.013
22-10-22	0.007	0.011	0.017
23-10-22	0.009	0.015	0.020
% EXP.	0.2	0.3	0.4

*[Firma]*  
Ing. *[Nombre]*  
CIR 14163  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto:** "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación:** Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco -

**Muestra:** C- 18. Subrasante.

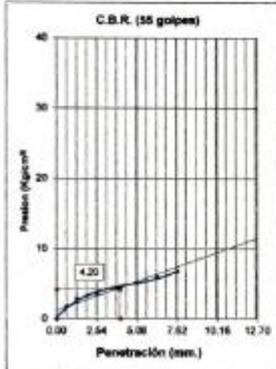
**Solicita:** Soncco - Unaysoncco.

**Profundidad:** 1.50 m

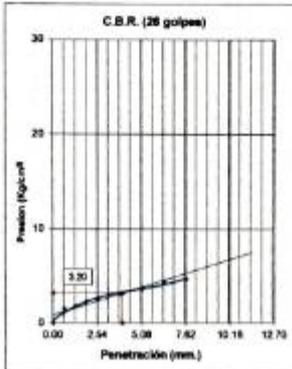
**Fecha:** Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.781

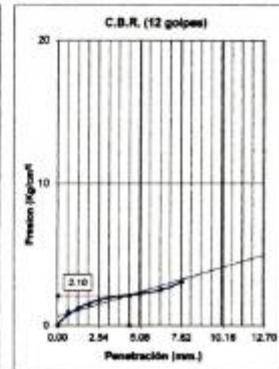
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.5



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 8.0  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 4.9  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.784

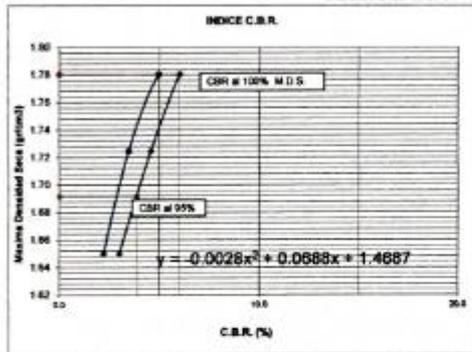


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 4.6  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 3.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.725



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 3.0  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 2.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.650

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7807  
95% DE M.D.S. : 1.692

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 5.9 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 3.9 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 4.8 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 2.9 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 3.9 % al 95% M.D.S.  
Subrasante pobre.

Ing. *[Signature]* **Abel Chailco**  
CIP 461947  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : 1ª EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPÍHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 19, Subrasante.

**Solicitante** : Luis,

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total	: 1977.6	P.M.H. =	358.5
Peso de fracción	: 337.0	P.M.S. =	315.64
Peso de muestra lavada:	605.1	% W =	13.58

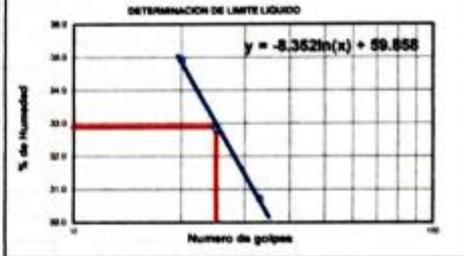
**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	33	25	20
Recipiente Nº	19	20	14
R + Suelo Hum.	49.95	49.02	53.20
R + Suelo Seco	43.98	42.41	49.25
Peso Recip.	24.55	22.27	37.94
Peso Agua	5.97	6.61	3.95
Peso S. Seco	19.43	20.14	11.31
% de Humedad	30.73	32.82	34.92

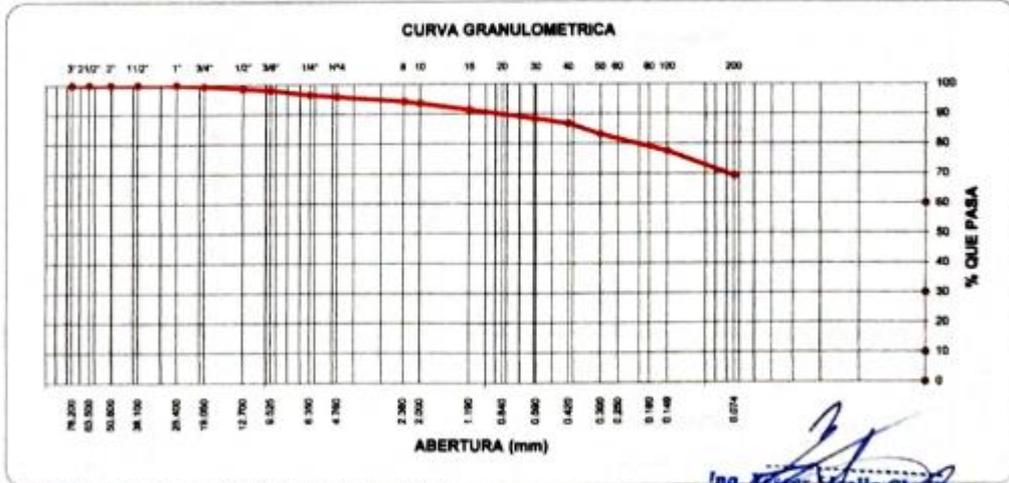
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	35	20
R + Suelo Hum.	16.87	17.84
R + Suelo Seco	14.21	15.02
Peso Recip.	3.80	3.82
Peso Agua	2.66	2.82
Peso S. Seco	10.41	11.20
% de Humedad	25.55	25.18

Malla	Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
	3"	76.200				100.0	
	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
	2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
	1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
	1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
	3/4"	19.050	10.6	0.5	0.5	99.5	
	1/2"	12.700	16.0	0.8	1.3	98.7	
	3/8"	9.525	10.9	0.6	1.9	98.1	
	1/4"	6.350	29.8	1.5	3.4	96.6	
	No4	4.760	13.1	0.7	4.1	95.9	
	8	2.360	5.8	1.7	5.8	94.2	
	10	2.000	2.0	0.6	6.4	93.6	
	16	1.190	7.7	2.2	8.6	91.4	
	30	0.600	10.6	3.0	11.6	88.4	
	40	0.420	5.6	1.6	13.2	86.8	
	50	0.300	12.5	3.6	16.8	83.2	
	100	0.149	20.1	5.7	22.5	77.5	
	200	0.074	28.9	8.2	30.7	69.3	
	< 200		243.8	69.4	100.1		



Clasificación SUCS	CL	L.L.:	32.89	Máx. Dens. Seca :	1.874	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	4.8
Clasificación AASHTO	A-4(4)	I.P.:	7.53	Humedad Óptima	9.0	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	6.7



Ing. *[Firma]* - *[Firma]*  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 19. Subrasante.

**Solicita** : Luis.

**Profundidad** : 1.50 m

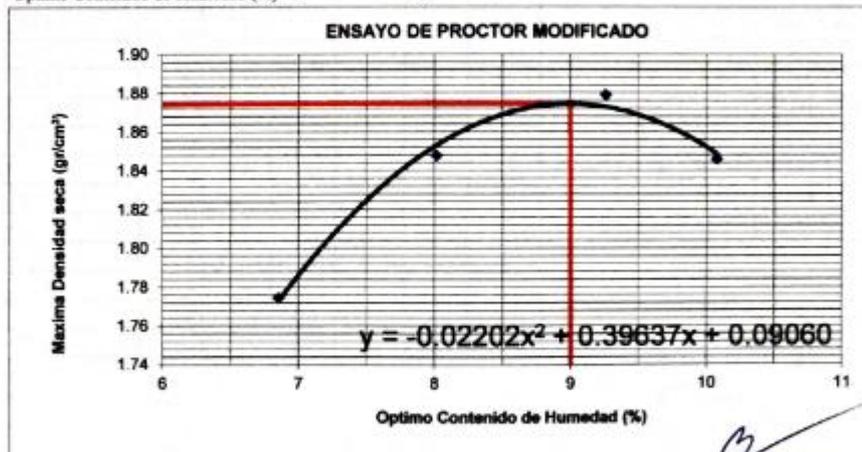
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Metodo A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6062	6156	6210	6190
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1788	1882	1936	1916
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.896	1.996	2.053	2.032

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	466.50	498.10	503.20	486.20
Tara + suelo seco (gr.)	436.58	470.65	460.55	441.69
Peso de agua (gr.)	29.92	27.45	42.65	44.51
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	436.58	342.50	460.55	441.69
Humedad (%)	6.9	8.0	9.26	10.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.774	1.848	1.879	1.846

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.874

Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.0



  
 Ing. Yessy Loella Challo  
 CIP 16164  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : 2ª EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 19. Subrasante.

**Solicita** : Luis.

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.874

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.0

Compactación			
Molde N°	7	8	9
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12520	11731	11640
Peso molde (gr.)	8170	7553	7565
Peso suelo compactado (gr.)	4350	4178	4075
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2119	2117	2161
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.053	1.974	1.886

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	395.60	395.60	395.60
Tara+suelo seco (gr.)	362.58	362.58	362.58
Peso de agua (gr.)	33.02	33.02	33.02
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	362.58	362.58	362.58
Humedad (%)	9.1	9.1	9.1
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.882	1.809	1.728

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 7		Molde 8		Molde 9	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		7	2.3	5	1.8	4	1.5
0.050	1.27		10	3.1	6	2.0	5	1.8
0.075	1.91		11	3.3	7	2.3	7	2.3
0.100	2.54	70.31	13	3.9	8	2.6	8	2.6
0.150	3.81		15	4.4	10	3.1	10	3.1
0.200	5.08	105.46	19	5.4	13	3.9	11	3.3
0.250	6.35		22	6.2	15	4.4	12	3.6
0.300	7.62		25	7.0	17	4.9	14	4.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	7	8	9
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.011	0.021	0.033
21-10-22	0.018	0.032	0.045
22-10-22	0.025	0.043	0.058
23-10-22	0.031	0.058	0.075
% EXP.	0.7	1.2	1.6

Ing. Jessy Jocella Chaitco  
CIP 18144  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 19, Subrasante.

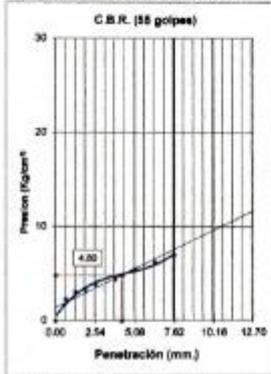
**Solicita** : Luis.

**Profundidad** : 1.50 m

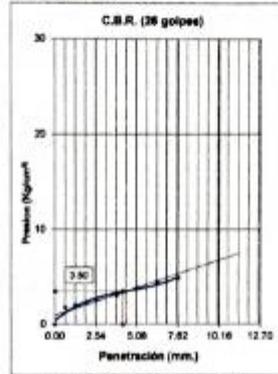
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.874

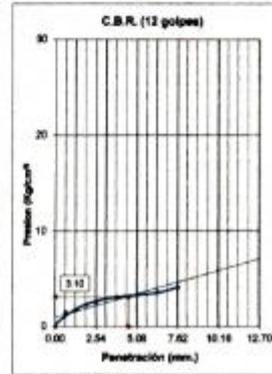
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.0



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 6.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 5.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.882

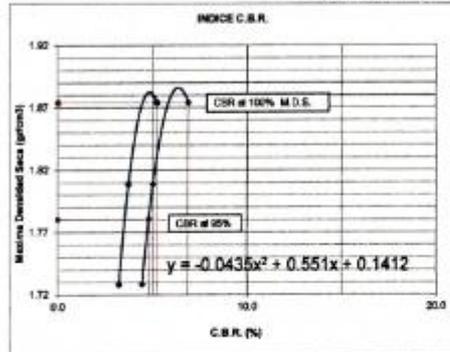


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 5.0  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 3.7  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.869



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 4.4  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 3.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.728

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8743

95% DE M.D.S. : 1.781

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 6.7 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 4.8 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 6.0 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 3.5 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 4.8 % al 95% MDS.

Subrasante pobre.

*Ing. Jasser Dora Chatico*  
CIP 16164  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Seneca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 20 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**  
 Peso Total : 2057.2 P.M.H. = 356.12  
 Peso de fracción : 327.1 P.M.S. = 328.31  
 Peso de muestra lavada: 1305.2 % W = 8.47

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	29	23	16
Recipiente Nº	17	26	25
R + Suelo Hum.	50.68	50.34	49.68
R + Suelo Seco	42.45	42.13	40.12
Peso Recip.	24.52	24.74	20.87
Peso Agua	8.23	8.21	9.56
Peso S. Seco	17.93	17.39	19.25
% de Humedad	45.90	47.21	49.66

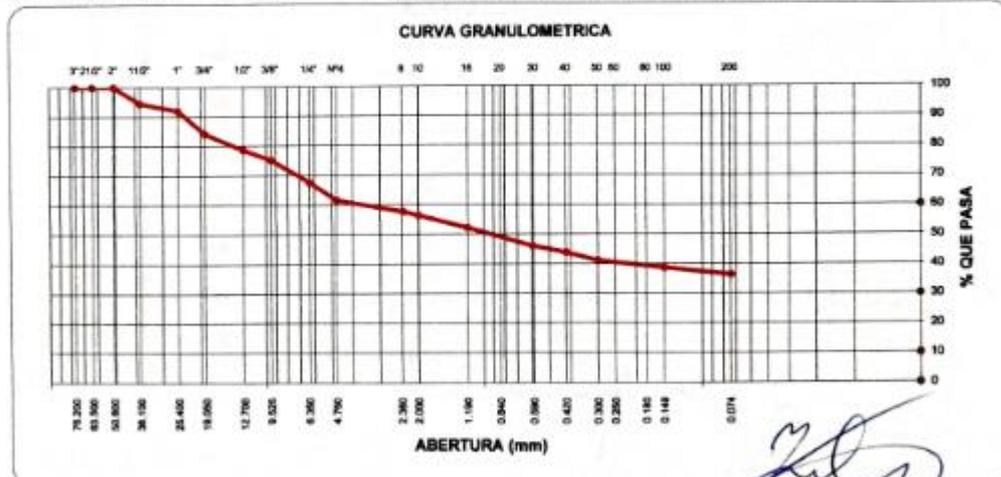
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	42	20
R + Suelo Hum.	10.35	10.87
R + Suelo Seco	9.18	9.61
Peso Recip.	3.80	3.82
Peso Agua	1.17	1.26
Peso S. Seco	5.38	5.79
% de Humedad	21.75	21.76

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200			100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	113.0	5.5	94.5	
1"	25.400	51.6	2.5	92.0	
3/4"	19.050	163.3	7.9	84.1	
1/2"	12.700	112.5	5.5	78.6	
3/8"	9.525	67.9	3.3	75.3	
1/4"	6.350	158.5	7.7	67.6	
No4	4.760	124.4	6.0	61.6	
8	2.360	20.6	3.9	57.7	
10	2.000	6.8	1.3	56.4	
16	1.190	22.3	4.2	52.2	
30	0.600	32.3	6.1	46.1	
40	0.420	11.6	2.2	43.9	
50	0.300	15.0	2.8	41.1	
100	0.149	12.7	2.4	38.7	
200	0.074	11.5	2.2	36.5	
< 200		194.3	36.6	100.1	



Clasificación SUCS	GC	L.L. : 46.83	Máx Dens. Seca : 1.964	% C.B.R.al 95% - 0.1" : 12.0
Clasificación AASHTO	A-7-6 (4)	I.P. : 25.08	Humedad Optima : 10.2	% C.B.R.al 100% - 0.1" : 21.4



OBSERVACIONES : SUCS: GC con modificaciones  
 Ing. Yeiser Lioella Challo  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

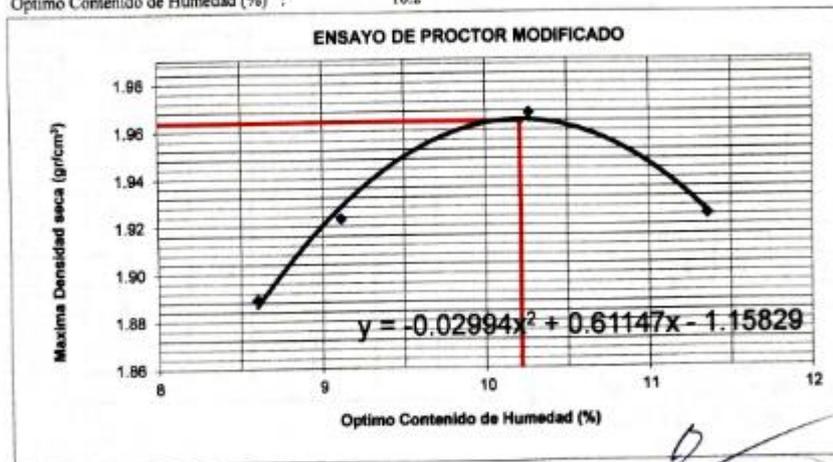
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPUIUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-20 Subrasante.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11105.00	11204.00	11354.00	11298.00
Peso molde (gr.)	6766.00	6766.00	6766.00	6766.00
Peso suelo compactado (gr.)	4339.00	4438.00	4588.00	4532.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.052	2.098	2.169	2.143

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	493.85	503.58	548.97	483.58
Tara + suelo seco (gr.)	454.56	472.35	497.86	434.25
Peso de agua (gr.)	39.09	31.21	51.11	49.31
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	454.56	342.50	497.86	434.25
Humedad (%)	8.6	9.1	10.27	11.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.889	1.923	1.967	1.924

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.964  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2



  
**Ing. Yesser Joffa Challo**  
 CIP 16187  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPihuARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C- 20 Subrasante.

**Solicita** : Soncco -Unuysocco.

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.964

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.2

Compactación			
Molde Nº	13	14	15
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11921	11680	11850
Peso molde (gr.)	7196	7229	7409
Peso suelo compactado (gr.)	4725	4451	4441
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2160	2107	2188
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.188	2.112	2.030

Humedad (%)			
Tara Nº			
Tara+suelo húmedo (gr.)	412.56	412.56	412.56
Tara+suelo seco (gr.)	372.56	372.56	372.56
Peso de agua (gr.)	40.00	40.00	40.00
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	372.56	372.56	372.56
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.975	1.908	1.833

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 13		Molde 14		Molde 15	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		14	4.1	9	2.8	6	2.0
0.050	1.27		20	5.7	15	4.4	11	3.3
0.075	1.91		35	9.6	22	6.2	17	4.9
0.100	2.54	70.31	61	16.3	41	11.1	26	7.2
0.150	3.81		90	23.8	62	16.6	37	10.1
0.200	5.08	105.46	131	34.4	85	22.5	51	13.7
0.250	6.35		162	42.4	103	27.2	62	16.6
0.300	7.62		202	52.8	139	36.5	83	22.0
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

**Expansión:**

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	13	14	15
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.012	0.019	0.028
21-10-22	0.018	0.028	0.056
22-10-22	0.032	0.034	0.064
23-10-22	0.036	0.049	0.098
<b>% EXP.</b>	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>	<b>2.1</b>

Ing. Yésica Elvella Chalco  
Jefe de Laboratorio

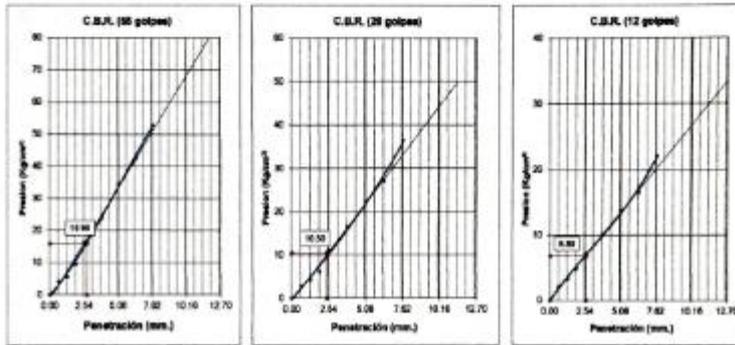


ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

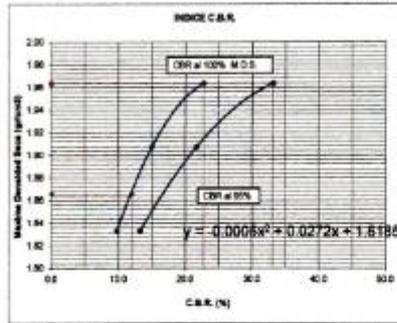
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUESPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco  
**Muestra** : C-20 Subrasante.  
**Solicitante** : Soncco - Unaysoncco.  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.964  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.2



DETERMINACION DE C.B.R.



M.D.S. : 1.9638  
 95% DE M.D.S. : 1.866

CBR (100% M.D.S.) 0.1% : 21.4 %  
 CBR (95% M.D.S.) 0.1% : 12.0 %  
 CBR (100% M.D.S.) 0.2% : 30.9 %  
 CBR (95% M.D.S.) 0.2% : 16.7 %

OBSERVACIONES :

CBR DISEÑO: 12.0 % al 95% M.D.S.  
 Subrasante buena

*Ing. Yesenia Leticia Chatico*  
 CIP 161847  
 JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** :-EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** :Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco –  
**Muestra** :C-01 + ceniza artesanal al 10%.  
**Solicita** : Sencco -Unuysoncco.  
**Fecha** :Cusco, enero 2023.

#### Granulometría (MTC E 107)

**Datos de ensayo**  
Peso Total : 408.2  
Peso de fracción : 408.2  
Peso de muestra lavada: 124.9

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	12.3	3.0	97.0	
8	2.360	6.8	1.6	95.4	
10	2.000	5.6	1.3	94.1	
16	1.190	10.9	2.6	85.7	
30	0.600	13.8	3.3	88.2	
40	0.420	10.5	2.5	85.7	
50	0.300	15.9	3.8	81.9	
100	0.149	22.4	5.3	76.6	
200	0.074	30.2	7.2	69.4	
< 200		292.1	69.4	100.0	

#### Límite Líquido MTC E 110

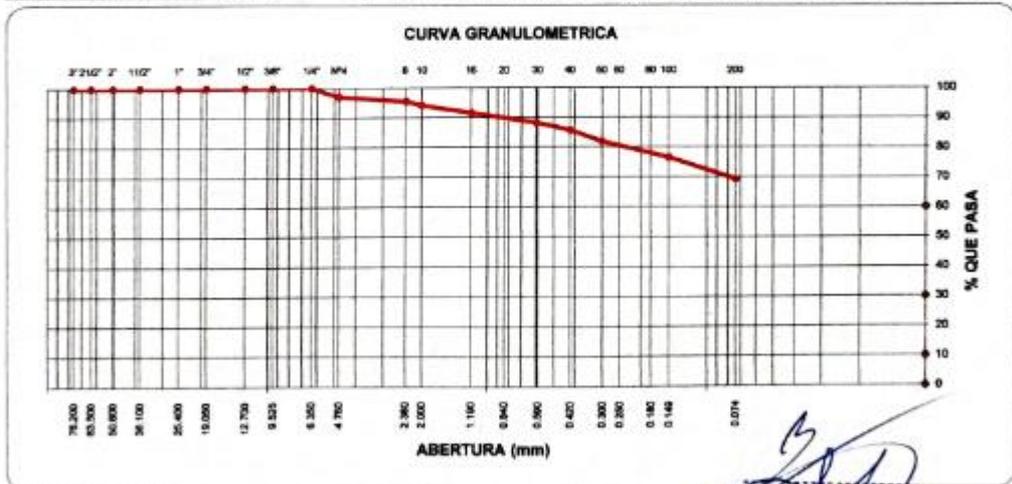
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	17
Recipiente Nº	17	10	19
R + Suelo Hum.	47.35	46.95	49.38
R + Suelo Seco	42.20	41.63	43.21
Peso Recip.	24.52	24.90	24.55
Peso Agua	5.15	5.32	6.17
Peso S. Seco	17.68	16.73	18.66
% de Humedad	29.13	31.80	33.07

#### Límite Plástico MTC E 111

Ensayo	1	2	
Recipiente Nº	8	21	
R + Suelo Hum.	17.05	17.94	
R + Suelo Seco	13.98	14.65	
Peso Recip.	3.83	3.82	
Peso Agua	3.07	3.29	
Peso S. Seco	10.15	10.83	
% de Humedad	30.25	30.38	30.31



Clasificación SUCS	ML	L.L. : 31.15	Máx. Dens. Seca : 1.815	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	6.5
Clasificación AASHTO	A-4 (6)	I.P. : 0.84	Humedad Óptima : 8.6	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	10.4



OBSERVACIONES :

Ing. J. García Challo  
CIP 101647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 10%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.

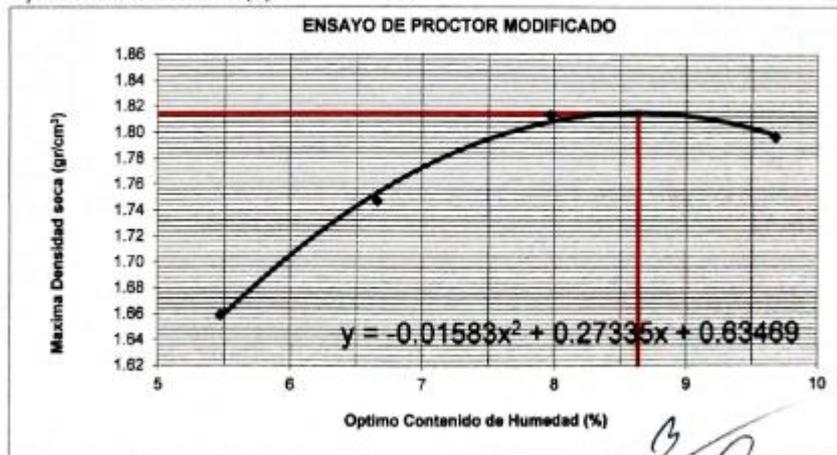
**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5924	6031	6120	6132
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1650	1757	1846	1858
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.750	1.863	1.958	1.970

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	339.20	325.60	341.40	335.40
Tara + suelo seco (gr.)	321.60	302.80	316.20	305.80
Peso de agua (gr.)	17.60	22.80	25.20	29.60
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	321.60	342.50	316.20	305.80
Humedad (%)	5.5	6.7	7.97	9.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.659	1.747	1.813	1.796

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.815  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.6



*Ing. Tesser Lipella Chafico*  
 CIP 10647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPÍHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov, Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 10%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.

**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.815  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.6

Compactación			
Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11880	11116	10875
Peso molde (gr.)	7539	7120	7127
Peso suelo compactado (gr.)	4341	3996	3748
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2204	2162	2168
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	1.970	1.848	1.729

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	387.00	387.00	387.00
Tara+suelo seco (gr.)	356.74	356.74	356.74
Peso de agua (gr.)	30.26	30.26	30.26
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	356.74	356.74	356.74
Humedad (%)	8.5	8.5	8.5
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.816	1.704	1.594

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.3	2	1.0
0.050	1.27		11	3.3	6	2.0	3	1.3
0.075	1.91		16	4.6	10	3.1	7	2.3
0.100	2.54	70.31	28	7.8	15	4.4	9	2.8
0.150	3.81		43	11.7	25	7.0	12	3.6
0.200	5.08	105.46	59	15.8	30	8.3	16	4.6
0.250	6.35		67	17.9	33	9.1	20	5.7
0.300	7.62		84	22.3	37	10.1	26	7.2
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	1	2	3
09-01-23	0.000	0.000	0.000
10-01-23	0.102	0.089	0.059
11-01-23	0.105	0.090	0.061
12-01-23	0.112	0.091	0.062
13-01-23	0.112	0.091	0.062
<b>% EXP.</b>	<b>2.4</b>	<b>1.9</b>	<b>1.3</b>

Ing. Jesser Llopis Challo  
CIP 161747  
JEFE DE LABORATORIO

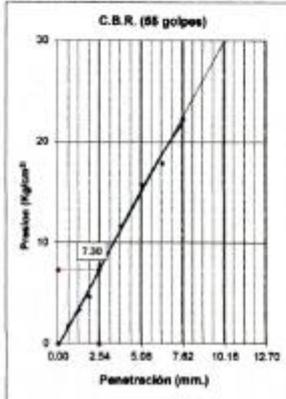


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTCE 132**

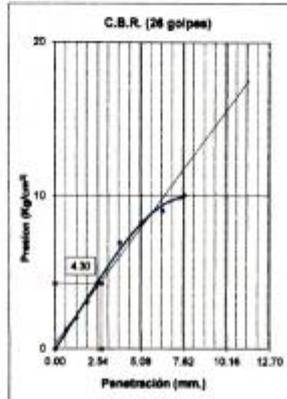
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 10%.  
**Solicitante** : Soncco - Unuysoncco.  
**Fecha** : Cusco, enero 2023.

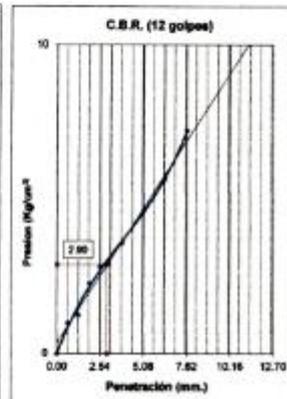
Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.815  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.6



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 10.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 15.0  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.815

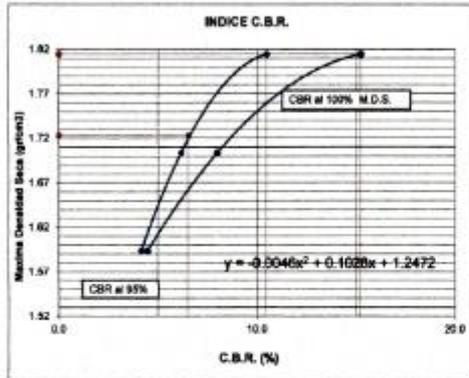


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 6.1  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 7.9  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.704



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 4.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 4.4  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.594

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8147  
95% DE M.D.S. : 1.724

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 10.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 8.5 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 15.0 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 02" : 8.5 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 6.5 % al 95% MDS.  
Subrasante regular.

*Ing. Yesser Ciofía Chailco*  
OF. 15147  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 11%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysocco.  
**Fecha** : Cusco, enero 2022.

#### Límite Líquido MTC E 110

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	33	25	18
Recipiente Nº	17	55	19
R + Suelo Hum.	50.63	56.34	51.68
R + Suelo Seco	44.78	48.95	45.02
Peso Recip.	24.52	24.53	24.55
Peso Agua	5.85	7.39	6.66
Peso S. Seco	20.26	24.42	20.47
% de Humedad	28.87	30.26	32.54

#### Granulometría (MTC E 107)

**Datos de ensayo**  
Peso Total : 502.3  
Peso de fracción : 502.3  
Peso de muestra lavada: 127.1

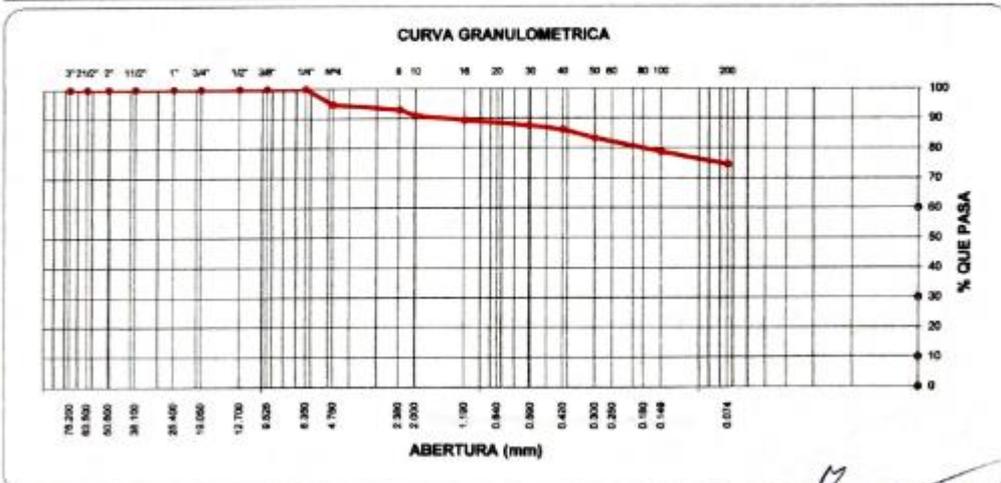
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200			100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	26.5	5.3	94.7	
8	2.360	8.9	1.7	93.0	
10	2.000	10.4	2.0	91.0	
16	1.190	8.4	1.6	89.4	
30	0.600	9.7	1.8	87.6	
40	0.420	7.6	1.4	86.2	
50	0.300	14.6	2.8	83.4	
100	0.149	24.3	4.6	78.8	
200	0.074	22.3	4.2	74.6	
< 200	396.1	74.7	100.1		

#### Límite Plástico MTC E 111

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	7	21
R + Suelo Hum.	18.59	18.22
R + Suelo Seco	15.26	14.98
Peso Recip.	3.81	3.82
Peso Agua	3.33	3.24
Peso S. Seco	11.45	11.16
% de Humedad	29.08	29.03



Clasificación SUCS	ML	L.L. : 30.49	Máx. Dens. Seca : 1.870	% C.B.R. al 95% - 0.1"	10.8
Clasificación AASHTO	A-4 (7)	I.P. : 1.43	Humedad Óptima : 9.9	% C.B.R. al 100% - 0.1"	15.5



OBSERVACIONES : Clasificación SUCS (ASTM D 2497) - Clasificación de suelos uso en vías de transporte (ASTM D - 3283)

*Ing. Yeser Lloella Chanco*  
101647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPUIHARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

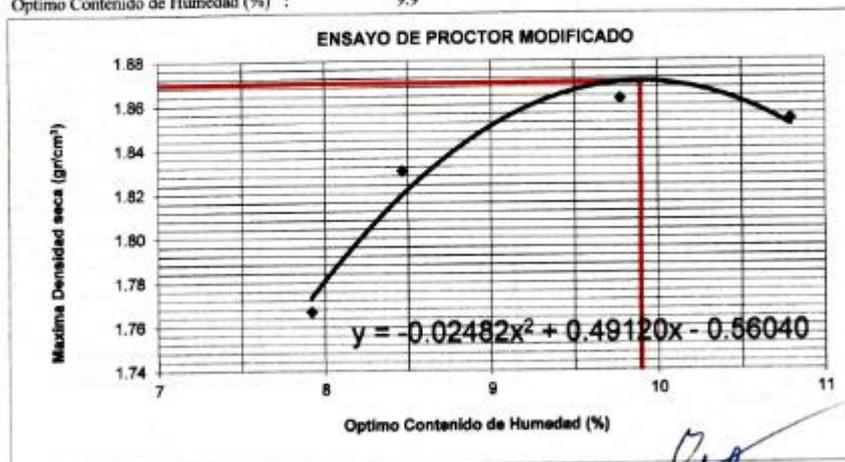
**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 11%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.  
**Fecha** : Cusco, enero 2022.

