

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“CORRELACIÓN DEL VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA
CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA
DE SUELOS COHESIVOS ARCILLOSOS”**

Por: CHURA VARGAS JUAN DANIEL

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

Semestre I - 2025

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“CORRELACIÓN DEL VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA
CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA
DE SUELOS COHESIVOS ARCILLOSOS”**

Por: CHURA VARGAS JUAN DANIEL

Semestre I - 2025

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A mis padres, familiares y amigos
que me apoyaron en este proceso.

ÍNDICE

ADVERTENCIA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

| | Página |
|-----------------------------------------------------------------|--------|
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| I. Diseño teórico | 2 |
| 1.2 Situación problemática..... | 2 |
| 1.2.1 Problema | 2 |
| 1.2.2 Relevancia y factibilidad de la investigación..... | 2 |
| 1.2.3 Delimitación temporal y espacial de la investigación..... | 3 |
| 1.3 Justificación..... | 3 |
| 1.3.1 Justificación académica..... | 3 |
| 1.3.2 Justificación sobre la aplicación técnica-práctica | 4 |
| 1.3.3 Justificación e importancia social | 4 |
| 1.4 Objetivos | 4 |
| 1.4.1 Objetivo general | 4 |
| 1.4.2 Objetivo específicos | 5 |
| 1.5 Hipótesis..... | 5 |
| 1.6 Conceptualización y operacionalización de variables..... | 5 |
| 1.6.1 Variable dependiente..... | 5 |
| 1.6.2 Variable independiente | 6 |
| II. Diseño metodológico..... | 6 |
| 1.7 Identificación del tipo de investigación | 6 |

| | | |
|--------|-----------------------------------------------|---|
| 1.8 | Unidades de estudio y decisión muestral | 6 |
| 1.8.1. | Unidad de estudio..... | 6 |
| 1.9. | Métodos y técnicas empleadas | 7 |
| 1.9.1. | Métodos..... | 7 |
| 1.9.2. | Técnicas..... | 8 |
| 1.10. | Procesamiento de la información | 8 |
| 1.11 | Alcance de la investigación..... | 8 |

CAPÍTULO II

ASPECTOS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LOS SUELOS COHESIVOS

| | página | |
|--------|-----------------------------------------------------------|----|
| 2.1. | Definición y características de los suelos cohesivos..... | 9 |
| 2.1.1. | Estructura y cohesión del suelo..... | 9 |
| 2.2 | Caracterización de los suelos | 10 |
| 2.2.1. | Distribución del tamaño de partículas..... | 10 |
| 2.2.2. | Análisis mecánico por tamices..... | 10 |
| 2.2.3 | Límites de ATTERBERG..... | 11 |
| 2.2.4 | Determinación del límite líquido | 12 |
| 2.2.5 | Plasticidad..... | 14 |
| 2.2.6 | Determinación del límite plástico | 14 |
| 2.2.7 | Índice de plasticidad..... | 15 |
| 2.2.8 | Clasificación de los suelos | 16 |
| 2.2.9 | Clasificación de los suelos según el SUCS..... | 16 |
| 2.2.10 | Sistema de clasificación AASHTO..... | 19 |
| 2.3 | Caracterización mecánica..... | 20 |
| 2.3.1 | Compactación proctor modificado..... | 20 |
| 2.3.2 | Factores que afectan la compactación..... | 21 |
| 2.3.3 | Prueba o ensayo proctor..... | 21 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4. Relación de soporte california CBR..... | 25 |
| 2.4.1 Generalidades..... | 25 |
| 2.4.2 Ensayo CBR en laboratorio..... | 27 |
| 2.5 Compresión no confinada | 28 |
| 2.5.1 Ensayo de compresión no confinada..... | 28 |
| 2.6. Sudrasante | 29 |
| 2.6.1 Definición de sudrasante..... | 29 |
| 2.6.2. Subrasantes constituidas por limos plásticos y arcillas..... | 30 |
| 2.6.3 Subrasante constituidas por suelos de baja compresibilidad..... | 30 |
| 2.6.4 Subrasante constituidas por suelos de alta compresibilidad | 30 |
| 2.6.5 Ensayos para determinar la resistencia de la subrasante | 30 |
| 2.7 Análisis estadístico..... | 31 |
| 2.7.1 Marco teórico estadístico | 31 |
| 2.7.2 Coeficiente de correlación lineal de Pearson | 32 |
| 2.7.3 Regresión lineal simple | 36 |
| 2.7.4 Bondad de un ajuste | 36 |
| 2.7.5 Statgraphics..... | 38 |
| 2.7.6 Estudio de regresión..... | 38 |
| 2.8 Citas bibliográficas | 38 |

