

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LA REDUCCIÓN DE LA PLASTICIDAD DE
SUELOS ARCILLOSOS DE MEDIA COMPRESIBILIDAD
ADICIONANDO MEZCLAS DE CENIZA DE TALLOS DE QUINUA
Y CAL”**

Por:

GRACIELA NICOLE AGUILAR VARGAS

Proyecto presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Semestre II - 2025

TARIJA –

DEDICATORIA:

A Dios, por ser mi guía constante, darme la fortaleza en cada paso y permitirme alcanzar un logro más en mi vida.

A mis padres, Elizabeth y Freddy, que con su amor infinito han sido mi ejemplo y mi refugio. Gracias por enseñarme con su esfuerzo y dedicación que todo sacrificio tiene recompensa, por sostenerme cuando mis fuerzas flaqueaban y por recordarme siempre que era capaz de llegar más lejos de lo que imaginaba.

A mi hermanita Daniela, mi compañera de vida que con su cariño y alegría me dio la motivación que a veces me faltaba. Gracias por ser la luz que me inspiró en los días grises y la sonrisa que me recordó que nunca estaba sola.

Este logro no solo lleva mi nombre, sino también el de ustedes porque cada paso que di estuvo acompañado de su amor y su confianza.

ÍNDICE

ADVERTENCIA

DEDICATORIA.

AGRADECIMIENTO.

RESUMEN.

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

	Página
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación del proyecto.....	3
1.3.1 Justificación académica.....	3
1.3.2 Justificación de la aplicación técnico-practico.....	3
1.3.3 Justificación e importancia social	3
1.4 Planteamiento del problema.....	4
1.4.1 Situación problémica.....	4
1.4.2 Delimitación temporal y espacial.....	4
1.4.3 Formulación del problema	5
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos	6
1.6 Planteamiento de la hipótesis y sus variables	6
1.6.1 Formulación de la hipótesis	6
1.6.2 Identificación y conceptualización de variables	6

1.6.3 Conceptualización y operacionalización de las variables	6
1.7 Alcance y tipo de la investigación.....	8

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1 Introducción general del marco teórico.....	9
2.2 Estabilización	9
2.2.1 Tipos de Estabilización	9
2.2.2 Método de estabilización con Cal	10
2.2.3 Método de estabilización con Cal más puzolanas.....	11
2.2.4 Método de estabilización con ceniza de tallos de quinua	13
2.3 Definición de suelo	18
2.3.1 Caracterización de los suelos arcillosos de media compresibilidad.....	18
2.4 Caracterización del análisis de los suelos arcillosos	19
2.5 Estadística	20
2.6 Análisis del aporte teórico	22

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO Y RELEVAMIENTO

DE LA INFORMACIÓN

3.1 Ubicación de la zona de estudio.....	24
3.2 Ubicación de las muestras	25
3.3 Unidad de estudio y decisión muestral.....	26
3.3.1 Unidad de muestra.....	26
3.3.2 Población.....	26
3.3.3 Muestra.....	26

3.3.4 Selección de las técnicas de muestreo.....	29
3.4 Muestreo de materiales	29
3.4.1 Muestreo zona de estudio.....	29
3.4.2 Selección de los aditivos	30
3.4.2.1 Selección de la ceniza de los tallos de quinua.....	30
3.4.2.1.1 Especificación técnica de la ceniza de quinua	32
3.4.2.2 Selección de la cal hidratada	34
3.4.2.2.1 Especificación técnica de la cal hidratada.....	34
3.5 Caracterización de los materiales.....	36
3.5.1 Ensayos de caracterización de los suelos arcillosos.....	36
3.5.1.1 Contenido de humedad.....	36
3.5.1.2 Peso específico (ASTM D854 - AASHTO T100).....	37
3.5.1.3 Análisis granulométrico por tamizado	41
3.5.1.4 Análisis granulométrico por hidrómetro	44
3.5.1.5 Ensayo para determinar la consistencia del suelo	47
3.5.1.5.1 Límite líquido ASTM D4318	47
3.5.1.5.2 Límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D4318 - AASHTO T90).....	48
3.5.1.6 Clasificación de suelos finos.....	50
3.5.2 Caracterización de la ceniza de tallos de quinua (CQ)	52
3.5.2.1 Calcinación de los tallos de quinua.....	52
3.5.2.2 Peso específico de la ceniza	53
3.2.2.3 Granulometría de la ceniza.....	54
3.2.2.4 Clasificación de colores de la ceniza	57
3.2.2.5 Análisis químico de la ceniza.....	58

3.5.3 Caracterización de los suelos con la adición de CQ + Cal.....	59
---	----

3.5.3.1 Límites de Atterberg y clasificación de las muestras elegidas	59
---	----

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis resultados.....	66
------------------------------	----

4.2 Análisis de la reducción de la plasticidad con ceniza de tallos de quinua y cal.....	69
--	----

4.3 Análisis estadístico	69
--------------------------------	----

.4.3.1 Estadística descriptiva.....	70
-------------------------------------	----

4.3.2 Estadística inferencial	75
-------------------------------------	----

4.4 Especificación técnica.....	77
---------------------------------	----

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	80
------------------------	----

