

UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO

DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



TOMO I

**“DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTOS DE LOS SUELOS
MEDIANTE EL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN EN EL DISTRITO
12 DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

ROBERTO JUNCO HERRERA

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

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios, por permitirme llegar a este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, a pesar de que ya no se encuentra en este mundo, siento que está conmigo siempre. A mi esposa por haberme apoyado incondicionalmente en todo momento, por los ejemplos de constancia y perseverancia que me ha infundido siempre. Y a mi hija Luz Hanna por ser el motor de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes	1
1.2 Situación problemática	2
1.2.1 Problema.....	2
1.2.2 Factibilidad del problema.....	3
1.2.3 Delimitación temporal y espacial del problema	3
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Justificación académica.....	3
1.3.2 Justificación social	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Definición de variables independientes y dependientes.....	4
1.6.1 Variable independiente.....	4
1.6.2 Variable dependiente	4
1.7 Diseño metodológico.....	5
1.7.1 Unidades de estudio.....	5
1.7.2 Población	5
1.7.3 Muestra.....	5
1.8 Procesamiento de la información	5
1.9 Alcance de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

ASENTAMIENTOS

	Página
2.1	Antecedentes históricos8
2.2	Mecánica de suelos9
2.3	El suelo y su origen9
2.4	Principales tipos de suelos.....9
2.4.1	Gravas9
2.4.2	Arenas9
2.4.3	Limos9
2.4.4	Arcillas10
2.5	Suelos cohesivos y suelos no cohesivos10
2.6	Propiedades físicas de los suelos10
2.7	Relacion de vacios10
2.8	Peso específico de los solidos10
2.9	Clasificación de los suelos10
2.10	Peso específico o Densidad de los solidos11
2.11	Análisis mecánico del suelo11
2.11.1	Análisis por cribado.....11
2.11.2	Análisis hidrométrico12
2.12	Límites de Atterberg.....12
2.12.1	Límite líquido (LL)13
2.12.2	Límite plástico (LP).....13
2.12.3	Límite de contracción (LS).....13
2.13	Sistemas de clasificación de suelos13
2.13.1	Sistema de clasificación AASHTO13
2.13.2	Tamaño de grano14
2.13.3	Sistema de clasificación SUCS16
2.14	Deformación de los suelos:(σ = esfuerzo; ξ = deformación).....18
2.15	Consolidación.....18
2.15.1	Consideraciones fundamentales sobre la consolidación.....19

2.15.2	Prueba de consolidación unidimensional en laboratorio	22
2.16	Arcillas normalmente consolidadas y preconsolidadas	24
2.16.1	Normalmente consolidada:	25
2.16.2	Sobreconsolidados:	25
2.16.3	Principio de esfuerzo efectivo	27
2.17	Asentamientos	29
2.17.1	Asentamiento elástico	29
2.17.2	Asentamiento por consolidación	29
2.17.3	Asentamiento por consolidación secundaria	30
2.18	Calculo de asentamiento causado por una consolidación primaria	30
2.19	Índice de compresión	33
2.20	Índice de expansión	33
2.21	Coefficiente de consolidación	34
2.21.1	Método del logaritmo del tiempo	34
2.21.2	Método de raíz cuadrada	36

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Página	
3.1	Ubicación	38
3.1.1	Coordenadas UTM de los puntos objeto de estudio	41
3.2	Criterios para la obtención de muestras.	42
3.2.1	Equipo	42
3.2.2	Memoria fotográfica de la extracción de muestras	42
3.3	Procedimiento experimental	43
3.4	Descripción de los ensayos a realizar	43
3.4.1	Contenido de humedad (ASTM D-2216)	43
3.4.2	Peso específico ASTM D-854	46
3.5	Análisis Mecánico	48
3.5.1	Análisis de tamiz (ASTM-D 422)	48
3.5.2	Análisis por hidrómetro (ASTM D-422-63)	49

