

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**EVALUACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO
ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
EN UNA SUBRASANTE DISTRITO DE HUACRAPUQUIO**

PRESENTADO POR:

Bach. REMUZGO TACSA KARINA NORKA

Línea de Investigación Institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos

Líneas de Investigación por programa de estudios:

Gestión de Tecnologías en Procesos Constructivos

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**EVALUACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO
ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
EN UNA SUBRASANTE DISTRITO DE HUACRAPUQUIO**

PRESENTADO POR:

Bach. REMUZGO TACSA KARINA NORKA

Línea de Investigación Institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos

Líneas de Investigación por programa de estudios:

Gestión de Tecnologías en Procesos Constructivos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2022

Asesor: Ing. Mallaupoma Reyes, Christian

DEDICATORIA

A mi madre Norma Tacsá.

A mi padre Abundino Remuzgo.

A mi hermano Davis.

A mi hermana Shirley.

Bach. Karina N. Remuzgo Tacsá.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a las personas que me brindaron apoyo para la culminación de mi tesis.

Bach. Karina N. Remuzgo Tacsá.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Mg. Lourdes Graciela Poma Bernaola.
Jurado

Mg. Jeannelle Sofia Herrera Montes
Jurado

Mg. Yina Milagro Ninahuanca Zavala
Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretaria Docente

INDICE

Asesor: Ing. CRISTIAN MALLAUPOMA REYES	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	xxi
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.1. Planteamiento del problema	23
1.2. Formulación del problema.....	24
1.2.1. Problema general.....	24
1.2.2. Problemas específicos.....	24
1.3. Justificación	25
1.3.1. Social.....	25
1.3.2. Teórica.....	25
1.3.3. Metodológica.....	25
1.4. Delimitación	25
1.4.1. Delimitación espacial.....	25
1.4.2. Temporal.....	26
1.4.3. Económico	26
1.5. Limitaciones.....	27
1.6. Objetivos	27
1.6.1. Objetivo General.....	27
1.6.2. Objetivos Específicos.....	27
CAPITULO II: MARCO TEORICO	28
2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales).....	28

2.2. Marco conceptual.....	34
2.2.1. Compactación	34
2.2.2. Estabilización	35
2.2.3. Propiedades de los suelos	39
2.2.4. Ensayos requeridos para la investigación.....	40
2.2.4.1. Análisis Granulométrico.....	40
2.2.4.2. Índice de plasticidad	41
2.2.4.3. Limite liquido	41
2.2.4.4. Limite plástico.....	41
2.2.4.5. Proctor modificado	42
2.2.4.6. California Bearing Ratio (C.B.R.).....	43
2.2.5. Material requerido para la investigación.....	43
2.2.5.1. Paja de Trigo	43
2.2.5.2. Ceniza de paja de trigo.....	43
2.2.6. Clasificación de puzolanas.....	44
2.2.6.1. Puzolanas Naturales	44
2.2.6.2. Puzolanas Artificiales	44
2.2.7. Propiedades de la puzolana.....	45
2.3. Definición de términos.....	47
2.4. Hipótesis	48
2.4.1. Hipótesis general	48
2.4.2. Hipótesis específicas.....	48
2.5. Variables.....	48
2.5.1. Definición Conceptual de las variables.....	48
2.5.2. Definición operacional de las variables	48

2.5.3. Operacionalización de variables	50
CAPITULO III: METODOLOGÍA	51
3.1. Método de investigación	51
3.2. Tipo de Investigación	51
3.3. Nivel de Investigación	51
3.4. Diseño de la Investigación	51
3.5. Población y Muestra	53
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.7. Procesamiento de la información.....	53
3.8. Técnicas y Análisis de Datos	53
3.8.1. Obtención de la puzolana de ceniza de paja de trigo	53
3.8.2. Obtención del suelo a trabajar	56
3.8.3. Elaboración de ensayos realizados en el laboratorio de suelos.....	56
3.8.3.1. Análisis granulométrico	56
3.8.3.2. Elaboración del límite líquido.....	59
3.8.3.3. Elaboración del límite plástico	66
3.8.3.4. Elaboración del Próctor Modificado	70
3.8.3.5. Elaboración del CBR (California Bearing Ratio)	82
3.8.4. Método Pearson para el análisis de la respuesta	104
CAPITULO IV: RESULTADOS	107
4.1. Resultados.....	107
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	114
5.1. Discusión de resultados	114
CONCLUSIONES	116
RECOMENDACIONES	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118

ANEXO.....	120
MATRIZ DE CONSISTENCIA	120
PANEL FOTOGRÁFICO	123

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 :Clasificación de las puzolanas según ASTM C618-3.....	46
Tabla 2 :Clasificación química según la norma ASTM C618-3.....	46
Tabla 3 :Categoría de la subrasante.....	47
Tabla 4 :Operacionalización de las variables.....	50
Tabla 5 :Propiedades físicas de la puzolana	55
Tabla 6 :Propiedades químicas de la puzolana	55
Tabla 7 :Producción anual de la puzolana	55
Tabla 8 :Resultados de los ensayos granulométricos.....	58
Tabla 9 :Valores para graficar la curva granulométrica	58
Tabla 10 :Cálculo del límite líquido sin alteración	61
Tabla 11 :Valores para su gráfica del límite líquido sin alteración	62
Tabla 12 :Calculo del límite líquido de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	62
Tabla 13 :Valores para su grafica del límite líquido de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	63
Tabla 14 :Calculo del límite líquido de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	64
Tabla 15 :Valores para su grafica del límite líquido de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	64
Tabla 16 :Calculo del límite líquido de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	65
Tabla 17 :Valores para su grafica del límite líquido de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	65
Tabla 18 :Cálculo del límite plástico de la muestra sin alteración.....	68
Tabla 19 :Cálculo del límite plástico de la muestra más 10% de puzolana	68
Tabla 20 :Cálculo del límite plástico de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	69
Tabla 21 :Cálculo del límite plástico de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	69

Tabla 22 :Valores obtenidos del próctor modificado sin alteración	73
Tabla 23 :Datos que se obtendrán del próctor modificado sin alteración	74
Tabla 24 :Cálculo obtenido del próctor modificado sin alteración	74
Tabla 25 :Valores para su gráfica del próctor modificado sin alteración	74
Tabla 26 :Valores obtenidos del próctor modificado de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	75
Tabla 27 :Datos que se obtendrán del próctor modificado de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	76
Tabla 28 :Cálculo obtenido del próctor modificado + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	76
Tabla 29 :Valores para su gráfica del próctor modificado + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	77
Tabla 30 :Valores obtenidos del próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	78
Tabla 31 :Datos que se obtendrá el próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	78
Tabla 32 :Cálculo obtenido del próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	78
Tabla 33 :Valores para su grafica del próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	79
Tabla 34 :Valores obtenidos del próctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	80
Tabla 35 :Datos que se obtendrán del próctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	80
Tabla 36 :Calculo obtenido del próctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	81
Tabla 37 :Valores para su grafica del Proctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	81
Tabla 38 :Medidas del instrumento CBR	84
Tabla 39 :Datos del 1er paso – CBR- de la muestra sin alteración	85
Tabla 40 :Resultados del 1er paso - CBR muestra sin alteración.....	86

Tabla 41 :Datos del 2do paso - CBR muestra sin alteración	87
Tabla 42 :Resultados del 2do paso - CBR muestra sin alteración.....	87
Tabla 43 :Datos del 3er paso - CBR muestra sin alteración	87
Tabla 44 :Resultados del 3er paso - CBR de la muestra sin alteración.....	88
Tabla 45 :Datos I para calcular el CBR de la muestra sin alteración	89
Tabla 46 :Datos II para calcular el CBR de la muestra sin alteración	89
Tabla 47 :Resultados del CBR de la muestra sin alteración	90
Tabla 48 :Datos del 1er paso CBR de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	90
Tabla 49 :Resultados del 1er paso CBR de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	91
Tabla 50 :Datos del 2do paso CBR de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	92
Tabla 51 :Resultados del 2do paso CBR de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	92
Tabla 52 :Datos del 3er paso CBR de la muestra +10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	92
Tabla 53 :Resultado del 3er paso CBR de la muestra + 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	93
Tabla 54 :Dato I para calcular CBR de la muestra + 10% de puzolana de cenizas de paja de trigo.....	94
Tabla 55 :Datos II para calculo CBR de la muestra +10% de puzolana de cenizas de paja de trigo.....	94
Tabla 56 :Resultado del CBR de la muestra +10% de puzolana de ceniza de paja de trigo	95
Tabla 57 :Datos obtenidos 1er paso CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	95
Tabla 58 :Resultados del 1er paso CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	95
Tabla 59 :Datos del 2do paso CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	96

Tabla 60 :Resultados del 2do paso CBR de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	96
Tabla 61 :Datos del 3er paso CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	97
Tabla 62 :Resultados del 3er paso CBR de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	97
Tabla 63 :Datos I para calcular CBR de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	98
Tabla 64 :Datos II para calculo CBR de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	98
Tabla 65 :Resultado del CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	99
Tabla 66 :Datos del 1er paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	99
Tabla 67 :Resultado del 1er paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo	100
Tabla 68 :Datos de 2do paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	101
Tabla 69 :Resultados del 2do paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo	101
Tabla 70 :Datos del 3er paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	101
Tabla 71 :Resultados del 3er paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	102
Tabla 72 :Datos I para calcular CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	103
Tabla 73 :Datos II para calcular CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	103
Tabla 74 :Resultados del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	104
Tabla 75 :Contrastación de las variables de las hipótesis mediante Pearson	104

Tabla 76 :Valores de magnitudes para "r"	105
Tabla 77 :Resultados del CBR de la muestra sin alteración	107
Tabla 78 :Resultado del CBR de la muestra +10% de puzolana de ceniza de paja de trigo	108
Tabla 79 :Resultado del CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	108
Tabla 80 :Resultados del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	108
Tabla 81 :Resultados del CBR en sus diferentes porcentajes de puzolana de paja de trigo	108
Tabla 82 :Resultados de la máxima densidad seca en sus diferentes porcentajes de ceniza de paja de trigo	110
Tabla 83 :Resultados del índice de plasticidad en sus diferentes porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 :Delimitación espacial.....	26
Figura 2 :Diferencias de suelos compactados.....	35
Figura 3 :Estabilización con cal.....	37
Figura 4 :Estabilización con cemento.....	37
Figura 5 :Puzolana natural.....	44
Figura 6 :Diagrama de flujo de la puzolana de ceniza de paja de trigo.....	54
Figura 7 :Puzolana de ceniza de paja de trigo.....	54
Figura 8 :Curva granulométrica.....	59
Figura 9 :Elaboración del límite líquido.....	60
Figura 10 :Representación gráfica del límite líquido sin alteración.....	62
Figura 11 :Representación gráfica del límite líquido de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	63
Figura 12 :Representación gráfica del límite líquido de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	64
Figura 13 :Representación gráfica del límite líquido de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	65
Figura 14 :Elaboración del límite plástico.....	67
Figura 15 :Elaboración del próctor modificado.....	72
Figura 16 :Gráfica del próctor modificado sin alteración.....	75
Figura 17 :Gráfico del próctor modificado + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	77
Figura 18 :Gráfica del próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	79
Figura 19 :Gráfica del próctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	81
Figura 20 :Grafica esfuerzo y deformación CBR sin alteración.....	89
Figura 21 :Curva CBR muestra sin alteración.....	90
Figura 22 :Grafica esfuerzo y deformación CBR muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	93

Figura 23 :Curva CBR muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo...	94
Figura 24 :Grafica esfuerzo y deformación de la muestra + 20% de ceniza de paja de trigo	98
Figura 25 :Curva de CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	99
Figura 26 :Grafica esfuerzo y deformación de la muestra + 30% de puzolana de paja de trigo.....	102
Figura 27 :Curva CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.	103
Figura 28 :Rango del "r"	104
Figura 29 :Regresión lineal - Pearson	106
Figura 30 :Resultados del CBR en sus diferentes porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo.....	109
Figura 31 :Resultados de la máxima densidad seca en sus diferentes porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo	111
Figura 32 :Resultados del índice de plasticidad en sus diferentes porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo	113

NOMENCLATURA

MTC	Ministerio de transporte y comunicaciones
ASTM	American society for testing and materials
NTP	Norma técnica peruana
CBR	Californian bearing ratio
MDS	Máxima densidad seca
KN	Kilonewton
m	Metros
m³	Metros cúbicos
Cm³	Centímetros cúbicos
mm	Milímetro
Kg	Kilogramos
Km	Kilómetros
gr	Gramos
Ln	Logaritmo natural
°C	Grados celsius
%	Porcentaje
Ft	Pie
Lb	Libra
Ft³	Pie cúbicos

RESUMEN

La presente investigación debe dar respuesta al siguiente problema general ¿Cuál será la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio?, el objetivo general es, determinar la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio y la hipótesis que debe contrastar es: la evaluación del suelo arenoso arcillo mejorará al adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio.

La investigación es de método científico, tipo aplicada, el nivel es explicativo y el diseño experimental. La población es el material extraído de dos calicatas del Jr. Cementerio entre el kilómetro 1+100 al 1+620 – Huacrapuquio y la muestra es no probabilística, por consiguiente, aleatoria conformado por 100kg de suelo de la calicata uno.

Como conclusión, para la muestra sin alteración se obtuvo un CBR al 95% de 7.92% y al añadir el óptimo de 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo se obtuvo un CBR al 95% de 20.50%.

Palabras claves: subrasante, puzolana, ceniza, paja de trigo.

ABSTRACT

The present investigation must answer the following general problem: What will be the evaluation of the sandy clay soil by adding pozzolana of wheat straw ash in a Huacrapuquio district subgrade? The general objective is to determine the evaluation of the sandy clay soil by adding pozzolana of wheat straw ash in a Huacrapuquio district subgrade and the hypothesis to be tested is: the evaluation of the sandy clay soil will improve by adding wheat straw ash pozzolana in a Huacrapuquio district subgrade.

The research is of scientific method, applied type, the level is explanatory and the experimental design. The population is the material extracted from two pits of the Jr. Cemetery between kilometer 1+100 to 1+620 - Huacrapuquio and the sample is not probabilistic, therefore, random, made up of 100kg of soil from pit one..

In conclusion, for the sample without alteration, a 95% CBR of 7.92% was obtained and when adding the optimal 20% wheat straw ash pozzolan, a 95% CBR of 20.50% was obtained.

Keywords: subgrade, pozzolana, ash, wheat straw.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación consiste en la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en proporciones de 0%, 10%, 20% y 30% para una subrasante en el distrito de Huacrapuquio, los ensayos necesarios se realizaron en el laboratorio de suelos el cual nos permitirá experimentar y comprobar con otras investigaciones.

La estructura de la investigación consta con 5 capítulos los cuales son desarrollados de la siguiente manera.

Capítulo I – Problema de investigación: Se indica el planteamiento de problema, justificación, delimitaciones y se precisan los objetivos que busca la investigación.

Capítulo II – Marco teórico: Se afirma el apoyo del marco teórico de la investigación comenzando desde los antecedentes, definición de términos, también se precisan las hipótesis, se define conceptos y la operacionalización de las variables.

Capítulo III – Metodología: se utilizará un método de investigación científico, un tipo de investigación aplicada, un nivel de investigación explicativo, y un diseño experimental, además describiremos la muestra y la población, así como también la técnica de recolección de datos, el cual utilizamos la observación ya que nos permite analizar lo que se está haciendo desde la recolección de datos del campo hasta los ensayos realizados en el laboratorio para luego ser procesados en las plantillas de cálculos dando veracidad.

Capítulo IV – Resultados: Se describe los resultados en función a los objetivos planteados.

Capítulo V – Discusiones de resultados: Se describe en funciones a las hipótesis planteadas las cuales serán aceptadas o negadas así también se analiza según los antecedentes, marco teórico y referencias bibliográficas.

Para finalizar la investigación se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Mundialmente existe el problema de vías al construir en suelos que presentan una mínima capacidad de carga, los investigadores de la rama de ingeniería civil plantearon diversas formas de solucionar mediante la innovación de aditivos que permitan mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

En el Perú, se realizan construcciones viales en diversas partes y el punto primordial es el tipo de suelo, estos son clasificados como buenos y malos, denominado así por la capacidad de resistencia de carga, para estabilizar el suelo se necesita realizar un mejoramiento según las características del terreno, el tipo de construcción y el uso que se le dé.

En sus diversas partes de la nación, la demanda poblacional está creciendo y la falta de caminos impide las oportunidades a las comunidades afectando su desarrollo social y económico. Los caminos rurales son los más afectados estos caminos en su mayoría presentan suelos malos los cuales necesitan ser estabilizados con productos económicos y rentables, uno de ellos son los alrededores del distrito de Huacrapuquio donde encontramos calles deterioradas por la falta de mantenimiento a causa de la erosión del viento de lluvias y otros factores meteorológicos y esta a su vez ocasionan

deformaciones en la capa superficial del suelo ocasionando posibles daños a los vehículos, accidentes y la salud de las personas en el vehículos por la acción de movimiento, es por ello que planteamos una posible solución el cual consiste en aprovechar el residuo de la parte agricultura como el tallo de la paja y agregar un valor potencial al convertir en una puzolana de ceniza de paja de trigo para luego adicionar al suelo para uso de un estabilizador es por ello que, realizamos esta investigación para saber que tan lucrativo será nuestra investigación a nivel de laboratorio.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál será la capacidad de soporte del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante?
- b) ¿Cuál será su máxima densidad seca del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante?
- c) ¿Cuál será el índice de plasticidad del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante?

1.3. Justificación

1.3.1. Social

El estudio realizado promueve conocer e innovar productos que ayuden a estabilizar la subrasante, se considera que la puzolana de cenizas de paja de trigo trabaja como suplente del cemento por lo que evaluaremos la influencia que tendrá este material al incorporar en la subrasante.

1.3.2. Teórica

No corresponde ya que no ampliare un modelo teórico, esta justificación se da a partir de una investigación pura, según Borjas M. (2012) en la investigación Metodología de la investigación científica para ingenieros.

1.3.3. Metodológica

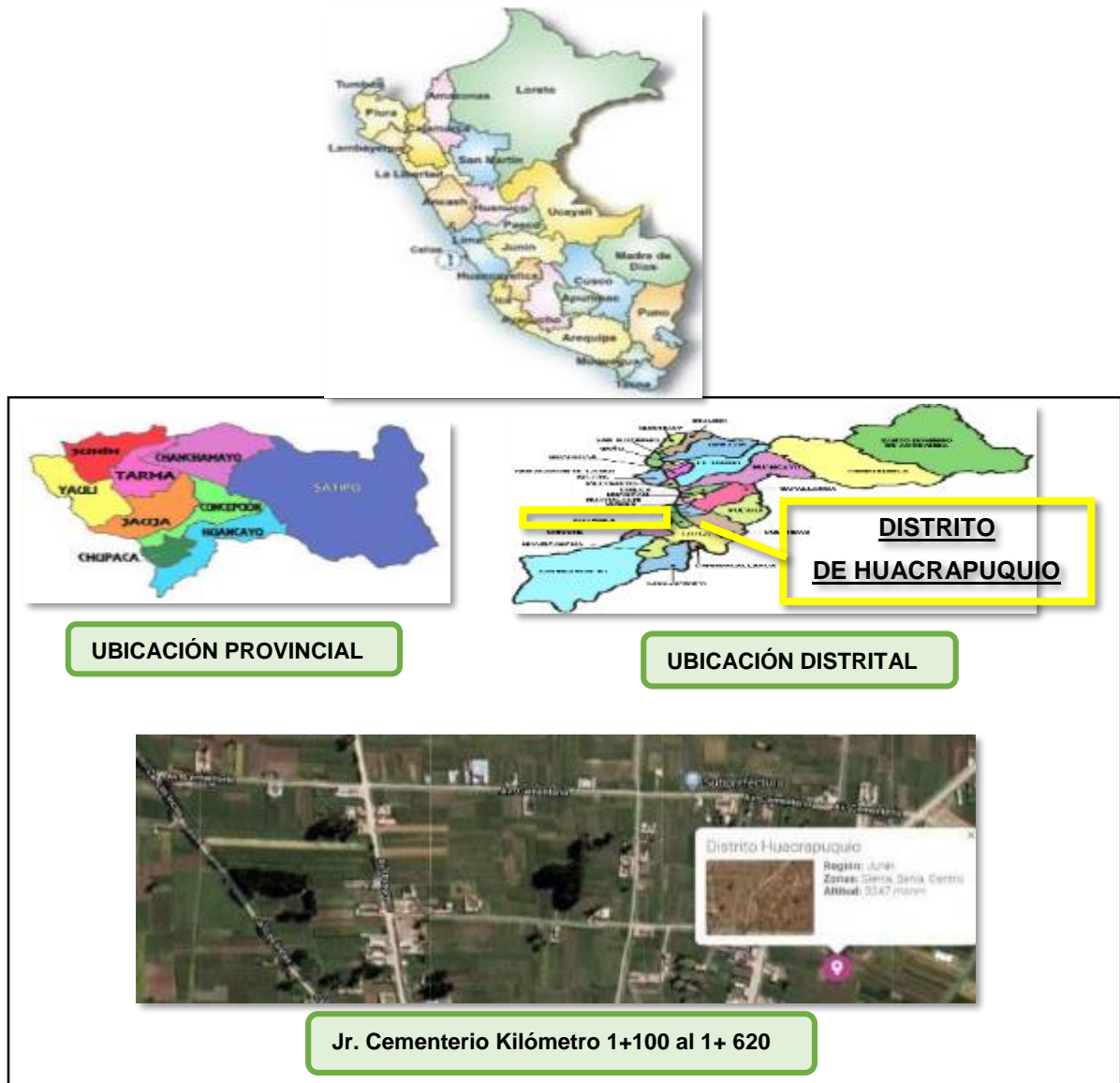
La elaboración de la tesis sigue el proceso metodológico, ya que la investigación consiste en cuantificar, analizar y evaluar la influencia que tendrá la puzolana de ceniza de paja de trigo en la subrasante, para ello realizaremos la investigación a base de observación, apuntes y procederemos a los cálculos.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación espacial

Departamento : Junín
Provincia : Huancayo
Distrito : Huacrapuquio
Lugar : Jr. Cementerio Kilómetro 1+100 al 1+620

Figura 1 :Delimitación espacial



1.4.2. Temporal

El desarrollo de la investigación está programado 210 días a partir del 06 de agosto 2020 hasta el 06 de enero 2021.

1.4.3. Económico

Los gastos que con lleva a desarrollar la investigación será cubierta por la tesista en su totalidad.

1.5. Limitaciones

La limitación de la investigación consiste de tipo económico por la envergadura de costos del estudio, para esta investigación se considera los ensayos realizados en el laboratorio de suelo los cuales serán procesados para luego obtener la respuesta a la investigación.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Evaluar la capacidad de soporte del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante.

- b) Determinar la máxima densidad seca del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante.

- c) Determinar el índice de plasticidad del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)

➤ Antecedentes Nacionales

Según **Abanto y Villar, 2021** en la investigación titulada *análisis de la estabilización de subrasante con uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal en el Perú*, desarrollada para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo – Perú, indica que el suelo evaluado fue una arcilla de baja plasticidad (CL) y limo de baja plasticidad (ML) acorde a la clasificación SUCS, los rangos de humedad oscilan entre 15.48 y 33.67, se determinó que la máxima resistencia a la compresión oscila entre 13.76kPa y 13.96kPa, mientras que con una adición de 5% de CBCA (ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal) la máxima resistencia oscila entre 33.62kPa y 33.84kPa, con una adición de 10% de CBCA presenta una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 77.91kPa y 80.11kPa y al adicionar un 15% de CBCA obtenemos el porcentaje óptimo que presenta una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 150-56kPa y 151.23kPa, finalmente se evaluó el CBR con el porcentaje óptimo de 15% de CBCA, en el kilómetro 0+011 el CBR incremento de 1.88% a 22.5%, en el kilómetro 1+524 el CBR incremento de 1.84% a 22.4% y en el kilómetro

3+529 aumento de 1.739% a 21.9%, esto indica un aumento de 10 veces más el aumento de CBR.

Según **Terrones, 2018** Menciona *la estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza*. Tesis para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo – Perú indica que la elaboración de ensayos se realizó en un laboratorio de suelos, se extrajo muestras de suelo de una vía y se determinó que tipo de suelo era una arcilla de baja de plasticidad (CL) y limo de baja plasticidad (ML) según la clasificación de SUCS, luego se realizó el ensayo de índice de plasticidad obteniendo una plasticidad media, continuamente se realizó el ensayo de contenido de humedad los cuales oscilan entre 15.48% y 33.67%, y obteniendo una humedad promedio de 25.47% así también se realizó los ensayos de comprensión simple el cual se obtuvo una máxima resistencia entre 13.76kPa y 13.96 kPa, continuamente se procedió a adicionar un 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar el cual se obtuvo una resistencia máxima que oscila entre 33.62 kPa y 33.84 kPa y con una adición de 10% de CBCA presenta una resistencia máxima de 77.91 kPa y 80.11 kPa y al adicionar un 15% de CBCA obtuvimos una resistencia máxima que oscila entre 150.56 kPa y 151.23 kPa el cual nos determina que el óptimo a utilizar es un 15% de CBCA, así también se realizó el ensayo de CBR con la óptima adición de CBCA pasando de ser un CBR de 1.88% (subrasante muy mala) a un CBR de 22.5% (subrasante muy buena).

Según **Diaz, 2018** en la investigación *mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018* Tesis para optar el título de ingeniero civil en la Universidad César Vallejo – Perú, indica que el porcentaje optimo a utilizar fue de 20% de ceniza de cascara de arroz el cual

incrementa el valor de CBR al 100% de la máxima densidad seca del Proctor al 100% de la máxima densidad seca del Proctor modificado de 9.7% hasta un 15.2%, es decir aumenta 1.6 veces así también disminuyo el optimo contenido de humedad desde 11.2% a un 8.1%, las cenizas de cascara de arroz absorben la cantidad de agua, la investigación mostro que el suelo estabilizado con ceniza de cascara de arroz trae cambio favorables que hacen posible el uso en subrasantes, el porcentaje mas significado es de 20% de ceniza de cascara de arroz logrando asi que la capacidad portante de la subrasante aumente, los resultados que obtuvieron de CBR al 95% su aumento fue de 8.0% hasta 13.80% y el CBR al 100% de 9.7% a 15.2%.

Según **Peréz, 2017** Menciona *la estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y sub base de pavimentos*. Tesis para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, indica que las cenizas volantes funcionan como aditivo para las propiedades de extensión del material, El cual requiere ser adicionado en porcentajes enormes, al menos en el caso de una arcilla, en promedio mayor a 20%, la ceniza volante empleada como materia prima es una ceniza tipo F, ya que la suma de porcentaje de sus principales constituye (SiO_2 , Al_2O_3 Y Fe_2O_3) es mayor a 70%. La arcilla en conjunción con cenizas volantes y cemento en un 3%, da un correcto resultado mejorando la resistencia del suelo arcilloso en un 3% da buenos resultados mejorando la resistencia del suelo arcilloso desde 7.7% hasta 51% CBR al 100% de la MDS del Proctor Modificado y obteniendo menores costos de construcción.

Según **Arroyo & Cubas, 2016** en la investigación *evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas*. Tesis para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Señor de Sipán – Perú indica

que las cenizas de carbón en la muestra 2 (CC-M2) son las que mejor reacción obtienen al tratamiento de suelos arenosos y arcillosos por el alto contenido de óxido de silicio (CaO) que están asociados a la producción de cerámicos que poseen porcentaje de formas cementantes y favorecen a la estabilización. La ceniza de carbón muestra 2 mejoran la resistencia de suelos arenosos significativamente en porcentaje de 7 %. (...) la utilización de cenizas de carbón e NaOH puede ser usado para la estabilización de suelos arenosos pobremente graduados con arcillas para mejorar la sub-rasante.

➤ Antecedentes Internacionales

Según **Camelo y Gonzales, 2021** en la investigación titulada *propiedades resilientes de subrasante granulares estabilizadas con ceniza volante para diseño de pavimentos flexibles*, desarrollada para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Católica de Colombia en el país de Colombia, en la investigación se evaluó la estabilización de cenizas volantes clase F y el incremento de cal para activar propiedades puzolánicas en la mezcla, se analizó la estructura lineal multicapa de pavimento flexible convencional por medio de software Abaqus y se demostró que al agregar porcentajes de ceniza volante y cal en una subrasante para su estabilización, este disminuyó las deformaciones verticales en tal sentido se afirma que se incrementa el aporte estructural y la resistencia del suelo, al incrementar un 10% de mezcla homogénea de ceniza volante y cal, disminuye un 89.92% la deformación vertical con relación a la capa subrasante sin estabilizar, así también se analizó las cenizas de clase F el cual presenta menor rigidez a la clase C, debido a su bajo contenido de cal, y este a su vez no genera mejoras en el aporte estructural por tal motivo el óptimo a utilizar es el tipo de ceniza volante de clase F en una proporción de 10% por ciento de esta para una capa de subrasante el cual incrementará a más de 114% de ejes equivalentes estándar, y disminuye considerablemente las

deformaciones verticales y el ahuellamiento, dando lugar que la ceniza volante clase F es un material estabilizante apto para mejorar la estabilización en una Subrasante.

Según **Licuy y Román, 2020** En la investigación titulada *estudio de la estabilización de arcillas expansivas utilizando el 10%, 20 y 30% en peso, de puzolanas de ceniza de volcán Tungurahua y ceniza de la cascarilla de arroz en composiciones iguales*, desarrollada para optar el título ingeniero civil, en la escuela politécnica nacional, en la ciudad de Quito en el país de Ecuador, dan lugar a las siguientes conclusiones que al incrementar la dosificación de las puzolanas entre 20% y 30% en las muestras de arcillas expansivas, el valor del límite líquido se reduce con respecto a las muestras naturales entre un 16% hasta un 32%, de la misma forma sucede con el límite plástico cuyo valor también disminuye, así también al incrementar un 20% de puzolana existe una reducción de la densidad seca máxima entre aproximadamente un 20% hasta un 41% y para el índice de expansión de las arcillas se pudo apreciar que al aumento el porcentaje de la puzolana entre 20% y 30% este reduce el porcentaje de expansión en 5% y 8% y finalmente para la densidad seca máxima el mayor valor de reducción de la densidad seca máxima es con el reemplazo de 20% de puzolana obteniendo un valor aproximado entre un 21% hasta un 41%.

