

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en
cimentaciones superficiales del campus universitario Colpa Matara –
UNACH Chota, 2024”**

Tesis para optar el título de Ingeniero Civil

Línea de investigación:

Estudios de propiedades geotécnicas y comportamiento de los suelos

Autor:

Lenin Omar Medina Rojas

Asesor:

Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez

Chota – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



CARTA N° 12-2026-UNACH/UI/MAST

A : **Dr. Cristhian Saúl López Villanueva**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de Lenin Omar Medina Rojas.

FECHA : Colpa Matara, 25 de junio del 2026.

REFERENCIA: i) Envío de tesis en digital en su versión final
ii) CARTA N° 010-2026-UNACH/CSLV / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) INFORME N° 006-2026-UNACH-FCI-EPIC-DAIC/JEGG / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) CARTA N° 08-2026-UNACH/MAST / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPA MATARA – UNACH CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **Lenin Omar Medina Rojas**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad N° 12-2026.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 25 de junio del 2026.

C.O. N° 12-2026-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD Y USO DE IA

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPA MATARA – UNACH CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **Lenin Omar Medina Rojas**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 10% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras, no teniendo un porcentaje de escritura con inteligencia artificial; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

Lenin Omar Medina Rojas

ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFI...



Informe Final de Tesis



UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2026



Universidad Nacional Autónoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3601449390

175 páginas

Fecha de entrega

25 jun 2026, 9:07 a.m. GMT-5

37.010 palabras

202.552 caracteres

Fecha de descarga

25 jun 2026, 9:24 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME_FINAL_DE_TESIS_Lenin_Medina_Rojas_07.04.26.docx

Tamaño del archivo

14.8 MB


.....
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP. N° 185264

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
61 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.


.....
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	2%
2	Internet	www.doccity.com	<1%
3	Internet	www.fceia.unr.edu.ar	<1%
4	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
5	Internet	cybertesis.urp.edu.pe	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo	<1%
7	Internet	hdl.handle.net	<1%
8	Internet	www.slideshare.net	<1%
9	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
10	Internet	www.osce.gob.pe	<1%
11	Internet	revistas.uss.edu.pe	<1%

Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

12	Trabajos del estudiante Universidad Cesar Vallejo	<1%
13	Internet vdoc.pub	<1%
14	Internet dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
15	Internet es.slideshare.net	<1%
16	Internet portaluni.unach.edu.pe	<1%
17	Internet repositorio.urp.edu.pe	<1%
18	Trabajos del estudiante Higher Education Commission Pakistan	<1%
19	Trabajos del estudiante Universidad Pontificia Bolivariana	<1%
20	Internet vsip.info	<1%
21	Internet repositorio.ucv.edu.pe	<1%
22	Trabajos del estudiante Universidad Tecnológica de los Andes	<1%
23	Internet archive.org	<1%
24	Trabajos del estudiante Universidad Nacional Autónoma de Chota	<1%
25	Internet www.repositorio.unach.edu.pe	<1%


Edwar Cleza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

26	Internet	repositorio.ufrb.edu.br	<1%
27	Internet	repositorio.umsa.bo	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Católica Boliviana "San Pablo"	<1%
29	Internet	www.scribd.com	<1%
30	Trabajos del estudiante	Tecsup	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego	<1%
32	Internet	assets.zyrosite.com	<1%
33	Internet	repo.floodalliance.net	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	<1%
35	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
36	Internet	www.celec.gob.ec	<1%
37	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%
38	Internet	tesis.ipn.mx	<1%
39	Internet	www.ica.gov.co	<1%

.....
Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

40	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
41	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica De Cuenca	<1%
43	Internet	www.rcnorandina.unach.edu.pe	<1%
44	Internet	ingenieriacyconstruccion.com	<1%
45	Internet	portal.unach.edu.pe	<1%
46	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Federico Villarreal	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte	<1%
49	Internet	repositorio.unh.edu.pe	<1%
50	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
51	Trabajos del estudiante	Universidad Autonoma de Chile	<1%
52	Internet	docplayer.es	<1%
53	Internet	repositorio.unan.edu.ni	<1%



Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

54	Internet	dspace.unitru.edu.pe	<1%
55	Internet	issuu.com	<1%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Politécnica del Perú	<1%
57	Internet	doaj.org	<1%
58	Internet	es.readkong.com	<1%
59	Trabajos del estudiante	uch	<1%
60	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Católica de Chile	<1%
61	Trabajos del estudiante	Universidad de Piura	<1%
62	Internet	www.finesoftware.ru	<1%
63	Publicación	HERRERA VILLAVICENCIO JUVENAL. "Programa de Reconversión y Manejo de Área...	<1%
64	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio	<1%
65	Trabajos del estudiante	Universidad Anahuac México Sur	<1%
66	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego 2025	<1%
67	Trabajos del estudiante	University of the Andes	<1%


Edwar Cioza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

68	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
69	Internet	www.coursehero.com	<1%
70	Internet	www.scielo.org.bo	<1%
71	Publicación	CONTENIDOS LUX S.A.C. EN LIQUIDACION. "DIA para la Modificación y/o Ampliaci...	<1%
72	Trabajos del estudiante	Universidad Alas Peruanas	<1%
73	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	<1%
74	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola	<1%
75	Publicación	Guerrero Meza, Narda. "Efecto del programa Math interactivo en el aprendizaje d...	<1%
76	Trabajos del estudiante	UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR)	<1%
77	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%
78	Internet	cybertesis.unmsm.edu.pe	<1%
79	Internet	repositorio.ucsg.edu.ec	<1%
80	Internet	repositorio.uladech.edu.pe	<1%
81	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%

Edwar Cloza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

82	Internet	tesis.pucp.edu.pe	<1%
83	Publicación	VERSALMAT CONSULTORES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - VERSALMAT S.A.C.. "...	<1%
84	Internet	qdoc.tips	<1%
85	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
86	Internet	repositorio.unajma.edu.pe	<1%
87	Internet	repositorio.uprit.edu.pe	<1%
88	Internet	ri.ues.edu.sv	<1%
89	Internet	text-id.123dok.com	<1%
90	Internet	fdocumenti.com	<1%
91	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	<1%
92	Internet	repositorio.uchile.cl	<1%
93	Internet	repositorio.unah.edu.pe	<1%
94	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%
95	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	<1%

.....
Edwar Cleza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

96

Internet

repositorio.unc.edu.pe

<1%


.....
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD
DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 07:00 p.m. del día 21 de julio, reunidos en la sala de Incuba segundo piso de Incuba, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por el bachiller: : **Lenin Omar Medina Rojas**, denominada: "**Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones superficiales del campus universitario Colpamatara- UNACH Chota, 2024**"; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

DOCE (12)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al decano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 21 de julio del 2026.

Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
PRESIDENTE

Dr. Juan Esteban Gonzales García
SECRETARIO

Dr. Miguel Angel Silva Tarrillo
VOCAL

Dr. Edwar Cieza Sánchez
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).

DEDICATORIA

La presente investigación se dedica, en primer lugar, a Dios, por guiar cada etapa del camino académico y brindar fortaleza para culminar este propósito. Asimismo, se dedica a la familia por el apoyo constante, la confianza y los valores inculcados que hicieron posible alcanzar esta meta. Finalmente, se dedica a los amigos por su compañía, aliento y respaldo en los momentos de mayor exigencia durante el desarrollo del estudio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida, la salud y la perseverancia otorgadas para concluir este trabajo de investigación. Al asesor, Dr. Edwar Cieza Sánchez, por su orientación técnica, su acompañamiento académico y sus observaciones oportunas, que contribuyeron a mejorar la calidad del estudio.

A las autoridades de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por brindar el respaldo institucional necesario para la ejecución de la investigación. De manera especial, a los directores de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Civil (EPIC), de Enfermería, de Contabilidad e Ingeniería Forestal y Ambiental (EPIFA), por las facilidades otorgadas para la realización de las calicatas requeridas en el estudio de mecánica de suelos dentro del campus universitario Colpa Matara.

A los ingenieros y técnicos que dirigen el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPIC – UNACH, por su apoyo durante la ejecución de los ensayos de clasificación de suelos, corte directo y consolidación, así como por la disponibilidad y asistencia brindadas en el trabajo experimental.

Finalmente, se expresa un agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a este logro y acompañaron el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	20
1.1. Planteamiento del problema.....	20
1.2. Justificación.....	22
1.3. Formulación del problema.....	23
1.4. Objetivos.....	23
1.4.1. Objetivo general	23
1.4.2. Objetivos específicos	23
1.5. Delimitación y limitaciones.....	24
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Antecedentes	25
2.1.1. Antecedentes internacionales	25
2.1.2. Antecedentes nacionales	28
2.1.3. Antecedentes regionales.....	30
2.2. Bases teóricas	32
2.2.1. Análisis de las condiciones de cimentación de acuerdo con la norma E.050	32
2.2.2. Teoría de Mohr-Coulomb	34
2.2.3. Teoría de la capacidad portante del suelo	35
2.2.4. Teoría de Terzaghi para la consolidación vertical	38
2.2.5. Factores que influyen en el tiempo de consolidación y asentamiento del suelo	46
2.2.6. Asentamiento y consolidación para diferentes tipos de suelo.....	46
2.2.7. Relación entre capacidad portante, asentamiento y consolidación del suelo.....	47
2.2.8. Importancia de la consolidación del suelo en cimentaciones superficiales	47
2.3. Definiciones conceptuales	48
2.3.1. Suelo.....	48

2.3.2. Tipo de suelo de acuerdo con el Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS)	48
2.3.3. Propiedades físicas del suelo.....	48
2.3.4. Propiedades mecánicas del suelo	49
2.3.5. Capacidad portante del suelo	50
2.3.6. Consolidación del suelo	51
2.3.7. Tiempo de consolidación del suelo	52
2.3.8. Asentamientos del suelo.....	53
2.3.9. Cimentación superficial	56
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	58
3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación	58
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	60
3.2.1. Ubicación	60
3.2.2. Población.....	61
3.2.3. Muestreo.....	61
3.2.4. Muestra.....	63
3.2.5. Unidad de análisis	63
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	64
3.3.1. Técnicas de recolección de datos	64
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos	64
3.4. Hipótesis	65
3.5. Operacionalización de variables	66
3.5.1. Variable independiente: Suelos en cimentaciones superficiales	66
3.5.2. Variable dependiente: Tiempo de consolidación y asentamientos	66
3.5.3. Matriz de operacionalización de variables	67
3.6. Procedimientos de recolección de datos	68
3.6.1. Descripción de la cimentación de los pabellones del campus universitario Colpa Matara y estudios geotécnicos previos.....	68
3.6.2. Excavación de calicatas y toma de muestras de suelo en el campus universitario Colpa Matara	75
3.6.3. Estudio de mecánica de suelos: Ensayos de laboratorio al suelo.....	90
3.6.4. Determinación de la capacidad portante del suelo	94
3.6.5. Determinación de cargas para el cálculo del asentamiento elástico (instantáneo).....	96

3.6.6. Determinación del asentamiento elástico (inmediato)	101
3.6.7. Determinación del asentamiento y tiempo de consolidación del suelo.....	102
3.7. Procedimientos de análisis de datos	107
3.8. Material y equipos (descripción del uso)	108
3.9. Aspectos éticos	109
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	111
4.1. Descripción de resultados	111
4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas del suelo para estimar la capacidad portante admisible de la cimentación	111
4.1.2. Asentamiento elástico inmediato del suelo	122
4.1.3. Tiempo de consolidación del suelo	130
4.1.4. Asentamiento por consolidación primaria del suelo	143
4.1.5. Relación entre las propiedades físico-mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamiento del suelo	168
4.2. Contrastación de hipótesis	174
4.3. Discusión.....	179
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	188
5.1. Conclusiones.....	188
5.2. Recomendaciones.....	190
REFERENCIAS.....	192
ANEXOS.....	198
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	198
Anexo 2. Panel fotográfico	199
Anexo 3. Metrado de cargas	211
Anexo 4. Resultado de ensayos de laboratorio	212
Anexo 5. Propuesta preliminar de micropilote	213
Anexo 6. Planos	214

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Distorsión angular ($\alpha = \delta/L$) para el control de asentamientos diferenciales.....	32
Tabla 2	Sistema de clasificación de suelos (SUCS).....	48
Tabla 3	Tipo de cimentación y elemento estructural al que sirve	57
Tabla 4	Tipo de investigación según los principales criterios	58
Tabla 5	Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración	61
Tabla 6	Número de puntos de exploración	61
Tabla 7	Cálculo y distribución de puntos de exploración (criterio E.050: 1 punto/450 m ² ATP, edificaciones ≤ 3 niveles).....	62
Tabla 8	Ubicación de los puntos de exploración en el campus universitario Colpa Matara.....	63
Tabla 9	Número de muestras para ensayos físico mecánicos del suelo	63
Tabla 10	Matriz de operacionalización de variables.....	67
Tabla 11	Características de la cimentación del pabellón de Ingeniería Civil (EPIC)	68
Tabla 12	Propiedades físico-mecánicas del suelo de cimentación del pabellón de ingeniería civil (estudio preliminar en 2013).....	69
Tabla 13	Características de la cimentación del pabellón de Contabilidad	70
Tabla 14	Propiedades físico-mecánicas del suelo de cimentación del edificio de Contabilidad (estudio preliminar en 2023).....	71
Tabla 15	Detalle de zapatas de la cimentación del pabellón de enfermería.....	72
Tabla 16	Propiedades físico-mecánicas del suelo de cimentación del pabellón de enfermería (estudio preliminar en 2021).....	73
Tabla 17	Características de la cimentación del pabellón EPIFA	74
Tabla 18	Ubicación de los puntos de exploración en el campus universitario Colpa Matara.....	75
Tabla 19	Sustento de representatividad y cobertura de los puntos de exploración en el campus universitario Colpa Matara	76
Tabla 20	Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-01.....	82
Tabla 21	Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-02.....	83
Tabla 22	Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-03.....	84
Tabla 23	Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-04.....	85
Tabla 24	Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-05.....	86
Tabla 25	Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-06.....	87
Tabla 26	Factores de capacidad de carga para falla general	95
Tabla 27	Factores de capacidad de carga para falla local	95
Tabla 28	Cargas vivas mínimas repartidas en centros de educación	96
Tabla 29	Pesos unitarios para análisis de cargas muertas	96

Tabla 30	Metrado de cargas por módulo en el pabellón de Ingeniería Civil	97
Tabla 31	Carga total de servicio en el pabellón de Ingeniería Civil	97
Tabla 32	Metrado de cargas por módulo en el pabellón de Enfermería.....	98
Tabla 33	Carga total de servicio en el pabellón de Enfermería	98
Tabla 34	Metrado de cargas por módulo en el pabellón de Contabilidad.....	98
Tabla 35	Carga total de servicio en el pabellón de Contabilidad.....	99
Tabla 36	Metrado de cargas por módulo en el pabellón de Ingeniería Forestal y Ambiental.....	99
Tabla 37	Carga total de servicio en el pabellón de Ingeniería Forestal y Ambiental.....	99
Tabla 38	Análisis de cargas a utilizar para el cálculo del asentamiento	100
Tabla 39	Factor de tiempo (Tv) correspondiente al grado de consolidación	107
Tabla 40	Materiales y equipos utilizados para la obtención de datos	108
Tabla 41	Propiedades físico-mecánicas del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara	112
Tabla 42	Capacidad portante del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara	119
Tabla 43	Módulo de elasticidad equivalente del suelo para el análisis del asentamiento inmediato	123
Tabla 44	Asentamiento elástico (inmediato) del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara	125
Tabla 45	Verificación de asentamientos elásticos del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara.....	126
Tabla 46	Coeficientes de consolidación unidimensional y factor de tiempo, depende del grado de consolidación promedio U del suelo del campus universitario Colpa Matara	130
Tabla 47	Tiempos de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara	131
Tabla 48	Tiempo de consolidación para el 90% de grado de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara	132
Tabla 49	Tiempo de consolidación para el 95% de grado de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara	132
Tabla 50	Tiempo de consolidación para el 99% de grado de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara	133
Tabla 51	Asentamiento por consolidación primaria del suelo del campus Colpa Matara	144
Tabla 52	Estado de consolidación y criterio de cálculo del asentamiento por calicata.....	145
Tabla 53	Cálculo del asentamiento por consolidación – C-01	153
Tabla 54	Cálculo del asentamiento por consolidación – C-02.....	154
Tabla 55	Cálculo del asentamiento por consolidación – C-03.....	155
Tabla 56	Cálculo del asentamiento por consolidación – C-04.....	156
Tabla 57	Cálculo del asentamiento por consolidación – C-05.....	157
Tabla 58	Cálculo del asentamiento por consolidación – C-06.....	158
Tabla 59	Asentamiento total del suelo en el campus universitario Colpa Matara	159

Tabla 60	Evaluación conceptual de factibilidad de alternativas geotécnicas para el campus universitario Colpa Matara	165
Tabla 61	Resumen de la propuesta preliminar de micropilote para el sector representado por la calicata C4.....	167
Tabla 62	Propiedades físico-mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamiento del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara	171
Tabla 63	Estadísticas descriptivas del tiempo de consolidación.....	176
Tabla 64	Prueba t-student para el tiempo de consolidación.....	176
Tabla 65	Estadísticas descriptivas del asentamiento del suelo	177
Tabla 66	Prueba t-student para asentamiento del suelo	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Asentamiento diferencial.....	33
Figura 2	Representación del criterio de rotura.....	34
Figura 3	Diagrama de falla del suelo de cimentación.....	35
Figura 4	Esquema del depósito de suelo.....	38
Figura 5	Elemento diferencial de suelo	39
Figura 6	Relaciones ϵ vs. σ y e vs σ	41
Figura 7	Curva de consolidación de una arcilla.....	43
Figura 8	Curva de deformación, método de Taylor.....	44
Figura 9	Consolidación primaria en arcillas	51
Figura 10	Geometría de las cimentaciones	56
Figura 11	Tipos de cimentaciones superficiales	57
Figura 12	Diseño de investigación: Descriptivo simple	59
Figura 13	Mapa de ubicación del campus universitario Colpa Matara UNACH	60
Figura 14	Ubicación de las calicatas en el terreno del campus Colpa Matara.....	62
Figura 15	Plata de cimentación del edificio de la EPIC.....	69
Figura 16	Detalle de cimentación del edificio de Contabilidad.....	71
Figura 17	Detalle de zapatas de la cimentación del pabellón de enfermería, $D_f = 1.50$ m.....	72
Figura 18	Detalle de cimentación del edificio de EPIFA	74
Figura 19	Polígono de Thiessen del área de influencia de las calicatas distribuidas en el campus universitario Colpa Matara	77
Figura 20	Profundidad de cimentación (D_f) en zapatas superficiales.....	78
Figura 21	Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$ por el método 2:1 para la calicata C-01.....	79
Figura 22	Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$ por el método 2:1 para la calicata C-02.....	79
Figura 23	Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$ por el método 2:1 para la calicata C-03.....	80
Figura 24	Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$ por el método 2:1 para la calicata C-04.....	80
Figura 25	Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$ por el método 2:1 para la calicata C-05.....	81
Figura 26	Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$ por el método 2:1 para la calicata C-06.....	81
Figura 27	Proceso de excavación y toma de muestras de calicatas	88
Figura 28	Calicatas realizadas para la toma de muestras de suelo en el campus universitario de Colpa Matara	89
Figura 29	Realización de ensayos físico mecánicos del suelo en el laboratorio de la EPIC	90
Figura 30	Ensayo de consolidación unidimensional del suelo en el laboratorio de la EPIC	93
Figura 31	Perfil estratigráfico de las calicatas del campus universitario Colpa Matara – UNACH .	112
Figura 32	Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C1	113

Figura 33	Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C1	113
Figura 34	Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C2	114
Figura 35	Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C2	114
Figura 36	Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C3	115
Figura 37	Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C3	115
Figura 38	Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C4	116
Figura 39	Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C4	116
Figura 40	Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C5	117
Figura 41	Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C5	117
Figura 42	Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C6	118
Figura 43	Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C6	118
Figura 44	Capacidad portante admisible del suelo con profundidad de desplante $D_f = 1.50$ m y ancho de cimentación $B = 1.50$ m en el Campus Universitario Colpa Matara.....	120
Figura 45	Capacidad portante admisible del suelo según las dimensiones reales de cimentación de los pabellones del Campus Universitario Colpa Matara.....	120
Figura 46	Clasificación SUCS del suelo de cimentación del campus Colpa Matara.....	121
Figura 47	Capacidad portante del suelo de cimentación del campus Colpa Matara.....	121
Figura 48	Módulo de elasticidad equivalente del suelo para el análisis del asentamiento inmediato	123
Figura 49	Comparación entre el asentamiento elástico calculado y el asentamiento máximo admisible en los pabellones del campus universitario Colpa Matara	126
Figura 50	Relación entre capacidad de carga y asentamiento elástico del suelo	127
Figura 51	Influencia del módulo de elasticidad del suelo en el asentamiento elástico.....	127
Figura 52	Diagrama de asentamiento elástico calculado por la teoría de Boussinesq (Schleicher, 1926) para losa, calicata C1, C2 y C6	128
Figura 53	Diagrama de asentamiento elástico calculado por la teoría de Boussinesq (Schleicher, 1926) para zapatas, calicata C3, C4 y C5.....	129
Figura 54	Tiempos de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara.....	133
Figura 55	Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 1).....	134
Figura 56	Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 2).....	134
Figura 57	Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 3).....	135
Figura 58	Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 4).....	135

Figura 59 Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 5).....	136
Figura 60 Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 6).....	136
Figura 61 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.038, Calicata 1.....	137
Figura 62 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.466, Calicata 1.....	137
Figura 63 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.041, Calicata 2.....	138
Figura 64 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.364, Calicata 2.....	138
Figura 65 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.034, Calicata 3.....	139
Figura 66 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.625, Calicata 3.....	139
Figura 67 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.038, Calicata 4.....	140
Figura 68 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.297, Calicata 4.....	140
Figura 69 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.040, Calicata 5.....	141
Figura 70 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.142, Calicata 5.....	141
Figura 71 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.043, Calicata 6.....	142
Figura 72 Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.118, Calicata 6.....	142
Figura 73 Asentamiento por consolidación primaria en el suelo del campus universitario Colpa Matara, por calicata.....	146
Figura 74 Asentamiento por consolidación primaria en el suelo del campus universitario Colpa Matara, por pabellón	146
Figura 75 Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 1).....	147
Figura 76 Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 1)	147
Figura 77 Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 2).....	148
Figura 78 Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 2)	148
Figura 79 Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 3).....	149
Figura 80 Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 3)	149
Figura 81 Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 4).....	150
Figura 82 Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 4)	150
Figura 83 Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 5).....	151
Figura 84 Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 5)	151
Figura 85 Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 6).....	152

Figura 86	Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 6)	152
Figura 87	Asentamiento total del suelo en el campus universitario Colpa Matara.....	160
Figura 88	Asentamiento elástico del suelo de cimentación del campus Colpa Matara	160
Figura 89	Asentamiento por consolidación del suelo de cimentación del campus Colpa Matara	161
Figura 90	Asentamiento total del suelo de cimentación del campus Colpa Matara	161
Figura 91	Tiempo de consolidación al 90%, suelo de cimentación del campus Colpa Matara	162
Figura 92	Tiempo de consolidación al 99%, suelo de cimentación del campus Colpa Matara	162
Figura 93	Coeficiente de correlación físico mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamiento del suelo	172
Figura 94	Coeficiente sig. Bilateral de las propiedades físico mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamiento del suelo	173
Figura 95	Prueba de normalidad del asentamiento por consolidación.....	175
Figura 96	Prueba de normalidad del asentamiento elástico	175

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

- A: Área efectiva de la base de la cimentación.
- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- ATP: Área techada del primer piso.
- B: Ancho de cimentación (ancho de zapata).
- C1–C6: Calicatas / puntos de exploración.
- Cc: Índice de compresión.
- CH: Arcilla inorgánica de alta plasticidad (SUCS).
- CL: Arcilla de baja plasticidad (SUCS).
- CM: Carga muerta.
- Cr: Índice de recompresión (entumecimiento).
- Cs: índice de entumecimiento (hinchamiento).
- CT: Carga de techo/azotea.
- Cv / cv / C_v: coeficiente de consolidación (vertical).
- CV: Carga viva.
- c: Cohesión del suelo.
- Df: Profundidad de desplante.
- Df/B: relación profundidad de desplante/ancho (criterio de cimentación superficial).
- e, eo (eo): relación de vacíos; relación de vacíos inicial.
- EMS: Estudio de Mecánica de Suelos.
- EPIC: Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
- EPIFA: Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental.
- Es/ EM: Módulo de elasticidad del suelo (módulo de Young).
- FS/ Fs/ F.S.: Factor de seguridad.
- γ : Peso específico del suelo.
- GC: grava arcillosa (SUCS).
- Gs: gravedad específica de los sólidos del suelo.
- GPS: Global Positioning System.
- Hd: Altura de drenaje del estrato consolidante.
- H / Hc: espesor del estrato / espesor de capa (según ecuaciones de asentamiento).
- Hlab: longitud de drenaje o espesor representativo en el ensayo de laboratorio (según fórmulas de Cv).
- INACAL: Instituto Nacional de Calidad.
- IP: Índice de plasticidad.
- L: longitud característica (en $\alpha=\delta/L$); también aparece como “baja plasticidad” en SUCS.
- LL: Límite líquido.

LP: Límite plástico.
 log-t: Método “logaritmo del tiempo” (consolidación).
 LRFD: Load and Resistance Factor Design.
 MH: limo inorgánico de alta plasticidad (SUCS).
 MINEDU: Ministerio de Educación (Perú).
 MPCH: Municipalidad Provincial de Chota.
 MVCS: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
 N: número de golpes (ensayo de límite líquido).
 Nc: Factor de capacidad de carga Nc (Terzaghi).
 NFZ: Etiqueta/cota de plano (según detalle de cimentación).
 Nq: Factor de capacidad de carga Nq (Terzaghi).
 NTP: Norma Técnica Peruana.
 Ny (Ny): Factor de capacidad de carga Ny (Terzaghi).
 OCR: Overconsolidation Ratio (relación de sobreconsolidación).
 $\emptyset / \varphi / \phi$: Ángulo de fricción interna.
 P: carga aplicada (modelo de Terzaghi).
 Pserv: Carga de servicio.
 $P'c / \sigma'p$: presión/esfuerzo de preconsolidación.
 q: Sobrecarga/esfuerzo aplicado a nivel de cimentación.
 qadm: Capacidad portante admisible.
 qneto: capacidad de carga neta.
 qo: Esfuerzo vertical aplicado sobre el suelo (según ecuación).
 qserv: Presión real de contacto suelo–cimentación en servicio.
 qu: Capacidad portante última.
 RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.
 $\sqrt{t}$: Método “raíz del tiempo” (Taylor).
 Sc: Asentamiento por consolidación primaria.
 Se: Asentamiento elástico (inmediato).
 Sc(t): asentamiento por consolidación en el tiempo t.
 Sc(máx): asentamiento máximo de consolidación primaria.
 SHP: Shapefile (formato SIG).
 Smáx: asentamiento máximo admisible (límite de servicio).
 St: Asentamiento total.
 SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
 T50 / T90: Parámetros/lecturas asociadas a 50% y 90% de consolidación (según notación del documento).
 t50 / t90: Tiempo para el 50% y el 90% de consolidación.

t: Tiempo de consolidación.

Tv: Factor de tiempo (consolidación).

U: Grado de consolidación.

UNACH: Universidad Nacional Autónoma de Chota.

VC: Viga de conexión.

W, W_w, W_s: contenido de humedad y pesos asociados (agua y sólidos).

$\Delta\sigma_z$: Incremento del esfuerzo vertical a una profundidad z.

σ'_0 : Esfuerzo vertical efectivo inicial.

σ'_f : Esfuerzo vertical efectivo final.

σ'_p : Presión de preconsolidación (esfuerzo efectivo de preconsolidación).

α : distorsión angular.

δ : asentamiento diferencial.

RESUMEN

En suelos finos cohesivos, los asentamientos por consolidación pueden desarrollarse en horizontes prolongados y comprometer las condiciones de servicio de las edificaciones. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo analizar el tiempo de consolidación y los asentamientos de suelos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota. La metodología correspondió a un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental. Se ejecutaron seis calicatas distribuidas según la Norma E.050. Los resultados evidenciaron que el suelo de fundación está conformado predominantemente por suelos finos cohesivos, clasificados como CH, MH, CL y GC, con capacidades portantes admisibles, bajo condiciones geométricas uniformes de 0.74 a 0.91 kg/cm² para cimentación cuadrada, mientras que, al considerar las dimensiones reales de las cimentaciones, los mayores valores se registraron en los pabellones de Contabilidad e Ingeniería Forestal y Ambiental, con capacidades portantes de hasta 1.38 kg/cm² y 1.17 kg/cm², respectivamente. El asentamiento elástico inmediato se mantuvo por debajo del límite admisible de 2.54 cm, con valores entre 0.76 y 1.50 cm. Por su parte, el asentamiento por consolidación primaria varió entre 29.65 mm y 36.66 mm, equivalentes a 2.96 cm y 3.67 cm, mientras que el tiempo de consolidación para alcanzar un grado de consolidación del 90% osciló entre 1.70 y 3.82 años, y para el 95% entre 2.26 y 5.09 años. Se concluye que el comportamiento geotécnico del terreno estuvo principalmente controlado por la rigidez del suelo y su capacidad resistente, de modo que los sectores con mayor densidad, mayor módulo de elasticidad y mayor capacidad portante presentaron menores asentamientos, mientras que los sectores más compresibles presentaron una respuesta deformacional más desfavorable.

Palabras clave: consolidación, asentamientos, suelo fino cohesivo, cimentación superficial, capacidad portante.

ABSTRACT

In fine-grained cohesive soils, consolidation settlements may develop over extended time periods and compromise the serviceability conditions of structures. In this context, the present study aimed to analyze the consolidation time and soil settlements in shallow foundations at the Colpa Matara University Campus – UNACH, Chota. The methodology employed a quantitative, non-experimental design. Six test pits were excavated and distributed in accordance with the Peruvian Standard E.050. The results indicated that the foundation soil is predominantly composed of fine-grained cohesive soils, classified as CH, MH, CL, and GC. The allowable bearing capacity, under uniform geometric conditions, ranged from 0.74 to 0.91 kg/cm² for square footings. When considering the actual foundation dimensions, higher values were obtained for the Accounting and Forestry and Environmental Engineering buildings, reaching 1.38 kg/cm² and 1.17 kg/cm², respectively. Immediate elastic settlement remained below the allowable limit of 2.54 cm, with values ranging from 0.76 to 1.50 cm. Meanwhile, primary consolidation settlement ranged from 29.65 mm to 36.66 mm, equivalent to 2.96 cm to 3.67 cm. The consolidation time required to reach 90% consolidation ranged from 1.70 to 3.82 years, and from 2.26 to 5.09 years for 95% consolidation. It is concluded that the geotechnical behavior of the soil is primarily governed by soil stiffness and bearing capacity, such that sectors with higher density, higher elastic modulus, and greater bearing capacity exhibited lower settlements, whereas more compressible soils showed a less favorable deformational response.

Keywords: consolidation, settlements, fine cohesive soil, shallow foundation, bearing capacity.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El tiempo de consolidación y los asentamientos del suelo determinan el desempeño estructural de las cimentaciones superficiales en las edificaciones (Samui et al., 2023). La consolidación se define como la reducción de la porosidad y la densidad del suelo bajo esfuerzos, procesos que pueden durar desde días hasta años (Melese et al., 2023) y dependen de las propiedades del depósito, la compresibilidad del suelo, la magnitud de la carga de la estructura y la presencia de agua subterránea, entre otros factores (Baris et al., 2023). Por tanto, durante dicho proceso se producen asentamientos que, si no se consideran en el diseño, pueden causar daños funcionales y estructurales (Nuray y Sueleyman, 2021). En consecuencia, resulta imprescindible análisis geotécnicos detallados que permitan prever los asentamientos y dimensionar cimentaciones superficiales que mantengan la estabilidad y el servicio a lo largo del tiempo (Asmael y Waheed, 2023).

En el país la norma técnica E.050 del *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento* (MVCS, 2018), establece los criterios para el estudio de mecánica de suelos para diseño de cimentaciones, donde especifica la realización del ensayo de corte NTP 339.171 (INACAL, 2017) y el ensayo de consolidación unidimensional NTP 339.154 (INACAL, 2015), a fin de que se cumpla con el asentamiento tolerable, sin embargo, es común que para la construcción de edificaciones se estime la capacidad portante, pero se desestima el tiempo de consolidación y el asentamiento del suelo, a pesar de que, en Perú, los suelos son altamente consolidables por la diversidad geológica y climática del territorio (Le Vaslot, 2023). La provincia de Chota, ubicada en la región Cajamarca, de acuerdo con la *Municipalidad Provincial de Chota* (MPCH,

2018) no es ajena a estos retos, está caracterizada por suelos arcillosos y limosos, suelos que de acuerdo con Islam et al. (2022) son altamente consolidables.