Compactación	Metodo A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6072	6146	6202	6210
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1798	1872	1928	1936
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.907	1.985	2.045	2.053

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	496.80	567.20	652.80	519.10
Tara + suelo seco (gr.)	460.35	538.21	594.67	488.54
Peso de agua (gr.)	36.45	28.99	58.13	50.56
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	460.35	342.50	594.67	468.54
Humedad (%)	7.9	8.5	9.78	10.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.767	1.830	1.862	1.853

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.870  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.9



*[Signature]*  
 Ing. Wladimir Chelico  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.

**Fecha** : Cusco, enero 2022.

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.870  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.9

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12508	12196	10935
Peso molde (gr.)	8184	8180	7073
Peso suelo compactado (gr.)	4324	4016	3862
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2104	2110	2172
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.055	1.903	1.778

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.00	398.00	398.00
Tara+suelo seco (gr.)	362.58	362.58	362.58
Peso de agua (gr.)	35.42	35.42	35.42
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	362.58	362.58	362.58
Humedad (%)	9.8	9.8	9.8
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.872	1.734	1.620

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.3	2	1.0
0.050	1.27		16	4.6	11	3.3	5	1.8
0.075	1.91		32	8.8	18	5.2	11	3.3
0.100	2.54	70.31	49	13.2	28	7.8	17	4.9
0.150	3.81		86	22.8	34	9.3	24	6.7
0.200	5.08	105.46	112	29.5	44	11.9	26	7.2
0.250	6.35		139	36.5	51	13.7	33	9.1
0.300	7.62		162	42.4	56	15.0	35	9.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.028	0.052	0.069
07-01-23	0.029	0.056	0.071
08-01-23	0.035	0.056	0.071
09-01-23	0.036	0.056	0.071
% EXP.	0.8	1.2	1.5

Ing. **Bibella Chalico**  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUSPICHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Seneca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

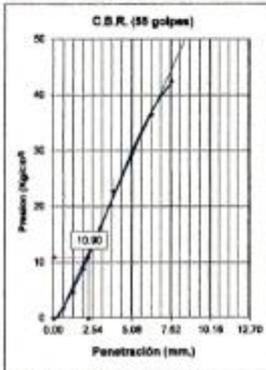
**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 11%.

**Solicita** : Soncco - Unuysoncco.

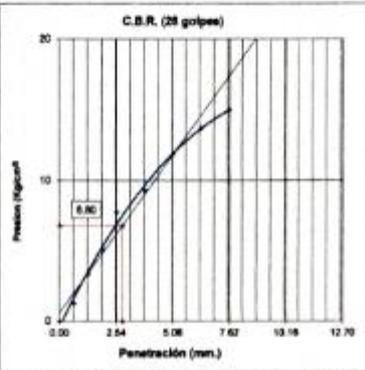
**Fecha** : Cusco, enero 2022.

Máxima Densidad Seca ( $\text{gr/cm}^3$ ) : 1.870

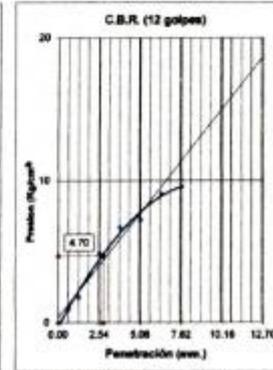
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9,9



C.B.R. (0.1") 55 Golpes : 15.5  
C.B.R. (0.2") 55 Golpes : 28.1  
Densidad Seca ( $\text{gr/cm}^3$ ): 1.872

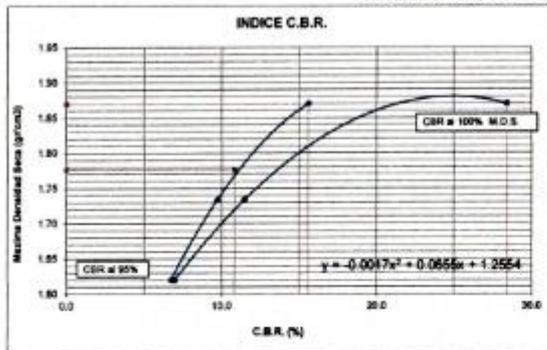


C.B.R. (0.1") 28 Golpes : 9.7  
C.B.R. (0.2") 28 Golpes : 11.3  
Densidad Seca ( $\text{gr/cm}^3$ ): 1.734



C.B.R. (0.1") 12 Golpes : 6.7  
C.B.R. (0.2") 12 Golpes : 6.9  
Densidad Seca ( $\text{gr/cm}^3$ ): 1.620

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8699

95% DE M.D.S. : 1.776

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 15.5 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 10.8 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 27.8 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 13.0 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 10.8 % al 95% M.D.S.

Subradante bueno.

*Ing. César Libella Chalico*  
CIP. 181647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPÍHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra Solicita** : C-01 + ceniza artesanal al 12%  
**Fecha** : Soncco -Unuysoncco.  
: Cusco, enero del 2022.

#### Granulometría (MTC E 107)

**Datos de ensayo**  
Peso Total : 400.8  
Peso de fracción : 400.8  
Peso de muestra lavada: 124.9

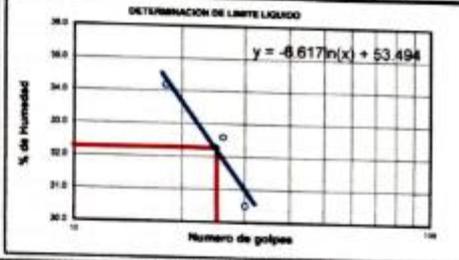
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200			100.0	
2 1/2"	63.590	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	3.1	0.8	99.2	
8	2.360	14.6	3.6	4.4	95.6
10	2.000	5.2	1.3	5.7	94.3
16	1.190	9.7	2.4	8.1	91.9
30	0.600	15.4	3.8	11.9	88.1
40	0.420	16.8	4.2	16.1	83.9
50	0.300	16.3	4.0	20.1	79.9
100	0.149	21.6	5.3	25.4	74.6
200	0.074	23.1	5.7	31.1	68.9
< 200	278.1	68.8	68.8	99.9	

#### Límite Líquido MTC E 110

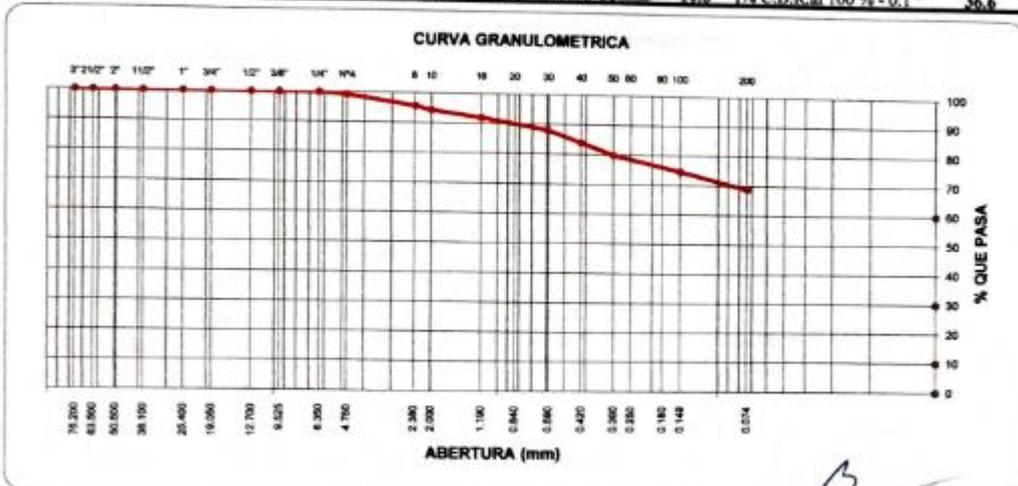
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	26	18
Recipiente N°	15	9	16
R + Suelo Hum.	50.68	54.81	53.64
R + Suelo Seco	44.56	47.40	46.25
Peso Recip.	24.50	24.67	24.63
Peso Agua	6.12	7.41	7.39
Peso S. Seco	20.06	22.73	21.62
% de Humedad	30.51	32.60	34.18

#### Límite Plástico MTC E 111

Ensayo	1	2	
Recipiente N°	13	20	
R + Suelo Hum.	18.19	19.35	
R + Suelo Seco	14.80	15.74	
Peso Recip.	3.82	3.80	
Peso Agua	3.39	3.61	
Peso S. Seco	10.98	11.94	
% de Humedad	30.87	30.23	30.55



Clasificación SUCS	ML	L.L. : 32.28	Máx. Dens. Seca : 1.842	% C.B.R. al 95 % - 0.1 " : 19.4
Clasificación AASHTO	A-4 (6)	L.P. : 1.72	Humedad Óptima : 10.8	% C.B.R. al 100 % - 0.1 " : 36.6



OBSERVACIONES : Clasificación SUCS (ASTM D 2487) - Clasificación de suelos uso en vías de transporte (ASTM D- 3283)

*Ing. Jessor Elvella Chalco*  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)**

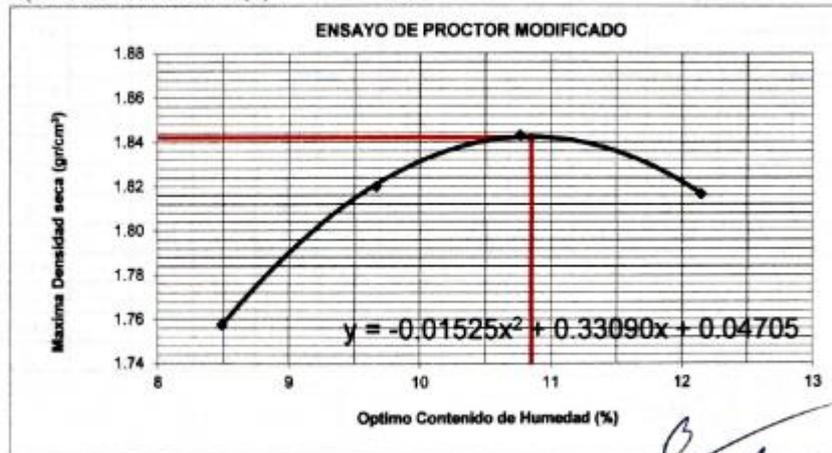
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUITSIPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov, Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 12%.  
**Solicitante** : Soncco -Unuysoncoco.  
**Fecha** : Cusco, enero del 2022.

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6072	6156	6199	6195
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1798	1882	1925	1921
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.907	1.996	2.041	2.037

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	483.10	524.70	562.90	483.90
Tara + suelo seco (gr.)	445.30	491.60	508.20	431.50
Peso de agua (gr.)	37.80	33.10	54.70	52.40
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	445.30	342.50	508.20	431.50
Humedad (%)	8.5	9.7	10.76	12.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.757	1.820	1.843	1.817

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.842  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.8



*Ina Tesser Cocco Chaiico*  
 CIP: 37847  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 12%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.

**Fecha** : Cusco, enero del 2022.

Máxima Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) : 1.842  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.8

Compactación			
Molde N°	10	11	12
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11524	11345	11065
Peso molde (gr.)	7187	7217	7189
Peso suelo compactado (gr.)	4337	4128	3876
Volumen del molde ( $\text{cm}^3$ )	2157	2163	2163
Densidad húmeda ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2.011	1.908	1.792

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	399.00	399.00	399.00
Tara+suelo seco (gr.)	360.50	360.50	360.50
Peso de agua (gr.)	38.50	38.50	38.50
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	360.50	360.50	360.50
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1.817	1.724	1.619

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 10		Molde 11		Molde 12	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
0.025	0.64		15	4.4	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		32	8.8	20	5.7	15	4.4
0.075	1.91		71	18.9	37	10.1	23	6.5
0.100	2.54	70.31	102	26.9	48	12.9	32	8.8
0.150	3.81		161	42.2	60	16.1	48	12.9
0.200	5.08	105.46	189	49.4	71	18.9	56	15.0
0.250	6.35		210	54.8	86	22.8	64	17.1
0.300	7.62		250	65.1	97	25.6	68	18.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	11	12
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.035	0.045	0.060
07-01-23	0.041	0.058	0.061
08-01-23	0.041	0.058	0.061
09-01-23	0.041	0.058	0.061
<b>% EXP.</b>	<b>0.9</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>

*Ing. Yesner Lipella Charlico*  
 CIP 180647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUESPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

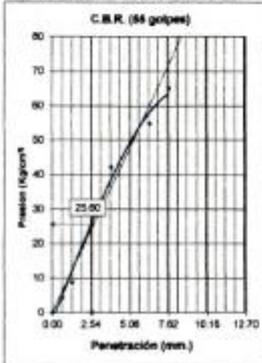
**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza artesanal al 12%.

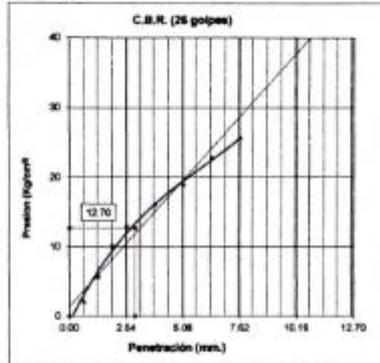
**Solicita** : Soncco -Umuysoncco.

**Fecha** : Cusco, enero del 2022.

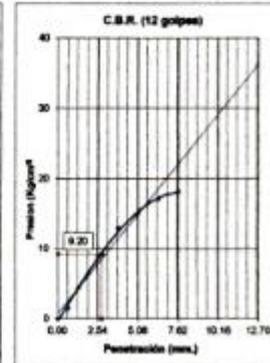
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.842  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.8



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 36.6  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 47.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.817

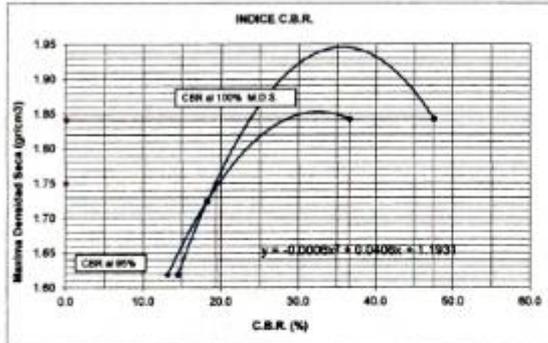


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 18.1  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 18.0  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.724



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 13.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 14.3  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.619

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.842  
95% DE M.D.S. : 1.750

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 36.6 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 19.4 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 47.1 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 18.9 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 19.4 % al 95% MDS.  
Subrasante buena.

*Ing. Yesser Libella Chalco*  
CIP 11647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : 1ª EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO, CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza industrial al 10%.

**Solicita** : Sencco -Unuysoncco.

**Profundidad** : 1.50 m.

**Fecha** : Cusco, enero 2023.

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 391.5  
Peso de fracción : 391.5  
Peso de muestra lavada: 128.9

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	23	18
Recipiente Nº	11	15	8
R = Suelo Hum.	56.27	59.28	56.65
R = Suelo Seco	49.32	51.12	48.78
Peso Recip.	24.75	24.59	24.59
Peso Agua	6.95	8.16	7.87
Peso S. Seco	24.57	26.53	24.19
% de Humedad	28.29	30.76	32.53

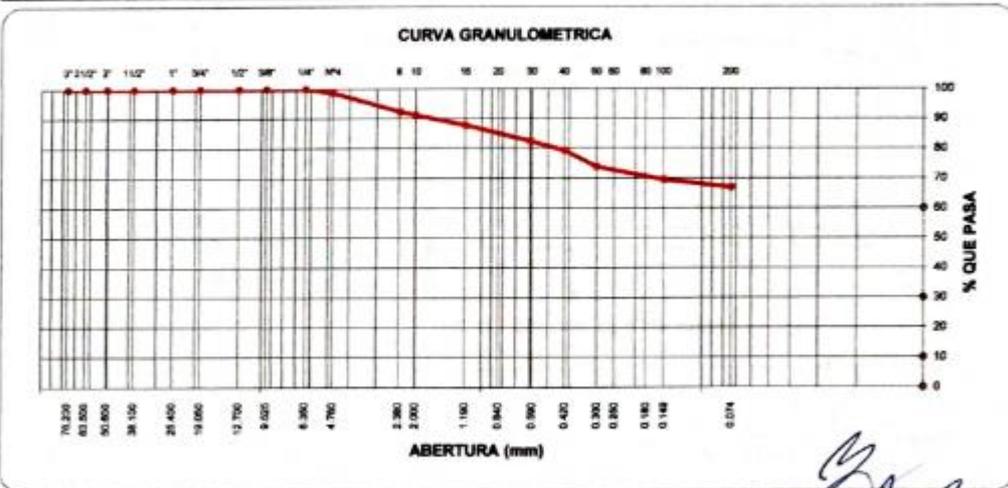
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	14	11
R = Suelo Hum.	18.47	18.10
R = Suelo Seco	15.08	14.87
Peso Recip.	3.73	3.81
Peso Agua	3.39	3.23
Peso S. Seco	11.35	11.06
% de Humedad	29.87	29.20

Malla	Tamiz mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	5.2	1.3	1.3	98.7	
8	2.360	25.3	6.4	7.7	92.3	
10	2.000	4.2	1.1	8.8	91.2	
16	1.190	13.3	3.4	12.2	87.8	
30	0.600	21.5	5.4	17.6	82.4	
40	0.420	12.3	3.1	20.7	79.3	
50	0.300	21.8	5.5	26.2	73.8	
100	0.149	17.0	4.3	30.5	69.5	
200	0.074	10.0	2.5	33.0	67.0	
< 200		266.1	67.1	100.1		



Clasificación SUCS	ML	L.L.:	30.21	Máx. Dens. Seca :	1.799	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	5.8
Clasificación AASHTO	A-4 (6)	I.P.:	0.68	Humedad Óptima	8.8	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	11.2



Ing. Yessy Mollina Chálico  
16192  
JEFE DE LABORATORIO

CARRERA DE INGENIERIA...



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

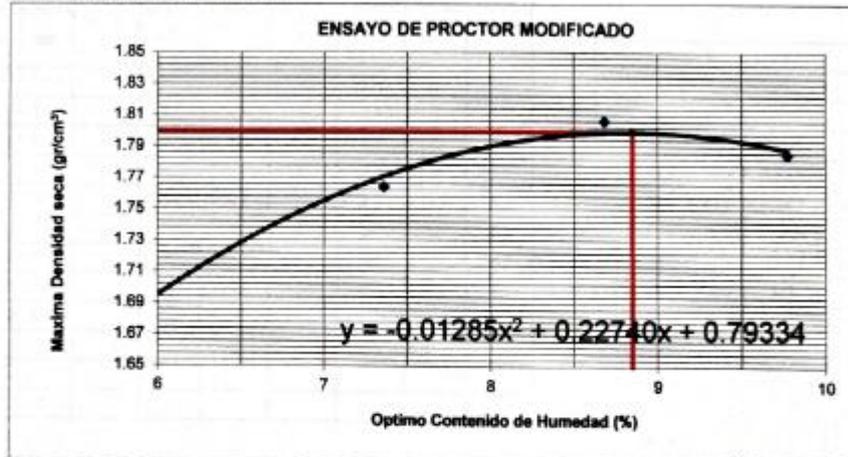
Proyecto :EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE,  
Ubicación :Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco – Dpto. Cusco.  
Muestra : C-01 + ceniza industrial al 10%.  
Solicita : Soncco -Unuysoncco.  
Profundidad :1.50 m.  
Fecha :Cusco, enero 2023.

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5970	6060	6125	6122
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1696	1786	1851	1848
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.799	1.894	1.963	1.960

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	362.40	352.10	343.00	332.50
Tara + suelo seco (gr.)	341.90	326.90	315.60	302.90
Peso de agua (gr.)	20.50	25.20	27.40	29.60
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	341.90	342.50	315.60	302.90
Humedad (%)	6.0	7.4	8.68	9.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.697	1.764	1.806	1.785

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.80

Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.8



Ing. Yesser Yacella Chullico  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza industrial al 10%.

**Solicita** : Soncco -Unuysencco.

**Profundidad** : 1.50 m.

**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.799

Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.8

Compactación			
Molde Nº	5	22	4
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11893	12105	11560
Peso molde (gr.)	7758	8170	7713
Peso suelo compactado (gr.)	4135	3935	3847
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109	2097	2174
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.961	1.876	1.770

Humedad (%)			
Tara Nº			
Tara+suelo húmedo (gr.)	273.40	273.40	273.40
Tara+suelo seco (gr.)	251.60	251.60	251.60
Peso de agua (gr.)	21.80	21.80	21.80
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	251.60	251.60	251.60
Humedad (%)	8.7	8.7	8.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.804	1.727	1.628

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 5		Molde 22		Molde 4	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		11	3.3	6	2.0	3	1.2
0.075	1.91		22	6.2	10	3.1	6	2.0
0.100	2.54	70.31	32	8.8	15	4.4	9	2.8
0.150	3.81		52	14.0	21	5.9	13	3.8
0.200	5.08	105.46	70	18.7	27	7.5	18	5.1
0.250	6.35		95	25.1	32	8.8	24	6.7
0.300	7.62		110	29.0	36	9.8	28	7.7
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	5	22	4
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.120	0.084	0.071
12-01-23	0.122	0.089	0.076
13-01-23	0.122	0.089	0.076
14-01-23	0.122	0.089	0.076
% EXP.	2.6	1.9	1.6

Ing. Yóger Llocha Chalico  
CIP 151947  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza industrial al 10%.

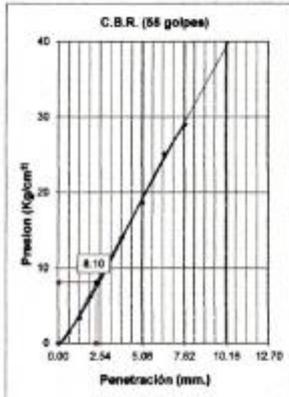
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco.

**Profundidad** : 1.50 m.

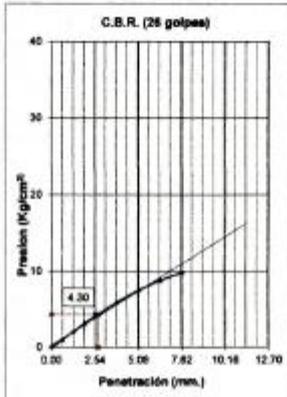
**Fecha** : Cusco, enero 2023.

**Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)** : 1.799

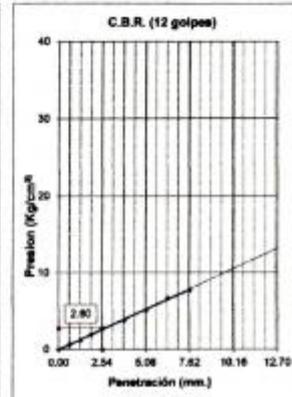
**Óptimo Contenido de Humedad (%)** : 8.8



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 11.6  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 17.8  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.804

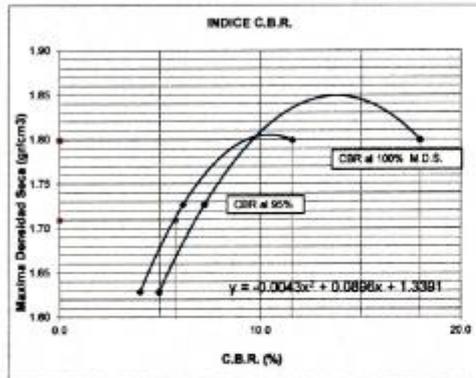


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 6.1  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 7.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.727



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 4.0  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 4.9  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.628

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7994

95% DE M.D.S. : 1.709

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 11.2 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 5.8 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 17.1 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 02" : 6.7 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 5.8 % al 95% MDS.

subrasante pobre.

*Ing. Yesser Lidella Chalico*  
CIF 16144  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza volante industrial al 11%.

**Solicita** : Soncco - Unuysoncco.

**Profundidad** : 1.50m.

**Fecha** : Cusco, enero 2023.

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 411.2  
Peso de fracción : 411.2  
Peso de muestra lavada: 132.3

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	24	19
Recipiente Nº	21	10	36
R + Suelo Hum.	55.60	58.05	60.85
R + Suelo Seco	48.65	50.32	52.02
Peso Recip.	24.53	24.87	24.55
Peso Agua	6.95	7.73	8.83
Peso S. Seco	24.12	25.45	27.47
% de Humedad	28.81	30.37	32.14

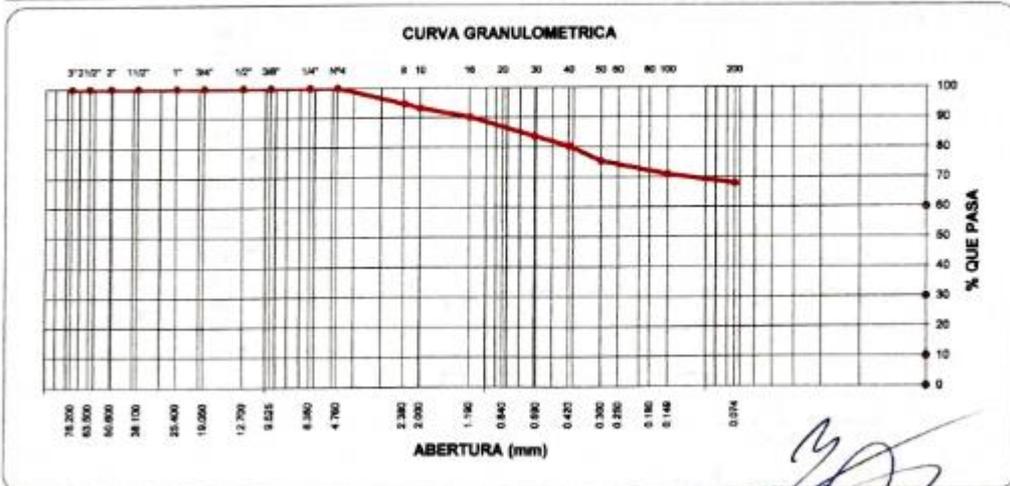
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	12	26
R + Suelo Hum.	18.22	18.55
R + Suelo Seco	14.98	15.20
Peso Recip.	3.83	3.79
Peso Agua	3.24	3.35
Peso S. Seco	11.15	11.41
% de Humedad	29.06	29.36

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	22.3	5.4	94.6	
10	2.000	5.9	1.4	93.2	
16	1.190	12.4	3.0	90.2	
30	0.600	26.8	6.5	83.7	
40	0.420	13.4	3.3	80.4	
50	0.300	20.7	5.0	75.4	
100	0.149	18.5	4.5	70.9	
200	0.074	12.3	3.0	67.9	
< 200		278.9	67.8	99.9	



Clasificación SUCS	ML	L.L. : 30.31	Máx.Dens.Seca : 1.855	% C.B.R.al 95% - 0.1 "	9.9
Clasificación AASHTO	A-4 (6)	I.P. : 1.10	Humedad Óptima : 10.6	% C.B.R.al 100% - 0.1 "	17.3



Ing. Jossely Caceres Challo  
16/01/2023  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

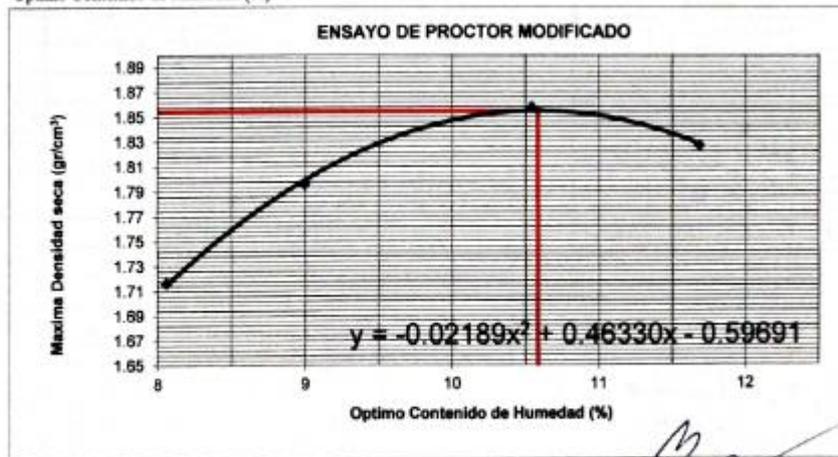
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-01 + ceniza volante industrial al 11%.  
**Solicita** : Soncco -Umuysoncco.  
**Profundidad** : 1.50m.  
**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Compactación	Método A			
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6023	6120	6210	6198
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1749	1846	1936	1924
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.855	1.958	2.053	2.040

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	359.40	345.00	334.50	359.40
Tara + suelo seco (gr.)	332.60	314.20	302.60	321.80
Peso de agua (gr.)	26.80	30.80	31.90	37.60
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	332.60	342.50	302.60	321.80
Humedad (%)	8.1	9.0	10.54	11.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.716	1.796	1.857	1.827

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.855  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.6



Ing. Yessica Cecilia Quallco  
 CIP 181647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPÍHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza volante industrial al 11%.

**Solicita** : Soncco -Umuysoncco.

**Profundidad** : 1.50m.

**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Máxima Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) : 1.855  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.6

Compactación			
Molde N°	7	24	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12232	11910	11676
Peso molde (gr.)	7865	7713	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4367	4197	3721
Volumen del molde ( $\text{cm}^3$ )	2121	2174	2107
Densidad húmeda ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2.059	1.931	1.766

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	257.20	257.20	257.20
Tara+suelo seco (gr.)	232.60	232.60	232.60
Peso de agua (gr.)	24.60	24.60	24.60
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	232.60	232.60	232.60
Humedad (%)	10.6	10.6	10.6
Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1.862	1.746	1.597

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Molde 7		Molde 24		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		19	5.4	11	3.3	6	2.0
0.075	1.91		35	9.6	20	5.7	12	3.6
0.100	2.54	70.31	52	14.0	26	7.2	16	4.6
0.150	3.81		96	25.4	34	9.3	21	5.9
0.200	5.08	105.46	128	33.7	45	12.2	28	7.7
0.250	6.35		150	39.4	59	15.8	34	9.3
0.300	7.62		184	48.1	72	19.2	39	10.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	7	24	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.045	0.050	0.072
12-01-23	0.046	0.052	0.074
13-01-23	0.046	0.052	0.074
14-01-23	0.046	0.052	0.074
% EXP.	1.0	1.1	1.6

Ing. Yesser Abella Chalco  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza volante industrial al 11%,

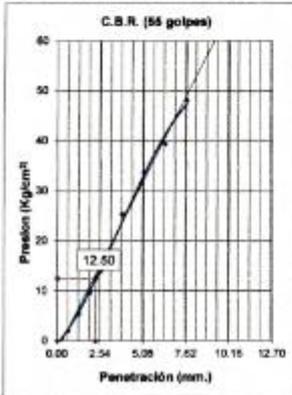
**Solicita** : Soncco -Umaysancco.