Según **Ramos y Illidge, 2017** En la investigación titulada *análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento* desarrollada para optar el título de ingeniero civil en la universidad de la Salle en la ciudad de Bogotá D.C. en el país de Colombia, describe lo siguiente al incrementar el contenido de ceniza volante de Clase C en un 30% y un 6% de cascarilla de arroz en un suelo A0C0 (suelo altamente plástico) este aumenta la capacidad de soporte CBR pasando de 2.02% a un 3.76%y

con una reducción de 70%, así mismo se logro comprobar que un suelo clasificado según ASSHTO como A-7-6 IG=248 al ser mezclados con los porcentajes óptimos de cascarilla de arroz A6 y ceniza volante A6C30, se obtuvo mejoras, aumentando parámetros de resistencia del suelo, una reducción en la plasticidad, reducción de las deformaciones y un aumento en la resistencia al momento de afrontar esfuerzos cíclicos, consecuentemente esta es una alternativa viable económica y ambiental para tratar diferentes problemáticas del área de la construcción, los materiales utilizados en este trabajo de grado como alternativa para el mejoramiento de los suelos altamente plásticos.

Según **Castro & Delgado, 2017** En la investigación titulada *determinación del material de mejoramiento con la adición de puzolana para vías rurales con material local de la mina la virginia y Araña Huaycu*, desarrollada para optar el título de magister en vialidad y transporte, en la universidad de cuenca, en la ciudad de cuenca en el país de Ecuador, dan lugar a las siguientes conclusiones para un suelo natural que presenta las siguientes características un índice de plasticidad de 16.37%, un límite liquido de 39.98%, una densidad máxima seca de 2.180 kg/m³, la humedad optima es de 11.02% y un C.B.R. AL 100% con una densidad máxima seca de 47%, según las especificaciones técnicas debe contar con un índice de plasticidad de 9%, un límite liquido debe ser menor al 35%, se añadió un 10%, 20% y 30% de puzolana para el mejoramiento de su vía rural y al utilizar 30% de puzolana para la estabilización esta mejora su índice de plasticidad disminuyendo en 8.37% y el límite liquido en 29.18%.

Según **Cañar, 2017** realizo La investigación: *análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón* realizado en la universidad técnica de Ambato facultad de ingeniería civil, en la ciudad de Ambato

en el país de Ecuador, hace mención lo siguiente que para suelos expansivos como la arcilla, si se añade cenizas de carbón este presentara mayor resistencia al corte, mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo, aumentando el grado de compactación y por lo tanto mejora su C.B.R, el suelo arenoso fino en un estado normal presenta un CBR de 4.6% y añadiéndole 25% de ceniza de carbón este aumenta un C.B.R. desde un 15% hasta un 16.60% siendo esto favorable para el uso en una subrasante, cuando se trabaja con suelos arcillosos y se adiciona 25% de ceniza de carbón los resultados de ensayos CBR se obtienen valores desde 9.10% hasta el 11.20% siendo esto no suficiente para utilizar como material de subrasante y combinando las cenizas de carbón con los suelos arenosos y arcillosos tienen la propiedad de disminuir la humedad, disminuir la expansión y disminuir la plasticidad en el suelo.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Compactación

La compactación es un proceso artificial donde se aplica energía al suelo para quitar espacios vacíos, este proceso beneficia e incremento la capacidad portante, incrementa su estabilidad y aumenta su densidad. De esta forma impedimos el hundimiento del suelo evitando desplazamiento de la estructura, evitamos deformación e incluso el colapso; además reduce el escurrimiento del agua evitando la filtración, reduciendo el acolchonamiento y la reducción del suelo impidiendo el daño de heladas. La importancia de la compactación consiste en obtener un suelo óptimo para la construcción llegando a un estado de compactación homogénea, que este firme, resistente y esencialmente que cumpla los parámetros de resistencia para las distintas cargas que el suelo será sometido respectivamente según el tipo de vía. (Armas, 2015)

Para ello se mencionará algunos métodos conocidos de compactación, tenemos la compactación estática o por presión consiste en utilizar maquinarias como son los rodillos estáticos o lisos sin necesidad de movimientos vibratorios, también tenemos la compactación por impacto consiste en aplicar golpes simultáneos de gran efecto el equipo que se emplea es el vibro apisonado es usado en lugares que requieren compactación para aumentar su capacidad portante, contamos con estabilización por vibración que en la actualidad es la más utilizada en los casos como los rodillos vibratorios y placa vibratoria.

Figura 2 :Diferencias de suelos compactados



La compactación nos proporciona una estabilización del suelo de acuerdo a las características físico mecánico del suelo, como también se pueda incorporar productos químicos, naturales o sintéticos al suelo el cual aportara una mejora para la estabilización de un suelo, este tipo de adición se realiza para una subrasante inadecuada que presenta la capacidad de carga muy baja. (Armas, 2015).

2.2.2. Estabilización

El objetivo de la estabilización de un suelo es controlar la expansión, reducir la plasticidad, incrementar la resistencia, disminuir la compresibilidad, disminuir la absorción y disminuir el desgaste, por ello presentaremos los tipos de estabilización:

a) Estabilización física y mecánica.

La táctica que se empleara para la estabilización física y mecánica consiste en mejorar la capacidad de carga produciendo cambios físicos, sin que se produzca reacciones químicas de modo que se aprovechara sus mejores cualidades consiguiendo que sea firme, estable y capaz de mejorar la capacidad de carga como también la estabilización mecánica abarca la densificación del suelo obtenidos por procedimientos de compactación. (Unidad de investigación, 2008)

b) Estabilización química.

La estabilización química consiste en dar una estabilidad a la base fijando y garantizando su compactación, este proceso se realiza para transformar dicho suelo que disponemos para un material de construcción con una alta calidad y control de su desgaste del suelo, ya que el suelo sufre cambios y mejora sus propiedades para mejorar la durabilidad reduciendo considerablemente su mantenimiento y su control. (Hernán et al., 1989), estos a su vez se sub dividen en los siguientes:

i. Estabilización con cal.

La cal es un compuesto de óxido de calcio (CaO) y hidróxido de calcio Ca(OH)_2 . Según el manual de estabilización del suelo tratado con cal. Menciona que el tratamiento del suelo con cal se usa un 5% de óxido o hidróxido de magnesio o comúnmente conocido como cal con este método les da nuevas características al suelo para darle una mayor resistencia y estabilidad en su mayoría al combinar agua con cal con materiales adicionales se utiliza para tratar varios tipos de suelos en lo general se usa en los suelos finos arcillosos con un índice de plasticidad mayor que 10 para los procesos de

construcción especial como son la subrasante o sub base y la base, (Association, 2004)

Figura 3 :Estabilización con cal



ii. Estabilización con cemento portland.

El cemento es usado como estabilizador para diferentes tipos de suelos principalmente en todo tipo de obras, el cemento portland nos ayuda a disminuir y controlar el límite líquido y plástico, a cuyo tipo de suelo que presentan limite liquido menores entre 45 - 50 % así también cuyos suelos presentan limites plásticos menores a 25%. (Corral, 2008)

Figura 4 :Estabilización con cemento

Tipo de suelo		Porcentaje de cemento por volumen
Clasificación AASHTO	Clasificación unificada	
A-2 y A-3	GP, SP y SW	6-10
A-4 y A-5	CL, ML y MH	8-12
A-6 y A-7	CL, CH	10-14
* Según Mitchell y Freitag (1959)		

iii. Estabilización con productos asfálticos.

Los materiales más comunes para el mejoramiento y estabilización de suelos son el cemento asfáltico y emulsiones asfálticas, este se deriva de la destilación del petróleo como material primario, se realiza una destilación para poder eliminar solvente volátiles y los aceites, entre otros productos tenemos el sodio de cloro para mejorar las partículas del suelo para el

mejor control de las respectivas plasticidad y manejabilidad del suelo reduciendo considerablemente sus límites líquidos y límites plásticos de estos suelos. (Ricci et al., 2008)

iv. Estabilización con cloruro de calcio.

Los suelos arcillosos son los suelos mayormente más problemáticos dentro de la construcción por su expansión y contracción, el cloruro de calcio actúa como un estabilizante en las propiedades físicas químicas del suelo para así poder mejorar las capacidades del CBR en la cual el producto mejora los suelos arcillosos. (Ponce Crispin, 2018)

v. Estabilización con escoria de fundación.

La escoria está considerada como un material primario para el proceso de mejoramiento y estabilización de suelos, tiene la labor de cementar, produce hidratación y está a la intemperie da una compactación óptima para la trabajabilidad de los suelos para el trabajo en obras civiles. (Marquina, 2008)

vi. Estabilización con geosintéticos

Se definen por ser un grupo de materiales los cuales son fabricados a partir de la transición de sustancias química llamadas polímeros y son transformadas en láminas, tejidos, fibras, mallas y películas. Este material es usualmente utilizado en diversas construcciones tradicionales y en diversos tipos de terreno. Los geosintéticos tienen un mejor rendimiento en las construcciones del pavimento ya que proporcionan resistencia a la tracción. (Morales, 2007)

2.2.3. Propiedades de los suelos

a) Estabilidad volumétrica

Se explica al comportamiento que origina el cambio de humedad de un suelo, este efecto es conocido como la expansión y contracción. Si las dilataciones que se desarrollan no se controlan esto puede ocasionar graves desórdenes y ruptura en cualquier obra por lo que es recomendable analizar su formación más adecuada. Los cambios de humedad son principales fuentes para que se levanten los pavimentos, las inclinaciones de postes, rompimiento de muros y tubos. (Comeca et al., n.d.)

b) Resistencia mecánica

Una de las tácticas para mejorar la resistencia de los suelos es la compactación, de esta manera se realiza una estabilidad mecánica, cabe mencionar que un suelo con humedad reduce su resistencia mientras que un suelo seco eleva la resistencia mecánica. (Comeca et al., n.d.)

c) Permeabilidad

Es la propiedad que tiene un suelo en difundir el agua y el aire, se estima que mientras más permeable sea un suelo mayor será su filtración, la permeabilidad del suelo se relaciona con su textura y estructura, por lo general mientras más fina sea la textura del suelo más lenta será la permeabilidad, mencionaremos los suelos de mayor a menor permeabilidad, el primer suelo es la grava, la segunda arena, el tercero limo, el cuarto arcilla y el ultimo el suelo orgánico. El flujo de agua a través de los suelos puedes originar arrastre de partículas sólidas. (Comeca et al., n.d.)

d) Comprensibilidad

Reducción de volumen de un bajo efecto de carga, las gravas y las arenas no son alterados, las arcillas si es alterado, si se comprime una masa de arcilla humedad, el agua y el aire pueden ser retirados como resultados reduce el volumen. (Comeca et al., n.d.)

e) Durabilidad

La durabilidad se estudia según el clima este implica en su desgaste del suelo la cual amenaza su vida útil como elemento estructural o funcional. Los materiales que encontramos cambian de color y textura por el mismo clima donde su composición y firmeza en su mayoría de erosión o degradación a través de su exposición al clima. (Comeca et al., n.d.)

2.2.4. Ensayos requeridos para la investigación

2.2.4.1. Análisis Granulométrico

Basados en el ASTM D-422, MTC E 107 nos menciona que la principal función de este análisis es definir tamaños de partículas y granos obtenidos del suelo por proporción de su peso total, gracias al tamizado el cual tiene diferentes aberturas podemos distinguir los diversos tamaños que presenta el estrato y de esta forma clasificarlo.

El ensayo consiste en tener una porción de muestra la cual debe ser pesada para luego ser tamizada, los tamices deben estar colocado de forma ascendente de abajo hacia arriba y de forma descendente de arriba hacia abajo, según las aberturas del tamiz. Luego de ser tamizada la muestra se prosigue a pesar el retenido que tendrá cada tamiz, de esta forma obtendremos las distintas fracturaciones que presenta el suelo, y finalmente clasificarlo.

Este método es uno de los primeros ensayos que durante todo este tiempo sirve para poder clasificar el tipo de suelo y obtener su textura. Sin embargo, si el estrato del suelo en su mayoría pasa la malla N° 200 este se debe considerar otro ensayo denominado el ensayo de hidrometría (por vía húmeda) mide la densidad por el principio de la ley de Stokes.

2.2.4.2. Índice de plasticidad

Basados en la NORMA TECNICA PERUANA 339.129 las cuales establecen el método del ensayo para obtener el índice de plasticidad se realizará la sustracción de límite líquido menos el límite plástico.

2.2.4.3. Limite liquido

Basados en el ASTM D423-66, ASTM D-4318, MTC E 110 y NORMA TÉCNICA PERUANA 339.129 las cuales establecen los métodos del ensayo, utilizando la cuchara de casagrande para calcular el límite líquido, en breves palabras es la obtención de humedad expresado en porcentaje del suelo seco pasando por el proceso del horno. La muestra a estudiar será aquella que está entre el estado plástico y el estado líquido. el resultado de limite líquido se utiliza para determinar la resistencia de contracción, expansión y resistencia al corte.

2.2.4.4. Limite plástico

Basados en el ASTM D423-66, ASTM D-4318, MTC E 111 y NORMA TÉCNICA PERUANA 339.129 dispuesto para determinar el límite plástico, cuyo propósito es obtener la humedad más baja para formar barritas de 3,2 mm (1/8") de diámetro las cuales serán realizadas sobre el vidrio esmerilado y con mucho cuidado evitando que se rompan. Gracias a este

ensayo podemos correlacionar su comportamiento ingenieril plasmados en la compactibilidad, contracción-expansión, la compresibilidad, permeabilidad y resistencia al corte.

2.2.4.5. Proctor modificado

Basados al ASTM D 1557, MTC E 115 y la NORMA TÉCNICA PERUANA 339.141 nos menciona que para una buena compactación debemos de determinar la relación de densidad seca y el contenido de humedad el cual nos generara una curva de compactación.

Se utilizará un molde de 4" o 6" de diámetro para la compactación debemos de utilizar un pistón de 44,5N con una altura de 18", el cual genera una energía de 2700KN-M/M3. El método de Proctor modificado se proporciona en 3 métodos.

En primer lugar, tenemos el método A el cual es usada cuando el 20% o menos de la muestra total es retenido en el tamiz N°4.

En segundo lugar, tenemos el método B el cual es usada cuando más del 20% es retenida en malla N4 y 20% o menos también es retenido en la malla 3/8".

En tercer lugar, tenemos el método C cuando más del 20% es retenido en la malla 3/8" y menos del 30% es retenido en tamiz 3/4".

Este ensayo determina la compactación de un suelo el cual nos proporciona la máxima densidad seca y el contenido de

humedad optima los cuales son primordiales para una buena compactación en el terreno.

2.2.4.6. California Bearing Ratio (C.B.R.)

Basados en el ASTM D 1883, MTC 132 y la NORMA TÉCNICA PERUANA 339.145 nos menciona el uso es para evaluar la relación de soporte, la resistencia potencial de subrasante, subbase y base así también establece la resistencia al esfuerzo cortante de un terreno para poder evaluar la calidad del suelo, contemplando las condiciones de humedad optima versus densidad seca, así también te da el resultado de la expansión que tendrá la muestra.

2.2.5. Material requerido para la investigación

2.2.5.1. Paja de Trigo

La paja de trigo es el material por desperdicio del trigo que se encuentra en el tallo de este. El ministerio de agricultura nos informa que en la zona andina se siembra aproximadamente 2 342 hectáreas de trigo del cual se saca la paja siendo la separación del grano o semilla. Espinoza (2019).

El trigo es uno de los granos de mayor producción en el planeta y el más consumido por el hombre desde la antigüedad en los siguientes países india, china, Australia, Canada, Rusia, Ucrania, Pakistan, Iran, Turquía, Argentina y Kazajistán.

2.2.5.2. Ceniza de paja de trigo

Basadas en la normativa ASTM (1992), en la descripción C-618-03, las cenizas que cumplen con los parámetros planteados, son puzolanas con elementos silicios o aluminosilíceos que singularmente obtiene escaso o nada de

cementante, pero al momento que se le agrega agua este reacciona químicamente comportándose como el hidróxido de calcio considerando que debe estar a una temperatura ambiente de forma que obtenemos elementos con propiedades cementantes, los cuales están divididos en tipos de puzolanas.

2.2.6. Clasificación de puzolanas

2.2.6.1. Puzolanas Naturales

Estas constituidas por las rocas volcánicas que lleva por nombre amorfo el cual es un vidrio producido por enfriamiento imprevisto de la lava, estas rocas son conocidas como pómez, tobas, escoria y obsidiana.

Así también podemos encontrarlas en los suelos donde se presenten sílice o contiene ópalo, ya sea por la precipitación de la sílice de una solución o de los residuos de organismos tales como las tierras diatomeas, arcillas calcinadas por vía natural a partir de calor o de un flujo de lava.

Figura 5 :Puzolana natural



2.2.6.2. Puzolanas Artificiales

- ✓ Cenizas volantes: constituyen a las cenizas que se producen a partir de la combustión de carbón mineral

(lignito), básicamente generadas en las plantas térmicas de generación de electricidad.

- ✓ Arcillas activadas o calcinadas artificialmente: está presente en los residuos de la quema de ladrillo de arcilla así también de las diferentes arcillas que hayan sido sometidas a temperaturas mayores a los 800 °C.
- ✓ Escoria de fundición: constituye a la fundición de aleaciones ferrosas en altos hornos luego las escorias pasan a un violento enfriamiento para lograr las propiedades de una estructura amorfa.
- ✓ Cenizas de residuos agrícolas: constituye a la ceniza de cascarilla de arroz, ceniza de bagazo, la paja de la caña de azúcar y la paja de trigo, cuando las cenizas de residuo agrícolas son calcinadas adecuadamente se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, en donde la estructura depende de la ignición.

2.2.7. Propiedades de la puzolana

Las cenizas puzolánicas dependerán de la composición química y la estructura interna que presentan tres principales óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) > al 70%. Obteniendo una estructura amorfa, en caso de las puzolanas de desechos de la agricultura (ceniza de caña de azúcar, cascaras de arroz y paja de trigo) la forma más viable de mejorar sus propiedades es realizar una incineración controlada en incineradores rústicos, donde se controla la temperatura de combustión.

Se hace mención a la normativa ASTM C 618-03 donde define la clasificación de las puzolanas.

Tabla 1 :Clasificación de las puzolanas según ASTM C618-3

Clase de adición mineral	Descripción
N	Son puzolanas natural crudas o incineradas, que se presentan en suelos como diatomitas, pizarras, tobas y cenizas volcánicas o pumitas. Si son calcinadas deben inducir propiedades satisfactorias.
F	Ceniza volante se produce por la calcinación del carbón antracítico o bituminoso. Esta clase de ceniza volante tiene propiedades puzolánicas
C	Ceniza volante producida por la calcinación de carbón sub-bituminoso o lignito. Esta clase de ceniza volante, además de tener propiedades puzolánicas, también tiene propiedades cementantes.

Nota. Fuente: American Society for Testing and Materials

Tabla 2 :Clasificación química según la norma ASTM C618-3

Composición química	Clase de adición mineral		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃), min. POR CIENTO	70,0	70,0	50,0
Trióxido de azufre (SO ₃) máx. por ciento	4,0	5,0	5,0
Contenido de Humedad, máx., por ciento	3,0	3,0	3,0
Pérdida por ignición, máx., por ciento	10,0	6,0	6,0

Nota. Fuente: American Society for Testing and Materials

2.3. Definición de términos

➤ Puzolana de ceniza

La norma ASTM C 618-3 define como residuo finamente dividido que resulta de la combustión de carbón molido o en polvo.

➤ Paja de trigo

Es un residuo agrícola del trigo comprende el tallo de este.

➤ Suelo

Superficie de la corteza terrestre que proviene de la desintegración o alteración física o químicas de las rocas, y esta se clasifica de acuerdo a sus propiedades.

➤ Subrasante

Tabla 3 :Categoría de la subrasante

CATEGORÍA DE SUBRASANTE	C.B.R.
S0: Subrasante inadecuada	C.B.R. < 3%
S1: Subrasante insuficiente	C.B.R. ≥ 3% a C.B.R. < 6%
S2: Subrasante regular	C.B.R. ≥ 6% a C.B.R. < 10%
S3: Subrasante buena	C.B.R. ≥ 10% a C.B.R. < 20%
S4: Subrasante muy buena	C.B.R. ≥ 20% a C.B.R. < 30%
S5: Subrasante excelente	C.B.R. ≥ 30%

Nota. Fuente: Manual de Carreteras

➤ Estabilización

consiste en compactar el suelo de forma estática o dinámica para aumentar su densidad, su resistencia mecánica, disminuir su porosidad y su permeabilidad.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Hi: La evaluación del suelo arenoso arcilloso mejorará al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una Subrasante distrito de Hucrapuquio.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Hi: La capacidad de soporte del suelo arenoso arcilloso mejorara al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una Subrasante.

- b) Hi: La máxima densidad seca del suelo arenoso arcilloso mejorara al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una Subrasante.

- c) Hi: el índice de plasticidad del suelo arenoso arcilloso mejorara al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una Subrasante.

2.5. Variables

2.5.1. Definición Conceptual de las variables

➤ Variable independiente

Puzolana de ceniza de paja de trigo: Siguiendo lo estipulado por el ASTM C618 -3 corresponde a las características de una puzolana de origen agrícola el cual tiene propiedades puzolámicas.

➤ Variable dependiente

Suelo arenoso arcillo: siguiendo lo estipulado por el manual de carreteras corresponde a sus características.

2.5.2. Definición operacional de las variables

➤ Variable independiente

Puzolana de ceniza de paja de trigo

❖ Dimensiones

- Propiedades físicas y químicas

❖ Indicadores

- Finura
- Cantidad
- Dióxido de silicio (SiO_2)+
- Óxido de aluminio (Al_2O_3)+
- Óxido de hierro (Fe_2O_3)

➤ Variable dependiente

Suelo arenoso arcillo

❖ Dimensiones

- Índice de plasticidad
- Densidad máxima seca
- Capacidad de soporte

❖ Indicadores

- Límite líquido
- Límite plástico
- Densidad máxima
- Contenido de humedad
- C.B.R. al 100% de su M.D.S.
- C.B.R. al 95% de su M.D.S.

2.5.3. Operacionalización de variables

Tabla 4 :Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente. Puzolana de ceniza de paja de trigo	Es un derivado de residuo organico el cual pasa por el proceso de incineración para obtener un material de grano fino compuesto basicamente de silicio, alumninios entre otras propiedades.	Se evaluará y se analizará los ensayos para determinar el adecuado porcentaje a utilizar según sus propiedades físicas y químicas del material.	Propiedades físicas Propiedades químicas	Finura Cantidad Dióxido de silicio (SiO ₂) + Oxido de alumnio (Al ₂ O ₃) + Oxido de fierro (Fe ₂ O ₃)	% % %
Variable Dependiente. Suelo arenoso arcillo		Se evaluará y se analizará los ensayos con el fin de determinar las propiedades físicas y mecanicas para obtener la estabilización del suelo arenoso arcilloso.	Indice de plásticidad Densidad máxima seca Capacidad de soporte	Límite liquido Limite plástico Densidad máxima Contenido de humedad C.B.R. al 100% de su M.D.S. C.B.R. al 95% de su M.D.S	% % % %

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

La investigación contiene la metodología científica como general, en el que se desarrolla ciertas etapas para obtener un conocimiento valido desde un punto de vista científico, utilizando instrumentos que resulten fiables. Según **Sampieri, 2017**

3.2. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que utiliza los conocimientos para la innovación, se preocupa por el producto de la investigación básica. El propósito primordial es dar solución a problemas prácticos, ya que es el primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología. Según **Sampieri, 2017**

3.3. Nivel de Investigación

La investigación es de nivel explicativa ya que tienen relación causal, no solo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas y efectos que existen como resultados de esta forma determinamos las circunstancias del estudio. Según **Sampieri, 2017**

3.4. Diseño de la Investigación

Se consideró un diseño experimental, ya que se utilizan cuando el investigador pretende establecer la posible causa – efecto. **Sampieri, 2017**

Diseños transversales correlacionales-causales Estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causan efecto (causales).

Correlacionales - causales

$$X_1 \text{ --- } Y_1$$

Por tanto, los diseños correlacionales-causales pueden limitarse a establecer relaciones entre variables sin precisar sentido de causalidad o pretender analizar relaciones causales. Cuando se limitan a relaciones no causales, se fundamentan en planteamientos e hipótesis correlacionales; del mismo modo, cuando buscan evaluar vinculaciones causales, se basan en planteamientos e Hipótesis causales.

Cálculo de la capacidad Portante

Puzolana de ceniza de paja de trigo,	Suelo arenoso arcillo
0%,	5kg
10%	5kg
20%	5kg
30%	5kg

Cálculo de la máxima densidad seca

Puzolana de ceniza de paja de trigo,	Suelo arenoso arcillo
0%,	2.3kg
10%,	2.3kg
20%,	2.3kg
30%,	2.3kg

Cálculo del Índice de plasticidad

Puzolana de ceniza de paja de trigo,	Suelo arenoso arcillo
0%,	50gr
10%,	50gr
20%,	50gr
30%,	50gr

3.5. Población y Muestra

- Población: consiste en la obtención del material de la subrasante entre el kilómetro 1+100 al 1+620 (Jr. Cementerio) – Huacrapuquio – Huancayo – Junín, el cual será extraído de dos calicatas.
- Muestra: consiste en la conformación de 100 kg del material extraído de las calicatas, la obtención de la muestra fue aleatoria por consiguiente es no probabilística.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas.

- ✓ Visual y manual para la extracción de material de la calicata.
- ✓ Visual y manual para la obtención de la paja de trigo.
- ✓ Visual y manual para la obtención de la puzolana de ceniza de paja de trigo.
- ✓ Uso de laboratorio de suelos para realizar los experimentos.

b) Instrumentos de recolección de datos.

- ✓ Herramientas manuales.
- ✓ Fichas de anotaciones de datos.
- ✓ Programas Excel y Word.
- ✓ Certificaciones de laboratorio de suelos.

3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de información se utilizaron los siguientes programas como el Microsoft Word, Excel.

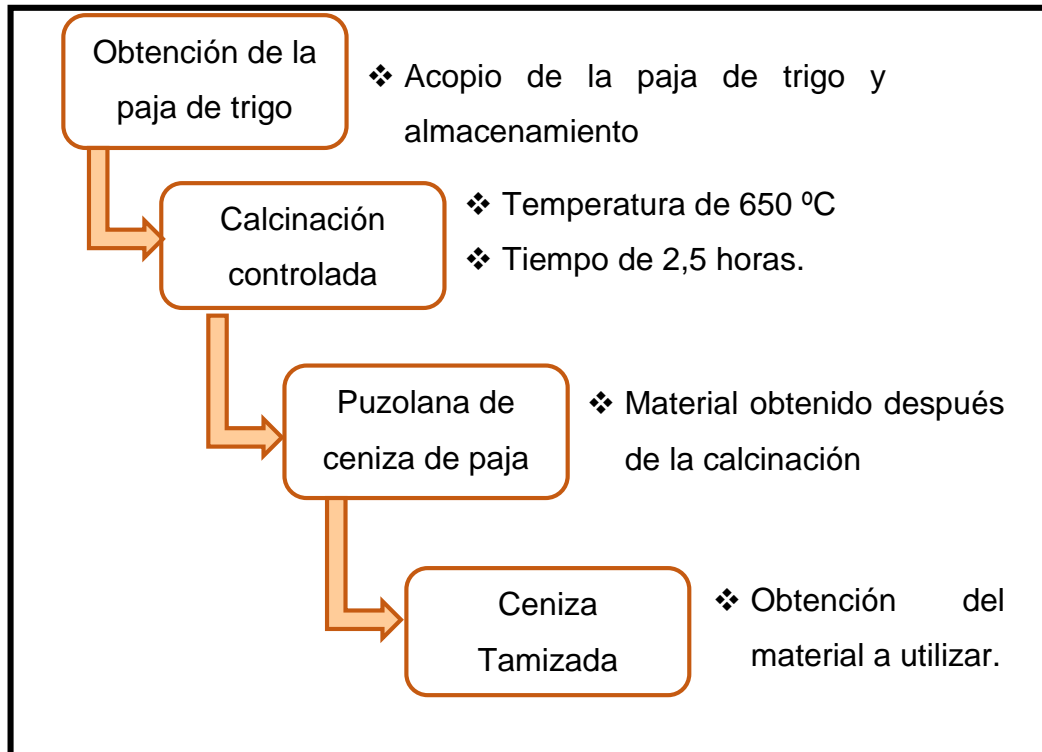
3.8. Técnicas y Análisis de Datos

3.8.1. Obtención de la puzolana de ceniza de paja de trigo

La puzolana de ceniza de paja de trigo se obtuvo a partir de la calcinación controlada de la paja de trigo, según parámetros

comparativos en otros países. A continuación, muestra de diagrama del proceso.

Figura 6 :Diagrama de flujo de la puzolana de ceniza de paja de trigo



La obtención de puzolana de ceniza de paja de trigo presenta las siguientes características.