En el Campus Universitario Colpa Matara de la *Universidad Nacional Autónoma de Chota* (UNACH), se ubican los pabellones de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Civil, Enfermería, Contabilidad e Ingeniería Forestal y Ambiental, así mismo, según el plan director en el año 2024 se encuentra en construcción las edificaciones de bienestar universitario y biblioteca. No obstante, en las veredas y en los elementos estructurales del pabellón de enfermería (edificación con más de 30 años de antigüedad) se observan fisuras y agrietamiento que dan presunción de asentamiento, tal como argumenta Cabrera (2022). Este asentamiento probable puede deberse tanto a una cimentación inadecuada como a la consolidación del suelo con el tiempo. Considerando las obras en curso en este emplazamiento, resulta pertinente conocer el asentamiento y el tiempo de consolidación del suelo del Campus Universitario.

Además, en estudios previos en Chota se ha observado que el asentamiento en las cimentaciones superficiales puede comprometer la seguridad de las estructuras construidas en la zona (Herrera y Díaz, 2023). Es importante realizar investigaciones para comprender mejor el comportamiento de los suelos locales y predecir el tiempo de consolidación. Además, es importante tener en cuenta que el tiempo de consolidación y los asentamientos de los suelos en cimentaciones superficiales pueden variar según las condiciones del suelo y la carga aplicada. Por lo tanto, es fundamental realizar un estudio previo del suelo para prever y controlar los posibles efectos de la consolidación y los asentamientos sobre la estructura (Peng et al., 2023).

Dentro de este contexto se propone analizar principalmente de manera experimental y teórica la consolidación de suelos en Chota y su relación con el

asentamiento del suelo en cimentaciones superficiales, tomando como caso de estudio, el Campus Universitario Colpa Matara de la UNACH Chota.

1.2. Justificación

El estudio cubre un vacío local: no existen caracterizaciones geotécnicas del tiempo de consolidación y los asentamientos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota. Aporta evidencia técnica y trazable al estimar parámetros edométricos clave (e_0 , σ'_p , C_c , C_r , c_v) y al cuantificar asientos inmediatos y de consolidación primaria, con base en la teoría unidimensional de Terzaghi, en los métodos $\log-t$ y $\sqrt{t}$ (Taylor) y en la determinación de la preconsolidación (Casagrande). Por ende, reduce la incertidumbre de servicio (deformaciones diferenciales) y sirve como medio para que las autoridades correspondientes propongan soluciones de mitigación adaptadas al sitio, como drenaje periférico y subdrenes, drenes verticales prefabricados, entre otros.

Siendo así, la investigación favorece a la UNACH (autoridades, oficinas de infraestructura), a proyectistas y a contratistas, porque entrega insumos locales para dimensionar cimentaciones más seguras y priorizar medidas costo-efectivas de control del asentamiento. También beneficia a la comunidad académica al consolidar una base de datos geotécnica del campus y un protocolo metodológico replicable (levantamiento estratigráfico, cálculo de $\Delta\sigma_z$ según Boussinesq y verificación mediante t_{50}/t_{90}). En términos teóricos, refuerza la comprensión del comportamiento compresible de los suelos finos locales; en términos prácticos, reduce los riesgos de desempeño en servicio; en términos metodológicos, estandariza formatos y hojas de cálculo para futuras edificaciones del campus y futuras investigaciones de carácter similar en el distrito y la región.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es el tiempo de consolidación y el asentamiento esperado de los suelos de fundación bajo cimentaciones superficiales en el Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar el tiempo de consolidación y los asentamientos de suelos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar geotécnicamente el suelo de fundación mediante sus propiedades físicas (granulometría, límite líquido, límite plástico) y mecánicas (cohesión y ángulo de fricción) para estimar la capacidad portante admisible del suelo para los pabellones de Ingeniería Civil, Enfermería, Contabilidad e Ingeniería Forestal y Ambiental del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH.
- Determinar el asentamiento elástico (inmediato) del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH.
- Determinar el tiempo de consolidación primaria para grados de consolidación $U = 90-95\%$ del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota.
- Determinar el asentamiento por consolidación primaria del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota.
- Analizar la relación entre las propiedades físico mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamientos por consolidación del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpamatara – UNACH Chota.

1.5. Delimitación y limitaciones

La estimación de los asentamientos se realizó mediante un modelo geotécnico unidimensional, considerando las cargas transmitidas por las edificaciones a partir del metrado estructural y su efecto sobre el suelo de cimentación. En ese marco, no se incorporaron explícitamente la rigidez de la superestructura ni la interacción suelo–estructura en la redistribución real de esfuerzos, por lo que los valores obtenidos constituyen una aproximación geotécnica del asentamiento del terreno y no una simulación integral del comportamiento conjunto entre la cimentación y la estructura.

Asimismo, la presente investigación se limitó al análisis del asentamiento por consolidación primaria, de acuerdo con los objetivos específicos y el alcance metodológico aprobados en el proyecto de tesis. En consecuencia, no se calculó el asentamiento por consolidación secundaria ni el coeficiente de compresión secundaria, ya que dichos componentes no formaron parte del diseño original del estudio ni del procedimiento experimental planteado. Por lo tanto, su evaluación se presenta como una línea complementaria para futuras investigaciones sobre el comportamiento diferido de los suelos finos del campus universitario Colpa Matara.

También cabe mencionar que el año consignado en el título de la investigación corresponde al año de aprobación del proyecto de tesis; la ejecución del estudio se realizó en 2025 y la presentación del informe final, en 2026.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Oladipupo et al. (2024), en Lagos, Nigeria, presentaron en la revista *Engineering Heritage Journal (GWK)* con el título “*Multi Deterministic Based Assessment of The Bearing Capacity for A Shallow Foundation: Case Study of Lagos Southwest, Nigeria*” [Evaluación basada en múltiples modelos determinísticos de la capacidad portante de una cimentación superficial: estudio de caso del suroeste de Lagos, Nigeria], tuvieron como objetivo evaluar la capacidad portante y el asentamiento inicial de cimentaciones superficiales en lateritas mediante un enfoque multideterminístico que integra datos in situ y modelación numérica. Utilizaron la siguiente metodología: exploración con 1 calicata, ensayos de laboratorio (límites de Atterberg, ensayo triaxial no consolidado-no drenado, ensayo edómetro) y dos rutas de evaluación de la capacidad portante: una empírica con el método de Schmertmann y otra numérica con Plaxis-3D v24. El suelo analizado era arcilloso de 0 a 0.75 m, arcilloso con arena de 0.75 a 2.25 m y arcilloso con grava de 2.25 a 7 m, con límite líquido (LL) de 40%, límite plástico (LP) de 22% e índice de plasticidad (IP) de 18%, peso específico de 1.87 g/cm³, cohesión de 68 kN/m², ángulo de fricción de 13° y Cv de 2.3 m²/yr. Determinaron que la capacidad portante era 604.98 kN/m² (qa 201.66 kN/m² con F.S.=3), mientras que el modelo numérico predice qult 620 kN/m² y qa 206.67 kN/m², con asentamiento inicial de 8.0 mm bajo presión límite de 780 kN/m² y un límite de asiento de 25.0 mm. Concluyeron que existe una concordancia razonable entre las estimaciones empírica y numérica de las lateritas.

Dascălu et al. (2024), en Iași, Rumanía, presentaron en la IOP Conference Series: Materials Science and Engineering con el título “*The influence of soil specimens*

shape and dimensions on consolidation parameters used in foundation settlement prediction” [La influencia de la forma y las dimensiones de las muestras de suelo en los parámetros de consolidación utilizados para predecir el asentamiento de cimientos], tuvieron como objetivo evaluar cómo la forma y dimensiones de especímenes edométricos, así como el método de cálculo de C_v , afectan los parámetros de consolidación y la predicción de asentamientos en cimentaciones superficiales. Utilizaron muestreo inalterado de arcilla limosa de plasticidad media, ensayos edométricos de hasta 500 kPa en especímenes cilíndricos de 54.7, 71.4 y 112 mm y prismáticos de 60×60 y 100×100 mm, y la estimación de índices según Casagrande ($\log-t$) y Taylor ($\sqrt{t}$). Determinaron que, a iguales condiciones, un espécimen prismático 60×60 mm produce un asiento de 67.31 mm frente a 64.05 mm en el cilíndrico 71.4 mm (lineal), mientras que para tamaños mayores y no linealidad el asiento converge a 88 mm; y que el método de Taylor entrega C_v mayores y un tiempo a $U=90$ de 1.0 año, en tanto que con Casagrande el tiempo varía entre 1.0 y 5.0 años según el tamaño del espécimen. Concluyeron que la selección del método de C_v modifica sustancialmente el horizonte temporal de consolidación.

Waheed y Asmael (2023), en Bagdad, presentaron en la revista *Civil and Environmental Engineering* el artículo titulado “*Study Immediate and Consolidation Settlement of Shallow Foundations*” [Estudio sobre el asentamiento inmediato y el de consolidación de cimientos superficiales]; tuvieron como objetivo evaluar el asentamiento inmediato y el de consolidación de cimentaciones superficiales sobre arcillas. Utilizaron una metodología mixta: ensayo de modelo físico a escala con placa cuadrada sobre arcilla remoldeada (80% de consolidación en 6 días) y simulación numérica con Plaxis-3D, además determinaron las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso de baja plasticidad (CL) con límite líquido (LL) de 32%, límite plástico

(LP) de 16%, índice de plasticidad (IP) de 16%, peso específico de 2.71 g/cm^3 , con cohesión (C_u) de 20 kPa, ángulo de fricción de 5° , y capacidad portante (q) de 20 a 140 kPa para alturas (H) de 10 a 30 m. Determinaron que en arcillas el asentamiento por consolidación domina, con razón inmediato/consolidación de 0.3% a $q = 20 \text{ kPa}$, creciendo hasta 1.2% al aumentar la carga; que para $c_u = 20 \text{ kPa}$, $H = 30 \text{ m}$ y $q = 20 \text{ kPa}$, el asentamiento inmediato fue 6.1 mm, mientras que el de consolidación fue 2,521 mm; y que duplicar el espesor de la arcilla desde 1B a 3B incrementa el asiento total en 66%. Concluyeron que las cimentaciones sobre arcillas débiles y profundas ($c_u < 60 \text{ kPa}$) presentan asientos excesivos, no recomendables para la construcción, mientras que en arcillas rígidas con $H = 3B$ los asientos pueden mantenerse dentro de los límites admisibles (76–127 mm).

Muhammad et al. (2022), en el artículo publicado en la revista *Buildings* titulado “*Numerical Analysis of Shallow Foundations with Varying Loading and Soil Conditions*” [Análisis numérico de cimientos superficiales con condiciones variables de carga y suelo], tuvieron como objetivo determinar el efecto de la saturación y de las condiciones de carga sobre el asentamiento de las cimentaciones superficiales. Utilizaron una metodología numérica con ensayos de laboratorio en lutita y caliza locales (suelo CH, LL = 70%, LP = 30%, $G_s = 2.60 \text{ g/cm}^3$). Determinaron, para una zapata sometida a 200 kPa, un asentamiento central de 28.81 mm cuando existe roca caliza subyacente, inferior al asentamiento de 42.96 mm en un perfil de lutita; para cargas de 50, 100 y 200 kPa obtuvieron 3.7, 9.8 y 42.2 mm; y verificaron que el asentamiento crece con la saturación: 0.69 mm (0%), 1.93 mm (40%), 2.21 mm (50%), 2.77 mm (70%) y 2.84 mm (90%). Concluyeron que la inclusión de una capa rígida (caliza) reduce significativamente las deformaciones y los momentos en la cimentación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Melgar (2024), en San Martín, en la Universidad Privada del Norte, con la tesis titulada “*Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación para determinar el asentamiento total en suelos arcillosos en Moyobamba*”, tuvo como objetivo determinar la capacidad portante y el asentamiento total de suelos arcillosos en la Urbanización Vista Alegre. Utilizó la metodología cuantitativa con 5 calicatas de 5 m y ensayos de laboratorio para clasificar seis estratos (arena arcillosa, grava arcillosa con arena, limo elástico arenoso, arcilla fina arenosa y arena arcillosa), con $LL = 29-52\%$ y $LP = 13-26\%$; la cohesión se determinó para las calicatas 2 (C2) y 5 (C5), siendo 1.47 y 1.63 kg/cm², con ángulo de fricción de 15.18° y 14.64°, respectivamente. Determinó como presión de consolidación para C2 y C5 de 1.80 y 1.63 kg/cm², con relación de vacíos de 0.533 y 0.597, índice de compresión (C_c) de 0.417 y 0.156 y coeficiente de consolidación (C_v) de 3.18 y 8.78 mm²/min, siendo la capacidad admisible para zapata rectangular, cuadrada a 2 m de profundidad de 0.91 y 0.92 kg/cm², mientras que para losa de cimentación a 1 m de profundidad la capacidad portante es 0.64 kg/cm². Estimó asentamientos inmediatos de 0.58 cm (rectangular), 0.48 cm (cuadrada) y 1.46 cm (losa); asentamientos por consolidación primaria de 1.89, 1.95 y 1.76 cm, con tiempos de consolidación de 9.05 meses a 2.80 años hasta el inicio de la secundaria; proyectó asentamientos totales de 2.73–2.82–3.54 cm para rectangular, cuadrada y losa, respectivamente. Concluyó que la estratigrafía arcillosa heterogénea condiciona una capacidad admisible baja (≤ 0.92 kg/cm²) y asientos totales del orden de 2.7–3.5 cm.

Matencios (2024), en Huancayo, en la Universidad Peruana Los Andes, con la tesis titulada “*Análisis de la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023*”, tuvo como objetivo

determinar dicha influencia. Utilizó la metodología cuantitativa, de nivel correlacional; la muestra estuvo conformada por 10 puntos de muestreo a una profundidad de 2 m. Determinó que la expansión promedio del suelo fue de 0.00710 mm, con plasticidad del 7.5% y cohesión de 0.225 a 0.440 kg/cm², por lo que el asentamiento varió entre 8.68 y 12.55 cm. Concluyó que en suelos de baja plasticidad, el efecto de la expansión sobre el asentamiento estructural es limitado; no obstante, recomendó controlar la humedad y considerar detalles de cimentación que minimicen los cambios volumétricos durante los periodos de lluvia.

Tello (2022), en Pucallpa, en la Universidad César Vallejo, con la tesis titulada *“Evaluación del diseño de consolidación primaria de cimentaciones superficiales en la ciudad de Pucallpa”*, tuvo como objetivo evaluar el asentamiento mediante consolidación primaria en suelos arcillosos de tres sectores urbanos: Callería, Yarinacocha y Manantay. Utilizó la metodología cuantitativa de tipo aplicado, con ensayos de consolidación unidimensional en muestras de suelo de tres calicatas de 2 m de profundidad, para determinar los parámetros de consolidación mediante el procedimiento de Schmertmann para suelos sobreconsolidados y verificar el límite de servicio $S_{m\acute{a}x} = 2.54$ cm. Determinó presiones de preconsolidación ($P'c$) de 1.55, 1.88 y 1.88 kg/cm², con coeficientes C_r de 0.07, 0.05 y 0.04, y coeficientes C_c de 0.32, 0.43 y 0.50 para Callería, Yarinacocha y Manantay, respectivamente. Concluyó que, para la zapata inicial 1.50×1.80 m, los asientos por consolidación primaria fueron de 4.41 cm (Callería), 3.24 cm (Yarinacocha) y 2.46 cm (Manantay), superiores al criterio de servicio, por lo que se redimensionaron las zapatas a 2.30×2.50 m (Callería) y 2.00×2.10 m (Yarinacocha), logrando S_{cp} de 2.50, 2.48 y 2.46 cm, todos ≤ 2.54 cm.

2.1.3. Antecedentes regionales

Fernández y Muñoz (2025), en Hualgayoc, en la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), con la tesis titulada *“Estudio de la zonificación de la capacidad portante del suelo en el área de expansión urbana del centro poblado de Moran Lirio, 2023”*, tuvieron como objetivo determinar la capacidad portante del suelo en Moran Lirio. En la investigación de enfoque cuantitativo, se realizaron 15 calicatas de 3 m de profundidad en 5 ha de terreno. Determinaron que el LL variaba entre 36.53% y 82.52%, el LP entre 18.22% y 52.90% y el IP entre 6.16% y 29.62%, clasificándose como arcillas y limos de baja a alta plasticidad, con densidad húmeda de 1.50 a 1.76 g/cm³, cohesión de 0.11 a 0.30 kg/cm² y ángulo de fricción de 17.01° a 34.26°. Concluyeron que, el suelo alcanzaba capacidad portante de 0.73 a 1.69 kg/cm² para cimiento corrido y de 0.84 a 1.89 kg/cm² para cimiento cuadrado con falla local a 3 m de desplante.

Guevara y Tingal (2024), en Bambamarca, en la UNACH, con la tesis titulada *“Evaluación de la capacidad portante del suelo para la zonificación y diseño de cimentaciones superficiales del centro poblado San Antonio, Bambamarca-2024”*, tuvieron como objetivo determinar la capacidad portante del suelo para la cimentación de San Antonio. La investigación de enfoque cuantitativo tuvo como muestra 12 calicatas con LL de 48.49% a 89.36% y LP de 30.60% a 49.71%, clasificándose como limos de alta y baja plasticidad, con cohesión de 0.27 a 0.47 kg/cm² y ángulos de fricción de 17.17° a 23.06°, que alcanzan capacidades portantes de 0.52 a 0.76 kg/cm² para cimientos corridos y de 0.69 a 1.06 kg/cm² para zapatas cuadradas. Concluyeron que, para construir una buena edificación de hasta 3 pisos, se requieren cimientos corridos de 1 m de ancho y 0.80 m de profundidad, o zapatas cuadradas de 1.50 m de ancho y 0.50 m de peralte.

Herrera y Díaz (2023), en Chota, en la UNACH, con la tesis “*Evaluación de la capacidad portante del suelo de cimentación en la I.E. 10392 Cabracancha, adicionando vidrio pulverizado, Chota, 2022*”, tuvieron como objetivo evaluar la capacidad portante del suelo de cimentación de la I.E. 10392 Cabracancha con vidrio pulverizado. La metodología fue cuantitativa; se realizaron cinco calicatas y se determinó que el 80% del suelo era limo de baja plasticidad, y que solo la calicata 5 era arcilla de alta plasticidad, con LL de 35.37% a 59.20% e IP de 9.45% a 32.45%, cohesión de 0.22 a 0.35 kg/cm², ángulo de fricción de 1.60° a 19.59° y densidad húmeda de 1.65 a 1.85 g/cm³. La capacidad portante a 1.5 m de desplante, con base de 1.5 m, variaba entre 0.41 y 0.81 kg/cm² para cimentación corrida y entre 0.50 y 0.90 kg/cm² para cimentación cuadrada. El asentamiento máximo por consolidación primaria, con índices de compresión (Cc) de 0.153 a 0.337, alcanzó 14.49 mm en el suelo limoso de las calicatas 1 y 18.85 mm en el suelo arcilloso de la calicata 5, pero al incorporar el aditivo al 30%, los asentamientos disminuyeron a 9.26 y 12.33 mm, respectivamente. Concluyeron que la aplicación de vidrio pulverizado actúa como un estabilizador.

Rafael y Vásquez (2023), en Chota, en la UNACH, con la tesis “*Evaluación de la capacidad portante del suelo en relación al nivel freático con fines de cimentación caso: Fundo Tuctuhuasi, Chota-2022*”, tuvieron como objetivo analizar la capacidad portante del suelo en función del nivel freático. La investigación fue de enfoque cuantitativo tuvo como muestra 15 calicatas, de las cuales 7 eran arenas limo arcillosas, 6 arcillas de baja y alta plasticidad y 2 suelos gravosos no plásticos, los suelos plásticos tenían LL de 30% a 52% e IP de 5% a 34%, densidad de 1.78 a 2.09 g/cm³, cohesión de 0 a 0.34 kg/cm², ángulo de fricción de 14.73° a 34.72°, por lo que la capacidad portante para cimiento corrido a 1.50 m varía de 0.78 a 1.44 kg/cm², y para cimiento cuadrado de 0.84 a 1.99 kg/cm², pero al considerar el nivel freático la capacidad

portante alcanzó valores de 0.78 a 0.99 kg/cm². Concluyeron que la capacidad portante del suelo disminuye a medida que aumenta la profundidad del agua subterránea.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Análisis de las condiciones de cimentación de acuerdo con la norma E.050*

La norma técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones” (MVCS, 2018) establece los criterios que debe cumplir el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) para garantizar el desempeño del sistema suelo–cimentación. La norma integra dos verificaciones: la resistencia del terreno frente a la falla por corte, expresada por la capacidad de carga, y el control de deformaciones, representado por los asentamientos totales y diferenciales.

Artículo 18. Asentamientos. La estimación de asentamientos debe realizarse mediante ecuaciones aceptadas en mecánica de suelos, empleando resultados de ensayos de laboratorio, lo que sustenta técnicamente el uso de parámetros de compresibilidad y consolidación cuando el estrato sea susceptible a deformaciones por carga sostenida (MVCS, 2018).

Artículo 19. Asentamiento admisible. El asentamiento diferencial no debe provocar una distorsión angular superior a los límites establecidos en la Tabla 1. Para suelos granulares, la norma permite aproximar el asentamiento diferencial al 75% del asentamiento total (MVCS, 2018).

Tabla 1

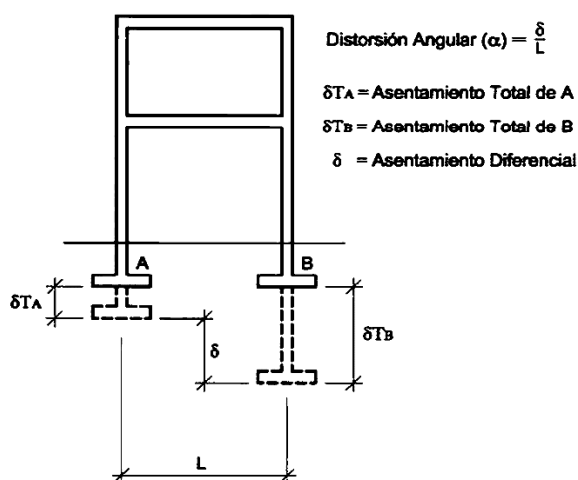
Distorsión angular ($\alpha = \delta/L$) para el control de asentamientos diferenciales

$\alpha = \delta/L$	Límite
1/150	En edificios convencionales.
1/250	En edificios altos y rígidos.
1/300	En puentes grúas.
1/500	Para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Para cimentaciones rígidas circulares o anillos de cimentación.
1/650	Para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado de aproximadamente 1.20 m de espesor.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a los asentamientos.

Nota. Norma E.050 (MVCS, 2018).

Figura 1

Asentamiento diferencial



Nota. Norma E.050 (MVCS, 2018).

Artículo 20. Capacidad de carga. Se define como la presión última asociada a una falla por corte y debe evaluarse mediante formulaciones de mecánica de suelos, utilizando parámetros obtenidos de ensayos. La norma precisa los supuestos de modelación: en suelos cohesivos puede considerarse $\phi = 0$ y en suelos friccionantes, $c = 0$, según el tipo de material y el enfoque resistente adoptado.

Artículo 21. Factor de seguridad frente a la falla por corte. Se fijan factores mínimos: FS = 3.0 para cargas estáticas y FS = 2.5 para la sollicitación máxima por sismo o viento (la más desfavorable), aplicados a la capacidad de carga.

Artículo 17. Cargas. (i) para el factor de seguridad se emplean cargas de servicio utilizadas en el diseño estructural de las columnas del nivel más bajo; (ii) para los asentamientos en suelos granulares y cohesivos se emplea la carga definida por la norma E.020 Cargas.

Artículo 23. Definición y tipos. Define la cimentación superficial como $Df/B \leq 5$ y enumera las zapatas, cimientos y plateas; esto es útil para clasificar las cimentaciones existentes en el campus y delimitar el alcance del análisis.

2.2.2. Teoría de Mohr-Coulomb

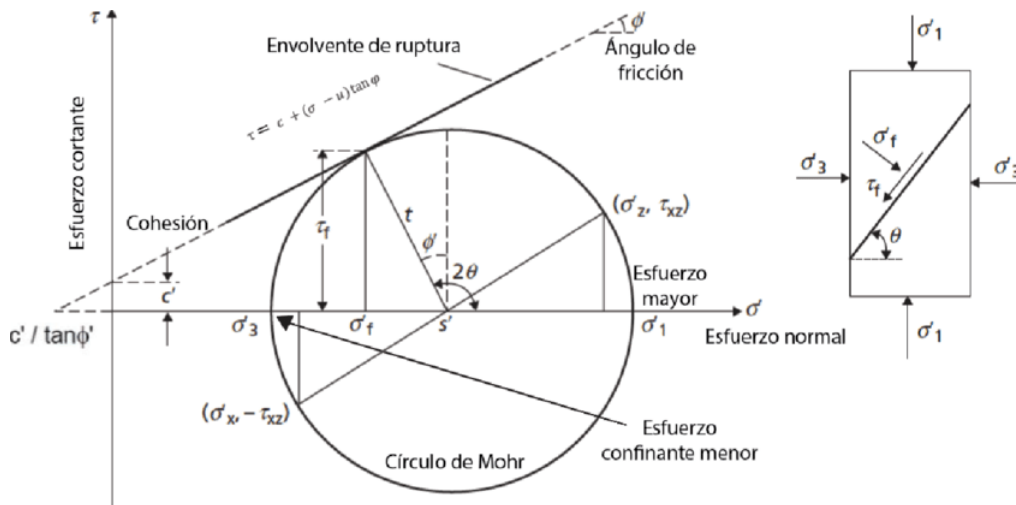
El criterio de falla de Mohr-Coulomb (1900) proporciona una teoría de la falla del suelo; establece que los suelos fallan debido a una combinación crítica de esfuerzos normales y de corte. La teoría de Mohr-Coulomb se basa en dos parámetros principales: la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ). La resistencia al corte (τ) de un suelo se describe mediante la ecuación de Mohr-Coulomb: (Oyola-Guzmán y Vaca-Oyola, 2018)

$$\tau = \sigma \tan \phi + C \quad (1)$$

Donde, τ esfuerzo cortante en el plano de falla, σ tensión normal, C cohesión, ϕ ángulo de fricción.

Figura 2

Representación del criterio de rotura



Nota: (Oyola-Guzmán y Vaca-Oyola, 2018).

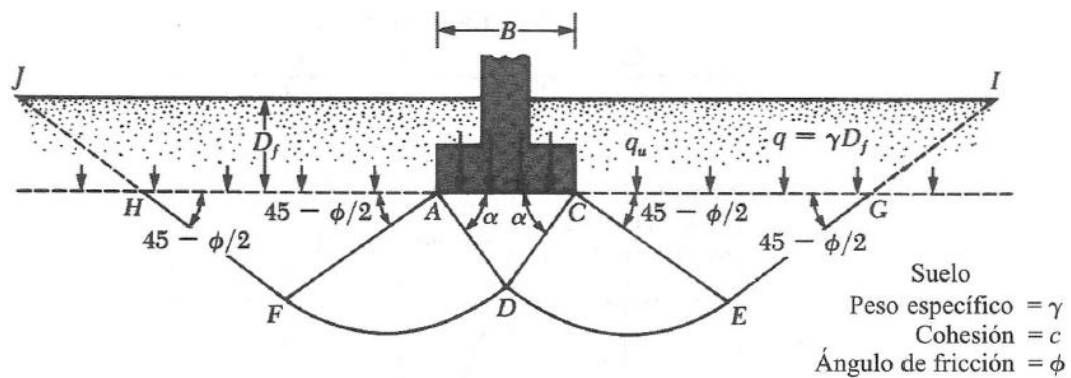
La Figura 2 muestra el estado de tensión en varios planos (círculos de Mohr) del suelo. Muestra que la línea y el círculo son líneas cortadas. En el momento adecuado, esta es una ruptura en el estado de tensión del suelo. Desde la perspectiva de la geometría, el punto por debajo de la línea de firmeza inherente se encuentra en el estado elástico, es decir, en la fase de rotura (Kumor y Kumor, 2016).

2.2.3. Teoría de la capacidad portante del suelo

Terzaghi (1943) formuló una de las primeras teorías integrales para estimar la capacidad portante última de cimentaciones superficiales continuas, apoyadas sobre un suelo homogéneo y sometidas a cargas verticales centradas. Esta teoría considera que la falla del suelo se desarrolla a través de una superficie compuesta por una zona central, zonas de corte radial y zonas pasivas de Rankine. Posteriormente, las expresiones fueron adaptadas para cimentaciones cuadradas y circulares mediante coeficientes que consideran la geometría de la base de cimentación (Braja, 2012).

Figura 3

Diagrama de falla del suelo de cimentación



Nota. (Braja, 2012).

En la Figura 3, el suelo situado por encima del nivel de desplante se representa mediante una sobrecarga uniforme q , equivalente al peso del suelo ubicado sobre la base de cimentación. El mecanismo de falla se encuentra constituido por las siguientes zonas: (Braja, 2012)

- (1) La zona triangular ACD, ubicada inmediatamente por debajo de la cimentación.
- (2) Las zonas de corte radial ADF y CDE, delimitadas parcialmente por superficies curvas.
- (3) Las zonas pasivas de Rankine AFH y CEG, localizadas a ambos lados de la cimentación.

La sobrecarga vertical al nivel de la base de cimentación se determinó mediante:

$$q = \gamma \times D_f \quad (2)$$

Donde q es la sobrecarga al nivel de cimentación; γ es el peso unitario del suelo situado sobre la base de cimentación; y D_f es la profundidad de desplante.

Los factores de capacidad de carga N_c , N_q y N_γ son adimensionales y dependen del ángulo de fricción interna del suelo. El factor N_c se calculó mediante:

$$N_c = (N_q - 1) \times \cot \phi \quad (3)$$

El factor N_q se determinó mediante la expresión de Terzaghi:

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)\tan\phi}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (4)$$

Debido a que en la formulación original de Terzaghi el factor N_γ depende de un coeficiente obtenido gráficamente, se empleó la aproximación propuesta por Coduto (2001), la cual permite calcularlo directamente:

$$N_\gamma = \frac{2(N_q + 1) \tan \phi}{1 + 0.4 \sin(4\phi)} \quad (5)$$

En las ecuaciones anteriores, el ángulo ϕ debe expresarse en radianes al realizar los cálculos en una hoja de cálculo o con un programa de cálculo.

Para una cimentación corrida sometida a falla general, la capacidad portante última bruta se determinó mediante:

$$q_u = c \times N_c + q \times N_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \text{ (Cimentación en franja)} \quad (6)$$

Para una cimentación cuadrada se utilizó:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \dots\dots\text{cimentación cuadrada} \quad (7)$$

Mientras que para una cimentación circular se aplicó:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \dots\dots\text{cimentación circular} \quad (8)$$

Y para una cimentación corrida:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \text{ cimentación corrida} \quad (9)$$

Donde q_u es la capacidad portante última bruta; c es la cohesión del suelo; q es la sobrecarga al nivel de cimentación; B es el ancho o diámetro de la cimentación; γ es el peso unitario del suelo localizado debajo de la base; y N_c , N_q y N_γ son los factores de capacidad de carga correspondientes al ángulo de fricción interna ϕ .

Para el análisis de falla local, Terzaghi recomendó reducir los parámetros resistentes del suelo. La cohesión reducida y el ángulo de fricción reducido se calcularon mediante:

$$c_r = \frac{2}{3}c \quad y \quad \phi_r = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan \phi\right) \quad (10)$$

Los factores modificados N'_c , N'_q y N'_γ se determinaron empleando las ecuaciones 3, 4 y 5, pero reemplazando el ángulo de fricción ϕ por el ángulo reducido ϕ_r .

Para una cimentación corrida sometida a falla local se empleó:

$$q_u = qN'_q + \frac{2}{3}cN'_c + \frac{1}{2}\gamma BN'_\gamma \quad (\text{cimentación corrida}) \quad (11)$$

Para una cimentación cuadrada sometida a falla local se empleó:

$$q_u = qN'_q + 0.867cN'_c + 0.4\gamma BN'_\gamma \quad (\text{cimentación cuadrada}) \quad (12)$$

El coeficiente 0.867 corresponde al producto $1.3(2/3)$, que incorpora simultáneamente la reducción de la cohesión y el efecto de la geometría cuadrada.

La capacidad portante última neta se determinó mediante:

$$q_{neto} = q_u - q \quad (13)$$

Finalmente, la capacidad portante admisible bruta se calculó dividiendo la capacidad portante última bruta entre el factor de seguridad:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \quad (14)$$

Donde: q_{neto} , capacidad de carga neta; q_u , capacidad de carga última; q , capacidad de carga (q); FS , factor de seguridad.

