

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



**“ANÁLISIS DEL ADITIVO CONAID EN SUELOS ARCILLOSOS Y
SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS”**

Por:

NINCE RAQUEL OVANDO PEÑALOZA

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 -2023

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS DEL ADITIVO CONAID EN SUELOS ARCILLOSOS Y
SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS”**

Por:

NINCE RAQUEL OVANDO PEÑALOZA

SEMESTRE II- 2023

TARIJA – BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

**DECANO
FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Lic. Gustavo Succi Aguirre

**VICEDECANO
FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNALES:

.....
M.Sc. Ing. Laura Karina Soto Salgado

.....
M.Sc. Ing. Mabel Zambrano Velasco

.....
Ing. José Ricardo Arce Avendaño

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos y además por su infinita bondad y amor.

A mis padres y hermanos a los que debo lo que soy, que siempre fueron un guía en el camino, por ser ellos el principal motivo de superación en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por cuidarme y protegerme siempre, darme salud, sabiduría y entendimiento para alcanzar este logro.

A mis queridos padres Daniel Ovando Cazón y Lucia Peñaloza Castillo, por el apoyo moral e incondicional, que sin su ayuda hubiese sido difícil elaborar el presente trabajo.

A mis hermanos Jhonny y Esteban que siempre me están apoyando en los buenos y malos momentos.

A mi abuelita Hortensia Cazón que siempre ha estado apoyándome y animándome a salir adelante.

A todos los docentes que me brindaron sus conocimientos en mi formación como profesional.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

	Página
1.1 Antecedentes	1
1.2 Situación problemática.....	2
1.2.1 Formulación del problema	3
1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema.....	3
1.2.3 Delimitación temporal.....	3
1.2.4 Delimitación espacial	4
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Objetivos de investigación	4
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	5
1.5.1 Identificación de variables	5
1.5.2 Variable independiente:.....	5
1.5.3 Variable dependiente:.....	5
1.5.4 Conceptualización y operacionalización de variables.....	5
1.6 Identificación del tipo de investigación	6
1.7 Unidades de estudio y decisión muestral.	6
1.7.1 Unidad de estudio.....	6
1.7.2 Población.....	7
1.7.3 Muestra.....	7
1.8 Métodos y técnicas empleadas.	7
1.8.1 Métodos.....	7
1.8.2 Técnicas.....	7
1.9 Procesamiento de la información	7
1.10 Alcance de la investigación.....	7

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

	Página
2.1 Suelos arcillosos	9
2.1.1 Propiedades y clasificación de las arcillas	10
2.1.2 Origen de la arcilla	11
2.1.3 Las arcillas en la Ingeniería Civil.....	12
2.2 Surgimiento de la estabilización de suelos.....	13
2.3 Características y control de suelos	14
2.4 Estabilización de suelos.	14
2.4.1 Fundamentos para la estabilización de suelos para carreteras	15
2.4.2 Ventajas de los suelos estabilizados.....	16
2.5 Tipos de estabilización de suelos	17
2.5.1 Estabilización mecánica	17
2.5.2 Estabilización por combinación de suelos	18
2.5.3 Estabilización química	19
2.6 Aditivos líquidos usados en Latinoamérica	20
2.7 Aditivo Conaid	21
2.7.1 Principales efectos de Conaid	22
2.7.2 Especificaciones y restricciones a la aplicabilidad de Conaid	23
2.7.3 Condiciones técnicas necesarias:.....	24
2.7.4 Beneficios y características de Conaid:.....	26

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

	Página
3.1 Ubicación del proyecto.....	27
3.1.1 Características de la zona de estudio.....	28
3.2 Zonas de muestreo.....	28

