

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO
TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS GRANULOMÉTRICOS
Y C.B.R. DE SUELOS GRANULARES EN LA PROVINCIA
MÉNDEZ”**

Por:

IRIS YUVINKA MARTÍNEZ GONZALES

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 - 2022

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO
TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS GRANULOMÉTRICOS
Y C.B.R. DE SUELOS GRANULARES EN LA PROVINCIA
MÉNDEZ”**

Por:

IRIS YUVINKA MARTÍNEZ GONZALES

Semestre II - 2022

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

El presente trabajo de Proyecto de Grado, me otorga una gran satisfacción de cumplir un logro muy importante en mi vida. Está dedicado con muchísimo amor a mis padres Sofía y Alfredo, a mis hermanos y a mis amigos por siempre fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Situación problemática	2
1.3.1. Problema	2
1.3.2. Relevancia y factibilidad del problema.....	3
1.3.3. Delimitación temporal y espacial del problema.....	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Operacionalización de las variables	4
1.6.1. Variable independiente	4
1.6.2. Variable dependiente	5
1.7. Identificación del tipo de Investigación	5
1.8. Unidades de estudio y decisión muestral.....	5
1.8.1. Unidad de estudio	5
1.8.2. Población.....	6
1.8.3. Muestra	6
1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo	6
1.9. Métodos y técnicas empleadas	6
1.9.1. Métodos.....	6

1.9.2.	Técnicas	6
1.10.	Procesamiento de la información	7
1.11.	Alcance de la investigación	7

CAPÍTULO II

PARÁMETROS GRANULOMÉTRICOS Y C.B.R. EN SUELOS GRANULARES

	Página	
2.1.	Suelos granulares.....	8
2.1.1.	Comportamiento de suelos granulares	8
2.2.	Parámetros granulométricos	9
2.2.1.	Granulometría	9
2.2.2.	El coeficiente de uniformidad (Cu)	13
2.2.3.	El coeficiente de curvatura (CC).....	13
2.3.	Clasificación AASHTO.....	14
2.3.1.	Material granular con 35% o menos del total que pasa el tamiz N°200	17
2.4.	Compactación de suelo.....	17
2.4.1.	Influencia de la compactación en diferentes tipos de suelos	18
2.4.2.	Influencia de la humedad en la compactación de suelos	20
2.4.3.	Densidad máxima seca (D.M.S.)	22
2.4.4.	Contenido de humedad óptimo (C.H.O.).....	23
2.5.	California Bearing Ratio (C.B.R.).....	24
2.5.1.	Definición	25
2.6.	Influencia entre la granulometría con C.B.R.....	28
2.7.	Estadística correlacional.....	29
2.7.1.	Coefficiente de determinación (R-cuadrado)	30

2.7.2.	Coeficiente de correlación lineal de Pearson	30
2.8.	Statgraphics	33
2.8.1.	Estudio de regresión.....	33
2.8.2.	Regresión simple en Statgraphics	33

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

	Página	
3.1.	Zona de estudio	38
3.1.1.	Criterio de selección de muestras	39
3.1.2.	Selección de los puntos de estudio.....	44
3.2.	Extracción de muestras.....	46
3.2.1.	Parámetros granulométricos.....	48
3.3.	Ensayo para determinar su humedad óptima de las muestras	50
3.3.1.	Ensayo de compactación AASHTO T-180.....	50
3.4.	Ensayo de C.B.R.	51
3.5.	Procesamiento de la información	56

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página	
4.1.	Correlación general entre los parámetros granulométricos con C.B.R.	73
4.1.1.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz 1 ½”	73
4.1.2.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz 1”	75
4.1.3.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz ¾”	77
4.1.3.1.	Estadística descriptiva de C.B.R. vs. Tamiz ¾”	79

4.1.4.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz ½”	80
4.1.5.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz 3/8”	82
4.1.6.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz N°4	84
4.1.7.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz N°10	87
4.1.8.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz N°40	89
4.1.9.	Regresión Simple C.B.R. vs. Tamiz N°200	91
4.1.10.	Regresión Simple C.B.R. vs. Cu	93
4.1.11.	Regresión Simple C.B.R. vs. Cc	95
4.2.	Correlación de cada río según los parámetros granulométricos y C.B.R.	98
4.3.	Diagnóstico de la regresión	106
4.4.	Hipótesis de la investigación	111

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1.	Conclusiones 113
5.2.	Recomendaciones 114

BIBLIOGRAFÍA

	Página
BIBLIOGRAFÍA	115

ANEXOS

ANEXO A: Anexos fotográficos.

