

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



TOMO I
“COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CASA GRANDE Y
TAYLOR, EN PRUEBAS DE CONSOLIDACIÓN
UNIDIMENSIONAL DRENADA”

Por:
Yocasta Noemi Herbas Tejerina

Proyecto presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

Semestre II - 2019
Tarija - Bolivia

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

**“DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN”**

**“COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CASA GRANDE Y
TAYLOR, EN PRUEBAS DE CONSOLIDACIÓN
UNIDIMENSIONAL DRENADA”**

Por:

Yocasta Noemi Herbas Tejerina

**Semestre II - 2019
TARIJA-BOLIVIA**

.....
M. Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozávez
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Luis Alberto Yurquina Flores

.....
M.Sc. Ing. Trinidad Cinthia Baldiviezo Montalvo

.....
Ph.D., Dr.Sc., M.Sc. Ing. Alberto Benítez Reynoso

DEDICATORIA

Dedico principalmente a Dios que sopla vida y esperanza en mis caminos. A un sol que tengo en el cielo mi Madre Reynelda Tejerina Vargas, a mi Tío Salustio Herbas por todo su apoyo incondicional, a mi Padre Hernan Herbas, a mi Tía Mirian Tejerina mi ejemplo a seguir como mujer fuerte y a mi hermano Miguel Herbas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las Amigas que estuvieron muy cerca apoyándome con dedicación y tiempo, en especial agradezco a DIOS por permitirme llegar a este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre Reynelda Tejerina, mis Tíos Salustio y Juan Herbas, Mirian Tejerina, a mi Padre Hernan Herbas.

Y a mis docentes de estudios de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

INDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página.
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA.	4
1.2.1. Problema.....	5
1.2.2. Relevancia del problema.....	6
1.2.3. Factibilidad del problema.	6
1.2.4. Delimitación temporal y espacial del problema.	7
1.2.5. Delimitación de espacio.....	7
1.3. JUSTIFICACIÓN.	7
1.3.1. Justificación académica.	7
1.3.2. Justificación técnica.....	8
1.3.3. Justificación social.....	8
1.4. OBJETIVOS.	8
1.4.1. Objetivo general.	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.5. HIPÓTESIS.....	9
1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	9
1.7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	10
1.7.1. Identificación del tipo de investigación.....	10
1.8. UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRA.	11
1.8.1. Unidad de estudio.....	11
1.8.2. Población.	12
1.8.3. Muestra.	12
1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo.	13
1.9. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	13
1.9.1. Métodos.	13
1.9.2. Técnicas.....	13

1.10. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	14
1.11. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	14

CAPÍTULO II
FUNDAMENTO TEÓRICO

	Página.
2.1. GENERALIDADES.	16
2.2. ORIGEN Y COMPOSICIÓN DE LOS SUELOS.	16
2.2.1. Definición de suelo.	17
2.2.2. Mecánica de suelos.	17
2.2.2.1. Estructura del suelo.	18
2.2.2.2. Propiedades físicas de los suelos.	19
2.2.3. Definición de suelos cohesivos.	20
2.2.4. Clasificación geomecánica.	20
2.2.4.1. Gravedad específica de suelos.	21
2.2.4.2. Granulometría de suelos.	21
2.2.4.3. Límites de Atterberg	25
2.3. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO.	26
2.3.1. Sistema SUCS.	26
2.3.2. Sistema AASHTO.	28
2.4. DEFORMACIONES EN EL SUELO.	30
2.5. CONSOLIDACIÓN.	30
2.5.1. Índice de compresión primaria.	31
2.5.2. Consolidación secundaria	33
2.5. TEORÍA DE CONSOLIDACIÓN DE SUELOS.	34
2.5.1. Hipótesis asumidas en la teoría de consolidación de Terzaghi.	34
2.6. ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN O EDOMÉTRICO (NORMA ASTM 2435).	35
2.7. CURVAS DE COMPRESIBILIDAD.	38
2.7.1. Curvas de consolidación.	38
2.8. MUESTRAS REALES E INALTERADAS.	39