3.6	Límites de Atterberg.....	51
3.6.1	Límite Líquido.....	51
3.6.2	Límite Plástico.....	52
3.7	Caracterización de los suelos del distrito 12 de la ciudad de Tarija.....	54
3.8	Ensayo de prueba de consolidación.....	60
3.9	Procedimiento.....	64
3.9.1	Determinación de la corrección para las medidas de deformación vertical:	64
3.9.2	Determinación de la masa y dimensiones del anillo:	64
3.9.3	Preparación de los especímenes de ensayo:	64
3.9.4	Anillo cortante cilíndrico:	65
3.9.5	Colocación del espécimen en el consolidómetro:	65
3.9.6	Montaje del consolidómetro en el banco de consolidación:.....	65
3.9.7	Realización del ensayo:	66
3.10	Calculo del coeficiente de consolidación (Cv).....	66
3.10.1	Método de la raíz cuadrada del tiempo.....	67
3.10.2	Resumen de los coeficientes de consolidación.....	70
3.11	Calculo de relación de vacíos	73
3.12	Elaboracion de la curva de compresibilidad.....	74
3.13	Esfuerzo de preconsolidación.....	74
3.13.1	Determinación del índice de compresibilidad Cc, recompresión Cr y de expansion Cs.	76
3.14	Cálculo de Asentamientos	80
3.14.1	Valores del asentamiento.....	80

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página	
4.1	Contenido de humedad.....	84
4.2	Peso específico	86
4.3	Análisis mecánico.....	88
4.3.1	Análisis por tamizado	90

4.3.2	Análisis por hidrómetro.....	90
4.3.3	Límites de Atterberg.....	91
4.4	Consolidación.....	92
4.4.1	Coefficiente de consolidación.....	92
4.4.2	Curva de compresibilidad.....	95
4.4.3	Asentamiento.....	101

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

		Página
5.1	Conclusiones	106
5.2	Recomendaciones.....	108

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS:

ANEXO I	MAPA DE UBICACIÓN CON PUNTOS Y COORDENADAS DEL DISTRITO 12 DE LA CIUDAD DE TARIJA.
ANEXO II	CARACTERIZACIÓN.
ANEXO III	MAPA DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS A 1,2 Y 3m.
ANEXO IV	ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN.
ANEXO V	RESUMEN DE LA CARACTERIZACIÓN, PARÁMETROS DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Diámetro de tamices según norma ASTM E11-13	12
Tabla 2. Clasificación según AASHTO	15
Tabla 3. Coordenadas UTM de los puntos de estudio	41
Tabla 4. Ensayos a desarrollar	43
Tabla 5. Contenido de humedad.....	45
Tabla 6. Peso específico relativo.....	46
Tabla 7. Resumen de los pesos específicos de la zona de estudio	47
Tabla 8. Curva granulométrica (P9-2m)	48
Tabla 9. Granulometría por hidrómetro (P10-2m).....	50
Tabla 10. Resultados de la muestra (P10-2m)	51
Tabla 11. Límite líquido (P1-2m)	52
Tabla 12. Límite Plástico(P1-2m).....	52
Tabla 13. Resumen de límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad.....	53
Tabla 14. Caracterización de la zona de estudio a 1m	54
Tabla 15. Caracterización de la zona de estudio a 2m	56
Tabla 16. Caracterización de la zona de estudio a 3m	58
Tabla 17. Coeficientes de consolidación a distintas cargas y a 1m de profundidad.	70
Tabla 18. Coeficientes de consolidación a distintas cargas y a 2m de profundidad.	71
Tabla 19. Coeficientes de consolidación a distintas cargas y a 3m de profundidad.	72
Tabla 20. Resultado del índice de vacíos	74
Tabla 21. Índices de compresibilidad, recompresión y expansión a 1m de profundidad...77	77
Tabla 22. Índices de compresibilidad, recompresión y expansión a 2m de profundidad...78	78
Tabla 23. Índices de compresibilidad, recompresión y expansión a 3m de profundidad...79	79
Tabla 24. Asentamientos en los suelos a 1m de profundidad	80
Tabla 25. Asentamientos en los suelos a 2m de profundidad	81
Tabla 26. Asentamientos en los suelos a 3m de profundidad	82
Tabla 27. Contenido de humedad.....	84
Tabla 28. Peso específico.....	86
Tabla 29. Análisis mecánico	88