**Profundidad** : 1.50m.

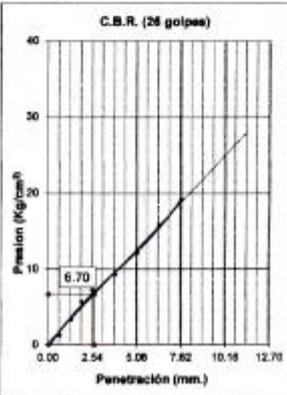
**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Máxima Densidad Seca ( $g/cm^3$ ) : 1.855

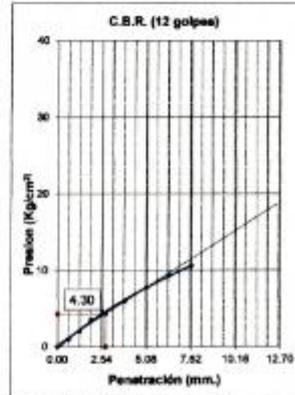
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.6



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 17.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 32.1  
Densidad Seca ( $g/cm^3$ ) : 1.862



C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 9.6  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 11.6  
Densidad Seca ( $g/cm^3$ ) : 1.746



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 6.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 7.4  
Densidad Seca ( $g/cm^3$ ) : 1.597

**DETERMINACION DE C.B.R.**

M.D.S. : 1.8545

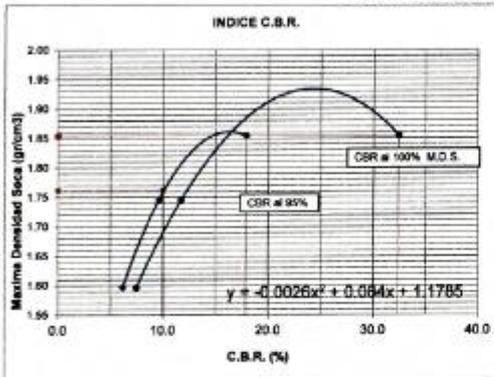
95% DE M.D.S. : 1.762

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 17.3 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 9.9 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 30.8 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 12.0 %



**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 9.9 % al 95% MDS.

Subrasante regular.

*[Signature]*  
Ing. César Llocna Chalico  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza industrial al 12%.

**Solicitante** : Soncco -Unuysoscco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, enero 2023.

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 405.3

Peso de fracción : 405.3

Peso de muestra lavada: 138.9

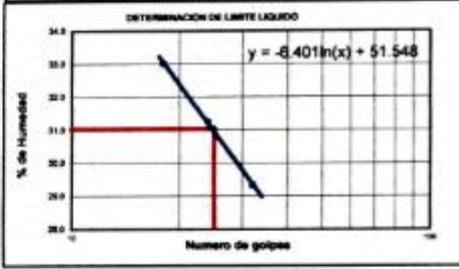
**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	24	18
Recipiente Nº	20	16	12
R + Suelo Hum.	56.59	58.26	59.95
R + Suelo Seco	49.32	50.28	51.14
Peso Recip.	24.54	24.75	24.46
Peso Agua	7.27	7.98	8.81
Peso S. Seco	24.78	25.53	26.68
% de Humedad	29.34	31.26	33.02

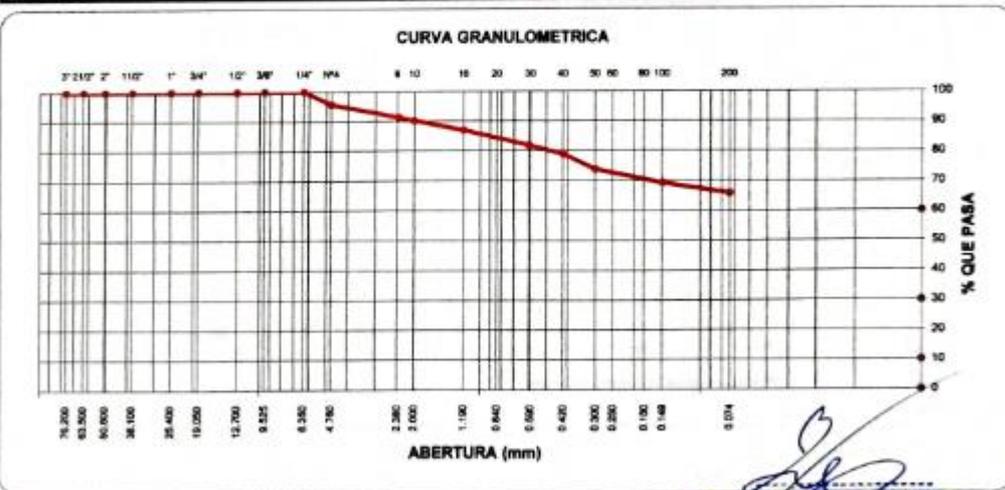
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	8	31
R + Suelo Hum.	19.99	19.44
R + Suelo Seco	16.30	15.89
Peso Recip.	3.82	3.83
Peso Agua	3.69	3.55
Peso S. Seco	12.48	12.06
% de Humedad	29.57	29.44

Malla	Tamiz mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	17.3	4.3	4.3	95.7	
8	2.360	18.8	4.4	8.7	91.3	
10	2.000	4.7	1.1	9.8	90.2	
16	1.190	13.7	3.2	13.0	87.0	
30	0.600	21.5	5.1	18.1	81.9	
40	0.420	12.3	2.9	21.0	79.0	
50	0.300	21.8	5.1	26.1	73.9	
100	0.149	19.6	4.6	30.7	69.3	
200	0.074	14.6	3.4	34.1	65.9	
< 200		278.3	65.7	99.8		



Clasificación SUCS	ML	L.L. :	31.04	Máx. Dens. Seca :	1.821	% C.B.R. al 95% - 0.1 "	17.7
Clasificación AASHTO	A-4 (6)	I.P. :	1.53	Humedad Óptima	11.3	% C.B.R. al 100% - 0.1 "	33.6



ING. XESSE MACHA CHALLCO  
C.P. 16154  
JEFE DEL LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

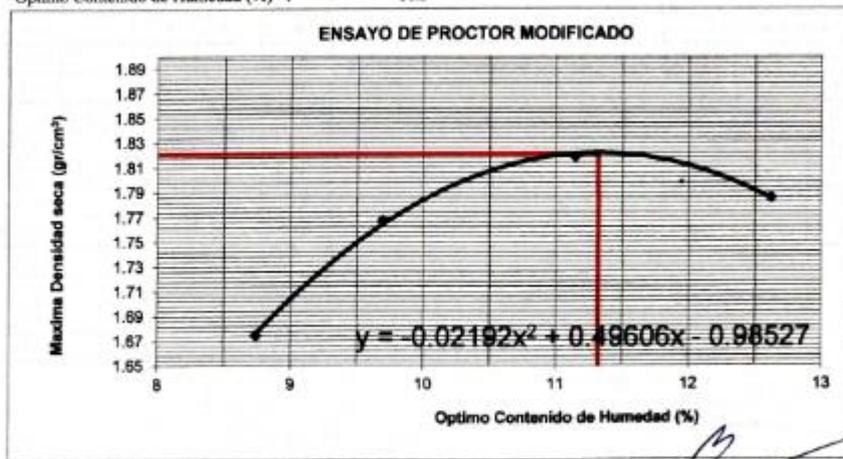
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-01 + ceniza industrial al 12%.  
**Solicita** : Sencco -Unuysencco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5991	6102	6180	6170
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1717	1828	1906	1896
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.821	1.938	2.021	2.011

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	324.80	334.50	345.10	324.80
Tara + suelo seco (gr.)	298.70	301.30	310.50	288.40
Peso de agua (gr.)	26.10	33.20	34.60	36.40
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	298.70	342.50	310.50	288.40
Humedad (%)	8.7	9.7	11.14	12.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.674	1.767	1.819	1.785

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.82  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.3



Ing. Yessier Apella Chafico  
 CIP 18647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Seneca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza industrial al 12%.

**Solicita** : Soncco -Umuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.821  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.3

Compactación			
Molde N°	10	27	8
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11395	11898	11740
Peso molde (gr.)	6935	7865	8018
Peso suelo compactado (gr.)	4460	4033	3722
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2094
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.026	1.901	1.777

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	279.40	279.40	279.40
Tara+suelo seco (gr.)	251.20	251.20	251.20
Peso de agua (gr.)	28.20	28.20	28.20
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	251.20	251.20	251.20
Humedad (%)	11.2	11.2	11.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.822	1.710	1.598

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10		Molde 27		Molde 8	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		20	5.7	9	2.8	5	1.8
0.050	1.27		38	10.3	19	5.4	13	3.8
0.075	1.91		62	16.6	34	9.3	21	5.9
0.100	2.54	70.31	95	25.1	42	11.4	23	6.4
0.150	3.81		150	39.4	56	15.0	34	9.3
0.200	5.08	105.46	174	45.6	75	20.0	45	12.2
0.250	6.35		201	52.5	89	23.6	52	14.0
0.300	7.62		239	62.3	116	30.6	62	16.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	8
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.040	0.050	0.058
12-01-23	0.044	0.051	0.058
13-01-23	0.044	0.051	0.058
14-01-23	0.044	0.051	0.058
<b>% EXP.</b>	<b>0.9</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>

*Ing. Yasser Lloella Charico*  
 CIP. 1647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-01 + ceniza industrial al 12%.

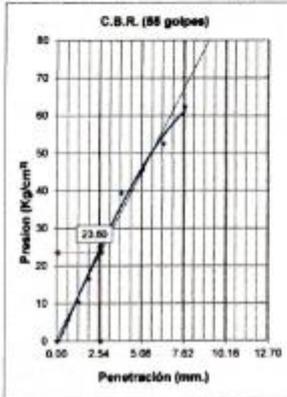
**Solicita** : Soncco - Umaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

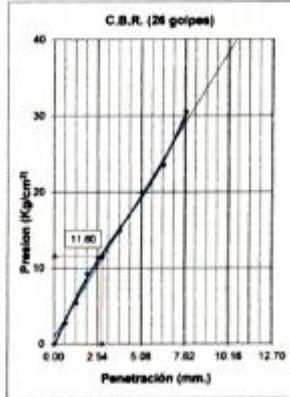
**Fecha** : Cusco, enero 2023.

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.821

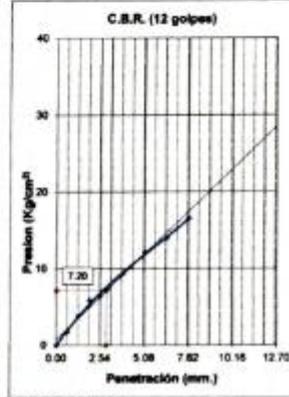
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.3



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 33.7  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 43.4  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.822



C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 16.6  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 19.0  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.710



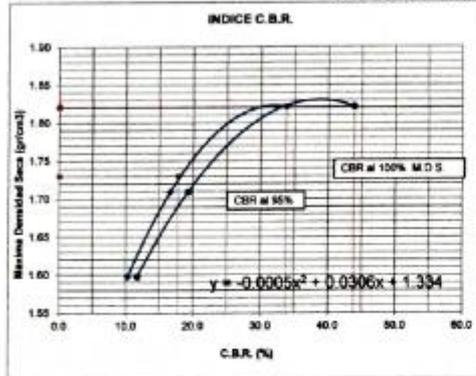
C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 10.3  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 11.6  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.598

**DETERMINACION DE C.B.R.**

M.D.S. : 1.8212

95% DE M.D.S. : 1.730

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 33.8 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 17.7 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 43.3 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 02" : 20.4 %



**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 17.7 % al 95% MDS.

Subrasante buena.

Ing. *Veser Libella Chalico*  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 + ceniza artesanal al 10%.

**Solicitud** : Soncco - Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total	: 5408.0	P.M.H. =	443.2
Peso de fracción	: 387.3	P.M.S. =	389.7
Peso de muestra lavada:	2032.1	% W =	13.73

**Humedad Natural (MTC E 108)**

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	31	26	18
Recipiente N°	11	9	34
R + Suelo Hum.	53.75	50.55	52.78
R + Suelo Seco	45.32	42.65	43.87
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	8.43	7.90	8.91
Peso S. Seco	20.57	17.96	19.34
% de Humedad	40.98	43.99	46.07

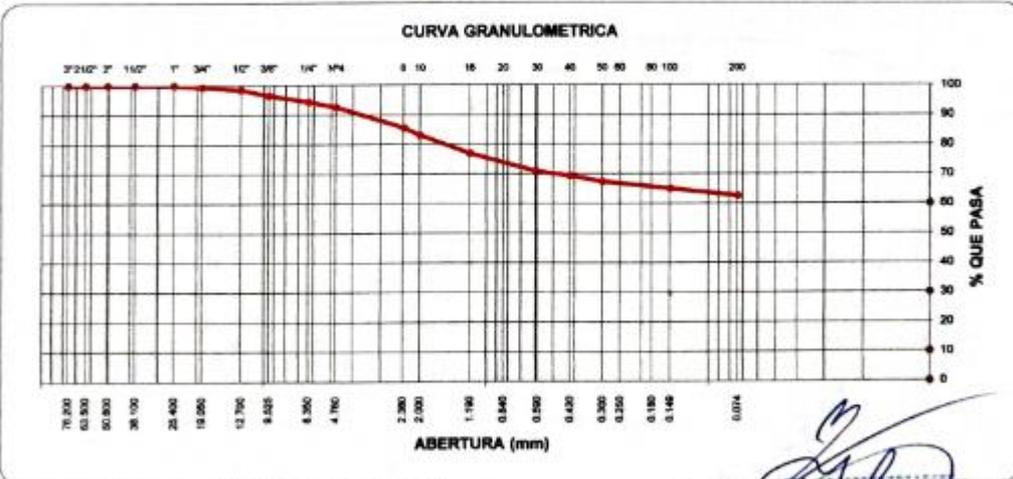
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	16.53	19.14
R + Suelo Seco	12.71	14.78
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	3.82	4.36
Peso S. Seco	8.93	10.96
% de Humedad	42.78	39.78

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	34.8	0.6	0.6	99.4	
1/2"	12.700	48.8	0.9	1.5	98.5	
3/8"	9.525	103.1	1.9	3.4	96.6	
1/4"	6.350	120.5	2.2	5.6	94.4	
No4	4.760	98.9	1.8	7.4	92.6	
8	2.360	29.8	7.1	14.5	85.5	
10	2.000	10.0	2.4	16.9	83.1	
16	1.190	25.5	6.1	23.0	77.0	
30	0.600	25.3	6.0	29.0	71.0	
40	0.420	6.8	1.6	30.6	69.4	
50	0.300	8.4	2.0	32.6	67.4	
100	0.149	9.5	2.3	34.9	65.1	
200	0.074	10.6	2.5	37.4	62.6	
< 200		261.4	62.5	99.9		



Clasificación SUCS	CL	L.L. : 43.54	Máx. Dens. Seca : 1.686	% C.B.R. al 95 % - 0.1 " : 4.6
Clasificación AASHTO	A-4 (4)	I.P. : 2.26	Humedad Óptima : 9.7	% C.B.R. al 100 % - 0.1 " : 8.8



Observaciones : SUCCO: Arechilla baja plasticidad

Ing. *[Firma]* C.I.F. 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115)**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPÍHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

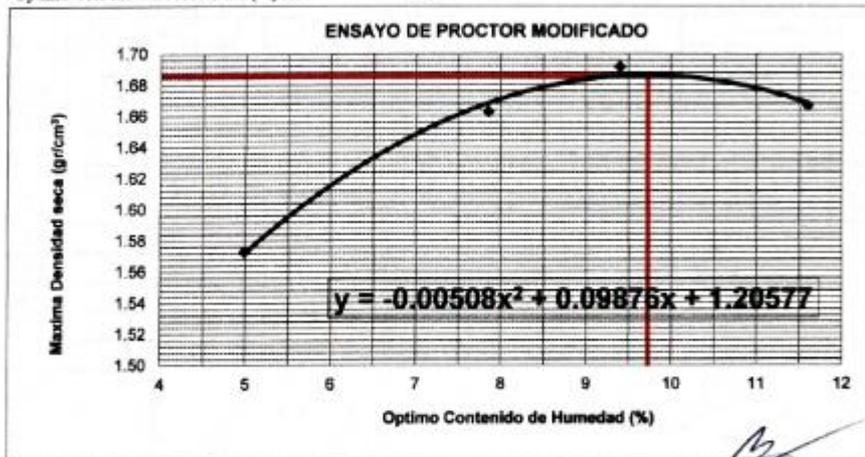
**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-03 + ceniza artesanal al 10%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5831.00	5965.00	6019.00	6028.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1557.00	1691.00	1745.00	1754.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.651	1.793	1.850	1.860

Humedad (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	318.30	316.10	330.70	267.50
Tara + suelo seco (gr.)	303.20	293.10	302.30	239.70
Peso de agua (gr.)	15.10	23.00	28.40	27.80
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	303.20	293.10	302.30	239.70
Humedad (%)	5.0	7.8	9.39	11.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.573	1.663	1.692	1.667

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.686  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.7



*[Signature]*  
 Ing. Yesser Challo Chalco  
 CP: 16187  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCACA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencaca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza artesanal al 10%.

Solicita : Soncco -Unuysonceo

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.686

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.7

Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	10993	11714	11743
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4058	3849	3788
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2201	2121	2107
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	1.844	1.815	1.798

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	366.30	366.30	366.30
Tara+suelo seco (gr.)	338.14	338.14	338.14
Peso de agua (gr.)	28.16	28.16	28.16
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	338.14	338.14	338.14
Humedad (%)	8.3	8.3	8.3
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.702	1.675	1.660

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión		Molde 10		Molde 27		Molde 6
(Pulg.)	(mm.)	Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		12	3.6	7	2.3	4	1.5
0.075	1.91		18	5.1	11	3.3	8	2.5
0.100	2.54	70.31	32	8.8	17	4.9	10	3.1
0.150	3.81		50	13.5	28	7.7	14	4.1
0.200	5.08	105.46	67	17.9	33	9.0	18	5.1
0.250	6.35		80	21.3	38	10.3	23	6.4
0.300	7.62		101	26.7	43	11.6	29	8.0
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.067	0.124	0.067
07-01-23	0.030	0.126	0.051
08-01-23	0.043	0.124	0.053
09-01-23	0.044	0.126	0.055
% EXP.	0.9	2.7	1.2

Ing. Yessica Loella Malico  
C.S. 15364  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza artesanal al 10%.

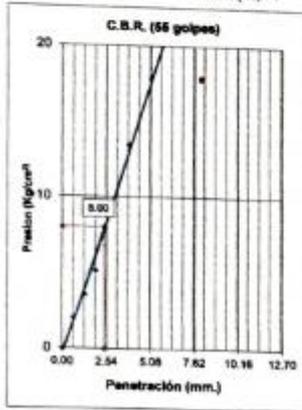
Solicitante : Soncco - Unuysoncco

Profundidad : 1.50 m

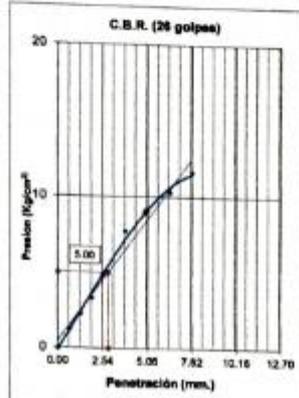
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.686

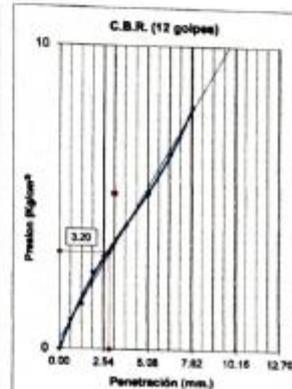
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.7



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 11.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 17.0  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.702

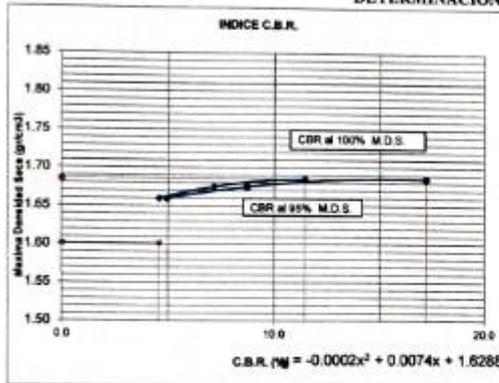


C.B.R. (0.1")-25 Golpes : 7.1  
C.B.R. (0.2")-25 Golpes : 8.6  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.675



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 4.6  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 4.9  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.660

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.6858  
95% DE M.D.S. : 1.601

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 8.8 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 4.6 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 11.9 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 4.9 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 4.6 % al 95% M.D.S.  
Subrasante pobre.

*[Signature]*  
Ing. Yesenia Challo  
1984  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPÍHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 + ceniza artesanal al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

Datos de ensayo		Humedad Natural (MTC E 108)	
Peso Total	: 5408.0	P.M.H. =	443.2
Peso de fracción	: 387.3	P.M.S. =	389.7
Peso de muestra lavada:	2032.1	% W =	13.73

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	31	26	18
Recipiente N°	11	9	34
R + Suelo Hum.	55.08	53.21	52.16
R + Suelo Seco	45.79	44.21	43.02
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	9.29	9.00	9.14
Peso S. Seco	21.04	19.52	18.49
% de Humedad	44.15	46.11	49.43

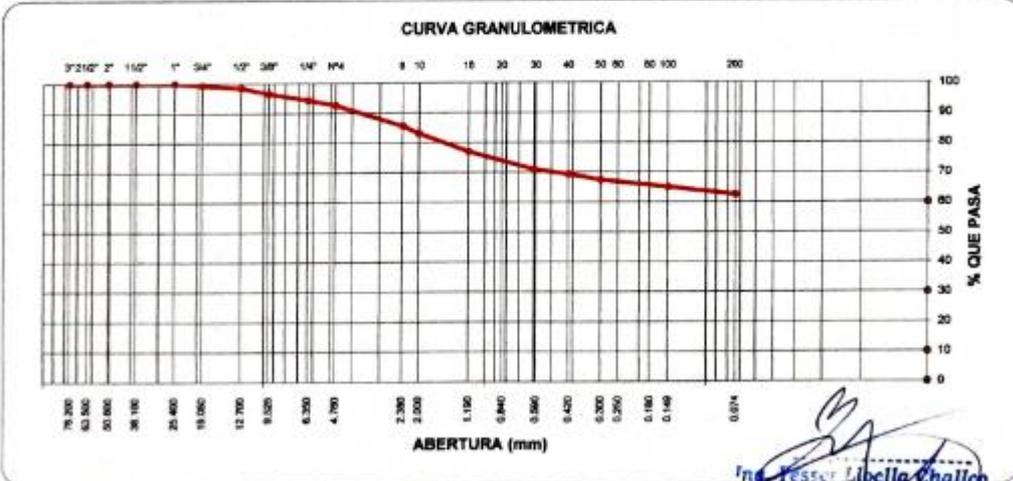
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	30
R + Suelo Hum.	18.57	19.92
R + Suelo Seco	13.99	15.11
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	4.58	4.81
Peso S. Seco	10.21	11.29
% de Humedad	44.86	42.60

Malla Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	34.8	0.6	0.6	99.4	
1/2"	12.700	48.8	0.9	1.5	98.5	
3/8"	9.525	103.1	1.9	3.4	96.6	
1/4"	6.350	120.5	2.2	5.6	94.4	
No.4	4.760	98.9	1.8	7.4	92.6	
8	2.360	29.8	7.1	14.5	85.5	
10	2.000	10.0	2.4	16.9	83.1	
16	1.190	25.5	6.1	23.0	77.0	
30	0.600	25.3	6.0	29.0	71.0	
40	0.420	6.8	1.6	30.6	69.4	
50	0.300	8.4	2.0	32.6	67.4	
100	0.149	9.5	2.3	34.9	65.1	
200	0.074	10.6	2.5	37.4	62.6	
< 200		261.4	62.5	99.9		



Clasificación SUCS	CL	L.L. :	46.41	Máx. Dens. Seca :	1.771	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	10.8
Clasificación AASHTO	A-4 (4)	I.P. :	2.68		9.9	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	15.8



OBSERVACIONES : SUCS: arcilla baja plasticidad

Ina Yessie Libella Chalco  
 CIP 15341  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115)**

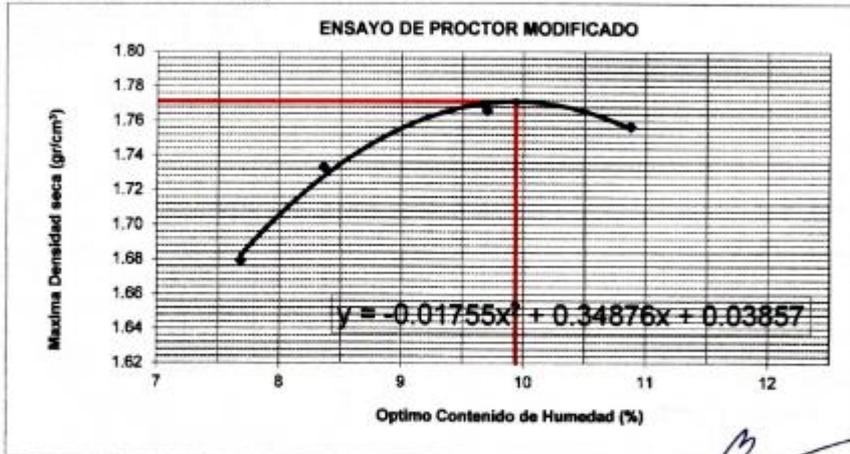
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-03 + ceniza artesanal al 11%.  
**Solicita** : Soncco - Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5979.00	6045.00	6101.00	6111.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1705.00	1771.00	1827.00	1837.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.808	1.878	1.937	1.948

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	475.90	572.70	637.10	446.20
Tara + suelo seco (gr.)	441.95	528.51	580.77	402.44
Peso de agua (gr.)	33.95	44.19	56.33	43.76
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	441.95	528.51	580.77	402.44
Humedad (%)	7.7	8.4	9.70	10.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.679	1.733	1.766	1.757

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.771  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.9



*Ing. Pesser Libella Chalco*  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza artesanal al 11%.

Solicitante : Soncco -Unuysoncco

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.771

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.9

Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11571	11554	10653
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4636	3689	2698
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2201	2121	2107
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.106	1.739	1.280

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	377.30	377.30	377.30
Tara+suelo seco (gr.)	343.98	343.98	343.98
Peso de agua (gr.)	33.32	33.32	33.32
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	343.98	343.98	343.98
Humedad (%)	9.7	9.7	9.7
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.920	1.586	1.167

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		17	4.9	12	3.6	6	2.0
0.075	1.91		34	9.3	19	5.4	12	3.6
0.100	2.54	70.31	53	14.2	30	8.3	18	5.1
0.150	3.81		93	24.6	37	10.1	26	7.2
0.200	5.08	105.46	120	31.6	47	12.7	28	7.7
0.250	6.35		152	39.9	56	15.0	36	9.8
0.300	7.62		179	46.9	62	16.6	38	10.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.067	0.087	0.077
07-01-23	0.072	0.092	0.080
08-01-23	0.082	0.095	0.082
09-01-23	0.092	0.099	0.084
% EXP.	2.0	2.1	1.8

  
Ing. Yesser Dorella Chalico  
CIP. 181647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza artesanal al 11%.

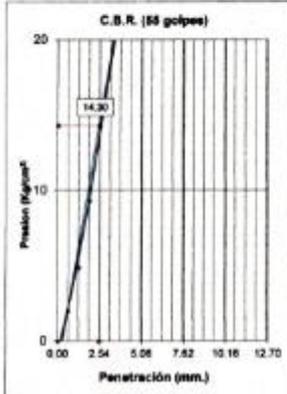
Solicita : Soncco -Unuysoneco

Profundidad : 1.50 m

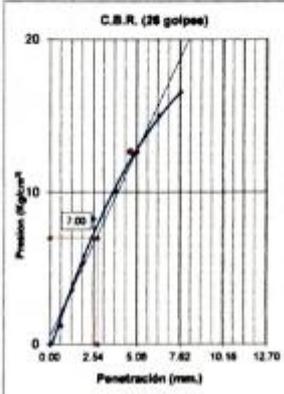
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.771

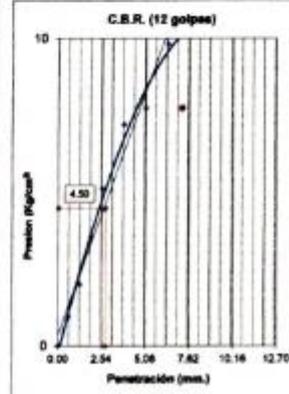
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.9



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 20.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 30.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.920

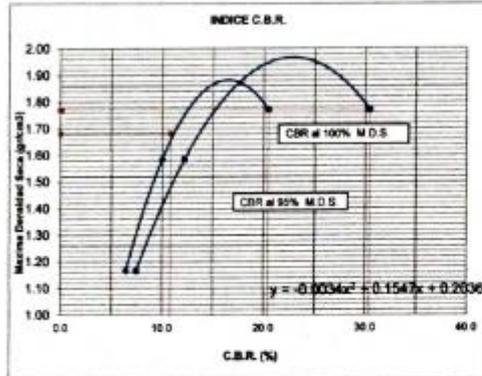


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 10.0  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 12.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.586



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 6.4  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 7.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.167

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7712

95% DE M.D.S. : 1.683

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 15.8 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 10.8 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 22.1 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 13.2 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 10.8 % al 95% MDS.

Subrasante buena.

*Ing. Yesser Chello Challo*  
C.I.F. 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 + ceniza artesanal al 12%.

**Solicitante** : Soncco - Unuysocco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

Datos de ensayo		Humedad Natural (MTC E 108)	
Peso Total	: 5408.0	P.M.H. =	443.2
Peso de fracción	: 387.3	P.M.S. =	389.7
Peso de muestra lavada:	2032.1	% W =	13.73

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	55.13	51.18	54.12
R + Suelo Seco	45.57	42.66	44.25
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	9.56	8.52	9.87
Peso S. Seco	20.82	17.97	19.72
% de Humedad	45.92	47.41	50.05

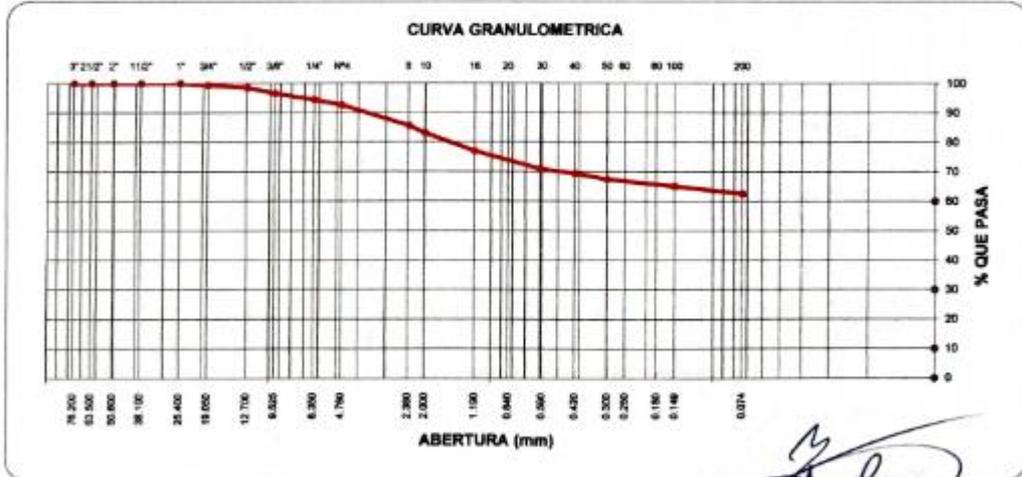
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	30
R + Suelo Hum.	17.77	21.35
R + Suelo Seco	13.53	15.87
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	4.24	5.48
Peso S. Seco	9.75	12.05
% de Humedad	43.49	45.48

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	34.8	0.6	0.6	99.4	
1/2"	12.700	48.8	0.9	1.5	98.5	
3/8"	9.525	103.1	1.9	3.4	96.6	
1/4"	6.350	120.5	2.2	5.6	94.4	
No4	4.760	98.9	1.8	7.4	92.6	
8	2.360	29.8	7.1	14.5	85.5	
10	2.000	10.0	2.4	16.9	83.1	
16	1.190	25.5	6.1	23.0	77.0	
30	0.600	25.3	6.0	29.0	71.0	
40	0.420	6.8	1.6	30.6	69.4	
50	0.300	8.4	2.0	32.6	67.4	
100	0.149	9.5	2.3	34.9	65.1	
200	0.074	10.6	2.5	37.4	62.6	
< 200		261.4	62.5	99.9		



Clasificación SUCS	CL	L.L. : 47.65	Máx.Dens.Seca : 1.745	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	14.5
Clasificación AASHTO	A-4 (4)	I.P. : 3.17	Humedad Óptima 10.2	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	35.7



OBSERVACIONES : SUCS: Arcilla baja plasticidad

*[Signature]*  
Ing. Yesser Lioy Challo  
DIF 161637  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPUIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHENCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 + ceniza artesanal al 12%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

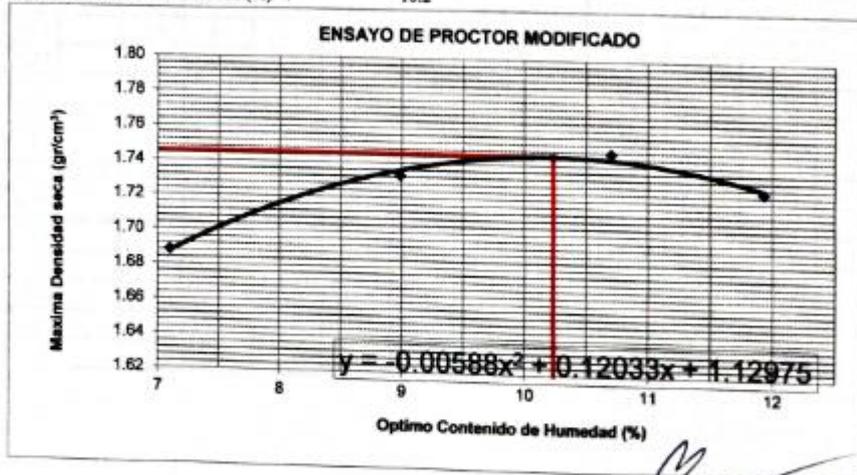
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5979.00	6055.00	6098.00	6096.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1705.00	1781.00	1824.00	1822.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.808	1.889	1.934	1.932

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	457.20	525.20	547.20	409.00
Tara + suelo seco (gr.)	426.90	481.90	494.30	365.40
Peso de agua (gr.)	30.30	43.30	52.90	43.60
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	426.90	481.90	494.30	365.40
Humedad (%)	7.1	9.0	10.70	11.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.688	1.733	1.747	1.726

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.745

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.2



*Ing. Yesser Lidella Chalico*  
CIP 16647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza artesanal al 12%.