3.3	Método de muestreo	33
3.4	Obtención de las muestras.....	34
3.5	Identificación de muestras.....	34
3.6	Caracterización del material.....	35
3.6.1	Contenido de humedad de la muestra (ASTM D2216).....	35
3.6.2	Granulometría de suelos (ASTM D422 - AASHTO T88).....	36
3.6.3	Determinación del límite líquido (ASTM D4318 - AASHTO T89).....	37
3.6.4	Límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D4318 - AASHTO T90).....	38
3.6.5	Clasificación del suelo	39
3.7	Selección de muestras a estabilizar	40
3.8	Resumen de los suelos a ser tratados	43
3.9	Caracterización mecánica.....	43
3.9.1	Ensayo de compactación (Proctor modificado) (AASHTO T180).....	43
3.9.2	Relación de soporte del suelo (CBR) (ASTM D1883 - AASHTO T193).....	45
3.10	Mejoramiento de suelo con aditivo Conaid.....	46
3.10.1	Dosificación	46
3.10.2	Preparación de mezclas de prueba con dosificaciones de aditivo Conaid	47
3.11	Caracterización del suelo con aditivo Conaid	49

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página	
4.1.1	Análisis de resultados de los ensayos de suelo-aditivo Conaid.....	52
4.1.2	Análisis de los límites de consistencia y plasticidad por cada barrio.....	52
4.1.3	Análisis de la densidad seca y humedad óptima de suelos por cada barrio.	57
4.1.4	Análisis de CBR de suelos por cada barrio.	62
4.1.5	Análisis de la expansión de suelos por cada barrio.	66
4.2	Análisis estadístico	69

4.3	Aplicación de la Distribución t de Student para la variable dependiente “propiedades físico-mecánicas”	74
4.4	Comparación del aditivo Conaid con otros productos.	75
4.5	Análisis económico	82
4.5.1	Análisis de precios unitarios referenciales.	82
4.6	Análisis de costos económicos con otros productos	83

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

		Página
5.1	Conclusiones	85
5.2	Recomendaciones	87

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I	CARTA DE VALIDACIÓN DEL USO DE LABORATORIO
ANEXO II	CARACTERIZACIÓN DE SUELOS NATURALES
ANEXO III	SUELOS MEJORADOS CON ADITIVO CONAID
ANEXO IV	PRECIOS UNITARIOS
ANEXO V	FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO CONAID
ANEXO VI	ANÁLISIS DE PH DEL AGUA USADA EN LA INVESTIGACIÓN
ANEXO VII	TABLA DE DISTRIBUCION T DE STUDENT

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Suelos arcillosos	9
Figura 2.1 Partículas menores a 2 μ	11
Figura 2.3 Estabilización mecánica.....	18
Figura 2.4 Estabilización con cal y agregados.....	18
Figura 2.5 Estabilización química.....	19
Figura 2.6 Reacción química por ionización	22
Figura 2.7 Secuencia constructiva.....	25
Figura 3.1 Departamento de Tarija-geografía.....	27
Figura 3.2 Ubicación de las zonas de estudio	28
Figura 3.3 Ubicación del barrio Miraflores.....	29
Figura 3.4 Ubicación del barrio La Florida.....	30
Figura 3.5 Ubicación del barrio San Blas	31
Figura 3.6 Ubicación del barrio Juan Nicolai	32
Figura 3.7 Determinación del contenido de humedad.	35
Figura 3.8 Método del lavado	36
Figura 3.9 Determinación de límite líquido	38
Figura 3.10 Determinación de límite plástico	38
Figura 3.11 Ensayo de compactación	44
Figura 3.12 Preparación de suelo y compactación.....	45
Figura 3.13 Expansión y resistencia de probetas.	45
Figura 3.14 Medición del aditivo	49
Figura 4.1 Influencia de Conaid en límites de consistencia del suelo A-6(9) del barrio Miraflores.	53

Figura 4.2	Influencia de Conaid en límites de consistencia del suelo A-7-6(11) del barrio La Florida.....	54
Figura 4.3	Influencia de Conaid en límites de consistencia del suelo A-7-6(16) del barrio San Blas.	55
Figura 4.4	Influencia de Conaid en límites de consistencia del suelo A-7-6(16) del barrio Juan Nicolai.	56
Figura 4.5	Plasticidad en los suelos arcillosos.	57
Figura 4.6	Influencia de Conaid en la compactación del suelo A-6(9) del barrio Miraflores	59
Figura 4.7	Influencia de Conaid en la compactación del suelo A-7-6(11) del barrio La Florida.	60
Figura 4.8	Influencia de Conaid en la compactación del suelo A-7-6(16) del barrio San Blas.	61
Figura 4.9	Influencia de Conaid en la compactación del suelo A-7-6(20) del barrio San Blas.	62
Figura 4.10	Influencia de Conaid en la compactación del suelo A-7-6(20) del barrio Miraflores	64
Figura 4.11	Influencia de Conaid en la compactación del suelo A-7-6(11) del barrio La Florida.	64
Figura 4.12	Influencia de Conaid en la compactación del suelo A-7-6(20) del barrio San Blas.	65
Figura 4.13	Influencia de Conaid en la compactación del suelo A-7-6(20) del barrio San Blas.	66
Figura 4.14	Influencia de Conaid en la expansión del suelo A-7-6 (11) del barrio Miraflores.	67
Figura 4.15	Influencia de Conaid en la expansión del suelo A-7-6 (11) del barrio La Florida.	67