2.2.4. Teoría de Terzaghi para la consolidación vertical

2.2.4.1. Introducción a la teoría de la consolidación.

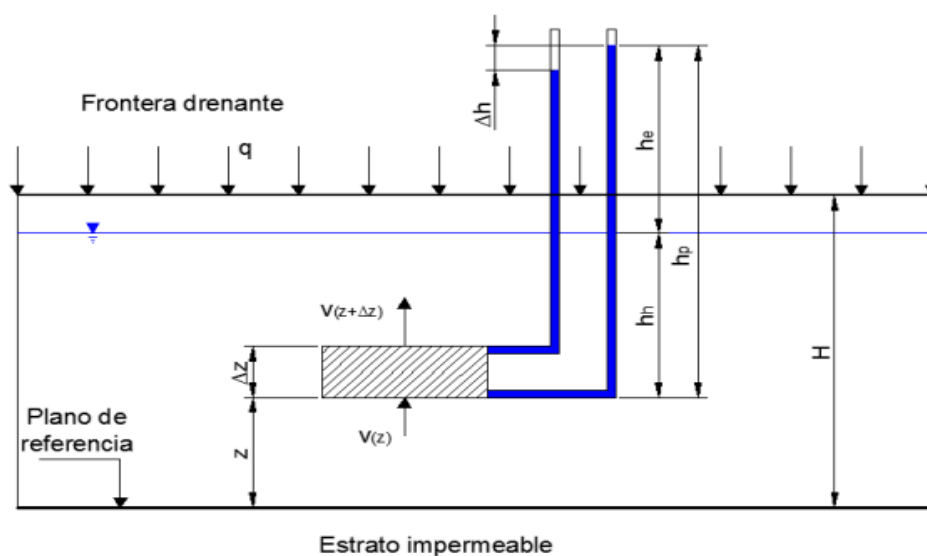
Terzaghi explicó la consolidación mediante un cilindro lleno de fluido y un pistón unido a un resorte. Al aplicar una carga P , con el drenaje cerrado la carga es asumida por el fluido y el resorte no se deforma; al abrir el orificio, el gradiente P/A permite el drenaje y el resorte comienza a deformarse, asumiendo cada vez más carga hasta que el fluido iguala su presión con el exterior y el resorte soporta toda P . Por analogía con el suelo, el resorte representa el esqueleto sólido, el fluido representa el agua de poros y el espacio conectado para el drenaje se asocia con la red de poros del suelo (Poliotti y Sierra, 2011)

2.2.4.2. Teoría de consolidación de Terzaghi

Un suelo saturado, de longitud transversal infinita, está sometido a una carga uniforme (q) sobre toda su superficie. El suelo se coloca sobre un sustrato impermeable y permite el libre drenaje desde la superficie superior (Poliotti y Sierra, 2011)

Figura 4

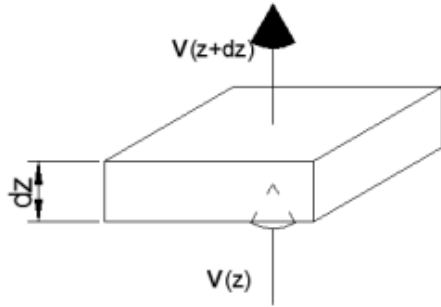
Esquema del depósito de suelo



Nota. h_p altura piezométrica, z es la posición respecto a un plano de referencia, h_h carga hidráulica, h_h exceso de presión neutra debido a la carga q , H espesor del estrato (Poliotti y Sierra, 2011).

Figura 5

Elemento diferencial de suelo



Nota. Considerando el flujo en el elemento diferencial ubicado a z del plano referencial: V_z es la velocidad vertical del flujo que entra en el elemento, $V(z+dz)$ es la velocidad vertical del flujo que sale del elemento (Poliotti y Sierra, 2011).

Si se emplea el teorema de Taylor, se tiene:

$$V_{(z+dz)} = V_z + \frac{\partial V_z}{\partial z} dz + \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} dz^2 + \dots \quad (15)$$

$$V_{(z+dz)} = v_z + \frac{\partial v_z}{\partial z} dz \dots \quad (16)$$

Donde: V_z es la velocidad vertical del flujo que entra en el elemento, $V(z+dz)$ es la velocidad vertical del flujo que sale del elemento, z plano de referencia, ∂ derivada.

El caudal es celeridad por área y sustituyendo resulta:

$$[v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} dz]A - v_z A = - \frac{\partial V}{\partial t} \quad (17)$$

Donde A es el área del elemento perpendicular al plano de estudio y V volumen, ∂ derivada, V_z es la velocidad vertical del flujo que entra en el elemento.

$$V \frac{\partial v_z}{\partial z} = \frac{\partial V}{\partial t} \quad (18)$$

Donde, V volumen, ∂ derivada, V_z es la velocidad vertical del flujo que entra en el elemento, t tiempo.

Suponiendo que las partículas del suelo y el agua de los poros son incompresibles, la tasa de cambio por unidad de volumen es $\partial V_v / \partial t$ es igual a la celeridad de cambio de volumen de vacíos $\partial V_v / \partial t$

$$V \frac{\partial v_z}{\partial z} = \frac{\partial V_v}{\partial t} \quad (19)$$

Entonces si $e=V_v/V_s$ y $V_v = eV_s$ (recordar que V_s es constante en el tiempo ya que las partículas de sólido son incompresibles y que $V=V_s + V_v$), se plantea el problema como una variación de la relación de vacíos e en el tiempo, $\frac{\partial e}{\partial t}$, reemplazando en la ecuación anterior queda:

$$V \frac{\partial v_z}{\partial z} = -V_s \frac{\partial e}{\partial t} \quad (20)$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} = -\frac{1+e}{1+e} \frac{\partial e}{\partial t} \quad (21)$$

A partir de la ecuación de Darcy ($v=Ki, i=h/z$) se obtiene para el flujo vertical del agua intersticial a través del elemento.

$$V_z = -k_z \frac{\partial h}{\partial z} \quad (22)$$

Donde, ∂ derivada, V_z es la velocidad vertical del flujo que entra en el elemento, h es la altura piezométrica, h_h es la carga hidráulica, z plano de referencia.

Siendo:

$$h = z + h_h + h_e \quad (23)$$

Donde, h es la altura piezométrica, h_h es la carga hidráulica, z plano de referencia, h_e es el exceso de presión neutra debido a la carga q .

Reemplazando (20) en (21), se obtiene.

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = \frac{1}{1+e} \frac{\partial e}{\partial t} \quad (24)$$

$$k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{1}{1+e} \frac{\partial e}{\partial t} \quad (25)$$

Suponiendo que, ni el nivel freático ni la posición del elemento varían durante el proceso de consolidación ($z+h_h = cte$), y lo único que varía es la altura del agua correspondiente al exceso de presión neutra " h_e ", de la ecuación (21) se obtiene:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 h_e}{\partial z^2} \quad (26)$$

Y: el exceso de presión intersticial “ u_e ” en el elemento es:

$$u_e = p_w g h_e \quad (27)$$

Donde, “ u_e ” es la presión intersticial, h_e es el exceso de presión neutra debido a la carga q , g es la gravedad, p_w humedad del suelo.

Se obtiene, reemplazando en la ecuación (25)

$$\frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{1}{p_w g} \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2} \quad (28)$$

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \frac{k_z(1+e)}{p_w g} \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2} \quad (29)$$

Donde, h es la altura piezométrica, ∂ derivada,

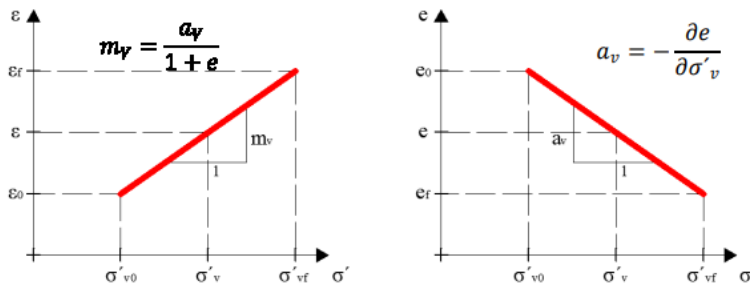
La pendiente de la línea $e-\theta'$ es ∂v y se llama relación de compresión, que se define como: (Poliotti y Sierra, 2011)

$$a_v = \frac{\partial e}{\partial \sigma_v} \quad (30)$$

Donde σ'_v . Es la presión vertical efectiva en el elemento.

Figura 6

Relaciones e vs. σ y e vs σ



Nota. (Poliotti y Sierra, 2007, p. 21).

La presión total resulta:

$$\sigma_v = \sigma'_v + u \quad (31)$$

La presión neutra puede subdividirse en una presión hidrostática y un exceso de presión neutra, producida por un incremento en la carga aplicada al duelo como:

$$u = u_h + u_e \quad (32)$$

Así, la presión total resulta, reemplazando en (27)

$$\sigma_v = \sigma'_v + u_h + u_e \quad (33)$$

Derivando la ecuación (29) con respecto del tiempo, como la presión total se mantiene constante en el tiempo, obtenemos:

$$\frac{\partial \sigma'_v}{\partial t} + \frac{\partial u_e}{\partial t} = 0 \quad (34)$$

Llegando así a

$$\frac{\partial \sigma'_v}{\partial t} = - \frac{\partial u_e}{\partial t} \quad (35)$$

Esto expresa lo que indica Terzaghi: a medida que la presión neutra disminuye, la presión efectiva aumenta o se transfiere del agua resultante a las partículas del suelo.

Además,

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \frac{\partial e}{\partial \sigma'_v} \frac{\partial \sigma'_v}{\partial t} \quad (36)$$

Reemplazando las ecuaciones (26) y (29) en la ecuación (32), se obtiene:

$$\frac{\partial e}{\partial t} = a_v \frac{\partial u_e}{\partial t} \quad (37)$$

Si se sustituye en la ecuación (25)

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = \frac{k_z(1+e)}{p_w g_{av}} \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2} \quad (38)$$

O bien se puede expresar la ecuación de comportamiento de la consolidación unidimensional (para un z y un t determinado), como:

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2} \quad (39)$$

Donde:

$$C_v = \frac{k_z(1+e)}{p_w g_{av}} \quad \text{Es el coeficiente de consolidación vertical}$$

$$m_v = \frac{a_v}{1+e} \quad \text{coeficiente de compresibilidad volumétrica y pendiente de la recta } \epsilon - \sigma'.$$

2.2.4.3. Índice de compresión (C_c)

Skempton (1944) dio la analogía de expresiones empíricas: (Muñoz et al., 2020)

$$Cc = 0.009[LL - 10] \text{ para arcillas inalteradas} \quad (40)$$

$$Cc = 0.007[LL - 10] \text{ para arcillas remoldeadas} \quad (41)$$

2.2.4.4. Índice de hinchamiento (Cs)

El índice de hinchamiento fue indicado como: (Muñoz et al., 2020)

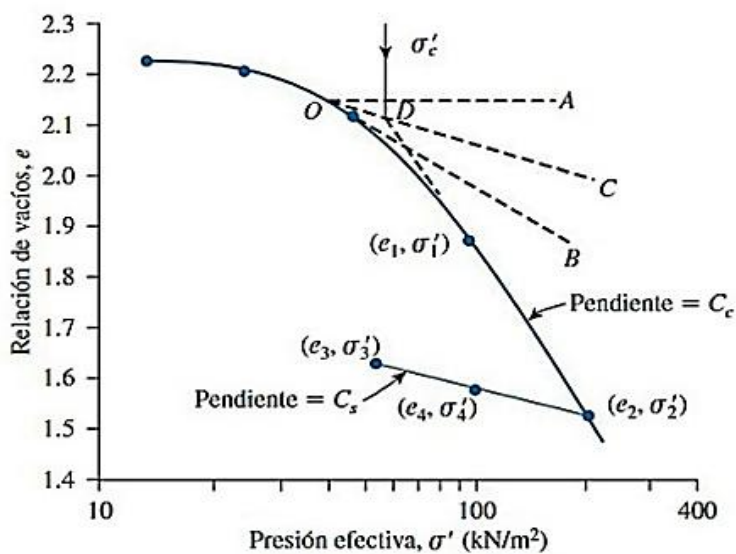
$$Cs = 0.0463 \left[\frac{LL(\%)}{100} \right] Go \quad (42)$$

2.2.4.5.4. Gráfica de consolidación

Se crea una gráfica el cual da una diferenciación de la consolidación del esfuerzo vertical efectivo y su relación de vacíos σ' , con las muestras de laboratorio, en papel logarítmico, “e” se traza en la escala aritmética y σ' en la logarítmica, como en la Figura 7 que se exhibe: La presión de preconsolidación (σ'_c) de una arcilla viene a ser como el suelo fue sometida con una sobrecarga efectiva máxima el cual fue sometida en el pasado. Una arcilla Preconsolidadas: es cuando un suelo es sometido en el pasado por un esfuerzo de sobrecarga efectiva menor. Este esfuerzo efectivo máximo se le denomina presión de preconsolidación (Radhika et al., 2020).

Figura 7

Curva de consolidación de una arcilla



Nota. (Braja, 2012).

2.2.4.6. Coeficiente de consolidación

Se puede determinar a partir de dos métodos de Casagrande y de Taylor:
(Poliotti y Sierra, 2011)

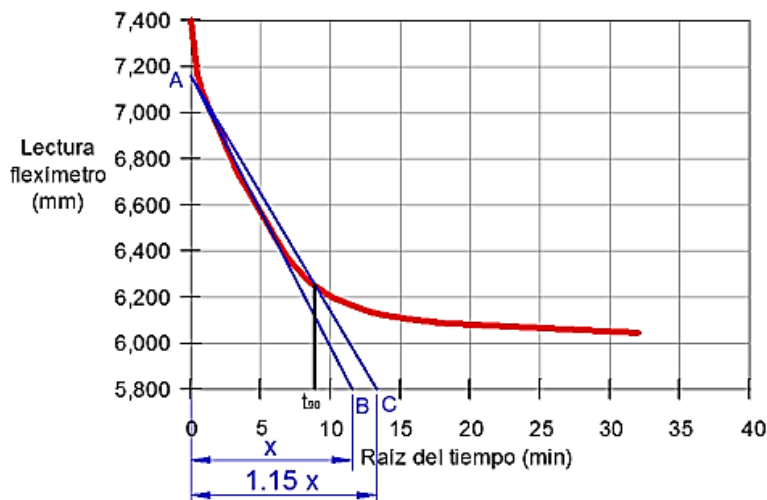
$$C_v = \frac{T_{50} H_{lab}^2}{t_{50}} \quad \text{Método de Casagrande} \quad (43)$$

$$C_v = \frac{T_v H_{lab}^2}{t_{90}} \quad \text{Método de Taylor} \quad (44)$$

Siendo: C_v : Coeficiente de consolidación, t_{ensayo} : Tiempo para el cual ocurre el porcentaje de consolidación determinado en el ensayo, T_v : Factor de tiempo para el $v\%$ de consolidación obtenido de la curva teórica, correspondiente a las condiciones de drenaje del problema, H_{lab} : Máxima distancia que recorre el agua en el ensayo.

Figura 8

Curva de deformación, método de Taylor



Nota. (Poliotti y Sierra, 2011).

2.2.4.7. Tiempo de consolidación

Para calcular el tiempo necesario para que un estrato se consolide hasta cierto grado se considera las condiciones de laboratorio $C_v = C_v \text{ in situ}$, de modo que cuando se calcule este coeficiente a partir de las curvas de Taylor o Casagrande, se determine el tiempo (Muñoz et al., 2020).

$$t = \frac{T_v H^2}{C_v} \quad (45)$$

Siendo, C_v : Coeficiente de consolidación, t : Tiempo para el cual ocurre el porcentaje de consolidación en el estrato en estudio, T_v : Factor de tiempo para el grado de consolidación U obtenido de la curva teórica, correspondiente a las condiciones de drenaje del problema, H máxima distancia que recorre el agua en el estrato, el cual dependerá de las condiciones de drenaje in situ.

2.2.4.8.Cálculo de asentamientos

El asentamiento del suelo bajo carga es causado por un fenómeno llamado consolidación, cuyo mecanismo se sabe que es en muchos casos el mismo proceso que el desplazamiento del agua de un medio poroso elástico (Biot, 1941).

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta e}{1+e_o} \quad (46)$$

$$S = \Delta H = \frac{\Delta e}{1+e_o} H \quad (47)$$

$$\Delta e = Cc[\log(\sigma' + \Delta\sigma') - \log \sigma'_o] \quad (48)$$

$$s = \frac{Cc \times H}{1+e_o} \log\left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o}\right) \quad (49)$$

$$s = \frac{Cr \times H}{1+e_o} \log\left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o}\right) \quad (50)$$

$$s = \frac{Cr \times H}{1+e_o} \log\left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'_1}{\sigma'_o}\right) + \frac{Cc \times H}{1+e_o} \log\left(\frac{\sigma'_c + \Delta\sigma'_2}{\sigma'_c}\right) \quad (51)$$

$$\Delta\sigma'_1 = \sigma'_o - \sigma'_c \quad (52)$$

$$\Delta\sigma'_2 = \Delta\sigma' - \Delta\sigma'_1 \quad (53)$$

Donde, S asentamiento total del estrato a tiempo infinito cm, H altura o espesor total del estrato en cm, e_o relación de vacíos inicial, e_c relación de vacíos correspondiente al punto de preconsolidación, Cr índice de recompresión, Cc índice de compresibilidad, σ'_o presión efectiva de tapada actual en kg/cm^2 , σ'_c carga de preconsolidación en kg/cm^2 , $\Delta\sigma'$ sobrecarga que, ocasiona el proceso de consolidación.

2.2.5. Factores que influyen en el tiempo de consolidación y asentamiento del suelo

Según Terzaghi (1925) los suelos más permeables tendrán tiempos de consolidación más cortos, porque permiten que el agua drene más rápido, pero, los suelos con baja permeabilidad tardan más en estabilizarse debido al flujo de agua más lento. Asimismo, de acuerdo con Skempton (1954) a mayor carga aplicada, mayor será la compactación del suelo y, por tanto, mayor será el tiempo de consolidación, esto se debe a que, con cargas más altas, el agua tarda más en salir de los poros del suelo y alcanzar el equilibrio. Además, según Mesri y Cepeda (1986) las capas de suelo con diferentes propiedades afectan el tiempo de consolidación porque el gradiente de presión de poro resultante afecta el flujo de agua en el suelo; además, la presencia de arcilla hinchable puede provocar cambios significativos en el volumen del suelo, lo que afecta directamente el tiempo de consolidación.

2.2.6. Asentamiento y consolidación para diferentes tipos de suelo

El asentamiento se refiere al proceso de compactación del suelo bajo cargas y la consolidación es el proceso por el que se elimina el exceso de agua del suelo y se compacta, lo que puede aumentar la sedimentación a largo plazo (Duque y Escobar, 2016). Los diferentes suelos tienen diferentes comportamientos de consolidación. Por ejemplo, los suelos cohesivos (arcillas y limos) tienden a mostrar mayor consolidación que los suelos granulares (grava y arena), debido a que la estructura interna del suelo arcilloso es más susceptible a cambios de humedad. Según Bjerrum (1967) los suelos cohesivos se consolidan más fácil que los suelos granulares.

Además, es importante considerar el efecto de cargas adicionales sobre el suelo, como las causadas por la construcción de edificios o el tráfico, ya que pueden acelerar el proceso de consolidación y aumentar el hundimiento. Según Terzaghi y Peck (1948) las cargas aplicadas al suelo pueden provocar asentamientos inmediatos y a largo plazo.

2.2.7. *Relación entre capacidad portante, asentamiento y consolidación del suelo*

En cimentaciones poco profundas, es muy importante comprender la relación entre la capacidad portante y el asentamiento del suelo. Según Meyerhof (1951) la relación entre la capacidad de carga y el asentamiento del suelo se puede describir utilizando la teoría de la consolidación unidimensional; esta teoría establece que el asentamiento del suelo bajo carga se produce debido al drenaje del agua de los poros, lo que resulta en la reducción de los huecos y el aumento de la compactación del suelo. De acuerdo con Estaire (2004), la consolidación del suelo puede afectar la capacidad portante de la cimentación superficial al modificar la resistencia y la deformación del suelo. Asimismo, según Vesic (1973), los suelos cohesivos tienen mayor capacidad de carga, pero mayor potencial de subsidencia debido a su baja permeabilidad y cohesión, en cambio, los suelos granulares tienen menor capacidad de carga, pero menor potencial de asentamiento porque proporcionan más drenaje y menos compactación.

2.2.8. *Importancia de la consolidación del suelo en cimentaciones superficiales*

Según Terzaghi y Peck (1948), la consolidación del suelo puede provocar asentamiento desigual de la superficie de cimentación, provocando daños estructurales. De acuerdo con Mohanned y Noor (2023), la consolidación del suelo puede reducir la capacidad portante de cimentaciones poco profundas al aumentar los asentamientos y deformaciones que pueden comprometer la estabilidad estructural, por ello, la comprensión de este proceso y su impacto en la firmeza de las estructuras es esencial para garantizar la seguridad y durabilidad de las mismas (Kacprzak y Frydrych, 2023). Además, la consolidación del suelo puede afectar la seguridad de cimientos poco profundos en caso de terremoto, según Seed et al. (2003), la consolidación del suelo aumenta la vulnerabilidad de las cimentaciones a cargas cíclicas como cargas sísmicas, de allí la importancia de su estudio, análisis y mitigación de ser necesario.

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Suelo

El suelo constituye la capa más externa de la corteza terrestre y está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua y aire. Aunque es una capa delgada, desempeña un papel fundamental en la edificación, ya que sobre esta capa se cimentan las estructuras de acuerdo con sus propiedades físico-mecánicas (Braja, 2012).

2.3.2. Tipo de suelo de acuerdo con el Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS)

SUCS es un método de categorización empleado en el campo de la ingeniería geotécnica para clasificar y describir los suelos en función de sus propiedades físicas y mecánicas. Según SUCS, los suelos se dividen en: grava, arena, limo, arcilla y turba, de baja y alta plasticidad, y en finos y gruesos, bien y mal gradados (Braja, 2012).

Tabla 2

Sistema de clasificación de suelos (SUCS)

G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

Nota. (Braja, 2012).

2.3.3. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo son las propiedades de composición y estructura del suelo, caracterizadas por el contenido de agua, el tamaño de las partículas y la plasticidad del suelo (Navarro et al., 2012).

Contenido de humedad. Es la cantidad de agua (w) presente en el suelo en relación con su masa total y se expresa como la relación de su peso (W_w) con su masa total (W_s) (Oyola, 2016).

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (54)$$

Granulometría. Hace alusión a cómo se distribuyen los tamaños de las partículas que conforman el suelo (García et al., 2009).

Límite líquido. Porcentaje de humedad en el que el suelo pasa de comportamiento plástico a líquido (Braja, 2012).

$$LL = Wn \times \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta} \quad (55)$$

Donde, LL límite líquido del suelo (%), Wn humedad natural del suelo, N Número de golpes, Tan β Pendiente de la línea de flujo.

Límite plástico. Humedad a partir del cual el suelo deja de ser plástico; los suelos con límite plástico alto tienen menor capacidad de deformarse antes de falla (Braja, 2012).

Índice de plasticidad. Representa la diferencia entre el límite líquido y plástico (Braja, 2012).

$$IP = LL - LP \quad (56)$$

Donde, LP límite plástico (%), IP índice de plasticidad del suelo (%).

2.3.4. *Propiedades mecánicas del suelo*

Las propiedades mecánicas establecen el comportamiento de los suelos bajo la influencia de cargas externas (Ramirez y Alejano, 2004).

Cohesión. Es la capacidad del suelo para conservar sus partículas unidas; este término se refiere a la capacidad del suelo para resistir la desintegración en partículas individuales bajo la influencia de cargas externas, la cohesión es la fuerza que mantiene unidas las partículas, dándoles fuerza y estabilidad (Ramirez y Alejano, 2004).

Ángulo de fricción. Es una medida de la firmeza al deslizamiento de las partículas del suelo; esto se hace referencia a la capacidad del suelo para resistir la deformación y el deslizamiento bajo carga (Ramirez y Alejano, 2004).

Se determinan por la fórmula de Criterio Mohr- Columb: (Lopez, 2012)

$$r = \sigma \tan(\theta) + c \quad (57)$$

Donde, r esfuerzo cortante, σ tensión normal, θ ángulo de fricción interna, c cohesión.

2.3.5. *Capacidad portante del suelo*

Es la capacidad del suelo para soportar cargas sin daños ni asentamientos excesivos; es decir, esta es la capacidad máxima que el suelo puede soportar la carga sin reducir su estabilidad (Naranjo, 2012).

a) Capacidad de carga última.

Es la carga máxima que una cimentación logra soportar antes de que ocurra una falla del suelo subyacente. Representa el límite máximo de carga que logra ser aplicada sin provocar un colapso o un desplazamiento excesivo de la cimentación (Nig, 2009).

b) Tipo de falla en cimentaciones.

Falla general. Este tipo de falla ocurre cuando el suelo debajo de la cimentación se somete a una carga que excede su resistencia, resultando en un colapso global y significativo de la cimentación (Nig, 2009).

Falla local. Se produce cuando solo una parte del suelo subyacente cede, causando deformaciones limitadas y localizadas en la cimentación. No involucra el colapso de la estructura, pero puede resultar en asentamientos diferenciales (Nig, 2009).

c) Factor de seguridad.

Se calcula como la razón entre la capacidad de carga última y la carga aplicada esperada, proporcionando un margen de seguridad contra incertidumbres en las cargas, propiedades del material y condiciones del suelo. (Nig, 2009)

d) Capacidad de carga admisible.

Representa la carga segura que logra ser soportada sin riesgo de falla o asentamientos excesivos (Nig, 2009).

e) Cálculo de la capacidad portante del suelo.

$$q_{admisible} = \frac{q_u}{FS} \quad (58)$$

Donde, q_u Carga última, FS Factor de seguridad (igual a 3)

2.3.6. Consolidación del suelo

El proceso de consolidación conduce a una reducción del volumen bajo carga y esta disminución se produce debido al movimiento del agua en los poros del suelo, lo que se cree que conduce a una disminución de la altura (hundimiento de los estratos); las pruebas de consolidación proporcionan información suficiente para calcular el alcance de esta falla utilizando curvas de compresibilidad trazadas en diferentes escalas (e vs $\log \sigma$, e vs σ , ε vs $\log \sigma$) (Poliotti y Sierra, 2011).

Es necesario comprender los siguientes conceptos relacionados con la consolidación: (Poliotti y Sierra, 2011)

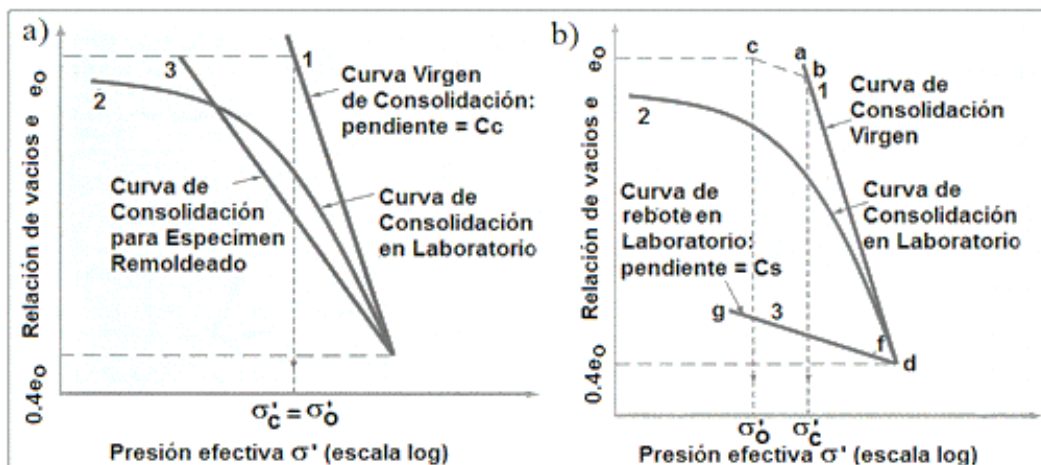
Carga de preconsolidación. La carga o presión máxima efectiva a la que ha estado sometido un suelo durante su historia geológica.

Suelo normalmente consolidado. Suelo para el cual la carga o presión activa presente es semejante a la carga antes de la compactación.

Suelo pre consolidado. Suelo cuya carga o presión efectiva actual es menor que la carga precompactadas.

Figura 9

Consolidación primaria en arcillas



Nota. a) A. Arcillas típicamente compactas con sensibilidad baja a moderada. B) Arcillas precompactadas de sensibilidad baja a moderada (Braja, 2012).

2.3.7. *Tiempo de consolidación del suelo*

El tiempo de consolidación es el periodo que tarda un suelo saturado, principalmente arcilloso, en desarrollar la mayor parte del asentamiento por consolidación primaria después de aplicarle una carga (por ejemplo, una cimentación) (Poliotti y Sierra, 2011)

a) Coeficiente de consolidación.

El factor de consolidación es una disminución gradual del volumen del suelo bajo la influencia de cargas estáticas (Duque y Escobar, 2016). Se puede determinar a partir de dos métodos de Casagrande y de Taylor (Poliotti y Sierra, 2011).

$$C_v = \frac{T_{50} H_{lab}^2}{t_{50}} \quad \text{Método de Casagrande} \quad (59)$$

$$C_v = \frac{T_v H_{lab}^2}{t_{590}} \quad \text{Método de Taylor} \quad (60)$$

Donde: C_v Coeficiente de consolidación, t Tiempo para el cual ocurre el porcentaje de consolidación determinado en el ensayo, T_v Factor de tiempo para el $v\%$ de consolidación obtenido de la curva teórica de consolidación, H_{lab} máxima distancia que recorre el agua en el ensayo.

b) Tiempo para el cuál ocurre el porcentaje de consolidación.

Periodo requerido para que un suelo saturado expulse el agua de sus poros y alcance cierto grado de consolidación. Para calcular el tiempo necesario para que una formación se consolide hasta cierto grado de consolidación se usa: (Muñoz et al., 2020)

$$t = \frac{T_v H^2}{C_v} \quad (61)$$

Donde, C_v coeficiente de consolidación; t tiempo necesario para alcanzar el porcentaje de consolidación; T_v factor de tiempo asociado al porcentaje de consolidación $v\%$, obtenido a partir de la curva teórica; H es la distancia máxima que debe recorrer el agua dentro del estrato.

2.3.8. Asentamientos del suelo

El asentamiento del terreno es un proceso natural que ocurre cuando hay presión sobre el suelo, lo que hace que las partículas del suelo se compriman y se muevan, reduciendo así la altura o altura original de la superficie (Emilio, 2007).

a) Presión aplicada por la estructura.

Presión aplicada por la estructura. La presión aplicada por la estructura es la fuerza ejercida por una construcción sobre su base de soporte, dividida por el área de contacto entre la estructura y el suelo o la cimentación. Esta presión incluye el peso propio de la estructura, cargas vivas y otras cargas adicionales, y es un factor crucial en el diseño y estudio de cimentaciones (Arana y Quispe , 2013).

b) Presión de preconsolidación.

Se trata del mayor estrés que ha experimentado el suelo en toda su historia geológica; a partir de un punto de perspectiva geométrica, es el valor de abscisa correspondiente a la diferencia del índice de vacío máximo entre la presión previa a la consolidación y las curvas medidas de la muestra de arcilla no modificada es el mismo (Duque y Escobar, 2016).

c) Índice de compresión (Cc)

Es la pendiente del tramo lineal de la curva $e-\log \sigma'$ durante la compresión virgen (carga), y representa la magnitud con la que disminuye la relación de vacíos ante incrementos logarítmicos del esfuerzo efectivo; a mayor Cc, mayor compresibilidad y mayor potencial de asentamiento (Braja, 2012).

$$Cc = \frac{e_1 - e_2}{\log \sigma_2 - \log \sigma_1} = \frac{e_1 - e_2}{\log \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right)} \quad (62)$$

$$Cc = 0.009(LL - 10) \quad (63)$$

$$Cc = 0.141 \times G_s^{1.2} \times \left(\frac{1 + e_0}{G_s} \right)^{2.38} \quad (64)$$

Donde e_1 y e_2 son las relaciones de vacíos al final de la consolidación ante los esfuerzos efectivos s_1 y s_2 , respectivamente, LL límite líquido, G_s gravedad específica de los sólidos del suelo.

d) Índice de entumecimiento (C_s)

Es la pendiente del tramo recto de la curva $e-\log\sigma'$ durante la descarga o recompresión, y expresa la variación de la relación de vacíos cuando el suelo reduce su esfuerzo efectivo o recupera parcialmente volumen; generalmente es menor que C_c (Braja, 2012).

$$C_s = \frac{e_3 - e_4}{\log\left(\frac{\sigma_4}{\sigma_3}\right)} \quad (65)$$

$$C_s = \frac{IP(\%)}{370} \quad (66)$$

$$C_s = \frac{1}{5} C_c \quad (67)$$

En la mayoría de los casos, el valor del índice de expansión es de 1/4 a 1/5 del índice de compresión.

e) Grado de consolidación (U)

Es la medida del avance del proceso de consolidación primaria y se define como la relación entre el asentamiento ocurrido en un tiempo t y el asentamiento final de consolidación primaria; se expresa en porcentaje y permite estimar tiempos característicos como t_{50} o t_{90} mediante el coeficiente de consolidación (Braja, 2012).

$$U = \frac{S_c(t)}{S_c(\text{máx})} \quad (68)$$

Donde, $S_c(t)$ asentamiento de suelo en el tiempo t después de aplicar la carga, $S_c(\text{máx})$ asentamiento por consolidación máximo de la arcilla ante una carga dada.

f) Relación de vacíos

Es el cociente entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos del suelo. Representa el estado de compactación o estructura interna del material; valores altos

indican mayor contenido de vacíos y, por tanto, mayor posibilidad de compresión bajo carga (Braja, 2012).