Figura 7 :Puzolana de ceniza de paja de trigo



✓ Propiedades Física

Tabla 5 :*Propiedades físicas de la puzolana*

Descripción	Datos
pH	7
Punto de Fusión	600 – 900°C
Punto de Inflamabilidad	No Inflamable
Aspectos Físico	Sólido
Colores	plomo o negro
Olor	Inodora
Solubilidad en Agua	Insoluble
Cantidad a utilizar	25 kg

✓ Propiedades Química

Tabla 6 :*Propiedades químicas de la puzolana*

Elemento	%Sobre la masa total
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	62%
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	10%
Óxido Férrico (Fe ₂ O ₃)	2%
Óxido de Calcio (Ca O)	3%
Óxido de Potasio (K ₂ O)	3%
Otros Óxidos (**)	9%

Por lo tanto, según nuestras características que presenta nuestra ceniza de paja de trigo, cumple con la Normativa ASTM C 618 -3 perteneciendo a la CLASE F ya que en esta clase de ceniza tiene propiedades puzolánicas.

Producción de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 7 :*Producción anual de la puzolana*

Proporción de Puzolana de Ceniza de Paja de Trigo				
01 horno	Por mes	Anual	Nº de Fabricas	Total, de Puzolana de Ceniza de paja de trigo
2.20 m ³	4.40 m ³	52.80 m ³	100 Und	5280.00 m ³

3.8.2. Obtención del suelo a trabajar

Se selecciona el tipo de suelo adecuado que cumplan con las características para su trabajo, para ello se extrae 100 kilogramos de muestra del suelo, dichas características serán comprobadas con el laboratorio de suelos.

3.8.3. Elaboración de ensayos realizados en el laboratorio de suelos

El proyecto de investigación se realizó en el prestigioso laboratorio de Suelos ubicado en el distrito de el tambo provincia de Huancayo Departamento de Junín. Los ensayos fueron realizados según especificaciones del manual de ensayo de materiales para carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

3.8.3.1. Análisis granulométrico

Se desarrollo en base a la Norma técnica peruana (NTP 339.128)

Herramientas de trabajo:

- ❖ Cuarteador.
- ❖ Balanza (sensibilidad de 0.1g)
- ❖ Tamices de 3", 2½", 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200.
- ❖ Horno (Temperatura de 110 °C ± 5 °C)
- ❖ Bandejas y taras
- ❖ Brochas
- ❖ Mazo de goma o caucho.

Descripción de procedimiento:

- ❖ Extraer 50 kg de muestra de la calicata
- ❖ Realizar el cuarteo
- ❖ Realizar el secado de la muestra a trabajar en el horno a una temperatura de 110 °C ± 5 °C por 24 horas

- ❖ Realizar el enfriamiento a temperatura ambiente para luego pesar la muestra obtenida
- ❖ Realizar la desintegración de los grumos con el mazo de caucho
- ❖ Realizar el tamizaje previa colocación de los tamices comenzando desde la abertura más grande a la abertura más pequeña según las especificaciones. Luego verter el material haciendo movimientos circulares.
- ❖ Finalmente realizar el pesaje retenido por cada tamiz incluyendo el fondo.

Tener en cuenta que:

El procedimiento será similar cuando se le adicione puzolana de ceniza de paja de trigo en sus diversas proporciones al suelo a trabajar.

Donde:

- ❖ Cálculo de retenido (%)

$$\frac{\text{Retenido (gr)}}{\text{Total retenido}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

- ❖ Cálculo de porcentaje acumulado (%)

✓ Para el primero:

$$\% \text{ Retenido acumulado} = \text{al retenido inicial \%} \dots\dots\dots(2)$$

✓ Para el segundo:

$$\text{El 1er retenido acumulado (\%)} + \text{Porcentaje retenido (\%)} \dots\dots\dots(3)$$

- ❖ Cálculo de porcentaje que pasa (%) se realiza para cada tamiz retenido.

$$\text{Retenido total (\%)} - \text{Retenido acumulado (\%)} \dots\dots\dots(4)$$

a) Cálculo granulométrico de la muestra

Tabla 8 : Resultados de los ensayos granulométricos

PESO INICIAL DE LA MUESTRA		1789	PESO DE LA MUESTRA DESPUES DEL SECADO EN HORNO		1435.9
TAMIZ	ABERTURA (mm)	RETENIDO (gr.)	RETENIDO (%)	PORCENTAJE DE PESO RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	7.40	0.52	0.52	99.48
3/8"	9.50	3.10	0.22	0.73	99.27
1/4"	6.35	14.90	1.04	1.77	98.23
N°4	4.76	37.20	2.59	4.36	95.64
N°10	2.00	225.20	15.68	20.04	79.96
N°20	0.84	171.20	11.92	31.96	68.04
N°30	0.59	113.10	7.88	39.84	60.16
N°40	0.43	75.40	5.25	45.09	54.91
N°60	0.26	95.30	6.64	51.73	48.27
N°100	0.15	98.62	6.87	58.60	41.40
N°200	0.18	23.10	1.61	60.21	39.79
FONDO	0.00	571.44	39.79	100.00	0.00
TOTAL DE RETENIDO			100.00		

❖ Se consideran los siguientes valores para su grafico

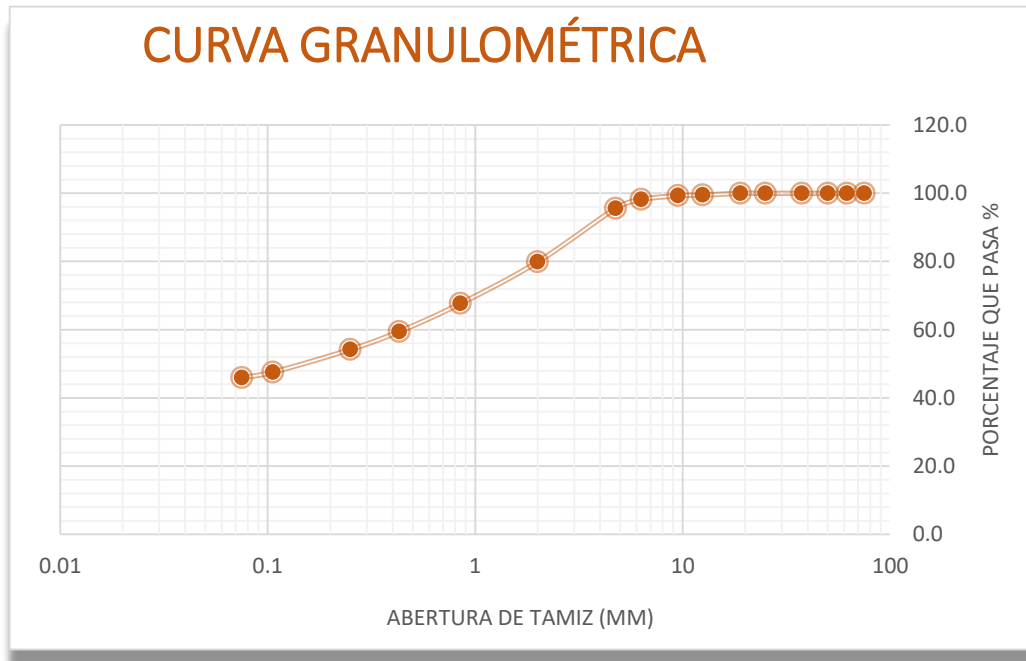
Tabla 9 : Valores para graficar la curva granulométrica

TAMIZ	ABERTURA	PASANTE (%)
3"	75.00	100.00
2 1/2"	63.50	100.00
2"	50.80	100.00
1 1/2"	38.10	100.00
1"	25.40	100.00
3/4"	19.00	100.00
1/2"	12.70	99.48
3/8"	9.50	99.27
1/4"	6.35	98.23
N°4	4.76	95.64
N°10	2.00	79.96
N°20	0.84	68.04
N°30	0.59	60.16
N°40	0.43	54.91
N°60	0.26	48.27
N°100	0.15	41.40
N°200	0.18	39.79

FONDO	0	0.00
-------	---	------

Nota: Para la gráfica se considera abertura del tamiz (mm) versus porcentaje que pasa (%)

Figura 8 : Curva granulométrica



Dando como resultado una clasificación de suelos SUCS: SC y una clasificación según AASHTO: A-6 (3)

3.8.3.2. Elaboración del límite líquido

Se desarrolló en base a la ASTM D423-66

Herramientas de trabajo:

- ❖ Tamiz N° 40
- ❖ Copa de Casagrande
- ❖ Taras
- ❖ Espátulas
- ❖ Acanalador
- ❖ Recipiente para mezclado
- ❖ Balanza con sensibilidad 0.01 g
- ❖ Horno

Descripción de procedimiento:

- ❖ Se considera 200gr de la muestra que pasa por la malla N° 40 para las pruebas respectivas.
- ❖ La muestra pasante será colocada en una tara para luego adicionar agua y dejar reposando hasta que la muestra se humedezca.
- ❖ Se realiza el mezclado hasta obtener el color uniforme y homogéneo.
- ❖ Colocar una masa pequeña en la superficie de la copa y nivelarla.
- ❖ Realizar el corte central con el acanalador.
- ❖ Verificar que el corte sea visible y que se encuentre dividido en dos partes así también Verificar que la ranura se encuentre perpendicular a la superficie y que se encuentre homogénea.
- ❖ Realizar el movimiento de la cazuela y contabilizar los golpes necesarios para cerrar la ranura en media pulgada.
- ❖ Realizar el proceso cuatro veces.
- ❖ Considerar los siguientes intervalos 15-20, 20-25, 25-30, 30-40 para la elaboración de ensayos de límite líquido.

Figura 9 :Elaboración del límite líquido



Tener en cuenta que:

El procedimiento será similar cuando se le adicione puzolana de ceniza de paja de trigo en sus diversas proporciones al suelo a trabajar.

Donde:

❖ Cálculo del peso de agua (gr)

$$= (\text{Peso de tara} + \text{suelo húmedo}) (\text{gr.}) - (\text{peso de tara} + \text{suelo seco})(\text{gr.}) \dots\dots\dots(5)$$

❖ Cálculo del peso del suelo seco (gr)

$$= (\text{Peso de tara} + \text{suelo seco}) - \text{peso de la tara} \dots\dots\dots(6)$$

❖ Cálculo del porcentaje de humedad (%)

$$= \frac{\text{Peso del agua (gr)}}{\text{Peso del suelo seco (gr)}} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

a) Cálculo del límite líquido de la muestra sin alteración

Tabla 10 : Cálculo del límite líquido sin alteración

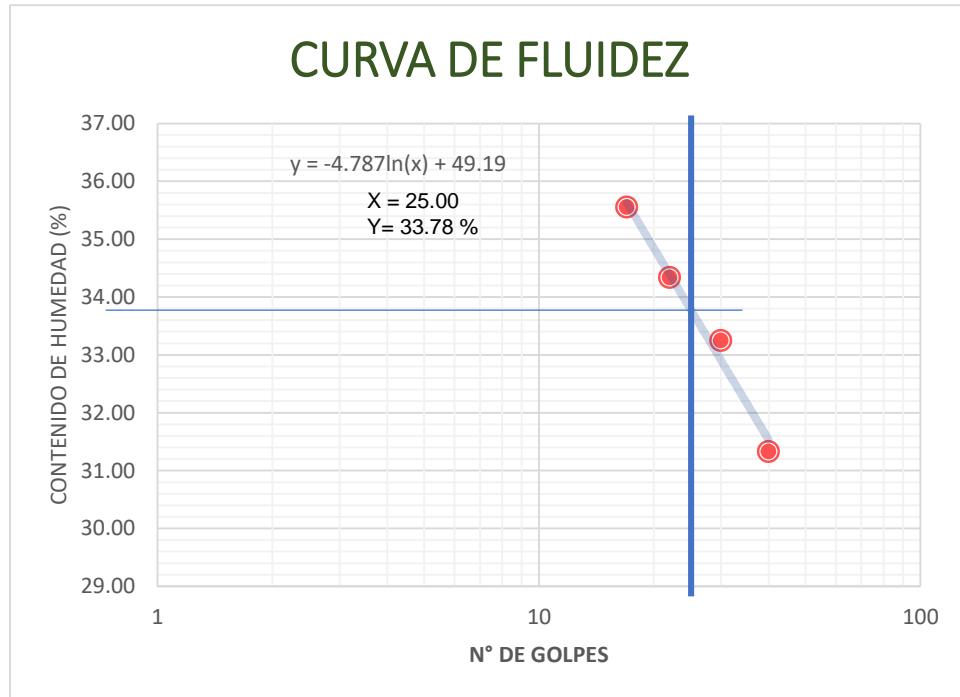
MUESTRA	1	2	3	4
Numero de golpes	40	30	22	17
N° tara	C-1	C-2	C-3	C-4
Peso de tara + suelo húmedo (gr.)	37.89	37.72	42.11	39.43
Peso de tara + suelo seco (gr.)	34.2	34	37.31	35
Peso del agua (gr.)	3.69	3.72	4.8	4.43
Peso de la tara (gr.)	22.42	22.81	23.33	22.54
Peso del suelo seco (gr.)	11.78	11.19	13.98	12.46
Humedad (%)	31.32	33.24	34.33	35.55

✓ Se considera los siguientes datos para su gráfica.

Tabla 11 :Valores para su gráfica del límite liquido sin alteración

MUESTRA	1	2	3	4
Numero de golpes	40	30	22	17
Humedad (%)	31.32	33.24	34.33	35.55

Figura 10 :Representación gráfica del límite liquido sin alteración



i. Resultado del límite liquido de la muestra sin alteración

Dando como resultado un límite liquido de 33.78%

b) Cálculo límite líquido de la muestra + 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 12 :Calculo del límite liquido de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

MUESTRA	1	2	3	4
Numero de golpes	39	29	23	16
N° tara	E-1	E-2	E-3	E-4

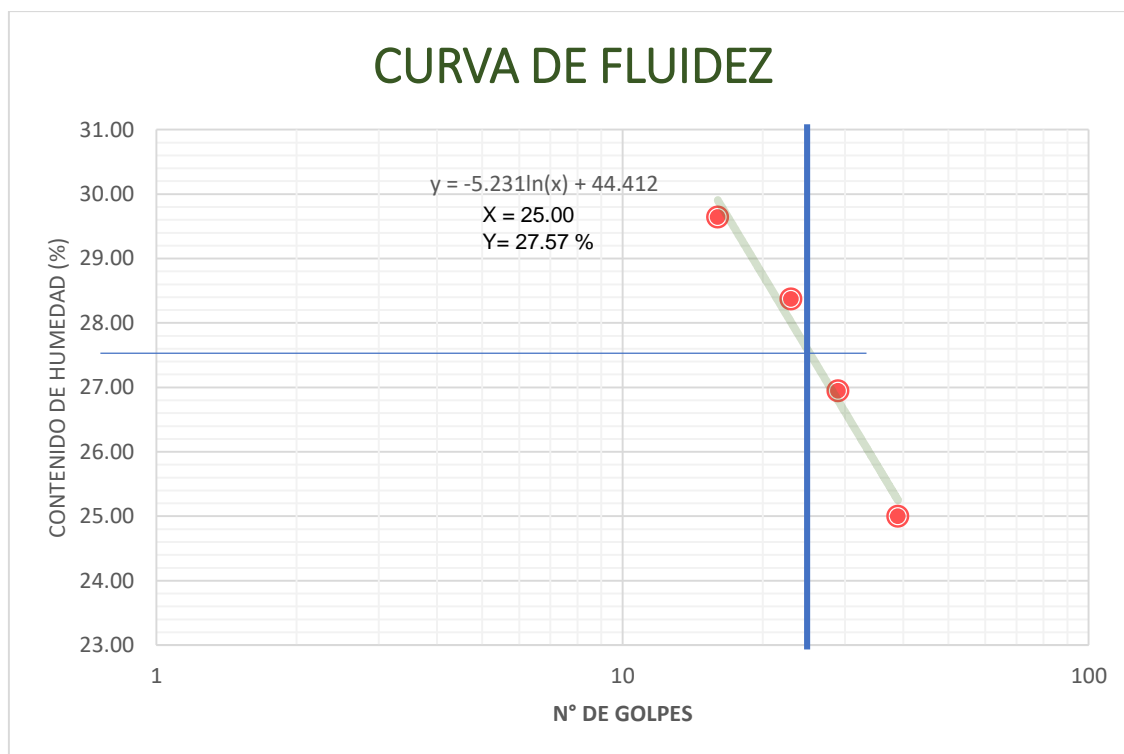
Peso de tara + suelo húmedo (gr.)	38.42	38.31	42.65	39.99
Peso de tara + suelo seco (gr.)	35.29	35.02	38.38	36
Peso del agua (gr.)	3.13	3.29	4.27	3.99
Peso de la tara (gr.)	22.42	22.81	23.33	22.54
Peso del suelo seco (gr.)	12.87	12.21	15.05	13.46
Humedad (%)	25.00	26.95	28.37	29.64

✓ Se considera los siguientes datos para su gráfica.

Tabla 13 : Valores para su grafica del límite liquido de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

MUESTRA	1	2	3	4
Numero de golpes	39	29	23	16
Humedad (%)	25.00	26.95	28.37	29.64

Figura 11 : Representación gráfica del límite liquido de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.



i. Resultado del límite líquido de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Dando como resultado un límite liquido de 27.57%

c) Cálculo límite líquido de la muestra + 20 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 14 :Calculo del límite líquido de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

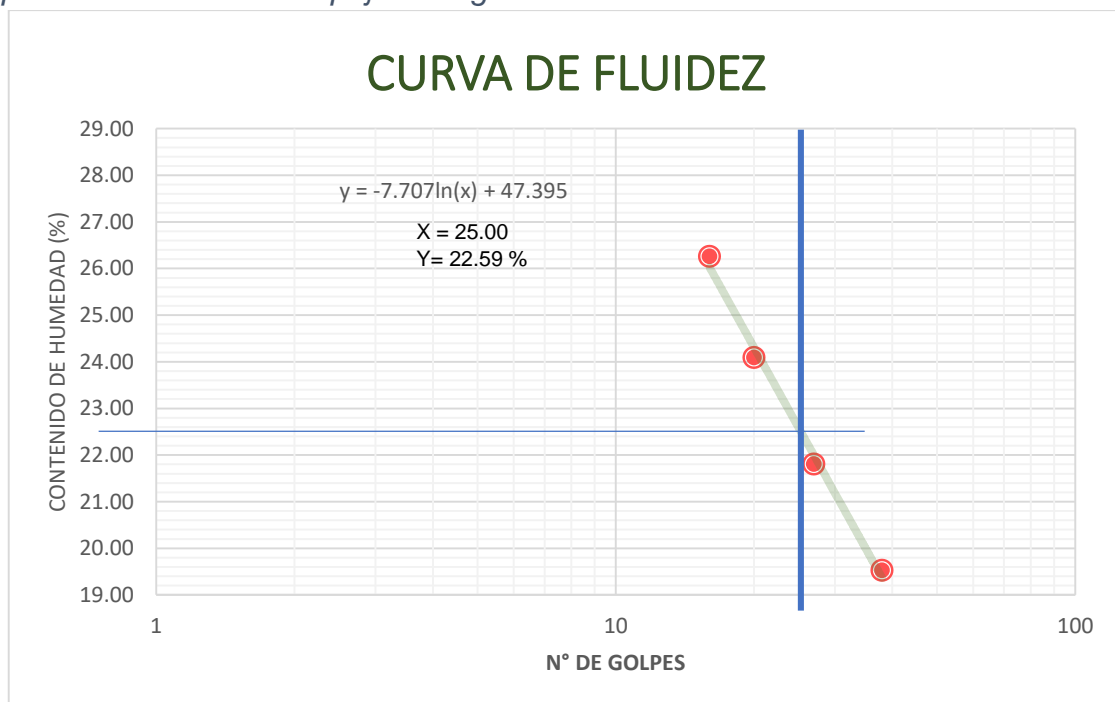
MUESTRA	1	2	3	4
Numero de golpes	38	27	20	16
N° tara	A-1	A-2	A-3	A-4
Peso de tara + suelo húmedo (gr.)	39.25	39.12	43.52	41.05
Peso de tara + suelo seco (gr.)	36.5	36.2	39.6	37.2
Peso del agua (gr.)	2.75	2.92	3.92	3.85
Peso de la tara (gr.)	22.42	22.81	23.33	22.54
Peso del suelo seco (gr.)	14.08	13.39	16.27	14.66
Humedad (%)	19.53	21.81	24.09	26.26

✓ Se considera los siguientes datos para su gráfica.

Tabla 15 :Valores para su grafica del límite liquido de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

MUESTRA	1	2	3	4
Numero de golpes	38	27	20	16
Humedad (%)	19.53	21.81	24.09	26.26

Figura 12 :Representación gráfica del límite líquido de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.



i. Resultado del límite líquido de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Dando como resultado un límite líquido de 22.59%

d) Cálculo límite líquido de la muestra + 30 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 16 :Calculo del límite líquido de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

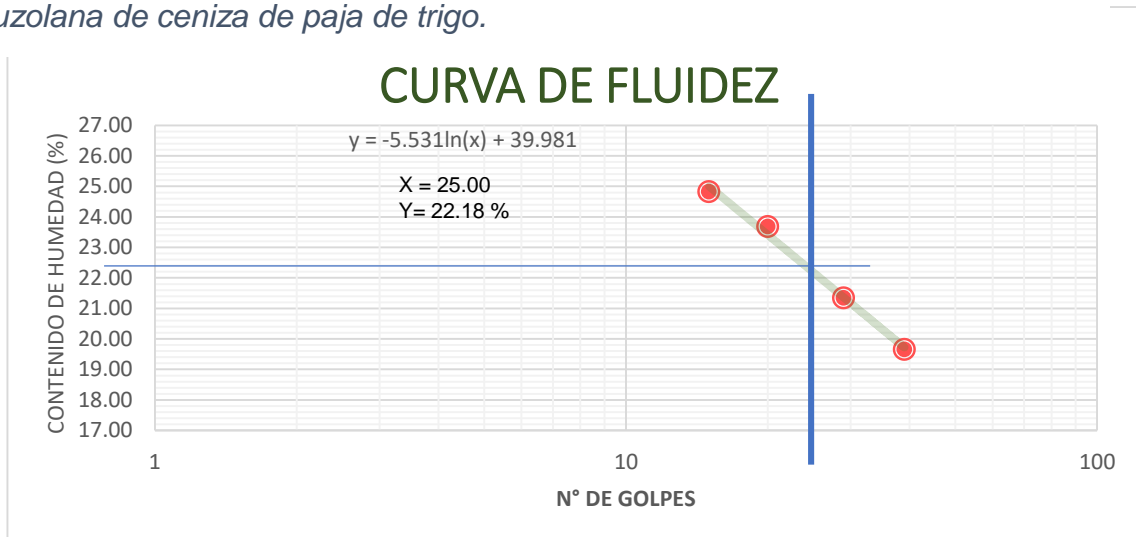
MUESTRA	1	2	3	4
Numero de golpes	39	29	20	15
N° tara	F-1	F-2	F-3	F-4
Peso de tara + suelo húmedo (gr.)	40.32	40.21	44.59	42.15
Peso de tara + suelo seco (gr.)	37.38	37.15	40.52	38.25
Peso del agua (gr.)	2.94	3.06	4.07	3.9
Peso de la tara (gr.)	22.42	22.81	23.33	22.54
Peso del suelo seco (gr.)	14.96	14.34	17.19	15.71
Humedad (%)	19.65	21.34	23.68	24.82

✓ Se considera los siguientes datos para su gráfica.

Tabla 17 :Valores para su grafica del límite líquido de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

MUESTRA	1	2	3	4
Numero de golpes	39	29	20	15
Humedad (%)	19.65	21.34	23.68	24.82

Figura 13 :Representación gráfica del Límite líquido de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.



i. Resultado del límite líquido de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Dando como resultado un límite líquido de 22.18%

3.8.3.3. Elaboración del límite plástico

Se desarrollo en base a la Normativa peruana (NTP 339.129)

Herramientas de trabajo:

- ❖ Tamiz N° 40
- ❖ Taras
- ❖ Espátulas
- ❖ Capsula para la evaporación
- ❖ Recipiente para mezclado
- ❖ Agua destilada
- ❖ Vidrio grueso esmerilado
- ❖ Balanza con sensibilidad 0.01 g
- ❖ Horno

Descripción de procedimiento:

- ❖ Se considera 50gr de la muestra que pasa por la malla N°40
- ❖ La muestra pasante será colocada en una tara para luego adicionar agua destilada y este será amasado hasta conseguir fácilmente esferas
- ❖ Se coge una porción pequeña de la masa para colocar en el vidrio esmerilado y con las yemas de los dedos se aplica una proporción de fuerza indicada para formar gusanitos
- ❖ Los gusanitos deben tener un diámetro permisible de 3,2 mm
- ❖ Luego se pesa y se debe obtener 6 g de suelo en forma de estos gusanitos.

Figura 14 :Elaboración del límite plástico



IMAGEN N° 1 Elaboración del límite plástico

Tener en cuenta que:

El procedimiento será similar cuando se le adicione puzolana de ceniza de paja de trigo en sus diversas proporciones al suelo a trabajar.

Donde:

❖ Cálculo del peso de agua (gr)

$$= (\text{Peso de tara} + \text{suelo húmedo})(\text{gr.}) - (\text{peso de tara} + \text{suelo seco})(\text{gr.}) \dots\dots\dots(8)$$

❖ Cálculo del peso del suelo seco (gr)

$$= (\text{Peso de tara} + \text{suelo seco}) - \text{peso de la tara} \dots\dots\dots(9)$$

❖ Cálculo del porcentaje de humedad (%)

$$= \frac{\text{Peso del agua (gr)}}{\text{Peso del suelo seco (gr)}} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

Así también se Calcula el índice de plasticidad (%):

$$\text{Indice de Plasticidad} = \text{Límite Líquido} - \text{Límite de Plasticidad} \dots\dots\dots(11)$$

a) Cálculo del límite plástico de la muestra sin alteración

Tabla 18 :Cálculo del límite plástico de la muestra sin alteración

MUESTRA	1	2
N° tara	C5	C7
Peso de tara + suelo húmedo (gr.)	39.61	43.63
Peso de tara + suelo seco (gr.)	37.1	40.4
Peso del agua (gr.)	2.51	3.23
Peso de la tara (gr.)	22.83	22.57
Peso del suelo seco (gr.)	14.27	17.83
Humedad (%)	17.59	18.12
Límite plástico	17.85	

i. Resultado del límite plástico de la muestra

Dando como resultado un límite plástico de 17.85 %

ii. Cálculo del índice de plasticidad de la muestra

$$I.P = 33.78\% - 17.85\%$$

$$I.P = 15.93\% \dots\dots\dots(12)$$

b) Cálculo límite plástico de la muestra + 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 19 :Cálculo del límite plástico de la muestra más 10% de puzolana

MUESTRA	1	2
N° tara	E9	E3
Peso de tara + suelo húmedo (gr.)	41.9	42.9
Peso de tara + suelo seco (gr.)	39.2	40
Peso del agua (gr.)	2.7	2.9
Peso de la tara (gr.)	22.5	22.6
Peso del suelo seco (gr.)	16.7	17.4
Humedad (%)	16.17	16.67
Límite plástico	16.42	

i. Resultado del límite plástico de la muestra + 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Dando como resultado un límite plástico de 16.42 %

ii. Cálculo del índice de plasticidad de la muestra + 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

$$I.P = 27.57\% - 16.42\%$$

$$I.P = 11.15 \% \dots\dots\dots(13)$$

c) Cálculo del límite plástico de la muestra + 20 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 20 :Cálculo del límite plástico de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

MUESTRA	1	2
N° tara	K5	K2
Peso de tara + suelo húmedo (gr.)	43.4	44.8
Peso de tara + suelo seco (gr.)	40.5	41.6
Peso del agua (gr.)	2.9	3.2
Peso de la tara (gr.)	22.4	22.2
Peso del suelo seco (gr.)	18.1	19.4
Humedad (%)	16.02	16.49
Límite plástico	16.26	

i. Resultado del límite plástico de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Dando como resultado un límite plástico de 16.26 %

ii. Cálculo del índice de plasticidad de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

$$I.P = 22.59\% - 16.26\%$$

$$I.P = 6.33 \% \dots\dots\dots(14)$$

d) Cálculo límite líquido de la muestra + 30 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 21 :Cálculo del límite plástico de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

MUESTRA	1	2
----------------	----------	----------

N° TARA	R3	R6
PESO DE TARA + SUELO HÚMEDO (gr.)	40.1	42.2
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr.)	37.7	39.6
PESO DEL AGUA (gr.)	2.4	2.6
PESO DE LA TARA (gr.)	21.9	22.2
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	15.8	17.4
HUMEDAD (%)	15.19	14.94
LIMITE PLÁSTICO	15.07	

i. Resultado del límite plástico de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Dando como resultado un límite plástico de 15.07 %

ii. Cálculo del índice de plasticidad de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

$$I.P = 22.18\% - 15.07\%$$

$$I.P = 7.11\% \dots\dots\dots(15)$$

3.8.3.4. Elaboración del Próctor Modificado

Se desarrollo en base a la Normativa peruana (NTP 339.141) Norma ASTM D1557-2012 – Test Mothod for Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft3) 2,700 KN- m/m3.

Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada MTC E 115.

Herramientas de trabajo:

- ❖ Molde de 4”
- ❖ Pisón manual
- ❖ Balanza con sensibilidad 0.01 g
- ❖ Horno
- ❖ Regla
- ❖ Tamices de 3/4”, 3/8” y N°4

- ❖ Cuchara
- ❖ Mezclador
- ❖ Paletas
- ❖ Espátula
- ❖ Mazo de goma

Descripción de procedimiento:

- ❖ Secar el material al aire libre
- ❖ Desintegrar los grumos presentes en el material con ayuda del mazo de goma.
- ❖ Tamizar el material en las mallas de 3/4", 3/8" y N° 4 para determinar el método de prueba. Tipo A, B o C
- ❖ Obtenido el método Tipo A. se emplea 2,3 kg de material tamizado por la malla N°4.
- ❖ Para cada muestra se utiliza 5 capas de igual proporción y cada capa golpeada por 25 golpes.
- ❖ Se realiza 4 muestras y estas serán agregadas agua en diferentes porcentajes
- ❖ Considera que los golpes se deben realizar en toda el área superior del molde y efectuadas en forma circular soltando el pisón las cuales ejerce fuerza desde la caída libre, así también considerar de igual para las 5 capas.
- ❖ Culminada las 5 capas compactadas se quita el collarín y se enrasada con la regla metálica.
- ❖ Se prosigue a retirar la base para ser pesada con el molde.
- ❖ Obtenido el peso, se extrae de la parte central del molde una toma de muestra de 500g aproximadamente.
- ❖ Finalmente, para obtener el contenido de humedad, la muestra obtenida se llevará al horno.

