

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LA PLASTICIDAD EN LOS
PARÁMETROS DE LA RESISTENCIA CORTANTE MEDIANTE EL ENSAYO
BIDIMENSIONAL DE CORTE DIRECTO”**

Por:

ZULEIDI CARMEN VIDES

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 – 2024

TARIJA – BOLIVIA

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LA PLASTICIDAD EN LOS
PARÁMETROS DE LA RESISTENCIA CORTANTE MEDIANTE EL ENSAYO
BIDIMENSIONAL DE CORTE DIRECTO”**

Por:

ZULEIDI CARMEN VIDES

SEMESTRE II – 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Dedicado a mis madres, Carmen Maraz y Celia Vides quienes fueron mis heroínas que con fortaleza, sabiduría y amor incondicional me guiaron en cada paso de mi vida, gracias por ser mi roca y ejemplos a seguir.

A mis hermanos Mauricio, Horacio y Angelina por su apoyo incondicional en cada paso de este camino. Su amor y aliento me han inspirado a seguir adelante. Gracias por estar siempre a mi lado

A mis queridas tías por ser mi luz en momentos oscuros, por creer en mí y por inspirarme siempre a alcanzar mis sueños, este logro es un triunfo de todos.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO

	Página
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	2
1.3. Antecedentes	2
1.4. Situación problemática	4
1.4.1. Problema	5
1.4.2. Relevancia y factibilidad del problema.....	5
1.4.3. Delimitación temporal y espacial del problema.....	6
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. Formulación de la Hipótesis.	7
1.7. Operacionalización de las variables.....	7
1.7.1. Conceptualización y Operacionalización de variables	8
1.8. Identificación del tipo de investigación	8
1.9. Procesamiento de la investigación	8
1.10. Alcance de la investigación	9

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

	Página
2.1. Marco conceptual.....	10

2.1.1.	Suelo....	10
2.1.2.	Suelos finos.....	11
2.1.3.	Arcillas.....	11
2.1.4.	Limos.....	12
2.1.5.	Tamaño de la partícula.....	13
2.1.6.	Límites de consistencia	15
2.1.7.	Clasificación de los suelos	20
2.1.8.	Ensayo de corte directo	23
2.1.8.1.	Aparato de corte directo.....	25
2.1.8.2.	Consideraciones del ensayo de corte directo	26
2.1.8.3.	Corte directo consolidado drenado	27
2.1.8.4.	Resistencia cortante	29
2.1.9.	Parámetros de resistencia cortante	30
2.1.10.	Estadística	33
2.1.11.	Variables independientes	33
2.1.12.	Media... ..	33
2.1.13.	Mediana.....	34
2.1.14.	Desviación media.....	34
2.1.15.	Desviación estándar	35
2.1.16.	Coeficiente de variación	35
2.1.17.	Prueba de hipótesis	37
2.1.18.	Prueba ANOVA	39
2.2.	Marco normativo.....	39
2.3.	Análisis y posición del investigador	39

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE DATOS

	Página
3.1. Criterios de diseño metodológico	41
3.1.1. Unidad de muestra	41
3.1.2. Población.....	41
3.1.3. Muestra	41
3.1.4. Tamaño de muestra	42
3.2. Plan estratégico de trabajo	43
3.3. Determinación de la zona de muestreo	43
3.3.1. Extracción de muestras de suelo	46
3.3.2. Material utilizado	46
3.3.3. Procedimiento de extracción de muestras de suelo.....	46
3.4. Propiedades del suelo en estudio	47
3.4.1. Ensayo contenido de humedad ASTM D2216.....	47
3.4.2. Análisis granulométrico ASTM D422 AASHTO T88	50
3.4.3. Determinación del límite líquido y límite plástico ASTM D4318	53
3.4.4. Clasificación de los suelos ASTM D2487	57
3.5. Pruebas de corte directo CD (Consolidado Drenado) ASTM D3080.....	57

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1. Planteamiento de datos observados	64
4.2. Análisis preliminar.....	68
4.2.1. Comportamiento de los ángulos de fricción según el índice de plasticidad	68

