

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



**“INFLUENCIA DEL HIDROGEL COMO SUSTITUTO DEL AGUA EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO FINO OBTENIDO DE LA CIUDAD
DE YACUIBA”**

Por:

VACAFLORES CAMACHO BELLA GHISELA

Proyecto de grado 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

DEDICATORIA:

El presente trabajo está dedicado, en primer lugar, a Dios, quien me ha brindado el regalo de la vida y la oportunidad de alcanzar una de mis metas. Él ha sido siempre mi fortaleza y guía en los momentos difíciles.

Dedico también este trabajo a mi madre, Esther Camacho Estrada, por su sacrificio, apoyo y comprensión en cada momento, además de su amor incondicional. Ella es mi ejemplo de perseverancia en la vida y mi mayor motivo de superación.

Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por su amistad y cariño invaluable

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes	1
1.2 Situación Problemática	2
1.2.1 Problema	2
1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema.....	2
1.2.3 Delimitación temporal y espacial.....	3
1.2.3.1 Delimitación temporal.....	3
1.2.3.2 Delimitación espacial	3
1.3 Justificación	3
1.3.1 Justificación académica.....	3
1.3.2 Justificación técnica	4
1.3.3 Justificación social	4
1.4 Objetivos.	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Operacionalización de las variables	5
1.6.1 Variables Independientes.....	5
1.6.2 Variables Dependientes	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.....	5
1.8.3 Muestra.....	5
1.8.4 Selección de las técnicas de muestreo.....	5
1.9 Métodos y técnicas empleados.....	6
1.9.1 Métodos.....	6
1.9.2 Técnicas	7
1.10 Procesamiento de la información.....	9
1.11 Alcance de la investigación.....	9

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DEL HIDROGEL Y LOS SUELOS

	Página
2.1 Estabilidad del suelo	10
2.2 Importancia de la estabilización de suelos	10
2.3 Tipos de estabilización	10
2.3.1 Estabilización Física	10
2.3.2 Estabilización Mecánica	11
2.3.3 Estabilización Química	11
2.3.4 Estabilización de suelos con polímeros	12
2.4 Hidrogel	13
2.4.1 Tipos de hidrogel.....	13
2.4.2 Propiedades del hidrogel.....	13
2.4.3 Proporción y consistencia de hidrogel	14
2.5 El agua.....	15
2.6 Suelos	15
2.6.1 Suelos Gruesos	15

2.6.2 Suelos Limosos	16
2.6.3 Suelo A-2-4	16
2.6.4 Incidencia de suelos en obras viales	16
2.7 Subrasante	16
2.7.1 Características de la Subrasante	16
2.8 Expansividad de los suelos	17
2.9 Ensayos de estabilización de suelos.....	18
2.9.1 Próctor modificado.....	18
2.9.2 Ensayo California Bearing Ratio (CBR).....	19
2.10 Métodos, técnicas y procedimientos empleados	20
2.10.1 Granulometría	20
2.10.2 Contenido de humedad.....	20
2.10.3 Límites de Atterberg.....	21
2.10.3.1 Límite líquido (LL)	21
2.10.3.2 Límite plástico (LP)	22
2.10.3.3 Índice plástico (IP).....	22
2.10.3.4 Índice de grupo (IG).....	23
2.10.4 Clasificación de suelos.....	23
2.10.5 Compactación.....	25
2.10.6 CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)	29

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE DATOS

	Página
3.1 Ubicación	36
3.2 Coordenadas geográficas de Yacuiba.....	37

3.2.1 Clima de Yacuiba	37
3.2.2 Selección de los puntos de estudio.....	38
3.3 Proceso de estudio.....	39
3.3.1 Proceso de obtención de información: Barrio San Gerónimo “Yacuiba”	39
3.3.2 Selección del Hidrogel	39
3.4 Características generales del área de estudio	40
3.4.1 Contenido de Humedad y Clasificación (ASTM D2216).....	40
3.4.2 Análisis granulométrico (ASTM D 422 AASHTO T88)	43
3.4.3 Límites de Atterberg (ASTM D4318 AASHTO T90-T89).....	49
3.4.3.1 Ensayo de límite líquido	49
3.4.3.2 Ensayo de límite plástico	50
3.4.4 Compactación (AASHTO T-180/ ASTM D1557).....	51
3.4.5 Relación de Soporte de California CBR (ASTM D 1883 AASHTO -193)	57

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1 Análisis de los límites Atterberg	67
4.2 Análisis de la compactación de los suelos con Hidrogel Hidratado	68
4.3.1 Relación de Soporte de California con el suelo natural	74
4.3.2 Relación del CBR con el suelo Natural + 0,5g Hidrogel hidratado	76
4.3.3 Relación del CBR con el suelo Natural + 1g Hidrogel Hidratado	78
4.3.4 Relación del CBR con el suelo Natural + 1,5g Hidrogel hidratado	80
4.3.5 Relación del CBR con el suelo natural + hidrogel hidratado en su CHO.....	82
4.4 Comparación de gráficas de resultados de CBR al 100%.....	84
4.5 Análisis del comportamiento de los CBR en el punto de extracción N° 1.	85

4.6 Análisis del comportamiento de los CBR en el punto de extracción N° 2.	86
4.7 Tratamiento estadístico descriptivo.....	87

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones	91
5.2 Recomendaciones.....	92

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO I CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