Figura 15 :Elaboración del próctor modificado



Tener en cuenta que:

El procedimiento será similar cuando se le adicione puzolana de ceniza de paja de trigo en sus diversas proporciones al suelo a trabajar.

Donde:

- ❖ Cálculo de Suelo + Molde gr.

$$\begin{aligned} & \text{Peso de Molde (gr) + Peso Suelo Humedo} \\ & \text{Compactado (gr)(16)} \end{aligned}$$

- ❖ Cálculo del peso volumétrico húmedo (gr/cm3)

$$= \frac{\text{Peso del suelo humedo compactado (gr)}}{\text{Volumén (cm3)}} \text{(17)}$$

- ❖ Cálculo del peso de agua (gr)

$$= (\text{Peso de tara + suelo húmedo}) - (\text{peso de la tara + suelo seco}) \text{(18)}$$

❖ Cálculo del peso del suelo seco (gr)

$$=(\text{Peso de tara} + \text{suelo seco}) - \text{Peso de la tara} \dots\dots\dots(19)$$

❖ Cálculo del contenido de agua (%)

$$= \frac{\text{Peso del agua (gr)}}{\text{Peso del suelo seco (gr)}} \times 100 \dots\dots\dots(20)$$

❖ Cálculo del peso volumétrico seco (gr/cm³)

$$= \frac{\text{Peso volumetrico humedo}(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3})}{1 + \frac{\text{Contenido de agua (\%)}}{100}} \dots\dots\dots(21)$$

a) Cálculo del Proctor Modificado de la muestra

Elaborado el ensayo se obtuvo los siguientes datos:

- ✓ Material a utilizar:
 - Estrato de suelo = 2300 gr
 - Proporción de agua = 0%, 3% 6% 9% y 12%

Tabla 22 :Valores obtenidos del próctor modificado sin alteración

DESCRIPCIÓN	DATOS				
	0%	3%	6%	9%	12%
Peso de Molde gr.	1746.1	1746.1	1746.1	1746.1	1746.1
Peso Suelo Húmedo Compactado gr.	1590.8	1712.9	1805	1768.9	1702
Volumen cm ³	941	941	941	941	941
Recipiente N°	Z-4	Z-3	Z-6	Z-2	Z-5
Peso Suelo Húmedo + Tara gr.	96.4	93.4	93.6	98.9	99.9
Peso de Suelo Seco +Tara gr.	89.3	85.8	85.1	88.7	89.2
Peso de Tara	23	22.8	22.2	22.2	24.2

- ✓ Para ello se debe calcular los siguientes datos según menciona la tabla

Tabla 23 :Datos que se obtendrán del próctor modificado sin alteración

DESCRIPCIÓN	DATOS				
	0%	3%	6%	9%	12%
Peso de Suelo + Molde gr.	-	-	-	-	-
Peso Volumétrico Húmedo gr/cm3	-	-	-	-	-
Peso del Agua	-	-	-	-	-
Peso Suelo Seco	-	-	-	-	-
Contenido de Agua %	-	-	-	-	-
Peso Volumétrico Seco gr/cm3	-	-	-	-	-

- ✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 24:Cálculo obtenido del próctor modificado sin alteración

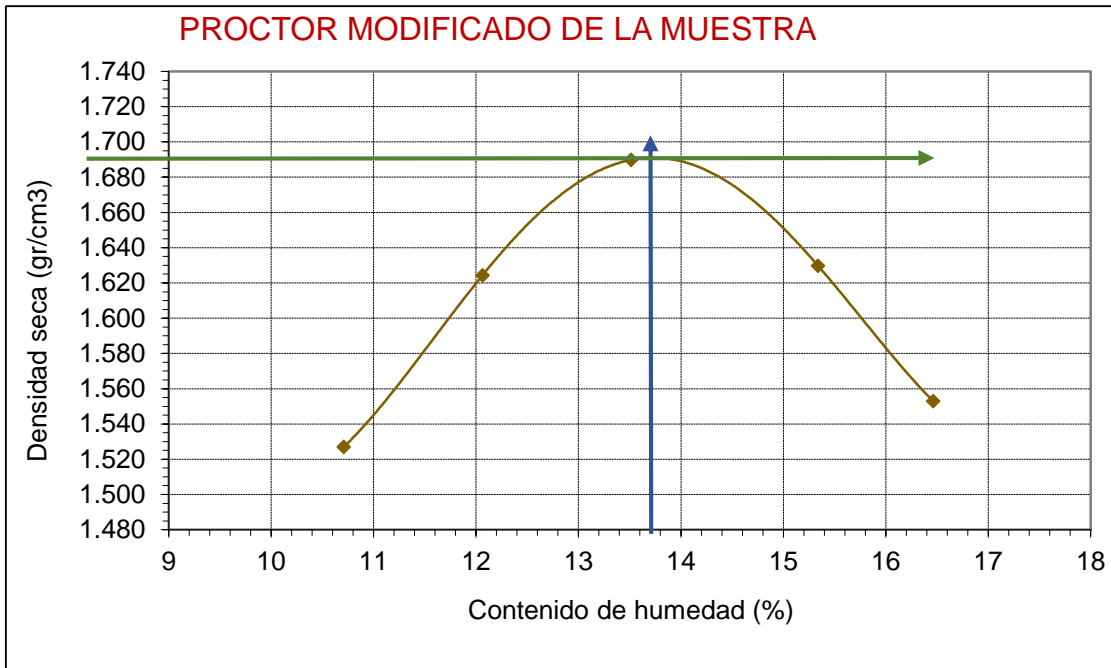
DESCRIPCIÓN	DATOS				
	0%	3%	6%	9%	12%
Peso de Suelo + Molde gr.	3336.9	3475	3551.1	3525	3448.1
Peso de Molde gr.	1746.1	1746.1	1746.1	1746.1	1746.1
Peso Suelo Húmedo Compactado gr.	1590.8	1712.9	1805	1768.9	1702
Volumen cm3	941	941	941	941	941
Peso Volumétrico Húmedo gr/cm3	1.691	1.820	1.918	1.880	1.809
RECIPIENTE Nº	Z-4	Z-3	Z-6	Z-2	Z-5
Peso Suelo Húmedo + Tara gr.	96.4	93.4	93.6	98.9	99.9
Peso de Suelo Seco +Tara gr.	89.3	85.8	85.1	88.7	89.2
Peso de Tara	23	22.8	22.2	22.2	24.2
Peso del Agua	7.1	7.6	8.5	10.2	10.7
Peso Suelo Seco	66.3	63	62.9	66.5	65
Contenido de Agua %	10.71	12.06	13.51	15.34	16.46
Peso Volumétrico Seco gr/cm3	1.527	1.624	1.690	1.630	1.553

- ✓ Se considera los siguientes valores para su gráfica

Tabla 25 :Valores para su gráfica del próctor modificado sin alteración

DESCRIPCIÓN	DATOS				
	0%	3%	6%	9%	12%
Contenido de Agua %	10.71	12.06	13.51	15.34	16.46
Peso Volumétrico Seco gr/cm3	1.527	1.624	1.690	1.630	1.553

Figura 16 :Gráfica del próctor modificado sin alteración



i. Resultado del Proctor Modificado de la muestra

- Máxima Densidad Seca = 1.69 Gr/cm³
- Humedad Optima = 13.70 %

b) Cálculo del Proctor Modificado de la muestra + 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Elaborado el ensayo se obtuvo los siguientes datos:

- ✓ Material a utilizar:
 - Estrato de suelo = 2300 gr
 - Proporción de agua = 3%, 6%, 9% y 12%

Tabla 26 :Valores obtenidos del próctor modificado de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS			
	3%	6%	9%	12%
Peso de Molde gr.	1745.60	1745.60	1745.60	1745.60
Peso Suelo Húmedo Compactado gr.	1598.00	1721.50	1835.30	1747.50

Volumen cm3	941.00	941.00	941.00	941.00
RECIPIENTE N°	Z-14	Z-13	Z-16	Z-12
Peso Suelo Húmedo + Tara gr.	94.80	92.30	96.40	94.10
Peso de Suelo Seco +Tara gr.	89.40	85.90	88.50	85.20
Peso de Tara	18.70	18.95	20.19	20.28

- ✓ Para ello se debe calcular los siguientes datos según menciona la tabla

Tabla 27 :Datos que se obtendrán del próctor modificado de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS			
	3%	6%	8%	12%
Peso de Suelo + Molde gr.	-	-	-	-
Peso Volumétrico Húmedo gr/cm3	-	-	-	-
Peso del Agua	-	-	-	-
Peso Suelo Seco	-	-	-	-
Contenido de Agua %	-	-	-	-
Peso Volumétrico Seco gr/cm3	-	-	-	-

- ✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 28 :Cálculo obtenido del próctor modificado + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS			
	3%	6%	8%	12%
Peso de Suelo + Molde gr.	3343.60	3467.10	3580.90	3493.10
Peso de Molde gr.	1745.60	1745.60	1745.60	1745.60
Peso Suelo Húmedo Compactado gr.	1598.00	1721.50	1835.30	1747.50
Volumen cm3	941.00	941.00	941.00	941.00
Peso Volumétrico Húmedo gr/cm3	1.70	1.83	1.95	1.86
RECIPIENTE N°	Z-14	Z-13	Z-16	Z-12
Peso Suelo Húmedo + Tara gr.	94.80	92.30	96.40	94.10
Peso de Suelo Seco +Tara gr.	89.40	85.90	88.50	85.20
Peso de Tara	18.70	18.95	20.19	20.28
Peso del Agua	5.40	6.40	7.90	8.90
Peso Suelo Seco	70.70	66.95	68.31	64.92
Contenido de Agua %	7.64	9.56	11.56	13.71

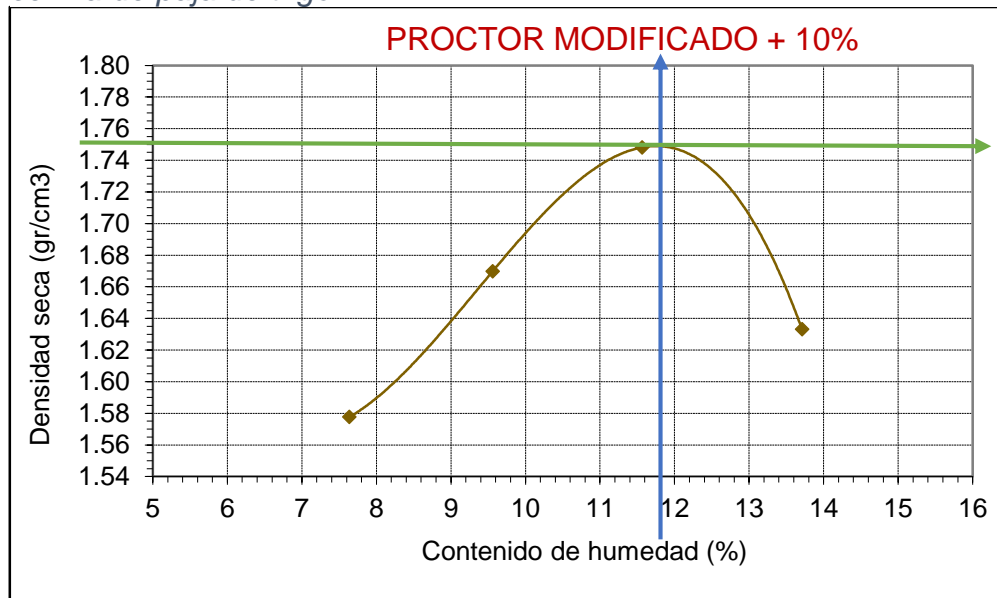
Peso Volumétrico Seco gr/cm ³	1.58	1.67	1.75	1.63
--	------	------	------	------

✓ Se considera los siguientes valores para su gráfica.

Tabla 29 : Valores para su gráfica del próctor modificado + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS			
	3%	6%	8%	12%
Contenido de Agua %	7.64	9.56	11.56	13.71
Peso Volumétrico Seco gr/cm ³	1.58	1.67	1.75	1.63

Figura 17 : Gráfico del próctor modificado + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.



ii. Resultado del Proctor Modificado de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

- Máxima Densidad Seca = 1.75 Gr/cm³
- Humedad Óptima = 11.80 %

c) Cálculo del Proctor Modificado de la muestra + 20 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Elaborado el ensayo se obtuvo los siguientes datos:

✓ Material a utilizar:

- Estrato de suelo = 2300 gr

- Proporción de agua = 3%, 6%, 9% y 12%

Tabla 30 :Valores obtenidos del próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo

DESCRIPCIÓN	DATOS			
	3%	6%	9%	12%
Peso de Molde gr.	1745.60	1745.60	1745.60	1745.60
Peso Suelo Húmedo Compactado gr.	1652.00	1766.50	1857.20	1775.50
Volumen cm ³	941.00	941.00	941.00	941.00
Recipiente Nº	R-20	R-9	Z-4	Z-6
Peso Suelo Húmedo + Tara gr.	80.20	88.20	118.52	144.29
Peso de Suelo Seco +Tara gr.	75.80	82.71	109.80	131.60
Peso de Tara	17.50	18.41	28.68	29.19

- ✓ Para ello se debe calcular los siguientes datos según menciona la tabla

Tabla 31 :Datos que se obtendrá el próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS			
	3%	6%	8%	12%
Peso de Suelo + Molde gr.	-	-	-	-
Peso Volumétrico Húmedo gr/cm ³	-	-	-	-
Peso del Agua	-	-	-	-
Peso Suelo Seco	-	-	-	-
Contenido de Agua %	-	-	-	-
Peso Volumétrico Seco gr/cm ³	-	-	-	-

- ✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 32 :Cálculo obtenido del próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS			
	3%	6%	8%	12%
Peso de Suelo + Molde gr.	3397.60	3512.10	3602.80	3521.10
Peso de Molde gr.	1745.60	1745.60	1745.60	1745.60
Peso Suelo Húmedo Compactado gr.	1652.00	1766.50	1857.20	1775.50

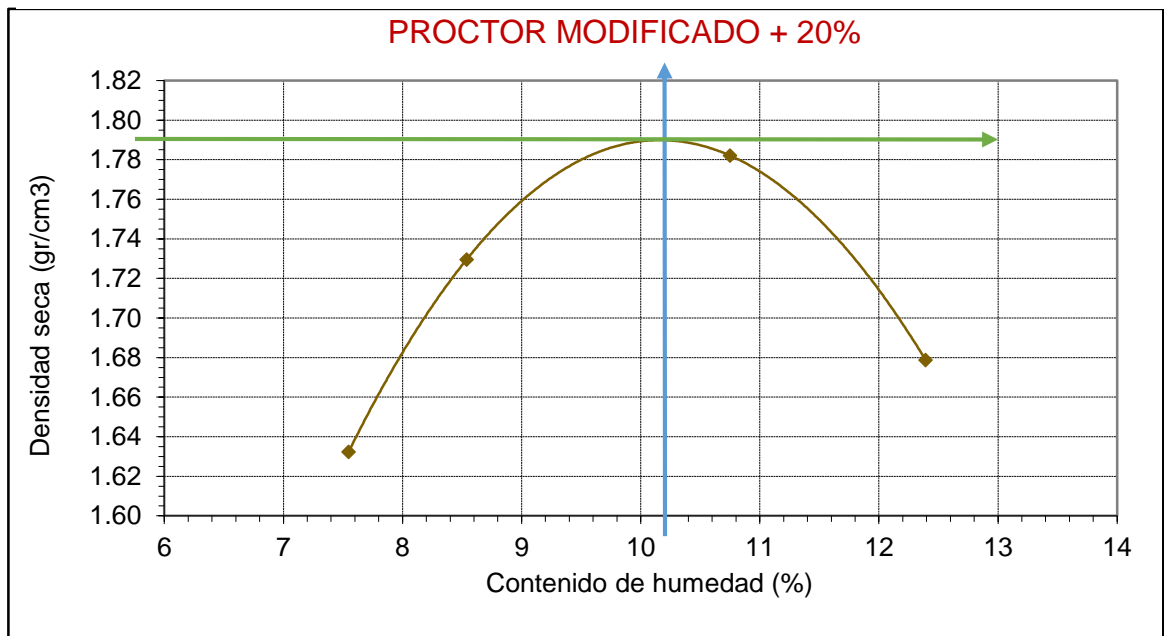
Volumen cm ³	941.00	941.00	941.00	941.00
Peso Volumétrico Húmedo gr/cm ³	1.76	1.88	1.97	1.89
RECIPIENTE N°	R-20	R-9	Z-4	Z-6
Peso Suelo Húmedo + Tara gr.	80.20	88.20	118.52	144.29
Peso de Suelo Seco +Tara gr.	75.50	82.71	109.80	131.60
Peso de Tara	17.50	18.41	28.68	29.19
Peso del Agua	4.40	5.49	8.72	12.69
Peso Suelo Seco	58.30	64.30	81.12	102.41
Contenido de Agua %	7.55	8.54	10.75	12.39
Peso Volumétrico Seco gr/cm ³	1.63	1.73	1.78	1.68

✓ Se considera los siguientes valores para su gráfica.

Tabla 33 :Valores para su grafica del próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS			
	3%	6%	8%	12%
Contenido de Agua %	7.55	8.54	10.75	12.39
Peso Volumétrico Seco gr/cm ³	1.63	1.73	1.78	1.68

Figura 18 :Gráfica del próctor modificado + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo



iii. Resultado del Proctor Modificado de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

- Máxima Densidad Seca = 1.79 Gr/cm³
- Humedad Optima = 10.20 %

d) Cálculo del Proctor Modificado de la muestra + 30 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Elaborado el ensayo se obtuvo los siguientes datos:

- ✓ Material a utilizar:
 - Estrato de suelo = 2300 gr
 - Proporción de agua = 3%, 6%, 9% y 12%

Tabla 34 :Valores obtenidos del próctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS				
	0%	3%	6%	9%	12%
Peso de Molde gr.	1745.60	1745.60	1745.60	1745.60	1745.60
Peso Suelo Húmedo Compactado gr.	1584.20	1672.20	1786.20	1714.30	1632.00
Volumen cm ³	941.00	941.00	941.00	941.00	941.00
RECIPIENTE N°	S-4	S-3	S-6	S-2	S-5
Peso Suelo Húmedo + Tara gr.	84.10	82.10	82.20	87.50	88.40
Peso de Suelo Seco +Tara gr.	80.80	78.10	77.10	81.10	81.10
Peso de Tara	22.98	22.47	22.10	21.80	21.20

- ✓ Para ello se debe calcular los siguientes datos según menciona la tabla

Tabla 35 :Datos que se obtendrán del próctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS				
	0%	3%	6%	9%	12%
Peso de Suelo + Molde gr.	-	-	-	-	-
Peso Volumétrico Húmedo gr/cm ³	-	-	-	-	-
Peso del Agua	-	-	-	-	-
Peso Suelo Seco	-	-	-	-	-
Contenido de Agua %	-	-	-	-	-
Peso Volumétrico Seco gr/cm ³	-	-	-	-	-

- ✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 36 :Calculo obtenido del próctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo

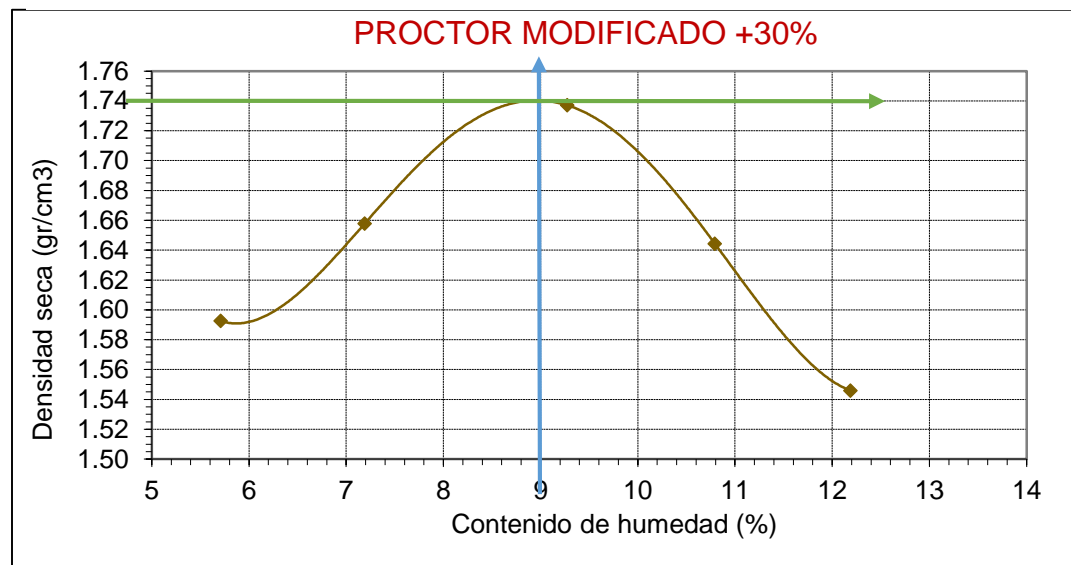
DESCRIPCIÓN	DATOS				
	0%	3%	6%	9%	12%
Peso de Suelo + Molde gr.	3329.80	3417.80	3531.80	3459.90	3377.60
Peso de Molde gr.	1745.60	1745.60	1745.60	1745.60	1745.60
Peso Suelo Húmedo Compactado gr.	1584.20	1672.20	1786.20	1714.30	1632.00
Volumen cm ³	941.00	941.00	941.00	941.00	941.00
Peso Volumétrico Húmedo gr/cm ³	1.68	1.78	1.90	1.82	1.73
RECIPIENTE N°	S-4	S-3	S-6	S-2	S-5
Peso Suelo Húmedo + Tara gr.	84.10	82.10	82.20	87.50	88.40
Peso de Suelo Seco +Tara gr.	80.80	78.10	77.10	81.10	81.10
Peso de Tara	22.98	22.47	22.10	21.80	21.20
Peso del Agua	3.30	4.00	5.10	6.40	7.30
Peso Suelo Seco	57.82	55.63	55.00	59.30	59.90
Contenido de Agua %	5.71	7.19	9.27	10.79	12.19
Peso Volumétrico Seco gr/cm ³	1.59	1.66	1.74	1.64	1.55

✓ Se considera los siguientes valores para su gráfica

Tabla 37 :Valores para su grafica del Proctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DATOS				
	0%	3%	6%	9%	12%
Contenido de Agua %	5.71	7.19	9.27	10.79	12.19
Peso Volumétrico Seco gr/cm ³	1.59	1.66	1.74	1.64	1.55

Figura 19 :Gráfica del próctor modificado + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.



i. Resultado del Proctor Modificado de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

- Máxima Densidad Seca = 1.74 Gr/cm³
- Humedad Optima = 9.00 %

3.8.3.5. Elaboración del CBR (California Bearing Ratio)

Se desarrollo en base a la Normativa peruana (NTP 339.145)
Norma: ASTM D 1883 – Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory – Compacted Solis.
MTC E 132 CBR de Suelos (Laboratorio)

Herramientas de trabajo:

- ❖ Molde de diámetro de 6”, altura de 7” a 8”
- ❖ Collarín de 2”
- ❖ Disco esparcidor
- ❖ Pisón con peso de 10 libras y altura de caída 18”
- ❖ Pesas de plomo anular de 5 libras cada uno
- ❖ Prueba de penetración pistón sección circular con diámetro de 2”
- ❖ Aparato para aplicar la carga prensa hidráulica con una velocidad de 0.05 pulg/minuto con un anillo calibrado equipo misceláneo
- ❖ Balanza con sensibilidad 0.01 g
- ❖ Horno.
- ❖ Regla.
- ❖ Tamices de 3/4”, 3/8” y N°4
- ❖ Papel filtro.

Descripción de procedimiento:

- ❖ “Se prepara 3 muestras de 5.00 kg para cada molde”
- ❖ “La muestra debe estar tamizada por N°4”

- ❖ Se utiliza el óptimo contenido de humedad obtenido en el ensayo Proctor Modificado.
- ❖ Se mezcla la muestra y se le agrega el agua obtenida del ensayo anterior.
- ❖ Luego en el molde se coloca el disco y en seguida se coloca el papel filtro para luego colocar la muestra se compacta 3 especímenes para que sus densidades vallas desde el 95% o más alta hasta 100% compactando cada capa de 56, 26 y 12 golpes según ASTM.
- ❖ registra el peso molde más base más la muestra, la muestra sobrante se utiliza para determinar el contenido de humedad colocadas en una tara para luego su secado
- ❖ después de haber registrado el peso del molde se coloca sobre la superficie de la muestra compactada se coloca la placa perforada y sobre esta, 2 pesos una circular y una anular, colocar el trípode dial sobre el molde y hacer una lectura de encerado antes de sumergir
- ❖ luego se sumerge el molde en el agua colocando el trípode con el dial encima del molde y hacemos una lectura inicial sumergido durante el tiempo de saturación, se mantiene por 4 días luego se vierte el agua durante 15 minutos se quita lo que se puso en la superficie y se pesaran el molde más la muestra saturada, se coloca la misma sobrecarga de pesas anulares y circulares
- ❖ Luego se lleva la muestra al dispositivo de carga y se aplica una sobrecarga poniendo en cero la penetración y la sobre carga para registrar las penetraciones
- ❖ Finalmente, se desmonta el molde y se toma de la parte superior aproximadamente donde se hizo la penetración dos muestras para determinar el contenido de humedad. Con los parámetros requeridos se procede a los cálculos

Tener en cuenta que:

El procedimiento será similar cuando se le adicione puzolana de ceniza de paja de trigo en sus diversas proporciones al suelo a trabajar.

Así también:

Debemos conocer los moldes a utilizar para obtener el área y el volumen, los cuales están en la siguiente tabla.