ANEXO B: Caracterización de los suelos.

ANEXO C: Compactación T-180.

ANEXO D: California Bearing Ratio (C.B.R.).

ANEXO E: Validación de datos.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Variable independiente	4
Tabla 1.2. Elaboración dependiente	5
Tabla 2.1. Clasificación de suelos según AASHTO	16
Tabla 2.2. Esfuerzos requeridos para diferentes profundidades de penetración	27
Tabla 2.3. Calificación del suelo en función de la subrasante	28
Tabla 2.4. Modelos disponibles en Software Statgraphics.	34
Tabla 3.1. Áreas de las Subcuenca San Lorenzo- La Victoria.....	39
Tabla 3.2. Coordenadas UTM del río Pajchani.....	44
Tabla 3.3. Coordenadas UTM del río La Victoria	44
Tabla 3.4. Coordenadas UTM del río Erquis	45
Tabla 3.5. Coordenadas UTM del río Calama	45
Tabla 3.6. Porcentajes de tamices del Río Pajchani.....	56
Tabla 3.7. Porcentajes de tamices del Río La Victoria	58
Tabla 3.8. Porcentajes de tamices del Río Erquis	60
Tabla 3.9. Porcentajes de tamices del Río Calama	62
Tabla 3.10. Resumen de los parámetros granulométricos.....	64
Tabla 3.11. Densidades máximas y humedad óptima.	68
Tabla 3.12. Valor de C.B.R. del río Pajchani.....	69
Tabla 3.13. Valor de C.B.R. del río La Victoria.	69
Tabla 3.14. Valor de C.B.R. del río Erquis.	70
Tabla 3.15. Valor de C.B.R. del río Calama.	71
Tabla 4.1. Límites máximos y mínimos de la granulometría.....	72
Tabla 4.2. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz 1 ½”	73
Tabla 4.3. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz 1”	75
Tabla 4.4. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz ¾”	77
Tabla 4.5. Análisis estadístico descriptivo de C.B.R. vs. Tamiz ¾”.....	79
Tabla 4.6. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz ½”	80
Tabla 4.7. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz 3/8”	82
Tabla 4.8. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz N°4.....	85

Tabla 4.9. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz N°10.....	87
Tabla 4.10. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz N°40.....	89
Tabla 4.11. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. tamiz N°200.....	91
Tabla 4.12. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. Cu	93
Tabla 4.13. Comparación de Modelos Alternos C.B.R. vs. Cc.....	95
Tabla 4.14. Resumen de la correlación entre las variables	97
Tabla 4.15. Resumen del río Pajchani aplicando la correlación	99
Tabla 4.16. Resumen del río La Victoria aplicando la correlación.....	100
Tabla 4.17. Resumen del río Erquis aplicando la correlación.....	102
Tabla 4.18. Resumen del río Calama aplicando la correlación.....	103
Tabla 4.19. Matriz de comparación de los cuatro ríos aplicando la correlación.....	105
Tabla 4.20. Comparación de correlaciones	106
Tabla 4.21. Coordenadas UTM de los puntos de validación	107
Tabla 4.22. Resumen Curvas Granulometrías del Punto (1) a (8)	107
Tabla 4.23. Resumen Curvas Granulometrías del Punto (9) a (15)	108
Tabla 4.24. Resultados de la relación 3/4" vs. C.B.R.	109
Tabla 4.25. Observados vs. Predichos.....	110
Tabla 4.26. Modelo Alterno de una regresión simple lineal	111
Tabla 4.27. Rangos de correlación	111