Figura 4.16	Influencia de Conaid en la expansión del suelo A-7-6 (15) del barrio San Blas.	68
Figura 4.17	Influencia de Conaid en la expansión del suelo A-7-6 (20) del barrio San Nicolas.	69
Figura 4.18	Influencia de aditivos en la plasticidad de un suelo CL (A-6)	76
Figura 4.19	Influencia de aditivos en la compactación de un suelo CL (A-6).....	77
Figura 4.20	Influencia de aditivos en el CBR de un suelo CL (A-6).....	78
Figura 4.21	Influencia de aditivos en la expansión de un suelo CL (A-6).....	78
Figura 4.22	Influencia de aditivos en la plasticidad de un suelo CH (A-7).....	80
Figura 4.23	Influencia de aditivos en la compactación de un suelo CH (A-7)	80
Figura 4.24	Influencia de aditivos en el CBR de un suelo CH (A-7)	81
Figura 4.25	Influencia de aditivos en la expansión de un suelo CH (A-7).....	82
Figura 4.26	Comparación económica de suelos mejorados con aditivos.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Operacionalización de variables	6
Tabla 2.1 Categorías de suelos para terracerías y capa subrasante	14
Tabla 3.1 Coordenadas de las muestras de Miraflores.....	29
Tabla 3.2 Coordenadas de las muestras de La Florida.....	30
Tabla 3.3 Coordenadas de las muestras de San Blas	31
Tabla 3.4 Coordenadas de las muestras de Juan Nicolai	32
Tabla 3.5 Resultados de ensayos de contenido de humedad.....	36
Tabla 3.6 Resultados de análisis granulométrico por tamizado método de lavado. ...	37
Tabla 3.7 Resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.	39
Tabla 3.8 Clasificación de los suelos según AASTHO y SUCS.....	40
Tabla 3.9 Resultados de caracterización física del suelo natural del barrio Miraflores	40
Tabla 3.10 Resultados de caracterización física del suelo natural del barrio La Florida	41
Tabla 3.11 Resultados de caracterización física del suelo natural del barrio San Blas	42
Tabla 3.12 Resultados de caracterización física del suelo natural del barrio Juan Nicolai	42
Tabla 3.13 Suelos a ser tratados con Conaid.....	43
Tabla 3.14 Resultados de los ensayos de compactación	44
Tabla 3.15 Resultados de los ensayos de CBR	46
Tabla 3.16 Resultados de granulometría, límites de consistencia con Conaid	50
Tabla 3.17 Resultados de compactación y CBR con aditivo Conaid.....	51

Tabla 4.1	Límites de consistencia del suelo a diferentes porcentajes de Conaid.....	52
Tabla 4.2	Compactación del suelo a diferentes porcentajes de Conaid.	58
Tabla 4.3	CBR del suelo a diferentes porcentajes de Conaid.	63
Tabla 4.4	Estadística para los LL, LP, IP.....	70
Tabla 4.5	Estadística para la CHO y la densidad máxima seca	71
Tabla 4.6	Estadística para la expansión y el CBR.	72
Tabla 4.7	Distribución t de Student para la variable dependiente “propiedades físico-mecánicas”	75
Tabla 4.8	Propiedades de un suelo CL mejorado con aditivos	76
Tabla 4.9	Propiedades de un suelo CH mejorado con aditivos.....	79
Tabla 4.10	Resultados de precios unitarios para estabilizaciones a cantidad óptimas de aditivo Conaid	83
Tabla 4.11	Comparación de costos económicos	83