Tabla 38 :Medidas del instrumento CBR

DESCRIPCIÓN	MEDIDAS DEL INSTRUMENTO CBR					
CAPAS Nº	55	55	26	26	12	12
MOLDE Nº	M-C	M-F	M-E	M-B	M-D	M-A
PESO DEL MOLDE	4675	4603	4676	4676	4703	4703
d	15.22	15.24	15.23	15.23	15.24	15.24
ht	17.77	17.74	17.76	17.76	17.76	17.76
h	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15
H	11.61	11.59	11.61	11.61	11.61	11.60
AREA DEL MOLDE	182.03	182.44	182.20	182.10	182.30	182.44
VOLUMEN DE MOLDE	2115.80	2114.20	2111.00	2111.00	2114.00	2115.80

Donde:

✓ **Cálculo de valor relativo de soporte CBR**

❖ Cálculo del peso del suelo húmedo.

$$= (\text{Peso del molde} + \text{suelo húmedo}) - \text{peso del molde} \dots\dots(22)$$

❖ Cálculo de la densidad húmeda.

$$= \frac{\text{Peso del suelo húmedo}}{\text{Volumen del molde}} \dots\dots\dots(23)$$

❖ Cálculo del peso del agua.

$$= (\text{Tara} + \text{Suelo húmedo}) - (\text{Tara} + \text{Suelo seco}) \dots\dots\dots(24)$$

❖ Cálculo del peso del suelo seco.

$$= (\text{Tara} + \text{Suelo seco}) - \text{peso de la tara} \dots\dots\dots(25)$$

❖ Cálculo del porcentaje de humedad.

$$= \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100 \dots\dots\dots(26)$$

✓ **Cálculo para convertir**

- ❖ Cálculo de convertir de kilogramos a libras.

$$\text{Libras} = \text{Kg} \times 2.2046 \dots\dots\dots(27)$$

- ❖ Cálculo de convertir de libras a libras/pulg2

$$= \frac{\text{Libras}}{\text{Pi radianes}} \dots\dots\dots(28)$$

✓ **Cálculo para la expansión**

- ❖ Cálculo para calcular su expansión

$$\text{Expansión} = \text{Dial} \times 0.0254 \dots\dots\dots(29)$$

- ❖ Cálculo para calcular su porcentaje

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Lectura del dial}}{\text{Altura de la muestra}} \times 100 \dots\dots\dots(30)$$

✓ **Cálculo C.B.R. al 95%**

$$\text{Máxima desidad seca} \times 0.95$$

a) Cálculo del CBR de la muestra

Primera parte

- ✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 39 :Datos del 1er paso – CBR- de la muestra sin alteración

DESCRIPCIÓN	DETERMINACION DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR					
	SIN SATURAR		SIN SATURAR		SIN SATURAR	
Nº de golpes por capa	55		26		12	
Molde Nº	M - C		M - B		M - A	
Capas Nº	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SATURAR SATURADA		SATURAR SATURADA		SATURAR SATURADA	

Peso del molde + suelo húmedo	8489	8550	8355	8490	8070	8230
Peso del molde	4450	4579	4430	4676	4359	4703
Peso del suelo húmedo	-	-	-	-	-	-
Volúmen del molde	2115.80	2115.80	2115.80	2115.80	2115.80	2115.80
Densidad húmeda	-	-	-	-	-	--
Densidad seca	-	-	-	-	-	-
Tara N°	D - 10	C- 5	D - 4	E - 3	D - 11	G - 8
Tara + suelo húmedo	134.47	76.09	131.31	105.17	131.31	94.1
Tara + suelo seco	123.80	69.10	120.20	94.90	120.10	85.35
Peso del agua	-	-	-	-	-	-
Peso de la tara	43.31	22.41	40.03	22.21	40.03	22.56
Peso del suelo seco	-	-	-	-	-	-
% de humedad	-	-	-	-	-	-

✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 40 :Resultados del 1er paso - CBR muestra sin alteración

DESCRIPCIÓN	DETERMINACION DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR					
	55		26		12	
Nº de golpes por capa	55		26		12	
Molde N°	M - C		M - B		M - A	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN		SIN		SIN	
	SATURAR	SATURADA	SATURAR	SATURADA	SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo húmedo	8489	8550	8355	8490	8070	8230
Peso del molde	4450	4579	4430	4676	4359	4703
Peso del suelo húmedo	4039	3971	3925	3814	3711	3527
Volúmen del molde	2115.80	2115.80	2115.80	2115.80	2115.80	2115.80
Densidad húmeda	1.91	1.88	1.86	1.80	1.75	1.67
% de humedad	13.26	14.97	13.86	14.13	14.00	13.94
Densidad seca	1.69	1.63	1.63	1.58	1.54	1.46
Tara N°	D - 10	C- 5	D - 4	E - 3	D - 11	G - 8
Tara + suelo húmedo	134.47	76.09	131.31	105.17	131.31	94.1
Tara + suelo seco	123.80	69.10	120.20	94.90	120.10	85.35
Peso del agua	10.67	6.99	11.11	10.27	11.21	8.75
Peso de la tara	43.31	22.41	40.03	22.21	40.03	22.56
Peso del suelo seco	80.49	46.69	80.17	72.69	80.07	62.79
% de humedad	13.26	14.97	13.86	14.13	14.00	13.94

Segunda parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 41 :Datos del 2do paso - CBR muestra sin alteración

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24	3.00	-	-	7.00	-	-	10.50	-	-
-48	4.00	-	-	9.00	-	-	12.20	-	-
72	5.50	-	-	10.00	-	-	13.00	-	-
96	6.20	-	-	10.90	-	-	13.50	-	-

✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 42 :Resultados del 2do paso - CBR muestra sin alteración

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24	3.00	0.076	0.06	7.00	0.178	0.14	10.50	0.267	0.21
48	4.00	0.102	0.08	9.00	0.229	0.18	12.20	0.310	0.24
72	5.50	0.140	0.11	10.00	0.254	0.20	13.00	0.330	0.26
96	6.20	0.157	0.12	10.90	0.277	0.22	13.50	0.343	0.27

Tercera parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 43 :Datos del 3er paso - CBR muestra sin alteración

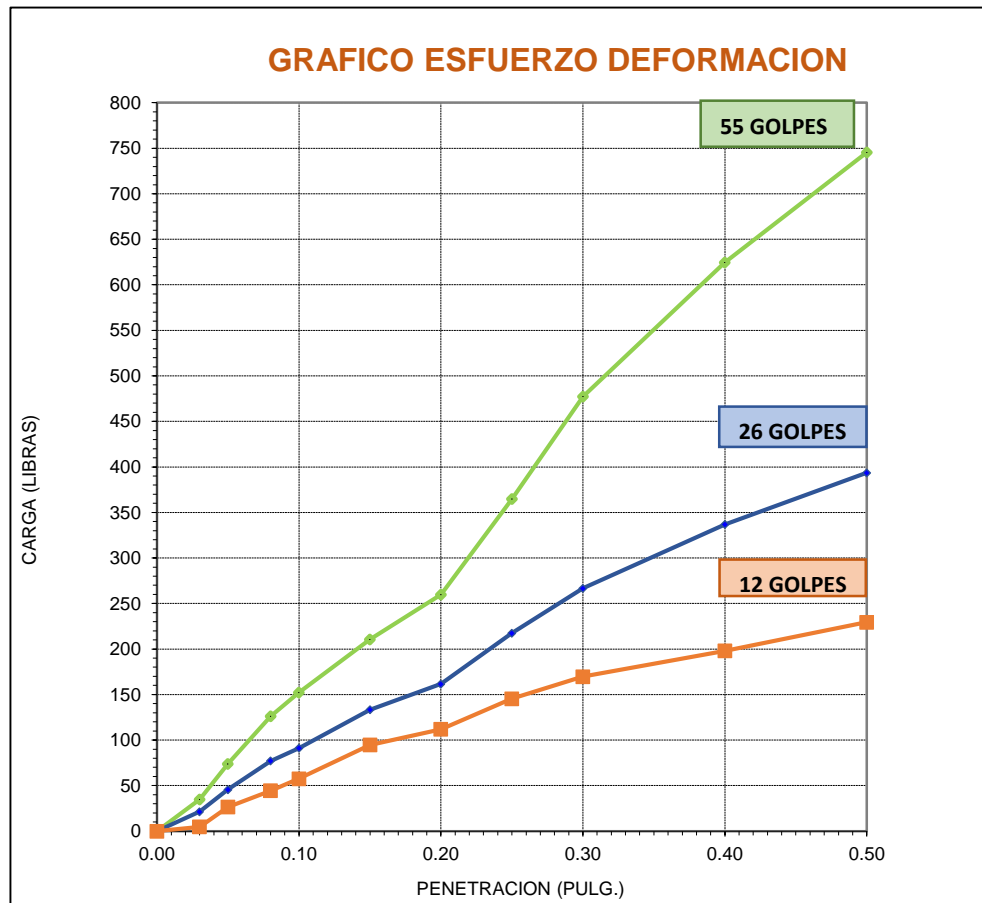
PENETRACION pulg.	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-
0.03	49.70	-	-	30.49	-	-	6.60	-	-
0.05	105.30	-	-	65.00	-	-	37.80	-	-
0.08	180.00	-	-	110.00	-	-	63.20	-	-

0.10	217.00	-	-	129.90	-	-	82.20	-	-
0.15	300.00	-	-	190.00	-	-	135.00	-	-
0.20	370.10	-	-	230.39	-	-	159.50	-	-
0.25	520.00	-	-	310.00	-	-	207.40	-	-
0.30	680.00	-	-	380.00	-	-	241.90	-	-
0.40	890.00	-	-	480.00	-	-	282.10	-	-
0.50	1062.20	-	-	560.95	-	-	327.10	-	-

Tabla 44 :Resultados del 3er paso - CBR de la muestra sin alteración

PENETRACION pulg.	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	49.70	109.57	34.88	30.49	67.22	21.40	6.60	14.55	4.63
0.05	105.30	232.14	73.89	65.00	143.30	45.61	37.80	83.33	26.53
0.08	180.00	396.83	126.31	110.00	242.51	77.19	63.20	139.33	44.35
0.10	217.00	478.40	152.28	129.90	286.38	91.16	82.20	181.22	57.68
0.15	300.00	661.38	210.52	190.00	418.87	133.33	135.00	297.62	94.74
0.20	370.10	815.92	259.72	230.39	507.92	161.68	159.50	351.63	111.93
0.25	520.00	1146.39	364.91	310.00	683.43	217.54	207.40	457.23	145.54
0.30	680.00	1499.13	477.19	380.00	837.75	266.66	241.90	533.29	169.75
0.40	890.00	1962.09	624.55	480.00	1058.21	336.84	282.10	621.92	197.96
0.50	1062.20	2341.73	745.39	560.95	1236.67	393.64	327.10	721.12	229.54

Figura 20 :Grafica esfuerzo y deformación CBR sin alteración



✓ Para calcular el C.B.R. se necesita los siguientes datos

Tabla 45 :Datos I para calcular el CBR de la muestra sin alteración

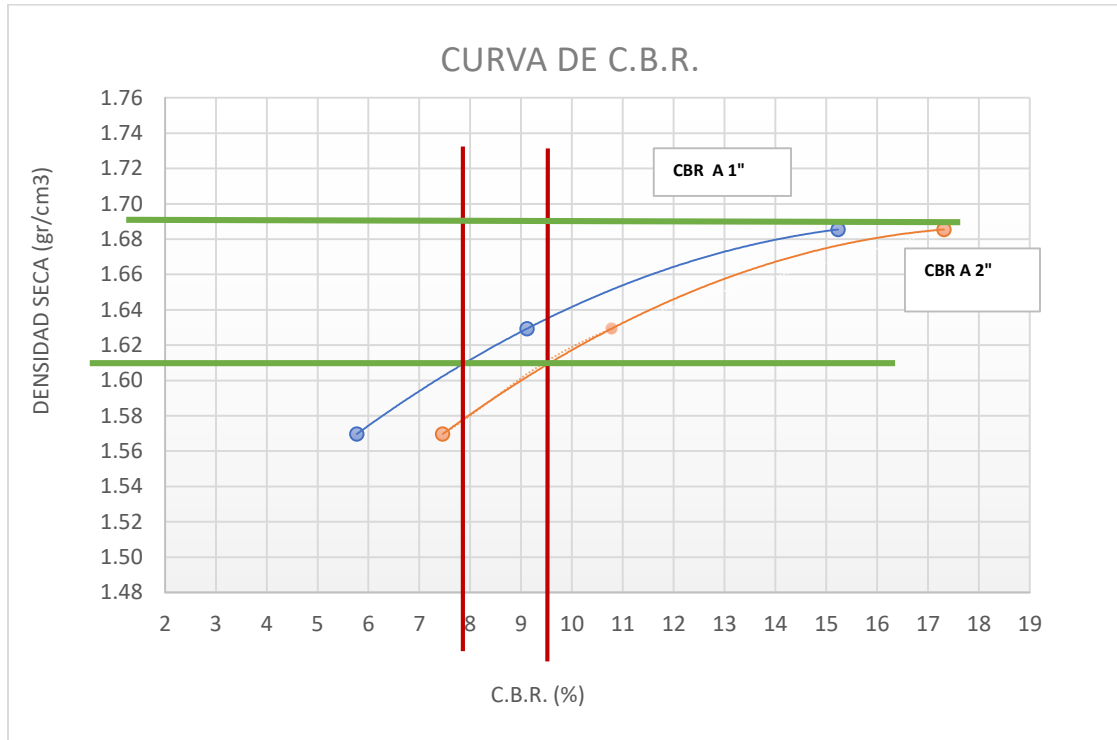
PENETRACION	56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES
pulgadas	<u>LBS/PULG2</u>	<u>LBS/PULG3</u>	<u>LBS/PULG4</u>
0.1	152.28	91.16	57.68
0.2	259.72	161.68	111.93

Tabla 46 :Datos II para calcular el CBR de la muestra sin alteración

DESCRIPCIÓN	MOLDES A CADA GOLPES		
Nº de golpes por capa	55	26	12
Densidad Seca	1.69	1.63	1.54

- $1.69 \times 0.95 = 1.61$

Figura 21 :Curva CBR muestra sin alteración



i. Resultado del CBR de la muestra sin alteración

Tabla 47 :Resultados del CBR de la muestra sin alteración

C.B.R. a 2.5mm de Penetración		C.B.R. a 5mm de Penetración	
C.B.R. al 100% de su MDS	15.23%	C.B.R. al 100% de su MDS	17.31%
C.B.R. al 95% de su MDS	7.92%	C.B.R. al 95% de su MDS	9.53%

b) Cálculo del CBR de la muestra + 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Primera parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 48 :Datos del 1er paso CBR de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo

DESCRIPCIÓN	DETERMINACION DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR		
Nº de golpes por capa	55	26	12
Molde N°	M - C	M - B	M - A

Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo húmedo	8860	8923	8626	8651	8465	8487
Peso del molde	4718	4703	4676	4676	4703	4703
Peso del suelo húmedo	-	-	-	-	-	-
Volúmen del molde	2114.00	2114.00	2114.00	2114.00	2114.00	2114.00
Densidad húmeda	-	-	-	-	-	--
Densidad seca	-	-	-	-	-	-
Tara N°	N-30	Z-3	D-6	Z-4	D-9	Z-2
Tara + suelo húmedo	210.61	178.00	141.23	129.47	153.13	133.70
Tara + suelo seco	195.00	160.90	130.50	117.80	140.80	120.90
Peso del agua	-	-	-	-	-	-
Peso de la tara	65.00	29.59	43.64	28.68	45.75	28.93
Peso del suelo seco	-	-	-	-	-	-
% de humedad	-	-	-	-	-	-

✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 49 :Resultados del 1er paso CBR de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DETERMINACION DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR					
N° de golpes por capa	55		26		12	
Molde N°	M - C		M - B		M - A	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo húmedo	8860	8923	8626	8651	8465	8487
Peso del molde	4718	4703	4676	4676	4703	4703
Peso del suelo húmedo	4142	4220	3950	3975	3762	3784
Volúmen del molde	2114.00	2114.00	2114.00	2114.00	2114.00	2114.00
Densidad húmeda	1.96	2.00	1.87	1.88	1.78	1.79
% de humedad	12.01	13.02	12.35	13.09	12.97	13.92
Densidad seca	1.75	1.77	1.67	1.66	1.58	1.57
Tara N°	N-30	Z-3	D-6	Z-4	D-9	Z-2
Tara + suelo húmedo	210.61	178.00	141.23	129.47	153.13	133.70
Tara + suelo seco	195.00	160.90	130.50	117.80	140.80	120.90
Peso del agua	15.61	17.10	10.73	11.67	12.33	12.80
Peso de la tara	65.00	29.59	43.64	28.68	45.75	28.93
Peso del suelo seco	130.00	131.31	86.86	89.12	95.05	91.97

% de humedad	12.01	13.02	12.35	13.09	12.97	13.92
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Segunda parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 50 :Datos del 2do paso CBR de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24	4.00	-	-	8.00	-	-	12.00	-	-
48	5.50	-	-	10.00	-	-	14.00	-	-
72	6.50	-	-	12.00	-	-	14.50	-	-
96	7.50	-	-	13.50	-	-	15.00	-	-

✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 51 :Resultados del 2do paso CBR de la muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24	4.00	0.102	0.08	8.00	0.203	0.16	12.00	0.305	0.24
48	5.50	0.140	0.11	10.00	0.254	0.20	14.00	0.356	0.28
72	6.50	0.165	0.13	12.00	0.305	0.24	14.50	0.368	0.29
96	7.50	0.191	0.15	13.50	0.343	0.27	15.00	0.381	0.30

Tercera parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 52 :Datos del 3er paso CBR de la muestra +10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

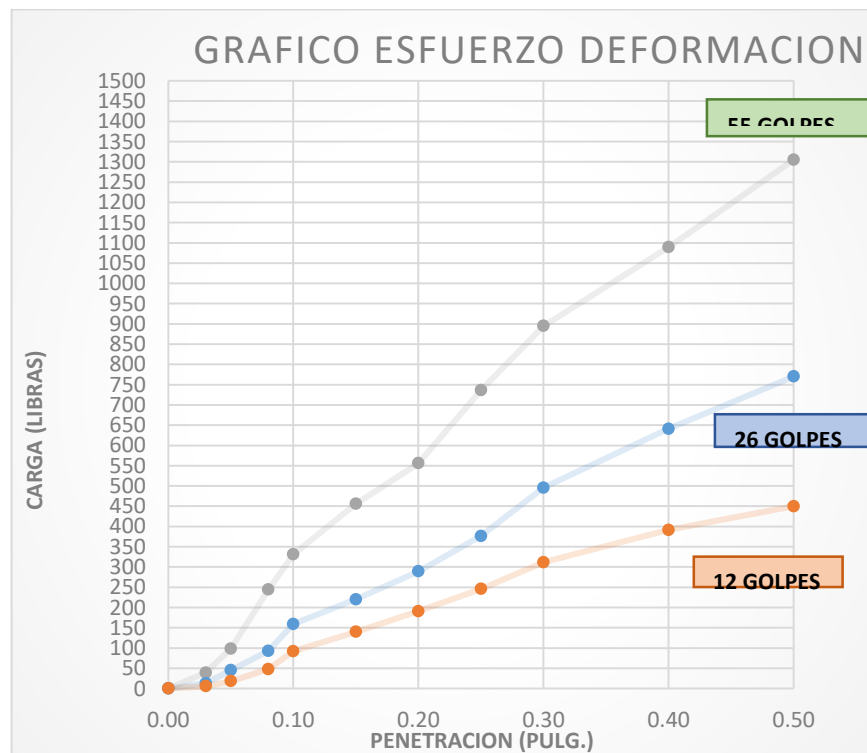
PENETRACION	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	pulg.	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS
0.00	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-
0.03	55.90	-	-	18.70	-	-	7.60	-	-
0.05	139.90	-	-	64.00	-	-	26.04	-	-
0.08	347.50	-	-	132.10	-	-	68.18	-	-
0.10	471.80	-	-	226.90	-	-	131.32	-	-
0.15	649.30	-	-	313.60	-	-	199.43	-	-

0.20	792.40	-	-	411.90	-	-	271.66	-	-
0.25	1049.00	-	-	536.10	-	-	349.79	-	-
0.30	1275.30	-	-	706.10	-	-	443.83	-	-
0.40	1552.30	-	-	913.20	-	-	557.69	-	-
0.50	1859.40	-	-	1097.20	-	-	640.71	-	-

Tabla 53 : Resultado del 3er paso CBR de la muestra + 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

PENETRACION pulg.	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	55.90	123.24	39.23	18.70	41.23	13.12	7.60	16.75	5.33
0.05	139.90	308.42	98.17	64.00	141.09	44.91	26.04	57.41	18.27
0.08	347.50	766.10	243.86	132.10	291.23	92.70	68.18	150.31	47.85
0.10	471.80	1040.13	331.08	226.90	500.22	159.23	131.32	289.51	92.15
0.15	649.30	1431.45	455.64	313.60	691.36	220.07	199.43	439.66	139.95
0.20	792.40	1746.93	556.06	411.90	908.07	289.05	271.66	598.90	190.64
0.25	1049.00	2312.63	736.13	536.10	1181.89	376.21	349.79	771.15	245.46
0.30	1275.30	2811.53	894.94	706.10	1556.67	495.50	443.83	978.47	311.46
0.40	1552.30	3422.20	1089.32	913.20	2013.24	640.83	557.69	1229.48	391.36
0.50	1859.40	4099.23	1304.83	1097.20	2418.89	769.96	640.71	1412.51	449.62

Figura 22 : Grafica esfuerzo y deformación CBR muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo



✓ Para calcular el C.B.R. se necesita los siguientes datos

Tabla 54 :Dato I para calcular CBR de la muestra + 10% de puzolana de cenizas de paja de trigo.

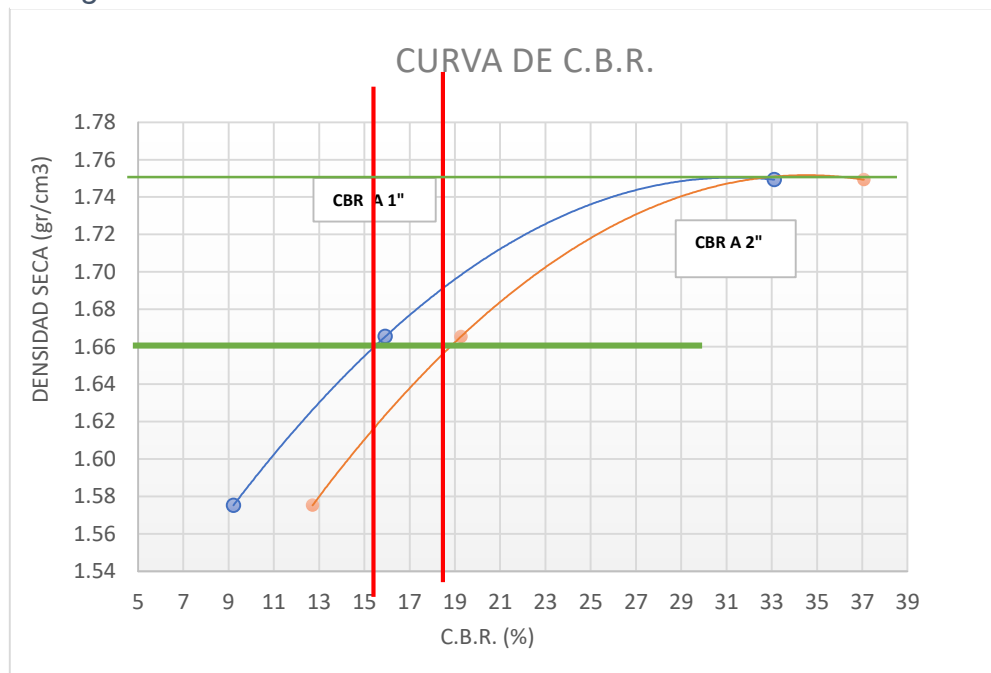
PENETRACION	56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES
<u>pulgadas</u>	<u>LBS/PULG2</u>	<u>LBS/PULG3</u>	<u>LBS/PULG4</u>
0.1	331.08	159.23	92.15
0.2	556.06	289.05	190.64

Tabla 55 :Datos II para calculo CBR de la muestra +10% de puzolana de cenizas de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	MOLDES A CADA GOLPES		
Nº de golpes por capa	55	26	10
Densidad Seca	1.75	1.67	1.57

- $1.75 \times 0.95 = 1.66$

Figura 23 :Curva CBR muestra + 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo



ii. Resultado CBR de la muestra +10% de puzolana de ceniza de paja de trigo

Tabla 56 :Resultado del CBR de la muestra +10% de puzolana de ceniza de paja de trigo

C.B.R. a 2.5mm de Penetración		C.B.R. a 5mm de Penetración	
C.B.R. al 100% de su MDS	33.20%	C.B.R. al 100% de su MDS	36.90%
C.B.R. al 95% de su MDS	15.50%	C.B.R. al 95% de su MDS	18.60%

c) Cálculo del CBR de la muestra + 20 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Primera parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 57 :Datos obtenidos 1er paso CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DETERMINACION DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR					
	SIN SATURAR		SIN SATURADA		SIN SATURAR	
Nº de golpes por capa	55		26		12	
Molde Nº	M - C		M - B		M - A	
Capas Nº	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR		SIN SATURADA		SIN SATURAR	
Peso del molde + suelo húmedo	8765	8780	8537	8588	8298	8310
Peso del molde	4603	4603	4676	4676	4703	4703
Peso del suelo húmedo	-	-	-	-	-	-
Volúmen del molde	2114.00	2114.00	2111.00	2111.00	2114.00	2114.00
Densidad húmeda	-	-	-	-	-	--
Densidad seca	-	-	-	-	-	-
Tara Nº	E-4	D-14	C-4	D-16	C-2	D-12
Tara + suelo húmedo	68.10	123.9	69.30	136.20	72.80	132.20
Tara + suelo seco	63.90	116.00	64.90	125.70	68.20	122.70
Peso del agua	-	-	-	-	-	-
Peso de la tara	22.19	46.49	22.80	37.98	22.89	44.21
Peso del suelo seco	-	-	-	-	-	-
% de humedad	-	-	-	-	-	-

✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 58 :Resultados del 1er paso CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DETERMINACION DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
-------------	--

Nº de golpes por capa	55		26		12	
Molde Nº	M - C		M - B		M - A	
Capas Nº	5		5		5	
	SIN		SIN		SIN	
CONDICION DE LA MUESTRA	SATURAR	SATURADA	SATURAR	SATURADA	SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo húmedo	8765	8780	8537	8588	8298	8310
Peso del molde	4603	4603	4676	4676	4703	4703
Peso del suelo húmedo	4162	4177	3861	3912	3595	3607
Volúmen del molde	2114.00	2114.00	2111.00	2111.00	2114.00	2114.00
Densidad húmeda	1.97	1.98	1.83	1.85	1.70	1.71
% de humedad	10.07	11.37	10.45	11.97	10.15	12.10
Densidad seca	1.79	1.77	1.66	1.66	1.54	1.52
Tara Nº	E-4	D-14	C-4	D-16	C-2	D-12
Tara + suelo húmedo	68.10	123.9	69.30	136.20	72.80	132.20
Tara + suelo seco	63.90	116.00	64.90	125.70	68.20	122.70
Peso del agua	4.20	7.90	4.40	10.50	4.60	9.50
Peso de la tara	22.19	46.49	22.80	37.98	22.89	44.21
Peso del suelo seco	41.71	69.51	42.10	87.72	45.31	78.49
% de humedad	10.07	11.37	10.45	11.97	10.15	12.10

Segunda parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 59 :Datos del 2do paso CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24	4.5	-	-	9.0	-	-	12.50	-	-
48	6.0	-	-	11.50	-	-	15.5	-	-
72	7.0	-	-	13.50	-	-	16.0	-	-
96	8.0	-	-	14.00	-	-	16.50	-	-

✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 60 :Resultados del 2do paso CBR de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	

HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24	4.5	0.114	0.09	9.0	0.229	0.18	12.50	0.318	0.25
48	6.0	0.152	0.12	11.50	0.292	0.23	15.5	0.394	0.31
72	7.0	0.178	0.14	13.50	0.343	0.27	16.0	0.406	0.32
96	8.0	0.203	0.16	14.00	0.356	0.28	16.50	0.419	0.33

Tercera parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

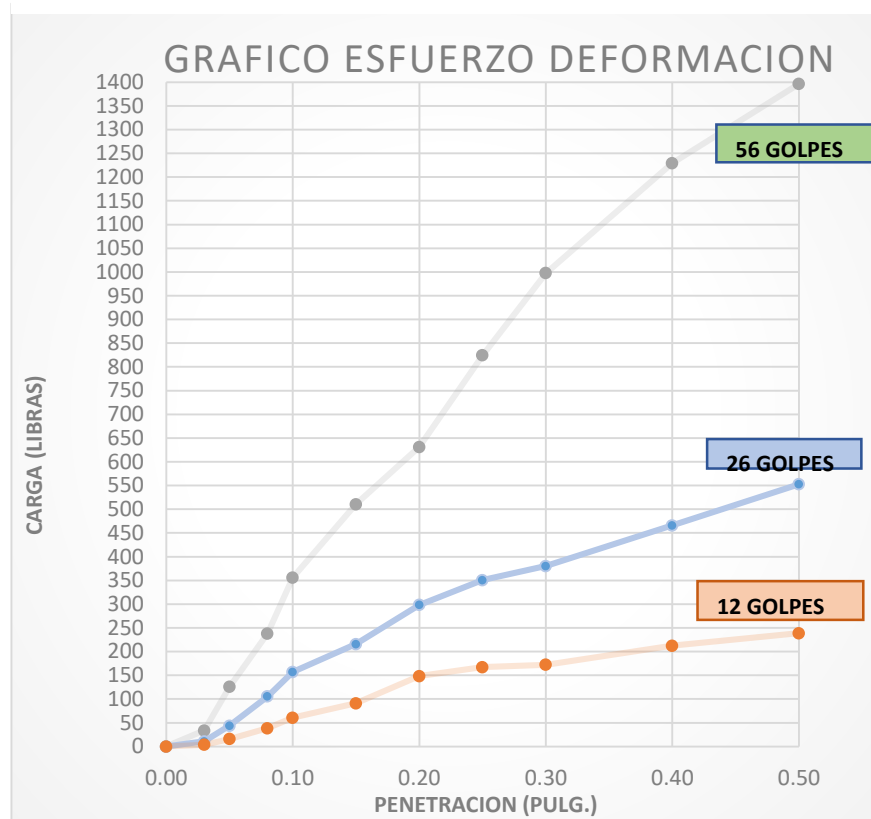
Tabla 61 :Datos del 3er paso CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo

PENETRACION pulg.	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-
0.03	48.20	-	-	15.50	-	-	5.40	-	-
0.05	179.30	-	-	62.30	-	-	22.70	-	-
0.08	339.40	-	-	150.40	-	-	54.70	-	-
0.10	507.20	-	-	223.70	-	-	86.30	-	-
0.15	727.50	-	-	307.50	-	-	129.70	-	-
0.20	899.30	-	-	425.10	-	-	211.60	-	-
0.25	1174.70	-	-	499.90	-	-	238.30	-	-
0.30	1421.90	-	-	541.90	-	-	245.60	-	-
0.40	1751.90	-	-	664.20	-	-	302.70	-	-
0.50	1989.70	-	-	787.50	-	-	340.20	-	-

Tabla 62 :Resultados del 3er paso CBR de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

PENETRACION pulg.	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	48.20	106.26	33.82	15.50	34.17	10.88	5.40	11.90	3.79
0.05	179.30	395.28	125.82	62.30	137.35	43.72	22.70	50.04	15.93
0.08	339.40	748.24	238.17	150.40	331.57	105.54	54.70	120.59	38.39
0.10	507.20	1118.17	355.93	223.70	493.17	156.98	86.30	190.26	60.56
0.15	727.50	1603.85	510.52	307.50	677.91	215.79	129.70	285.94	91.02
0.20	899.30	1982.60	631.08	425.10	937.18	298.31	211.60	466.49	148.49
0.25	1174.70	2589.74	824.34	499.90	1102.08	350.80	238.30	525.36	167.23
0.30	1421.90	3134.72	997.81	541.90	1194.67	380.28	245.60	541.45	172.35
0.40	1751.90	3862.24	1229.39	664.20	1464.30	466.10	302.70	667.33	212.42
0.50	1989.70	4386.49	1396.26	787.50	1736.12	552.62	340.20	750.00	238.73

Figura 24 :Grafica esfuerzo y deformación de la muestra + 20% de ceniza de paja de trigo



✓ Para calcular el C.B.R. se necesita los siguientes datos

Tabla 63 :Datos I para calcular CBR de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo

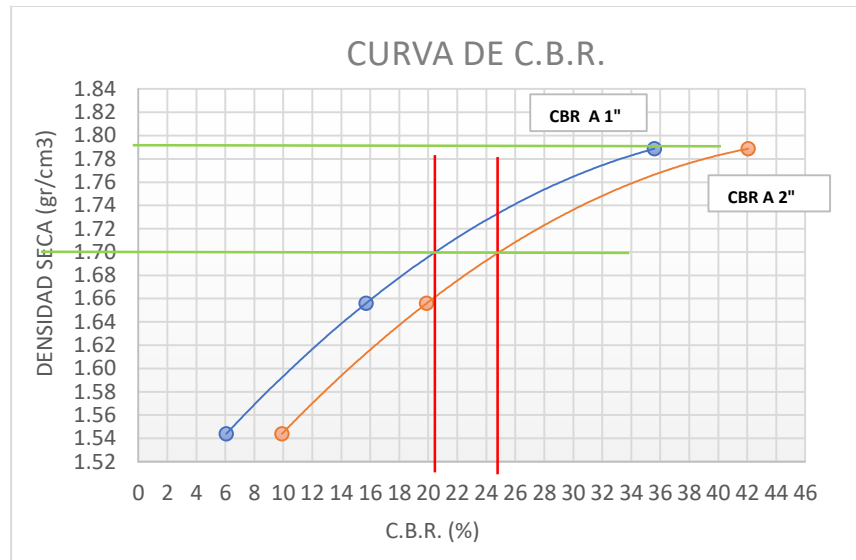
PENETRACION	56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES
<u>pulgadas</u>	<u>LBS/PULG2</u>	<u>LBS/PULG2</u>	<u>LBS/PULG2</u>
0.1	355.93	156.98	60.56
0.2	631.08	298.31	148.49