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Compactación de suelo granular.	19
Figura 2.2. Curva humedad - densidad seca.	21
Figura 2.3. Influencia de la energía de compactación.....	21
Figura 2.4. Curva de compactación con rangos de densidad seca en suelos granulares.	22
Figura 2.5. Curva de compactación con rangos de densidad seca en suelos finos	22
Figura 2.6. Curvas de compactación con rangos de humedad de suelos granulares.....	23
Figura 2.7. Curvas de compactación con rangos de humedad de suelos finos.	24
Figura 2.8. Falla del suelo generado por el pistón en el ensayo C.B.R.	25
Figura 2.9. Curva Penetración versus Esfuerzo del C.B.R.	27
Figura 3.1. Ubicación de los ríos de la cuenca Guadalquivir.	38
Figura 3.2. Ubicación de los ríos	39
Figura 3.3. Puntos de extracción del río Pajchani.....	40
Figura 3.4. Río Pajchani.....	40
Figura 3.5. Puntos de extracción del río La Victoria	41
Figura 3.6. Río La Victoria	41
Figura 3.7. Puntos de extracción del río Erquis	42
Figura 3.8. Río Erquis	42
Figura 3.9. Puntos de extracción del río Calama	43
Figura 3.10. Río Calama	43
Figura 3.11. Cuarteando la muestra en el Río Pajchani	46
Figura 3.12. Muestra dividida en cuatro partes del Río Pajchani	47
Figura 3.13. Muestra seleccionada en el Río Pajchani	47
Figura 3.14. Uso del equipo de vibración automática	49
Figura 3.15. Muestra retenida del tamiz 1”	49
Figura 3.16. Peso retenido del tamiz N°10	50
Figura 3.17. Compactación del Río Pajchani.....	51
Figura 3.18. Medición de la altura del molde C.B.R.	52
Figura 3.19. Medición de diámetro del disco espaciador.	52
Figura 3.20. C.B.R. suelo granular.	53

Figura 3.21. Lectura de C.B.R. con el extensómetro	54
Figura 3.22. Lectura de C.B.R.	55
Figura 3.23. Extracción de las muestras del C.B.R.	55

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 2.1. Curva granulométrica del río Pajchani (6).....	11
Gráfica 2.2. Curva granulométrica del río La Victoria (7).	12
Gráfica 2.3. Curva granulométrica del río Erquis (10).	12
Gráfica 2.4. Modelo ajustado entre dos variables.	36
Gráfica 3.1. Curvas granulométricas del Río Pajchani	57
Gráfica 3.2. Curvas granulométricas del Río La Victoria.....	59
Gráfica 3.3. Curvas granulométricas del Río Erquis	61
Gráfica 3.4. Curvas granulométricas del Río Calama.....	63
Gráfica 3.5. Curvas granulométricas de los distintos ríos.	67
Gráfica 3.6. Curva de compactación del Río Pajchani	68
Gráfica 4.1. Curvas granulométricas de los ríos con límites establecidos.....	72
Gráfica 4.2. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz 1 ½”.....	75
Gráfica 4.3. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz 1”.....	77
Gráfica 4.4. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz ¾”.....	79
Gráfica 4.5. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz ½”.....	82
Gráfica 4.6. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz 3/8”.....	84
Gráfica 4.7. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz N°4.....	86
Gráfica 4.8. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz N°10.....	88
Gráfica 4.9. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz N°40.....	90
Gráfica 4.10. Modelo matemático de C.B.R. vs. tamiz N°200.....	92
Gráfica 4.11. Modelo matemático de C.B.R. vs. Cu	94
Gráfica 4.12. Modelo matemático de C.B.R. vs. Cc.....	96
Gráfica 4.13. Resumen de curvas granulométricas de las muestras extraídas.....	108
Gráfica 4.14. Modelo ajustado lineal.....	110
Gráfica 4.15. Observados vs. Predichos	111