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_t - V_s}{V_s} \quad (69)$$

Donde, e relación de vacíos, V_v volumen de vacíos, V_s volumen de sólidos.

$$\Delta e = C_c \times \log \frac{\sigma'_{10} + \Delta \sigma'}{\sigma'_{10}} \quad (70)$$

Donde, σ_0 esfuerzo vertical efectivo promedio sobre la capa de arcilla, $\Delta \sigma$ (es decir, presión agregada).

g) Tipos de asentamiento.

Los asentamientos del suelo se pueden dividir en dos categorías: asentamientos primarios y asentamientos secundarios. El asentamiento primario es el movimiento inicial que ocurre seguidamente luego de la carga del suelo y es producido por la compactación de las partículas del suelo. El asentamiento secundario, por otro lado, es el movimiento adicional que ocurre con el tiempo a medida que el suelo se solidifica y se adapta a las cargas aplicadas (Alba, 2007). En la presente investigación, este componente no fue cuantificado, ya que el alcance metodológico se limitó al asentamiento elástico inmediato y al asentamiento por consolidación primaria.

Asentamiento por consolidación primaria (S_c). Es el aumento de cargas debido a la compresión y la deformación elástica aumentan la presión hidrostática en medios porosos; este exceso de presión de poro puede disminuir con el tiempo debido al drenaje gradual del agua (Terzaghi y Peck, 1948)

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H_c \quad (71)$$

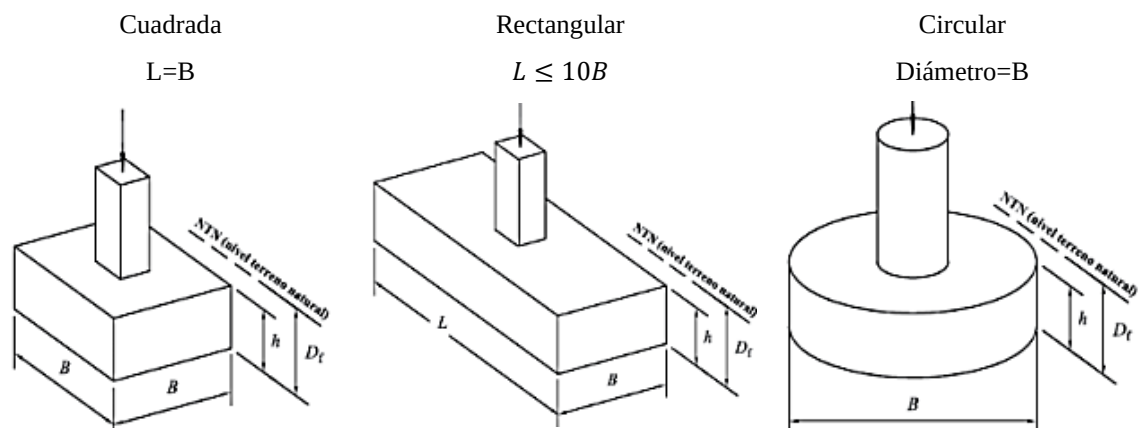
Donde: S_c asentamiento por consolidación primario, Δe cambio total de la relación de vacíos ocasionada por la aplicación de carga adicional, e_0 relación de vacíos de la arcilla antes de la aplicación de la carga.

2.3.9. Cimentación superficial

La cimentación es el elemento encargado de soportar la estructura sobre el suelo, se encuentra enterrada y tiene la función de transferir al terreno tanto su propio peso como las cargas que recibe, asegurando la estabilidad de la edificación (Yepes, 2020). Una cimentación superficial es aquella cuya profundidad de desplante es menor a cuatro veces el ancho de cimentación. Las cimentaciones generalmente son de forma cuadrada o rectangular, a veces de forma circular, diseñados para transmitir cargas de columnas sobre una gran área de suelo para aliviar la presión (Sánchez, 2019).

Figura 10

Geometría de las cimentaciones



Nota. Norma E.050 (MVCS, 2018).

2.3.9.1. Características de la cimentación

Profundidad de desplante. Es el trayecto vertical desde el plano del terreno natural hasta la base o el fondo de la cimentación de una estructura (Sánchez, 2019).

Ancho de cimentación. Es la medida horizontal de la base de la cimentación de una estructura. Este ancho se determina en función de las cargas que la cimentación debe soportar y la capacidad de carga del suelo (Sánchez, 2019).

2.3.9.2. Tipos de cimentaciones superficiales

Se pueden clasificar en cimentaciones independientes, combinadas, continuas y losa de cimentación como se describe a continuación: (Bustamante, 2023)

- **Zapatas aisladas.** Cimentación simple, en suelos duros se refiere a cimentaciones aisladas porque sirven para soportar una sola columna o sistema de soporte.
- **Zapatas combinadas.** Cimentación que soporta más de una columna, es decir, su característica es el apoyo de más de un elemento sobre una sola cimentación.
- **Zapatas conectadas.** Consta de una placa base excéntrica y una placa base interior conectadas por vigas de unión rígidas.
- **Zapatas corridas.** Cimentación con distribución lineal de fondo, se usan para trasladar cargas a la estructura del muro de carga.
- **Platea de cimentación.** Cimentación que cubre toda el área, se utiliza cuando la carga sobre la estructura es muy alta.

Tabla 3

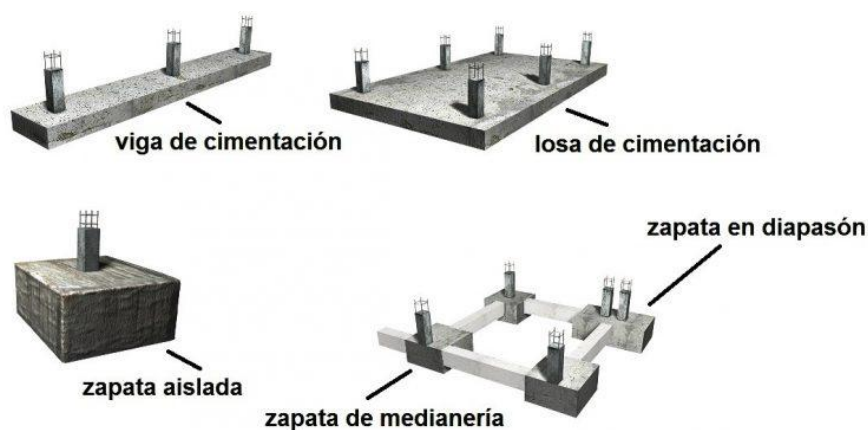
Tipo de cimentación y elemento estructural al que sirve

Tipo de cimentación	Elemento estructural
Zapata aislada	Pilar aislado, interior, medianero o de esquina
Zapata combinada	Dos o más pilares contiguos
Zapata corrida	Alineaciones de tres o más pilares o muros
Losa	Conjunto de pilares y muros

Nota. (Yepes, 2020).

Figura 11

Tipos de cimentaciones superficiales



Nota. (Yepes, 2020)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

La investigación fue de enfoque cuantitativo, dado que se estimaron y cuantificaron los asentamientos y los tiempos de consolidación de los suelos de cimentación mediante mediciones y cálculo numérico (Hernandez y Mendoza, 2018).

El estudio fue de tipo básica, buscó generar conocimiento del comportamiento compresible del suelo y la consolidación unidimensional en cimentaciones superficiales del campus Universitario Colpa Matara, sin aplicación inmediata específica.

El nivel de investigación fue explicativo, buscó comprender los mecanismos y relaciones causa-efecto entre el tipo de suelo, los esfuerzos y la respuesta deformacional (asentamientos y tiempos de consolidación) bajo cargas de servicio.

El diseño fue no experimental, descriptivo simple y de corte transversal. No se manipularon variables; se observó el estado del suelo y las cimentaciones en un único momento de medición. Se describieron las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y se calcularon los asentamientos y los tiempos de consolidación con base en parámetros edométricos y distribución de esfuerzos para el Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota.

Tabla 4

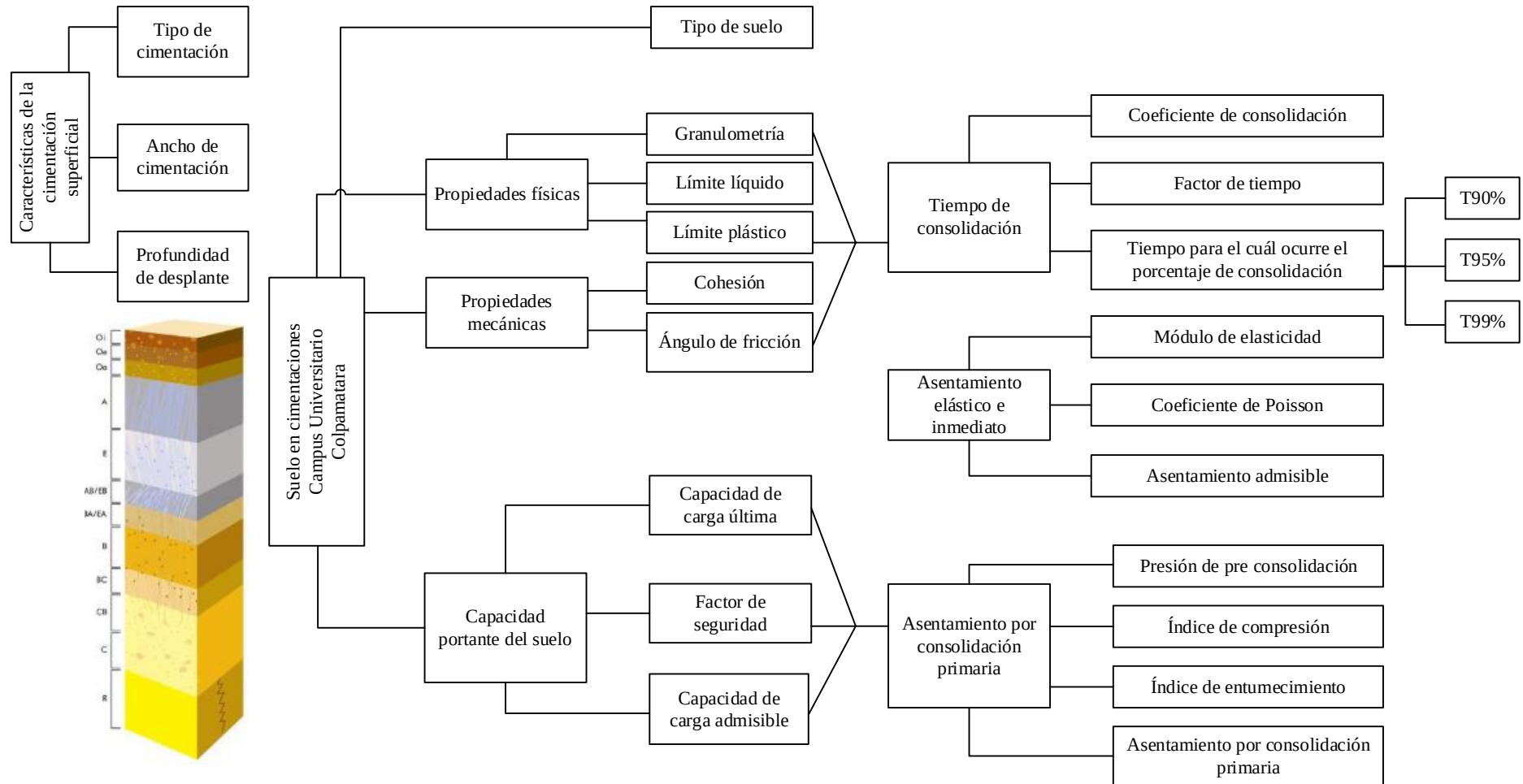
Tipo de investigación según los principales criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Básica
Fuente de datos	Primaria
Contexto donde sucede	Biblioteca, laboratorio, campo
Enfoque metodológico	Cuantitativa
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Objetivos	Explicativa
Control de diseño de la prueba	No experimental

Nota. (Grajales, 2000).

Figura 12

Diseño de investigación: Descriptivo simple



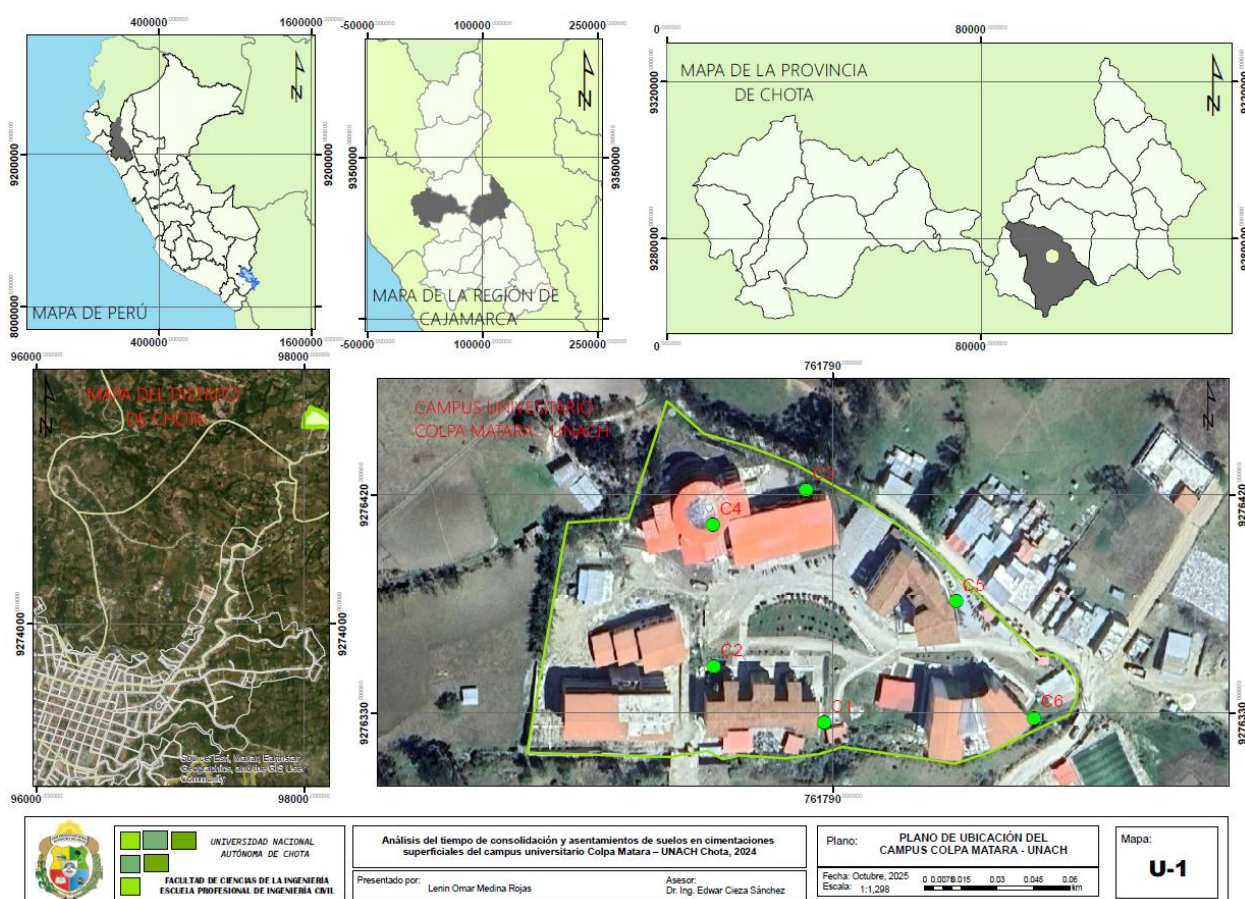
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1. Ubicación

El Campus Universitario Colpa Matara de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH) se localiza en el centro poblado Colpa Matara, distrito y provincia de Chota, región Cajamarca, en las coordenadas UTM WGS84 17S 761776.65 m E, 9276368.57 m S. El terreno tiene 2.10 ha e incluye los pabellones académicos de Ingeniería Civil (710 m²), Contabilidad (650 m²), Enfermería (780 m²) e Ingeniería Forestal y Ambiental (575 m²), además de otros ambientes administrativos.

Figura 13

Mapa de ubicación del campus universitario Colpa Matara UNACH



Nota. Elaboración propia en ArcGIS 10.8 a partir de SHP del Ministerio de Educación (MINEDU).

3.2.2. Población

La población corresponde al macizo de suelo dentro del perímetro del campus, considerado hasta la profundidad de exploración de 3.00 m definida en el plan de calicatas y muestreo para el Campus Universitario Colpa Matara de la (UNACH).

3.2.3. Muestreo

Se aplicó el criterio de la Norma E.050 (MVCS, 2018) para edificaciones de hasta tres niveles (Tipo II): 1 punto de exploración por cada 450 m² de área techada del primer piso (ATP). La ATP acumulada de los cuatro pabellones es 2715 m²; por tanto, se definieron 6 puntos de exploración ($2715/450 = 6$). La distribución por pabellón fue: 2 calicatas en Ingeniería Civil (710 m²), 1 en Contabilidad (650 m²), 2 en Enfermería (780 m²) y 1 en Ingeniería Forestal y Ambiental (575 m²). Las calicatas se ubicaron de forma homogénea en planta, próximas a las áreas de mayor carga prevista, con extracción de muestras inalteradas para ensayos de consolidación y corte directo.

Tabla 5

Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración

Descripción	Distancia mayor entre apoyos (m)	Número de pisos (incluidos los sótanos) ≤ 3	4 a 8	9 a 12
Pórticos y/o muros de concreto	< 10	III	III	II
Muros portantes de albañilería	< 12	II	II	I

Nota. Norma E.050 (MVCS, 2018).

Tabla 6

Número de puntos de exploración

Tipo de edificación	Puntos de muestreo
II	1/ 450 m ² ATP
III	1/ 900 m ² ATP

Nota. ATP área techada del primer piso, Norma E.050 (MVCS, 2018).

Tabla 7

Cálculo y distribución de puntos de exploración (criterio E.050: 1 punto/450 m² ATP, edificaciones ≤ 3 niveles)

Pabellón	ATP (m ²)	Puntos calculados (ATP/450)	Puntos asignados (calicatas)	Observación de asignación
Ingeniería Civil	710	1.58	2	Se redondea al entero superior por concentración de cargas
Contabilidad	650	1.44	1	Cobertura con 1 punto por área y uso
Enfermería	780	1.73	2	Se redondea al entero superior por demanda y extensión
Ingeniería Forestal y Ambiental	575	1.28	1	Cobertura con 1 punto por área y uso
Total	2715	6.03	6	2715/450 = 6.03 → 6 puntos definidos

Nota. Las calicatas se ubicaron homogéneamente en planta, próximas a zonas de mayor solicitación estructural. Se extrajeron muestras inalteradas para consolidación y corte directo. Se priorizó el entero superior cuando el cociente > 1.50 para mejorar representatividad sin exceder el total de 6 puntos.

Figura 14

Ubicación de las calicatas en el terreno del campus Colpa Matara



3.2.4. Muestra

La muestra se compuso de suelos obtenidos en seis (6) calicatas distribuidas homogéneamente en el terreno del campus universitario Colpa Matara de la UNACH.

Las coordenadas UTM son:

Tabla 8

Ubicación de los puntos de exploración en el campus universitario Colpa Matara

Calicata	Pabellón	Este (m E)	Norte (m S)
C1	Ingeniería civil	761786.22	9276325.94
C2	Ingeniería civil	761740.65	9276349.20
C3	Enfermería	761778.69	9276422.02
C4	Enfermería	761740.25	9276407.65
C5	Contabilidad	761840.7	9276376.07
C6	Ingeniería Forestal y ambiental	761872.97	9276327.85

Nota. Los puntos topográficos se han tomado con GPS de mano Garmin etrex 32x.

3.2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis es el estrato de suelo identificado bajo cada punto de exploración, caracterizado por sus propiedades físicas y mecánicas e integrado en el cálculo de asentamientos y tiempos de consolidación.

Tabla 9

Número de muestras para ensayos físico mecánicos del suelo

Ensayo a la muestra de suelo natural	Calicatas						Total
	1	2	3	4	5	6	
Humedad	1	1	1	1	1	1	6
Granulometría	1	1	1	1	1	1	6
LL	3	3	3	3	3	3	18
LP	2	2	2	2	2	2	12
Densidad húmeda	1	1	1	1	1	1	6
Consolidación	3	3	3	3	3	3	18
Corte directo	3	3	3	3	3	3	18

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Observación. Reconocimiento en campo del terreno y calicatas. Se describen textura, color, estratigrafía visible, nivel freático y evidencias de actividad antrópica.

Revisión documental. Consulta de informes geotécnicos previos, memorias de obra, planos, cartografía geológica y normativa aplicable para contextualizar el sitio.

Ensayos de mecánica de suelos. Ejecución de pruebas de laboratorio para caracterizar propiedades físicas y mecánicas del suelo: humedad, granulometría, límites de consistencia, clasificación SUCS, consolidación unidimensional y corte directo. Los resultados permiten estimar la capacidad portante y asentamientos.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Registro fotográfico. Toma de fotografías para documentar ubicación, excavación de calicatas, estratos y condiciones del terreno.

Registro documental. Documentaciones, informes técnicos, planos, estudios anteriores y cualquier otro material escrito relacionado con la mecánica de suelos y cimentaciones en el Campus Universitario.

Formatos de laboratorio. Hojas de cálculo y planillas estandarizadas para presentar los resultados de los ensayos de mecánica de suelos de acuerdo con las normas técnicas peruanas (NTP):

- NTP 339.127 Contenido de humedad.
- NTP 339.128 Análisis granulométrico.
- NTP 339.129 Límites de consistencia.
- NTP 339.134 Clasificación SUCS.
- NTP 339.154 Consolidación unidimensional.
- NTP 339.171 Corte directo

3.4. Hipótesis

El tiempo necesario para alcanzar al menos el 90% de consolidación primaria es mayor a 1 año y el asentamiento total es mayor a 3.80 cm en los suelos bajo cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota.

Sustento de la elección de valores en la hipótesis:

Los valores planteados en la hipótesis se establecieron como referencias de contraste a partir de investigaciones previas sobre la consolidación de suelos finos cohesivos en cimentaciones superficiales. Para el tiempo de consolidación se adoptó el valor de 1 año, debido a que Dascălu et al. (2024) determinaron que el tiempo requerido para alcanzar el 90% de consolidación fue de aproximadamente 1 año cuando el coeficiente de consolidación se obtuvo mediante el método de Taylor, mientras que con el método de Casagrande dicho periodo varió entre 1 y 5 años. De manera similar, Melgar Cárdenas (2024) reportó tiempos comprendidos entre 9.05 meses y 2.80 años en suelos arcillosos de Moyobamba. En consecuencia, superar 1 año se consideró indicativo de un proceso de consolidación prolongado.

Por su parte, el valor de 3.80 cm se adoptó como umbral referencial para el asentamiento total, considerando los rangos establecidos en estudios nacionales sobre suelos arcillosos. Melgar Cárdenas (2024) registró asentamientos totales de hasta 3.54 cm en cimentaciones superficiales, mientras que Tello Pérez (2022) determinó asentamientos por consolidación primaria de hasta 4.41 cm antes del redimensionamiento de las zapatas. Por tanto, el valor de 3.80 cm se ubicó dentro del intervalo documentado en estos antecedentes y permitió contrastar si el asentamiento total esperado en el campus universitario correspondía a una respuesta deformacional elevada en cimentaciones superficiales sobre suelos finos cohesivos (Kimmerling, 2002).

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. *Variable independiente: Suelos en cimentaciones superficiales*

El suelo de fundación en cimentaciones superficiales es el conjunto de propiedades físicas y mecánicas que soporta las cargas de la estructura. Operacionalmente, esta variable se determina por ensayos de laboratorio realizados a muestras representativas del suelo obtenidas en calicatas, se evalúan las propiedades físicas, como granulometría, límite líquido y límite plástico, y las propiedades mecánicas, como cohesión, ángulo de fricción interna y parámetros edométricos.

3.5.2. *Variable dependiente: Tiempo de consolidación y asentamientos*

El tiempo de consolidación y los asentamientos del suelo representan la respuesta deformacional del suelo de fundación frente a las cargas aplicadas por las cimentaciones superficiales. Esta variable comprende el asentamiento elástico o inmediato, el asentamiento por consolidación primaria y el tiempo necesario para alcanzar grados específicos de consolidación ($U = 90\text{--}95\%$).

De manera operacional, esta variable se cuantifica a partir de los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional (coeficiente de consolidación C_v , índice de compresión C_c e índice de recompresión C_r). El asentamiento inmediato se estima con base en los parámetros de resistencia del suelo, mientras que el tiempo de consolidación se calcula mediante la teoría unidimensional de Terzaghi. Los valores permiten evaluar la magnitud y la evolución temporal de los asentamientos en las cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara.

3.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 10

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	NTP	Índice de medida
VI Suelos en cimentaciones	Corresponde al conjunto de propiedades físicas y mecánicas del suelo que soporta directamente las cargas transmitidas por la estructura	Tipo de suelo	Tipo de material que compone la capa superficial.	Clasificación SUCS	339.134	L, C, S, G
		Propiedades físicas	Características que describen el comportamiento del suelo en condiciones naturales	Humedad	339.127	%
				Granulometría	339.128	%
				Límite líquido	339.129	%
				Límite plástico	339.129	%
				Densidad húmeda	339.171	Kg/m ³
		Propiedades mecánicas	Comportamiento del suelo frente a fuerzas externas, como capacidad de soporte	Cohesión	339.171	Kg/cm ²
				Ángulo de fricción	339.171	°
		Características de la cimentación superficial	Sistema de cimentación que se apoya sobre la capa superficial del suelo	Tipo de cimentación	E.050	
				Desplante	E.050	m
				Ancho de cimentación	E.050	m
		Capacidad portante del suelo	Capacidad del suelo para soportar cargas sin sufrir deformaciones excesivas.	Capacidad de carga última	Fórmula de Terzaghi	Kg/cm ²
				Capacidad de carga admisible		Kg/cm ²
VD Tiempo de consolidación y asentamientos	Representan la respuesta deformacional del suelo de fundación frente a las cargas aplicadas por las cimentaciones superficiales. Esta variable comprende el asentamiento elástico o inmediato, el asentamiento por consolidación primaria y el tiempo necesario para alcanzar grados específicos de consolidación (U = 90–95 %)	Asentamiento elástico	Asentamiento instantáneo que tiene el suelo por acción de la construcción	Asentamiento máximo admisible	E.050	cm
				Asentamiento medio	E.050	cm
				Presión de pre consolidación	339.154	Kg/cm ²
		Asentamiento por consolidación primaria	Deformación vertical que sufre el suelo bajo una cimentación debido al peso de la estructura.	Índice de compresión	339.154	%
				Índice de entumecimiento	339.154	%
				Asentamiento por consolidación primaria	339.154	mm
				Coefficiente de consolidación	339.154	%
		Tiempo de consolidación	Tiempo que tarda el suelo en asentarse y estabilizarse después de la construcción de una cimentación.	Factor de tiempo	339.154	Días
				Tiempo para el cual ocurre el porcentaje de consolidación	339.154	Días

3.6. Procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Descripción de la cimentación de los pabellones del campus universitario Colpa Matara y estudios geotécnicos previos

a) Pabellón de ingeniería civil (EPIC)

El pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC) se encuentra cimentado sobre una losa de cimentación que cubre la totalidad del ancho de la edificación, con una dimensión de 17.70 m. La losa presenta espesor uniforme de 0.60 m, lo que permite una adecuada redistribución de las cargas estructurales hacia el suelo.

Tabla 11

Características de la cimentación del pabellón de Ingeniería Civil (EPIC)

Ítem	Descripción técnica
Tipo de cimentación	Platea de cimentación (losa de cimentación)
Configuración estructural	Losa continua que cubre todo el ancho de la edificación
Ancho total de la platea	17.70 m
Espesor de la platea	0.60 m
Tipo de cimentación secundaria	Ensanches locales tipo zapata integrada bajo elementos verticales
Profundidad de desplante (Df)	1.40 m
Ancho de referencia de cimentación (B)	1.50 m
Material de cimentación	Concreto armado
Tipo de drenaje	Drenaje natural del suelo (condición no drenada para análisis inicial)
Fuente de información	Planos estructurales EPIC + Estudio de Mecánica de Suelos (2013)

Nota. Obtenido del expediente 2013 de la ejecución de la obra “Instalación del Servicio Académico de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota – Cajamarca”.

De acuerdo con el estudio preliminar de mecánica de suelos realizado en 2013, el suelo de fundación corresponde a un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL), con densidad húmeda registrada de 1.57 g/cm³, cohesión de 0.50 kg/cm² y ángulo de fricción interna nulo, característico de suelos predominantemente cohesivos.

La capacidad portante admisible obtenida fue de 0.75 kg/cm² para cimentación corrida y 0.91 kg/cm² para cimentación cuadrada. El asentamiento total admisible fue establecido en 2.43 cm, con distorsión angular máxima de 1/150 (0.0067).

Tabla 12

Propiedades físico-mecánicas del suelo de cimentación del pabellón de ingeniería civil (estudio preliminar en 2013)

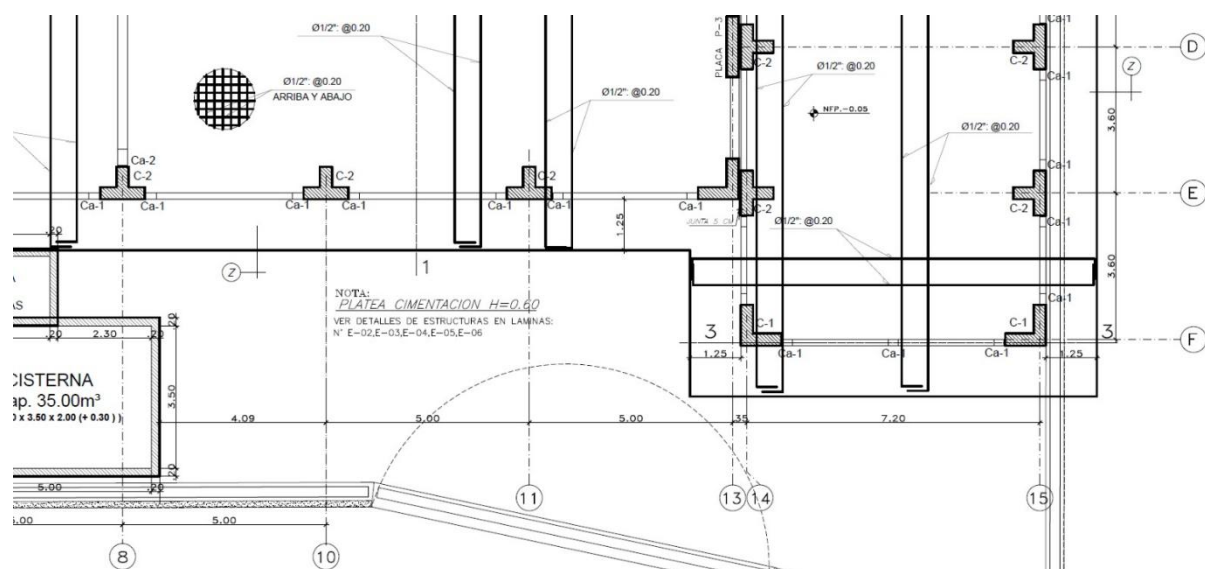
Parámetros físico-mecánicos	C1
Profundidad de excavación	2.00
Tipo de suelo	CL
Humedad (%)	18.625
Límite líquido	25.73
Límite plástico	11.95
Índice de plasticidad	13.78
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.57
Cohesión (kg/cm ²)	0.50
Ángulo de fricción (°)	0.00
Profundidad de cimentación	1.40
Ancho de cimentación	1.50
Capacidad portante (kg/cm ²) Cimentación corrida	0.75
Capacidad portante (kg/cm ²) Cimentación cuadrada	0.91
Asentamiento total admisible (cm)	2.43
Distorsión angular máxima (1/150)	0.0067

Nota. Obtenido del estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación realizado en el año 2013

como parte de la ejecución de la obra “Instalación del Servicio Académico de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota – Cajamarca”.

Figura 15

Plata de cimentación del edificio de la EPIC



Nota. Obtenido del expediente 2013 de la ejecución de la obra “Instalación del Servicio Académico de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota – Cajamarca”.

b) Pabellón de contabilidad

El pabellón de Contabilidad presenta un sistema de cimentación superficial combinada, compuesto por zapatas aisladas vinculadas entre sí mediante vigas de conexión. Este sistema se desarrolla en 16.66 m, con profundidad de desplante de 2.00 m.

Tabla 13

Características de la cimentación del pabellón de Contabilidad

Ítem	Característica de la cimentación
Tipo de cimentación	Cimentación superficial combinada
Configuración	Zapatas aisladas conectadas mediante vigas de cimentación
Elementos principales	Zapatas aisladas + vigas de conexión (VC)
Dimensión típica de vigas de conexión	VC = 30 × 60 cm
Ancho total aproximado del sistema	16.66 m
Profundidad de desplante (Df)	2.00 m
Espesor de zapata	0.60 m
Ancho típico de zapata	Entre 1.00 m y 2.40 m, según ubicación
Longitud total del tramo representado	8.85 m
Subcimiento	Concreto ciclópeo / mezcla 1:12 + 30 % piedra grande
Espesor del subcimiento	0.45 m
Tipo de apoyo	Sobre terreno natural
Sistema estructural soportado	Pórticos de concreto armado
Material de la cimentación	Concreto armado
Condición constructiva	Cimentación superficial discontinua rigidizada
Fuente de información	Planos estructurales del pabellón de Contabilidad (cortes y planta)

Nota. Obtenido del expediente 2013 de la ejecución de la obra “Instalación del Servicio Académico de la Carrera Profesional de Contabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de Chota – Cajamarca”.