2.9	EDÓMETRO O CONSOLIDÓMETRO.....	39
2.10.	ARCILLA NORMALMENTE CONSOLIDADAS Y SOBRECONSOLIDADAS.	40
2.11.	CONSOLIDACIÓN DE ASENTAMIENTO A PARTIR DE UNA CONSOLIDACIÓN PRIMARIA EN UNA DIMENSIÓN.	43
2.12.	ÍNDICE DE COMPRESIÓN Cc.	44
2.13.	MÉTODOS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DRENADA.	46
2.13.1.	Método de Casa Grande.	46
2.13.2.	Metodo de Taylor.....	48
2.14.	CONDICIONES DE CONSOLIDACIÓN DRENADA Y NO DRENADA.	51
2.15.	MARCO NORMATIVO DE LOS MÉTODOS APLICADOS.	51
2.15.1.	Suelos cohesivos.	51
2.15.2.	Granulometría por tamizado (ASTM D422; AASHTO T88).	51
2.15.3.	Contenido de humedad (ASTM D2216).	52
2.15.4.	Clasificación.....	52
2.15.4.1.	Sistemas de clasificación unificada (SUCS).	52
2.15.5.	Ensayo de consolidación unidimensional drenada norma (ASTM D-2435).	54
2.15.6.	Marco normativo.....	54
2.16.	ANÁLISIS DEL AUTOR.	56

CAPÍTULO III
RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN
Y CARACTERIZACIÓN

	Página.
3.1. GENERALIDADES.....	57
3.1.1. Ubicación.....	57
3.1.1.1. Distrito Urbano 12, Zona Miraflores.	59
3.1.1.2. Distrito 12, zona San Blas.....	60
3.1.1.3. Distrito 9, Barrio Constructor.	61
3.1.1.4. Distrito 10, Barrio Torrecillas.....	62

3.1.1.5. Distrito 7, Barrio Los Chapacos.	63
3.1.1.6. Distrito 10, Barrio San Jorge II.....	64
3.1.1.7. Distrito 10, Barrio Juan Nicolai.....	65
3.1.2. Caracterización de las zonas.	66
3.1.3. Criterios para la obtención de muestras.....	66
3.1.3.1. Muestreo de suelos.....	68
3.1.3.2. Selección de técnicas de muestreo.....	68
3.1.4. Extracción de muestras.	68
3.1.4.1. Equipo.....	68
3.1.4.2. Memoria fotográfica de la extracción de las muestras.	69
3.1.5. Procedimiento experimental.	74
3.1.6. Obtención de datos experimentales.	75
3.1.6.1. Determinación del contenido de humedad (ASTM D2216).	75
3.1.6.2 Determinación del peso específico (ASTM D-854 AASHTO T-100).	77
3.1.6.3. Análisis granulométrico por el método de hidrómetro (ASTM D422).	78
3.1.6.4. Determinación del límite líquido y plástico (ASTM D-4318).....	80
3.1.7. Resumen de resultados de caracterización.	82
3.1.8. Ensayos de pruebas de consolidación de laboratorio unidimensional. (ASTM D-2435)	83
3.1.8.1. Ensayo de método de Taylor.	86
3.1.8.2. Ensayo de método Casagrande.	89
3.1.8.3. Relación de vacíos.	92
3.1.8.4 Índice de compresión.	94
3.1.8.5 Cálculos de consolidación y permeabilidad del suelo compresible	96

CAPÍTULO IV
COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE
DE CONSOLIDACIÓN

	Página.
4.1. ENSAYOS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DRENADA.	100
4.1.1. Preparación de las muestras remoldeadas para el ensayo de consolidación.....	101

4.1.2. Espécimen en la recámara del ensayo de consolidación.	101
4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL.	102
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	103
4.3.1. Análisis de una variable Taylor.	103
4.3.2. Intervalos de confianza para método de Taylor.	110
4.3.3. Análisis de una variable Casa Grande.	110
4.3.4. Intervalos de confianza para Casa Grande.	117
4.3.5. Prueba de hipótesis para Casa Grande.	118
4.3.6. Prueba de hipótesis para método de Casagrande y Taylor.	118
4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	120

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página.
5.1. CONCLUSIONES.	129
5.2. RECOMENDACIONES.	131

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXOS A MEMORIA FOTOGRÁFICA DE LA EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