Tabla 30. Coeficientes de consolidación.....	82
Tabla 31. Coeficiente de compresibilidad.....	96
Tabla 32. Coeficiente de recompresión.....	82
Tabla 33. Coeficiente de expansión	96
Tabla 34. Valores de índice de compresibilidad, de recompresión, de expansión y relación de vacíos a la profundidad de 1 metro.....	98
Tabla 35. Valores de índice de compresibilidad, de recompresión, de expansión y relación de vacíos a la profundidad de 2 metros	99
Tabla 36. Valores de índice de compresibilidad, de recompresión, de expansión y relación de vacíos a la profundidad de 3 metros	100
Tabla 37. Asentamiento a 1 m de profundidad	101
Tabla 38. Asentamiento a 2 m de profundidad	102
Tabla 39. Asentamiento a 3 m de profundidad	103

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema de clasificación de suelos según SUCS-ASTM 2487	17
Figura 2. Deformaciones en el suelo.....	18
Figura 3. Variación del esfuerzo total, presión de poro de agua y esfuerzo efectivo en $t=0$	20
Figura 4. Variación del esfuerzo total, presión de poro de agua y esfuerzo efectivo en $0 < t < \infty$	20
Figura 5. Variación del esfuerzo total, presión de poro de agua y esfuerzo efectivo en $t=\infty$	21
Figura 6. Variación del esfuerzo total, presión de poro de agua y esfuerzo efectivo	22
Figura 7. Edómetro	22
Figura 8. Tiempo deformación durante la consolidación para un incremento dado de carga	23
Figura 9. Relación de vacíos versus presión efectiva	24
Figura 10. Relación de vacíos versus presión efectiva que muestra las ramas de carga, descarga y recarga	25
Figura 11. Curva de compresibilidad.....	27
Figura 12. Esfuerzo en un punto del suelo.....	27
Figura 13. Esfuerzo inter partículas	28
Figura 14. Esfuerzos normales (N) y de corte (T), inter partícula	28
Figura 15. Asentamiento causado por una consolidación en una dimensión	31
Figura 16. Características de consolidacion de una arcilla sobreconsolidada	33
Figura 17. Método de logaritmo de tiempo para determinar el tiempo de consolidación.....	35
Figura 18. Método de ajuste de la raíz cuadrada del tiempo	36
Figura 19. Ubicación de los puntos del distritito 12 de la ciudad de Tarija	39
Figura 20. Ubicación de los puntos de objeto de estudio	40
Figura 21. Ensayo contenido de humedad	44
Figura 22. Matraz para el ensayo de peso específico.....	46

Figura 23. Curva granulométrica (P9-2m).....	49
Figura 24. Curva granulométrica por hidrómetro (P10-2m).....	51
Figura 25. Límite líquido	52
Figura 26. Balanza y Agua destilada	60
Figura 27. Consolidómetro	61
Figura 28. Anillo de consolidación.....	61
Figura 29. Piedra porosa y Extensómetro	62
Figura 30. Balanza	63
Figura 31. Horno de secado	63
Figura 32. Curva de consolidación raíz de T	67
Figura 33. Curva de deformación por el método Taylor	68
Figura 34. Curva de deformación aplicando el método Taylor	68
Figura 35. Curva de deformación aplicando el método Taylor	69
Figura 36. Curva de compresibilidad.....	74
Figura 37. Esfuerzo de preconsolidación (σ'_c).....	75
Figura 38. Curva de consolidacion 5kg	93
Figura 39. Curva de consolidacion 10kg	93
Figura 40. Curva de consolidacion 20kg	93
Figura 41. Curva de consolidacion 40kg	93
Figura 42. Curva de consolidacion 80kg	94
Figura 43. Curva de consolidacion 160kg	94
Figura 44. Curva de consolidacion 320kg	94
Figura 45. Curva de compresibilidad.....	95