Según el estudio de mecánica de suelos realizado en 2023, el suelo de fundación corresponde a un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL), con densidad húmeda de 1.75 g/cm³, cohesión de 0.24 kg/cm² y ángulo de fricción interna de 11.74°. La profundidad y el ancho de cimentación adoptados fueron de 1.50 m. Para zapatas cuadradas, se obtuvo una capacidad portante admisible de 0.87 kg/cm².

Tabla 14

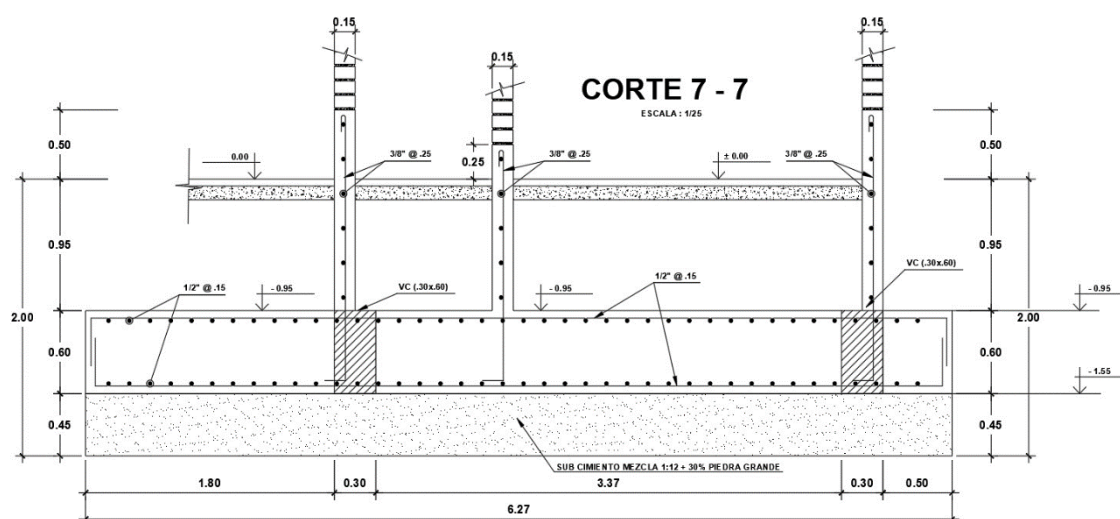
*Propiedades físico-mecánicas del suelo de cimentación del edificio de Contabilidad
(estudio preliminar en 2023)*

Suelo	C1
Humedad (%)	17.21
Límite líquido (%)	48.21
Límite plástico (%)	20.48
Índice de plasticidad (%)	27.73
Tipo de suelo	CL
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.75
Cohesión (kg/cm ²)	0.24
Ángulo de fricción (°)	11.74
Profundidad de cimentación (m)	1.50
Ancho de cimentación (m)	1.50
Capacidad portante (kg/cm ²) para cimentación cuadrada (zapata)	0.87

Nota. Estudio de mecánica de suelos con fines de investigación realizado en el 2023 como parte de la tesis “Nivel de desempeño sísmico del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad – UNACH, empleando el análisis no lineal estático Pushover” (Colunche y Guevara, 2024).

Figura 16

Detalle de cimentación del edificio de Contabilidad



Nota. Obtenido del expediente 2013 de la ejecución de la obra “Instalación del Servicio Académico de la Carrera Profesional de Contabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de Chota – Cajamarca”.

c) Pabellón de enfermería

El pabellón de Enfermería se cimenta mediante un sistema de zapatas aisladas. Las zapatas de mayor dimensión presentan una profundidad de desplante de 1.50 m, con anchos que alcanzan hasta 3.25 m. Las dimensiones de las zapatas se resumen en la Tabla, donde se identifican cinco tipologías (Z1 a Z5), con dimensiones en planta que varían entre 2.65 m y 3.25 m, y espesores entre 0.30 m y 0.40 m.

Tabla 15

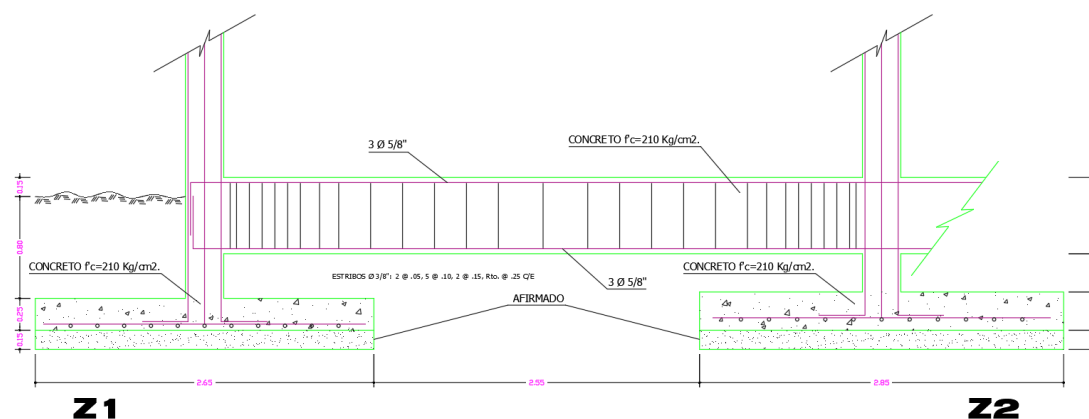
Detalle de zapatas de la cimentación del pabellón de enfermería

Zapata	A (m)	B (m)	C (m)	Profundidad de desplante (m)
Z1	2.65	2.65	0.30	1.50
Z2	2.85	2.85	0.35	1.50
Z3	3.15	3.15	0.40	1.50
Z4	3.25	3.25	0.40	1.50
Z5	3.00	3.00	0.30	1.50

Nota. Obtenido del estudio de mejoramiento arquitectónico del pabellón de enfermería del año 2000.

Figura 17

Detalle de zapatas de la cimentación del pabellón de enfermería, Df= 1.50 m



Nota. Obtenido del estudio de mejoramiento arquitectónico del pabellón de enfermería del año 2000.

El estudio geotécnico preliminar realizado en 2021 indica que el suelo de fundación corresponde a un suelo CL, con densidad húmeda de 1.83 g/cm³, cohesión de 14.53 kg/cm², y ángulo de fricción interna de 0.27°. Para una profundidad de cimentación de 1.50 m, se obtuvo una capacidad portante admisible de 0.90 kg/cm².

Tabla 16

*Propiedades físico-mecánicas del suelo de cimentación del pabellón de enfermería
(estudio preliminar en 2021)*

Parámetros físico-mecánicos	C1
Profundidad de excavación	2.00
Tipo de suelo	CL
Humedad (%)	17
Límite líquido	34.10
Límite plástico	21.30
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.83
Cohesión (kg/cm ²)	14.53
Ángulo de fricción (°)	0.27
Profundidad de cimentación	1.50
Ancho de cimentación	1.50
Capacidad portante (kg/cm ²)	0.90

Nota. Estudio de mecánica de suelos con fines de investigación realizado en el 2021 como parte de la tesis “Evaluación del comportamiento estructural con disipadores de energía de fluido viscoso del edificio de enfermería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota” (Cabrera, 2022).

d) Pabellón de ingeniería forestal y ambiental (EPIFA)

La cimentación del pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental (EPIFA) corresponde a un sistema de cimentación superficial combinada, conformado por zapatas aisladas de concreto armado, apoyadas sobre un subcimiento de falsa zapata y concreto ciclópeo, complementado con capas de gravas y relleno compactado que cubren la totalidad del ancho de la edificación, aproximadamente 20.00 m, con una profundidad de desplante de 1.50, 2.40 y 3.30 m.

En el pabellón de la EPIFA no se dispone de estudios de mecánica de suelos adicionales al realizado durante la elaboración del expediente técnico del año 2018 sin embargo, no fue posible acceder a dicho estudio, por lo que no se cuenta con información geotécnica detallada que permita contrastar o complementar los análisis realizados en la presente investigación.

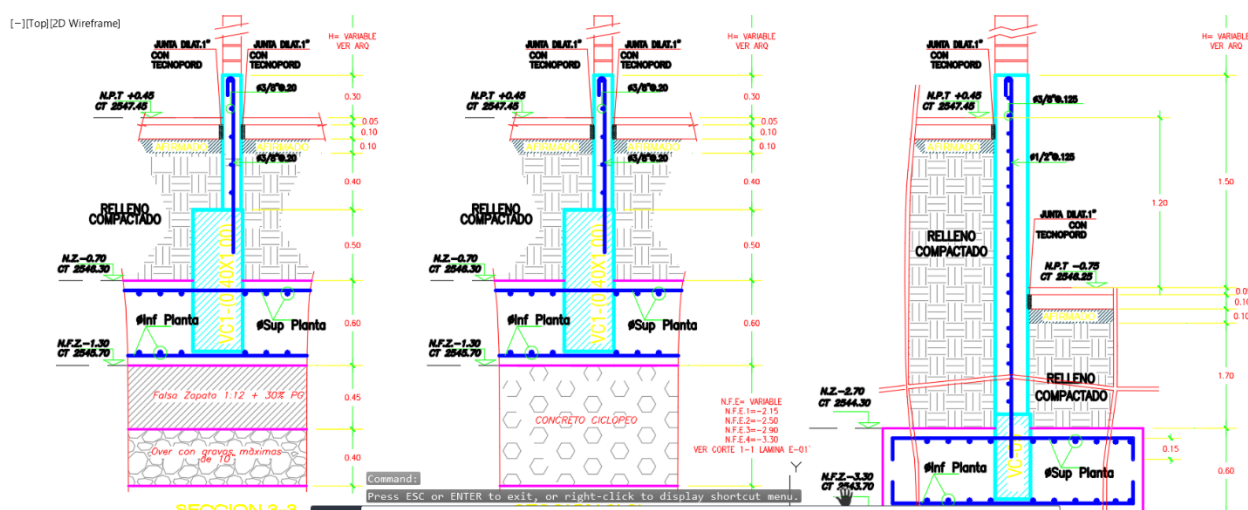
Tabla 17

Características de la cimentación del pabellón EPIFA

Ítem	Característica de la cimentación
Tipo de cimentación	Cimentación superficial combinada (según memoria descriptiva del pabellón)
Configuración observada en detalle	Zapata aislada de concreto armado con dado/pedestal y elemento vertical (columna)
Profundidad de desplante	Df = 1.50-2.40-3.30 m (según descripción del pabellón y cotas NFZ del detalle)
Espesor de la zapata (canto)	0.60 m (según cota del detalle)
Capa de subcimiento	Falsa zapata (mezcla 1:12 + 30 % piedra grande) / concreto ciclópeo, según zona del detalle
Espesor del subcimiento	0.45 m (según cota del detalle donde se indica falsa zapata)
Capa de base inferior	Capa de gravas (se indica tamaño máximo 10" en el detalle)
Relleno	Relleno compactado alrededor del elemento de cimentación
Elementos de conexión	Indicación de viga de cimentación VC (según plano) en el sistema
Fuente de información	Detalle estructural de cimentación EPIFA (imagen de plano) + descripción general del pabellón

Figura 18

Detalle de cimentación del edificio de EPIFA



Nota. Obtenido del expediente 2018 de la ejecución de la obra “Instalación del Servicio Académico de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de Chota – Cajamarca”.

3.6.2. *Excavación de calicatas y toma de muestras de suelo en el campus universitario Colpa Matara*

3.6.2.1. Sustento de la ubicación y de la representatividad de las calicatas.

Se ejecutaron seis (6) calicatas en el Campus Universitario Colpa Matara, previamente ubicadas y señalizadas conforme al plan de muestreo definido para la investigación. La cantidad de puntos de exploración se estableció con base en la Norma E.050 “Suelos y Cimentaciones” (MVCS, 2018), la cual, para edificaciones tipo II y de hasta tres niveles, exige un punto de exploración por cada 450 m² de área techada del primer piso. Considerando que los cuatro pabellones analizados presentan un área techada acumulada de 2715 m², se obtuvo un requerimiento de 6.03 puntos, adoptándose seis calicatas como número final de exploración.

Tabla 18

Ubicación de los puntos de exploración en el campus universitario Colpa Matara

Calicata	Pabellón	Este (m E)	Norte (m S)	Profundidad de excavación (m)
C1	Ingeniería civil	761786.22	9276325.94	3.00
C2	Ingeniería civil	761740.65	9276349.20	3.00
C3	Enfermería	761778.69	9276422.02	3.00
C4	Enfermería	761740.25	9276407.65	3.00
C5	Contabilidad	761840.7	9276376.07	3.00
C6	EPIFA	761872.97	9276327.85	3.00

Nota. Los puntos topográficos se han tomado con GPS de mano Garmin etrex 32x.

La distribución de dichos puntos se realizó de acuerdo con la superficie de cada pabellón, la concentración de cargas y la necesidad de cobertura espacial del campus. Así, se asignaron dos calicatas al pabellón de Ingeniería Civil, una al de Contabilidad, dos al de Enfermería y una al de Ingeniería Forestal y Ambiental. La ubicación en planta se definió buscando cubrir de manera homogénea las zonas cimentadas y las áreas de mayor solicitud estructural. Complementariamente, mediante la delimitación

espacial mediante polígonos de Thiessen, se verificó que cada calicata cubre un área de influencia definida y que, en conjunto, los seis puntos representan adecuadamente el área de los cuatro pabellones y la variabilidad estratigráfica observada en el campus universitario.

Tabla 19

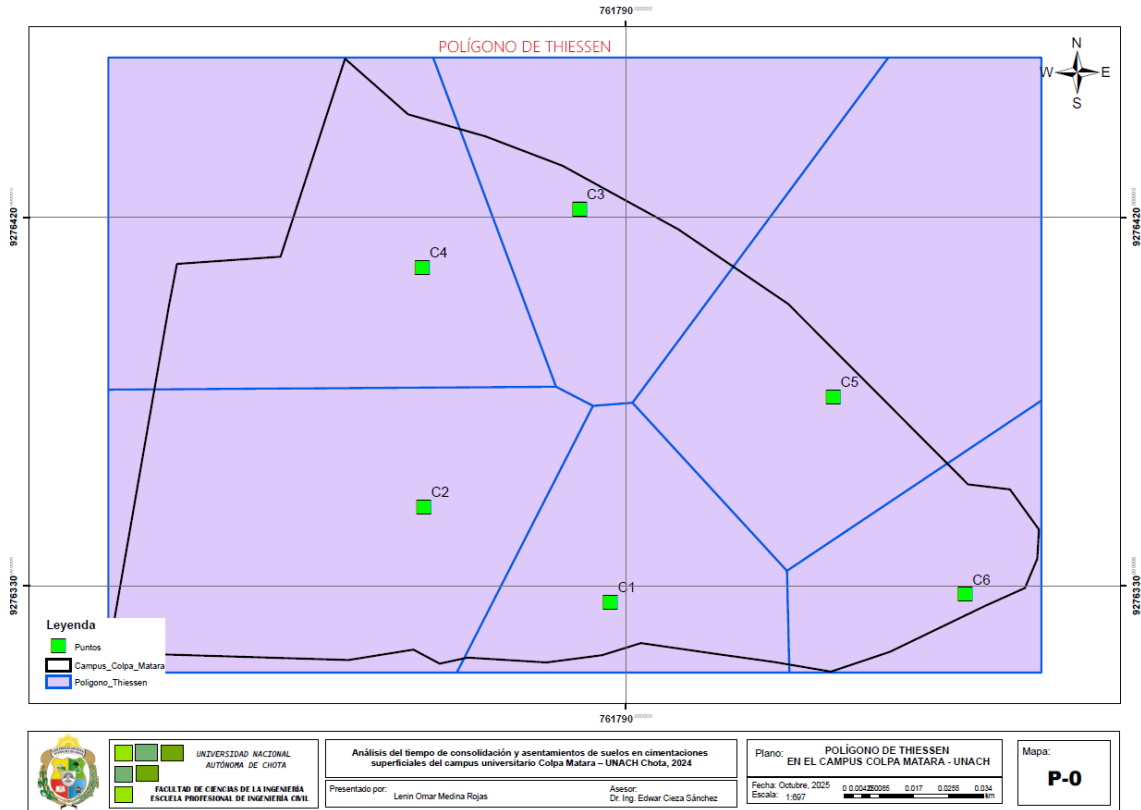
Sustento de representatividad y cobertura de los puntos de exploración en el campus universitario Colpa Matara

Pabellón	ATP (m ²)	Criterio E.050	Puntos requeridos (ATP/450)	Puntos ejecutados	Calicatas asignadas	Criterio de ubicación y cobertura
Ingeniería Civil	710	1 punto / 450 m ² ATP	1.58	2	C1, C2	Se ubicaron dos puntos según la concentración de cargas y la extensión en planta; el polígono de Thiessen muestra una cobertura completa del pabellón y de su entorno inmediato.
Contabilidad	650	1 punto / 450 m ² ATP	1.44	1	C5	Un punto cubre el pabellón por su área y uso, con influencia directa sobre la zona cimentada, según la delimitación espacial.
Enfermería	780	1 punto / 450 m ² ATP	1.73	2	C3, C4	Se asignaron dos puntos por extensión y por demanda estructural; la cobertura espacial permite representar la variabilidad del suelo en el pabellón.
Ingeniería Forestal y Ambiental	575	1 punto / 450 m ² ATP	1.28	1	C6	Un punto cubre el pabellón por su área y su ubicación, con una influencia espacial definida en planta.
Total	2715	1 punto / 450 m² ATP	6.03	6	C1–C6	La distribución cumple con el mínimo normativo y cubre el área de influencia de los pabellones analizados.

Nota. Elaboración propia con base en la Norma E.050 (MVCS, 2018), del área techada del primer piso de cada pabellón y de la delimitación espacial de influencia mediante polígonos de Thiessen.

Figura 19

Polígono de Thiessen del área de influencia de las calicatas distribuidas en el campus universitario Colpa Matara



3.6.2.2. Profundidad de exploración y verificación de la profundidad activa.

La profundidad mínima de exploración se definió de acuerdo con la Norma E.050 (MVCS, 2018) para edificaciones sin sótano, considerando profundidad de cimentación de $D_f = 1.50$ m y ancho de cimentación $B = 1.00$ m, correspondiente a las tipologías de cimentación superficial más comunes del campus, por lo que se adoptó por una profundidad final de excavación de 3.00 m en todos los puntos.

$$p = D_f + Z \quad (72)$$

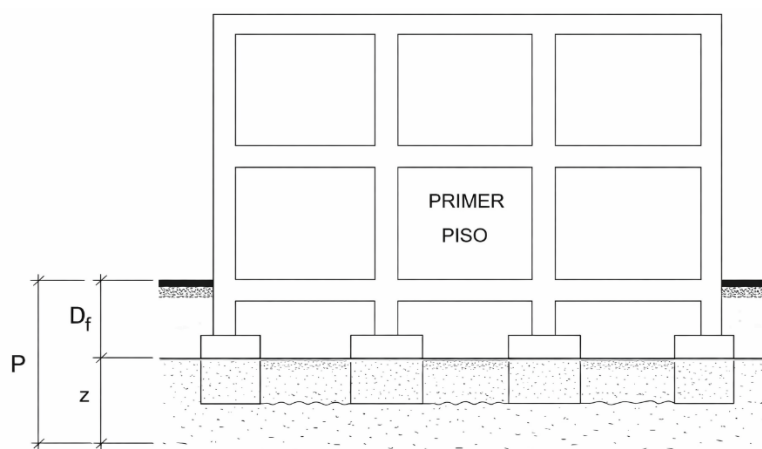
$$Z = 1.5B \quad (73)$$

$$Z = 1.5(1.0) = 1.50 \text{ m} \quad (74)$$

$$p = 1.5 + 1.50 = 3.00 \text{ m} \quad (75)$$

Figura 20

Profundidad de cimentación (D_f) en zapatas superficiales



Nota. Norma E.050 (MVCS, 2018).

No obstante, con la finalidad de reforzar técnicamente esta decisión, la profundidad adoptada también se contrastó mediante el análisis del bulbo de presiones, calculando el incremento de esfuerzo vertical inducido por la cimentación con el método 2:1 y comparándolo con el esfuerzo geostático efectivo del terreno. Esta verificación permitió identificar la profundidad de influencia activa de los esfuerzos, adoptando como criterio de suficiencia que, a la profundidad analizada, la relación entre el incremento de esfuerzo y el esfuerzo geostático efectivo fuese menor al 10% o que el estrato compresible de interés hubiese sido completamente interceptado. Los resultados obtenidos confirmaron que la profundidad de 3.00 m fue suficiente para caracterizar el suelo de fundación y definir la zona geotécnicamente activa para el análisis de asentamientos.

Figura 21

Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$ por el método 2:1 para la calicata C-01

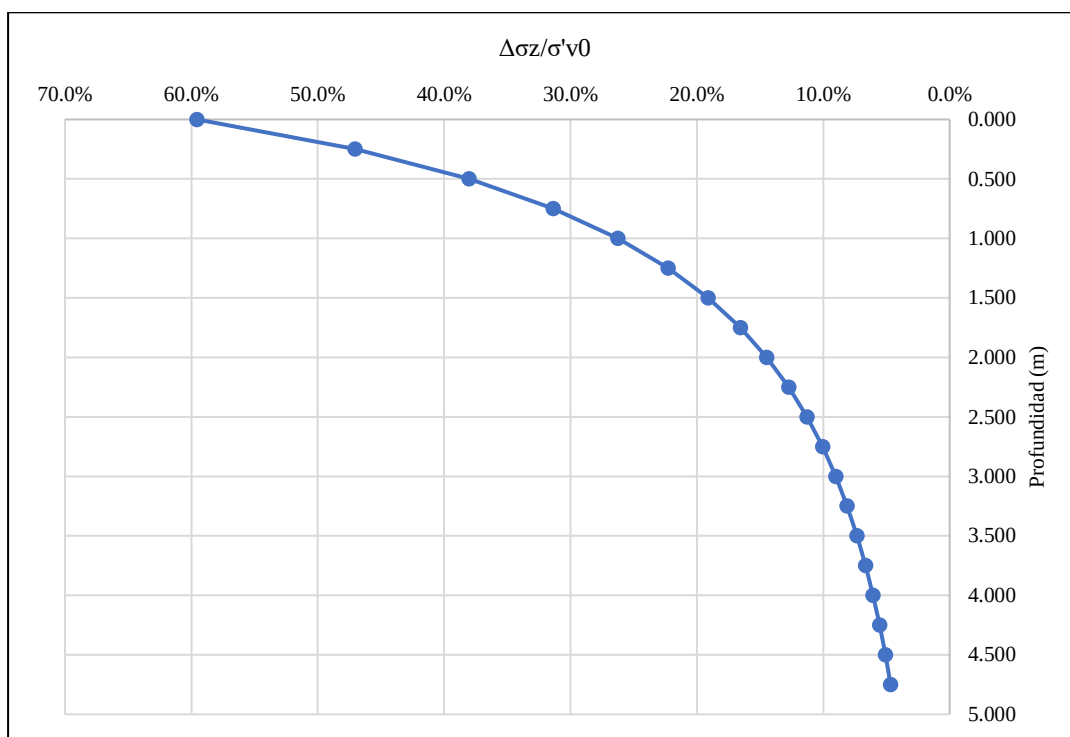


Figura 22

Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$ por el método 2:1 para la calicata C-02

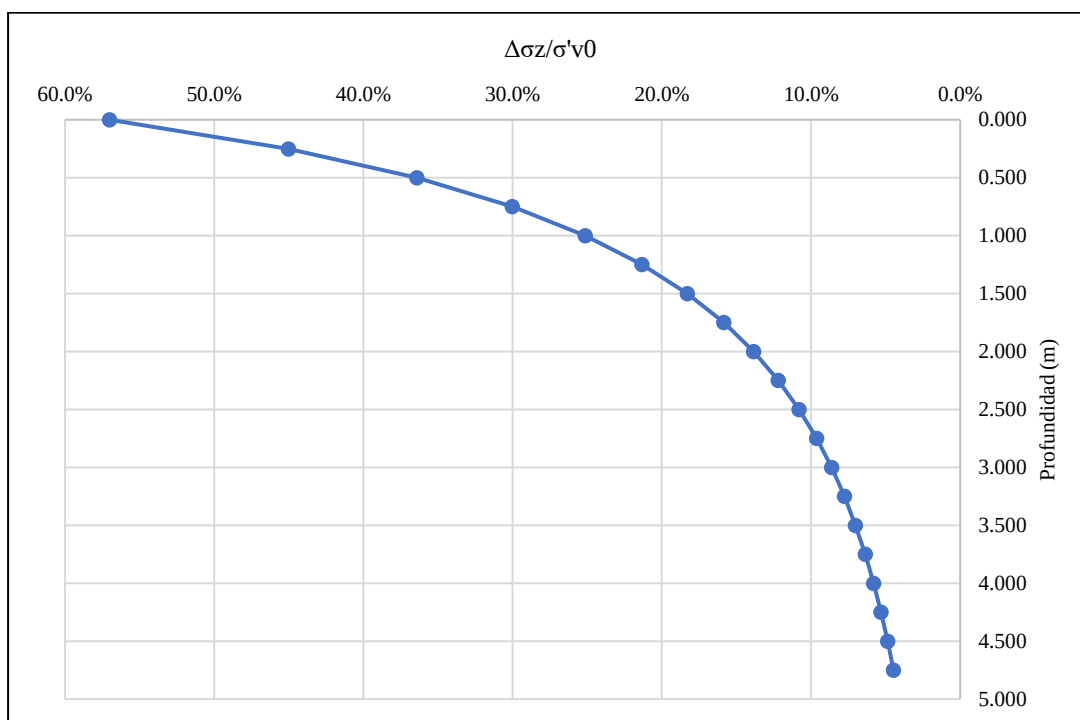


Figura 23

Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$ por el método 2:1 para la calicata C-03

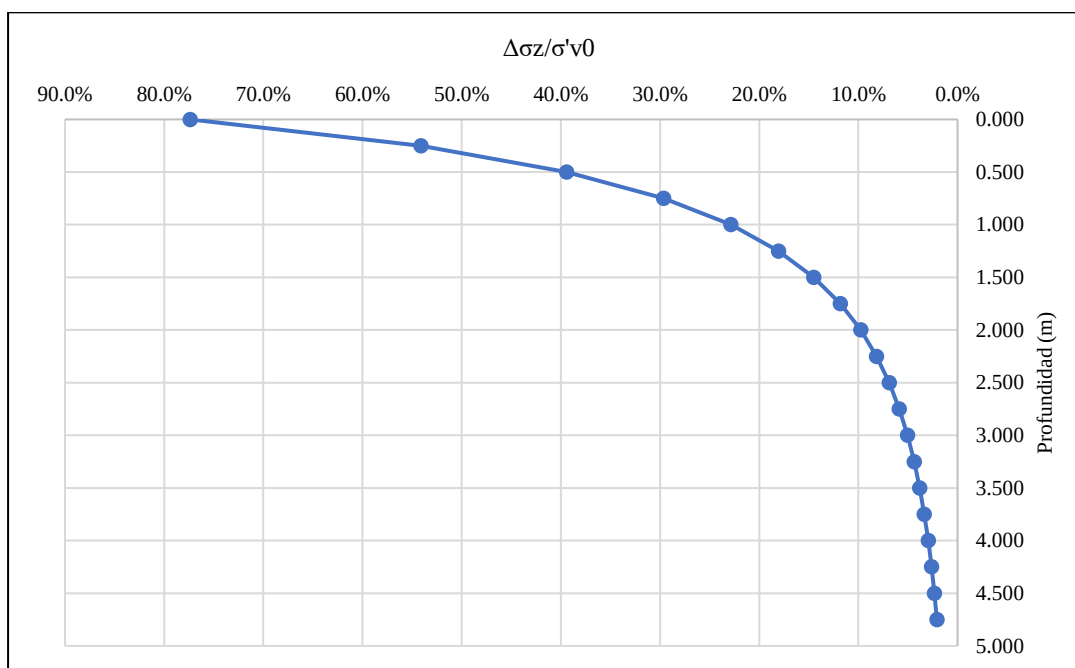


Figura 24

Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$ por el método 2:1 para la calicata C-04

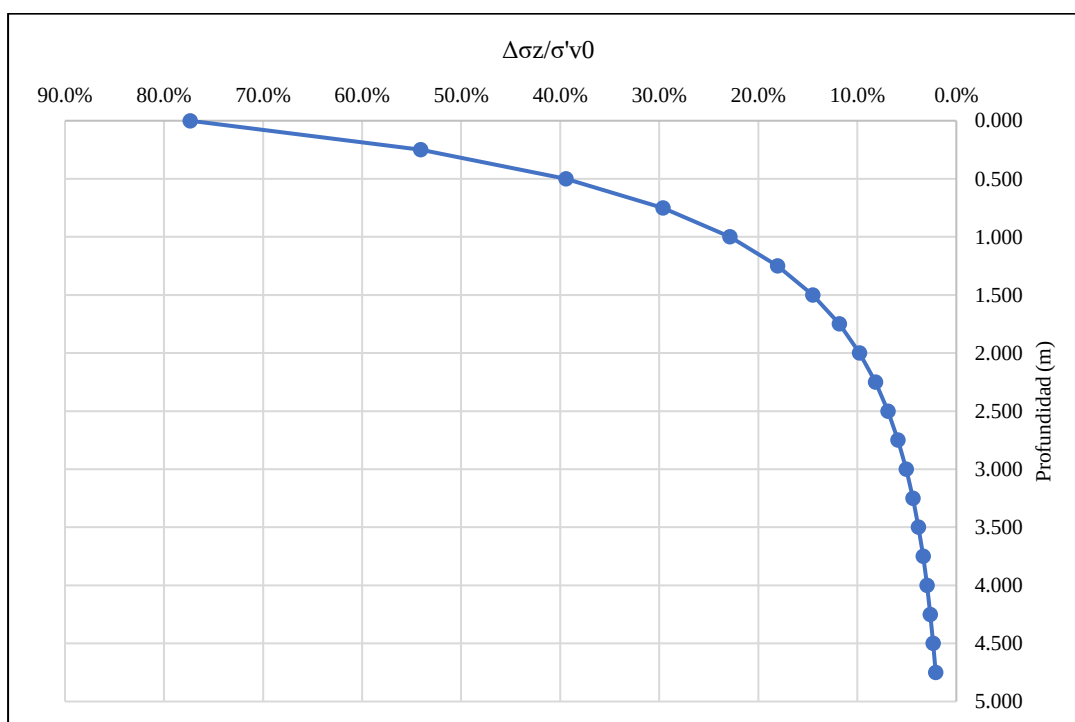


Figura 25

Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$ por el método 2:1 para la calicata C-05

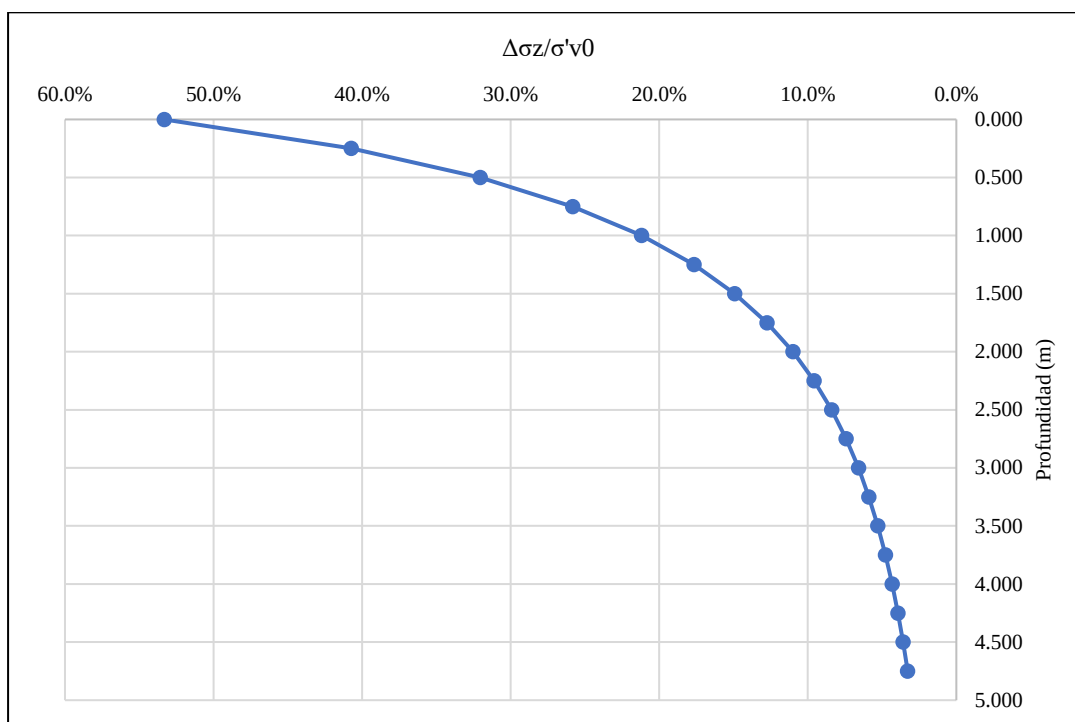


Figura 26

Porcentaje de $\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$ por el método 2:1 para la calicata C-06