Solicita : Soncco -Unuysonecco

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.745

Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2

Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de cupas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11087	11803	11783
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4152	3938	3828
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.886	1.857	1.817

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	378.30	378.30	378.30
Tara+suelo seco (gr.)	341.90	341.90	341.90
Peso de agua (gr.)	36.40	36.40	36.40
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	341.90	341.90	341.90
Humedad (%)	10.6	10.6	10.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.705	1.678	1.642

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		16	4.6	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		33	9.0	21	5.9	16	4.6
0.075	1.91		73	19.4	38	10.3	24	6.7
0.100	2.54	70.31	106	28.0	50	13.5	33	9.0
0.150	3.81		168	44.0	63	16.8	50	13.5
0.200	5.08	105.46	197	51.5	74	19.7	58	15.5
0.250	6.35		223	58.2	91	24.1	67	17.9
0.300	7.62		267	69.5	103	27.2	71	18.9
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.070	0.080	0.068
07-01-23	0.075	0.085	0.073
08-01-23	0.080	0.091	0.077
09-01-23	0.083	0.093	0.080
% EXP.	1.8	2.0	1.7

  
Inga Yesser Lucila Chafico  
CIP 161147  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Seneca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza artesanal al 12%.

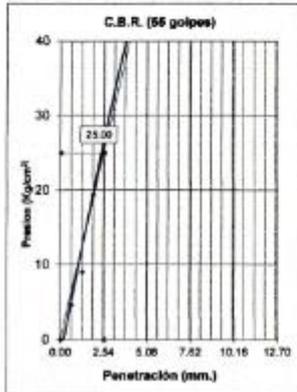
Solicitante : Soncco -Umaysoncco

Profundidad : 1.50 m

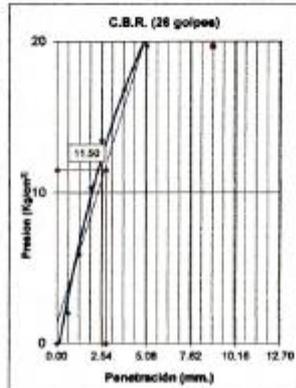
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.745

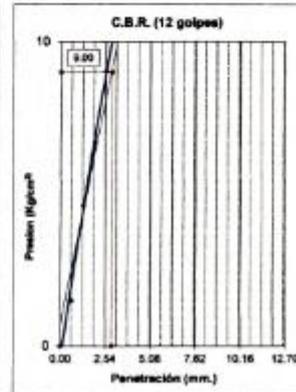
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.2



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 35.7  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 49.0  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.705

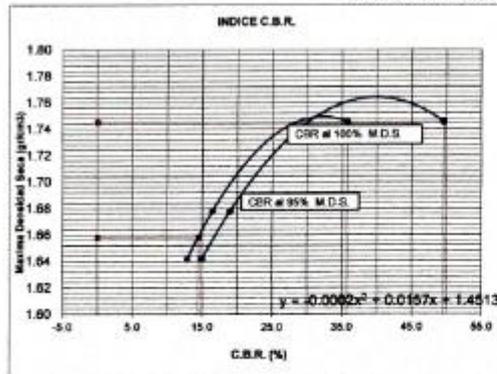


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 16.4  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 18.8  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.678



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 12.9  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 14.8  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.642

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7454

95% DE M.D.S. : 1.658

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 35.7 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 14.5 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 49.1 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 16.6 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 14.5 % al 95% MDS.

Subrasante buena.

*[Signature]*  
Ing. Yesser Natalia Challo  
CIP. 151134  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 + ceniza industrial al 10%.

**Solicita** : Soncco - Unuysonecco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 5408.0  
Peso de fracción : 387.3  
Peso de muestra lavada: 2032.1

**Humedad Natural (MTC E 108)**

P.M.H. = 443.2  
P.M.S. = 389.7  
% W = 13.73

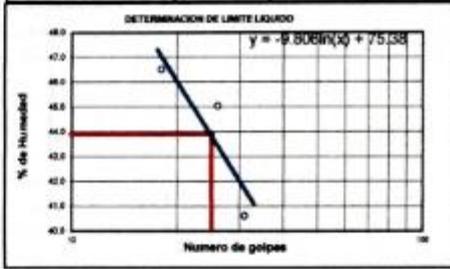
**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	60.72	56.15	57.13
R + Suelo Seco	50.33	46.38	46.78
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	10.39	9.77	10.35
Peso S. Seco	25.58	21.69	22.25
% de Humedad	40.62	45.04	46.52

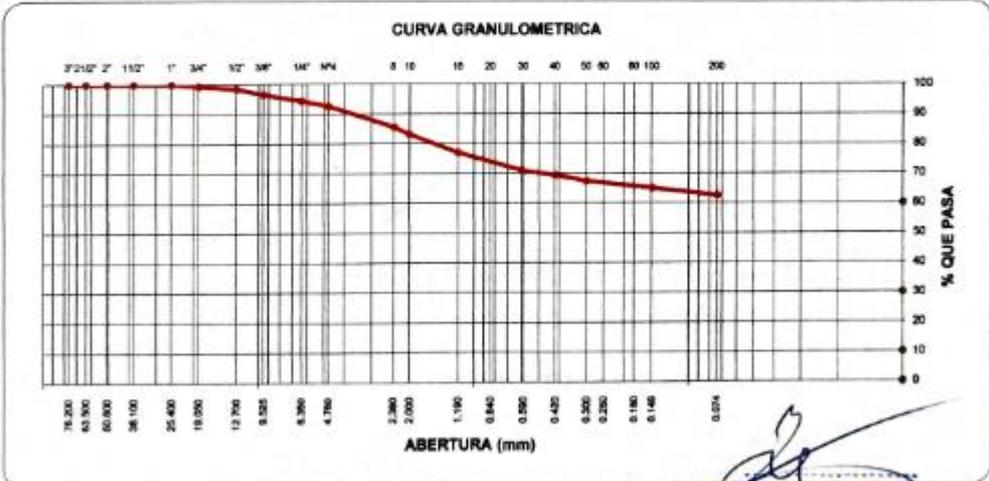
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	30
R + Suelo Hum.	17.95	19.30
R + Suelo Seco	13.81	15.00
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	4.14	4.30
Peso S. Seco	10.03	11.18
% de Humedad	41.28	38.46

Malla	Tamiz mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	34.8	0.6	0.6	99.4	
1/2"	12.700	48.8	0.9	1.5	98.5	
3/8"	9.525	103.1	1.9	3.4	96.6	
1/4"	6.350	120.5	2.2	5.6	94.4	
No.4	4.760	98.9	1.8	7.4	92.6	
8	2.360	29.8	7.1	14.5	85.5	
10	2.000	10.0	2.4	16.9	83.1	
16	1.190	25.5	6.1	23.0	77.0	
30	0.600	25.3	6.0	29.0	71.0	
40	0.420	6.8	1.6	30.6	69.4	
50	0.300	8.4	2.0	32.6	67.4	
100	0.149	9.5	2.3	34.9	65.1	
200	0.074	10.6	2.5	37.4	62.6	
< 200		261.4	62.5	99.9		



Clasificación SUCS	CL	L.L. : 43.91	Máx. Dens. Seca :	1.704	% C.B.R. al 95% - 0.1"	6.9
Clasificación AASHTO	A-4 (4)	I.P. : 4.04	Humedad Óptima	8.4	% C.B.R. al 100% - 0.1"	12.4



Observaciones : SUCS: Arejilla baja plasticidad

*Inga. Yesser Cecilia Chalco*  
Jefe de Laboratorio



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

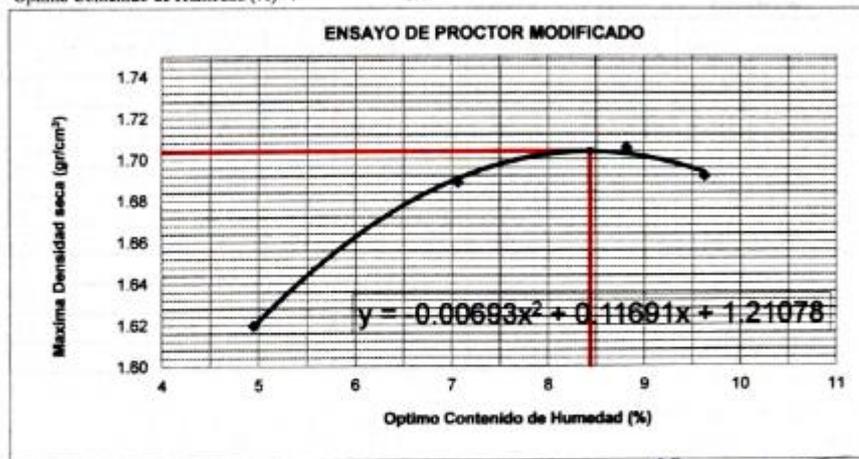
**Proyecto** : 1ª EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPUIHARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-03 + ceniza industrial al 10%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5877	5979	6024	6023
Peso molde (gr.)	4274	4274	4274	4274
Peso suelo compactado (gr.)	1603	1705	1750	1749
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943	943	943	943
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.700	1.808	1.856	1.855

Humedad (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	339.50	339.60	328.30	259.60
Tara + suelo seco (gr.)	323.50	317.20	301.70	236.80
Peso de agua (gr.)	16.00	22.40	26.60	22.80
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	323.50	317.20	301.70	236.80
Humedad (%)	4.9	7.1	8.82	9.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.620	1.689	1.705	1.692

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.704  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.4



*[Signature]*  
 Ing. Wesser Ivela Chalco  
 C.P. 16167  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPÍHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza industrial al 10%.

Solicita : Soncco -Unuysonceo

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.704  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.4

Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	10956	11463	11278
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4021	3598	3323
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.827	1.696	1.577

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	252.70	252.70	252.70
Tara+suelo seco (gr.)	233.00	233.00	233.00
Peso de agua (gr.)	19.70	19.70	19.70
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	233.00	233.00	233.00
Humedad (%)	8.5	8.5	8.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.684	1.564	1.454

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		5	1.8	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		12	3.6	7	2.3	4	1.5
0.075	1.91		24	6.7	11	3.3	7	2.3
0.100	2.54	70.31	36	9.8	17	4.9	10	3.1
0.150	3.81		59	15.8	24	6.7	15	4.4
0.200	5.08	105.5	78	20.7	30	8.3	20	5.7
0.250	6.35		108	28.5	37	10.1	27	7.5
0.300	7.62		127	33.4	42	11.4	31	8.5
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.085	0.119	0.079
12-01-23	0.090	0.125	0.085
13-01-23	0.095	0.128	0.095
14-01-23	0.100	0.130	0.098
% EXP.	2.1	2.8	2.1

Ing. Yeiser Libella Chaitco  
 C.F. 186647  
 JEFE DE LABORATORIO

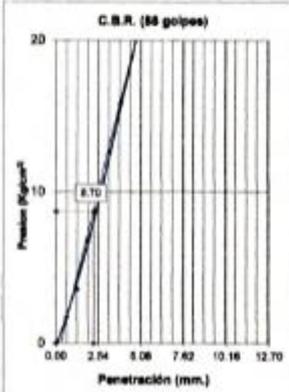


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

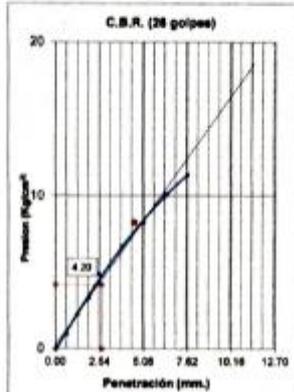
Proyecto : "EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
Muestra : C-03 + ceniza industrial al 10%.  
Solicita : Sonoco -Imuysoncco  
Profundidad : 1.50 m  
Fecha : Cusco, octubre del 2022

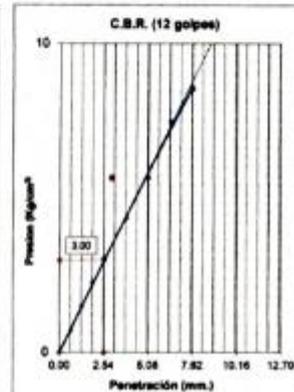
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.704  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.4



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 12.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 19.7  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.684

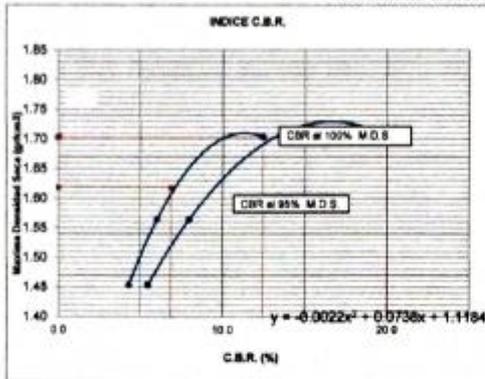


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 6.0  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 7.9  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.564



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 4.3  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 5.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.454

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7039

95% DE M.D.S. : 1.619

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 12.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 6.9 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 19.8 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 9.1 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 6.9 % al 95% M.D.S.

Subrasante regular.

*Ing. Yesser Loel Challo*  
CIP 12345  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENECA QUIRPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, PUNO, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIA DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Seneca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 + ceniza volante industrial al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

Datos de ensayo		Humedad Natural (MTC E 108)	
Peso Total	: 5408.0	P.M.H. =	443.2
Peso de fracción	: 387.3	P.M.S. =	389.7
Peso de muestra lavada:	2032.1	% W =	13.73

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	60.05	54.32	61.33
R + Suelo Seco	49.66	45.58	50.02
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	10.39	8.94	11.31
Peso S. Seco	24.91	20.89	25.49
% de Humedad	41.71	42.80	44.37

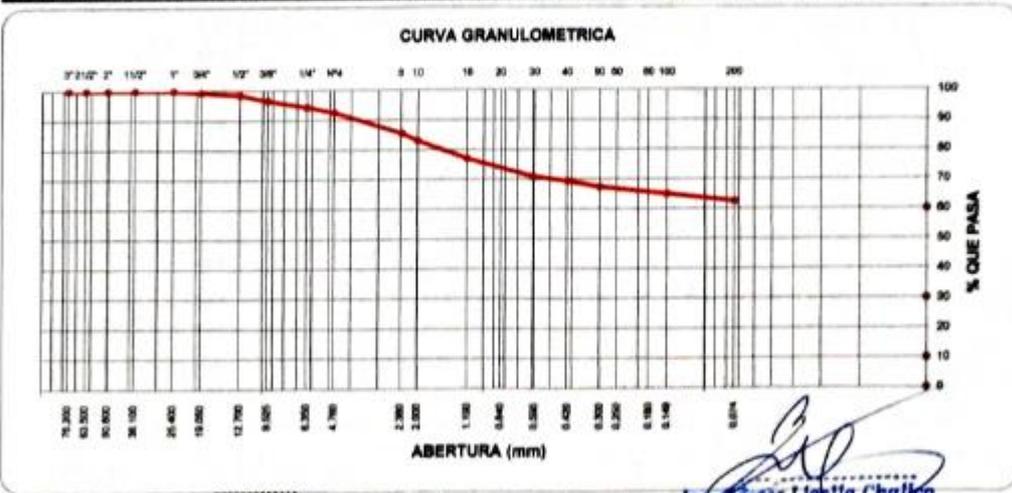
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	30
R + Suelo Hum.	17.70	19.75
R + Suelo Seco	13.71	15.33
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	3.99	4.42
Peso S. Seco	9.93	11.51
% de Humedad	40.18	38.40

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	34.8	0.6	0.6	99.4	
1/2"	12.700	48.8	0.9	1.5	98.5	
3/8"	9.525	103.1	1.9	3.4	96.6	
1/4"	6.350	120.5	2.2	5.6	94.4	
No#4	4.760	98.9	1.8	7.4	92.6	
8	2.360	29.8	7.1	14.5	85.5	
10	2.000	10.0	2.4	16.9	83.1	
16	1.190	25.5	6.1	23.0	77.0	
30	0.600	25.3	6.0	29.0	71.0	
40	0.420	6.8	1.6	30.6	69.4	
50	0.300	8.4	2.0	32.6	67.4	
100	0.149	9.5	2.3	34.9	65.1	
200	0.074	10.6	2.5	37.4	62.6	
< 200		261.4	62.5	99.9		



Clasificación SUCS	CL	L.L. : 41.84	Máx. Dens. Seca : 1.764	% C.B.R. al 95% - 0.1"	6.1
Clasificación AASHTO	A-4 (4)	I.P. : 3.55	Humedad Óptima : 10.2	% C.B.R. al 100% - 0.1"	13.4



OBSERVACIONES : MUCS: Arcilla baja plasticidad  
 Ing. César Llojta Chalco  
 Jefe de Laboratorio



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

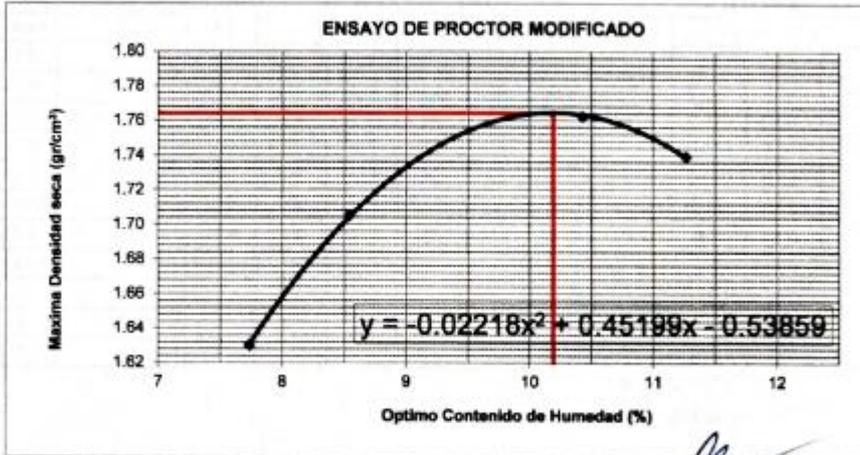
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-03 + ceniza volante industrial al 11%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoneco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5930.00	6019.00	6109.00	6099.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1656.00	1745.00	1835.00	1825.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.756	1.850	1.946	1.935

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	338.50	330.50	318.80	284.50
Tara + suelo seco (gr.)	314.20	304.50	288.70	255.70
Peso de agua (gr.)	24.30	26.00	30.10	28.80
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	314.20	304.50	288.70	255.70
Humedad (%)	7.7	8.5	10.43	11.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.630	1.705	1.762	1.739

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.764  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2



  
 Ing. Yessy Inés Challo  
 CIP 14747  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza volante industrial al 11%.

Solicita : Soncco -Unuysoncco

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.764

Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2

Compactación			
Molde Nº	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11295	11968	11894
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4360	4103	3939
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.981	1.934	1.869

Humedad (%)			
Tara Nº			
Tara+suelo húmedo (gr.)	236.50	236.50	236.50
Tara+suelo seco (gr.)	214.00	214.00	214.00
Peso de agua (gr.)	22.50	22.50	22.50
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	214.00	214.00	214.00
Humedad (%)	10.5	10.5	10.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.792	1.750	1.692

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		7	2.3	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		20	5.7	12	3.6	7	2.3
0.075	1.91		37	10.1	21	5.9	13	3.8
0.100	2.54	70.31	56	15.0	28	7.7	17	4.9
0.150	3.81		103	27.2	37	10.1	23	6.4
0.200	5.08	105.5	136	35.8	48	12.9	30	8.3
0.250	6.35		163	42.7	64	17.1	37	10.1
0.300	7.62		201	52.5	78	20.7	42	11.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.070	0.085	0.080
12-01-23	0.075	0.088	0.085
13-01-23	0.080	0.090	0.087
14-01-23	0.082	0.092	0.089
<b>% EXP.</b>	<b>1.7</b>	<b>2.0</b>	<b>1.9</b>

Ing. Zéser Natalia Chalco  
CIP 101417  
JEFE DE LABORATORIO

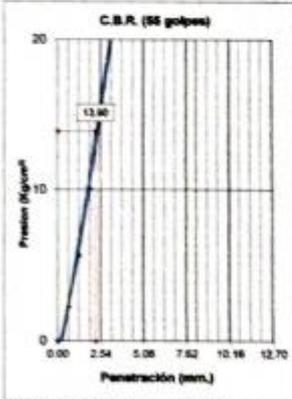


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

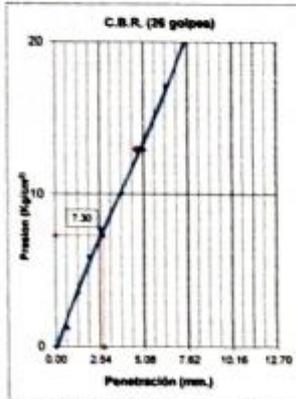
Proyecto : EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021\*

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
Muestra : C-03 + ceniza volante industrial al 11%.  
Solicita : Soncco -Umuysoncco  
Profundidad : 1.50 m  
Fecha : Cusco, octubre del 2022

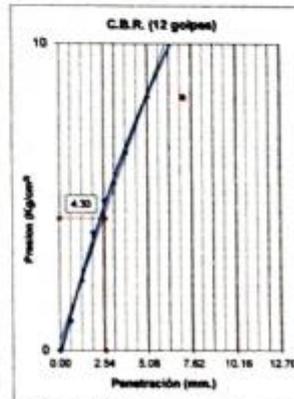
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.764  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 19.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 34.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.792

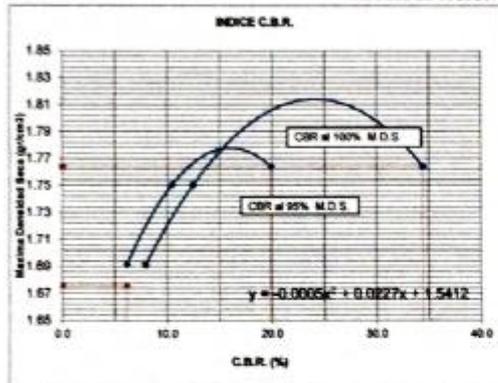


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 10.4  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 12.3  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.750



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 6.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 7.9  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.692

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7641  
95% DE M.D.S. : 1.676

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 13.5 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 6.1 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 19.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 7.9 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 6.1 % al 95% MDS.  
Subrasante regular.

Ing. Yóset Liocha Chalco  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 + ceniza industrial al 12%

**Solicitante** : Soncco -Unuysocco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 5408.0

Peso de fracción : 387.3

Peso de muestra lavada: 2032.1

**Humedad Natural**

(MTC E 108)

P.M.H. = 443.2

P.M.S. = 389.7

% W = 13.73

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	26	18
Recipiente Nº	11	9	34
R + Suelo Hum.	61.04	54.63	60.43
R + Suelo Seco	50.33	45.54	49.14
Peso Recip.	24.75	24.69	24.53
Peso Agua	10.71	9.09	11.29
Peso S. Seco	25.58	20.85	24.61
% de Humedad	41.87	43.60	45.88

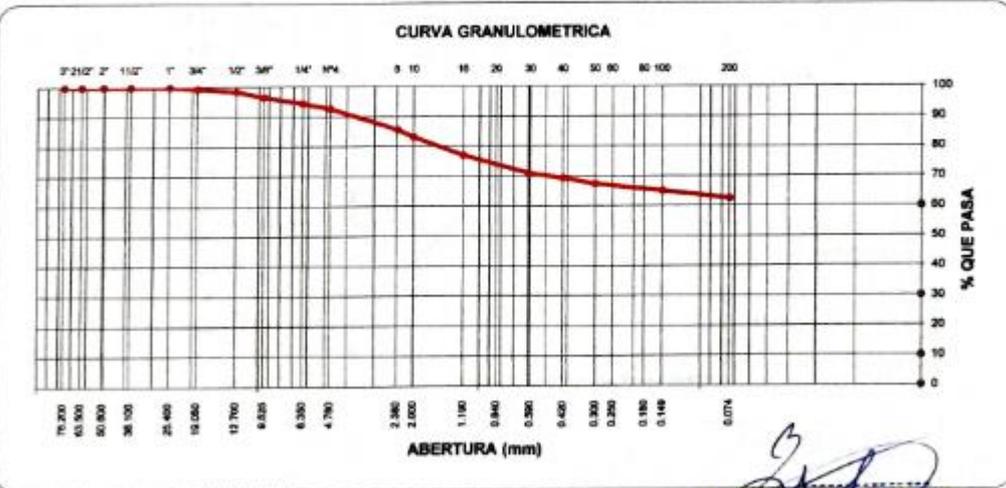
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	30
R + Suelo Hum.	19.47	20.64
R + Suelo Seco	15.03	16.02
Peso Recip.	3.78	3.82
Peso Agua	4.44	4.62
Peso S. Seco	11.25	12.20
% de Humedad	39.47	37.87



Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz 3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	34.8	0.6	99.4	
1/2"	12.700	48.8	0.9	98.5	
3/8"	9.525	103.1	1.9	96.6	
1/4"	6.350	120.5	2.2	94.4	
Nº4	4.760	98.9	1.8	92.6	
8	2.360	29.8	7.1	85.5	
10	2.000	10.0	2.4	83.1	
16	1.190	25.5	6.1	77.0	
30	0.600	25.3	6.0	29.0	71.0
40	0.420	6.8	1.6	30.6	69.4
50	0.300	8.4	2.0	32.6	67.4
100	0.149	9.5	2.3	34.9	65.1
200	0.074	10.6	2.5	37.4	62.6
< 200		261.4	62.5	99.9	

Clasificación SUCS	CL	L.L. : 43.65	Máx.Dens.Seca : 1.714	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	10.7
Clasificación AASHTO	A-4 (4)	I.P. : 4.98	Humedad Óptima 11.3	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	22.4



OBSERVACIONES : SUCS: Arcilla baja plasticidad

Ing. *[Firma]*  
CIP 16164  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115)**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-03 + ceniza industrial al 12%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

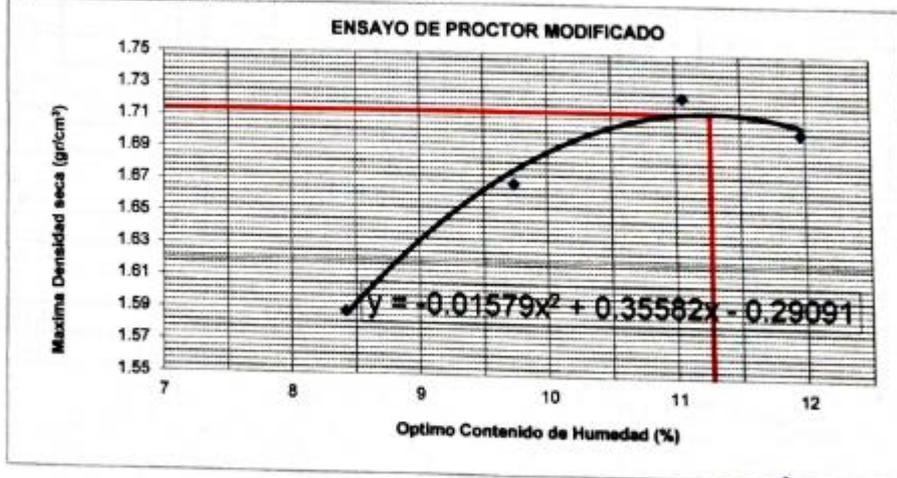
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5898.00	6001.00	6079.00	6071.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1624.00	1727.00	1805.00	1797.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.722	1.831	1.914	1.906

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	303.90	320.00	329.40	248.90
Tara + suelo seco (gr.)	280.30	291.60	296.60	222.30
Peso de agua (gr.)	23.60	28.40	32.80	26.60
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	280.30	291.60	296.60	222.30
Humedad (%)	8.4	9.7	11.06	12.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.588	1.669	1.724	1.702

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.714

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.3



*[Signature]*  
Ing. Yohana Elvetha Challico  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

Muestra : C-03 + ceniza industrial al 12%.

Solicita : Soncco -Unuysoncco

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.714

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.3

Compactación			
Molde N°	10	27	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	11258	11856	11758
Peso molde (gr.)	6935	7865	7955
Peso suelo compactado (gr.)	4323	3991	3803
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2201	2121	2107
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.964	1.882	1.805

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	258.70	258.70	258.70
Tara+suelo seco (gr.)	232.60	232.60	232.60
Peso de agua (gr.)	26.10	26.10	26.10
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	232.60	232.60	232.60
Humedad (%)	11.2	11.2	11.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.766	1.692	1.623

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 10		Molde 27		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		21	5.9	9	2.8	5	1.8
0.050	1.27		39	10.6	20	5.7	14	4.1
0.075	1.91		64	17.1	35	9.6	22	6.2
0.100	2.54	70.31	99	26.2	44	11.9	24	6.7
0.150	3.81		157	41.2	59	15.8	36	9.8
0.200	5.08	105.46	182	47.6	78	20.7	47	12.7
0.250	6.35		214	55.9	94	24.9	55	14.8
0.300	7.62		256	66.7	122	32.1	65	17.4
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	10	27	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.080	0.085	0.066
12-01-23	0.083	0.090	0.070
13-01-23	0.085	0.094	0.074
14-01-23	0.086	0.096	0.077
% EXP.	1.8	2.0	1.6

Ing. Yasser Choella Chalcó  
CIP 151847  
JEFE DE LABORATORIO

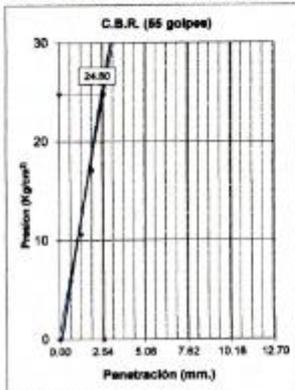


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

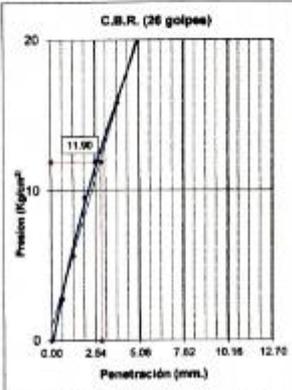
Proyecto : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
Muestra : C-03 + ceniza industrial al 12%.  
Solicita : Soncco - Utuysoncco  
Profundidad : 1.50 m  
Fecha : Cusco, octubre del 2022

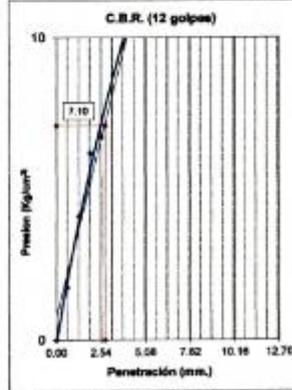
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.714  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.3



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 35.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 45.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.766



C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 17.0  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 19.7  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.692



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 10.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 12.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.623

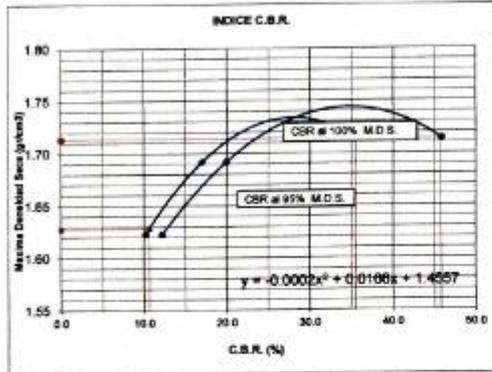
**DETERMINACION DE C.B.R.**

M.D.S. : 1.7136  
95% DE M.D.S. : 1.628

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 22.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 10.7 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 27.3 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 12.7 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 10.7 % al 95% MDS.  
Subrasante buena.