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

| | página |
|-----------------------------------------|--------|
| 3.1 Ubicación del suelo de estudio..... | 41 |
| 3.2 Muestreo..... | 44 |
| 3.2.1 Selección de la muestra..... | 44 |
| 3.2.2 Toma de muestras | 44 |
| a) Caraterización física..... | 48 |

| | | |
|---------|------------------------------------------------|----|
| 3.3 | Ensayos de caracterización de materiales | 48 |
| 3.3.1 | Características del suelo | 48 |
| 3.4 | Ejecución de los ensayos..... | 49 |
| 3.4.1 | Contenido de humedad..... | 49 |
| 3.4.2 | Granulometría | 51 |
| 3.4.3 | Límites de atterberg..... | 53 |
| 3.4.3.1 | Determinación del límite líquido | 54 |
| 3.4.3.2 | Determinación límite plástico | 56 |
| b) | Caracterización mecánica | 57 |
| 3.5 | Compactación Proctor..... | 57 |
| 3.6 | Ensayo CBR..... | 60 |
| 3.7 | Ensayo de compresión no confinada..... | 67 |

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

| | Página | |
|------|--------------------------------------------|----|
| 4.1 | Resumen estadístico para CBR | 72 |
| 4.2 | Tabla de frecuencias de variable CBR | 72 |
| 4.3 | Graficos de la variable | 73 |
| 4.4 | Estadística inferencial | 74 |
| 4.5 | Intervalos de confianza para CBR..... | 74 |
| 4.5 | Resumen estadístico para Qu | 75 |
| 4.6 | Tabla de frecuencias de variable Qu | 75 |
| 4.7 | Gráficos de la variable | 76 |
| 4.8 | Estadística inferencial | 77 |
| 4.9 | Intervalos de confianza para Qu..... | 77 |
| 4.10 | Correlación entre variables CBR y Qu..... | 78 |
| 4.11 | Prueba de hipótesis..... | 79 |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | página |
|--------------------------|--------|
| 5.1 Conclusiones | 81 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 81 |

Bibliografía

ANEXO I: Tablas y gráficas de: granulometría, límites, compactación CBR y compresión no confinada