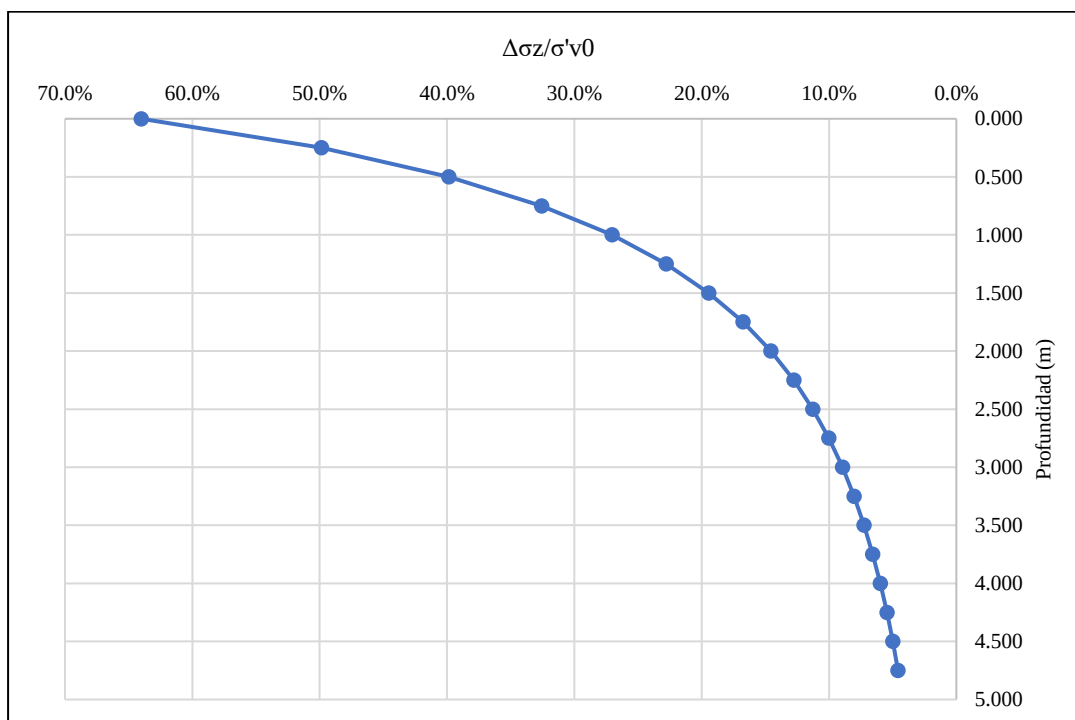


Tabla 20*Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-01*

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z$ 2:1 (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z/\sigma'v0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.516	0.307	0.823	59.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.558	0.263	0.821	47.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.601	0.229	0.830	38.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.643	0.202	0.845	31.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.686	0.180	0.866	26.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.728	0.162	0.891	22.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.771	0.147	0.918	19.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.813	0.135	0.948	16.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.856	0.124	0.980	14.5%	ACTIVA	Se considera en Sc
10	2.250	2.500	2.375	0.898	0.114	1.013	12.7%	ACTIVA	Se considera en Sc
11	2.500	2.750	2.625	0.941	0.106	1.047	11.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
12	2.750	3.000	2.875	0.983	0.099	1.082	10.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
13	3.000	3.250	3.125	1.026	0.092	1.118	9.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	1.068	0.087	1.155	8.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	1.111	0.081	1.192	7.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	1.153	0.077	1.230	6.7%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	1.196	0.073	1.268	6.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.238	0.069	1.307	5.5%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.281	0.065	1.346	5.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.323	0.062	1.385	4.7%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Tabla 21*Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-02*

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	σ'_{v0} inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ 2:1 (kg/cm ²)	σ'_{vf} final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.525	0.299	0.824	57.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.568	0.256	0.824	45.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.612	0.223	0.834	36.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.655	0.197	0.851	30.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.698	0.175	0.874	25.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.741	0.158	0.899	21.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.785	0.144	0.928	18.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.828	0.131	0.959	15.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.871	0.121	0.992	13.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
10	2.250	2.500	2.375	0.914	0.111	1.026	12.2%	ACTIVA	Se considera en Sc
11	2.500	2.750	2.625	0.958	0.103	1.061	10.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
12	2.750	3.000	2.875	1.001	0.096	1.097	9.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
13	3.000	3.250	3.125	1.044	0.090	1.134	8.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	1.087	0.084	1.172	7.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	1.131	0.079	1.210	7.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	1.174	0.075	1.249	6.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	1.217	0.071	1.288	5.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.260	0.067	1.327	5.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.304	0.063	1.367	4.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.347	0.060	1.407	4.5%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Tabla 22

Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-03

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v_0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ 2:1 (kg/cm ²)	$\sigma'v_f$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.284	0.220	0.504	77.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.328	0.178	0.506	54.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.372	0.147	0.518	39.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.416	0.123	0.539	29.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.459	0.105	0.564	22.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.503	0.091	0.594	18.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.547	0.079	0.626	14.5%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.591	0.070	0.660	11.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.634	0.062	0.696	9.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
10	2.250	2.500	2.375	0.678	0.055	0.733	8.2%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
11	2.500	2.750	2.625	0.722	0.050	0.772	6.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
12	2.750	3.000	2.875	0.766	0.045	0.811	5.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
13	3.000	3.250	3.125	0.809	0.041	0.850	5.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	0.853	0.037	0.890	4.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	0.897	0.034	0.931	3.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	0.941	0.032	0.972	3.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	0.984	0.029	1.013	3.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.028	0.027	1.055	2.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.072	0.025	1.097	2.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.116	0.023	1.139	2.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Tabla 23

Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-04

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v_0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ 2:1 (kg/cm ²)	$\sigma'v_f$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.284	0.220	0.504	77.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.328	0.178	0.506	54.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.372	0.147	0.518	39.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.416	0.123	0.539	29.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.459	0.105	0.564	22.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.503	0.091	0.594	18.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.547	0.079	0.626	14.5%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.591	0.070	0.660	11.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.634	0.062	0.696	9.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
10	2.250	2.500	2.375	0.678	0.055	0.733	8.2%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
11	2.500	2.750	2.625	0.722	0.050	0.772	6.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
12	2.750	3.000	2.875	0.766	0.045	0.811	5.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
13	3.000	3.250	3.125	0.809	0.041	0.850	5.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	0.853	0.037	0.890	4.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	0.897	0.034	0.931	3.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	0.941	0.032	0.972	3.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	0.984	0.029	1.013	3.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.028	0.027	1.055	2.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.072	0.025	1.097	2.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.116	0.023	1.139	2.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Tabla 24*Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-05*

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v_0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ 2:1 (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.440	0.235	0.674	53.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.492	0.200	0.692	40.7%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.543	0.174	0.718	32.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.595	0.154	0.749	25.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.647	0.137	0.784	21.2%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.699	0.123	0.822	17.7%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.750	0.112	0.862	14.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.802	0.102	0.904	12.7%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.854	0.094	0.948	11.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
10	2.250	2.500	2.375	0.906	0.087	0.992	9.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
11	2.500	2.750	2.625	0.957	0.080	1.038	8.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
12	2.750	3.000	2.875	1.009	0.075	1.084	7.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
13	3.000	3.250	3.125	1.061	0.070	1.131	6.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	1.113	0.066	1.178	5.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	1.164	0.062	1.226	5.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	1.216	0.058	1.274	4.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	1.268	0.055	1.323	4.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.320	0.052	1.371	3.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.371	0.049	1.420	3.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.423	0.047	1.470	3.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Tabla 25

Bulbo de presiones por el método 2:1 para la calicata C-06

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v_0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ 2:1 (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z/\sigma'v_0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.437	0.280	0.716	64.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.480	0.239	0.719	49.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.523	0.209	0.732	39.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.567	0.184	0.751	32.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.610	0.165	0.775	27.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.653	0.149	0.802	22.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.696	0.135	0.832	19.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.740	0.124	0.863	16.7%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.783	0.114	0.897	14.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
10	2.250	2.500	2.375	0.826	0.105	0.932	12.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
11	2.500	2.750	2.625	0.869	0.098	0.967	11.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
12	2.750	3.000	2.875	0.913	0.091	1.004	10.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
13	3.000	3.250	3.125	0.956	0.085	1.041	8.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	0.999	0.080	1.079	8.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	1.042	0.076	1.118	7.2%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	1.086	0.071	1.157	6.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	1.129	0.067	1.196	6.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.172	0.064	1.236	5.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.215	0.061	1.276	5.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.259	0.058	1.316	4.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

3.6.2.3.Excavación y toma de muestras.

Durante la excavación, se identificaron visualmente los estratos. La toma de muestras alteradas se efectuó directamente de cada estrato representativo, mientras que la extracción de muestras inalteradas se realizó mediante un molde cúbico de madera, lo que permitió obtener especímenes con la mínima perturbación posible, adecuados para ensayos de consolidación unidimensional y de corte directo. Las muestras fueron rotuladas, embolsadas herméticamente y trasladadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPIC, donde se realizaron los ensayos físico-mecánicos correspondientes.

Figura 27

Proceso de excavación y toma de muestras de calicatas



Para reducir la alteración de las muestras destinadas al ensayo de consolidación unidimensional, la extracción se realizó desde las paredes y el fondo de las calicatas, seleccionando bloques representativos del estrato fino cohesivo. Las muestras fueron perfiladas manualmente, colocadas en moldes cúbicos de madera, protegidas con envoltura plástica, selladas para reducir la pérdida de humedad natural, rotuladas con el código de calicata y trasladadas en cajas rígidas al Laboratorio de Mecánica de Suelos

de la EPIC–UNACH. Durante el traslado se evitó la exposición directa al sol, las vibraciones excesivas y los golpes que pudieran alterar la estructura natural del suelo.

Figura 28

Calicatas realizadas para la toma de muestras de suelo en el campus universitario de Colpa Matara

C1 en el pabellón de Ingeniería Civil



C2 en el pabellón de Ingeniería Civil



C3 en el pabellón de Enfermería



C4 en el pabellón de Enfermería



C5 en el pabellón de Contabilidad



C6 en el pabellón de Ingeniería Forestal y Ambiental



Nota. Las calicatas C1 y C2 corresponden al pabellón de Ingeniería Civil; C3 y C4, al de Enfermería; C5, al de Contabilidad; y C6, al de Ingeniería Forestal y Ambiental. Las excavaciones se realizaron para obtener muestras de suelo destinadas a ensayos físico-mecánicos.

3.6.3. Estudio de mecánica de suelos: Ensayos de laboratorio al suelo

En el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNACH (EPIC-UNACH), se realizaron los ensayos físico mecánicos al suelo de las calicatas siguiendo los procedimientos establecidos por las Normas Técnicas Peruanas (NTP) vigentes, empleando equipos normalizados y calibrados, para realizar las pruebas tales como: NTP 339.127 (INACAL, 2019) contenido de humedad, NTP 339.128 (INACAL, 2019) análisis granulométrico, NTP 339.129 (INACAL, 2019) ensayo de límite líquido y límite plástico, NTP 339.134 (INACAL, 2019) clasificación del suelo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), NTP 339.171 (INACAL, 2017) ensayo de corte directo, NTP 339.154 (INACAL, 2015) ensayo de consolidación unidimensional del suelo.

Figura 29

Realización de ensayos físico mecánicos del suelo en el laboratorio de la EPIC



Nota. Muestras de suelo extraídas de las calicatas del Campus Universitario Colpa Matara, previamente preparadas, identificadas y acondicionadas para la ejecución de los ensayos físico-mecánicos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPIC-UNACH.

a) NTP 339.127 (INACAL, 2019) Contenido de humedad natural

- Se pesó una muestra representativa de suelo húmedo en una bandeja metálica previamente tarada.
- La muestra fue introducida en un horno de secado con control termostático, a una temperatura entre 105 y 110 °C, durante un tiempo mínimo de 24 horas.
- Finalizado el secado, la muestra se retiró del horno y se dejó enfriar en una desecadora para evitar la absorción de humedad ambiental.
- Posteriormente, se registró el peso del suelo seco.

b) NTP 339.128 (INACAL, 2019) Ensayo de granulometría por tamizado

- La muestra de suelo fue secada previamente al aire.
- Se efectuó el lavado de la muestra para eliminar los finos adheridos.
- Una vez seca, la muestra fue colocada en un juego de tamices normalizados, ordenados de mayor a menor abertura.
- El conjunto fue sometido a vibración mediante un tamizador mecánico durante el tiempo establecido por la norma.
- Se pesó el material retenido en cada tamiz.
- Con los resultados obtenidos, se determinaron los porcentajes retenidos y pasantes, y se construyó la curva granulométrica del suelo.

c) NTP 339.129 (INACAL, 2019) Ensayo de límite líquido

- La muestra fue secada al aire y tamizada con el tamiz N.º 40.
- Se tomó una porción representativa y se mezcló con agua destilada hasta obtener una pasta homogénea.
- La pasta se colocó en la copa del aparato de Casagrande.
- Se trazó un surco estándar y se aplicaron golpes al equipo hasta lograr el cierre del surco, con una longitud aproximada de 10 a 15 mm.

- Se registró el número de golpes necesarios para dicho cierre.
- El procedimiento se repitió para diferentes contenidos de humedad.
- A partir de la gráfica número de golpes vs. contenido de humedad, se determinó el límite líquido (LL) correspondiente a 25 golpes.

d) NTP 339.129 (INACAL, 2019) Ensayo de límite plástico

- Se utilizó parte de la muestra previamente preparada para el ensayo de límite líquido.
- La muestra fue amasada manualmente hasta obtener una consistencia uniforme.
- Se formaron rollitos de suelo sobre una placa de vidrio hasta alcanzar un diámetro aproximado de 3 mm.
- El proceso se repitió hasta que los rollitos se fracturaron de manera continua.
- Se determinó el contenido de humedad correspondiente, el cual fue registrado como límite plástico (LP).

e) NTP 339.171 (INACAL, 2019) Ensayo de corte directo

- La muestra de suelo fue preparada y colocada en un anillo metálico para asegurar una compactación uniforme.
- El conjunto fue instalado en la caja de corte directo, perteneciente a un equipo de corte directo de carga controlada.
- Se aplicó una carga normal constante, representativa de las condiciones de campo.
- Posteriormente, se aplicó una carga horizontal incremental hasta provocar la falla de la muestra.
- Durante el ensayo se registraron los desplazamientos horizontales y verticales, así como las cargas aplicadas.
- Con los resultados obtenidos, se determinaron los parámetros de resistencia al corte, la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ).

f) NTP 339.154 (INACAL, 2015) Ensayo de consolidación unidimensional

- La muestra cilíndrica de suelo fue colocada dentro del anillo del consolidómetro, entre dos piedras porosas saturadas.
- El conjunto fue instalado en el equipo de consolidación unidimensional y se ajustó el sistema de medición de deformaciones.
- Se aplicaron incrementos sucesivos de carga vertical, manteniendo cada escalón durante el tiempo necesario hasta alcanzar la estabilización de la deformación.
- Se registraron las deformaciones en función del tiempo para cada carga aplicada.
- A partir de los datos obtenidos, se construyeron las curvas de consolidación, lo que permitió determinar parámetros como el coeficiente de consolidación (C_v), el índice de compresión (C_c) y el índice de recompresión o preconsolidación (C_r).

Figura 30

Ensayo de consolidación unidimensional del suelo en el laboratorio de la EPIC



Nota. Preparación y montaje de la muestra de suelo inalterada para el ensayo de consolidación unidimensional, realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – UNACH, conforme a la NTP 339.154.

3.6.4. *Determinación de la capacidad portante del suelo*

La capacidad portante del suelo se determinó empleando el enfoque clásico propuesto por Terzaghi, considerando inicialmente una condición de referencia común para todas las calicatas, con una profundidad de desplante (D_f) de 1.50 m y un ancho de zapata (B) de 1.50 m, a fin de evaluar la influencia exclusiva de las propiedades físico-mecánicas del suelo. En esta primera etapa, se utilizaron como parámetros de entrada la densidad húmeda (γ), la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ), obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio realizados en las muestras de suelo.

Posteriormente, se recalculó la capacidad portante considerando las dimensiones reales de cimentación (profundidad de desplante y ancho efectivo) de cada edificación existente en el entorno de las calicatas, lo que permitió obtener valores de la capacidad portante admisible en condiciones reales de servicio. En este contexto, las calicatas C1 y C2 se asociaron al pabellón de Ingeniería Civil, C3 y C4 al pabellón de Enfermería, C5 al pabellón de Contabilidad, y C6 al pabellón de Ingeniería Forestal y Ambiental.

La sobrecarga efectiva a nivel de cimentación se calculó mediante la expresión:

$$q = D_f \times \gamma \quad (76)$$

La capacidad portante admisible q_{adm} se obtuvo a partir de la capacidad portante última (q_u), aplicando un factor de seguridad $FS = 3$, conforme a los criterios usuales de diseño para cimentaciones superficiales:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \quad (77)$$

Para el cálculo de la capacidad portante última, se emplearon las ecuaciones de Terzaghi considerando la falla, y diferenciando el tipo de cimentación, según se detalla:

Cimentación corrida falla local

$$q_u = \frac{2}{3}cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_y \quad (78)$$

Cimentación cuadrada falla local

$$q_u = \frac{2}{3} \times 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_y \quad (79)$$

Cimentación corrida falla general

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_y \quad (80)$$

Cimentación cuadrada falla general

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_y \quad (81)$$

Donde, C cohesión, ϕ ángulo de fricción, γ peso específico, Df profundidad de cimentación, B ancho de cimentación, Nc, Nq y Ny son los factores de capacidad de carga correspondientes al ángulo de fricción, FS factor de seguridad igual a 3, qu capacidad última, qadm capacidad admisible o capacidad portante.

Tabla 26

Factores de capacidad de carga para falla general

Calicata	Nc	Nq	Ny
C1	7.21	1.59	0.38
C2	7.43	1.68	0.43
C3	10.91	3.37	1.46
C4	7.37	1.65	0.41
C5	12.01	3.96	1.84
C6	9.39	2.59	0.97

Tabla 27

Factores de capacidad de carga para falla local

Calicata	Nc	Nq	Ny
C1	6.66	1.36	0.24
C2	6.79	1.42	0.27
C3	8.71	2.26	0.77
C4	6.76	1.40	0.26
C5	9.26	2.52	0.93
C6	7.91	1.89	0.56

3.6.5. Determinación de cargas para el cálculo del asentamiento elástico (instantáneo)

Conforme a la Norma E.020 Cargas (MVCS, 2006), se realizó el metrado de cargas por módulo estructural en cada pabellón del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH, con la finalidad de estimar la presión de contacto sobre el suelo de cimentación y, posteriormente, calcular el asentamiento elástico. El metrado consideró:

- Carga muerta (CM): peso propio de los elementos constructivos y acabados (losa/azotea, cielorraso, muros, acabados y otros componentes permanentes).
- Carga viva (CV): sobrecarga de uso según la función del ambiente (aulas, laboratorios, talleres, corredores y escaleras).
- Carga de techo (CT): sobrecarga asociada a la cubierta/azotea, según la correspondencia con el sistema estructural y el uso.

Las cargas superficiales se determinaron multiplicando el área tributaria de cada elemento o ambiente por su peso unitario o por la sobrecarga normativa. Para efectos del análisis de asentamientos, se adoptó la combinación de servicio

$$Carga = 100\%CM + 50\%CV + 25\% CT \quad (82)$$

Donde: CM es carga muerta, CV es carga viva y CT es carga de techo/azotea. El detalle completo del metrado por ambiente y componente se presenta en el Anexo.

Tabla 28

Cargas vivas mínimas repartidas en centros de educación

Aulas (kgf/m ²)	Talleres (kgf/m ²)	Laboratorios (kgf/m ²)	Corredores y escaleras (kgf/m ²)
250	350	300	400

Nota. norma E.020 (MVCS, 2006).

Tabla 29

Pesos unitarios para análisis de cargas muertas

Elemento	Poliestireno	Acabados	Cieloraso	Muro de albañilería
Peso unitario	0.15 kg	100 kg	25 kg	1850 kgf/m ³

Nota. norma E.020 (MVCS, 2006).

3.6.5.1. Análisis de cargas de servicio.

a) Pabellón de Ingeniería Civil (EPIC)

La combinación adoptada genera una carga total de 7388.74 kg/m² (8.14 ton/m²), siendo el componente dominante la carga viva parcial (50% de 10200 kg/m² = 5100 kg/m²). Este valor representa la presión de referencia para estimar el asentamiento elástico en el pabellón de Ingeniería Civil, bajo un escenario de servicio.

Tabla 30

Metrado de cargas por módulo en el pabellón de Ingeniería Civil

Módulos	Cargas (kg/m ²)	
	Carga muerta	Carga viva
Módulo 1	375.94	2000
Módulo 2	375.94	2950
Módulo 3	375.94	1950
Módulo 4	330.00	1200
Módulo 5	375.93	900
Módulo 6	330.00	1200
Total	2163.74	10200.00

Tabla 31

Carga total de servicio en el pabellón de Ingeniería Civil

100% de la carga muerta	2163.74205	kg/m ²
50% Carga Viva	5100	kg/m ²
25% Carga de Techo y/o Azotea	125	kg/m ²
Total	7388.74	kg/m ²
Total	8.14	Ton/m ²

b) Pabellón de Enfermería

La carga total combinada es de 4530 kg/m² (4.99 ton/m²), menor que la del pabellón de Ingeniería Civil. Esto implica una menor presión de servicio para el cálculo del asentamiento elástico, aunque la respuesta final también dependerá de la rigidez y la deformabilidad del suelo en las calicatas asociadas (C3 y C4).

Tabla 32*Metrado de cargas por módulo en el pabellón de Enfermería*

Módulos	Cargas (kg/m ²)	
	Carga muerta	Carga viva
Módulo 1	600	3000
Módulo 2	700	3400
Total	1300	6400

Tabla 33*Carga total de servicio en el pabellón de Enfermería*

100% de la carga muerta	1300	kg/m ²
50% Carga Viva	3200	kg/m ²
25% Carga de Techo y/o Azotea	30	kg/m ²
Total	4530	kg/m ²
Total	4.99	Ton/m ²

c) Pabellón de Contabilidad

La carga total combinada alcanza 5978.375 kg/m² (6.59 ton/m²), ubicándose en un nivel intermedio respecto a los demás pabellones. En términos geotécnicos, este valor constituye la presión media de servicio que se utilizará para estimar el asentamiento elástico del pabellón de Contabilidad (calicata C5), bajo la combinación adoptada.

Tabla 34*Metrado de cargas por módulo en el pabellón de Contabilidad*

Módulos	Cargas (kg/m ²)	
	Carga muerta	Carga viva
Módulo 1	376.125	2850
Módulo 2	376.125	1950
Módulo 3	376.125	2250
Módulo 4	675	1200
Total	1803.375	8250

Tabla 35*Carga total de servicio en el pabellón de Contabilidad*

100% de la carga muerta	1803.375	kg/m ²
50% Carga Viva	4125	kg/m ²
25% Carga de Techo y/o Azotea	50	kg/m ²
Total	5978.375	kg/m ²
Total	6.59	Ton/m ²

d) Pabellón de Ingeniería Forestal y Ambiental (EPIFA)

La combinación resulta en 6446.24 kg/m² (7.11 ton/m²). Este nivel de carga es mayor que el de Contabilidad y de Enfermería, pero menor que el de Ingeniería Civil. Esta presión representa el estado de carga de servicio asociado al pabellón EPIFA (calicata C6), considerando la geometría real de la cimentación empleada en el modelo.

Tabla 36*Metrado de cargas por módulo en el pabellón de Ingeniería Forestal y Ambiental*

Módulos	Cargas (kg/m ²)	
	Carga muerta	Carga viva
Módulo 1	375.94	2950
Módulo 2	375.94	2000
Módulo 3	375.94	1950
Módulo 4	330.00	1200
Módulo 5	375.93	900
Total	1833.74	9000.00

Tabla 37*Carga total de servicio en el pabellón de Ingeniería Forestal y Ambiental*

100% de la carga muerta	1833.74205	kg/m ²
50% Carga Viva	4500	kg/m ²
25% Carga de Techo y/o Azotea	112.5	kg/m ²
Total	6446.24	kg/m ²
Total	7.11	Ton/m ²

3.6.5.2. Análisis de las cargas a utilizar para el cálculo del asentamiento.

El metrado de cargas, realizado conforme a la Norma E.020 (MVCS, 2006), permitió determinar, para cada pabellón, la carga de servicio total (P_{serv}) y la correspondiente presión real de contacto suelo–cimentación (q_{serv}).

En el análisis geotécnico, el cálculo de asentamientos debe realizarse empleando una presión representativa del estado de servicio; sin embargo, dicha presión no puede exceder la capacidad portante admisible del suelo (q_{adm}), ya que representa el límite seguro de trabajo del terreno.

Por este motivo, se adoptó el siguiente criterio de diseño: cuando la presión real de servicio es menor o igual que la capacidad portante admisible del suelo, el análisis de asentamiento se realiza utilizando la presión admisible (q_{adm}), ya que esta condición representa el escenario más desfavorable desde el punto de vista de las deformaciones, lo que conduce a asentamientos más críticos y conservadores.

$$q_{serv} \leq q_{adm} \quad (83)$$

Tabla 38

Análisis de cargas a utilizar para el cálculo del asentamiento

Análisis de cargas	Ingeniería civil	Enfermería	Contabilidad	EPIFA
Carga de servicio (ton/m ²)	8.14	4.99	6.59	7.11
Carga de servicio (kg/cm ²)	0.83	0.51	0.67	0.72
Capacidad admisible (kg/cm ²)	0.95	0.76	1.25	1.33
$q_{serv} \leq q_{adm}$	Sí	Sí	Sí	Sí
Capacidad de carga por asentamiento (kg/cm ²)	0.83	0.51	0.67	0.72

En todos los pabellones analizados, la presión real de servicio es inferior a la capacidad portante admisible, por lo que no se espera falla por capacidad de carga. En consecuencia, el criterio gobernante del diseño geotécnico pasa a ser el control de asentamientos, por lo que se emplea la capacidad admisible del suelo (q_{adm}) como presión de cálculo en el análisis del asentamiento elástico y de consolidación.

3.6.6. Determinación del asentamiento elástico (inmediato)

a) Ecuación general para cimentaciones superficiales.

La estimación del asentamiento inmediato para cimentaciones superficiales de geometría general se realizó mediante la formulación derivada de la teoría de la elasticidad de Boussinesq, atribuida principalmente a Schleicher (1926), que relaciona el asentamiento con la presión aplicada, las dimensiones de la cimentación y las propiedades elásticas del suelo. La expresión utilizada fue:

$$Se = \frac{[q_0(1-\nu^2)]}{E_s} \times I_s \quad (84)$$

Donde, q_0 es el esfuerzo vertical aplicado sobre el suelo, expresado en ksf, obtenido a partir de la presión de cálculo definida en el análisis de cargas; E_s es el módulo de elasticidad del suelo (módulo de Young), en ksi, determinado a partir de correlaciones recomendadas por AASHTO según el tipo de suelo; ν es el coeficiente de Poisson del suelo, considerado constante e igual a 0.40, valor representativo para suelos finos cohesivos; I_s es el factor de influencia asociado a la geometría de la cimentación.

b) Ecuación para losas o plateas de cimentación.

Para los elementos de cimentación tipo losa o platea se empleó la variante correspondiente a superficies cargadas de mayor extensión, en la que el asentamiento inmediato se calculó considerando la presión uniforme transmitida, las dimensiones de la losa y el factor de influencia propio de este tipo de cimentación.

c) Obtención de parámetros de cálculo.

La presión neta aplicada al suelo se obtuvo a partir del metrado de las cargas de servicio de cada pabellón, mientras que el módulo de elasticidad del suelo y el coeficiente de Poisson se definieron con base en las propiedades geotécnicas determinadas en el estudio. Con estos parámetros se estimó el asentamiento elástico inmediato en cada pabellón del campus universitario de Colpa Matara.

d) Determinación del módulo de elasticidad equivalente del suelo.

El módulo de elasticidad equivalente del suelo se estimó como un parámetro derivado para el rango de esfuerzos transmitidos por las cimentaciones en condiciones de servicio. Para ello, se consideraron la presión neta de contacto q_0 , el ancho efectivo de la cimentación B , el coeficiente de Poisson ν , el factor de influencia correspondiente a la geometría de la cimentación I_s y el asentamiento elástico inmediato S_e . El parámetro se expresó mediante la ecuación $E_{s,eq} = q_0 \cdot B(1 - \nu^2) I_s / S_e$.

El valor obtenido representó una rigidez equivalente compatible con el modelo elástico aplicado y con el intervalo de cargas analizado. Por tanto, no correspondió a un módulo medido directamente mediante un ensayo específico de deformabilidad, sino a un parámetro estimado para el análisis del asentamiento inmediato. Esta consideración fue necesaria porque el comportamiento esfuerzo-deformación del suelo no es estrictamente lineal y el módulo varía con el nivel de esfuerzo y deformación aplicado (Kimmerling, 2002; U.S. Army Corps of Engineers, 1990).

3.6.7. Determinación del asentamiento y tiempo de consolidación del suelo

3.6.7.1. Determinación del asentamiento mediante consolidación primaria.

El asentamiento por consolidación primaria del suelo de cimentación se determinó a partir de los resultados del ensayo de consolidación unidimensional, complementados con el cálculo del incremento de esfuerzos verticales en profundidad mediante el método 2:1. El procedimiento seguido comprendió las etapas que se describen a continuación.

Primero, se registraron los datos del ensayo de consolidación unidimensional, incluyendo los incrementos de la carga vertical aplicada, las deformaciones acumuladas y los tiempos asociados a cada escalón de carga. Con estas lecturas se elaboraron las curvas de consolidación-tiempo y la curva edométrica $e - \log \sigma'$, que permitieron

identificar el comportamiento compresible del suelo y los parámetros necesarios para el análisis.

Luego, el coeficiente de consolidación (C_v) se determinó mediante el método de Taylor, considerando el tiempo correspondiente al 90 % de consolidación (t_{90}) y adoptando el valor de C_v asociado al rango de esfuerzos cercano al esfuerzo efectivo de trabajo del suelo. Asimismo, a partir de la curva edométrica $e-\log \sigma'$ se obtuvieron la relación de vacíos inicial (e_0), el índice de compresión (C_c), el índice de recompresión o entumecimiento (C_r) y la presión de preconsolidación (σ'_p), parámetro que permitió diferenciar si el suelo trabajaba en recompresión, en compresión virgen o en un estado mixto.

Posteriormente, se calculó el esfuerzo vertical efectivo inicial ($\sigma'_{0'}$) en el centro de cada subcapa del estrato compresible a partir del peso específico del terreno y de la (σ'_f) se obtuvo sumando al esfuerzo efectivo inicial el incremento de esfuerzo inducido por la estructura ($\Delta \sigma_z$), calculado mediante el método 2:1, según la expresión:

$$\Delta \sigma_z = \frac{q_0 \times B \times L}{(B+z)(L+z)} \quad (85)$$

Donde: q_0 es la presión neta aplicada por la estructura, B es el ancho de cimentación, L es el largo de cimentación y z es la profundidad medida desde la base de la cimentación hasta el centro de la subcapa analizada.

La profundidad activa del estrato compresible se definió mediante la verificación, para cada subcapa, de la relación entre el incremento de esfuerzo inducido y el esfuerzo efectivo inicial del terreno. Se consideró como zona activa aquella en la que:

$$\frac{\Delta \sigma_z}{\sigma'_{0'}} \geq 0.10 \quad (86)$$

De esta manera, el asentamiento por consolidación se calculó únicamente en el espesor del estrato en el que el incremento de esfuerzo conservó relevancia geotécnica.

Una vez definidos σ_0' , σ_f' y σ_p' , se seleccionó la ecuación de asentamiento correspondiente al estado de consolidación del suelo. Cuando el esfuerzo final permaneció por debajo de la presión de preconsolidación ($\sigma_f' \leq \sigma_p'$) el suelo trabajó en recompresión y el asentamiento se calculó mediante:

$$S_c = \frac{C_r}{1+e_0} H \times \log \left(\frac{\sigma_f'}{\sigma_0'} \right) \quad (87)$$

Cuando el esfuerzo inicial ya era igual o superior a la presión de preconsolidación ($\sigma_0' \geq \sigma_p'$) el suelo trabajó en compresión virgen, por lo que el asentamiento se determinó con:

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \times \log \left(\frac{\sigma_f'}{\sigma_0'} \right) \quad (88)$$

Finalmente, cuando el esfuerzo inicial fue menor que la presión de preconsolidación, pero el esfuerzo final la superó ($\sigma_0' < \sigma_p' < \sigma_f'$) el suelo presentó comportamiento mixto, por lo que el asentamiento se calculó como la suma de la recompresión y la compresión virgen:

$$S_c = \frac{C_r}{1+e_0} H \times \log \left(\frac{\sigma_p'}{\sigma_0'} \right) + \frac{C_c}{1+e_0} H \times \log \left(\frac{\sigma_f'}{\sigma_p'} \right) \quad (89)$$

Donde: S_c es el asentamiento por consolidación primaria, C_c es el índice de compresión, C_r es el índice de recompresión o entumecimiento, e_0 es la relación de vacíos inicial, H es el espesor de la subcapa o del estrato compresible analizado, σ_0' es el esfuerzo vertical efectivo inicial, σ_f' es el esfuerzo vertical efectivo final y σ_p' es la presión de preconsolidación.