*Ing. Yasser Linares Chalco*  
CIP 151647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 10%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 7115.0

Peso de fracción : 412.1

Peso de muestra lavada: 4469.7

**Humedad Natural**

(MTC E 108)

P.M.H. = 543.7

P.M.S. = 475.5

% W = 14.34

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	47.45	43.37	50.61
R + Suelo Seco	41.51	38.42	43.51
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	5.94	4.95	7.10
Peso S. Seco	17.05	13.66	18.64
% de Humedad	34.84	36.24	38.09

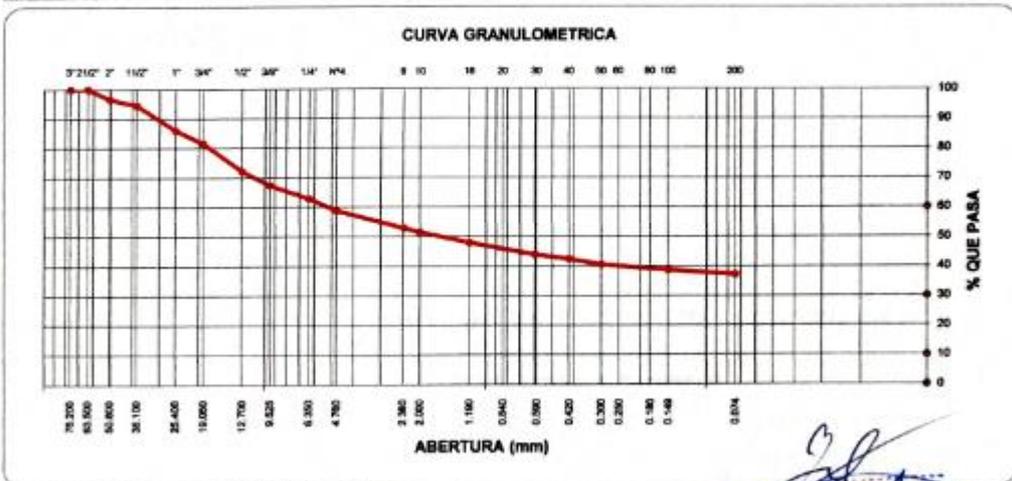
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	21
R + Suelo Hum.	18.00	18.85
R + Suelo Seco	15.15	15.75
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	2.85	3.10
Peso S. Seco	11.36	11.93
% de Humedad	25.09	25.98

Malla	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	242.1	3.4	96.6	
1 1/2"	38.100	147.7	2.1	97.9	
1"	25.400	601.0	8.4	91.6	
3/4"	19.050	321.1	4.5	95.5	
1/2"	12.700	662.4	9.3	90.7	
3/8"	9.525	350.7	4.9	95.1	
1/4"	6.350	318.9	4.5	95.5	
No4	4.760	289.6	4.1	95.9	
8	2.360	41.3	5.9	94.1	
10	2.000	10.0	1.4	98.6	
16	1.190	25.2	3.6	96.4	
30	0.600	28.0	4.0	96.0	
40	0.420	10.2	1.5	98.5	
50	0.300	13.0	1.9	98.1	
100	0.149	12.9	1.8	98.2	
200	0.074	10.8	1.5	98.5	
< 200	260.7	37.2	100.0		



Clasificación SUCS	SC	L.L.:	36.35	Max.Dens.Seca :	2.048	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	6.9
Clasificación AASHTO	A-6 (I)	I.P.:	10.81	Humedad Óptima	5.9	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	12.9



OBSERVACIONES : SUCS: Arena arcillosa con grava

Ing. Yessy Lloella Quilico  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

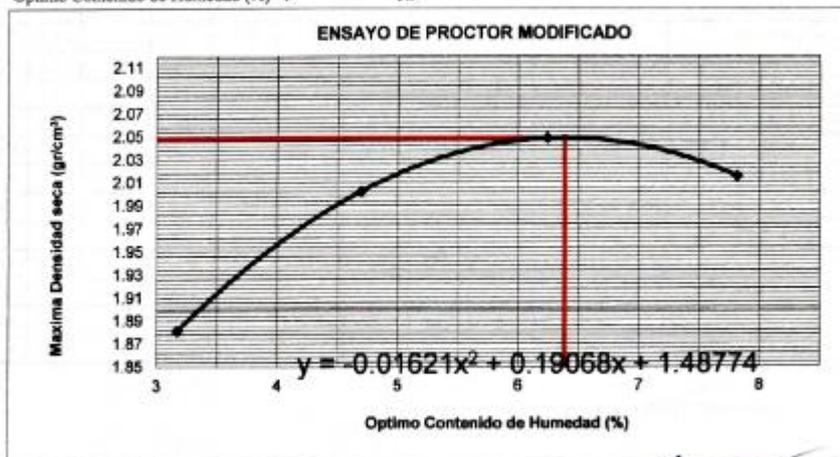
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 10%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10850.00	11177.00	11346.00	11339.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4085.00	4412.00	4581.00	4574.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.931	2.086	2.166	2.163

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	269.30	278.30	331.60	267.10
Tara + suelo seco (gr.)	262.30	267.10	313.60	248.90
Peso de agua (gr.)	7.00	11.20	18.00	18.20
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	262.30	267.10	313.60	248.90
Humedad (%)	2.7	4.2	5.74	7.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.881	2.002	2.048	2.015

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.048  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 5.9



Ing. Yasser Lloella Chalico  
 CIP 161627  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPITUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 10%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoneco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) : 2.048

Optimo Contenido de Humedad (%) : 5.9

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12411	12555	11292
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4456	4385	4357
Volumen del molde ( $\text{cm}^3$ )	2107	2097	2201
Densidad húmeda ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2.115	2.091	1.980

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	385.10	385.10	385.10
Tara+suelo seco (gr.)	365.44	365.44	365.44
Peso de agua (gr.)	19.66	19.66	19.66
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	365.44	365.44	365.44
Humedad (%)	5.4	5.4	5.4
Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2.007	1.984	1.878

Aplicación de Carga								
Penetración (Pulg.)	Presión (mm.)	Patrón ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Molde 6		Molde 22		Molde 10	
			Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )	Dial	Presión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
0.025	0.64		5	1.8	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		15	4.4	9	2.8	5	1.8
0.075	1.91		22	6.2	14	4.1	10	3.1
0.100	2.54	70.31	36	9.8	20	5.7	13	3.8
0.150	3.81		51	13.7	30	8.3	16	4.6
0.200	5.08	105.46	67	17.9	36	9.8	21	5.9
0.250	6.35		75	20.0	40	10.9	25	7.0
0.300	7.62		92	24.4	44	11.9	30	8.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.120	0.149	0.130
07-01-23	0.126	0.150	0.135
08-01-23	0.130	0.152	0.140
09-01-23	0.132	0.161	0.142
% EXP.	2.8	3.4	3.0

Ing. Yesser Lioelia Chalico  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPICHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 10%.

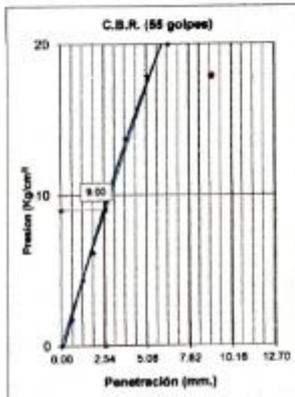
**Solicitante** : Soncco - Unuysoccco

**Profundidad** : 1.50 m

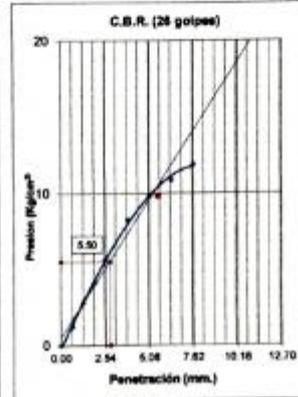
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.048

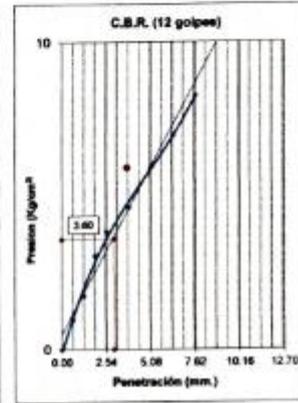
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 5.9



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 12.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 17.0  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.007



C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 7.9  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 9.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.984



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 5.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 5.6  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.878

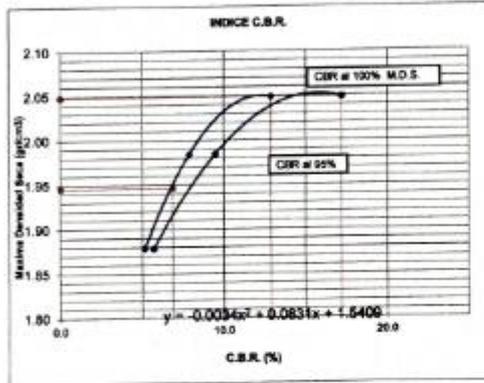
**DETERMINACION DE C.B.R.**

M.D.S. : 2.0485  
95% DE M.D.S. : 1.946

C.B.R. (100% M.D.S.) 01" : 12.9 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 8.9 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 02" : 17.0 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 02" : 8.0 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 6.9 % al 95% MDS.  
Subrasante regular.



*[Signature]*  
Ing. Kesser Elio Challo  
C.I.F. 161647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 7115.0

Peso de fracción : 412.1

Peso de muestra lavada: 4469.7

**Humedad Natural**

**(MTC E 108)**

P.M.H. = 543.7

P.M.S. = 475.5

% W = 14.34

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	50.73	53.16	52.91
R + Suelo Seco	44.09	45.74	45.32
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	6.64	7.42	7.59
Peso S. Seco	19.63	20.98	20.45
% de Humedad	33.83	35.37	37.11

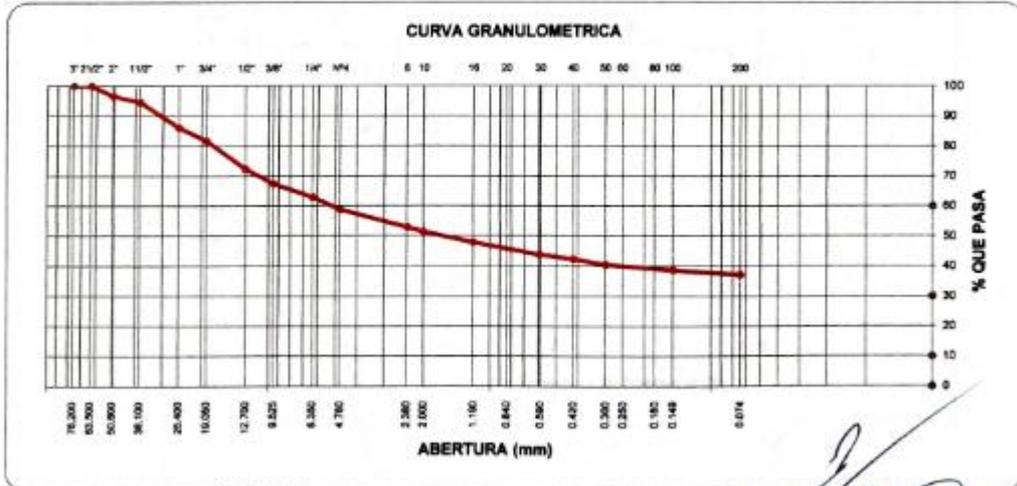
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	21
R + Suelo Hum.	19.54	19.13
R + Suelo Seco	16.43	16.08
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.11	3.05
Peso S. Seco	12.64	12.26
% de Humedad	24.60	24.88
	24.74	

Malla	Tamiz mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	242.1	3.4	3.4	96.6	
1 1/2"	38.100	147.7	2.1	5.5	94.5	
1"	25.400	601.0	8.4	13.9	86.1	
3/4"	19.050	321.1	4.5	18.4	81.6	
1/2"	12.700	662.4	9.3	27.7	72.3	
3/8"	9.525	350.7	4.9	32.6	67.4	
1/4"	6.350	318.9	4.5	37.1	62.9	
No4	4.760	289.6	4.1	41.2	58.8	
8	2.360	41.3	5.9	47.1	52.9	
10	2.000	10.0	1.4	48.5	51.5	
16	1.190	25.2	3.6	52.1	47.9	
30	0.600	28.0	4.0	56.1	43.9	
40	0.420	10.2	1.5	57.6	42.4	
50	0.300	13.0	1.9	59.5	40.5	
100	0.149	12.9	1.8	61.3	38.7	
200	0.074	10.8	1.5	62.8	37.2	
< 200		260.7	37.2	100.0		



Clasificación SUCS	SC	L.L. : 35.40	Máx. Dens. Seca : 2.099	% C.B.R. al 95% - 0.1"	12.0
Clasificación AASHTO	A-6 (1)	L.P. : 10.66	Humedad Óptima : 6.7	% C.B.R. al 100% - 0.1"	15.7



OBSERVACIONES : SUCS: Arces arcillosas con grava

Ing. Yessica Chatico  
15/10/22  
JEFE DEL LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115)**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPUIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 11%.

**Solicita** : Soncco -Umuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

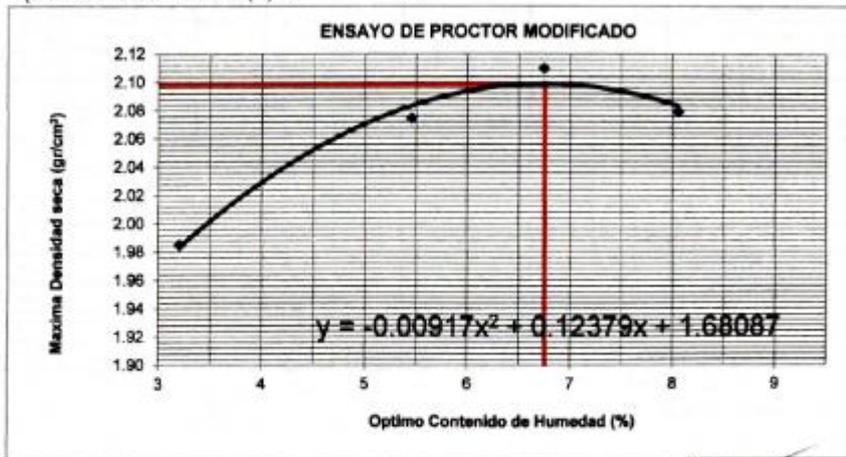
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11098.00	11392.00	11528.00	11517.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4333.00	4627.00	4763.00	4752.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.049	2.188	2.252	2.247

Humedad (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	413.90	529.90	632.00	444.80
Tara + suelo seco (gr.)	401.05	502.51	592.07	411.64
Peso de agua (gr.)	12.85	27.39	39.93	33.16
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	401.05	502.51	592.07	411.64
Humedad (%)	3.2	5.5	6.74	8.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.985	2.075	2.110	2.079

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.099

Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.7



Ing. Yasser Balleza Chállico  
51547  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unuysonecco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 2.099

Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.7

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	13039	12435	10352
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	5084	4265	3417
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2107	2097	2201
Densidad humeda ( $gr/cm^3$ )	2.413	2.034	1.552

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	396.10	396.10	396.10
Tara+suelo seco (gr.)	371.28	371.28	371.28
Peso de agua (gr.)	24.82	24.82	24.82
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	371.28	371.28	371.28
Humedad (%)	6.7	6.7	6.7
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	2.262	1.906	1.455

Aplicación de Carga									
Penetración		Presión		Molde 6		Molde 22		Molde 10	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0.025	0.64		5	1.8	3	1.2	2	1.0	
0.050	1.27		20	5.7	14	4.1	7	2.3	
0.075	1.91		38	10.3	22	6.2	14	4.1	
0.100	2.54	70.31	57	15.3	33	9.0	21	5.9	
0.150	3.81		94	24.9	39	10.6	28	7.7	
0.200	5.08	105.46	120	31.6	50	13.5	31	8.5	
0.250	6.35		147	38.6	58	15.5	38	10.3	
0.300	7.62		170	44.5	63	16.8	39	10.6	
0.350	8.89								
0.400	10.16								
0.450	11.43								
0.500	12.70								

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.100	0.112	0.115
07-01-23	0.105	0.116	0.120
08-01-23	0.110	0.117	0.125
09-01-23	0.112	0.126	0.130
% EXP.	2.4	2.7	2.8

Ing. Jasser Loayza Chalico  
CIP. 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

Proyecto : EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

Muestra : C-04 + ceniza artesanal al 11%.

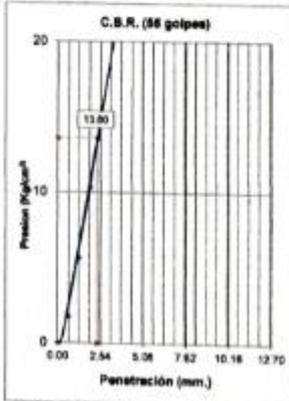
Solicita : Soncco -Umuysoncco

Profundidad : 1.50 m

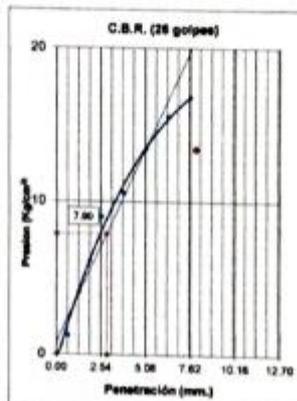
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.099

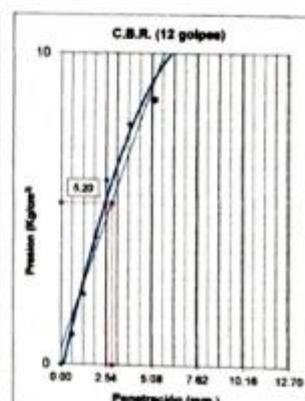
Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.7



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 19.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 30.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.262



C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 11.3  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 12.8  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.906



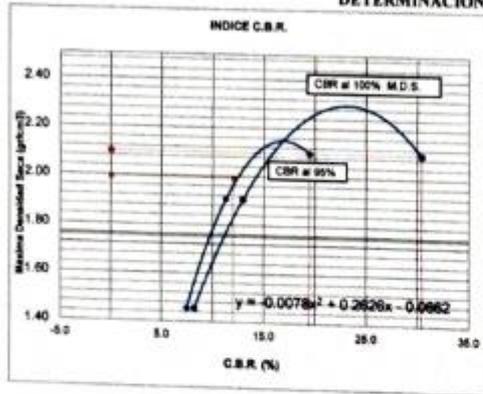
C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 7.4  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 8.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.455

**DETERMINACION DE C.B.R.**

M.D.S. : 2.0986

95% DE M.D.S. : 1.994

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 15.7 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 12.0 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 22.2 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 13.7 %



**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 12.0 % al 95% MDS.

Subrasante buena.

*[Signature]*  
Ing. Pesser Uccella Chalico  
CIP. 167647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 12%.  
**Solicitante** : Soncco - Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

Datos de ensayo		Humedad Natural (MTC E 108)	
Peso Total	: 7115.0	P.M.H. =	543.7
Peso de fracción	: 412.1	P.M.S. =	475.5
Peso de muestra lavada:	4469.7	% W =	14.34

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	50.78	51.33	54.87
R + Suelo Seco	43.87	44.19	46.55
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	6.91	7.14	8.32
Peso S. Seco	19.41	19.43	21.68
% de Humedad	35.60	36.75	38.38

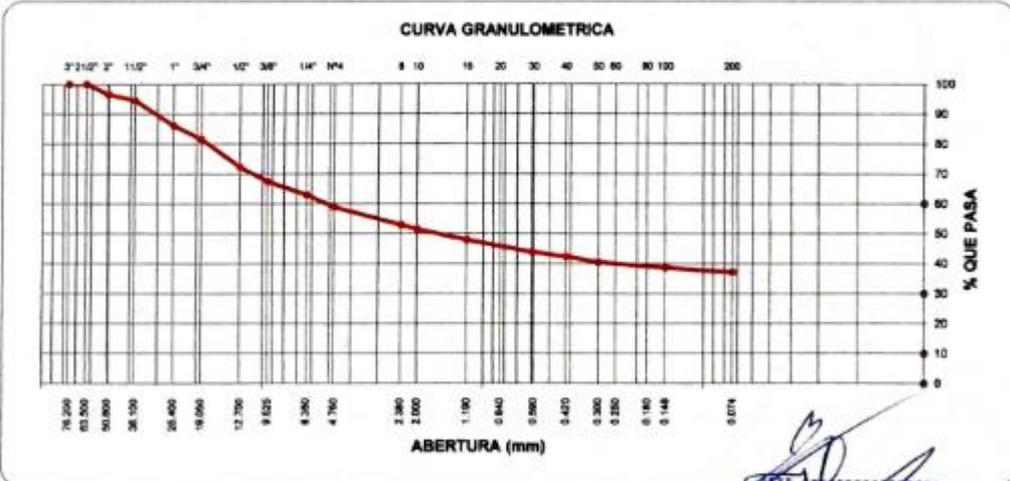
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	21
R + Suelo Hum.	19.14	20.26
R + Suelo Seco	15.97	16.84
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.17	3.42
Peso S. Seco	12.18	13.02
% de Humedad	26.03	26.27
		26.15

Malla	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	242.1	3.4	96.6	
1 1/2"	38.100	147.7	2.1	97.9	
1"	25.400	601.0	8.4	91.6	
3/4"	19.050	321.1	4.5	95.5	
1/2"	12.700	662.4	9.3	90.7	
3/8"	9.525	350.7	4.9	95.1	
1/4"	6.350	318.9	4.5	95.5	
No4	4.760	289.6	4.1	95.9	
8	2.360	41.3	5.9	94.1	
10	2.000	10.0	1.4	98.6	
16	1.190	25.2	3.6	96.4	
30	0.600	28.0	4.0	96.0	
40	0.420	10.2	1.5	98.5	
50	0.300	13.0	1.9	98.1	
100	0.149	12.9	1.8	98.2	
200	0.074	10.8	1.5	98.5	
< 200	260.7	37.2	100.0		



Clasificación SUCS	SC	L.L. : 36.87	Máx.Dens.Seca : 2.088	% C.B.R.al 95 % - 0.1 "	20.3
Clasificación AASHTO	A-6 (I)	I.P. : 10.73	Humedad Óptima 7.4	% C.B.R.al 100 % - 0.1 "	37.4



Observaciones: SUCS: A-6 (I) con cenizas  
 Ing. Pesser Noel Chailca  
 Jefe de Laboratorio



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

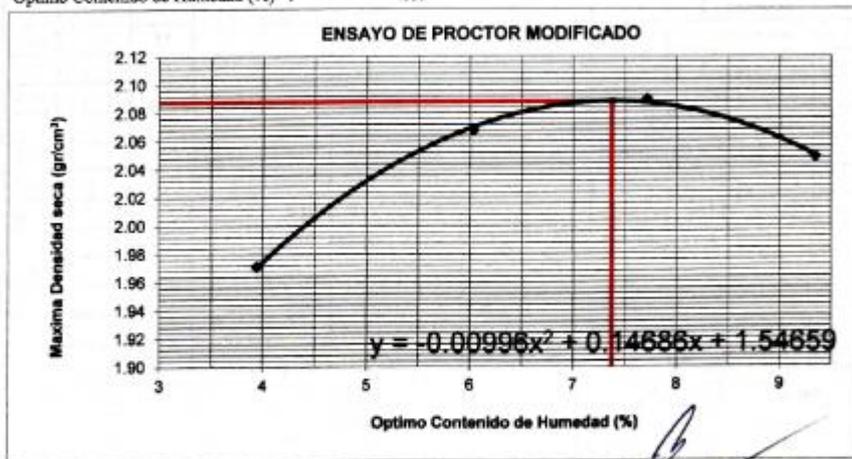
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 12%.  
**Solicita** : Soacco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11098.00	11402.00	11525.00	11502.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4333.00	4637.00	4760.00	4737.00
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.049	2.192	2.251	2.240

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	401.20	483.40	544.60	409.60
Tara + suelo seco (gr.)	386.00	455.90	505.60	374.60
Peso de agua (gr.)	15.20	27.50	39.00	35.00
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	386.00	455.90	505.60	374.60
Humedad (%)	3.9	6.0	7.71	9.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.971	2.068	2.089	2.048

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.088  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.4



*[Signature]*  
 Ing. César Acuña Chálico  
 Jefe de Laboratorio



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 12%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.088

Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.4

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12555	12584	11382
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4600	4414	4447
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.183	2.105	2.020

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	397.10	397.10	397.10
Tara+suelo seco (gr.)	369.20	369.20	369.20
Peso de agua (gr.)	27.90	27.90	27.90
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	369.20	369.20	369.20
Humedad (%)	7.6	7.6	7.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.030	1.957	1.878

Aplicación de Carga									
Penetración		Presión		Molde 6		Molde 22		Molde 10	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial
0.025	0.64		15	4.4	6	2.0	4	1.5	
0.050	1.27		36	9.8	23	6.4	17	4.9	
0.075	1.91		77	20.5	41	11.1	26	7.2	
0.100	2.54	70.31	110	29.0	53	14.2	36	9.8	
0.150	3.81		169	44.3	65	17.4	52	14.0	
0.200	5.08	105.46	197	51.5	77	20.5	61	16.3	
0.250	6.35		218	56.9	93	24.6	69	18.4	
0.300	7.62		258	67.2	104	27.5	72	19.2	
0.350	8.89								
0.400	10.16								
0.450	11.43								
0.500	12.70								

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.100	0.105	0.110
07-01-23	0.105	0.110	0.115
08-01-23	0.110	0.115	0.120
09-01-23	0.112	0.117	0.125
% EXP.	2.4	2.5	2.7

Ing. Yesser Liofilia Chalico  
CIF 161147  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021\*

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza artesanal al 12%.

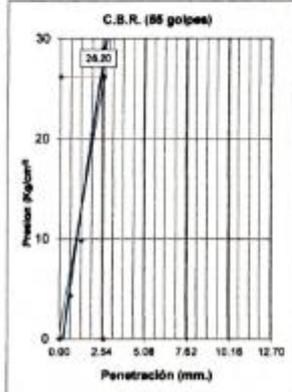
**Solicita** : Soncco -Unuysoneco

**Profundidad** : 1.50 m

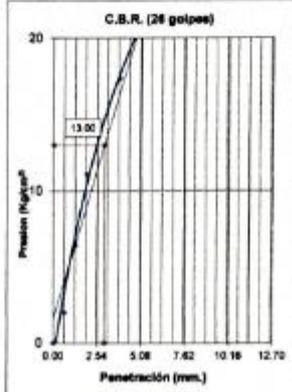
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)** : 2.088

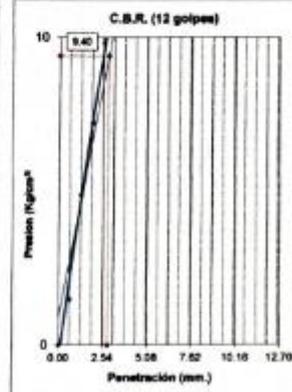
**Óptimo Contenido de Humedad (%)** : 7.4



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 37.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 49.0  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.030

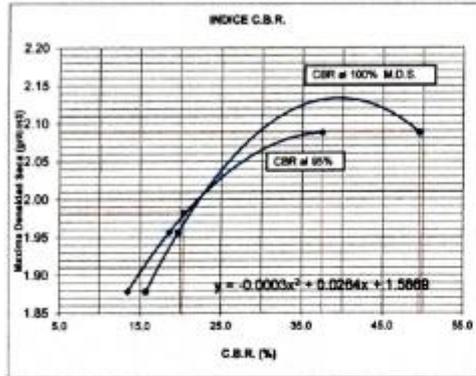


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 18.6  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 19.5  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.957



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 13.4  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 15.5  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.878

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 2.088

95% DE M.D.S. : 1.984

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 37.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 20.3 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 49.1 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 20.8 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 20.3 % al 95% MDS.

Subrasante muy buena.

Ing. Yancy Leticia Chalico  
CIP: 457547  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza industrial al 10%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 7115.0

Peso de fracción : 412.1

Peso de muestra lavada: 4469.7

**Humedad Natural**

**(MTC E 108)**

P.M.H. = 543.7

P.M.S. = 475.5

% W = 14.34

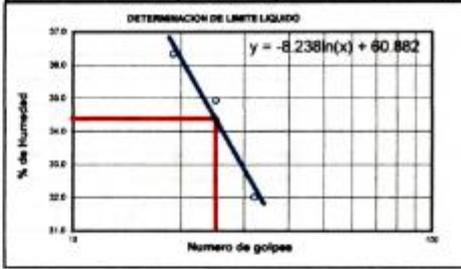
**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente N°	12	16	10
R + Suelo Hum.	56.37	56.00	57.88
R + Suelo Seco	48.63	47.91	49.08
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	7.74	8.09	8.80
Peso S. Seco	24.17	23.15	24.21
% de Humedad	32.02	34.95	36.35

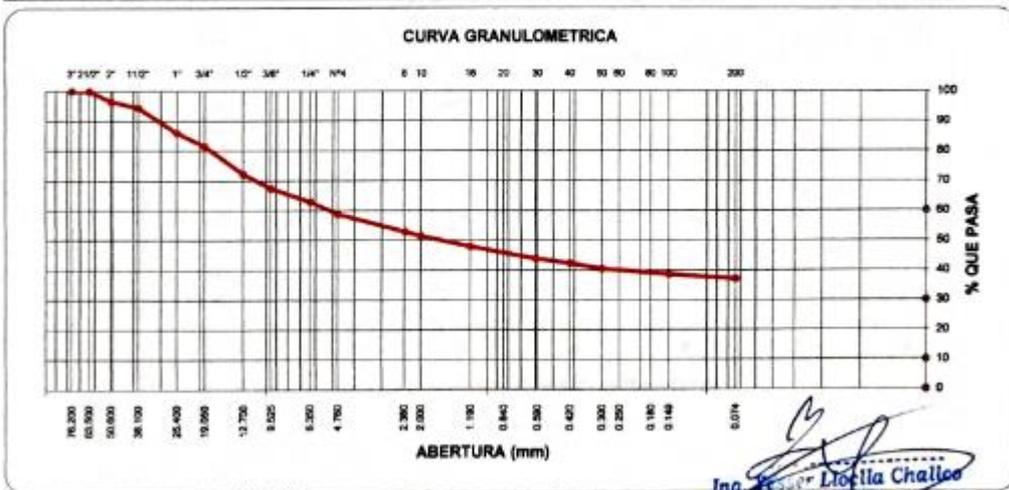
**Límite Plástico MTC E111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	19.42	19.01
R + Suelo Seco	16.25	15.97
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.17	3.04
Peso S. Seco	12.46	12.15
% de Humedad	25.44	25.02

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	242.1	3.4	3.4	96.6	
1 1/2"	38.100	147.7	2.1	5.5	94.5	
1"	25.400	601.0	8.4	13.9	86.1	
3/4"	19.050	321.1	4.5	18.4	81.6	
1/2"	12.700	662.4	9.3	27.7	72.3	
3/8"	9.525	350.7	4.9	32.6	67.4	
1/4"	6.350	318.9	4.5	37.1	62.9	
No4	4.760	289.6	4.1	41.2	58.8	
8	2.360	41.3	5.9	47.1	52.9	
10	2.000	10.0	1.4	48.5	51.5	
16	1.190	25.2	3.6	52.1	47.9	
30	0.600	28.0	4.0	56.1	43.9	
40	0.420	10.2	1.5	57.6	42.4	
50	0.300	13.0	1.9	59.5	40.5	
100	0.149	12.9	1.8	61.3	38.7	
200	0.074	10.8	1.5	62.8	37.2	
< 200		260.7	37.2	100.0		



Clasificación SUCS	SC	L.L. :	34.39	Máx. Dens. Seca :	2.091	% C.B.R. al 95% - 0.1 "	8.9
Clasificación AASHTO	A-4 (1)	I.P. :	9.16	Humedad Optima	5.4	% C.B.R. al 100% - 0.1 "	13.9



ING. *[Firma]* Lissetta Chalco  
CIP 161147  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

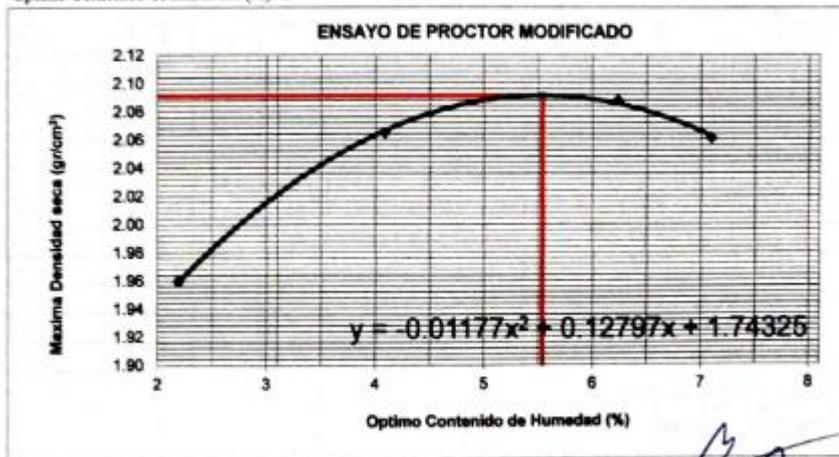
**Proyecto** :EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPUIARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021”

**Ubicación** :Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-04 + ceniza industrial al 10%.  
**Solicita** : Soncco -Unaysoncco  
**Profundidad** :1.50 m  
**Fecha** :Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10996.00	11306.00	11451.00	11429.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4231.00	4541.00	4686.00	4664.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.000	2.147	2.216	2.205

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	288.50	302.80	332.20	283.20
Tara + suelo seco (gr.)	282.60	291.20	313.00	246.00
Peso de agua (gr.)	5.90	11.60	19.20	17.20
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	282.60	291.20	313.00	246.00
Humedad (%)	2.1	4.0	6.13	7.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.960	2.065	2.088	2.061

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.091  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 5.4



Ing. Georgette Alejandra Chaitron  
 CIP 181647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza industrial al 10%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 2.091

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 5.4

Compactación			
Molde Nº	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12424	12344	10977
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4469	4174	4042
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2107	2097	2201
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.121	1.990	1.836

Humedad (%)			
Tara Nº			
Tara + suelo húmedo (gr.)	271.50	271.50	271.50
Tara + suelo seco (gr.)	260.30	260.30	260.30
Peso de agua (gr.)	11.20	11.20	11.20
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	260.30	260.30	260.30
Humedad (%)	4.3	4.3	4.3
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	2.034	1.908	1.761

Aplicación de Carga								
Penetración		Molde 6			Molde 22		Molde 10	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		4	1.5	2	1.0	1	0.7
0.050	1.27		15	4.4	9	2.8	5	1.8
0.075	1.91		28	7.7	14	4.1	9	2.8
0.100	2.54	70.31	40	10.9	20	5.7	13	3.8
0.150	3.81		60	16.1	26	7.2	17	4.9
0.200	5.08	105.46	78	20.7	33	9.0	23	6.4
0.250	6.35		103	27.2	39	10.6	29	8.0
0.300	7.62		118	31.1	43	11.6	32	8.8
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.150	0.144	0.130
12-01-23	0.155	0.149	0.135
13-01-23	0.158	0.153	0.138
14-01-23	0.163	0.154	0.140
% EXP.	3.5	3.3	3.0

Ing. Yessica Lidetta Chalton  
CIP 161647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLCANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPICHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza industrial al 10%.