Tabla 64 :Datos II para calculo CBR de la muestra +20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	MOLDES A CADA GOLPES		
Nº de golpes por capa	55	26	10
Densidad Seca	1.79	1.66	1.54

- $1.79 \times 0.95 = 1.70$

Figura 25 :Curva de CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.



iii. Resultado del Proctor Modificado de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 65 :Resultado del CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

C.B.R. a 2.5mm de Penetración		C.B.R. a 5mm de Penetración	
C.B.R. al 100% de su MDS	35.60%	C.B.R. al 100% de su MDS	42.10%
C.B.R. al 95% de su MDS	20.50%	C.B.R. al 95% de su MDS	24.90%

d) Cálculo del CBR de la muestra + 30 % de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Primera parte

✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 66 :Datos del 1er paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	DETERMINACION DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR			
	SIN SATURAR		SIN SATURAR	
Nº de golpes por capa	55	26	55	12
Molde Nº	M - C	M - B	M - C	M - A
Capas Nº	5	5	5	5
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA

Peso del molde + suelo húmedo	8530	8710	8390	8290	8120	7828
Peso del molde	4525	4703	4626	4676	4579	4703
Peso del suelo húmedo	-	-	-	-	-	-
Volúmen del molde	2114	2114	2111	2111	2114	2114
Densidad húmeda	-	-	-	-	-	--
Densidad seca	-	-	-	-	-	-
Tara N°	E-6	D-4	C-10	Z-6	T-1	D-4
Tara + suelo húmedo	59.6	148.40	66.30	152.50	67.14	131.93
Tara + suelo seco	56.50	137.20	62.40	140.32	63.10	122.90
Peso del agua	-	-	-	-	-	-
Peso de la tara	22.41	28.68	22.94	29.21	22.96	40.04
Peso del suelo seco	-	-	-	-	-	-
% de humedad	-	-	-	-	-	-

✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 67 :Resultado del 1er paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo

DESCRIPCIÓN	DETERMINACION DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR					
	55		26		12	
N° de golpes por capa	55		26		12	
Molde N°	M - C		M - B		M - A	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN	SATURAR	SATURADA	SIN	SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo húmedo	8530	8710	8390	8290	8120	7828
Peso del molde	4525	4703	4626	4676	4579	4703
Peso del suelo húmedo	4005	4007	3764	3614	3541	3125
Volúmen del molde	2114	2114	2111	2111	2114	2114
Densidad húmeda	1.89	1.90	1.78	1.71	1.68	1.48
% de humedad	9.09	10.32	9.88	10.96	10.06	10.90
Densidad seca	1.74	1.72	1.62	1.54	1.52	1.33
Tara N°	E-6	D-4	C-10	Z-6	T-1	D-4
Tara + suelo húmedo	59.6	148.40	66.30	152.50	67.14	131.93
Tara + suelo seco	56.50	137.20	62.40	140.32	63.10	122.90
Peso del agua	3.10	11.20	3.90	12.18	4.04	9.03
Peso de la tara	22.41	28.68	22.94	29.21	22.96	40.04
Peso del suelo seco	34.09	108.52	39.46	111.11	40.14	82.86
% de humedad	9.09	10.32	9.88	10.96	10.06	10.90

Segunda parte

- ✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 68 :Datos de 2do paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24	5.0	-	-	9.5	-	-	13.0	-	-
48	6.5	-	-	12.0	-	-	16.0	-	-
72	7.5	-	-	14.0	-	-	16.5	-	-
96	8.2	-	-	14.5	-	-	17.0	-	-

- ✓ Se calcula según las fórmulas y se obtiene los resultados siguientes

Tabla 69 :Resultados del 2do paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24	5.0	0.127	0.1	9.5	0.241	0.19	13.0	0.330	0.26
48	6.5	0.165	0.13	12.0	0.305	0.24	16.0	0.406	0.32
72	7.5	0.191	0.15	14.0	0.356	0.28	16.5	0.419	0.33
96	8.2	0.208	0.164	14.5	0.368	0.29	17.0	0.432	0.34

Tercera parte

- ✓ Se obtienen los siguientes datos luego se rellena el cuadro

Tabla 70 :Datos del 3er paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

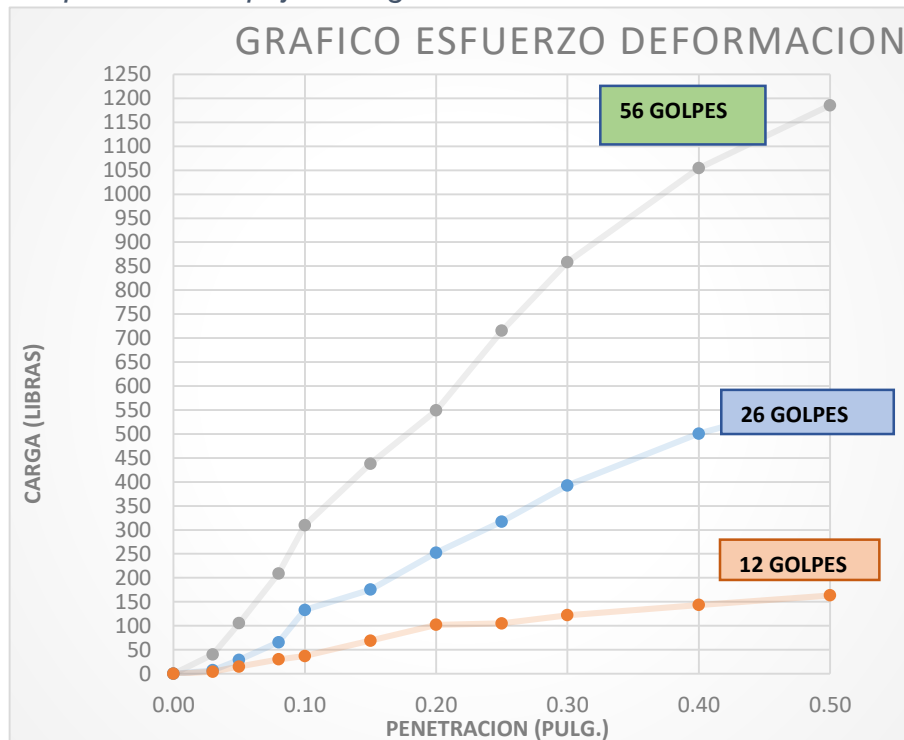
PENETRACION pulg.	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-
0.03	57.40	-	-	10.50	-	-	6.10	-	-
0.05	150.30	-	-	41.30	-	-	21.30	-	-
0.08	297.80	-	-	93.50	-	-	42.50	-	-
0.10	441.20	-	-	189.60	-	-	52.70	-	-
0.15	624.30	-	-	249.80	-	-	98.10	-	-

0.20	782.50	-	-	359.70	-	-	145.50	-	-
0.25	1019.20	-	-	452.10	-	-	149.60	-	-
0.30	1223.20	-	-	559.40	-	-	173.90	-	-
0.40	1502.40	-	-	713.70	-	-	204.10	-	-
0.50	1689.40	-	-	820.40	-	-	232.60	-	-

Tabla 71 :Resultados del 3er paso del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

PENETRACION pulg.	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2	Kg	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	57.40	126.54	40.28	10.50	23.15	7.37	6.10	13.45	4.28
0.05	150.30	331.35	105.47	41.30	91.05	28.98	21.30	46.96	14.95
0.08	297.80	656.53	208.98	93.50	206.13	65.61	42.50	93.70	29.82
0.10	441.20	972.67	309.61	189.60	417.99	133.05	52.70	116.18	36.98
0.15	624.30	1276.33	438.10	249.80	550.71	175.30	98.10	216.27	68.84
0.20	782.50	1725.10	549.12	359.70	792.99	252.42	145.50	320.77	102.10
0.25	1019.20	2246.93	715.22	452.10	996.70	317.26	149.60	329.81	104.98
0.30	1223.20	2696.67	858.38	559.40	1233.25	392.56	173.90	383.38	122.03
0.40	1502.40	3312.19	1054.30	713.70	1573.42	500.84	204.10	449.96	143.23
0.50	1689.40	3724.45	1185.53	820.40	1808.65	575.71	232.60	512.79	163.23

Figura 26 :Grafica esfuerzo y deformación de la muestra + 30% de puzolana de paja de trigo.



✓ Para calcular el C.B.R. se necesita los siguientes datos

Tabla 72 :Datos I para calcular CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

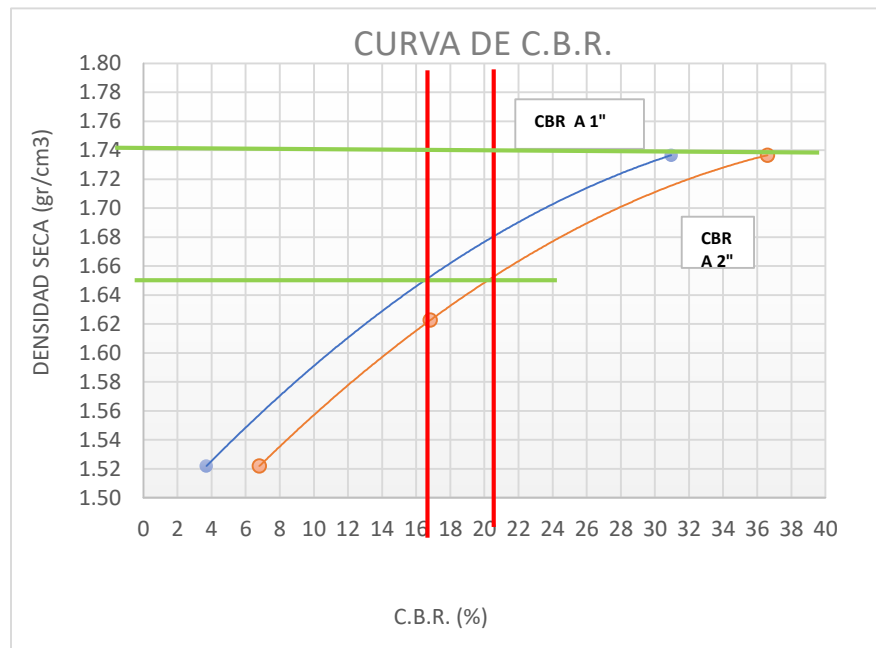
PENETRACION	56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES
<u>pulgadas</u>	<u>LBS/PULG2</u>	<u>LBS/PULG3</u>	<u>LBS/PULG4</u>
0.1	309.61	133.05	36.98
0.2	549.12	252.42	102.10

Tabla 73 :Datos II para calcular CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

DESCRIPCIÓN	MOLDES A CADA GOLPES		
Nº de golpes por capa	55	26	10
Densidad Seca	1.74	1.62	1.52

- $1.74 \times 0.95 = 1.65$

Figura 27 :Curva CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.



iv. Resultado del Proctor Modificado de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Tabla 74 :Resultados del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

C.B.R. a 2.5mm de Penetración		C.B.R. a 5mm de Penetración	
C.B.R. al 100% de su MDS	35.60%	C.B.R. al 100% de su MDS	42.10%
C.B.R. al 95% de su MDS	20.50%	C.B.R. al 95% de su MDS	24.90%

3.8.4. Método Pearson para el análisis de la respuesta

Tabla 75 :Contrastación de las variables de las hipótesis mediante Pearson

Muestra	Ceniza (X)	CBR (Y)	X ²	Y ²	X*Y
01	0.00	7.92	0.00	62.73	0.00
02	10.00	15.50	100.00	240.25	155.00
03	20.00	20.50	400.00	420.25	410.00
04	30.00	16.70	900.00	278.89	501.00
Σ	60.00	60.62	1400.00	1002.12	1066.00

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X) * (\sum Y)}{\sqrt{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2) * (n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}}$$

$$r = \frac{4(1066) - (60) * (60.62)}{\sqrt{((4 * 1400) - 60^2) * ((4 * 1002.12) - 60.62^2)}}$$

$$r = 0.77$$

Figura 28 :Rango del "r"

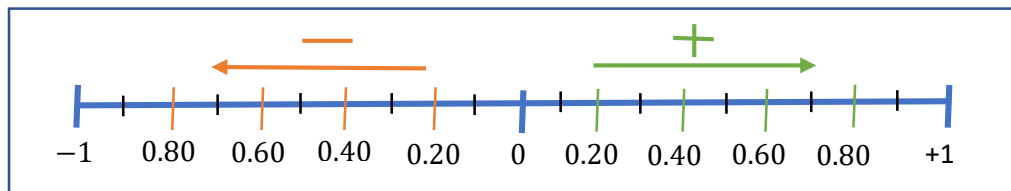


Tabla 76 :Valores de magnitudes para "r"

Valor de Coeficiente	Magnitud
Si r = 0	Nula
De 0.00 a +/- 0.20	Muy Baja
+/- 0.20 a +/- 0.40	Baja
+/- 0.40 a +/- 0.60	media
+/- 0.60 a +/- 0.80	Alta
+/- 0.80 a +/- 1.00	Muy Alta
Si r = 1	Perfecta

Si **r = 0.77** El grado de correlación es **Alta**

- Coeficiente de determinación = r^2

$$r^2 = 0.77^2 = 0.5929$$

$$r^2 = 59.29\% \text{ (Varianción)}$$

- Calcular la regresión Lineal $Y = a + b X$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X) * (\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{4 * (1066) - (60 * 60.62)}{4 * (1400) - 60^2}$$

$$b = 0.3134$$

- b representa el incremento por cada ceniza adicional

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \left(\frac{\sum X}{n} \right)$$

$$a = \frac{60.62}{4} - 0.3134 * \left(\frac{60}{4} \right)$$

- a representa el promedio del incremento de la capacidad de soporte

$$\text{❖ luego } Y = 10.45 + 0.3134 X$$

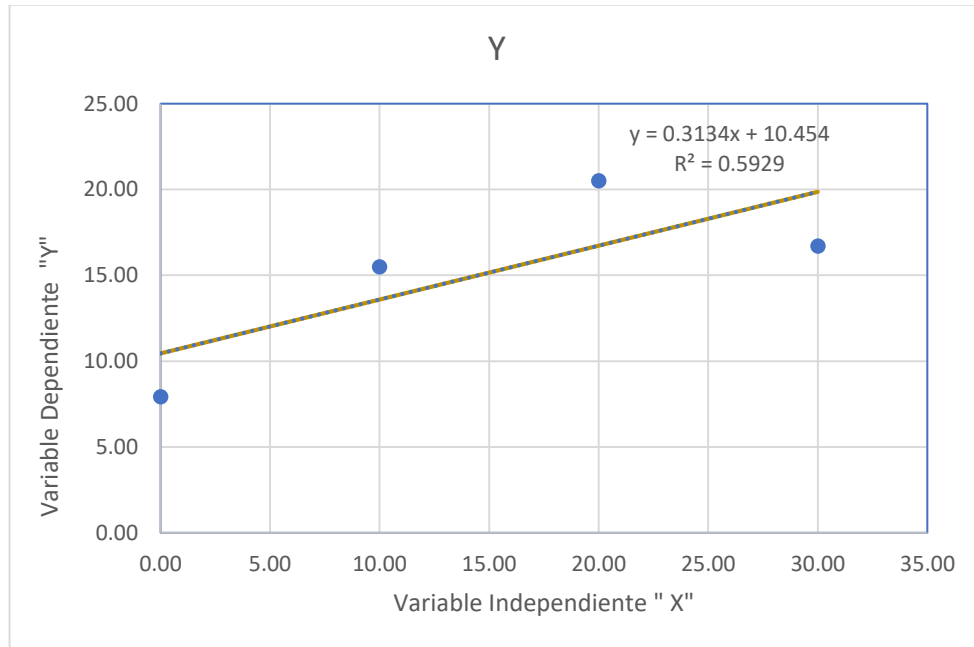
$$\text{Si } X = 0 \quad Y = 10.45 + (0.3134 * 0) \quad Y = 10.45$$

$$\text{Si } X = 10 \quad Y = 10.45 + (0.3134 * 10) \quad Y = 13.58$$

$$\text{Si } X = 20 \quad Y = 10.45 + (0.3134 * 20) \quad Y = 16.72$$

$$\text{Si } X = 30 \quad Y = 10.45 + (0.3134 * 30) \quad Y = 19.85$$

Figura 29 :Regresión lineal - Pearson



❖ $R^2 = 0.5929$ La regresión lineal se ajusta a los datos reales

la regresión lineal se ajusta a la veracidad de las hipótesis planteadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados

A partir de los hallazgos encontrados, damos respuesta al planteamiento de problema general el cual constituye que, al evaluar el suelo arenoso arcilloso adicionando un 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo este nos da una resistencia mayor a la subrasante empleada, pasando de ser una subrasante regular a una subrasante muy buena.

a) Evaluamos la capacidad de soporte con el ensayo de CBR, el cual se realizó primero con el estrato de suelo arenoso arcillo sin alteración, luego añadimos porcentajes de 10%, 20% y 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo y obtuvimos los siguientes valores.

i. CBR de la muestra sin alteración

Tabla 77 :Resultados del CBR de la muestra sin alteración

C.B.R. a 2.5mm de Penetración		C.B.R. a 5mm de Penetración	
C.B.R. al 100% de su MDS	15.23%	C.B.R. al 100% de su MDS	17.31%
C.B.R. al 95% de su MDS	7.92%	C.B.R. al 95% de su MDS	9.53%

- ii. CBR de la muestra añadiendo 10 % de puzolana de ceniza de paja de trigo

Tabla 78 :Resultado del CBR de la muestra +10% de puzolana de ceniza de paja de trigo

C.B.R. a 2.5mm de Penetración		C.B.R. a 5mm de Penetración	
C.B.R. al 100% de su MDS	33.20%	C.B.R. al 100% de su MDS	36.90%
C.B.R. al 95% de su MDS	15.50%	C.B.R. al 95% de su MDS	18.60%

- iii. CBR de la muestra añadiendo 20 % de puzolana de ceniza de paja de trigo

Tabla 79 :Resultado del CBR de la muestra + 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

C.B.R. a 2.5mm de Penetración		C.B.R. a 5mm de Penetración	
C.B.R. al 100% de su MDS	35.60%	C.B.R. al 100% de su MDS	42.10%
C.B.R. al 95% de su MDS	20.50%	C.B.R. al 95% de su MDS	24.90%

- iv. CBR de la muestra añadiendo 30 % de puzolana de ceniza de paja de trigo

Tabla 80 :Resultados del CBR de la muestra + 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

C.B.R. a 2.5mm de Penetración		C.B.R. a 5mm de Penetración	
C.B.R. al 100% de su MDS	35.60%	C.B.R. al 100% de su MDS	42.10%
C.B.R. al 95% de su MDS	20.50%	C.B.R. al 95% de su MDS	24.90%

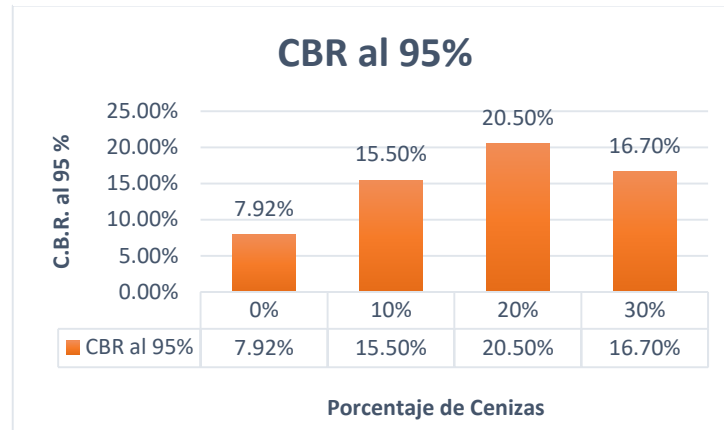
Al obtener los resultados de la capacidad de soporte en sus proporciones plateadas, realizamos un cuadro comparativo y una gráfica de barras.

Tabla 81 :Resultados del CBR en sus diferentes porcentajes de puzolana de paja de trigo

PORCENTAJES	CBR al 95%
0%	7.92%

10%	15.50%
20%	20.50%
30%	16.70%

Figura 30 :Resultados del CBR en sus diferentes porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo



En el cuadro comparativo y en la gráfica de barras se puede apreciar que se obtuvo una mayor capacidad de soporte al utilizar un 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo ya que mejora de un 7.92% de CBR al 95% a un 20.50% de CBR al 95% siendo el óptimo a trabajar.

b) Determinamos la máxima densidad seca con el ensayo de Proctor Modificado usando el estrato de suelo arenoso arcilloso sin alteración luego añadimos porcentajes de 10%, 20% y 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo y obtuvimos los siguientes valores.

i. Resultado del Proctor Modificado de la muestra sin alteración

- Máxima Densidad Seca = 1.69 Gr/cm³
- Humedad Optima = 13.70 %

- ii. Resultado del Proctor Modificado de la muestra añadiendo 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.
 - Máxima Densidad Seca = 1.75 Gr/cm³
 - Humedad Optima = 11.80 %

- iii. Resultado del Proctor Modificado de la muestra añadiendo 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.
 - Máxima Densidad Seca = 1.79 Gr/cm³
 - Humedad Optima = 10.20 %

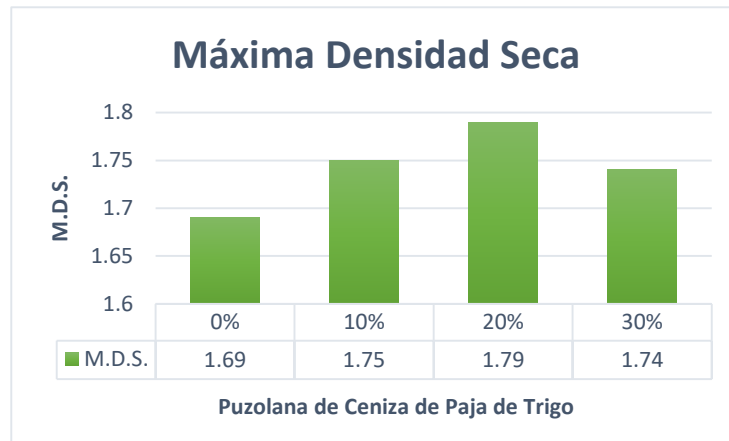
- iv. Resultado del Proctor Modificado de la muestra añadiendo 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.
 - Máxima Densidad Seca = 1.74 Gr/cm³
 - Humedad Optima = 9.00 %

Al obtener los resultados de máxima densidad seca en sus proporciones plateadas, realizamos un cuadro comparativo y una gráfica de barras.

Tabla 82 :Resultados de la máxima densidad seca en sus diferentes porcentajes de ceniza de paja de trigo

PORCENTAJE	M.D.S. (Gr/cm ³)
0%	1.69
10%	1.75
20%	1.79
30%	1.74

Figura 31 :Resultados de la máxima densidad seca en sus diferentes porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo



En el cuadro comparativo y en la gráfica de barras se puede apreciar que se obtuvo una máxima densidad seca al utilizar un 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo ya que mejora de un 1.69 Gr/cm³ a un 1.79 Gr/cm³ siendo el óptimo a trabajar.

c) Determinamos el índice de plasticidad el cual se determinó a partir de la diferencia del límite líquido menos el límite plástico comenzando de la muestra sin alteración para luego añadir porcentajes de 10%, 20% y 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo y obtuvimos los siguientes valores.

i. Resultado del índice de plasticidad sin alteración de la muestra.

- Límite Líquido = 33.78%
- Límite Plástico = 17.85%
- Índice de Plasticidad = 15.93%

ii. Resultado del índice de plasticidad sin alteración de la muestra añadiendo 10% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

- Limite Liquido = 27.57%
- Limite Plástico = 16.42%
- Índice de Plasticidad = 11.15%

iii. Resultado del índice de plasticidad sin alteración de la muestra añadiendo 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

- Limite Liquido = 22.59%
- Limite Plástico = 16.26%
- Índice de Plasticidad = 6.33%

iv. Resultado del índice de plasticidad sin alteración de la muestra añadiendo 30% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

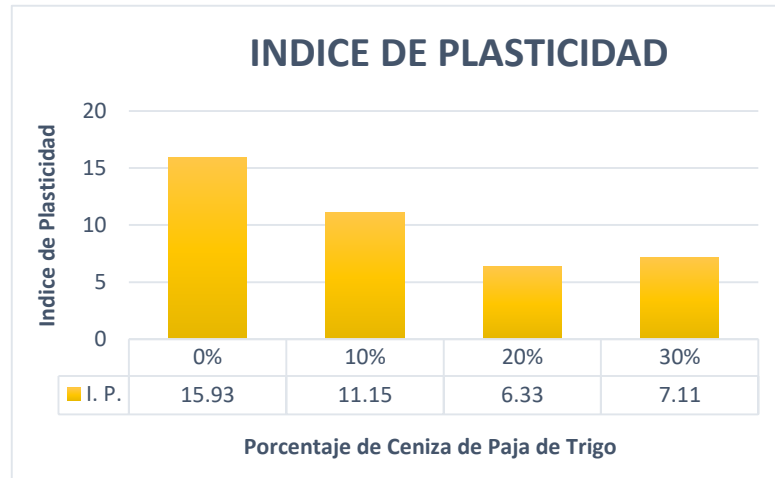
- Limite Liquido = 22.18%
- Limite Plástico = 15.07%
- Índice de Plasticidad = 7.11%

Al obtener los resultados del índice de plasticidad en sus proporciones plateadas, realizamos un cuadro comparativo y una gráfica de barras.

Tabla 83 :Resultados del índice de plasticidad en sus diferentes porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo

PORCENTAJE	I. P. (%)
0%	15.93
10%	11.15
20%	6.33
30%	7.11

Figura 32 :Resultados del índice de plasticidad en sus diferentes porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo



En el cuadro comparativo y en la gráfica de barras se puede apreciar que se obtuvo un índice de plasticidad menor al utilizar un 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo ya que mejora de un 15.93% a un 6.33% siendo el óptimo a trabajar.

CAPÍTULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados

A partir de los hallazgos encontrados podemos decir que, se contrasto la hipótesis general y se da por afirmado que la evaluación del suelo arenoso arcilloso mejoró al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio, ya que cumple con los parámetros planteados del límite de la investigación, en otra tesis según Abanto y Villar menciona que el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal mejoro la resistencia en 10 veces más, esto contrasta la veracidad del uso de nuestro material a emplear tienen una semejanza ya que también mejora nuestro suelo a estudiar, la realización de la investigación consiste en dar una posible solución a la estabilización de suelos a partir de la materia prima el cual incentive a la producción de esta y así mismo se aprovecharía el residuo agrícola para la obtención de la puzolana de ceniza de paja de trigo, así mismo se complementó esta investigación con otros factores que se encuentra fuera de la línea de investigación los cuales se adjunta en anexo es por ello que podemos complementar la información mencionando que, la investigación tiene una parte limitada ya que no se podrá plasmar en caso real por el elevado costo.

Se acepta la hipótesis a) planteada y se afirma que la puzolana de ceniza de paja de trigo al 20% mejoró la capacidad de soporte ya que se obtuvo un

20.50% de CBR al 95% para una subrasante con un suelo arenoso arcilloso y en otra investigación según castro y delgado mencionados en nuestros antecedentes mencionan que obtuvieron hasta un 51% de CBR al 100% al utilizar un 30% de puzolana en una subrasante con un suelo arcilloso.

Se acepta la hipótesis b) planteada y se afirma que la puzolana de ceniza de paja de trigo al 20% mejoró la máxima densidad seca obteniendo un valor de 1.79 Gr/cm³ siendo el óptimo a trabajar para una subrasante con un suelo arenoso arcilloso y en otra investigación según castro y delgado mencionan que el uso de su puzolana mejora su máxima densidad seca en 2.180 kg/m³ al utilizar un 30% de puzolana en una subrasante con un suelo arcilloso.

Se acepta la hipótesis c) planteada y se afirma que la puzolana de ceniza de paja de trigo al 20% mejoró el índice de plasticidad obteniendo un valor de 6.33% siendo el óptimo a trabajar para una subrasante con un suelo arenoso arcilloso y en otra investigación según castro y delgado mencionan que el uso de su puzolana mejorará el índice de plasticidad en 8.37% al utilizar un 30% de puzolana en una subrasante con un suelo arcilloso.

CONCLUSIONES

La presente investigación se elaboró para una carretera de bajo volumen de tránsito el cual consiste en la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo 0%, 10%, 20% y 30% en una subrasante distrito de Huacrapuquio, respecto a esto podemos afirmar lo siguiente se cumplió con el objetivo general en determinar la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio, llegando a la conclusión que el porcentaje óptimo a utilizar es de 20% de puzolana de ceniza de paja de trigo.

Se cumplió con el objetivo específico “a” de evaluar la capacidad de soporte obteniendo el valor más óptimo de 20.50% de CBR al 95% adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en un 20%.

Se cumplió con el objetivo específico “b” de determinar su máxima densidad seca obteniendo el valor más óptimo de 1.75 Gr/cm³. Usando el estrato de suelo más el 20% de puzolana de cenizas de paja de trigo.

Se cumplió con el objetivo específico “c” de determinar el índice de plasticidad obteniendo el valor más óptimo de 6.33%, usando el estrato de suelo más el 20% de puzolana de cenizas de paja de trigo.