Para el cálculo final del asentamiento total por consolidación del perfil, el estrato compresible se subdividió en subcapas y se sumaron los asentamientos parciales obtenidos en cada una, a fin de representar de forma más realista la variación del incremento de esfuerzos con la profundidad.

3.6.7.2.Consideración del efecto de la disturbancia de la muestra.

Debido a que las muestras inalteradas fueron extraídas en calicatas, se consideró la posibilidad de disturbancia mecánica durante la excavación, el corte, la extracción y la manipulación del espécimen. Por ello, la interpretación del ensayo edométrico no se realizó únicamente de forma automática, sino mediante una revisión crítica de la curva $e-\log \sigma'$, en la que se evaluaron la coherencia del tramo de recompresión, el punto de cambio de pendiente y el desarrollo del tramo de compresión virgen. En particular, la presión de preconsolidación (σ_p') fue reinterpretada con criterio geotécnico a partir de la forma real de la curva, ya que la disturbancia puede suavizar el cambio de pendiente y conducir a una sobreestimación o subestimación de dicho parámetro.

Cabe precisar que en la presente investigación no se aplicó un procedimiento formal de corrección de la curva de laboratorio para reconstruir la curva virgen de campo. En su lugar, se evaluó el posible efecto de disturbancia a partir de la consistencia de la curva edométrica, se reinterpretó la presión de preconsolidación (σ_p') y se refinó el cálculo del asentamiento mediante la definición de la profundidad activa y el análisis del incremento de esfuerzos por subcapas con el método 2:1. Este procedimiento permitió obtener valores de asentamiento más consistentes con el comportamiento esperado del suelo en campo y evitar una sobreestimación derivada de considerar de manera uniforme todo el espesor explorado.

Se reconoce que las muestras obtenidas mediante calicatas pueden presentar cierto grado de disturbancia debido al alivio de esfuerzos durante la excavación, al recorte manual del bloque, a la manipulación y al transporte. Esta condición puede suavizar la curva $e-\log \sigma'$, modificar la identificación de la presión de preconsolidación y alterar parcialmente los valores de C_c , C_r y C_v . Por ello, los resultados del ensayo edométrico se interpretaron como representativos del comportamiento del suelo dentro

del alcance experimental del estudio, sin recurrir a procedimientos avanzados de corrección de curvas. Esta condición constituye una limitación metodológica, por lo que los asentamientos calculados deben entenderse como estimaciones geotécnicas basadas en muestras cuidadosamente extraídas, pero no equivalentes a mediciones in situ de la deformación del terreno.

3.6.7.3.Determinación del incremento de esfuerzos verticales.

Para la determinación del incremento de esfuerzos verticales en profundidad se empleó el método de distribución 2:1, debido a su aplicación práctica en cimentaciones superficiales y a que permite estimar razonablemente la disipación del esfuerzo transmitido por la estructura con la profundidad, a partir de las dimensiones reales de la cimentación y de la presión neta aplicada por cada pabellón. En este procedimiento se consideró que la carga se dispersa con una pendiente vertical de 2:1, de modo que el área de influencia aumenta progresivamente a medida que aumenta la profundidad. El incremento de esfuerzo vertical ($\Delta\sigma_z$) en el centro de cada subcapa del estrato compresible se calculó mediante la expresión:

$$\Delta\sigma_z = \frac{q_0 \times B \times L}{(B+z)(L+z)} \quad (90)$$

Donde q_0 es la presión neta aplicada por la estructura, B es el ancho de cimentación, L es el largo de cimentación y z es la profundidad medida desde la base de la cimentación hasta el centro de la subcapa analizada. La elección de este método permitió vincular directamente el metrado de las cargas reales de los pabellones con la distribución de esfuerzos en el subsuelo, lo que permitió obtener una estimación simplificada pero consistente con el nivel de detalle del estudio geotécnico desarrollado. Si bien métodos como Boussinesq o Westergaard proporcionan distribuciones teóricas más rigurosas, el método 2:1 resultó adecuado para el objetivo de la investigación, ya que facilitó la

evaluación del bulbo de presiones, la definición de la profundidad activa y el cálculo del asentamiento por consolidación mediante subcapas.

3.6.7.4.Determinación del tiempo de asentamiento.

El tiempo de consolidación (t) para alcanzar un determinado grado de consolidación U (90 % y 95 %) se determinó empleando la relación adimensional de la teoría de consolidación:

$$t = \frac{T_v \times H_d^2}{C_v} \quad (91)$$

Donde: T_v es el factor de tiempo correspondiente al grado de consolidación U ; H_d es la altura de drenaje del estrato consolidante; y C_v es el coeficiente de consolidación del suelo.

Tabla 39

Factor de tiempo (T_v) correspondiente al grado de consolidación

(U)	T_v
50%	0.197
90%	0.848
95%	1.129
99%	1.781

Nota. Tabla proporcionada por el laboratorio de mecánica de suelos de la EPIC.

3.6.7.5.Determinación del asentamiento total

Para determinar el asentamiento total de la edificación, se ha sumado el asentamiento por consolidación primaria y el asentamiento elástico (instantáneo).

$$S_t = S_e + S_c \quad (92)$$

Donde: S_t asentamiento total, S_e asentamiento elástico, S_c asentamiento primario.

3.7. Procedimientos de análisis de datos

La información obtenida en campo y en laboratorio fue organizada, depurada y sistematizada mediante el software Microsoft Excel 2025, empleando herramientas de estadística descriptiva, tales como promedios, desviación estándar y medidas de

tendencia central. Este procesamiento permitió el ordenamiento, agrupamiento y asociación de los datos, así como su representación en tablas y gráficos.

El análisis de los datos tuvo como finalidad evaluar las relaciones entre las variables de estudio y sustentar la aceptación o el rechazo de la hipótesis planteada. Para ello, se emplearon los software SPSS v.26 y Minitab 22, con los cuales se verificó previamente la normalidad de los datos mediante la prueba de Anderson-Darling. Al confirmarse la tendencia normal, se aplicaron pruebas paramétricas, específicamente la correlación de Pearson para analizar el grado de relación entre variables y la prueba t de Student para contrastar diferencias significativas.

3.8. Material y equipos (descripción del uso)

Para la obtención de datos de la investigación se emplearon materiales y equipos destinados a (i) la excavación y muestreo de suelos mediante calicatas, (ii) el registro de la ubicación y la evidencia de campo, (iii) la preparación de muestras y la ejecución de ensayos físico-mecánicos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPIC-UNACH, y (iv) el procesamiento y análisis de resultados para la estimación de la capacidad portante, los asentamientos y los tiempos de consolidación. En la Tabla 40 se presenta un resumen de los principales materiales y equipos utilizados, junto con su función operativa en el proceso.

Tabla 40

Materiales y equipos utilizados para la obtención de datos

Material / equipo	Uso específico en la investigación
GPS de mano	Georreferenciar los puntos de exploración (calicatas C1–C6) en el sistema de coordenadas UTM.
Pico	Excavación manual de calicatas hasta 3.00 m.
Palana (pala)	Excavación y conformación de paredes/fondo de calicata; retiro y acopio del material excavado.
Estacas / pintura / cinta	Señalización de los puntos de exploración y delimitación del área de trabajo para la seguridad y el control.
Bolsas plásticas herméticas	Almacenamiento de muestras alteradas para ensayos de humedad, de granulometría y de límites de consistencia.

Material / equipo	Uso específico en la investigación
Molde cúbico de madera	Extracción de muestras inalteradas, con la mínima perturbación, para consolidación unidimensional y corte directo.
Cinta métrica / flexómetro	Medición de las dimensiones de la calicata y control de la profundidad de muestreo.
Cámara / celular	Registro fotográfico.
Cajas plásticas / contenedores	Traslado seguro de muestras al laboratorio, minimizando la pérdida de humedad y las perturbaciones.
Horno de secado	Secado de muestras a 105–110 °C para determinar el contenido de humedad.
Balanza de precisión	Pesaje de la muestra húmeda y de la seca para el cálculo de la humedad.
Juego de tamices normalizados	Separación por tamaños y cálculo de los porcentajes de retenidos y pasantes.
Tamizador mecánico	Vibración controlada del conjunto de tamices.
Tamiz N.º 40	Preparación de la fracción fina para LL y LP conforme a la norma.
Aparato de Casagrande	Determinación del LL mediante los golpes requeridos para el cierre estándar del surco.
Placa de vidrio	Conformación de rollitos de 3 mm para la determinación del LP.
Equipo de corte directo	Aplicación de cargas normales y de esfuerzo cortante para obtener c y ϕ del suelo.
Anillo y caja de corte	Confinamiento de la muestra y control del plano de falla durante el ensayo.
Consolidómetro (edometro)	Aplicación de incrementos de carga vertical y medición de la deformación en función del tiempo.
Piedras porosas y anillo edométrico	Drenaje y confinamiento de la muestra inalterada durante el ensayo.
Computadora	Sistematización de datos y elaboración de tablas/gráficos.

3.9. Aspectos éticos

Durante la ejecución de la investigación, se aplicaron principios éticos orientados a garantizar el respeto institucional, la integridad científica y la trazabilidad de la información, en concordancia con los criterios de rigor científico. En ese marco, se consideró lo siguiente: (Noreña et al., 2012)

Consentimiento informado. Se gestionó el permiso correspondiente para realizar las calicatas, el muestreo de suelos y el registro fotográfico dentro del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH, informando sobre el propósito del estudio, las actividades a desarrollar y el uso académico de los resultados.

No maleficencia y seguridad en campo. Las actividades de excavación y muestreo se ejecutaron priorizando la seguridad del personal y la no afectación de las

instalaciones, delimitando los puntos de exploración, y aplicando medidas preventivas para evitar accidentes y daños a elementos superficiales.

Confidencialidad y uso responsable de la información. Los datos obtenidos de expedientes técnicos, planos, estudios preliminares y registros internos se utilizaron exclusivamente con fines académicos. Cuando correspondió, se consignó la fuente y se evitó difundir información sensible o no autorizada.

Transparencia metodológica y reproducibilidad. Se documentó de forma verificable el procedimiento de muestreo, los ensayos de laboratorio aplicados (según las normas NTP correspondientes), los supuestos de análisis (por ejemplo, factores de seguridad, combinaciones de carga, condiciones de drenaje) y las unidades empleadas, de modo que los resultados sean auditables y replicables.

Veracidad e integridad de los datos. Se garantizó que los resultados reportados corresponden a registros reales de campo y de laboratorio, sin alteraciones, omisiones selectivas ni manipulaciones.

Imparcialidad y control de sesgos. La selección de puntos de exploración se realizó según el criterio normativo (E.050) y la distribución técnica por área techada, evitando la selección orientada por conveniencia.

Rigor científico y cumplimiento normativo. Se emplearon métodos reconocidos en geotecnia (Terzaghi, consolidación unidimensional y ecuaciones normativas), así como instrumentos normalizados y ensayos conforme a la NTP.

Originalidad académica y prevención del plagio. Se respetaron los derechos de autor mediante la citación formal de normas, tesis, artículos y fuentes técnicas. Asimismo, las redacciones, tablas y análisis del informe corresponden al desarrollo propio de la presente investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Propiedades físicas y mecánicas del suelo para estimar la capacidad portante admisible de la cimentación*

La Tabla 41 presenta la caracterización geotécnica de los suelos de fundación identificados en las seis calicatas del campus universitario Colpa Matara, basada en sus propiedades físicas y mecánicas. En términos de consistencia y plasticidad, los valores de límite líquido (36–54%) e índice de plasticidad (13–25%) evidencian la presencia predominante de suelos finos de mediana a alta plasticidad, clasificados según SUCS como CH, MH, CL y GC.

En cuanto a las propiedades mecánicas, los valores de cohesión varían entre 0.23 y 0.33 kg/cm², mientras que los ángulos de fricción interna son bajos en la mayoría de los casos (4.66°–9.60°), excepto en las calicatas C3 y C5, donde se alcanzan valores superiores a 12°. Esta combinación de cohesión moderada y ángulo de fricción reducido es típica de suelos cohesivos saturados y explica los valores moderados de la capacidad portante admisible obtenidos.

Bajo una condición geométrica uniforme ($D_f = 1.50$ m y $B = 1.50$ m), las capacidades portantes admisibles son mayores en cimentaciones cuadradas que en corridas, con valores comprendidos entre 0.74 y 0.91 kg/cm². Se destaca la calicata C5 como la de mejor comportamiento portante, lo cual es coherente con su mayor densidad húmeda y su mayor ángulo de fricción interna, calicata situada en el emplazamiento de la cimentación del pabellón de Contabilidad.

Tabla 41

Propiedades físico-mecánicas del suelo de cimentación del campus universitario

Colpa Matara

Propiedades físico-mecánicas	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Humedad (%)	26.7	37.9	14	37.8	27.7	23.2
Límite líquido	52	50	36	52	41	54
Límite plástico	28	30	23	28	24	29
Índice de plasticidad	24	20	13	24	17	25
Clasificación SUCS	CH	MH	CL	CH	GC	MH
Clasificación AASHTO	A-7-6(16)	A-7-5(14)	A-6(5)	A-7-6(16)	A-7-6(4)	A-7-6(17)
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.75	1.73	1.75	1.75	2.07	1.73
Cohesión (kg/cm ²)	0.33	0.31	0.24	0.32	0.23	0.28
Ángulo de fricción (°)	4.66	5.23	12.23	5.07	13.86	9.6
Profundidad de cimentación	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Ancho de cimentación	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Capacidad portante (kg/cm ²)						
Cimentación corrida	0.62	0.6	0.69	0.61	0.78	0.69
Cimentación cuadrada	0.77	0.74	0.83	0.75	0.91	0.83

Figura 31

Perfil estratigráfico de las calicatas del campus universitario Colpa Matara –

UNACH

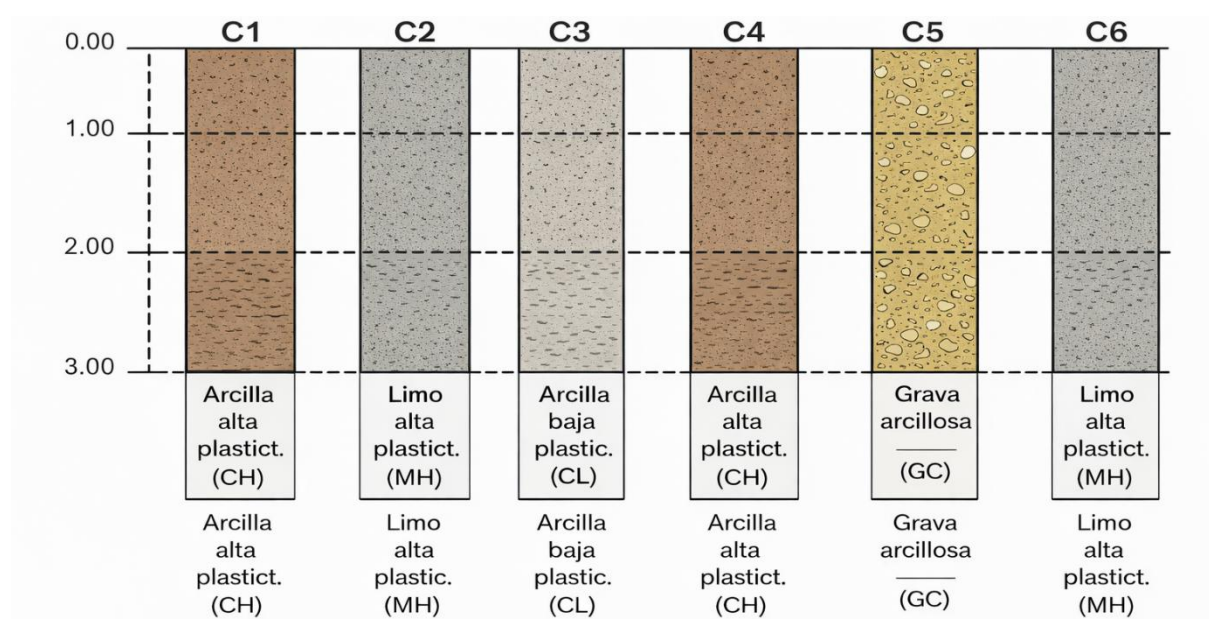
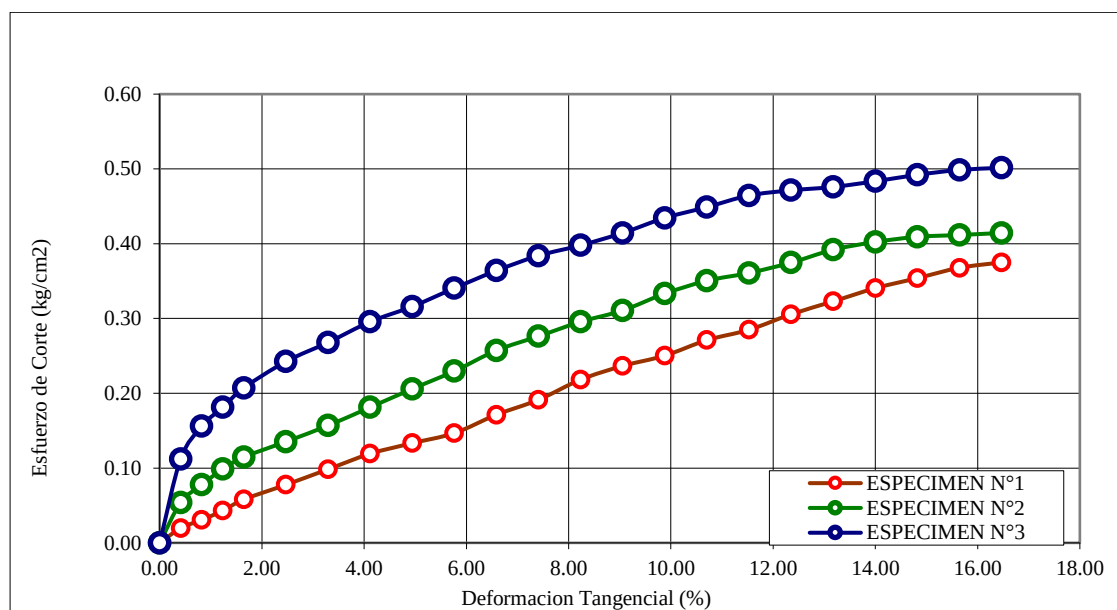


Figura 32

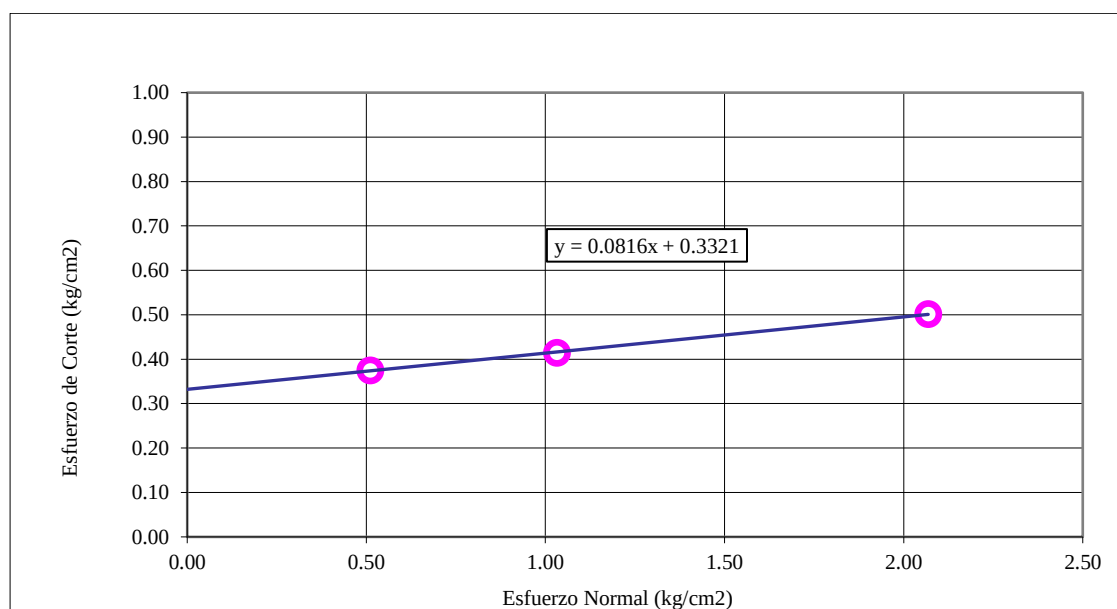
Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C1



Nota. El espécimen N.º 3 presenta los mayores valores de esfuerzo de corte para un mismo nivel de deformación, lo que indica una mayor resistencia al corte bajo mayores cargas normales.

Figura 33

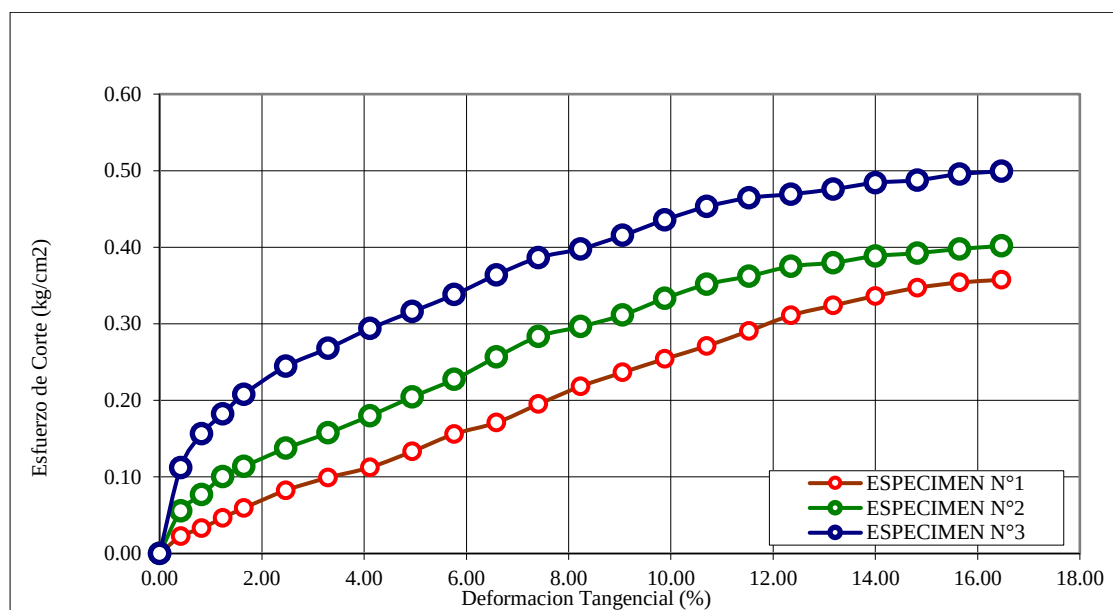
Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C1



Nota. La ecuación lineal ajustada ($\tau = 0.0816\sigma + 0.3321$) permitió determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, identificándose una cohesión aproximada de 0.33 kg/cm² y un ángulo de fricción bajo de 4.7°.

Figura 34

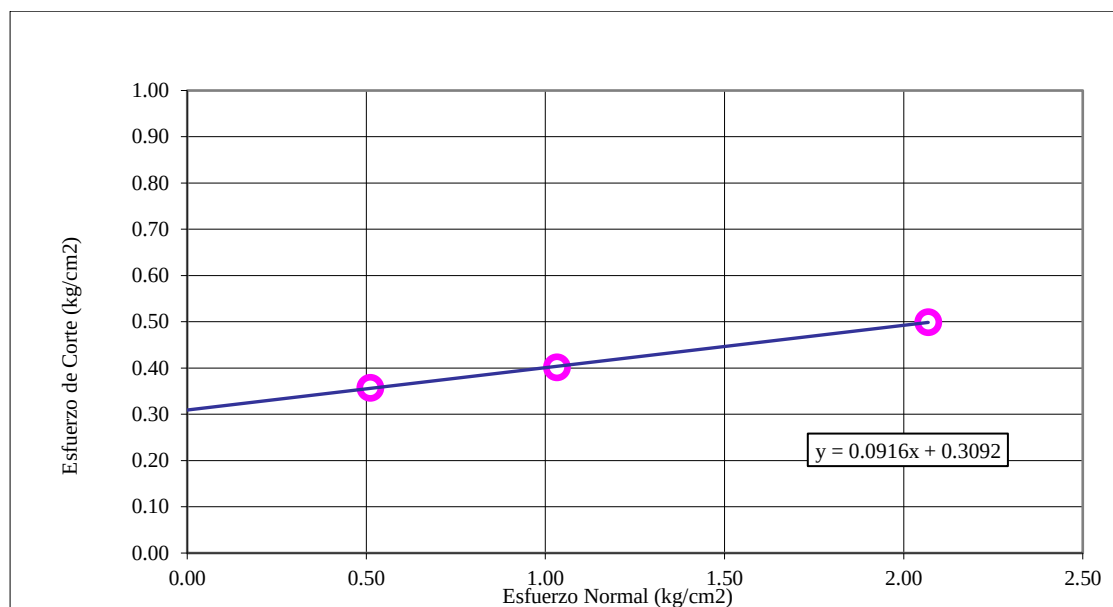
Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C2



Nota. El espécimen N.º 3 presenta los mayores valores de esfuerzo de corte para un mismo nivel de deformación, lo que indica una mayor resistencia al corte bajo mayores cargas normales.

Figura 35

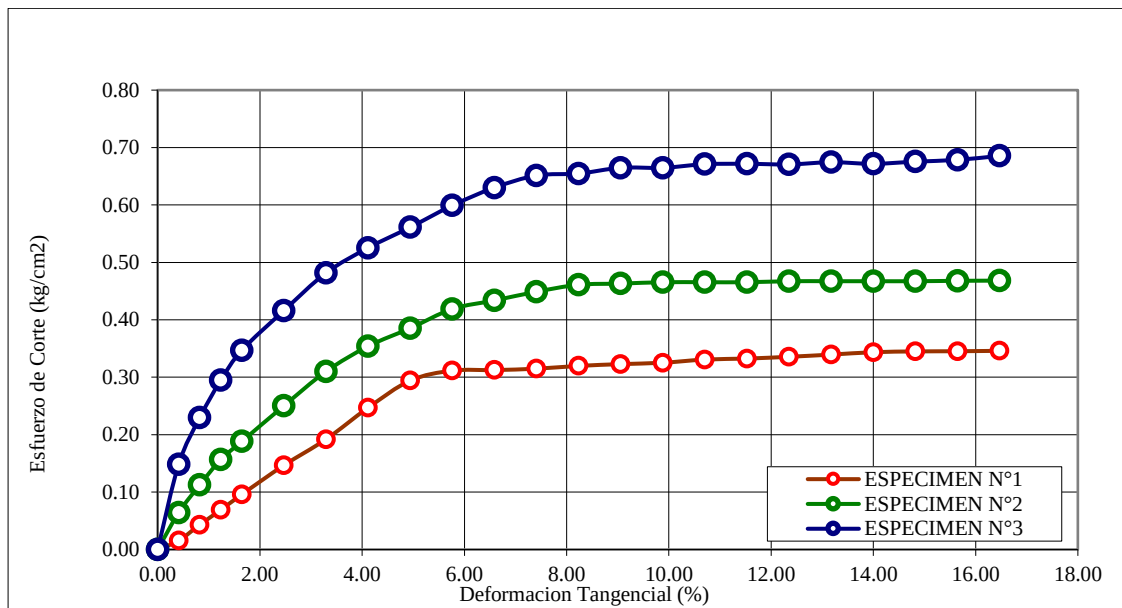
Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C2



Nota. La ecuación lineal ajustada ($\tau = 0.0916\sigma + 0.3092$) permitió determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, identificándose una cohesión aproximada de 0.31 kg/cm² y un ángulo de fricción bajo de 5.2°.

Figura 36

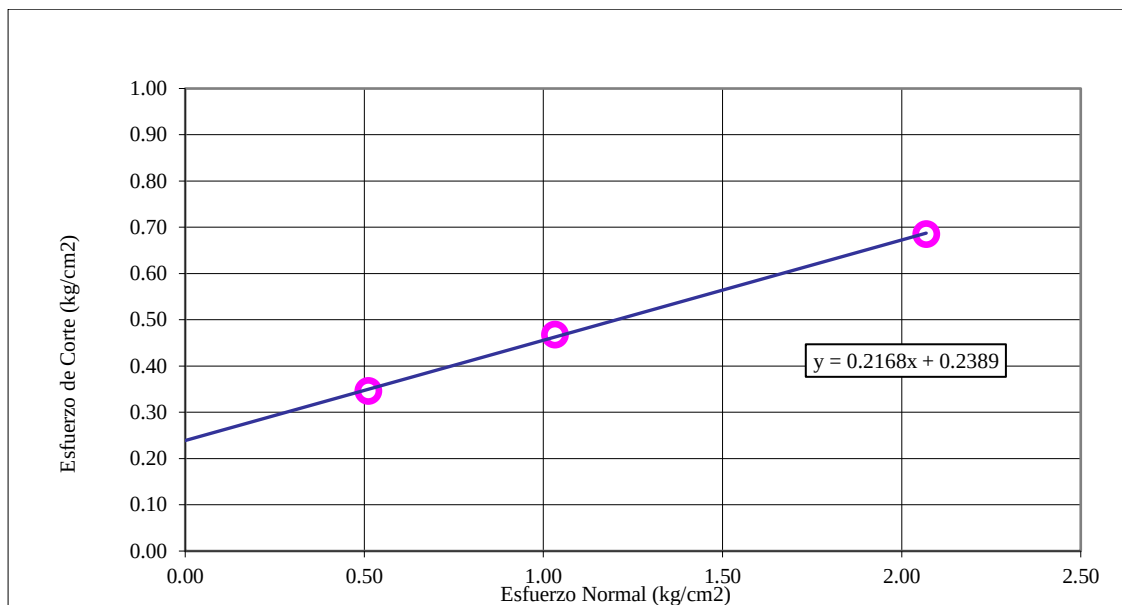
Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C3



Nota. El espécimen N.º 3 presenta los mayores valores de esfuerzo de corte para un mismo nivel de deformación, lo que indica una mayor resistencia al corte bajo mayores cargas normales.

Figura 37

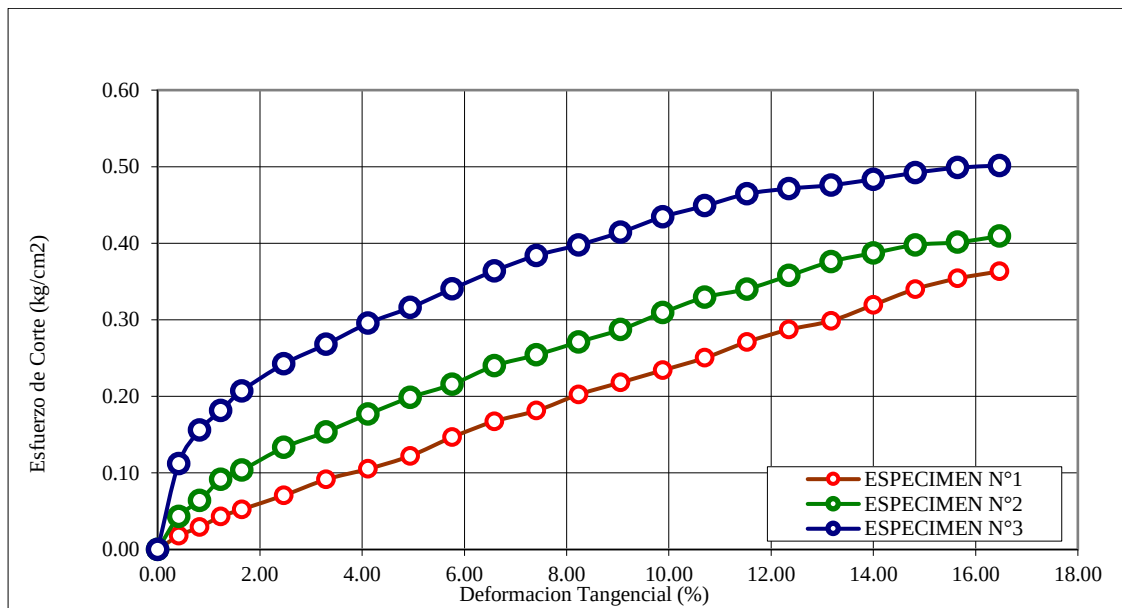
Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C3



Nota. La ecuación lineal ajustada ($\tau = 0.2168\sigma + 0.2389$) permitió determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, identificándose una cohesión aproximada de 0.24 kg/cm² y un ángulo de fricción bajo de 12.2°.