ANEXO II ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL HIDROGEL

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1. Especificación Técnica del Hidrogel	14
Tabla 2.2. Categoría de Subrasante.....	17
Tabla 2.3. Rangos de índices de plasticidad	23
Tabla 2.4. Clasificación AASHTO	25
Tabla 2.5. Número de CBR para suelos clasificados según SUCS y AASHTO	30
Tabla 2.6. Clasificación del suelo de acuerdo al CBR.....	30
Tabla 3.1. Tabla de humedad natural del suelo.....	42
Tabla 3.2. Tabla de clasificación del suelo	42
Tabla 3.3. Granulometría del suelo natural punto de extracción N°1	47
Tabla 3.4. Granulometría del suelo natural punto de extracción N°2.....	48
Tabla 3.5. de Límite líquido del suelo natural	50
Tabla 3.7. Tabla de 1ra compactación del suelo natural	54
Tabla 3.8. Tabla de resultados de compactación del 1er punto de extracción	56
Tabla 3.9. Tabla de resultados de compactación del 2do punto de extracción	57
Tabla 3.10. Tabla del contenido de humedad y peso unitario.....	62
Tabla 3.11. Expansión.....	63
Tabla 3.12. Carga de penetración.....	63
Tabla 3.13. Tabla de resultados de los ensayos de CBR.....	65
Tabla 3.14. Tabla de resultados de los ensayos de CBR.....	66
Tabla 4.2. Límite Plástico	67
Tabla 4.3. Resultados de la compactación del punto de extracción N°1	68
Tabla 4.4. Resumen de resultados de compactación del Punto N°1	69
Tabla 4.5. Resultados de la compactación del punto de extracción N°2	71
Tabla 4.6. Resumen de resultados de compactación del punto N°2	72

Tabla 4.7. CBR suelo natural punto de extracción N°1	74
Tabla 4.8. CBR suelo natural punto de extracción N°2	75
Tabla 4.9. CBR suelo natural + 0,5g hidrogel punto de extracción N°1	76
Tabla 4.10. CBR suelo natural + 0,5g hidrogel punto de extracción N°2	77
Tabla 4.11. CBR suelo natural + 1g hidrogel, punto de extracción N°1	78
Tabla 4.13. CBR suelo natural + 1,5g hidrogel, punto de extracción N°1	80
Tabla 4.14. CBR suelo natural + 1,5g hidrogel, punto de extracción N°2	81
Tabla 4.15. CBR suelo natural + hidrogel hidratado en su CHO., punto N°1	82
Tabla 4.17. Intervalos de clase.....	87
Tabla 4.18. Media de datos – media de la media	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Próctor Modificado	19
Figura 2.2. Molde de CBR	20
Figura 2.3. Equipo para la prueba estándar.....	28
Figura 2.4. Equipo de compactación Próctor estándar y modificado.	28
Figura 2.5. Molde para ensayo CBR en laboratorio.	31
Figura 2.6. Dispositivo de carga para CBR de laboratorio	33
Figura 2.7. Relación de la curva de CBR con la curva de compactación	35
Figura 3.1. Ubicación del municipio de Yacuiba en el departamento de Tarija.....	36
Figura 3.2. Barrio San Gerónimo.....	38
Figura. 3.3. Muestreo del suelo Punto de Extracción N°1 Y Punto de Extracción N°2 ..	39
Figura 3.4. Hidrogel bolsa de 250 kg.....	40
Figura 3.5. Procedimiento del contenido de humedad.....	41
Figura 3.6. Procedimiento de la granulometría del suelo	43
Figura 3.7. Límite líquido y límite plástico	51
Figura 3.8. Procedimiento de la compactación	53
Figura 3.9. Procedimiento de la elaboración del C.B.R.....	59

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 2.1. Límites de Atterberg.....	21
Gráfica 2.2. Comportamiento de compactación.....	26
Gráfica 3.1. Clasificación según AASHTO	42
Gráfica 3.2. Granulometría del suelo natural punto de extracción N°1	47
Gráfica 3.4. 1ra Curva de compactación.....	55
Gráficas 3.5. CBR. del suelo natural.....	63
Gráficas 3.6. Curva de expansión del suelo natural	64
Gráfica 3.7. Esfuerzo deformación del suelo natural.....	64
Gráfica 4.1. Densidad máxima seca del punto de extracción N°1	69
Gráfica 4.2. Contenido de humedad del punto N°1	70
Gráfica 4.3. Densidad máxima seca del punto N°2	72
Gráfica 4.4. Contenido de humedad del punto N°2	73
Gráfica 4.5. CBR del suelo natural, punto de extracción N°1	74
Gráfica 4.6. CBR del suelo natural, punto de extracción N°2	75
Gráfica 4.7. CBR del suelo natural + 0,5g hidrogel, punto de extracción n°1	76
Gráfica 4.8. CBR del suelo natural + 0,5g hidrogel, punto de extracción n°2	77
Gráfica 4.9. CBR del suelo natural + 1g hidrogel, punto de extracción N°1.....	78
Gráfica 4.10. CBR del suelo natural + 1g hidrogel, punto de extracción N°2.....	79
Gráfica 4.11. CBR del suelo natural + 1,5g hidrogel, punto de extracción n°1.....	80
Gráfica 4.12. CBR del suelo natural + 1,5g hidrogel, punto de extracción n°2	81
Gráfica 4.13. CBR del suelo natural + hidrogel hidratado en su CHO, punto N°1	82
Gráfica 4.14. CBR del suelo natural + hidrogel hidratado en su CHO, punto N°2	83
Gráfica 4.15. Análisis de los C.B.R. en el punto de extracción N°1	85
Gráfica 4.16. Análisis de los C.B.R. en el punto de extracción N°2.....	86