ANEXO II cartas y documentos de calibración de equipo

ÍNDICE DE FIGURAS

| | página |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|
| figura 2.1 Estructuras que dan cohesión a los suelos granulares..... | 9 |
| figura 2.2 Tamices para el análisis mecánico del suelo de grano grueso | 11 |
| figura 2.3 Esquema de límites de ATTERBERG | 11 |
| figura 2.4 Cuchara de casagrande | 12 |
| figura 2.5 División de la pasta de suelo..... | 12 |
| figura 2.6 Cierre de la pasta de suelo | 13 |
| figura 2.7 Determinación del límite líquido del suelo..... | 14 |
| figura 2.8 Determinación del límite plástico..... | 15 |
| figura 2.9 Equipo de compactación en laboratorio | 23 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| figura 2.10 Aplicación de carga y gráfica esfuerzo deformación | 28 |
| figura 2.11 Diagrama de dispersión | 31 |
| figura 2.12 Interpretación geométrica de sxy..... | 33 |
| figura 2.13 Diagramas de dispersiones | 34 |
| figura 3.1 Zona de extracción de muestras..... | 42 |
| figura 3.2 Material y equipo de extracción | 45 |
| figura 3.3 Extracción barrio El Jardín | 45 |
| figura 3.4 Extracción barrio San Jorge..... | 46 |
| figura 3.5 Extracción de muestras B. Pampa Galana | 46 |
| figura 3.6 Extracción B. Justo Juez..... | 47 |
| figura 3.7 Muestras extraídas de los distintos barrios..... | 47 |
| figura 3.8 Muestras para contenido de humedad | 49 |
| figura 3.9 Muestras pesandose | 50 |
| figura 3.10 Muestras para secado al horno..... | 50 |
| figura 3.11 Método de lavado suelo fino | 51 |
| figura 3.12 Procedimiento del metodo de lavado suelo | 52 |
| figura 3.13 Muestras secas | 52 |
| figura 3.14 Tamizado del suelo..... | 53 |
| figura: 3.15 Preparación equipo casa grande | 54 |
| figura: 3.16 Preparación de muestras | 55 |
| figura:3.17 Ensayo límite líquido..... | 55 |
| figura 3.18 Ensayo límite plástico..... | 56 |
| figura 3.19 Ensayo límite plástico..... | 56 |
| figura: 3.20 Equipo de compactación proctor y muestras..... | 57 |
| figura 3.21 Preparación para el % de humedad..... | 58 |
| figura 3.22 Compactando el suelo..... | 59 |
| figura 3.23 Enrazado de la compactación | 59 |
| figura :3.24 Peso de muestras de compactación..... | 60 |
| figura 3.25 Preparación de los moldes de ensayo | 61 |
| figura: 3.26 Compactación CBR..... | 62 |

| | |
|-----------------------------------------------------|----|
| figura: 3.27 Muestras CBR sumergidas | 64 |
| figura: 3.28 Prensa CBR | 65 |
| figura 3.29 Lectura de resistencia del suelo | 66 |
| figura : 3.30 Moldes cbr lecturados..... | 66 |
| figura 3.31 Muestras inalteradas talladas | 67 |
| figura 3.32 Muestras ensayadas | 67 |
| figura 3.33 Equipo de compresión no confinada | 68 |
| figura 4.1 Histogramas de frecuencias | 73 |
| figura 4.2 Polígono de frecuencias acumuladas..... | 73 |
| figura 4.3 Histogramas de frecuencias Qu | 76 |
| figura 4.4 Polígono de frecuencias acumuladas..... | 76 |
| figura 4.5 Gráfico del modelo | 78 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | página |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------|
| tabla 2.1 Sistemas para identificar el tamaño de partículas del suelo..... | 10 |
| tabla 2.2 Grado de plasticidad del suelo..... | 15 |
| tabla 2.3: Tamaño de grano de suelos según el SUCS..... | 17 |
| tabla 2.4: Símbolos de grupo SUCS. | 17 |
| tabla 2.5 Nombres de grupo para suelos finos inorgánicos,..... | 18 |
| tabla 2.6 Especificaciones técnicas para la prueba de compactación proctor | 24 |
| tabla 2.7 Valores de carga unitaria patrón..... | 26 |
| tabla 2.8 Valores referenciales de CBR usos y suelos. | 26 |
| tabla 2.9 Valores de resistencia | 29 |
| tabla 3.1 Número de puntos de muestreo | 41 |
| tabla3.2 Puntos de extracción de muestras..... | 43 |
| tabla 3.3 Ensayos de laboratorio y normas..... | 48 |
| tabla 3.4 Resultados de ensayos de laboratorio..... | 69 |
| tabla 3.5 Resultados de ensayos de laboratorio..... | 70 |

| | | |
|-----------|-------------------------------------------|----|
| tabla 4.1 | Resumen general de datos de analizar..... | 71 |
| tabla 4.2 | Resumen estadístico CBR..... | 72 |
| tabla 4,3 | Tabla de frecuencias de variable CBR..... | 72 |
| tabla 4.4 | Resumen estadístico para Qu..... | 75 |
| tabla 4.5 | Tabla de frecuencias para Qu..... | 75 |
| tabla 4.6 | Coeficientes..... | 78 |
| tabla 4.7 | Coeficientes de r cuadrado..... | 80 |