ANEXOS B CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

ANEXOS C CONSOLIDACIÓN MÉTODO TAYLOR

ANEXOS D CONSOLIDACIÓN MÉTODO CASAGRANDE

ANEXOS E PARÁMETROS DE COMPRESIBILIDAD

ANEXOS F COEFICIENTE DE CONSOLIDACIÓN

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de las variables	10
Tabla 2. Cálculo de la cantidad de ensayos.....	12
Tabla 3. Técnicas de los ensayos	14
Tabla 4. Diámetro de tamices según norma ASTM E11-13	23
Tabla 5. Fracciones de partículas más significativas	24
Tabla 6. Esquema de clasificación AASTHO.....	29
Tabla 7. Tabla de clasificación SUCS.....	53
Tabla 8. Marco normativo.....	55
Tabla 9. Estimación de altura de profundidades	67
Tabla 10. Ensayos a desarrollar	74
Tabla 11. Contenido de humedad.....	77
Tabla 12. Peso específico.....	77
Tabla 13. Porcentajes de arcillas de las muestras estudiadas	80
Tabla 14. Ensayos de límites líquidos y plásticos.....	82
Tabla 15. Resumen de caracterización de suelos	82
Tabla 16. Obtención de datos muestra 1	87
Tabla 17. Coeficiente de consolidación por el método de Taylor.....	89
Tabla 18. Datos obtenidos en laboratorio para el método de Casagrande	89
Tabla 19. Datos obtenidos en laboratorio método Casagrande.....	90
Tabla 20. Proceso para determinar la altura de asentamiento	91
Tabla 21. Resultados del coeficiente de consolidación por el método Casagrande.....	91
Tabla 22. Resultados de relación de vacíos	94
Tabla 23. Proceso para determinar el índice de compresibilidad.....	95
Tabla 24. Tabla de resultados de los ensayos propuestos	96
Tabla 25. Valores típicos de permeabilidad en suelos	99
Tabla 26. Resultados del coeficiente de permeabilidad	99
Tabla 27. Datos obtenidos de coeficiente de consolidación C_v	100
Tabla 28. Resultados del ensayo de consolidación unidimensional drenada.....	102
Tabla 29. Resumen de resultados de los parámetros de compresibilidad	103

Tabla 30. Método de Taylor muestra 1	103
Tabla 31. Método de Taylor muestra 2	104
Tabla 32. Método de Taylor muestra 3	105
Tabla 33. Método de Taylor muestra 4	105
Tabla 34. Método de Taylor muestra 5	106
Tabla 35. Método de Taylor muestra 6	107
Tabla 36. Método de Taylor muestra 7	107
Tabla 37. Resumen estadístico para Taylor	108
Tabla 38. Tabla de frecuencias para Taylor	109
Tabla 39. Método de Casa Grande muestra 1	110
Tabla 40. Método de Casa Grande muestra 2	111
Tabla 41. Método de Casa Grande muestra 3	112
Tabla 42. Método de Casa Grande muestra 4	112
Tabla 43. Método de Casa Grande muestra 5	113
Tabla 44. Método de Casa Grande muestra 6	114
Tabla 45. Método de Casa Grande muestra 7	114
Tabla 46. Resumen estadístico para Casa Grande	115
Tabla 47. Tabla de frecuencias para Casa Grande	116
Tabla 48. Comparación de varias muestras Casa Grande y Taylor	118
Tabla 49. Comparación de varias muestras Casa Grande y Taylor	119
Tabla 50. Prueba de la mediana de Mood	119
Tabla 51. Pruebas de múltiples rangos	119
Tabla 52. Materiales de consolidación (Cv)	120
Tabla 53. Valores típicos del índice de compresión	121
Tabla 54. Comparación de resultados consolidación unidimensional drenada	122