4.2.2.	Comportamiento de la cohesión según los índices de plasticidad	69
4.3.	Análisis de la incidencia de la plasticidad	71
4.3.1.	Análisis del índice de plasticidad en arcillas	71
4.3.2.	Análisis de la incidencia de la plasticidad en limos.....	73
4.4.	Análisis de la incidencia del límite líquido	74
4.4.1.	Análisis del límite líquido en arcillas.....	75
4.4.2.	Análisis del límite líquido en limos	76
4.5.	Análisis de la incidencia del límite plástico.....	78
4.5.1.	Análisis del límite plástico en arcillas	78
4.5.2.	Análisis del límite plástico en limos	80
4.6.	Análisis estadístico.....	83
4.7.	Análisis estadístico en arcillas	85
4.7.1.	Estadística descriptiva en arcillas	85
4.7.2.	Medidas de tendencia central en arcillas	92
4.8.	Análisis estadístico para los limos	93
4.8.1.	Estadística descriptiva en limos	93
4.8.2.	Medidas de tendencia central en limos	100
4.9.	Estadística inferencial	101
4.9.1.	Prueba de hipótesis “arcillas”	101
4.9.2.	Prueba de hipótesis “limos”	103
4.10.	Especificación técnica propia	105

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

		Página
5.1.	Conclusiones	107
5.2.	Recomendaciones	108

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA

ANEXO B ENSAYOS DE LÍMITES DE ATTERBERG

ANEXO C HUMEDAD NATURAL Y CLASIFICACIÓN

ANEXO D ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1: Tipo de investigación	9
Figura 2.1: Suelo.....	10
Figura 2.2: Suelos finos	11
Figura 2.3: Tamaño de la partícula	13
Figura 2.4: Curva granulométrica de un suelo.....	14
Figura 2.5: Definición de los límites de Atterberg	16
Figura 2.6: Equipo casa grande	16
Figura 2.7: Prueba de límite líquido	17
Figura 2.8: Curva de fluidez para la determinación límite líquido de una arcilla. ...	18
Figura 2.9: Límite plástico.....	18
Figura 2.10: Ensayo para determinar el límite plástico	19
Figura 2.11: Material límites de consistencia	20
Figura 2.12: Grafica de plasticidad.....	23
Figura 2.13: Ensayo de corte directo	24
Figura 2.14: Equipo de Corte Directo.....	26
Figura 2.15: Corte directo.....	28
Figura 2.16: Ensayo corte directo.....	29
Figura 2.17: Interpretación de los valores del coeficiente de variación	36
Figura 2.18: Situaciones posibles al probar una hipótesis estadística	37
Figura 3.1: Determinación tamaño de muestra.....	42
Figura 3.2: Ubicación puntos de muestreo	44
Figura 3.3: Material para extracción de muestras.....	46
Figura 3.4: Bancos de muestras	47
Figura 3.5: Colocado de muestra al horno	48
Figura 3.6: Ensayo contenido de humedad.....	48
Figura 3.7: Ensayo de granulometría.....	50
Figura 3.8: Materiales para la determinación de los límites de consistencia.....	53
Figura 3.9: Ensayo límite líquido	54
Figura 3.10: Ensayo límite plástico	54

Figura 3.11:	Equipo de corte directo	57
Figura 3.12:	Muestras talladas.....	58
Figura 3.13:	Caja de corte y accesorios	58
Figura 3.14:	Muestra después del ensayo	59
Figura 3.15:	Ensayo de Corte Directo	59
Figura 4.1:	Ubicación de las arcillas en la carta de plasticidad	65
Figura 4.2:	Ubicación de los limos en la carta de plasticidad	67
Figura 4.3:	Comportamiento ángulos de fricción en arcillas.....	68
Figura 4.4:	Comportamiento ángulos de fricción en limos	69
Figura 4.5:	Comportamiento de la cohesión en arcillas	70
Figura 4.6:	Comportamiento de la cohesión en limos	70
Figura 4.7:	Ángulos de fricción vs índices de plasticidad en arcillas.....	71
Figura 4.8:	Cohesión vs índice de plasticidad en arcillas.....	72
Figura 4.9:	Ángulos de fricción vs índice de plasticidad en limos.....	73
Figura 4.10:	Cohesión vs índice de plasticidad en limos.....	74
Figura 4.11:	Ángulo de fricción vs límite líquido en arcillas	75
Figura 4.12:	Cohesión vs límite líquido en arcillas	76
Figura 4.13:	Ángulo de fricción vs límite líquido en limos.....	77
Figura 4.14:	Cohesión vs límite líquido en limos.....	78
Figura 4.15:	Ángulo de fricción vs límite plástico en arcillas	79
Figura 4.16:	Cohesión vs límite plástico en arcillas	80
Figura 4.17:	Ángulo de fricción vs límite plástico en limos.....	81
Figura 4.18:	Cohesión vs límite plástico en limos.....	82
Figura 4.19:	Comportamiento de la cohesión en suelos limosos.....	83
Figura 4.20:	Histograma y polígono de frecuencias variable IP en arcillas	87
Figura 4.21:	Polígono de frecuencias acumuladas variable IP en arcillas.....	87
Figura 4.22:	Histograma y polígono de frecuencias cohesión en arcillas	89
Figura 4.23:	Histograma y polígono de frecuencias variable cohesión en arcillas	89
Figura 4.24:	Histograma y polígono de frecuencias variable ϕ en arcillas	91
Figura 4.25:	Polígono de frecuencias acumuladas variable ϕ en arcillas.....	91
Figura 4.26:	Histograma y polígono de frecuencias variable IP en limos.....	95