RECOMENDACIONES

Considerar realizar estudios con la puzolana de ceniza de paja de trigo con otras proporciones y en otros tipos de suelos para otras finalidades de uso, las cuales deben cumplir con los parámetros indicados según sus fines o así también se podrían plantear en algún material constructivo.

Se deben cumplir con los parámetros que indica la normativa de ASTM C 618-3 para obtener una puzolana adecuada.

Se debe cumplir con los parámetros que indica el manual de carreteras como también para sus elaboraciones guiarse de las normas técnicas peruanas y American Society for Testing and Materials conocido como ASTM International

Realizar otras investigaciones para detallar la factibilidad de aplicación de la puzolana de ceniza de paja de trigo en otros territorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto y Villar. (2021). Análisis de la estabilización de subrasante con uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal en el Perú [UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - PERÚ] <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29043>
- Armas, R. (2015). Compactación de suelos, mecánica de suelos. March, 1–2. <https://www.monografias.com/trabajos107/compactacion-suelos-mecanica-suelos/compactacion-suelos-mecanica-suelos.shtml#bibliograa>
- Arroyo y Cubas (2016). *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas* [UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN - PERÚ]. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/3134>
- Association, N. L. (2004). Manual de Estabilización de Suelo Tratado con Cal. Estabilización y Modificación con Cal. *National Lime Association, 2006*, 1–42. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/506251125>
- Camelo y Gonzales. (2021). *Propiedades resilientes de subrasante granulares estabilizadas con ceniza volante para diseño de pavimentos flexibles* [UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25266>
- Cañar, E. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. [UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25266>
- Castro, I., & Delgado, P. (2017). DETERMINACIÓN DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON LA ADICIÓN DE PUZOLANA PARA VÍAS RURALES CON MATERIAL LOCAL DE LA MINA LA VIRGINIA Y ARAÑA HUAYCU [UNIVERSIDAD DE CUENCA]. In *Universidad De Cuenca*.

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2956/1/td4392.pdf>

Comeca, M., Enrique, J., Bandan, G., & Ramírez, D. (n.d.). *Estabilización de suelos* [UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCO].

<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/P-366.pdf>

Corral, J. T. (2008). CONSTRUCCIÓN (Ground-Cement as a construction material) José Toirac Corral *. *Ciencia Y Sociedad*, XXXIII, 53.

<http://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>

Días, (2018). mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Matín - Lonya Grande, Amazonas [UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - PERÚ]

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25951>

Falen Chávez Arroyo, J. C., & Cubas Benavides, K. (2016). *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas* [UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN]. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/3134>

Hernán, S. T., Echeverría G., G., & Thenoux Z., G. (1989). Estabilización química de suelos: aplicaciones en la construcción de estructuras de pavimentos. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 6, 1–24.

<http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/323>

Marquina, M. (2008). *Uso de las escorias obtenidas como sub producto de la elaboración de acero de la planta nº 2 de Aceros Arequipa - Pisco para fines de cimentación y pavimento* [UNIVERSIDAD RICARDO PALMA].

<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/121>

Morales, C. (2007). *Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras* [UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA].

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2800_C.pdf

Licuy y Román. (2020) la estabilización de arcillas expansivas utilizando el 10%,

20% y 30% en peso, de puzolanas de ceniza del volcán Tungurahua y ceniza de la cascarilla de arroz en composiciones iguales [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL] <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20630>

Peréz, R. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejora y/o sub base de pavimento* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1313>

Ramos y Illidge. (2017). Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento [UNIVERSIDAD DE LA SALLE EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.] https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/117/

Ponce Crispin, D. K. (2018). *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan grande – Huancavelica*. [UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA]. <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/362/TP - UNH DERECHO 0009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ricci, L., Soengas, C., Botasso, G., & Cuattrocchio, A. (2008). *Evaluación de dos emulsiones asfálticas en su función de riego*. <http://www.nestorhuaman.pe/argentina.pdf>

Terrones, A. (2018). *Estabilización de suelo arcillosos adicionando ceniza de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector barraza, Trujillo – 2018*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14971>

Unidad de investigación, U. (2008). Guía para la estabilización o mejoramiento de rutas no pavimentadas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1–66. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/506251125>

ANEXO

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tesis: evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema General ¿Cuál será la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante – distrito de Huacrapuquio?</p> <p>Problemas Especificas a) ¿Cuál será la capacidad de soporte del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante? b) ¿Cuál será su máxima densidad seca del suelo</p>	<p>Objetivo General Determinar la evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio.</p> <p>Objetivo Especifico a) Evaluar la capacidad de soporte del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante. b) Determinar la máxima densidad</p>	<p>Hipótesis General Hi: La evaluación del suelo arenoso arcilloso mejorará al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio.</p> <p>Hipótesis Especifico a) Hi: La capacidad de soporte del suelo arenoso arcilloso mejorará al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante. b) Hi: La máxima densidad seca del suelo arenoso arcilloso mejorará</p>	<p>V. Independiente Puzolana de ceniza de paja de trigo</p> <p>Dimensiones Propiedades físicas y químicas</p> <p>Indicadores Finura Cantidad Dioxido de silicio Oxido de aluminio Oxido de fierro</p> <p>V. Dependiente suelo arenoso arcilloso</p> <p>Dimensiones Índice de plasticidad Densidad máxima seca Capacidad de soporte</p>	<p>Método de investigación Científica</p> <p>Tipo de investigación Aplicada</p> <p>Nivel de investigación Explicativo</p> <p>Diseño de la investigación Experimental</p> <p>Ámbito de estudio Población: Conforma por el material de la subrasante entre el kilometro</p>

<p>arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante?</p> <p>c) ¿Cuál será el índice de plasticidad del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante?</p>	<p>seca del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante.</p> <p>c) Determinar el índice de plasticidad del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante.</p>	<p>al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante.</p> <p>c) Hi: El índice de plasticidad del suelo arenoso arcilloso mejorará al adicionar puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante.</p>	<p>Indicadores Limite Liquido Limite plástico Densidad máxima Contenido de humedad CBR al 100% de su MDS CBR al 95% de su MDS</p>	<p>1+100 al 1+620 (Jr. Cementerio) – Huacrapuquio Extraído de dos calicatas</p> <p>Muestra Conformado por 100 kg de material de la subrasante de la calicata número uno.</p>
--	---	--	--	---

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 33 : Obtención de Trigo



Figura 34: Obtención de la paja de trigo



Figura 35 : Obtención de la ceniza de paja de trigo



Figura 36 : Puzolana de ceniza de paja de trigo



Figura 37 : Obtención de la muestra



Figura 38 : Cuarteo de la muestra seleccionada para la clasificación del suelo



Figura 39 :Tamizado de la muestra seleccionada

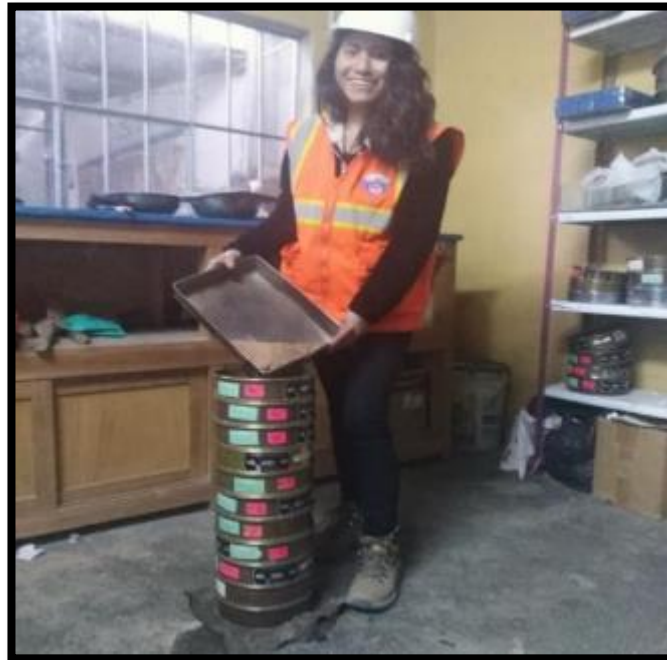


Figura 40 :Tamizado para elaborar los limites



Figura 41 :Elaboración de límite líquido



Figura 42 :Elaboración del límite plástico



Figura 43 :Elaboración de los limites más la puzolana de paja de trigo



Figura 44 :Elaboración de limite liquido de la muestra más porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo



Figura 45 :Elaboración del límite plástico más porcentajes de puzolana de ceniza de paja de trigo



Figura 46 :Elaboración del ensayo del próctor modificado

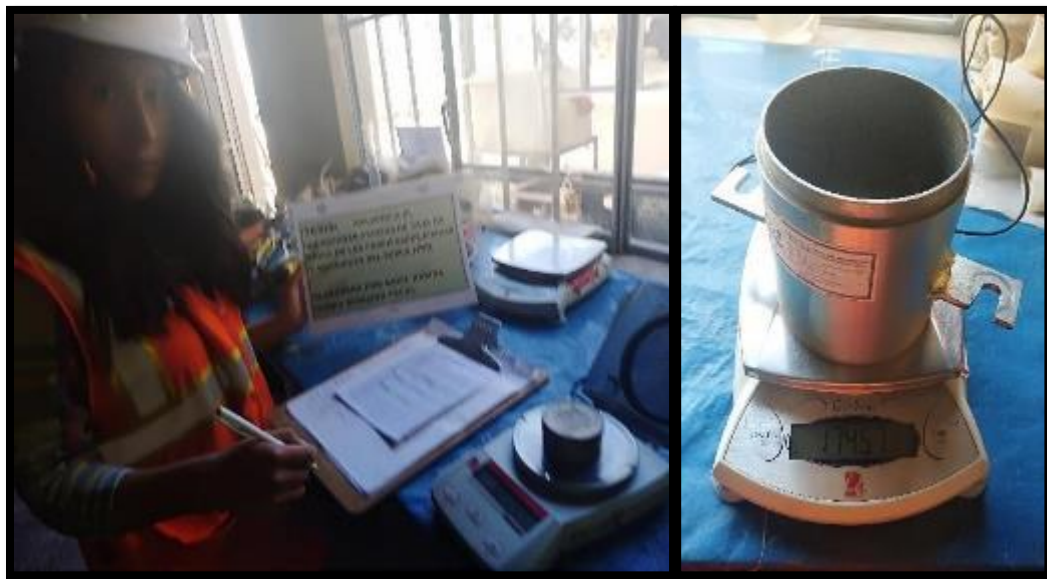


Figura 47 :Elaboración del próctor modificado con la puzolana de ceniza de paja de trigo



Figura 48 :Elaboración del próctor modificado calculo máxima densidad seca y contenido de humedad óptima.



Figura 49 :Elaboración de CBR de la muestra mas porcentaje depuzolana de ceniza de paja de trigo



Figura 50 :Elaboración de CBR de la muestra más puzolana de cenizade paja de trigo en el estado saturado



Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/bsd -

Indecopi



KLAFER S.A.C.

CERTIFICADO N°00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 110-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSSL
1435.9

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.0	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	7.40	0.52	0.5	99.48
3/8"	9.500	3.10	0.22	0.7	99.27
1/4"	6.350	14.90	1.04	1.8	98.23
N°4	4.760	37.20	2.59	4.4	95.64
N°10	2.000	225.20	15.68	20.0	79.96
N°20	0.840	171.20	11.92	32.0	68.03
N°30	0.590	113.10	7.88	39.8	60.16
N°40	0.425	75.40	5.25	45.1	54.91
N°60	0.260	95.30	6.64	51.7	48.27
N°100	0.149	98.62	6.87	58.6	41.40
N°200	0.075	23.10	1.61	60.2	39.79
FONDO		571.44	39.80	100.0	0.00
PESO TOTAL			100.0		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	34.53
% LIMITE PLASTICO	17.54
INDICE PLASTICO	16.99

PORCENTAJES

% GRAVA	4.36%
% ARENA	55.85%
% FINO	39.79%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D-2487	SC
AASHTO ASTM D-3282	A-6(3)
NOMBRE DE GRUPO	ARENA ARCILLOSA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD

TARA No	C-8
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	105.26
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	100.38
PESO AGUA gr.	4.88
PESO DE LA TARA gr.	25.14
PESO SUELO SECO gr.	75.24
CONTENIDO DE HUMEDAD. %	6.49%

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
RHOY M. CAZA RAMOS
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA
Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP: 78933
Especialista en Mecánica de suelos

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

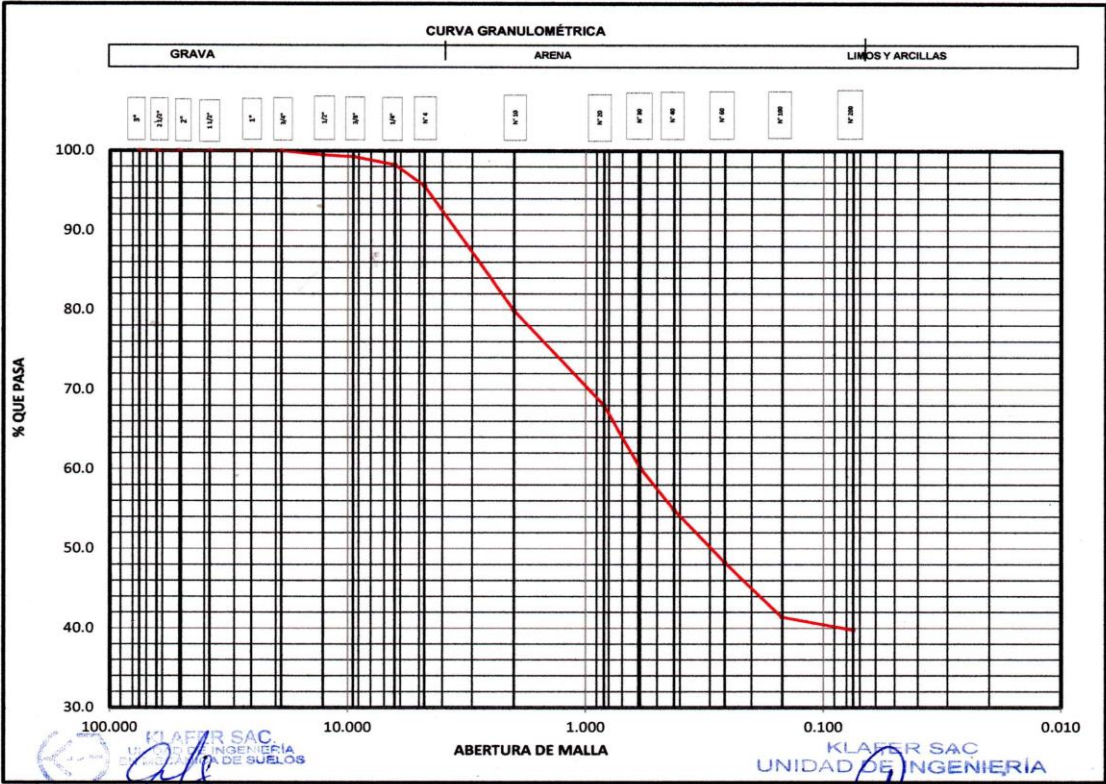
CERTIFICADO N°00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 110-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



% GRAVA	4.36%	% ARENA	55.85%	Ing. Martín Peña, Duenas ASESOR TÉCNICO O.P. 7893039,799% Especialista en Mecánica de suelos Concreto y Geotécnia
---------	-------	---------	--------	--

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO. RUC 20487134911
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P. CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES. ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC..

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N°00122965

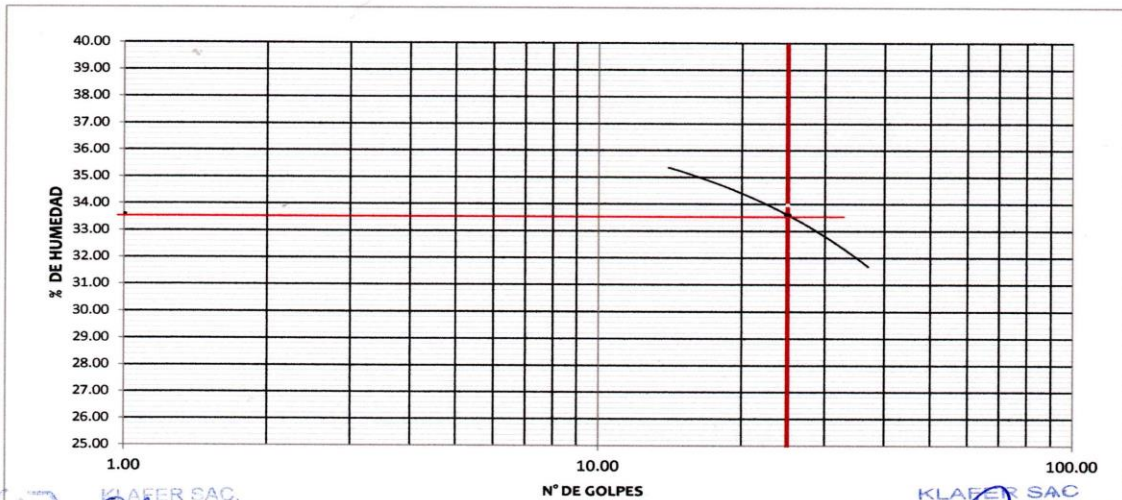
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 110-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	30.24	32.72	34.08	18.27	19.82
Recipiente + Suelo Seco	26.24	27.92	28.92	16.96	18.10
Peso de agua	4.00	4.80	5.16	1.31	1.72
Peso del Recipiente	14.87	13.79	12.54	8.43	7.46
Peso de Suelo Seco	11.37	14.13	16.38	8.53	10.64
% de Humedad	35.18	33.97	31.50	15.36	16.17
N° de Golpes	14.00	25.00	37.00		



KLAFFER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA
TECNICA DE SUELOS
ING. CAROLINA RAMOS
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

KLAFFER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA
Ing. Mariano Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP: 76935
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotecnia

% LIMITE LIQUIDO	33.61
% LIMITE PLASTICO	15.76
INDICE PLASTICO	17.85

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC.



Indecopi

CERTIFICADO N°00122965

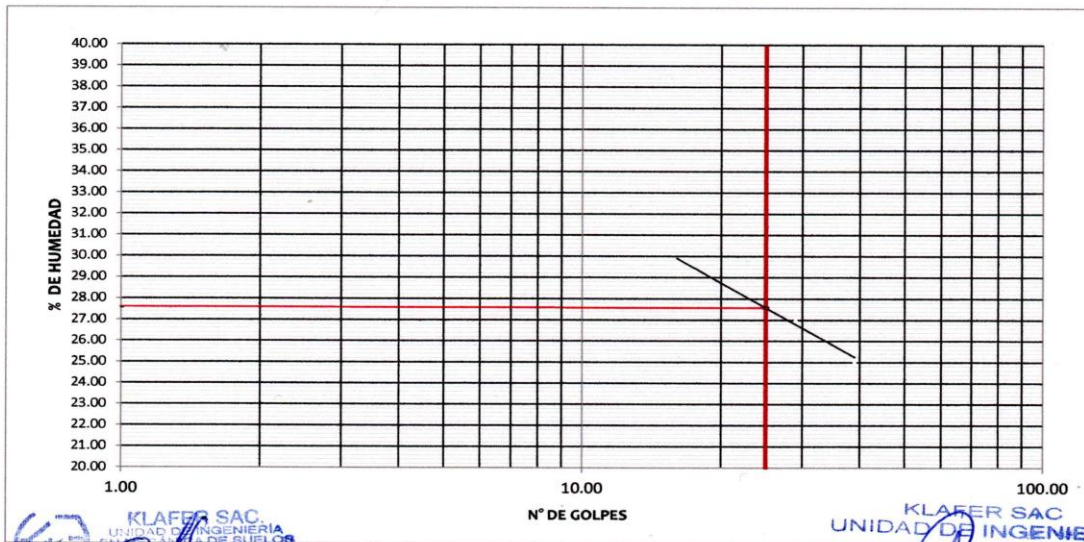
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 110-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-1 CON 10% DE CENIZA
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	4	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	39.99	42.65	38.31	38.42	41.90	42.90
Recipiente + Suelo Seco	36.00	38.38	35.02	35.22	39.20	40.00
Peso de agua	3.99	4.27	3.29	3.20	2.70	2.90
Peso del Recipiente	22.54	23.33	22.81	22.42	22.50	22.60
Peso de Suelo Seco	13.46	15.05	12.21	12.80	16.70	17.40
% de Humedad	29.64	28.37	26.95	25.00	16.17	16.67
N° de Golpes	16.00	23.00	29.00	39.00		



KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS
RHO. M. LAZA RAMOS
TECNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnia

% LIMITE LIQUIDO	27.57
% LIMITE PLASTICO	16.42
INDICE PLASTICO	11.15

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
 RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC..

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N°00122965

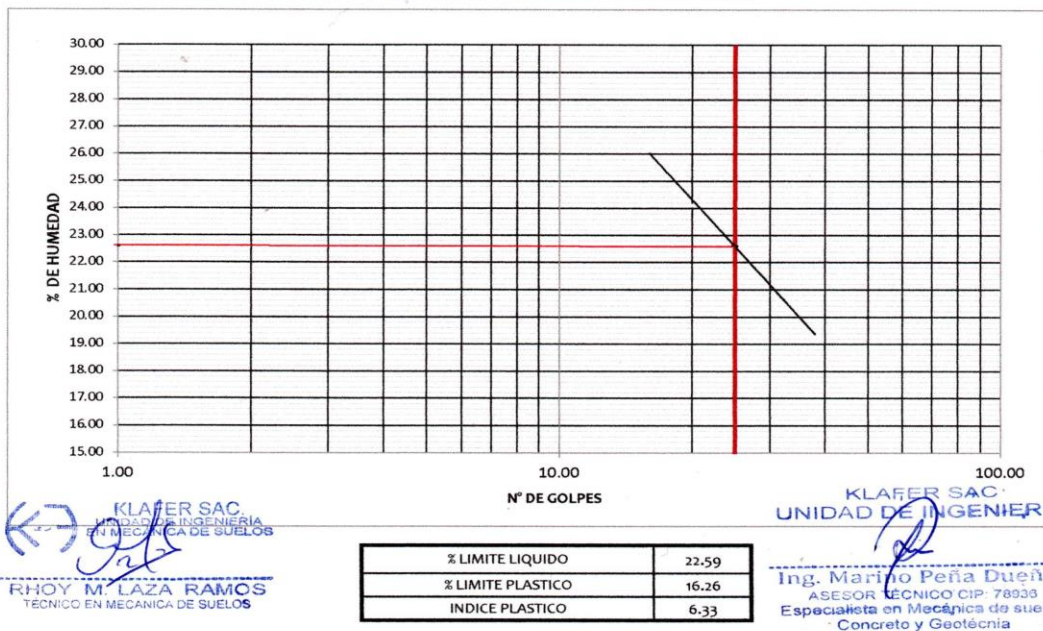
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 110-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-1 CON 20% DE CENIZA
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	4	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	41.05	43.52	39.12	39.25	43.40	44.80
Recipiente + Suelo Seco	37.20	39.60	36.20	36.50	40.50	41.60
Peso de agua	3.85	3.92	2.92	2.75	2.90	3.20
Peso del Recipiente	22.54	23.33	22.81	22.42	22.40	22.20
Peso de Suelo Seco	14.66	16.27	13.39	14.08	18.10	19.40
% de Humedad	26.26	24.09	21.81	19.53	16.02	16.49
N° de Golpes	16.00	20.00	27.00	38.00		



OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC..

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/bsd -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N°00122965

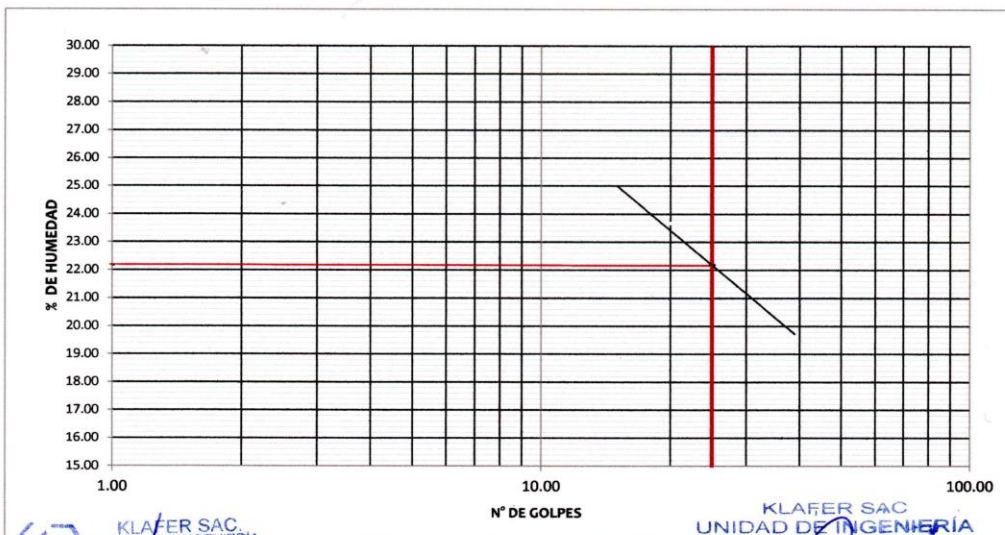
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 110-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-1 CON 30% DE CENIZA
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	4	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	42.15	44.59	40.21	40.32	40.10	42.20
Recipiente + Suelo Seco	38.25	40.52	37.15	37.38	37.70	39.60
Peso de agua	3.90	4.07	3.06	2.94	2.40	2.60
Peso del Recipiente	22.54	23.33	22.81	22.42	21.90	22.20
Peso de Suelo Seco	15.71	17.19	14.34	14.96	15.80	17.40
% de Humedad	24.82	23.68	21.34	19.65	15.19	14.94
N° de Golpes	15.00	20.00	29.00	39.00		



KLA FER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERIA
EN MECANICA DE SUELOS
RHOY M. LAZA RAMOS
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

% LIMITE LIQUIDO	22.18
% LIMITE PLASTICO	15.07
INDICE PLASTICO	7.11

KLA FER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERIA

Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnica

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N°00122965

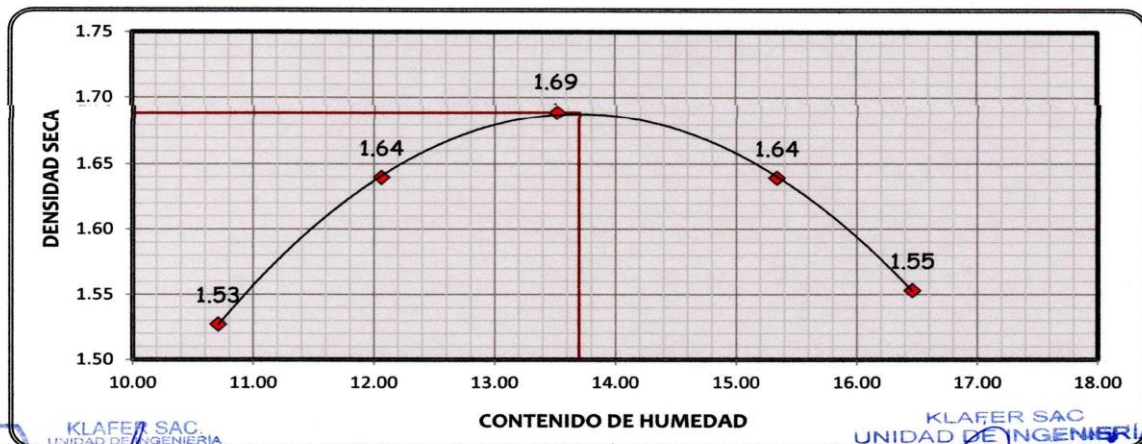
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 112-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01
MUESTRA	MUESTRA SIN ALTERACION
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	3337	3475	3551	3525	3448
Peso del molde	1746	1746	1746	1746	1746
Peso suelo humedo compactado	1591	1729	1805	1779	1702
Peso volumetrico humedo	1.69	1.84	1.92	1.89	1.81
Contenido de agua	10.71	12.06	13.51	15.34	16.46
Peso volumetrico seco	1.53	1.64	1.69	1.64	1.55



KLAFER SAC.
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS
RHOY M. LAZA RAMOS
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.69 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 13.70 (%)

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnica

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC..