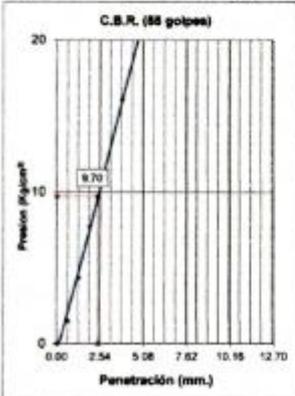
**Solicitante** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

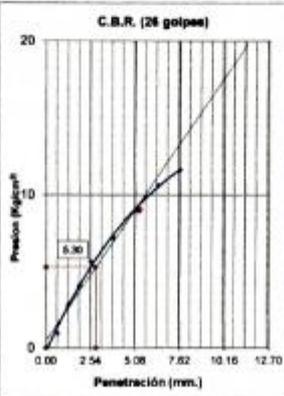
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2,091

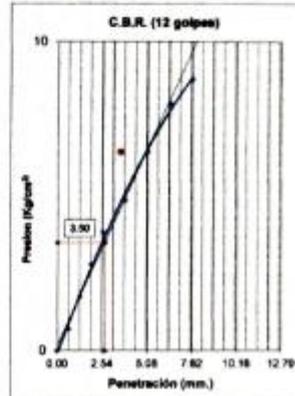
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 5.4



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 13.9  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 19.7  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.034



C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 7.6  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 8.6  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.908



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 5.0  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 6.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.761

**DETERMINACION DE C.B.R.**

M.D.S. : 2.0911

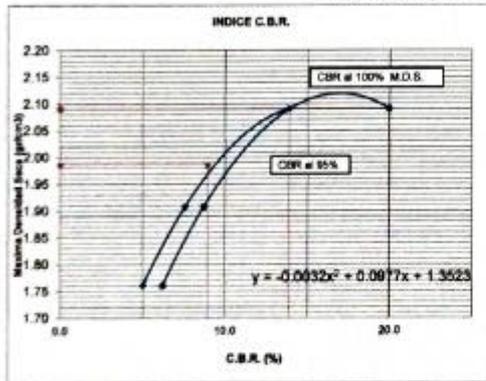
95% DE M.D.S. : 1.987

- C.B.R. (100% M.D.S.) 01" : 13.9 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 8.9 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 02" : 19.8 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 02" : 9.9 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R DISEÑO: 8.9 % al 95% MDS.

Subrasante regular.



*Ing. Yesenia Lioylla Chalico*  
C.F. 161637  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCQA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Seneca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza volante industrial al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

Datos de ensayo		Humedad Natural (MTC E 108)	
Peso Total	: 7115.0	P.M.H. =	543.7
Peso de fracción	: 412.1	P.M.S. =	475.5
Peso de muestra lavada:	4469.7	% W =	14.34

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	32	25	19
Recipiente N°	12	16	10
R + Suelo Hum.	55.70	54.67	62.08
R + Suelo Seco	47.96	47.11	52.32
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	7.74	7.56	9.76
Peso S. Seco	23.50	22.35	27.45
% de Humedad	32.94	33.83	35.56

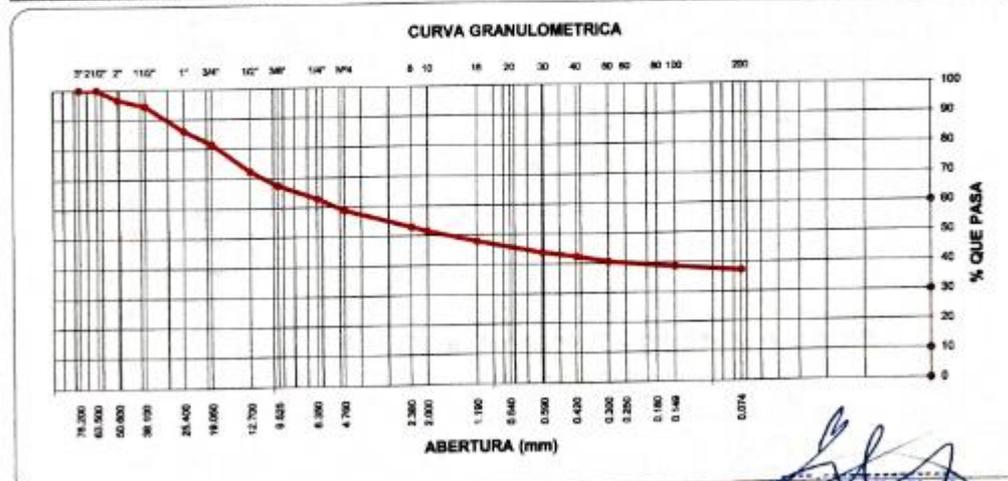
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	17	21
R + Suelo Hum.	19.17	19.46
R + Suelo Seco	16.15	16.30
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.02	3.16
Peso S. Seco	12.36	12.48
% de Humedad	24.43	25.32

Malla	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	242.1	3.4	96.6	
1 1/2"	38.100	147.7	2.1	5.5	94.5
1"	25.400	601.0	8.4	13.9	86.1
3/4"	19.050	321.1	4.5	18.4	81.6
1/2"	12.700	662.4	9.3	27.7	72.3
3/8"	9.525	350.7	4.9	32.6	67.4
1/4"	6.350	318.9	4.5	37.1	62.9
No4	4.760	289.6	4.1	41.2	58.8
8	2.360	41.3	5.9	47.1	52.9
10	2.000	10.0	1.4	48.5	51.5
16	1.190	25.2	3.6	52.1	47.9
30	0.600	28.0	4.0	56.1	43.9
40	0.420	10.2	1.5	57.6	42.4
50	0.300	13.0	1.9	59.5	40.5
100	0.149	12.9	1.8	61.3	38.7
200	0.074	10.8	1.5	62.8	37.2
< 200		260.7	37.2	100.0	



Clasificación SUCS	SC	L.L.:	34.07	Máx. Dens. Seca :	2.050	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	10.2
Clasificación AASHTO	A-4 (1)	I.P.:	9.20	Humedad Optima	7.4	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	15.4



OBSERVACIONES : SUCS: Arena arcillosa con grava.....  
 Ing. Yesenia Loetia Chalco  
 CIP 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

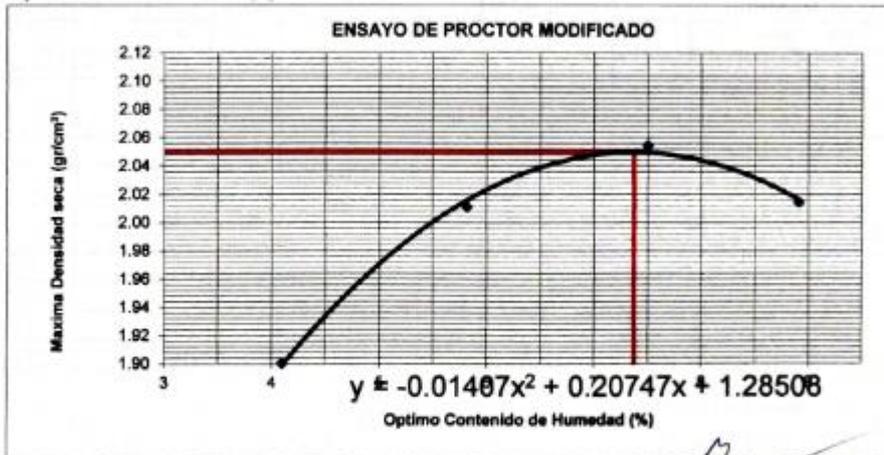
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-04 + ceniza volante industrial al 11%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoscco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10949.00	11268.00	11436.00	11405.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4184.00	4501.00	4671.00	4640.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.978	2.128	2.209	2.194

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	284.50	294.70	322.50	288.50
Tara + suelo seco (gr.)	273.30	278.50	300.00	264.90
Peso de agua (gr.)	11.20	16.20	22.50	23.60
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	273.30	278.50	300.00	264.90
Humedad (%)	4.1	5.8	7.50	8.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.900	2.011	2.054	2.014

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.050  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.4



Ing. Yesser Llojta Chalico  
 CIP 151847  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza volante industrial al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.050

Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.4

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12763	12549	11293
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4808	4379	4358
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107	2097	2201
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.282	2.088	1.980

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	255.30	255.30	255.30
Tara+suelo seco (gr.)	241.30	241.30	241.30
Peso de agua (gr.)	14.00	14.00	14.00
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	241.30	241.30	241.30
Humedad (%)	5.8	5.8	5.8
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.157	1.974	1.871

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión	Molde 6		Molde 22		Molde 10	
(Pulg.)	(mm.)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		6	2.0	3	1.2	2	1.0
0.050	1.27		23	6.4	14	4.1	8	2.5
0.075	1.91		41	11.1	24	6.7	15	4.4
0.100	2.54	70.31	60	16.1	31	8.5	20	5.7
0.150	3.81		104	27.5	39	10.6	25	7.0
0.200	5.08	105.46	136	35.8	51	13.7	33	9.0
0.250	6.35		158	41.4	66	17.6	39	10.6
0.300	7.62		192	50.2	79	21.0	43	11.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.100	0.110	0.120
12-01-23	0.105	0.114	0.124
13-01-23	0.108	0.117	0.127
14-01-23	0.110	0.119	0.130
% EXP.	2.3	2.5	2.8

*Ing. Yesser Llocti Chalco*  
CIP: 151647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-GRANITE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021\*

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza volante industrial al 11%.

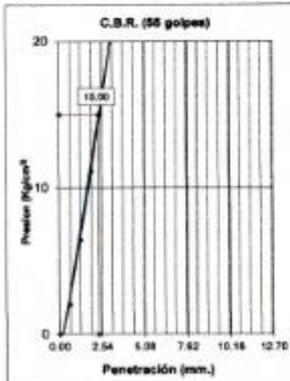
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

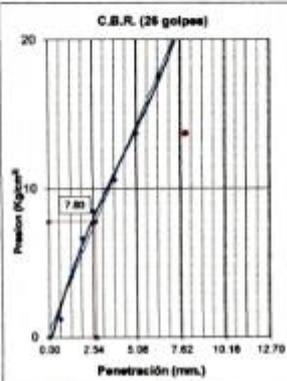
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.050

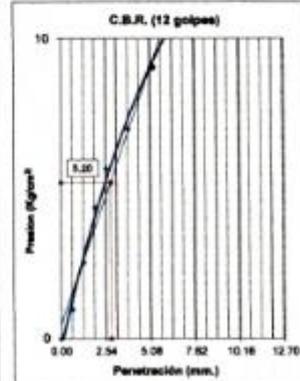
Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.4



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 21.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 34.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>): 2.137

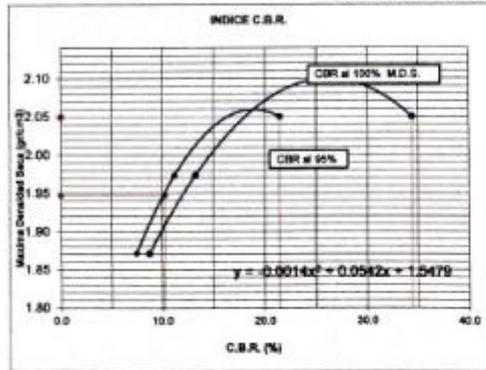


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 11.1  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 13.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>): 1.974



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 7.4  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 8.6  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>): 1.871

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 2.0499  
95% DE M.D.S. : 1.947

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 15.4 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 10.2 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 21.8 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 11.9 %

**OBSERVACIONES :**

CBR DISEÑO: 10.2 % al 95% MDS.  
Subrasante buena.

*Ing. Yesser Lidella Chalco*  
CIP. 161547  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza industrial al 12%.

**Solicita** : Soncco -Unaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total	:	7115.0	P.M.H. =	543.7
Peso de fracción	:	412.1	P.M.S. =	475.5
Peso de muestra lavada:		4469.7	% W =	14.34

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	32	25	19
Recipiente Nº	12	16	10
R + Suelo Hum.	56.69	54.88	61.18
R + Suelo Seco	48.63	47.07	51.44
Peso Recip.	24.46	24.76	24.87
Peso Agua	8.06	7.81	9.74
Peso S. Seco	24.17	22.31	26.57
% de Humedad	33.35	35.01	36.66

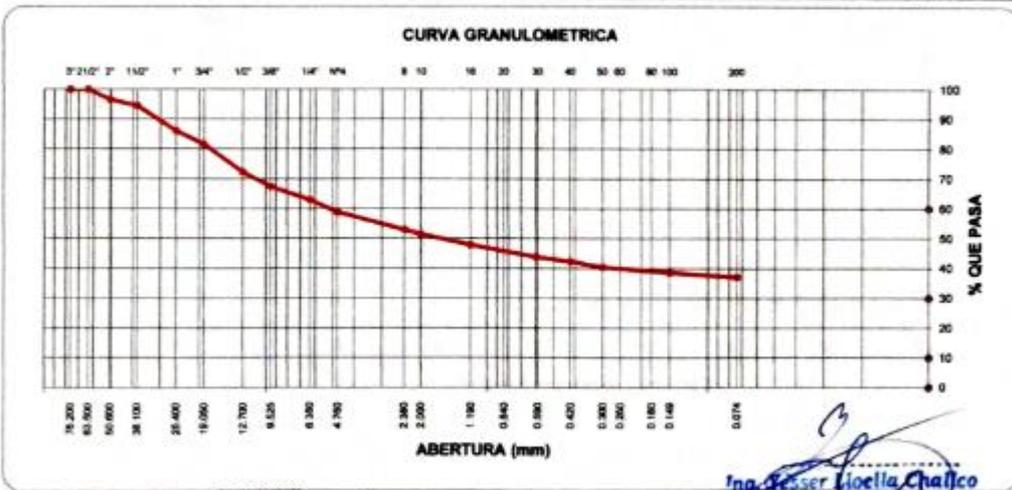
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	21
R + Suelo Hum.	20.94	20.35
R + Suelo Seco	17.47	16.99
Peso Recip.	3.79	3.82
Peso Agua	3.47	3.36
Peso S. Seco	13.68	13.17
% de Humedad	25.37	25.51

Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	242.1	3.4	3.4	96.6	
1 1/2"	38.100	147.7	2.1	5.5	94.5	
1"	25.400	601.0	8.4	13.9	86.1	
3/4"	19.050	321.1	4.5	18.4	81.6	
1/2"	12.700	662.4	9.3	27.7	72.3	
3/8"	9.525	350.7	4.9	32.6	67.4	
1/4"	6.350	318.9	4.5	37.1	62.9	
No4	4.760	289.6	4.1	41.2	58.8	
8	2.360	41.3	5.9	47.1	52.9	
10	2.000	10.0	1.4	48.5	51.5	
16	1.190	25.2	3.6	52.1	47.9	
30	0.600	28.0	4.0	56.1	43.9	
40	0.420	10.2	1.5	57.6	42.4	
50	0.300	13.0	1.9	59.5	40.5	
100	0.149	12.9	1.8	61.3	38.7	
200	0.074	10.8	1.5	62.8	37.2	
< 200		260.7	37.2	100.0		



Clasificación SUCS	SC	L.L. : 34.96	Máx. Dens. Seca : 2.039	% C.B.R. al 95% - 0.1" : 19.6
Clasificación AASHTO	A-4 (1)	I.P. : 9.53	Humedad Óptima : 8.1	% C.B.R. al 100% - 0.1" : 36.6



OBSERVACIONES : G.L.C.R. : Aprovechamos con gusto  
 Ing. Pesser Gioella Chalico  
 CIE 161647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E115)**

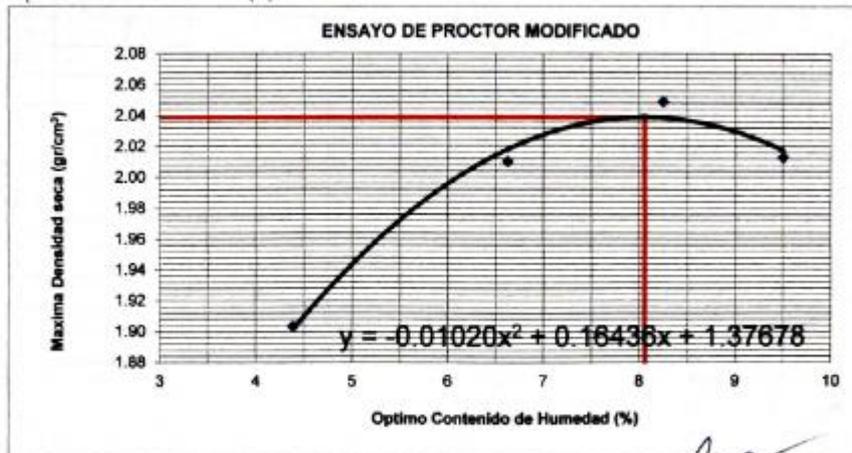
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILLUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-04 + ceniza industrial al 12%.  
**Solicita** : Soncco - Untysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método C			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	10967.00	11298.00	11456.00	11427.00
Peso molde (gr.)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
Peso suelo compactado (gr.)	4202.00	4533.00	4691.00	4662.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.00	2115.00	2115.00	2115.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.987	2.143	2.218	2.204

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	249.90	283.20	333.30	253.50
Tara + suelo seco (gr.)	239.40	265.60	307.90	231.50
Peso de agua (gr.)	10.50	17.60	25.40	22.00
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	239.40	265.60	307.90	231.50
Humedad (%)	4.4	6.6	8.25	9.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.903	2.010	2.049	2.013

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.039  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.1



Ing. Tessa Loella Chalico  
 C.P. 161547  
 JEFE DEL LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza industrial al 12%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoscco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 2.039  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.1

Compactación			
Molde N°	6	22	10
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12426	12437	11157
Peso molde (gr.)	7955	8170	6935
Peso suelo compactado (gr.)	4471	4267	4222
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2107	2097	2201
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.122	2.035	1.918

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	277.50	277.50	277.50
Tara+suelo seco (gr.)	259.90	259.90	259.90
Peso de agua (gr.)	17.60	17.60	17.60
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	259.90	259.90	259.90
Humedad (%)	6.8	6.8	6.8
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.987	1.906	1.797

Aplicación de Carga								
Penetración (Pulg.)	Presión (mm.)	Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 6		Molde 22		Molde 10	
			Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		20	5.7	9	2.8	5	1.8
0.050	1.27		42	11.4	22	6.2	15	4.4
0.075	1.91		68	18.1	38	10.3	24	6.7
0.100	2.54	70.31	103	27.2	47	12.7	27	7.5
0.150	3.81		158	41.4	61	16.3	38	10.3
0.200	5.08	105.46	182	47.6	81	21.5	50	13.5
0.250	6.35		209	54.6	96	25.4	57	15.3
0.300	7.62		247	64.4	123	32.4	66	17.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Fecha	Expansión (Pulg.)		
	6	22	10
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.100	0.110	0.112
12-01-23	0.105	0.115	0.117
13-01-23	0.107	0.117	0.120
14-01-23	0.109	0.118	0.122
% EXP.	2.3	2.5	2.6

Ing. Yesenia Loella Chalco  
 C.O. 11547  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, ANADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021\*

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-04 + ceniza industrial al 12%.

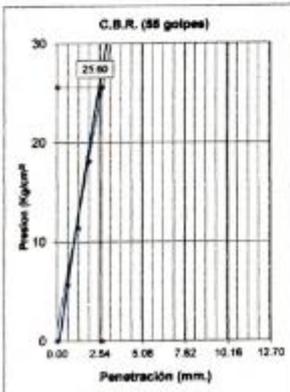
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

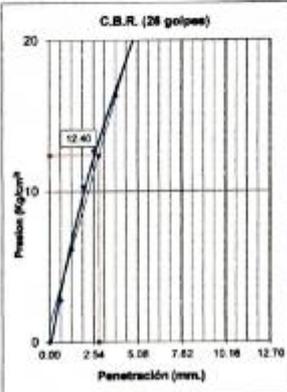
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.039

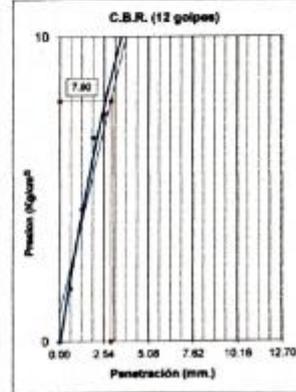
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.1



C.B.R. (0.1") 55 Golpes : 36.6  
C.B.R. (0.2") 55 Golpes : 45.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.987



C.B.R. (0.1") 25 Golpes : 17.7  
C.B.R. (0.2") 25 Golpes : 20.5  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.906



C.B.R. (0.1") 12 Golpes : 11.3  
C.B.R. (0.2") 12 Golpes : 12.8  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.797

**DETERMINACION DE C.B.R.**

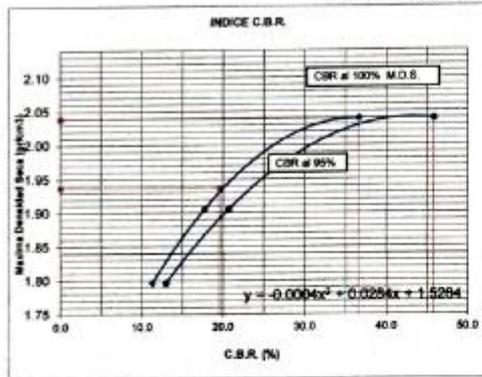
M.D.S. : 2.0389

95% DE M.D.S. : 1.937

- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 36.6 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 19.6 %
- C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 45.4 %
- C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 22.7 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 19.6 % al 95% MDS.  
Subrasante buena.



Ing. Yesso Lloflla Chalco  
CIP 16147  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPICHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 10%.

**Solicitada** : Soncco -Unuysonecco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total	: 352.0	P.M.H. =	615.6
Peso de fracción	: 352.0	P.M.S. =	489.65
Peso de muestra lavada:	200.9	% W =	25.72

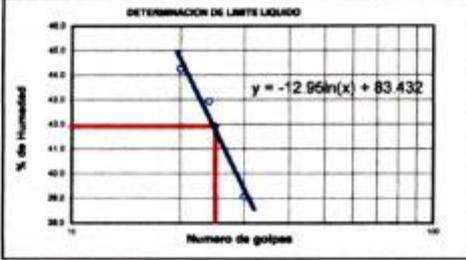
**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	24	20
Recipiente Nº	17	59	19
R + Suelo Hum.	40.18	36.79	40.26
R + Suelo Seco	35.78	32.99	35.44
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	4.40	3.80	4.82
Peso S. Seco	11.26	8.85	10.89
% de Humedad	39.08	42.94	44.26

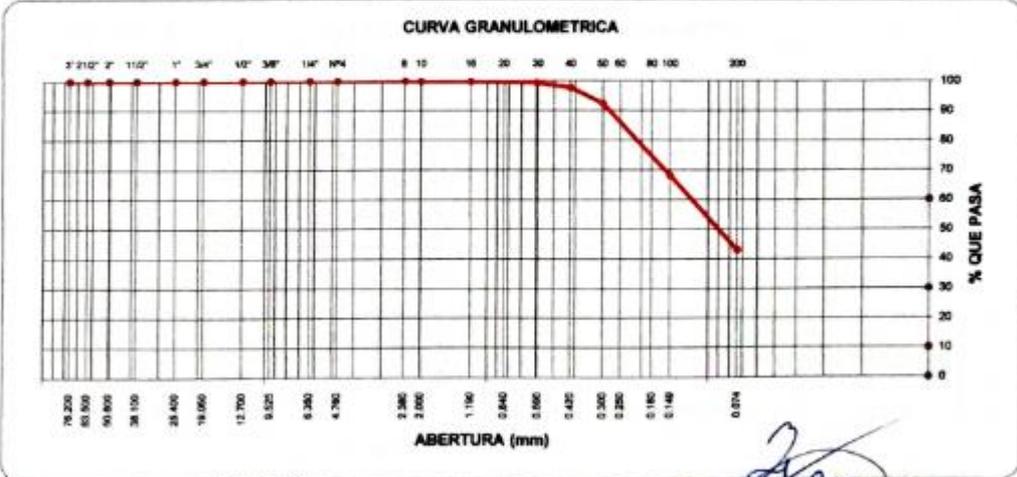
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	23	21	
R + Suelo Hum.	7.49	10.02	
R + Suelo Seco	6.39	8.41	
Peso Recip.	3.74	3.82	
Peso Agua	1.10	1.61	
Peso S. Seco	2.65	4.59	
% de Humedad	41.51	35.08	38.29

Malla	Tamiz mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	0.3	0.1	0.1	99.9	
10	2.000	0.4	0.1	0.2	99.8	
16	1.190	0.5	0.1	0.3	99.7	
30	0.600	1.0	0.3	0.6	99.4	
40	0.420	6.0	1.7	2.3	97.7	
50	0.300	18.6	5.3	7.6	92.4	
100	0.149	85.6	24.3	31.9	68.1	
200	0.074	88.5	25.1	57.0	43.0	
< 200		151.1	42.9	99.9		



Clasificación SUCS	SM	L.L.:	41.93	Máx. Dens. Seca :	1.733	% C.B.R. al 95% - 0.1"	11.1
Clasificación AASHTO	A-4(0)	L.P.:	3.64	Humedad Óptima	7.7	% C.B.R. al 100% - 0.1"	18.4



OBSERVACIONES : SUCS: Arena limosa con grava

Ing. Yessy Rocío Chalco  
CIP: 10547  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

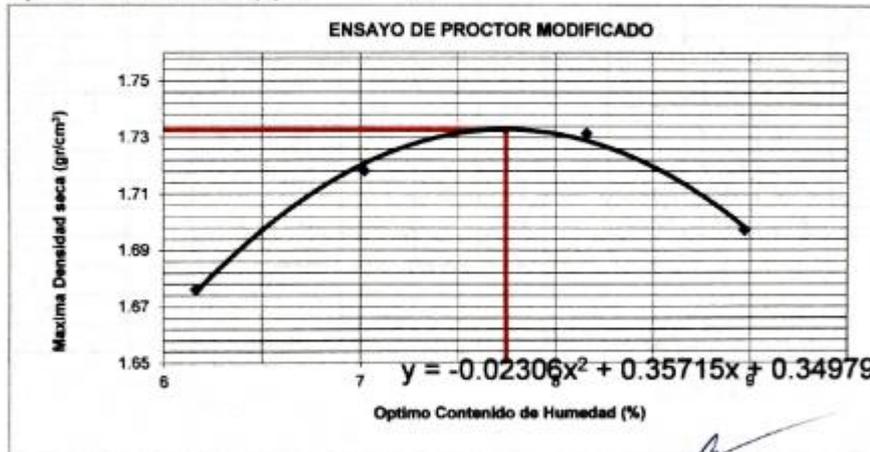
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 10%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°				
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5952.00	6008.00	6040.00	6018.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1678.00	1734.00	1766.00	1744.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.779	1.839	1.873	1.849

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	420.14	523.37	616.13	409.55
Tara + suelo seco (gr.)	395.75	489.04	569.65	375.84
Peso de agua (gr.)	24.39	34.33	46.48	33.71
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	395.75	489.04	569.65	375.84
Humedad (%)	6.2	7.0	8.16	9.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.676	1.718	1.731	1.697

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.733  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.7



*Ing. Yisser Loayza Chalco*  
 C.O. 18687  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE. AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 10%.

**Solicitante** : Soncco -Urnysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.733

Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.7

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12123	12024	10615
Peso molde (gr.)	8184	8180	7073
Peso suelo compactado (gr.)	3939	3844	3542
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2104	2110	2172
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	1.872	1.822	1.631

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	386.80	386.80	386.80
Tara+suelo seco (gr.)	357.82	357.82	357.82
Peso de agua (gr.)	28.98	28.98	28.98
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	357.82	357.82	357.82
Humedad (%)	8.1	8.1	8.1
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.732	1.685	1.509

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		9	2.8	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		19	5.4	12	3.6	6	2.0
0.075	1.91		32	8.8	21	5.9	14	4.1
0.100	2.54	70	53	14.2	35	9.6	17	4.9
0.150	3.81		87	23.1	51	13.7	25	7.0
0.200	5.08	105	109	28.8	62	16.6	35	9.6
0.250	6.35		138	36.2	75	19.9	45	12.2
0.300	7.62		181	47.3	97	25.6	55	14.8
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
19-10-22	0.000	0.000	0.000
20-10-22	0.000	0.000	0.000
21-10-22	0.000	0.000	0.000
22-10-22	0.000	0.000	0.000
23-10-22	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Ing. Yesser Loelja Chalco  
C.P. 1111  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCQA QUNSPHUIARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencqa, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 10%.

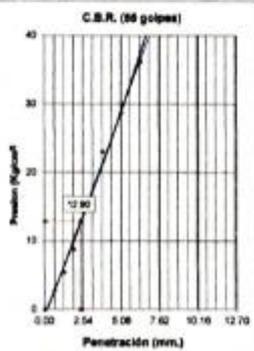
**Solicitante** : Soncco - Umaysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

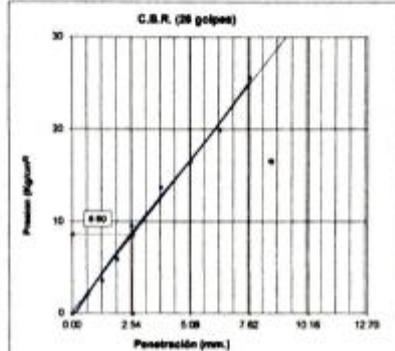
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.733

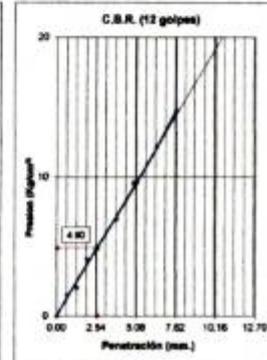
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.7



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 18.4  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 27.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.732

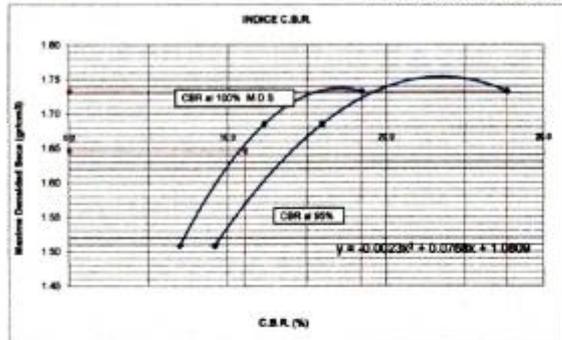


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 12.3  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 13.8  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.685



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 7.0  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 9.1  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.509

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7327  
95% DE M.D.S. : 1.646

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 18.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 11.1 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 27.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 14.3 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 11.1 % al 95% M.D.S.  
Subrasante regular.