Figura 4.27:	Polígono de frecuencias acumuladas variable IP en limos	95
Figura 4.28:	Histograma y polígono de frecuencias variable Cohesión en limos	97
Figura 4.29:	Polígono de frecuencias acumuladas variable Cohesión en limos.....	97
Figura 4.30:	Histograma y polígono de frecuencias variable ϕ en limos.....	99
Figura 4.31:	Polígono de frecuencias acumuladas variable ϕ en limos	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1:	Variable dependiente.....8
Tabla 2.1:	Clasificación de suelos según tamaño de partícula 15
Tabla 2.2:	Sistema de clasificación de suelos AASHTO 21
Tabla 2.3:	Sistema de clasificación de suelos AASHTO 22
Tabla 2.4:	Símbolo y descripción del suelo 23
Tabla 2.5:	Rangos de ángulos de fricción para suelos 32
Tabla 2.6:	Cohesión y ángulo de fricción según la clasificación de suelo (SUCS) 32
Tabla 3.1:	Coordenadas de las zonas de extracción 45
Tabla 3.2:	Contenido de humedad..... 49
Tabla 3.3:	Resumen contenido de humedad natural..... 49
Tabla 3.4:	Resumen de granulometría..... 52
Tabla 3.5:	Resumen límites de Atterberg..... 56
Tabla 3.6:	Resumen clasificación de los suelos 57
Tabla 3.7:	Resumen valores de corte directo 63
Tabla 4.1:	Resumen de resultados de arcilla 64
Tabla 4.2:	Resumen de resultados de limos 66
Tabla 4.3:	Resumen de datos..... 84
Tabla 4.4:	Resumen de datos para arcillas 85
Tabla 4.5:	Distribución de frecuencias IP en arcilla 86
Tabla 4.6:	Distribución de frecuencias Cohesión en arcillas 88
Tabla 4.7:	Distribución de frecuencias ángulos de fricción en arcillas..... 90
Tabla 4.8:	Medidas de tendencia central variable IP en arcillas 92
Tabla 4.9:	Medidas de tendencia central variable Cohesión en arcillas..... 92
Tabla 4.10:	Medidas de tendencia central variable ϕ 92
Tabla 4.11:	Resumen de datos para limos..... 93
Tabla 4.12:	Tabla de distribución de frecuencias IP en limos..... 94
Tabla 4.13:	Distribución de frecuencias valores de Cohesión en limos..... 96
Tabla 4.14:	Distribución de frecuencias valores de ϕ en limos 98

Tabla 4.15:	Medidas de tendencia central variable IP en limos	100
Tabla 4.16:	Medidas de tendencia central variable Cohesión en limos	100
Tabla 4.17:	Medidas de tendencia central variable ϕ en limos	100
Tabla 4.18:	Prueba ANOVA en arcillas	102
Tabla 4.19:	Resumen de datos para arcillas	102
Tabla 4.20:	Prueba ANOVA en limos	104
Tabla 4.21:	Resumen de datos para arcillas	104
Tabla 4.22:	Valores de ángulos de fricción y cohesión para arcillas	106
Tabla 4.23:	Valores de ángulos de fricción y cohesión para limos	106