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página.
Gráfica 1. Curva granulométrica típica de un suelo.....	25
Gráfica 2. Esquema de clasificación de suelos según SUCS	27
Gráfica 3. Muestra 1de la zona Miraflores.....	78
Gráfica 4. Curva relación de vacíos en función esfuerzo de logaritmo	94
Gráfica 5. Presión de pre consolidación de una muestra	95
Gráfica 6. Escala aritmética relación de vacios (vs) presión vertical	98
Gráfica 7. Método de Taylor muestra 1	104
Gráfica 8. Método de Taylor muestra 2	104
Gráfica 9. Método de Taylor muestra 3	105
Gráfica 10. Método de Taylor muestra 4	106
Gráfica 11. Método de Taylor muestra 5	106
Gráfica 12. Método de Taylor muestra 6	107
Gráfica 13. Método de Taylor muestra 7	108
Gráfica 14. Método de Casa Grande muestra 1	111
Gráfica 15. Método de Casa Grande muestra 2	111
Gráfica 16. Método de Casa Grande muestra 3	112
Gráfica 17. Método de Casa Grande muestra 4	113
Gráfica 18. Método de Casa Grande muestra 5	113
Gráfica 19. Método de Casa Grande muestra 6	114
Gráfica 20. Método de Casa Grande muestra 7	115
Gráfica 21. Prueba de hipótesis.....	118
Gráfica 22. Procedimiento gráfico para la presión de preconsolidación	121
Gráfica 23. Resultados de Taylor y Casa grande	122

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Deformaciones en el suelo.....	30
Figura 2. Cambio de altura de la muestra en una prueba de consolidación en una dimensión.....	32
Figura 3. Consolidómetro de anillo fijo.....	37
Figura 4. Tiempo-deformación durante la consolidación para un incremento de carga ..	37
Figura 5. Curva de consolidación para incremento de carga.	38
Figura 6. Formas de edómetros.....	40
Figura 7. Presión efectiva, σ' (escala logarítmica)	41
Figura 8. Procedimiento gráfico para determinar la presión de preconsolidación.....	43
Figura 9. Asentamiento causado por una consolidación en una dimensión.....	44
Figura 10. Curva relación de vacíos (e) vs esfuerzo de compresión.....	45
Figura 11. Método de Casagrande	47
Figura 12. Método de Casagrande, ϵ contra $\log \sigma'$	48
Figura 13. Método de Taylor	50
Figura 14. Método de Taylor, ϵ contra t	50
Figura 15. Mapa de la zona de estudio para la extracción de muestras de suelos.	58
Figura 16. Imagen satelital de la zona de extracción de muestra en Miraflores	59
Figura 17. Imagen satelital de extracción de muestra en la zona de San Blas	60
Figura 18. Imagen satelital de extracción de muestras en el barrio Constructor	61
Figura 19. Imagen satelital de extracción de muestras en el barrio Torrecillas	62
Figura 20. Imagen satelital de extracción de muestras en el barrio Los Chapacos.....	63
Figura 21. Imagen satelital de extracción de muestras en el barrio San Jorge II.....	64
Figura 22. Imagen satelital de extracción de muestras en el barrio Juan Nicolai	65
Figura 23. Inspección visual para la extracción de suelos zona Miraflores.....	69
Figura 24. Extracción de la muestra 1 en la zona de Miraflores.....	70
Figura 25. Inspección visual para la extracción de suelos en la zona de San Blas	70
Figura 26. Extracción de la muestra 2 en la zona de San Blas.....	71
Figura 27. Inspección visual para la extracción de suelos en el barrio Constructor	71
Figura 28. Extracción de la muestra 4 en el barrio Constructor.....	72

Figura 29. Extracción de la muestra 5 en el barrio Los Chapacos.....	72
Figura 30. Extracción de la muestra 6 en el barrio San Jorge II.....	73
Figura 31. Preparación para la extracción de la muestra 6 en el barrio San Jorge II.....	73
Figura 32. Extracción de la muestra 7 en el barrio Juan Nicolai	74
Figura 33. Ensayo de contenido de humedad.....	76
Figura 34. Ensayo peso específico.....	77
Figura 35. Ensayo de granulometría por el método de lavado.....	79
Figura 36. Ensayo hidrómetro.....	80
Figura 37. Ensayos de límites líquidos y límites plásticos.....	81
Figura 38. Gráfica de plasticidad SUSC	83
Figura 39. Equipos de consolidación.	84
Figura 40. Tamaño y forma de la muestra	85
Figura 41. Muestra protegida para mantenerse en su estado natural	85
Figura 42. Muestra saturada retirada del equipo.....	86
Figura 43. Muestra seca retirada de horno a 110° C.....	86
Figura 44. Curva de deformación (vs) raíz cuadrada del tiempo	87
Figura 45. Curva de deformación (vs) logaritmo de tiempo.....	90
Figura 46. Curvas relación de vacíos (vs) presión vertical	97