*Ing. Fesser Loella Challo*  
CIP 151647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

<b>Datos de ensayo</b>			
Peso Total :	352.0	P.M.H. =	615.6
Peso de fracción :	352.0	P.M.S. =	489.65
Peso de muestra lavada:	200.9	% W =	25.72

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	24	20
Recipiente Nº	17	59	19
R + Suelo Hum.	43.96	47.28	43.06
R + Suelo Seco	38.36	40.31	37.25
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	5.60	6.97	5.81
Peso S. Seco	13.84	16.17	12.70
% de Humedad	40.46	43.10	45.75

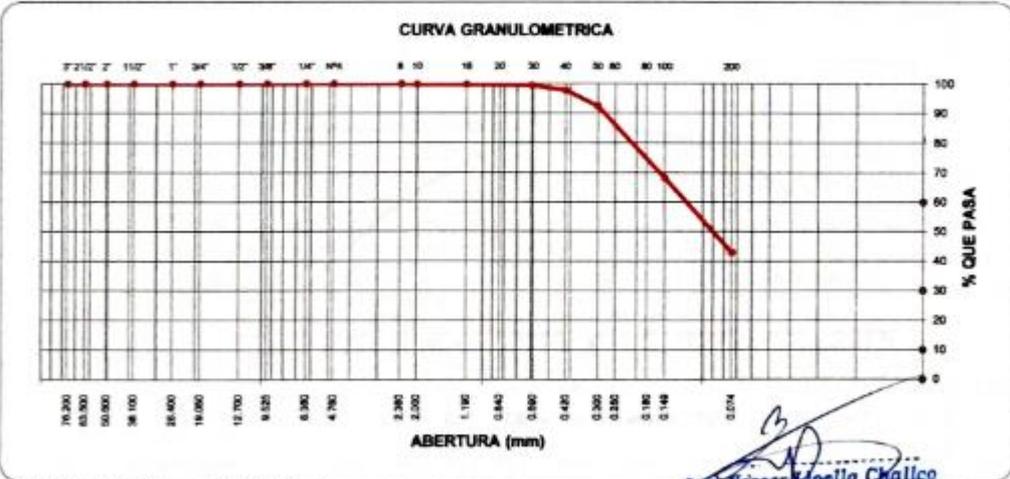
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	23	21
R + Suelo Hum.	9.33	10.50
R + Suelo Seco	7.67	8.74
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.66	1.76
Peso S. Seco	3.93	4.92
% de Humedad	42.24	35.77

Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	0.3	0.1	0.1	99.9	
10	2.000	0.4	0.1	0.2	99.8	
16	1.190	0.5	0.1	0.3	99.7	
30	0.600	1.0	0.3	0.6	99.4	
40	0.420	6.0	1.7	2.3	97.7	
50	0.300	18.6	5.3	7.6	92.4	
100	0.149	85.6	24.3	31.9	68.1	
200	0.074	88.5	25.1	57.0	43.0	
< 200		151.1	42.9	99.9		



Clasificación SUCS	SM	L.L. :	42.94	Máx. Dens. Seca :	1.805	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	15.5
Clasificación AASHTO	A-4(0)	L.P. :	3.94	Humedad Óptima	9.2	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	18.9



OBSERVACIONES : SUCS: Arena limosa con grava  
 Ing. Yesser Moella Chalico  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

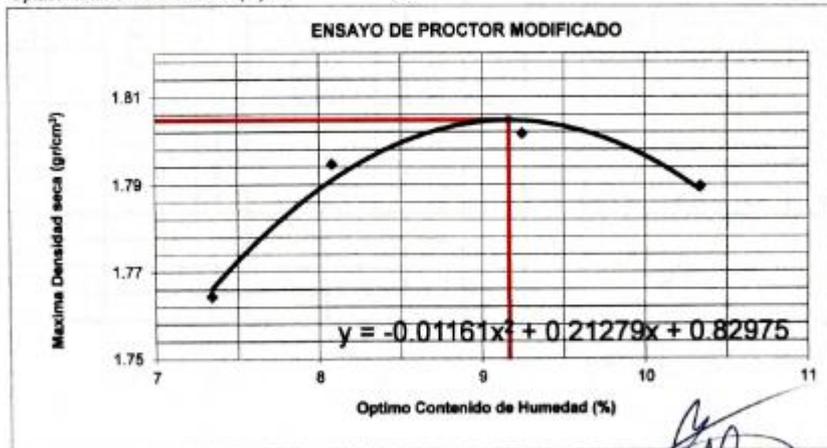
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov, Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 11%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6060.00	6103.00	6130.00	6136.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1786.00	1829.00	1856.00	1862.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.894	1.940	1.968	1.975

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	573.74	782.97	926.53	594.25
Tara + suelo seco (gr.)	534.50	724.45	848.12	538.58
Peso de agua (gr.)	39.24	58.52	78.41	55.67
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	534.50	724.45	848.12	538.58
Humedad (%)	7.3	8.1	9.25	10.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.764	1.795	1.802	1.790

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.805  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.2



*[Signature]*  
**Ing. Yesser Lioella Chalico**  
 CIP 61647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA – ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.805

Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.2

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12721.00	12144.00	10275.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4537.00	3964.00	3202.00
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	2.156	1.879	1.474

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	397.80	397.80	397.80
Tara+suelo seco (gr.)	363.66	363.66	363.66
Peso de agua (gr.)	34.14	34.14	34.14
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	363.66	363.66	363.66
Humedad (%)	9.4	9.4	9.4
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.971	1.717	1.348

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		9	2.8	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		24	6.7	17	4.9	8	2.6
0.075	1.91		48	12.9	29	8.0	18	5.2
0.100	2.54	70.31	74	19.7	48	12.9	25	7.0
0.150	3.81		130	34.2	60	16.1	37	10.1
0.200	5.08	105.5	162	42.4	76	20.2	45	12.2
0.250	6.35		210	54.8	93	24.6	58	15.5
0.300	7.62		259	67.4	116	30.6	64	17.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.000	0.000	0.000
07-01-23	0.000	0.000	0.000
08-01-23	0.000	0.000	0.000
09-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Ingeniero *Yocella Chalico*  
CIP. 151547  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTCE 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUESPIHARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 11%.

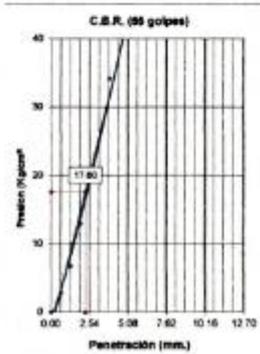
**Solicita** : Soncco - Unuysoscco

**Profundidad** : 1.50 m

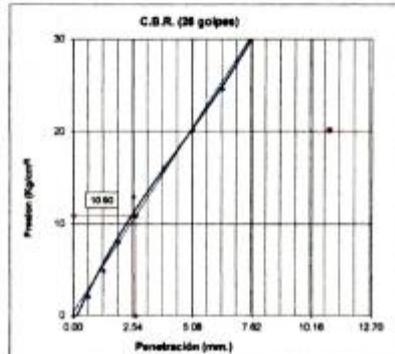
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.805

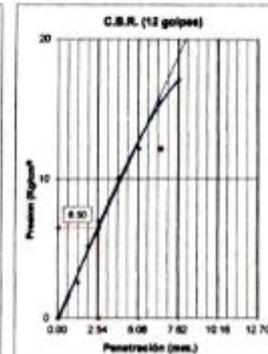
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.2



C.B.R. (0.1") 55 Golpes : 25.1  
C.B.R. (0.2") 55 Golpes : 40.4  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.911

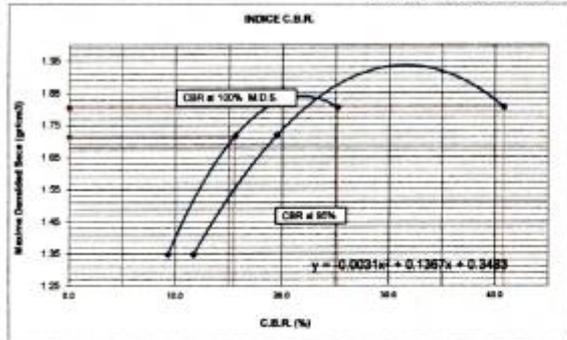


C.B.R. (0.1") 26 Golpes : 15.6  
C.B.R. (0.2") 26 Golpes : 19.2  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.717



C.B.R. (0.1") 12 Golpes : 9.3  
C.B.R. (0.2") 12 Golpes : 11.6  
Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.348

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.8048  
95% DE M.D.S. : 1.715

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 18.9 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 15.5 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 26.5 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 19.2 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R DISEÑO: 15.5 % al 95% M.D.S.  
Subrasante buena.

Ing. *[Signature]* Lidia Chalico  
CIP 181647  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 12%.

**Solicitante** : Sencco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 352.0 P.M.H. = 615.6  
 Peso de fracción : 352.0 P.M.S. = 489.65  
 Peso de muestra lavada: 200.9 % W = 25.72

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	24	20
Recipiente Nº	17	59	19
R + Suelo Hum.	43.81	45.15	44.82
R + Suelo Seco	38.14	38.76	38.48
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	5.67	6.39	6.34
Peso S. Seco	13.62	14.62	13.93
% de Humedad	41.63	43.71	45.51

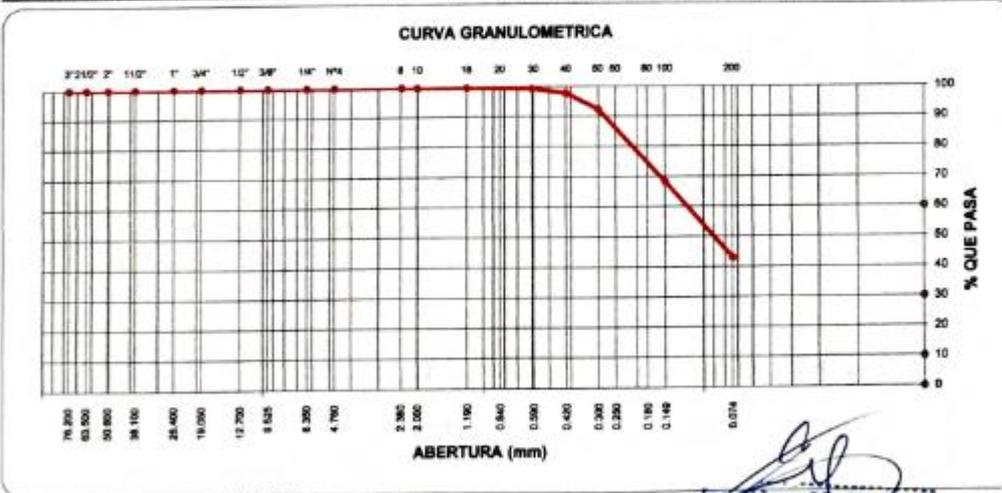
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	23	21
R + Suelo Hum.	8.58	11.73
R + Suelo Seco	7.21	9.50
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.37	2.23
Peso S. Seco	3.47	5.68
% de Humedad	39.48	39.26

Malla	Tamiz mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	0.3	0.1	0.1	99.9	
10	2.000	0.4	0.1	0.2	99.8	
16	1.190	0.5	0.1	0.3	99.7	
30	0.600	1.0	0.3	0.6	99.4	
40	0.420	6.0	1.7	2.3	97.7	
50	0.300	18.6	5.3	7.6	92.4	
100	0.149	85.6	24.3	31.9	68.1	
200	0.074	88.5	25.1	57.0	43.0	
< 200		151.1	42.9	99.9		



Clasificación SUCS	SM	L.L. : 43.47	Máx. Dens. Seca : 1.770	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	22.9
Clasificación AASHTO	A-4(0)	I.P. : 4.09	Humedad Óptima : 9.9	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	43.1



OBSERVACIONES : SUCS: Arena limosa con grava

*[Firma]*  
 Ing. Tesser Leticia Chalico  
 CIP 15.101  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPUIUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

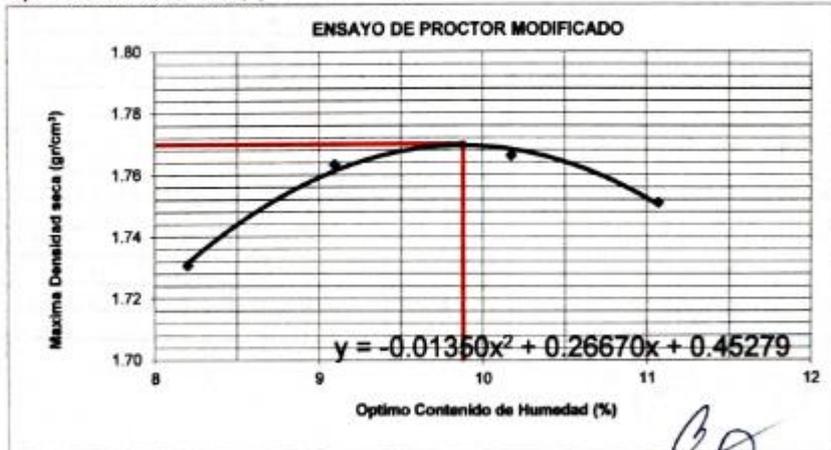
**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 12%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoccco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6040.00	6088.00	6109.00	6108.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1766.00	1814.00	1835.00	1834.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.873	1.924	1.946	1.945

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	562.04	739.47	839.13	557.05
Tara + suelo seco (gr.)	519.45	677.84	761.85	501.54
Peso de agua (gr.)	42.59	61.63	77.48	55.51
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	519.45	677.84	761.65	501.54
Humedad (%)	8.2	9.1	10.17	11.1
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.731	1.763	1.766	1.751

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.770  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.9



  
 Ing. Yasser L. Challo  
 CIP 45147  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 12%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoneco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.770

Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.9

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12237.00	12093.00	10705.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4053.00	3913.00	3632.00
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	1.926	1.855	1.672

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	398.80	398.80	398.80
Tara+suelo seco (gr.)	361.58	361.58	361.58
Peso de agua (gr.)	37.22	37.22	37.22
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	361.58	361.58	361.58
Humedad (%)	10.3	10.3	10.3
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.747	1.681	1.516

Aplicación de Carga								
Penetración (Pulg.)	Presión (mm.)	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
			Díal	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Díal	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Díal	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		19	5.4	9	2.8	6	2.0
0.050	1.27		40	10.9	26	7.2	18	5.2
0.075	1.91		87	23.1	48	12.9	30	8.3
0.100	2.54	70.31	127	33.4	68	18.1	40	10.9
0.150	3.81		205	53.5	86	22.8	61	16.3
0.200	5.08	105.46	239	62.3	103	27.2	75	19.9
0.250	6.35		281	73.1	128	33.7	89	23.6
0.300	7.62		347	90.0	157	41.2	97	25.6
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
05-01-23	0.000	0.000	0.000
06-01-23	0.000	0.000	0.000
07-01-23	0.000	0.000	0.000
08-01-23	0.000	0.000	0.000
09-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

*[Firma]*  
Ing. Yesser Cabello Chalico  
C. 181547  
JEFE DE LABORATORIO

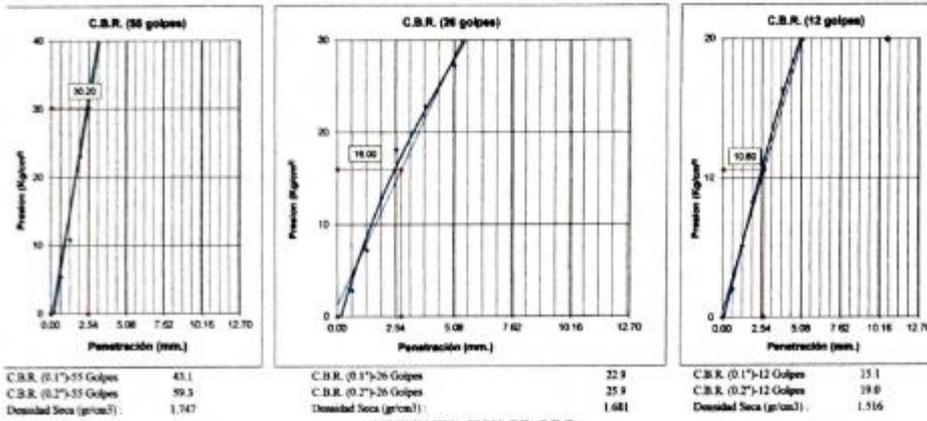


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

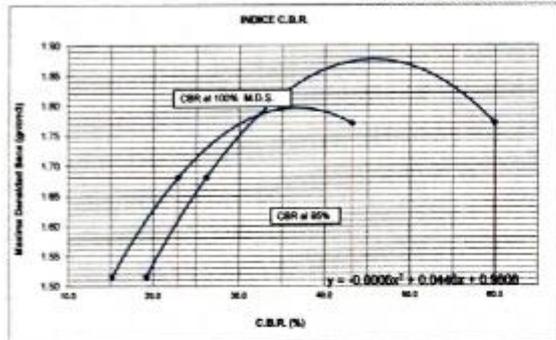
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUESPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POBOY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-15 + ceniza artesanal al 12%.  
**Solicita** : Soncco - Utuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.770  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.9



**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.77  
 95% DE M.D.S. : 1.681

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1° : 43.1 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1° : 22.9 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2° : 59.3 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2° : 25.9 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 22.9 % al 95% M.D.S.  
 Subrasante muy buena.

*Ing. Yesser Lucilla Challico*  
 CIP 16167  
 JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza industrial al 10%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 352.0 P.M.H. = 615.6  
Peso de fracción : 352.0 P.M.S. = 489.65  
Peso de muestra lavada: 200.9 % W = 25.72

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	24	20
Recipiente N°	17	59	19
R + Suelo Hum.	49.90	50.22	48.33
R + Suelo Seco	42.90	42.48	41.01
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	7.00	7.74	7.32
Peso S. Seco	18.38	18.34	16.46
% de Humedad	38.08	42.20	44.47

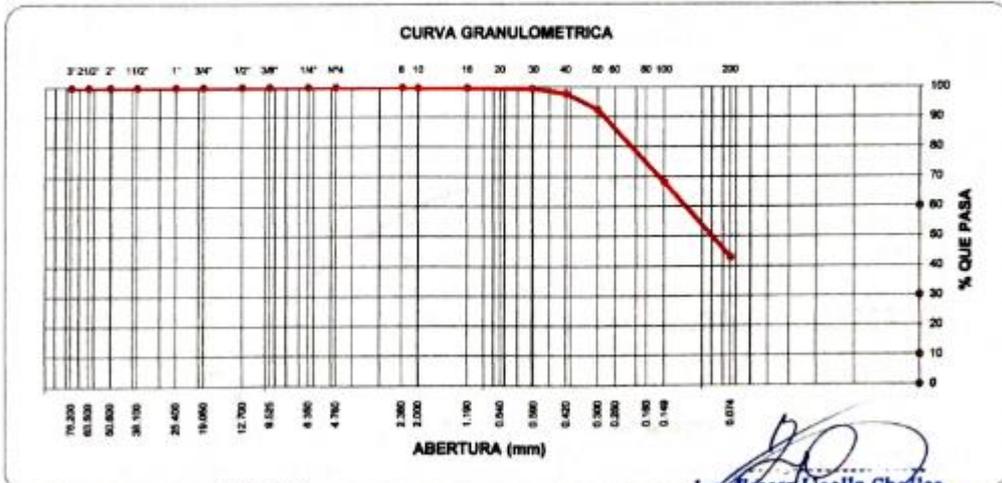
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	9.01	10.58
R + Suelo Seco	7.49	8.63
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.52	1.95
Peso S. Seco	3.75	4.81
% de Humedad	40.53	40.54

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200	0.00	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	0.3	0.1	99.9	
10	2.000	0.4	0.2	99.8	
16	1.190	0.5	0.1	99.7	
30	0.600	1.0	0.3	99.4	
40	0.420	6.0	1.7	97.7	
50	0.300	18.6	5.3	92.4	
100	0.149	85.6	24.3	68.1	
200	0.074	88.5	25.1	57.0	
< 200		151.1	42.9	99.9	



Clasificación SUCS	SM	L.L. : 41.42	Máx.Dens.Seca : 1.732	% C.B.R.al 95% - 0.1 "	8.0
Clasificación AASHTO	A-4(0)	IP: 0.88	Humedad Optima 7.9	% C.B.R.al 100% - 0.1 "	19.6



OBSERVACIONES : MUESTRA: Arena limosa con grava

Ing. César Lloclla Chatico  
C.I. 16161  
JF4-26 LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPUIUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza industrial al 10%.

**Solicita** : Sencco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

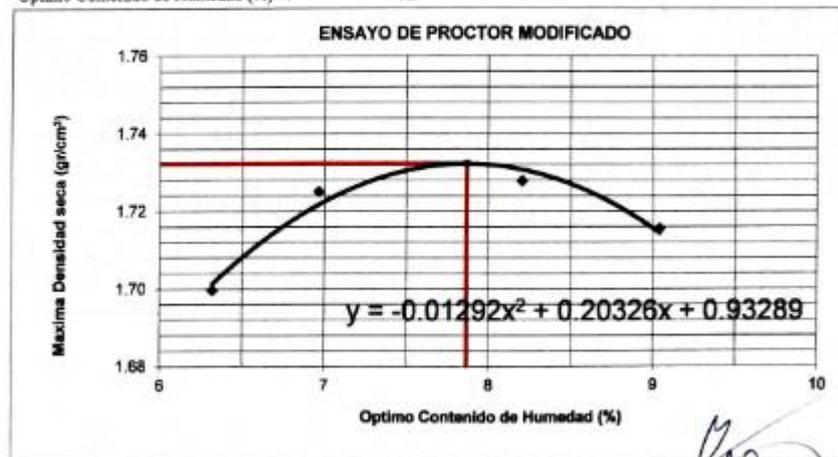
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5978.00	6014.00	6037.00	6038.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1704.00	1740.00	1763.00	1764.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.807	1.845	1.870	1.871

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	442.34	548.87	615.73	406.65
Tara + suelo seco (gr.)	416.05	513.14	569.05	372.94
Peso de agua (gr.)	26.29	35.73	46.68	33.71
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	416.05	513.14	569.05	372.94
Humedad (%)	6.3	7.0	8.20	9.0
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.700	1.725	1.728	1.716

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.732

Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.9



Ing. Yessir Poella Chaiwo  
151647  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Seneca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza industrial al 10%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.732  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.9

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12106.00	12053.00	10900.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	3922.00	3873.00	3827.00
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	1.864	1.836	1.762

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	273.20	273.20	273.20
Tara+suelo seco (gr.)	252.68	252.68	252.68
Peso de agua (gr.)	20.52	20.52	20.52
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	252.68	252.68	252.68
Humedad (%)	8.1	8.1	8.1
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.724	1.698	1.630

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		8	2.6	5	1.8	3	1.3
0.050	1.27		19	5.4	12	3.6	6	2.0
0.075	1.91		38	10.4	21	5.9	13	3.9
0.100	2.54	70.31	57	15.3	35	9.6	17	4.9
0.150	3.81		96	25.4	47	12.7	26	7.2
0.200	5.08	105.46	120	31.6	59	15.8	37	10.1
0.250	6.35		166	43.5	74	19.7	49	13.2
0.300	7.62		207	54.0	96	25.4	57	15.3
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.000	0.000	0.000
12-01-23	0.000	0.000	0.000
13-01-23	0.000	0.000	0.000
14-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

*Ing. Yasser Llobella Chalco*  
 CIP 161641  
 JEFE DE LABORATORIO

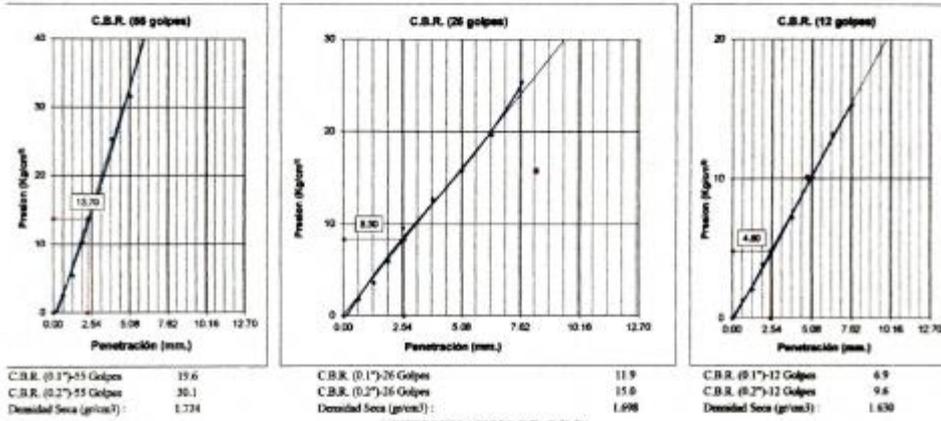


ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTCE 132

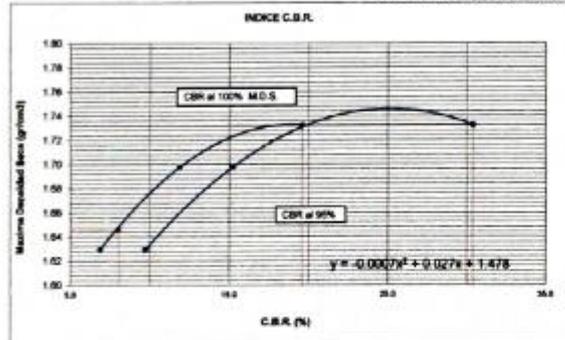
Proyecto : "EVALUACION COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

Ubicación : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.
Muestra : C-15 + ceniza industrial al 10%.
Solicita : Sencca -Ururaymoco
Profundidad : 1.50 m
Fecha : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.732
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.9



DETERMINACION DE C.B.R.



M.D.S. : 1.7323
95% DE M.D.S. : 1.646
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1\* : 19.6 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1\* : 8.0 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2\* : 30.1 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2\* : 10.9 %

OBSERVACIONES :

CBR DISEÑO: 8.0 % al 95% M.D.S.
Subrasante regular.

Ing. JESSY LOCELIA CHALCO
CIP. 181547
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza volante industrial al 11%.

**Solicita** : Soncco -Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total :	352.0	P.M.H. =	615.6
Peso de fracción :	352.0	P.M.S. =	489.65
Peso de muestra lavada:	200.9	% W =	25.72

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	24	20
Recipiente Nº	17	59	19
R + Suelo Hum.	49.53	49.09	52.83
R + Suelo Seco	42.23	41.68	44.25
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	7.30	7.41	8.58
Peso S. Seco	17.71	17.54	19.70
% de Humedad	41.22	42.25	43.55

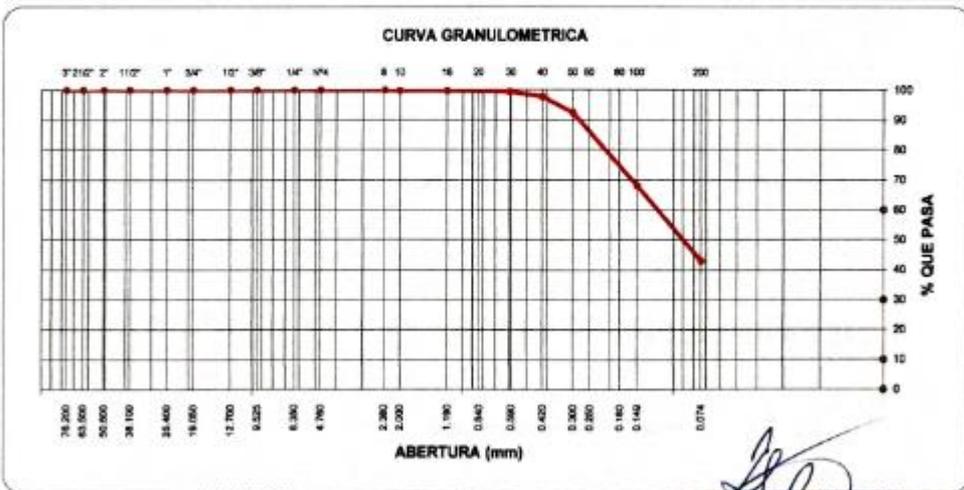
Malla Tamiz mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	0.3	0.1	99.9	
10	2.000	0.4	0.1	99.8	
16	1.190	0.5	0.1	99.7	
30	0.600	1.0	0.3	99.4	
40	0.420	6.0	1.7	97.7	
50	0.300	18.6	5.3	92.4	
100	0.149	85.6	24.3	68.1	
200	0.074	88.5	25.1	57.0	
< 200	151.1	42.9	99.9		

**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	23	21
R + Suelo Hum.	8.86	11.03
R + Suelo Seco	7.39	8.96
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	1.47	2.07
Peso S. Seco	3.65	5.14
% de Humedad	40.27	40.27



Clasificación SUCS	SM	L.L.:	42.21	Máx. Dens. Seca :	1.780	% C.B.R. al 95% - 0.1 "	12.2
Clasificación AASHTO	A-4(0)	I.P.:	1.93	Humedad Óptima	9.8	% C.B.R. al 100% - 0.1 "	27.1



OBSERVACIONES : SUCCO, Arroyo, Estación 1200, 08/10/22  
 Ing. Yessica Gioella Chailca  
 C.P. 451647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

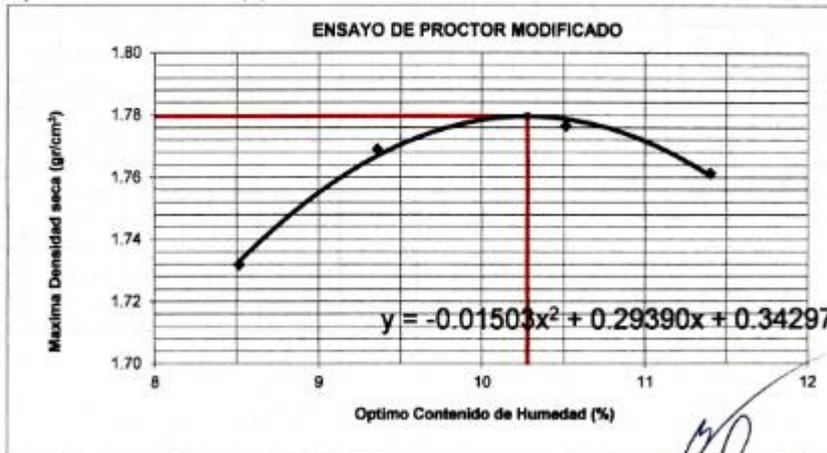
**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPÍHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencça, Distrito Cusco, Prov. Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-15 + ceniza volante industrial al 11%.  
**Solicita** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** : 1.50 m  
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6038.00	6090.00	6117.00	6116.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1764.00	1816.00	1843.00	1842.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.871	1.926	1.954	1.953

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	439.34	544.77	611.73	434.55
Tara + suelo seco (gr.)	406.75	500.44	556.05	391.84
Peso de agua (gr.)	32.59	44.33	55.68	42.71
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	406.75	500.44	556.05	391.84
Humedad (%)	8.0	8.9	10.01	10.9
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.732	1.769	1.777	1.761

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.780  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.8



Ing. César Dacilla Chalico  
 CIP 161641  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCÇA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza volante industrial al 11%.

**Solicita** : Soncco -Umuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.780

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.8

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12297.00	12208.00	11016.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4113.00	4028.00	3943.00
Volumen del molde ( $cm^3$ )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda ( $gr/cm^3$ )	1.955	1.909	1.815

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	257.00	257.00	257.00
Tara+suelo seco (gr.)	233.68	233.68	233.68
Peso de agua (gr.)	23.32	23.32	23.32
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	233.68	233.68	233.68
Humedad (%)	10.0	10.0	10.0
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	1.777	1.736	1.651

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón ( $Kg/cm^2$ )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )	Dial	Presión ( $Kg/cm^2$ )
0.025	0.64		10	3.1	6	2.0	4	1.5
0.050	1.27		27	7.5	17	4.9	9	2.8
0.075	1.91		51	13.7	31	8.5	19	5.4
0.100	2.54	70.31	77	20.5	46	12.4	24	6.7
0.150	3.81		140	36.8	60	16.1	34	9.3
0.200	5.08	105.46	178	46.6	77	20.5	47	12.7
0.250	6.35		221	57.6	101	26.7	59	15.8
0.300	7.62		281	73.1	132	34.7	68	18.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.000	0.000	0.000
12-01-23	0.000	0.000	0.000
13-01-23	0.000	0.000	0.000
14-01-23	0.000	0.000	0.000
<b>% EXP.</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Ing. *[Firma]*  
Luzmila Challo  
C.P. 151847  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-BASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LABRILLERA DE SAN JERÓNIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPILUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza volante industrial al 11%.