Indecopi

RESOLUCION N° 009178 -2020/DSD -INDECOPI



CERTIFICADO N° 00122965

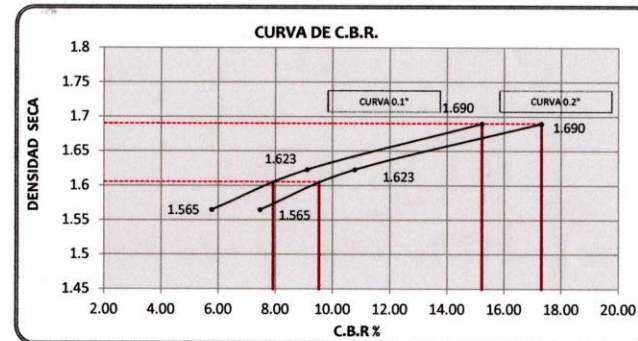
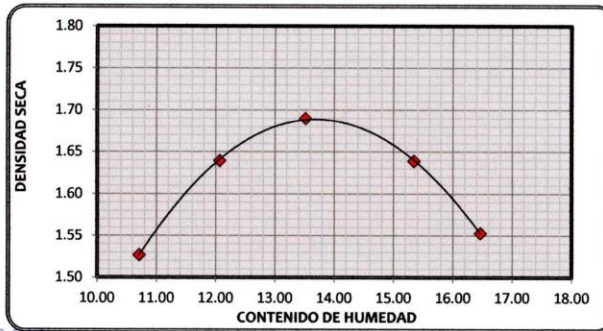
KLA FER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELO

EXPEDIENTE N° : 112-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01
MUESTRA	MUESTRA SIN ALTERACION
PROF. (m)	1.50



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	15.23
0.1	95	7.92
0.2	100	17.31
0.2	95	9.53



RHOY M. LAZA RAMOS
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.69 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 13.70 (%)



Ing. Maximo Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 79936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnia

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO
LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTÉCNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC

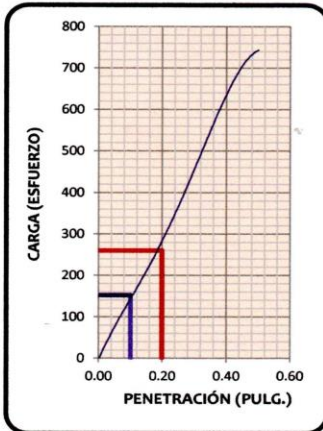


EXPEDIENTE N° : 112-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

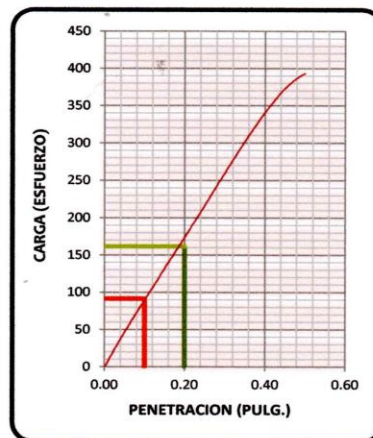
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01
MUESTRA	MUESTRA SIN ALTERACION
PROF. (m)	1.50

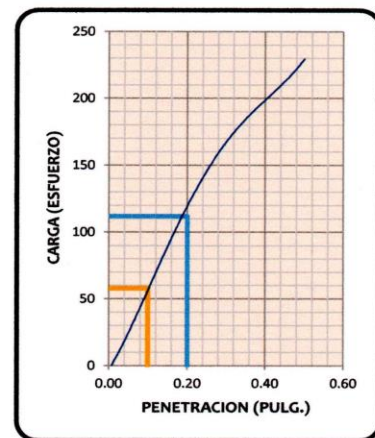
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS
RHONY M. LAZAR...
TECNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %
1	56	15.2	1.69	0.08
2	25	9.1	1.62	0.18
3	10	5.8	1.57	0.24

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP: 78938
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnica

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD
(GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC..

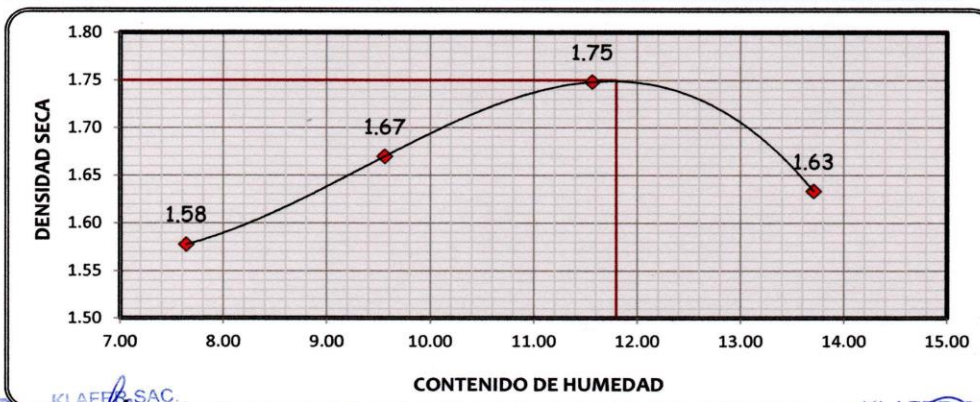


EXPEDIENTE N° : 112-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01
MUESTRA	M - 1 CON 10% PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	3344	3467	3581	3493
Peso del molde	1746	1746	1746	1746
Peso suelo humedo compactado	1598	1722	1835	1748
Peso volumetrico humedo	1.70	1.83	1.95	1.86
Contenido de agua	7.64	9.56	11.56	13.71
Peso volumetrico seco	1.58	1.67	1.75	1.63



KLA FER S.A.C.
 LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
 ESTUDIOS DE SUELOS
 RHOY M. LAZA RAMOS
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.75 (gr/cm3)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 11.80 (%)

KLA FER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA
 Ing. Marino Peña Dueñas
 ASESOR TÉCNICO CIP: 78935
 Especialista en Mecánica de suelos
 Concreto y Geotécnia

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL
 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
 RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC.

Indecopi

RESOLUCION N° 009178 -2020/DSD -INDECOPI



CERTIFICADO N° 00122965

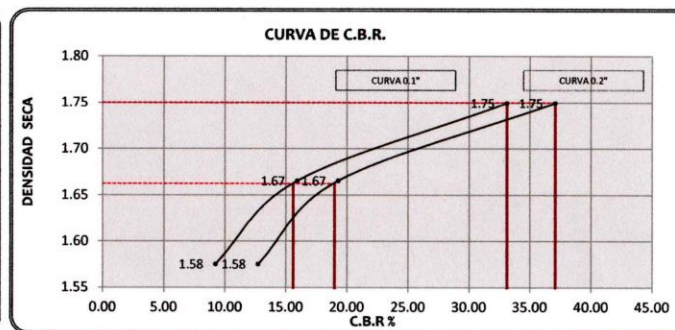
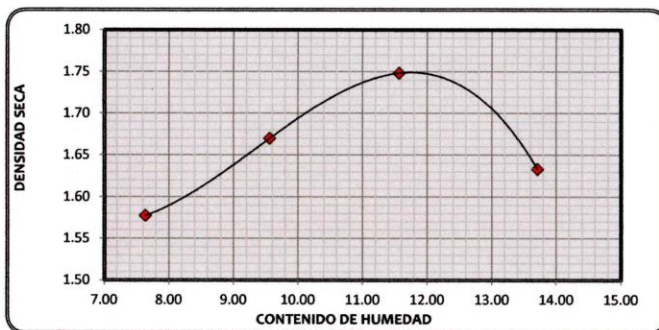
KLA FER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELO

EXPEDIENTE N° : 112-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01
MUESTRA	M - 1 CON 10% PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.75 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 11.80 (%)

KLA FER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
RHONY M. LAZA RAMOS
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	33.11
0.1	95	15.60
0.2	100	37.07
0.2	95	19.00

KLA FER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERÍA
Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78938
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotecnia

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO
LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS -
GEOTÉCNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO,
DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC



EXPEDIENTE N° : 112-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

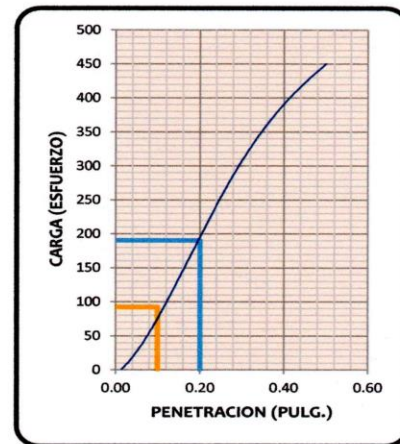
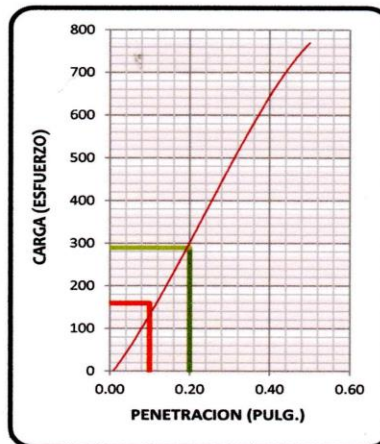
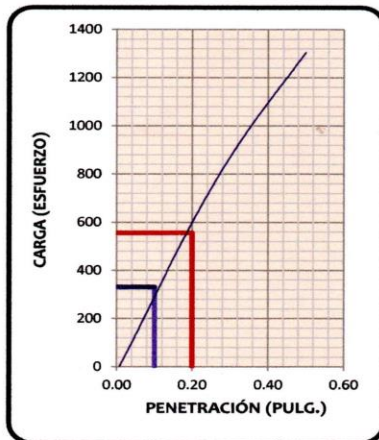
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01
MUESTRA	M - 1 CON 10% PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



KLA FER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS
RHOY M. LAZA RAMOS
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	33.1	1.749	0.11
2	25	15.9	1.665	0.20
3	10	9.2	1.575	0.28

KLA FER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
Ing. Mariño Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnica

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC..

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



KLAFFER S.A.C.

CERTIFICADO N°00122965

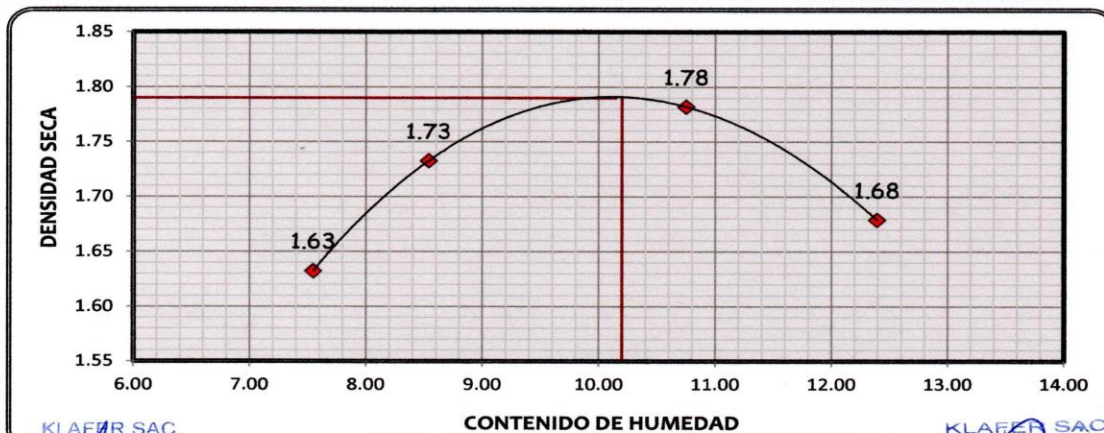
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 112-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01
MUESTRA	M - 1 CON 20% DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	3398	3515	3603	3521
Peso del molde	1746	1746	1746	1746
Peso suelo humedo compactado	1652	1770	1857	1776
Peso volumetrico humedo	1.76	1.88	1.97	1.89
Contenido de agua	7.55	8.54	10.75	12.39
Peso volumetrico seco	1.63	1.73	1.78	1.68



KLAFFER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA
RHOY M. LAZA RAMOS
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.79 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 10.15 (%)

KLAFFER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA
Ing. Marijo Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78938
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnia

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

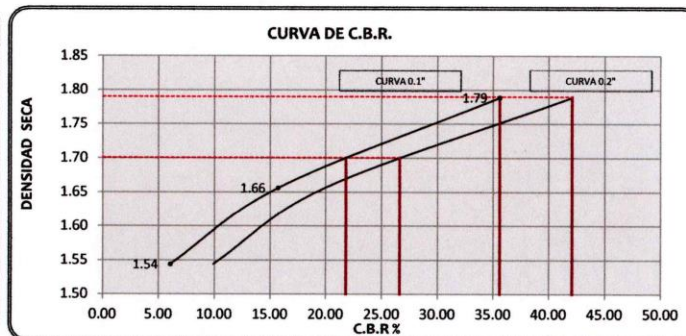
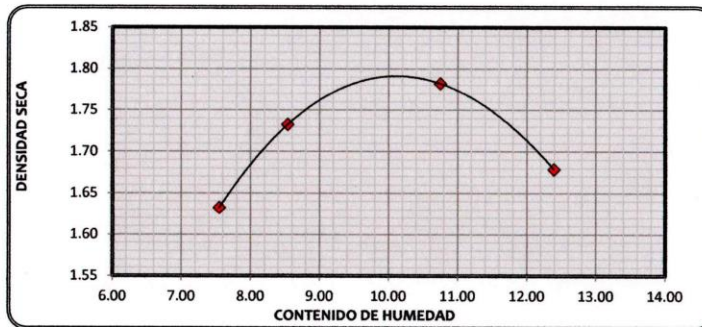
SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC.

EXPEDIENTE N° : 112-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	c-01
MUESTRA	M - 1 CON 20% DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.79 (gr/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 10.15 (%)

KLA FER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. M. LAZA RAMOS
TECNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	35.59
0.1	95	21.80
0.2	100	42.07
0.2	95	26.60

KLA FER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERÍA
 Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnia

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTÉCNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



CERTIFICADO N°00122965

KLAFER S.A.C.

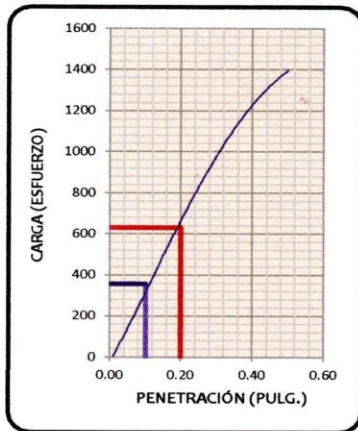
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 112-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

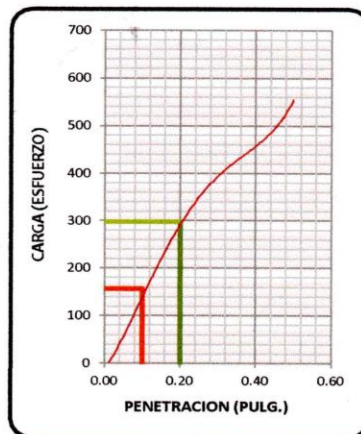
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01
MUESTRA	M - 1 CON 20% DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50

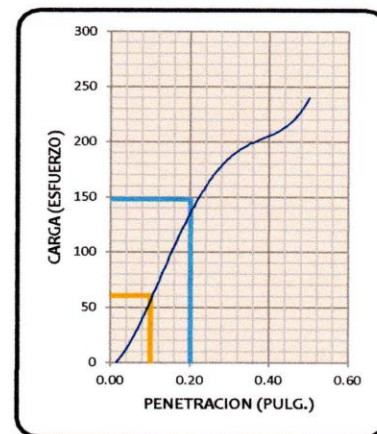
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA
EN MECANICA DE SUELOS
RHONY M. CAZA RAMOS
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm3)	Expansión %
1	56	35.6	1.789	0.12
2	25	15.7	1.656	0.23
3	10	6.1	1.544	0.31

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA
Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP-78894
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotecnia

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYO DE
 RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC..

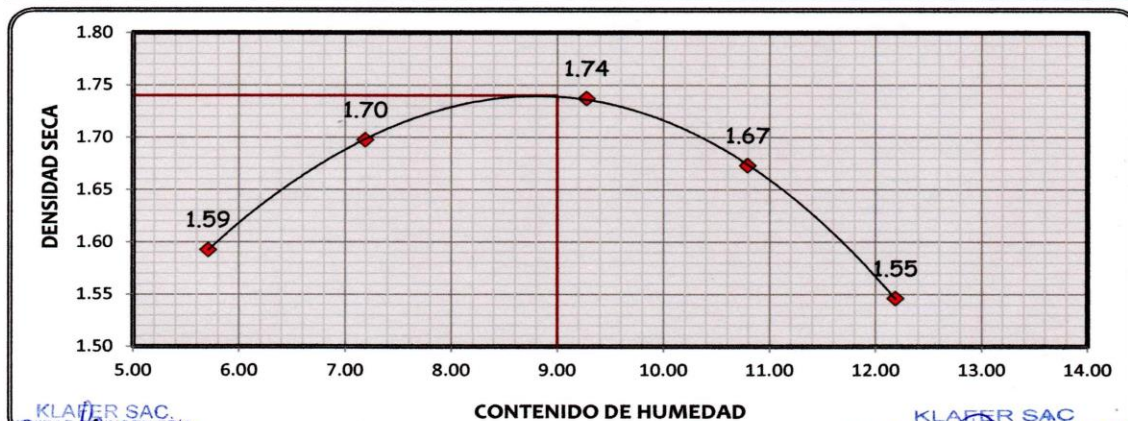


EXPEDIENTE N° : 112-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01
MUESTRA	M - 1 CON 30% DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	3330	3418	3532	3460	3378
Peso del molde	1746	1706	1746	1716	1746
Peso suelo humedo compactado	1584	1712	1786	1744	1632
Peso volumetrico humedo	1.68	1.82	1.90	1.85	1.73
Contenido de agua	5.71	7.19	9.27	10.79	12.19
Peso volumetrico seco	1.59	1.70	1.74	1.67	1.55



KLAJER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERIA
RHOY M. LAZA RAMOS
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

KLAJER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERIA
Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 73836
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotecnia

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.74 (gr/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 9.00 (%)

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
 RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC.

Indecopi

RESOLUCION N° 009178 -2020/DSD -INDECOPI



CERTIFICADO N° 00122965

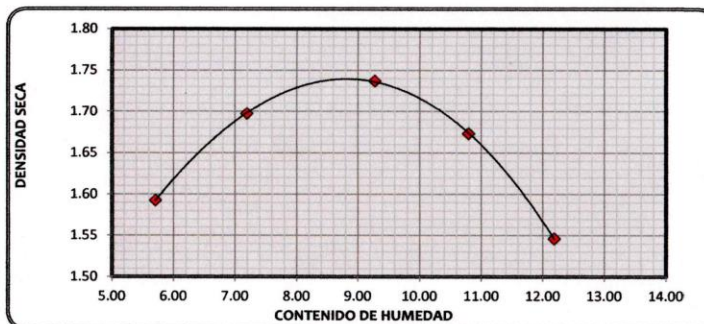
KLAFER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELO

EXPEDIENTE N° : 112-2021
ESTUDIO : MARZO
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

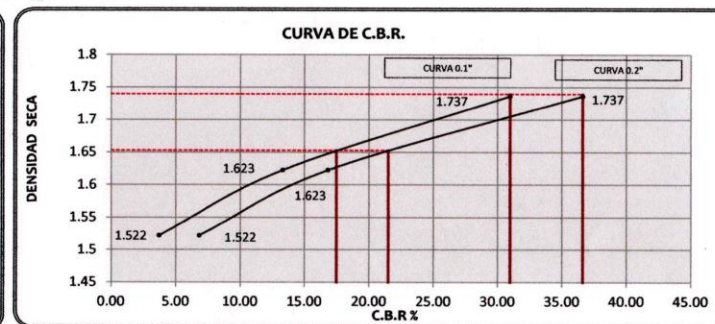
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1883

CALICATA	c-01
MUESTRA	M - 1 CON 30% DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.74 (gr/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 9.00 (%)

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS
RHOY M. LAZA RAMOS
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	30.96
0.1	95	17.50
0.2	100	36.61
0.2	95	21.50

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de Suelos
Concreto y Geotécnica

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO
LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS -
GEOTÉCNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO,
DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC



EXPEDIENTE N° : 112-2021
 ESTUDIO : MARZO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA NORKA REMUZGO TACSA
 PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO ARCILLOSO ADICIONANDO PUZOLANA DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO EN UNA SUBRASANTE EN HUACRAPUQUIO"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE HUACRAPUQUIO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 DE OCTUBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

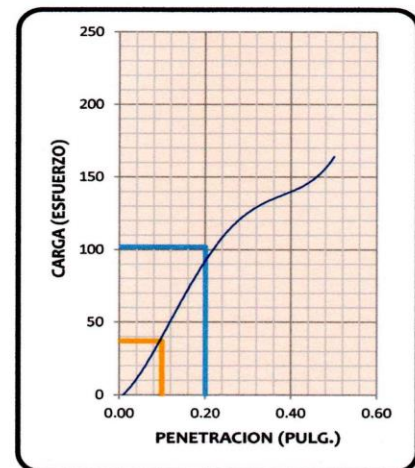
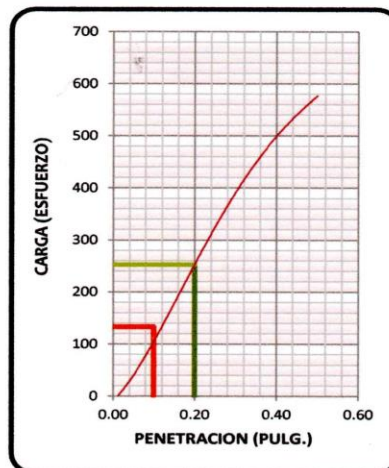
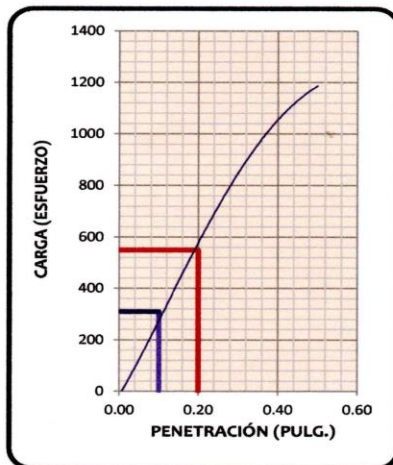
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01
MUESTRA	M - 1 CON 30% DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	31.0	1.737	0.13
2	25	13.3	1.623	0.24
3	10	3.7	1.522	0.32

KLA FER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA

Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotecnia

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYO DE
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA. ETC.



LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-92-2020
Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA

MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR

Rangos
Dirección de carga
FABRICANTE
Modelo
Serie
Celda de carga
Ubicación
Código identificación
Norma utilizada
Intervalo calibrado
Temperatura de prueba °C
Inspección general

5 000 Kgf
 Ascendente
PINZUAR
PS-25
NO INDICA
NO INDICA
 Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L
CM-245 (*)
ASTM E4 // ISO 7500-1
 Escala (s) 5000 kgf
 De 500 a 4500 kgf 10% A 100%
 Inicial 25.6 Final 25.6
 La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento

Solicitante
Dirección
Ciudad

KLAFER
CALLE REAL 445 CHILCA
HUANCAYO

PATRON(ES) UTILIZADOS(S)

Tipo / Modelo **PS-25M**
 No. Serie **106 - 7557**
 Certif. de calibr. **INF-LE 54-04B** **PUCP**

Unidades de medida

Sistema Internacional de Unidades (SI)

FECHA DE CALIBRACION
FECHA DE EMISION

24/02/2020
24/02/2020

FIRMAS AUTORIZADAS



Jesus Quinto C.



LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-092-2020

Método de calibración:

FUERZA INDICADA CONSTANTE

Pág. 2 de 3

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 045 kN Resolución: 0,05 kN Dirección de la carga Ascendente
 5 000 kgf 0,005 kgf Factor de conversión 0,0098 kN/kgf

Indicación de la máquina (F)	Indicaciones del patron (series de mediciones)						Accesorios
	%	kN	kgf	0°	120°	240°	
30	4,90	500	4,92	4,92	No aplica	4,91	No aplica
20	9,81	1000	9,77	9,75	No aplica	9,77	No aplica
50	14,71	1500	14,66	14,63	No aplica	14,65	No aplica
40	19,61	2000	19,55	19,56	No aplica	19,58	No aplica
50	24,52	2500	24,47	24,46	No aplica	24,48	No aplica
60	29,42	3000	29,36	29,36	No aplica	29,37	No aplica
70	34,42	3500	34,27	34,27	No aplica	34,28	No aplica
80	39,23	4000	39,25	39,24	No aplica	39,24	No aplica
90	44,13	4500	44,14	44,15	No aplica	44,15	No aplica
Indicación después de carga		500	0,00	0,00	0,00	0,00	No aplica

ESCALA: 051,03 kN Incertidumbre del patron: 0,097 %

Indicación de la máquina (F)	Cálculo de errores relativos				Resolución
	%	kN	kgf	v(%)	
30	4,9	500	0,35	0,20	0,89
20	9,81	1000	0,45	0,20	0,65
30	14,71	1500	0,44	0,05	0,27
40	19,61	2000	0,29	0,04	0,22
50	24,52	2500	0,26	0,03	0,19
60	29,42	3000	0,21	0,03	0,13
70	34,42	3500	0,11	0,02	0,13
80	39,23	4000	0,04	0,02	0,13
90	44,13	4500	0,04	0,02	0,2
Error de cero fo (%)	0,000	0,000	0,000	No aplica	Err max(0)=0,00

FIRMAS AUTORIZADAS



Jesús Chiriac
Jesús Chiriac



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-092-2020

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE

MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA	5 000	kgf			
Error de exactitud			0,47 %	Error de cero	0
Error de repetibilidad			0,20 %	Error por accesorio	0%
Error de Reversibilidad			No aplica	Resolución	0,50 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica colombiana NTC - ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica en:

ESCAL 5 000 kgf Ascendente.

TRAZABILIDAD

METROTEST E.I.R.L. asegura el mantenimiento y trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECODEP.

OBSERVACIONES

1. Las cartas de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso, A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1)
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes" (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser producido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

(*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.

FIRMAS AUTORIZADAS



Jesus Quinto
Jesus Quinto C



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración Calibration Certificate

LM-099-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 of 3

Página 1 de 3

Solicitante Customer	KLAFER SAC Calle Real N° 445 Chilca Huancayo.
Objeto - Fabricante Objeto- Manufacturer	BALANZA - OHAUS
Tipo Modelo Type Model	CS200 Electronica
Capacidad Máxima Capacity max.	30 0000 gr
División de escala, d Actual scale interval	0,1 g
Div.de verificación, e Verification scale interval	0.1 g
Clase de exactitud Accuracy class	II
Capacidad mínima Order N°	0,1 g
Identificación Identificación	No Indica
Fecha de Calibración Date of calibration	2020-02-27
Lugar de calibración Calibration site	Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.
Numero de Páginas Numero of pages the certificate	3
Expediente Order N°	011

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

This Calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Fecha
Date

Jefe del Laboratorio de calibración
Head of the calibration laboratory

Sello
Seal

Jesús Quinto
Jesús Quinto C.



Certificado de Calibración
Calibration Certificate

LM-099-2020
Laboratorio de Masa

Página 3 of 3

Página 3

ENSAYO DE PESAJE
Temperatura

CARGA L(g)	Inicial 16,7 °C				Final 16,8 °C			
	(g)	AL(g)	E(g)	Ec (g)	(g)	AL (g)	E(g)	EC(g)
5.0	1.0	0.08	-0.03					
10.0	5.0	0.08	-0.03	0.00	5.0	0.01	0.04	0.07
20	10.0	0.08	-0.03	0.00	10.0	0.01	0.04	0.07
30	20.0	0.08	-0.03	0.00	20.0	0.01	0.04	0.07
50	30.0	0.08	-0.03	0.00	30.0	0.01	0.04	0.07
80	50.0	0.08	-0.03	0.00	50.0	0.01	0.04	0.07
100	80.0	0.08	-0.03	0.00	80.0	0.01	0.04	0.07
150	100.0	0.08	-0.03	0.00	99.9	0.01	-0.06	-0.03
200	149.9	0.08	-0.13	-0.10	149.9	0.01	-0.06	-0.03

Leyenda:
L: Carga aplicada a la balanza
AL: Carga adicional
E: Error encontrado
Ec: Error en cero
Ec: Error corregido

Incertidumbre de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.0021108 + 3.98E-10 R^2)}$
Lectura corregida $K = 1.0000000000000000$

Evaluación de los resultados
Evaluation of results
Ensayo de repetibilidad : Error máximo permisible ≥ E carga L1, E carga L2
Ensayo de excentricidad : Error máximo permisible ≥ Ec excentricidad
Ensayo de pesaje : Error máximo permisible ≥ Ec pesaje

Observaciones
Comments

De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO.
Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Fin del documento

document order

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-0099-2020
Laboratorio de Masa

Página 2 of 3

Página 2 de 3

Método de Calibración

Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC -019 del SNM - INDECOPI. Edición tercera.

Calibration was performed as described in the pc-011 SNM- indecopi. Third edition, Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados en el SNM.INDECOPI, con certificados de calibración: LM-1200-2016

Resultados (results)

INSPECCION VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura		Inicial	16,8 °C	Final	16,8 °C
Medición		Carga E1 = 100 g		Tiempo t2 = 900 s	
		L (g)	AL (g)	E (g)	
1	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
2	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
3	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
4	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
5	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
6	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
7	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
8	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
9	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
10	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura		Inicial	16,6 °C	Final	16,7 °C				
2	5	Posición de las Cargas							
3	1								
3	4								
Determinación del Error en Cero Eo		Determinación de Error Corregido Ec							
Posición De la Carga	Carga Mínima	L (g)	AL (g)	EO (g)	Carga L (g)	L (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	60,0	0,06	-0,01	0,01
2	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	60,0	0,06	-0,01	0,01
3	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	60,0	0,06	-0,01	0,01
4	9	1,0	0,07	-0,02	60,0	60,0	0,06	-0,01	0,01
5	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	60,0	0,06	-0,01	0,01





Certificado de Calibración
Calibration Certificate

LM -098-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2.

Página 1 de 2

Solicitante KLAFER SAC.

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).

Customer HUANCAYO

Objeto - Fabricante ESTUFA
Objec- Manufacturer

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de ejecución de una recalibración

Tipo Modelo PS - H1
Type Model

Temperatura de Trabajo 110 ° C
Temperature Work

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Ventilación NATURAL
Ventilation

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de calibración 2020- 02- 27
Date of calibration

This Calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realizes the units of measurement according to the international System of Units (SI).

Lugar de Calibración Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.
Calibration Site

The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

Expediente 012
Order N°

This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Fecha
Date

Jefe del Laboratorio de calibración
Head of the calibration laboratory

Sello
Seal

Jesus Quinto C.





Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-098-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2

Página 2

Método de Calibración

Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-019 del SNM - INDECOPI. "Procedimientos para la calibración de baños termostáticos".

Para la calibración se ha tomado como referencia el Método de comparación entre las indicaciones de lectura del termómetro controlador del equipo a calibrar con termómetro patrón con 10 termopares.

Instrumento de medición:

Instruments of meditation

Nombre	Marca	Código	Rango de medición	División	Tipo de indicación
Termómetro Controlador	THOLZ	Delta DTD 4848	0 °C a 350 °C	1 °C	Digital

Observaciones

Comments

De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

Fin del documento