5.2 Recomendaciones.....	81
--------------------------	----

Bibliografía

ANEXOS

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS ARCILLOSOS

ANEXOS I CONTENIDOS DE HUMEDAD

ANEXOS II PESOS ESPECÍFICOS

ANEXOS III GRANULOMETRÍAS

ANEXOS IV HIDRÓMETROS

ANEXO V LÍMITES DE ATTERBERG Y CLACIFICACIÓN DE LOS SUELOS ARCILLOSOS NATURALES

CARACTERIZACIÓN DE LA CENIZA DE TALLOS DE QUINUA

ANEXO VI PESO ESPECÍFICO

ANEXO VII GRANULOMETRÍA

ANEXO VIII HIDRÓMETRO

ANEXO IX ANÁLISIS QUÍMICO DE LA CENIZA

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS ARCILLOSOS MODIFICADOS

ANEXO X LÍMITES DE ATTERBERG Y CLACIFICACIÓN DE LOS SUELOS
ARCILLOSOS MODIFICADOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Cal hidratada.....	10
Figura 2.2 Zona del cultivo de quinua	13
Fuente 2.3 Planta de Quinua	14
Figura 3.1 Ubicación Geográfica provincia Cercado-Tarija	24
Figura 3.2 Ubicación de las zonas de estudio	25
Figura 3.3 Muestreo de la zona	29
Figura 3.4 Áreas agrícolas.....	30
Figura 3.5 Recoleccion de los tallos de quinua.....	31
Figura 3.6 Proceso del secado de los tallos de quinua	31
Figura 3.7 Triturado de los tallos de quinua.....	32
Figura 3.8 Proceso de la incineración	32
Figura: 3.9 procedimiento del contenido de humendad.....	36
Figura 3.10 Calibración del frasco volumétrico.....	38
Figura 3.11 Procedimiento del Peso específico	39
Figura 3.12 Lavado por el tamiz N°200	41
Figura 3.13 Tamizado por los tamices N°10, N°40, N°100 y N°200	42
Figura 3.14 Curva granulometrica del suelo “M2”	43
Figura 3.15 Procedimiento del metodo del hirdometro	45
Figura 3.16 Hidrometría para “M2”	46
Figura 3.17 Límite líquido	48
Figura 3.18 Límite plástico	49
Figura 3.19 Límite líquido del suelo “M2”	50
Figura 3.20 Clasificación con la carta de plasticidad de “M2”	50

Figura 3.21 Proceso de calcinacion de los tallos de quinua.....	52
Figura 3.22 Peso específico de la ceniza.....	53
Figura 3.23 Calibración del frasco volumétrico.....	54
Figura 3.24 Hidrometría con 152 H para la ceniza	55
Figura 3.25 Hidrómetro de la ceniza.....	56
Figura 3.26 Clasificación de colores de la ceniza	57
Figura 3.27 Ensayo del límite líquido y límite plástico	60
Figura 3.28 Límite líquido de “M2 + 3% CAL + 3 % CQ”	61
Figura 3.29 Clasificación de “M2 + 3% CAL + 3% CQ”	61
Figura 3.30 LL de “M2 + 5% CAL + 3% CQ”	63
Figura 3.31 Clasificación con la carta de plasticidad de “M2 + 5% CAL + 3% CQ”	63
Figura 4.1 Reacción de los IP de los suelos arcillosos con 3%Cal + %Ceniza	67
Figura 4.2 Reacción de los IP de los suelos arcillosos con 5%Cal + %Ceniza	68
Figura 4.3 Comparacion del IP Natural con IP Modificado.....	71
Figura 4.4 Histograma y poligono de frecuencias	72
Figura 4.5 Comparacion del IP Natural con IP Modificado.....	73
Figura 4.6 Reaccion de los limites liquidos de las muestras.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Delimitación temporal.....	4
Tabla 1.2 Variable independiente	7
Tabla 1.3 Variable dependiente	7
Tabla 2.1 de Requisitos químicos.....	12
Tabla 2.2 Ensayos de caracterización y análisis.....	19
Tabla 3.1 Ubicación de las muestras	25
Tabla 3.2 Muestra.....	26
Tabla 3.3 Determinación del número de ensayos.....	27
Tabla 3.3 Contenido de humedad del suelo “M2”	37
Tabla 3.4 Resultados del contenido de humedad	37
Tabla 3.5 Calibración del frasco volumétrico	38
Tabla 3.5 Peso específico del suelo “M2”.....	40
Tabla 3.6 Resumen del peso específico de las muestras	40
Tabla 3.7 Granulometría del suelo “M2”	43
Tabla 3.8 Resultados granulométricos de las muestras	44
Tabla 3.9 Hidrometría con 152 H para “M2”.....	45
Tabla 3.10 Resumen de los hidrómetros de las muestras.....	47
Tabla 3.11 Límite líquido y el límite plástico de “M2”.....	49
Tabla 3.12 Resultados de los límites de consistencia.....	51
Tabla 3.13 Cálculo de calcinación	52
Tabla 3.14 Resumen del cálculo de calcinación.....	52
Tabla 3.15 Calibración del frasco volumétrico	53
Tabla 3.16 Peso específico de la ceniza	54

Tabla 3.17 Hidrometría con 152 H de la ceniza.....	55
Tabla 3.18: Análisis químico de la ceniza de tallos de quinua.....	58
Tabla 3.19 Porcentajes de las mezclas	59
Tabla 3.20: Límites de Atterberg de “M2+ 3% CAL + 3 % CQ”	60
Tabla 3.21 Resultados de los límites de Atterberg de “M2”	62
Tabla 3.22 Límites de Atterberg de “M2 + 5% CAL + 3% CQ”	62
Tabla 3.23 Resultados de los límites de Atterberg de “M2”	64
Tabla 3.24 Límites de Atterberg con mezclas de 3% CAL + % CQ	64
Tabla 3.25 Límites de Atterberg con mezclas de 5% CAL + % CQ	65
Tabla 4.1 Resumen de los índices plásticos óptimos	70
Tabla 4.2 Distribución de frecuencias	71
Tabla 4.3 Resumen de los índices plásticos óptimos	72
Tabla 4.4 Distribución de frecuencias.....	74