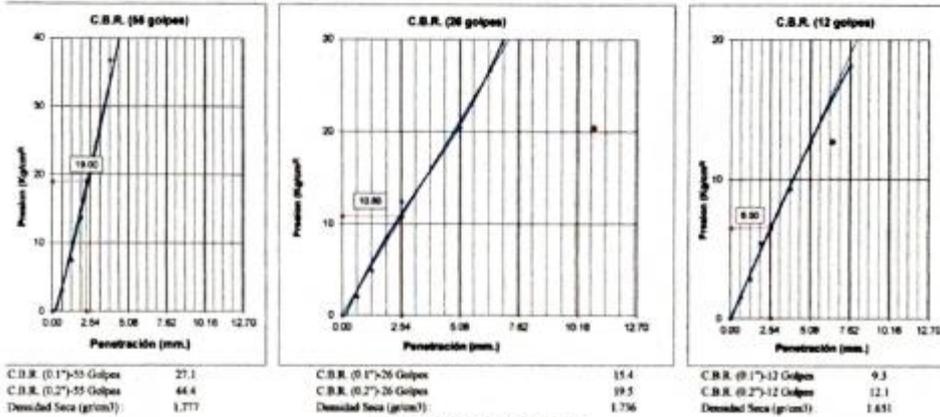
**Solicitante** : Soncco - Untrysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

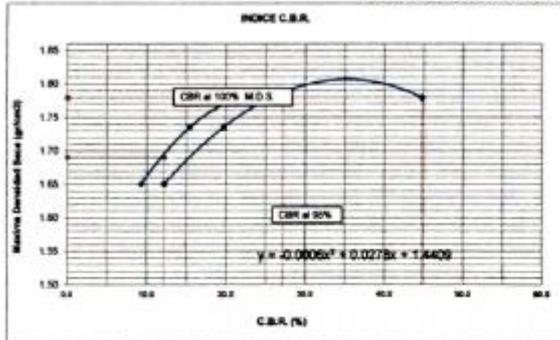
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) : 1.780

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.8



**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7797  
95% DE M.D.S. : 1.691

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 27.1 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 12.2 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 44.4 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 15.6 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 12.2 % al 95% M.D.S.  
Subrasante buena.

*[Signature]*  
Ing. Yasser Lucrelia Challo  
161847  
JEFE DE LABORATORIO



### Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza industrial al 12%.

**Solicitante** : Soncco - Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

**Granulometría (MTC E 107)**

**Humedad Natural**

**Datos de ensayo**

Peso Total	:	352.0	P.M.H. =	615.6
Peso de fracción	:	352.0	P.M.S. =	489.65
Peso de muestra lavada:		200.9	% W =	25.72

**Límite Líquido MTC E 110**

Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	30	24	20
Recipiente N°	17	59	19
R + Suelo Hum.	50.52	49.30	51.93
R + Suelo Seco	42.90	41.64	43.37
Peso Recip.	24.52	24.14	24.55
Peso Agua	7.62	7.66	8.56
Peso S. Seco	18.38	17.50	18.82
% de Humedad	41.46	43.77	45.48

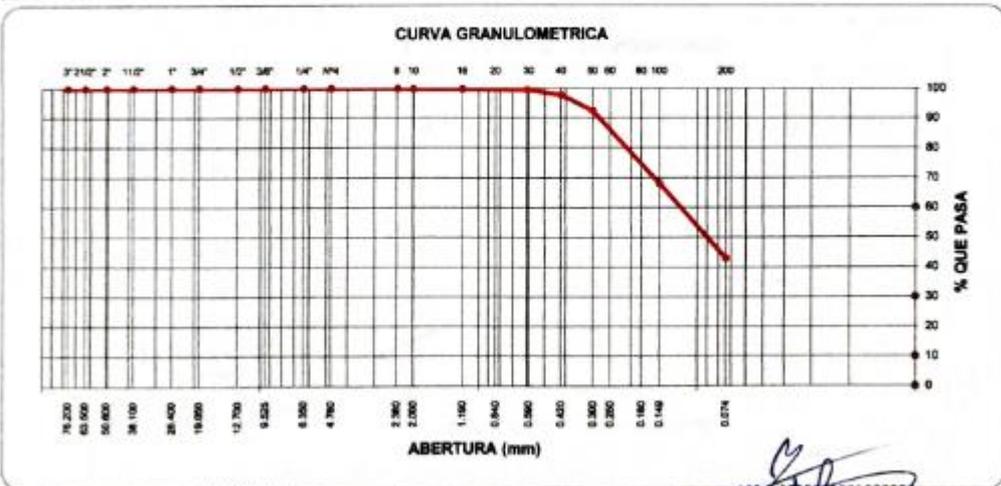
**Límite Plástico MTC E 111**

Ensayo	1	2
Recipiente N°	23	21
R + Suelo Hum.	10.73	12.02
R + Suelo Seco	8.71	9.65
Peso Recip.	3.74	3.82
Peso Agua	2.02	2.37
Peso S. Seco	4.97	5.83
% de Humedad	40.64	40.65

Malla	Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
No4	4.760	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
8	2.360	0.3	0.1	0.1	99.9		
10	2.000	0.4	0.1	0.2	99.8		
16	1.190	0.5	0.1	0.3	99.7		
30	0.600	1.0	0.3	0.6	99.4		
40	0.420	6.0	1.7	2.3	97.7		
50	0.300	18.6	5.3	7.6	92.4		
100	0.149	85.6	24.3	31.9	68.1		
200	0.074	88.5	25.1	57.0	43.0		
< 200		151.1	42.9	99.9			



Clasificación SUCS	SM	L.L. :	43.42	Máx. Dens. Seca :	1.749	% C.B.R. al 95 % - 0.1 "	19.9
Clasificación AASHTO	A-4(0)	I.P. :	2.77	Humedad Óptima	10.7	% C.B.R. al 100 % - 0.1 "	42.2



OBSERVACIONES : SUCS: Arena limosa con grava

*Ing. Vasser J. Challo*  
CUE. 16104  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ( MTC E 115 )**

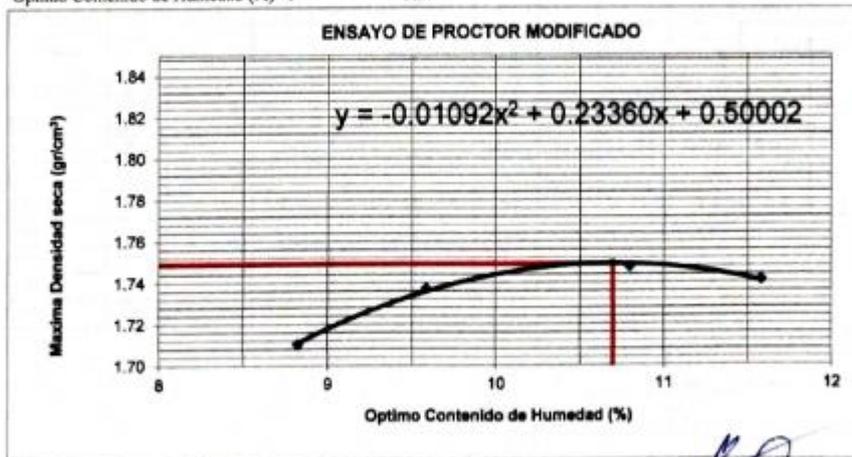
**Proyecto** :1º EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPITUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** :Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov, Cusco – Dpto. Cusco.  
**Muestra** : C-15 + ceniza industrial al 12%.  
**Solicitante** : Soncco -Unuysoncco  
**Profundidad** :1.50 m  
**Fecha** :Cusco, octubre del 2022

Compactación	Método A			
	1	2	3	4
Prueba N°				
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	8029.00	8089.00	8100.00	8106.00
Peso molde (gr.)	4274.00	4274.00	4274.00	4274.00
Peso suelo compactado (gr.)	1755.00	1795.00	1826.00	1832.00
Volumen del molde (cm³)	943.00	943.00	943.00	943.00
Densidad húmeda (gr/cm³)	1.861	1.903	1.936	1.943

Humedad (%)				
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	405.74	534.27	624.83	399.95
Tara + suelo seco (gr.)	372.85	487.54	563.95	358.44
Peso de agua (gr.)	32.89	46.73	60.88	41.51
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	372.85	487.54	563.95	358.44
Humedad (%)	8.8	9.6	10.80	11.6
Densidad Seca (gr/cm³)	1.710	1.737	1.748	1.741

Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm³) : 1.749  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.7



*Ing. Yesser Soelja Challoco*  
 CIP: 34647  
 JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUISPIHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza industrial al 12%.

**Solicita** : Soncco -Umuysocco

**Profundidad** : 1.50 m

**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.749

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.7

Compactación			
Molde N°	4	5	6
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	55	26	12
Peso suelo + molde (gr.)	12258.00	12146.00	10780.00
Peso molde (gr.)	8184.00	8180.00	7073.00
Peso suelo compactado (gr.)	4074.00	3966.00	3707.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.00	2110.00	2172.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.936	1.880	1.707

Humedad (%)			
Tara N°			
Tara+suelo húmedo (gr.)	279.20	279.20	279.20
Tara+suelo seco (gr.)	252.28	252.28	252.28
Peso de agua (gr.)	26.92	26.92	26.92
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	252.28	252.28	252.28
Humedad (%)	10.7	10.7	10.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.750	1.698	1.542

Aplicación de Carga								
Penetración		Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Molde 4		Molde 5		Molde 6	
(Pulg.)	(mm.)		Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64		24	6.7	12	3.6	7	2.3
0.050	1.27		46	12.4	25	7.0	16	4.6
0.075	1.91		78	20.7	45	12.2	28	7.8
0.100	2.54	70.31	120	31.6	62	16.6	31	8.5
0.150	3.81		194	50.7	82	21.8	47	12.7
0.200	5.08	105.46	224	58.4	107	28.2	64	17.1
0.250	6.35		272	70.8	131	34.4	77	20.5
0.300	7.62		336	87.2	176	46.1	91	24.1
0.350	8.89							
0.400	10.16							
0.450	11.43							
0.500	12.70							

Expansión:			
Fecha	Expansión (Pulg.)		
	4	5	6
10-01-23	0.000	0.000	0.000
11-01-23	0.000	0.000	0.000
12-01-23	0.000	0.000	0.000
13-01-23	0.000	0.000	0.000
14-01-23	0.000	0.000	0.000
% EXP.	0.0	0.0	0.0

Ing. Yesser Llocija Chalcó  
JEFE DE LABORATORIO



**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MICE 132**

**Proyecto** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA LA ESTABILIDAD DE LA SUB-RASANTE, AÑADIENDO CENIZA VOLANTE DE HORNO INDUSTRIAL Y HORNO ARTESANAL, PROVENIENTES DE LA ZONA LADRILLERA DE SAN JERONIMO-CUSCO, EN LA CARRETERA SENCCA QUBPHUARA - ALLPACHACA, DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021"

**Ubicación** : Comunidad de Sencca, Distrito Cusco, Prov. Cusco - Dpto. Cusco.

**Muestra** : C-15 + ceniza industrial al 12%.

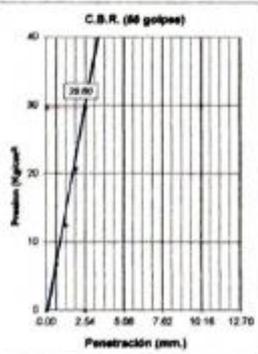
**Solicita** : Soncco - Unuysoncco

**Profundidad** : 1.50 m

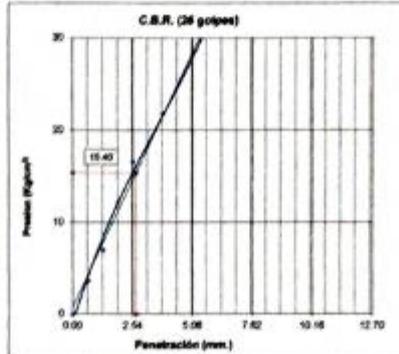
**Fecha** : Cusco, octubre del 2022

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.749

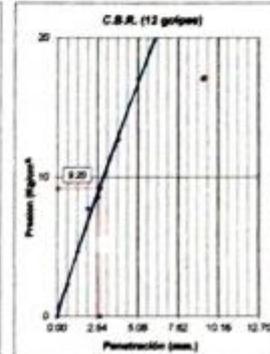
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10,7



C.B.R. (0.1")-55 Golpes : 42.3  
C.B.R. (0.2")-55 Golpes : 55.6  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.750

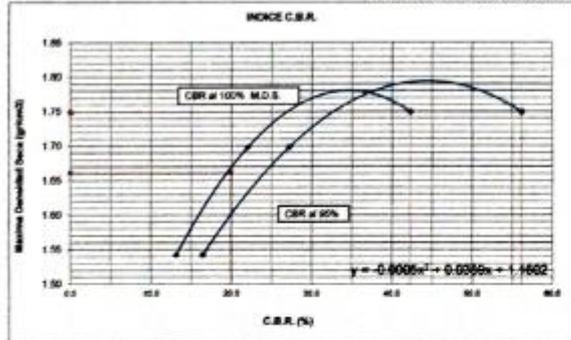


C.B.R. (0.1")-26 Golpes : 27.9  
C.B.R. (0.2")-26 Golpes : 36.9  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.698



C.B.R. (0.1")-12 Golpes : 13.1  
C.B.R. (0.2")-12 Golpes : 16.3  
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 1.542

**DETERMINACION DE C.B.R.**



M.D.S. : 1.7493

95% DE M.D.S. : 1.662

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 42.2 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 19.9 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 55.5 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 24.4 %

**OBSERVACIONES :**

C.B.R. DISEÑO: 19.9 % al 95% M.D.S.

Subrasante buena.

*Ing. Gesser Eliocelia Chalico*  
CIP 181647  
JEFE DE LABORATORIO



Certificados de calibración

**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 129 - 2022**

*Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>220353</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LLOCLLA CHALLCO YESSER ESTEBAN</b>	
<b>3. Dirección</b>	Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO	
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA CBR</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Capacidad</b>	50 kN	
<b>Marca</b>	A&A INSTRUMENTS	
<b>Modelo</b>	STCBR-1	
<b>Número de Serie</b>	101201 (*)	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Procedencia</b>	CHINA	METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.	
<b>5. Indicador</b>	ANALÓGICO	
<b>Marca</b>	BAKER	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Número de Serie</b>	SI0111	
<b>División de Escala / Resolución</b>	0,0001 pulg.	
<b>6. Fecha de Calibración</b>	2022-07-13	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-07-15



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 129 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1:2018 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza."

**8. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.  
Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO

**9. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	14,0 °C	14,0 °C
Humedad Relativa	62 % HR	62 % HR

**10. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-1 95857 / 2020-1 6727	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,3 %	LEDI-PUCP INF-LE 037-22A

**11. Observaciones**

- (\*) Serie de identificación indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 129 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Fuerza*

Página 3 de 3

**12. Resultados de Medición**

El equipo presenta ANILLO DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : NO INDICA

Marca : NO INDICA

Clase : 1

Nº de Serie : 067

%	Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			Error de Exactitud q ( % )	Incertidumbre U (k=2) ( % )
	Divisiones	F <sub>i</sub> ( kgf )	F <sub>1</sub> ( kgf )	F <sub>2</sub> ( kgf )	F <sub>3</sub> ( kgf )		
10	90	453	450,8	450,9	451,4	0,4	0,4
20	180	902	905,3	905,5	903,7	-0,3	0,4
30	270	1349	1353,4	1353,8	1350,3	-0,2	0,4
40	360	1794	1795,3	1796,4	1791,4	0,0	0,4
50	450	2237	2240,5	2241,1	2235,5	-0,1	0,4
60	540	2677	2675,2	2676,7	2669,8	0,1	0,4
70	630	3115	3112,1	3113,0	3105,0	0,1	0,4
80	720	3550	3553,8	3554,9	3544,9	0,0	0,4
90	810	3983	3987,8	3988,5	3977,3	0,0	0,4
100	900	4414	4418,9	4419,8	4406,6	0,0	0,4

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:

Y = Fuerza (kgf)

X = Valores del Dial

$$Y = -0,0001433 x^2 + 5,032 x + 1,217$$

**13. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Tel: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 158 - 2022**

*Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	220353	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>2. Solicitante</b>	<b>LLOCLLA CHALLCO YESSER ESTEBAN</b>	
<b>3. Dirección</b>	Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO	
<b>4. Instrumento de Medición</b>	<b>COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)</b>	
<b>Alcance de indicación</b>	0 pulg. a 1,00 pulg.	
<b>División de Escala / Resolución</b>	0,001 pulg.	
<b>Marca</b>	KEX	
<b>Modelo</b>	NO INDICA	
<b>Número de Serie</b>	0733961 (*)	
<b>Procedencia</b>	NO INDICA	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Tipo de indicación</b>	ANALÓGICO	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	: 2022-07-12	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-07-15



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LL - 158 - 2022**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.  
Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Avp Pichu - La Rinconada - CUSCO

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	14,0 °C	14,0 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-C-007-2021
COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (\*) Serie grabado en el instrumento.

**Metrologia & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 158 - 2022**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

**11. Resultados de medición**

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )

VALOR PATRÓN		INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg)	ERROR DE INDICACIÓN (mils)
(mm)	(pulg)		
2,5	0,0984	0,0991	0,7
4,5	0,1772	0,1774	0,2
7,0	0,2756	0,2759	0,3
9,5	0,3740	0,3738	-0,2
12,0	0,4724	0,4720	-0,4
14,5	0,5709	0,5708	-0,1
17,5	0,6890	0,6887	-0,3
20,0	0,7874	0,7868	-0,6
22,5	0,8858	0,8854	-0,4
25,0	0,9843	0,9830	-1,3

Alcance del error de indicación ( $f_e$ ) : 1,93 mils.

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0,59$  mils para ( $k=2$ )

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )

VALOR PATRÓN		INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (mils)
(mm)	(pulg)		
14,5	0,5709	0,5708	-0,1
		0,5708	-0,1
		0,5708	-0,1
		0,5708	-0,1
		0,5708	-0,1

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0,00 mils

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0,59$  mils para ( $k=2$ )

**Nota 1.-** 1 mils es equivalente a 25,4  $\mu\text{m}$ .

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 159 - 2022**

*Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	220353	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LLOCLLA CHALLCO YESSER ESTEBAN</b>	
<b>3. Dirección</b>	Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO	
<b>4. Instrumento de Medición</b>	<b>COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)</b>	
<b>Alcance de indicación</b>	0 mm a 10 mm	
<b>División de Escala / Resolución</b>	0,01 mm	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Marca</b>	NO INDICA	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Modelo</b>	YBD-10	
<b>Número de Serie</b>	141104 (*)	
<b>Procedencia</b>	CHINA	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Tipo de indicación</b>	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2022-07-13	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-07-15



**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LL - 159 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del DM - INACAL. Tercera Edición, 2019.

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.  
Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	14,0 °C	14,0 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-C-007-2021
COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES: LLA-125-2020		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (\*) Serie grabado en el instrumento.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 159 - 2022**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

**11. Resultados de Medición**

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )

VALOR PATRÓN ( mm )	INDICACIÓN DEL COMPARADOR ( mm )	ERROR DE INDICACIÓN ( $\mu\text{m}$ )
2,5	2,83	330
4,5	5,05	550
7,0	7,84	840
9,5	10,62	1120

Alcance del error de indicación ( $f_e$ ) : 790  $\mu\text{m}$   
Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 2 \mu\text{m}$  para (k=2)

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )

VALOR PATRÓN ( mm )	INDICACIÓN DEL COMPARADOR ( mm )	ERROR DE INDICACIÓN ( $\mu\text{m}$ )
7,0	7,84	840
	7,84	840
	7,84	840
	7,84	840
	7,84	840

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0  $\mu\text{m}$   
Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 2 \mu\text{m}$  para (k=2)

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 160 - 2022**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>220220</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LLOCLLA CHALLCO YESSER ESTEBAN</b>	
<b>3. Dirección</b>	Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO	
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>CAZUELA CASAGRANDE</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Marca</b>	<b>TAMIEQUIPOS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>TCP-005</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>COLOMBIA</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>850</b>	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Código de Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Tipo de contador</b>	<b>ANALÓGICO</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2022-07-12</b>	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

<b>Fecha de Emisión</b>	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>	<b>Sello</b>
<b>2022-07-13</b>		

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 160 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por comparación indirecta, utilizando patrones trazables a DM-INACAL, midiendo la resiliencia de la base, según las especificaciones de la norma internacional Astm D4318\_17e1 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

**7. Lugar de Calibración**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.  
Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO

**8. Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	14,3 °C	14,3 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla Metálica INACAL-DM LLA-442-2021	REGLA METALICA de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0288-2022
Magnificador Óptico INACAL-DM LLA-005-2021		
BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-C-007-2021
COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES: LLA-125-2020		
Anillo Patrón INACAL DM / LLA-027-2022	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 11 µm	FA-0619-2022
Cilindro Patrón INACAL DM / LLA-035-2022		
Bloques Patrón (grado 0) LLA-258-2021		
Bloques Patrón (grado 0) LLA-C-032-2021		

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 160 - 2022**

*Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud*

Página 3 de 3

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

**11. Resultados**

DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA

Espesor (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
51,8	150,3	125,2

DIMENSIONES DE LA COPA

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)
53,2	2,0

HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO		
Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
10,0	2,1	13,1

Incertidumbre máxima de medición: 56 µm

**Nota** - La altura de caída de la copa se ajustó a una altura de 10 mm de la base, con su propio ranurador.

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 245 - 2022**

*Área de Metrología  
Laboratorio de Masa*

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>220353</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LLOCLLA CHALLCO YESSER ESTEBAN</b>	
<b>3. Dirección</b>	Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>300 g</b>	
<b>División de escala (d)</b>	<b>0,01 g</b>	
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>0,1 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>TA302</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>7131530156 (*)</b>	
<b>Capacidad mínima</b>	<b>0,2 g</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2022-07-12</b>	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-07-15



**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Tel: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Masa*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LM - 245 - 2022**

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

**7. Lugar de calibración**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.**

Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	14,3	14,3
Humedad Relativa (%)	62	62

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL LM-075-2020	Pesa (exactitud E2)	LM-C-120-2022

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (\*) Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Tel: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 245 - 2022**

Página 3 de 4

**11. Resultados de Medición**

**INSPECCIÓN VISUAL**

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	NO TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

	Inicial	Final
Temperatura	14,3 °C	14,3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 150,000 g			Carga L2 = 300,000 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	149,99	5	-10	299,99	4	-9
2	149,99	5	-10	299,99	4	-9
3	149,99	4	-9	299,98	3	-18
4	149,99	4	-9	299,98	3	-18
5	149,99	5	-10	299,98	4	-19
6	149,99	4	-9	299,98	3	-18
7	149,98	3	-18	299,98	4	-19
8	149,99	5	-10	299,98	3	-18
9	149,99	5	-10	299,98	3	-18
10	149,98	3	-18	299,97	5	-30
	Diferencia Máxima 9			Diferencia Máxima 12		
	Error Máximo Permissible ± 200			Error Máximo Permissible ± 300		

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**



Posición de  
las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	14,3 °C	14,3 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (L)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		0,10	5	0		99,98	4	-19	-19
2		0,10	6	-1		99,98	3	-18	-17
3	0,100 g	0,09	4	-9	100,000 g	99,97	2	-27	-18
4		0,10	5	0		99,98	3	-18	-18
5		0,10	5	0		99,97	4	-29	-29
						Error máximo permisible			± 200

\* Valor entre 0 y 10e

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Tel: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 245 - 2022**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 4 de 4

**ENSAYO DE PESAJE**

Temperatura	Inicial	Final
	14,3 °C	14,3 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± e.m.p (mg)**
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,100	0,10	5	0						
0,200	0,20	5	0	0	0,18	4	-19	-19	100
1,000	1,00	6	-1	-1	0,98	3	-18	-18	100
5,000	5,00	5	0	0	4,98	4	-19	-19	100
10,000	9,99	4	-9	-9	9,98	4	-19	-19	100
20,000	19,99	5	-10	-10	19,98	3	-18	-18	100
50,000	49,99	4	-9	-9	49,98	3	-18	-18	100
100,000	99,98	4	-19	-19	99,97	4	-29	-29	200
150,000	149,98	4	-19	-19	149,97	3	-28	-28	200
200,000	199,98	4	-19	-19	199,97	3	-28	-28	200
250,000	249,98	4	-19	-19	249,98	4	-19	-19	300
300,000	299,98	3	-18	-18	299,98	3	-18	-18	300

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

**LECTURA CORREGIDA**

$$: R_{CORREGIDA} = R + 9,68 \times 10^{-3} \times R$$

**INCERTIDUMBRE**

$$: U = 2 \times \sqrt{6,51 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 1,13 \times 10^{-3} \times R^2}$$

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 133 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 6

<b>1. Expediente</b>	<b>220353</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>LLOCLLA CHALLCO YESSER ESTEBAN</b>
<b>3. Dirección</b>	Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO
<b>4. Equipo</b>	<b>HORNO</b>
<b>Alcance Máximo</b>	De 0 °C a 300 °C
<b>Marca</b>	A&A INSTRUMENTS
<b>Modelo</b>	STHX-1A
<b>Número de Serie</b>	13129 (*)
<b>Procedencia</b>	CHINA
<b>Identificación</b>	NO INDICA
<b>Ubicación</b>	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.</b>

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR	TERMOMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**5. Fecha de Calibración 2022-07-12**

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-07-16



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 133 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Temperatura*

Página 2 de 6

**6. Método de Calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

**7. Lugar de calibración**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO.**

Cal. Alfonso Ugarte Nro. V-7 A.H. Apv Pichu - La Rinconada - CUSCO

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	14,0 °C	14,0 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 minutos.

El controlador se seteo en 110 °C

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 091 - 2021	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	LT-0090-2022
Dirección de Metrología INACAL LT - 108 - 2021		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (\*) Serie inscrito con tinta indeleble sobre el equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 133 - 2022**

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

**11. Resultados de Medición**

**PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C**

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T <sub>prom</sub> (°C)	máx-T <sub>m</sub>
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	109,0	109,3	110,0	105,4	109,1	109,7	114,0	112,6	110,6	112,2	110,3	8,6
02	110,0	109,1	109,6	110,7	105,6	109,2	109,8	114,1	112,1	110,3	112,3	110,3	8,5
04	110,0	108,9	109,5	110,7	105,8	109,1	109,8	114,3	112,3	110,5	112,2	110,3	8,5
06	110,0	109,2	109,8	110,8	105,9	109,1	110,1	114,5	112,2	110,6	112,4	110,5	8,6
08	110,0	109,3	108,5	110,9	105,6	109,1	109,8	114,2	112,2	110,5	112,2	110,2	8,6
10	110,0	109,4	109,9	110,9	105,8	109,2	109,8	114,5	112,4	110,6	112,4	110,5	8,7
12	110,0	109,3	109,7	110,8	105,9	109,1	109,9	114,5	112,5	110,4	112,2	110,4	8,6
14	110,0	109,0	109,8	110,8	105,9	109,1	109,8	114,7	112,3	110,5	112,3	110,4	8,8
16	110,0	109,2	109,8	110,5	105,4	109,1	109,7	114,1	112,3	110,4	112,4	110,3	8,7
18	110,0	109,2	109,7	110,4	106,0	109,1	109,8	114,4	112,3	110,5	112,3	110,4	8,4
20	110,0	109,3	109,3	110,8	106,0	109,2	109,9	114,4	112,4	110,4	112,2	110,4	8,4
22	110,0	109,3	109,7	110,9	105,8	109,3	109,8	114,3	112,6	110,7	112,3	110,5	8,5
24	110,0	108,8	109,9	110,9	106,2	109,2	109,9	114,5	112,3	110,5	112,2	110,4	8,3
26	110,0	109,3	109,7	110,8	106,0	109,3	110,0	114,4	112,4	110,6	112,2	110,5	8,4
28	110,0	109,1	109,7	110,6	105,6	109,3	109,8	114,3	112,3	110,5	112,4	110,4	8,7
30	110,0	109,1	109,9	110,9	106,3	109,2	109,7	114,1	112,2	110,4	112,4	110,4	7,8
32	110,0	109,1	109,7	110,8	106,0	109,1	109,5	114,1	112,3	110,4	112,4	110,3	8,1
34	110,0	108,8	109,9	110,9	105,8	109,3	110,0	114,3	112,6	110,6	112,3	110,5	8,5
36	110,0	109,2	110,0	110,7	105,5	109,2	109,8	114,4	112,2	110,5	112,1	110,4	8,9
38	110,0	109,2	109,8	110,8	105,3	109,3	110,1	114,3	112,6	110,7	112,4	110,5	9,0
40	110,0	109,4	110,0	111,0	106,0	109,3	110,1	114,7	112,4	110,8	112,3	110,6	8,7
42	110,0	109,4	109,7	110,8	105,7	109,4	109,9	114,5	112,2	110,5	112,3	110,4	8,8
44	110,0	109,3	109,8	110,9	106,0	109,2	109,9	114,5	112,3	110,5	112,3	110,5	8,5
46	110,0	109,5	109,8	110,9	105,9	109,1	109,8	114,3	112,6	110,5	112,2	110,5	8,4
48	110,0	109,2	109,7	110,5	106,1	109,2	109,8	114,0	112,4	110,4	112,1	110,3	7,9
50	110,0	109,2	109,7	110,6	105,8	109,3	110,0	114,3	112,4	110,5	112,6	110,4	8,5
52	110,0	109,4	109,9	111,0	105,8	109,4	110,2	114,6	112,5	110,8	112,5	110,6	8,8
54	110,0	109,1	109,8	110,8	105,6	109,3	110,0	114,4	112,5	110,7	112,5	110,5	8,8
56	110,0	109,4	109,9	110,8	105,9	109,2	109,8	114,5	112,4	110,6	112,2	110,5	8,6
58	110,0	109,4	109,9	110,9	106,5	109,4	110,0	114,4	112,4	110,5	112,3	110,6	7,9
60	110,0	109,2	109,8	110,8	105,6	109,1	109,8	114,4	112,2	110,4	112,2	110,4	8,8
<b>T.PROM</b>	110,0	109,2	109,8	110,8	105,8	109,2	109,9	114,4	112,4	110,5	112,3	110,4	
<b>T.MAX</b>	110,0	109,5	110,0	111,0	106,5	109,4	110,2	114,7	112,6	110,8	112,6		
<b>T.MIN</b>	110,0	108,8	108,5	110,4	105,3	109,1	109,5	114,0	112,1	110,3	112,1		
<b>DTT</b>	0,0	0,7	1,5	0,6	1,2	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5		

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 133 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Temperatura*

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR ( °C )	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA ( °C )
Máxima Temperatura Medida	114,7	0,3
Mínima Temperatura Medida	105,3	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,5	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	8,5	0,1
Estabilidad Medida ( ± )	0,8	0,04
Uniformidad Medida	9,0	0,1

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.  
T.MAX : Temperatura máxima.  
T.MIN : Temperatura mínima.  
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

**Metrologia & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

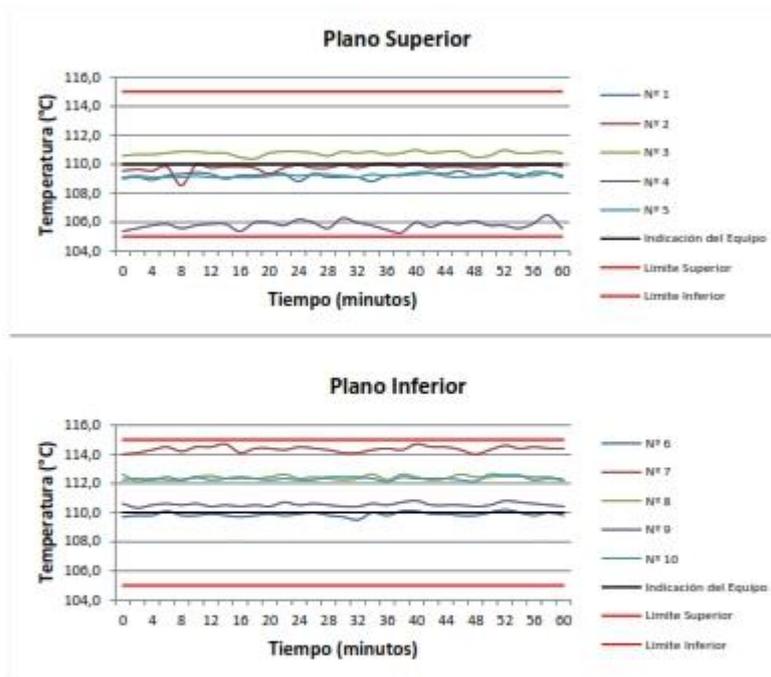
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 133 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Temperatura*

Página 5 de 6

**DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO  
TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C ± 5 °C**



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

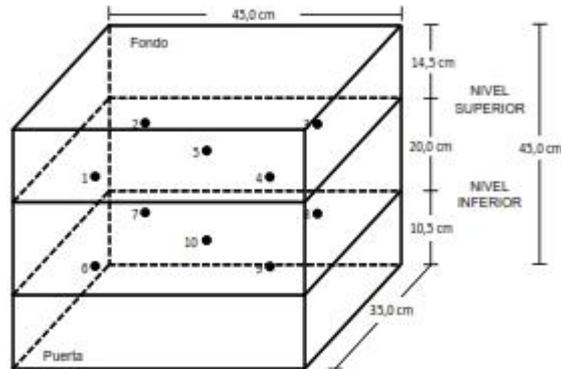
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 133 - 2022**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Temperatura*

Página 6 de 6

**DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES**



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 8 cm de las paredes laterales y a 6 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com