Figura 38

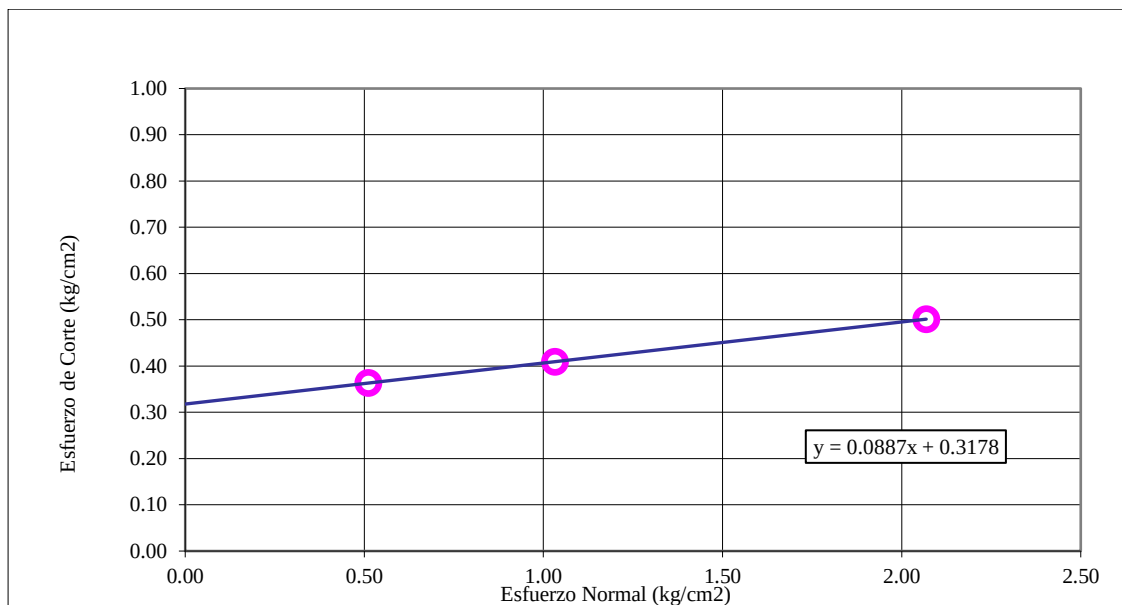
Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C4



Nota. El espécimen N.º 3 presenta los mayores valores de esfuerzo de corte para un mismo nivel de deformación, lo que indica una mayor resistencia al corte bajo mayores cargas normales.

Figura 39

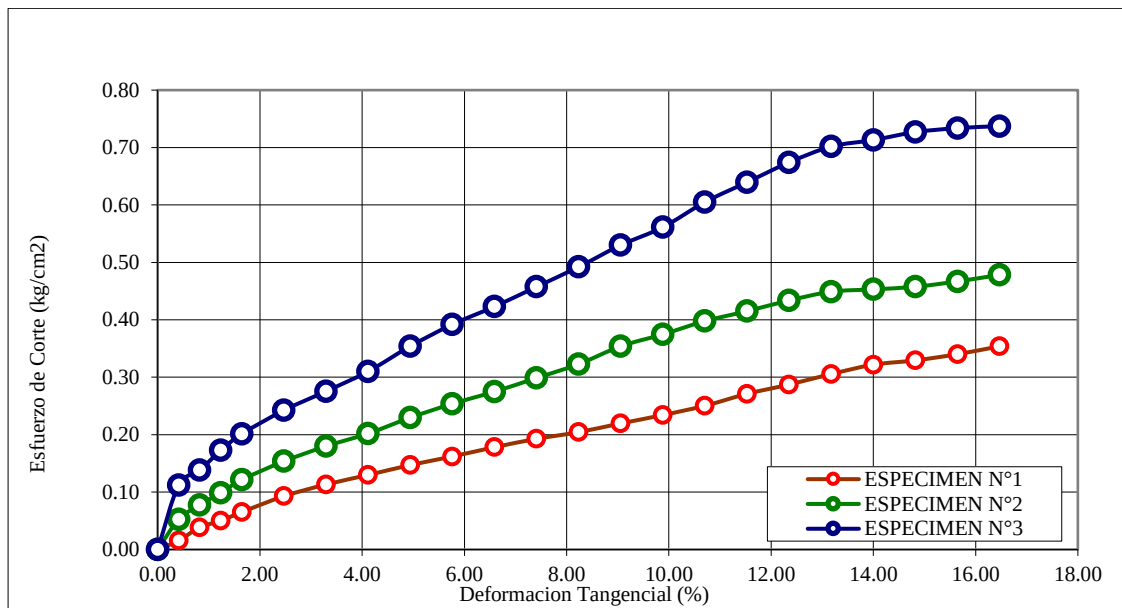
Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C4



Nota. La ecuación lineal ajustada ($\tau = 0.0887\sigma + 0.3178$) permitió determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, identificándose una cohesión aproximada de 0.32 kg/cm² y un ángulo de fricción bajo de 5.1°.

Figura 40

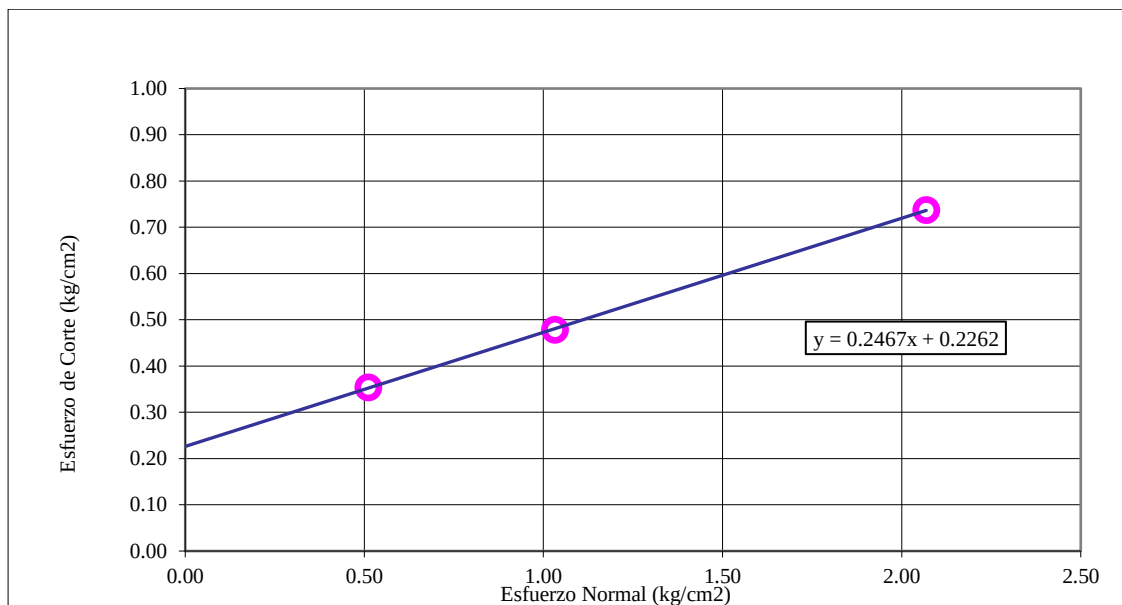
Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C5



Nota. El espécimen N.º 3 presenta los mayores valores de esfuerzo de corte para un mismo nivel de deformación, lo que indica una mayor resistencia al corte bajo mayores cargas normales.

Figura 41

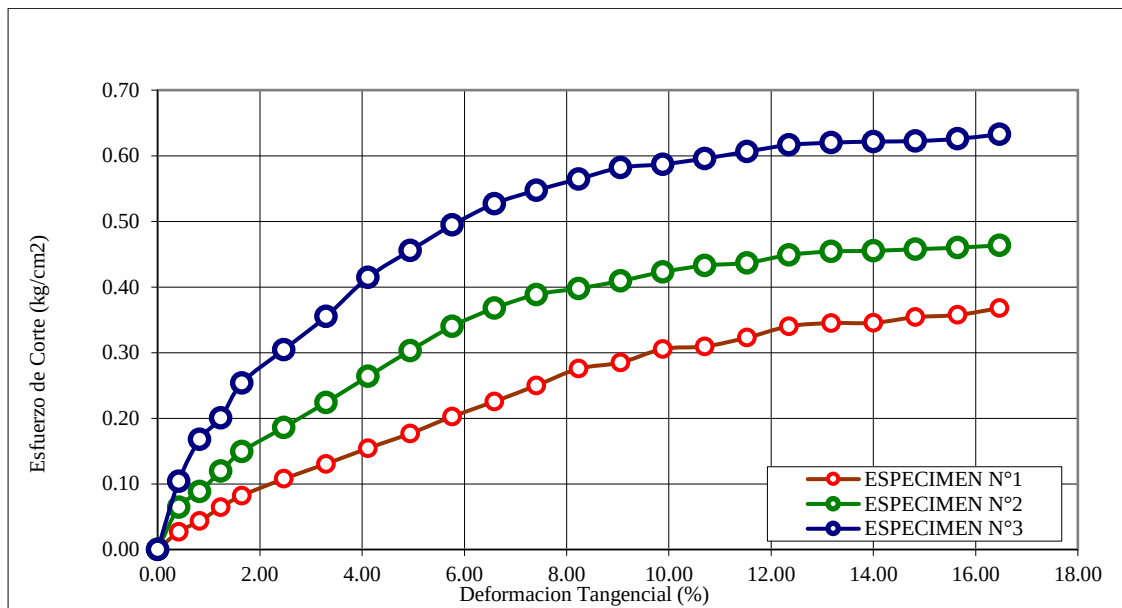
Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C5



Nota. La ecuación lineal ajustada ($\tau = 0.2467\sigma + 0.2262$) permitió determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, identificándose una cohesión aproximada de 0.23 kg/cm² y un ángulo de fricción bajo de 13.9°.

Figura 42

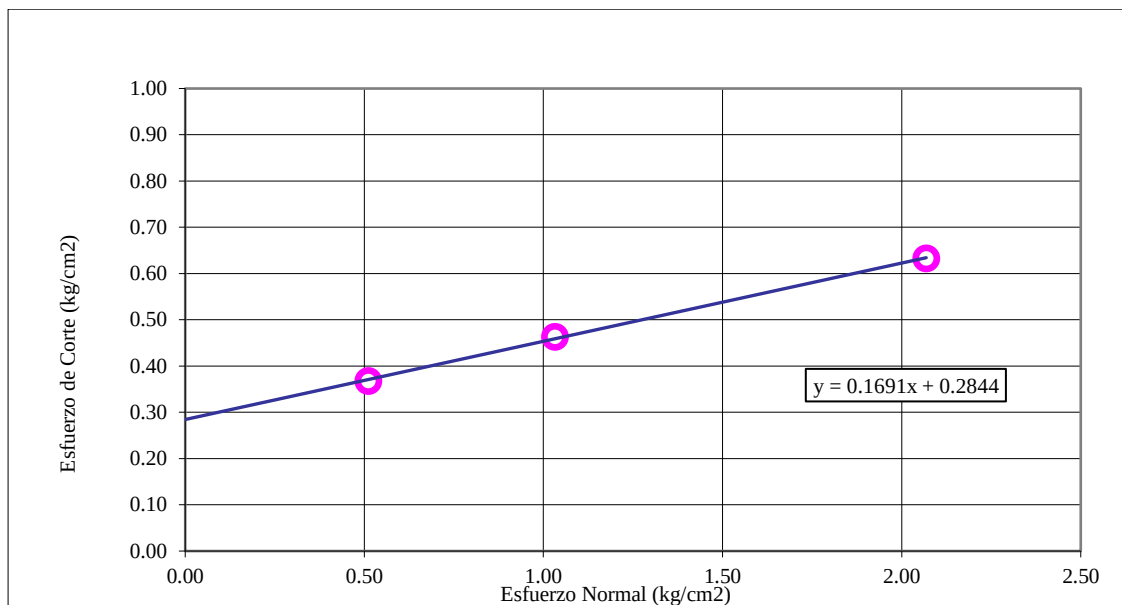
Deformación tangencial versus esfuerzo de corte – Calicata C6



Nota. El espécimen N.º 3 presenta los mayores valores de esfuerzo de corte para un mismo nivel de deformación, lo que indica una mayor resistencia al corte bajo mayores cargas normales.

Figura 43

Relación esfuerzo normal – esfuerzo de corte (envolvente de falla) – Calicata C6



Nota. La ecuación lineal ajustada ($\tau = 0.1691\sigma + 0.2844$) permitió determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, identificándose una cohesión aproximada de 0.28 kg/cm² y un ángulo de fricción bajo de 9.6°.

La Tabla 42 incorpora las dimensiones reales de cimentación de cada pabellón, lo que permite evaluar la capacidad portante del suelo en condiciones de servicio. Se observa que los pabellones de Ingeniería Civil, Contabilidad e Ingeniería Forestal y Ambiental presentan anchos de cimentación significativamente mayores (16.66–20.00 m), lo que incrementa el término asociado al peso propio del suelo ($\gamma \cdot B \cdot N\gamma$) y, en consecuencia, la capacidad portante última. Los resultados indican que, bajo el criterio de falla local, las capacidades portantes admisibles aumentan notablemente en los pabellones con mayor ancho de cimentación, alcanzando valores de 1.17–1.38 kg/cm² en las calicatas C5 y C6, asociadas a Contabilidad e Ingeniería Forestal y Ambiental, respectivamente. En contraste, los pabellones de Enfermería (C3 y C4), con anchos de zapata menores (3.25 m), presentan capacidades portantes inferiores, aunque coherentes con sus propiedades mecánicas y con su profundidad de desplante.

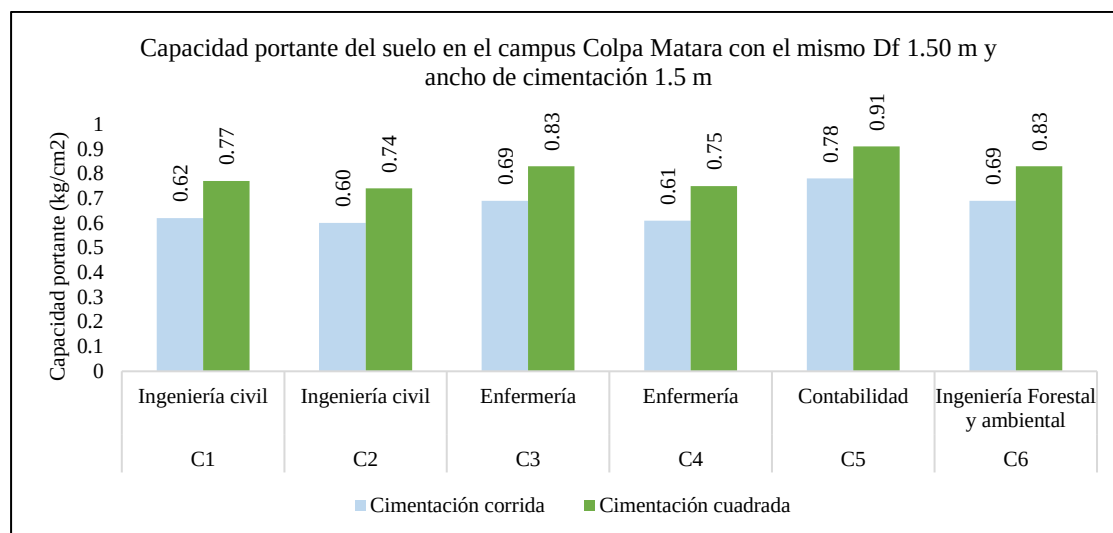
Tabla 42

Capacidad portante del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara

Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	Ingeniería forestal y ambiental
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.75	1.73	1.75	1.75	2.07	1.73
Cohesión (kg/cm ²)	0.33	0.31	0.24	0.32	0.23	0.28
Ángulo de fricción (°)	4.66	5.23	12.23	5.07	13.86	9.6
Profundidad de cimentación (m)	2.91	2.91	1.5	1.5	2.00	2.40
Ancho de cimentación (m)	17.7	17.7	3.25	3.25	16.66	20
Factor de seguridad	3	3	3	3	3	3
Factores de capacidad de carga						
Nc	6.66	6.79	8.71	6.76	9.26	7.91
Nq	1.36	1.42	2.26	1.4	2.52	1.89
Ny	0.24	0.27	0.77	0.26	0.93	0.56
Capacidad portante falla local (kg/cm ²)						
Cimentación corrida	0.85	0.84	0.73	0.62	1.35	1.08
Cimentación cuadrada	0.97	0.95	0.86	0.76	1.38	1.17

Figura 44

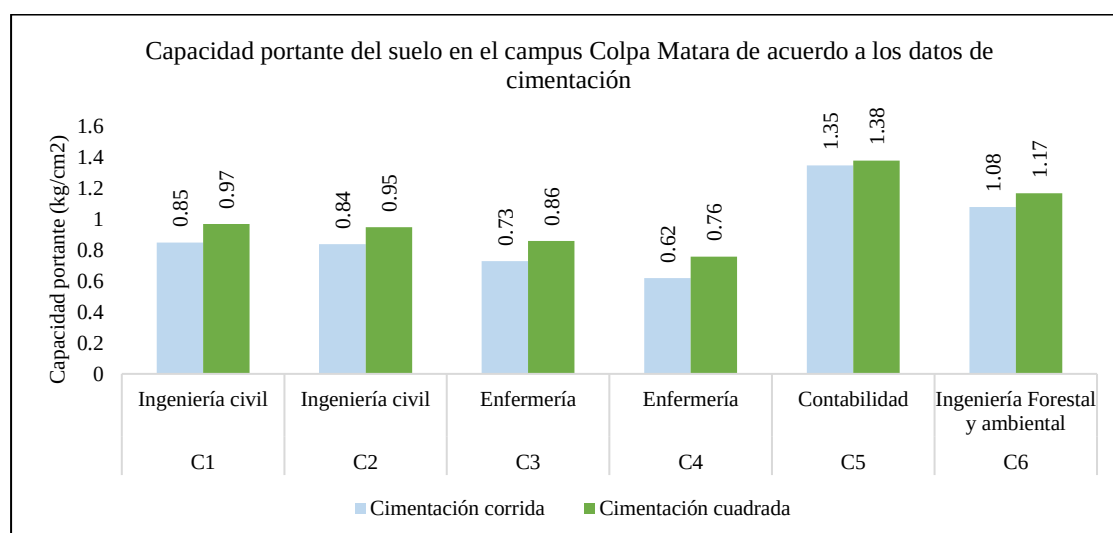
Capacidad portante admisible del suelo con profundidad de desplante $D_f = 1.50$ m y ancho de cimentación $B = 1.50$ m en el Campus Universitario Colpa Matara



Nota. La figura muestra la capacidad portante admisible del suelo obtenida para las seis calicatas evaluadas, considerando condiciones geométricas uniformes de cimentación ($D_f = 1.50$ m y $B = 1.50$ m).

Figura 45

Capacidad portante admisible del suelo según las dimensiones reales de cimentación de los pabellones del Campus Universitario Colpa Matara



Nota. La figura presenta la capacidad portante admisible del suelo, calculada a partir de las dimensiones reales de las cimentaciones de cada pabellón, lo que permite evaluar el comportamiento del suelo bajo condiciones representativas del estado actual de las edificaciones.

Figura 46

Clasificación SUCS del suelo de cimentación del campus Colpa Matara

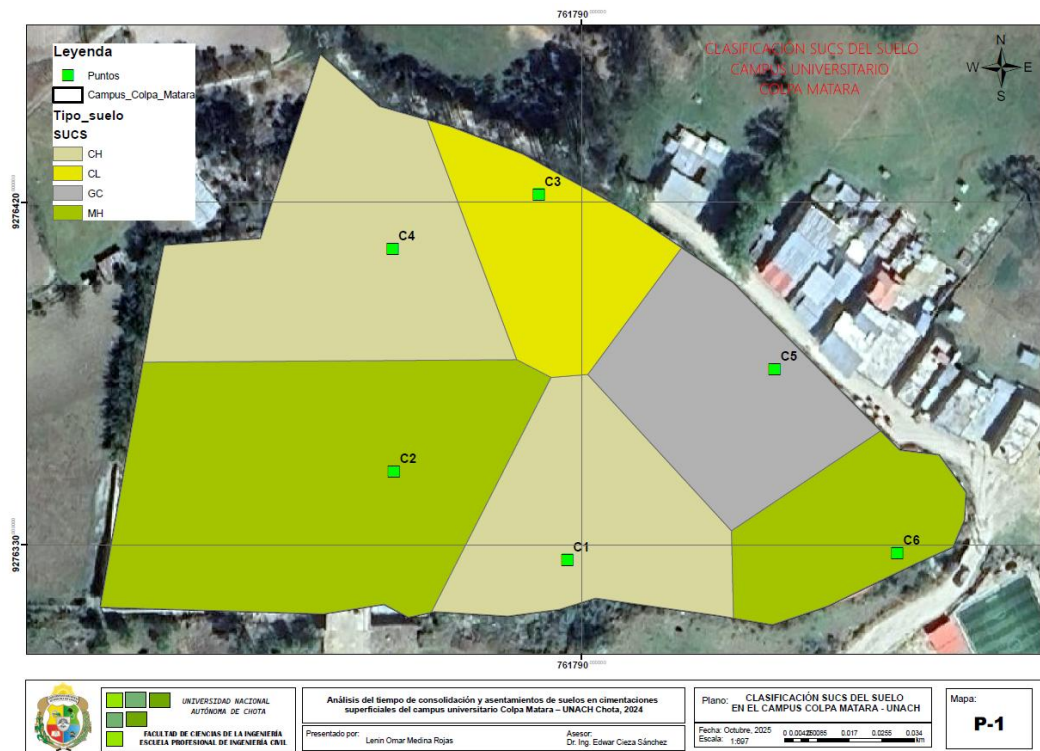
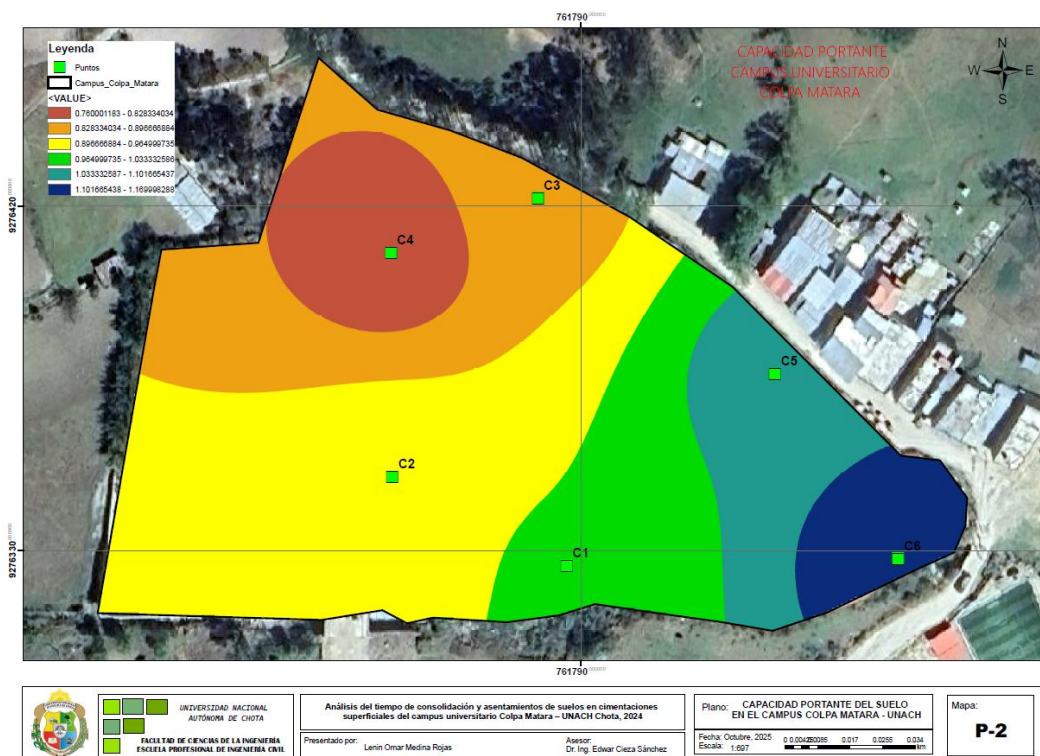


Figura 47

Capacidad portante del suelo de cimentación del campus Colpa Matara



4.1.2. Asentamiento elástico inmediato del suelo

La Tabla 43 muestra que el módulo de elasticidad equivalente del suelo varió entre 68.92 y 293.25 kg/cm², equivalentes a 6.76 y 28.76 MPa, respectivamente. Esta variación evidencia una respuesta heterogénea ante la rigidez del terreno en el Campus Universitario Colpa Matara. El menor módulo correspondió a la calicata C4, ubicada en el pabellón de Enfermería, donde se obtuvo $E_{s,eq} = 68.92$ kg/cm² y el mayor asentamiento elástico, equivalente a 1.50 cm. La calicata C3, perteneciente al mismo pabellón, también presentó una rigidez reducida, con 84.39 kg/cm² y un asentamiento de 1.23 cm.

En contraste, la calicata C5, ubicada en el pabellón de Contabilidad, presentó el mayor módulo de elasticidad equivalente (293.25 kg/cm²) y el menor asentamiento inmediato (0.76 cm). La calicata C6 alcanzó una rigidez relativamente alta, de 216.60 kg/cm², asociada con un asentamiento de 0.84 cm. Por su parte, las calicatas C1 y C2 presentaron valores intermedios de 146.27 y 140.65 kg/cm², con asentamientos próximos entre sí: 0.90 y 0.94 cm, respectivamente.

Los resultados confirmaron que, dentro del conjunto evaluado, los suelos con mayor módulo de elasticidad equivalente presentaron deformaciones inmediatas menores. Esta tendencia coincide con la relación inversa identificada en el informe entre el módulo de elasticidad y el asentamiento elástico, cuya función de ajuste alcanzó $R^2 = 0.9393$. Desde el punto de vista geotécnico, el módulo representa la rigidez del suelo frente al incremento del esfuerzo aplicado; por tanto, valores mayores indican una menor deformación para una misma condición de carga, aunque su magnitud puede variar según el nivel de esfuerzos, el confinamiento y el método utilizado para estimarlo (Kimmerling, 2002; USACE, 1990).

Tabla 43

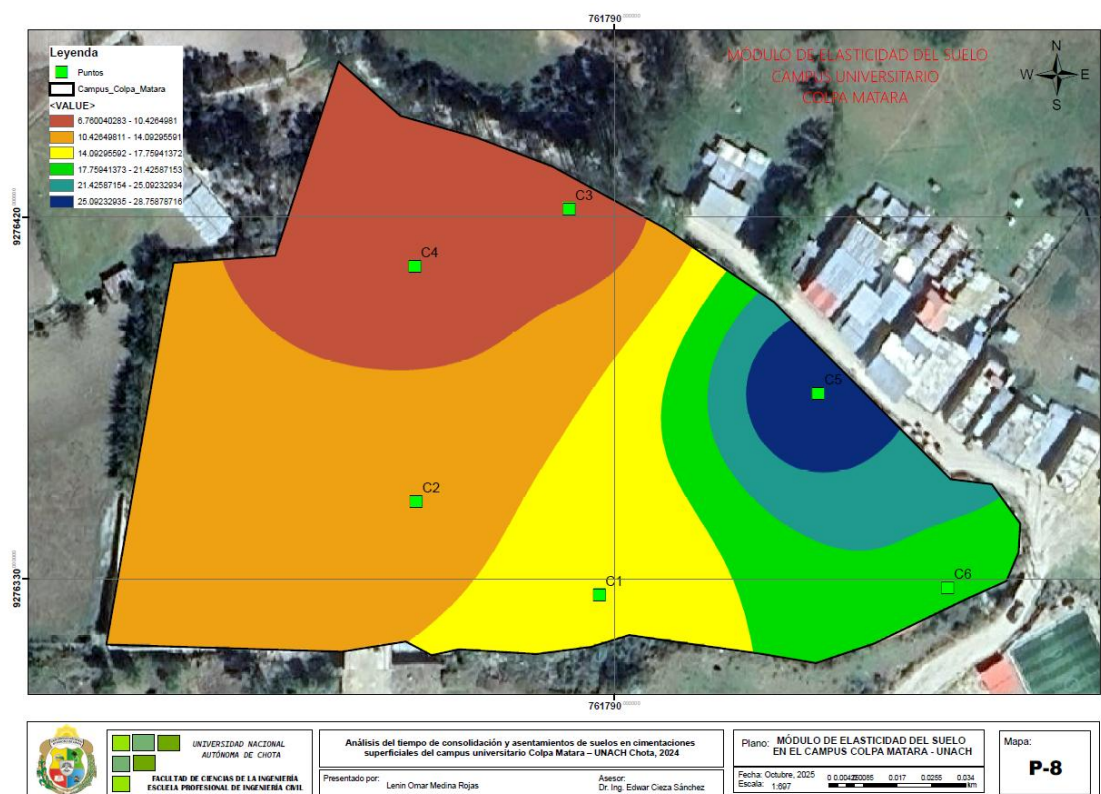
Módulo de elasticidad equivalente del suelo para el análisis del asentamiento inmediato

Calicata	Pabellón	SUCS	Presión de servicio q_0 (kg/cm ²)	Es,eq (kg/cm ²)	Es,eq (MPa)	Asentamiento elástico (cm)	Rigidez relativa
C1	Ingeniería Civil	CH	0.83	146.27	14.34	0.90	Intermedia
C2	Ingeniería Civil	MH	0.83	140.65	13.79	0.94	Intermedia
C3	Enfermería	CL	0.51	84.39	8.28	1.23	Baja
C4	Enfermería	CH	0.51	68.92	6.76	1.50	Más baja
C5	Contabilidad	GC	0.67	293.25	28.76	0.76	Más alta
C6	Ingeniería Forestal y Ambiental	MH	0.72	216.60	21.24	0.84	Alta

Nota. El módulo de elasticidad presentado corresponde a un valor equivalente en el intervalo de cargas de servicio y al modelo elástico utilizado para la estimación del asentamiento inmediato. La conversión se realizó considerando $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.0980665 \text{ MPa}$.

Figura 48

Módulo de elasticidad equivalente del suelo para el análisis del asentamiento inmediato



La Tabla 44 muestra que los asentamientos elásticos inmediatos calculados para los suelos de cimentación del campus universitario Colpa Matara varían entre 0.76 cm y 1.50 cm, valores que reflejan una respuesta deformacional instantánea moderada del terreno frente a las cargas de servicio transmitidas por las cimentaciones superficiales. El mayor asentamiento elástico corresponde a la calicata C4, ubicada en el pabellón de Enfermería, con un valor de 1.50 cm (15.00 mm), seguido por la calicata C3 del mismo pabellón, con 1.23 cm (12.30 mm). Este comportamiento se asocia principalmente a los menores módulos de elasticidad del suelo registrados en dichas calicatas, de 68.92 kg/cm² y 84.39 kg/cm², respectivamente, lo que evidencia una menor rigidez del terreno y, por tanto, una mayor deformabilidad inmediata ante la carga aplicada.

En contraste, los menores asentamientos elásticos se presentan en la calicata C5, correspondiente al pabellón de Contabilidad, con 0.76 cm (7.60 mm), y en la calicata C6, correspondiente a Ingeniería Forestal y Ambiental, con 0.84 cm (8.40 mm). En ambos casos, estos resultados guardan relación con módulos de elasticidad más altos, especialmente en C5, donde se registra el mayor valor del conjunto (293.25 kg/cm²), lo que favorece una respuesta más rígida del suelo. Por su parte, las calicatas C1 y C2 del pabellón de Ingeniería Civil presentan asentamientos intermedios de 0.90 cm y 0.94 cm, respectivamente, lo que evidencia un comportamiento relativamente uniforme.

La Tabla 44 permite verificar que todos los asentamientos elásticos obtenidos se mantienen por debajo del asentamiento máximo admisible de 2.54 cm, por lo que las seis calicatas evaluadas cumplen la condición de servicio en cuanto al asentamiento inmediato. El valor más exigente corresponde a la calicata C4, cuyo asentamiento representa el 59.06% del límite admisible, seguida por C3, con 48.43%. A pesar de ser los valores más altos, ambos permanecen dentro del rango permisible, lo que indica que el suelo de cimentación no presenta una deformación elástica instantánea crítica.

En términos generales, el asentamiento elástico inmediato no constituye el mecanismo más desfavorable en el comportamiento del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara, ya que en todos los casos, los valores calculados cumplen con el criterio de servicio. Sin embargo, se observa una clara influencia de la rigidez del suelo, representada por el módulo de elasticidad, sobre la magnitud del asentamiento inmediato, de modo que los sectores con menor rigidez, en particular los asociados al pabellón de Enfermería, presentan mayores deformaciones elásticas que los sectores con suelos más rígidos, como los de Contabilidad y EPIFA.

Tabla 44

Asentamiento elástico (inmediato) del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara

Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	Ingeniería forestal y ambiental
Capacidad de carga por asentamiento (kg/cm ²)	0.83	0.83	0.51	0.51	0.67	0.72
Longitud total del elemento de fundación	17.7	17.7	3.25	3.25	16.66	20
Ancho total del elemento de fundación	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Profundidad de desplante	2.91	2.91	1.5	1.5	2.00	2.40
Módulo de elasticidad del suelo (kg/cm ²)	146.27	140.65	84.39	68.92	293.25	216.6
Coeficiente de Poisson	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Asentamiento máximo admisible (cm)	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
Asentamiento elástico (cm)	0.90	0.94	1.23	1.50	0.76	0.84
Asentamiento elástico (mm)	9.00	9.40	12.30	15.00	7.60	8.40

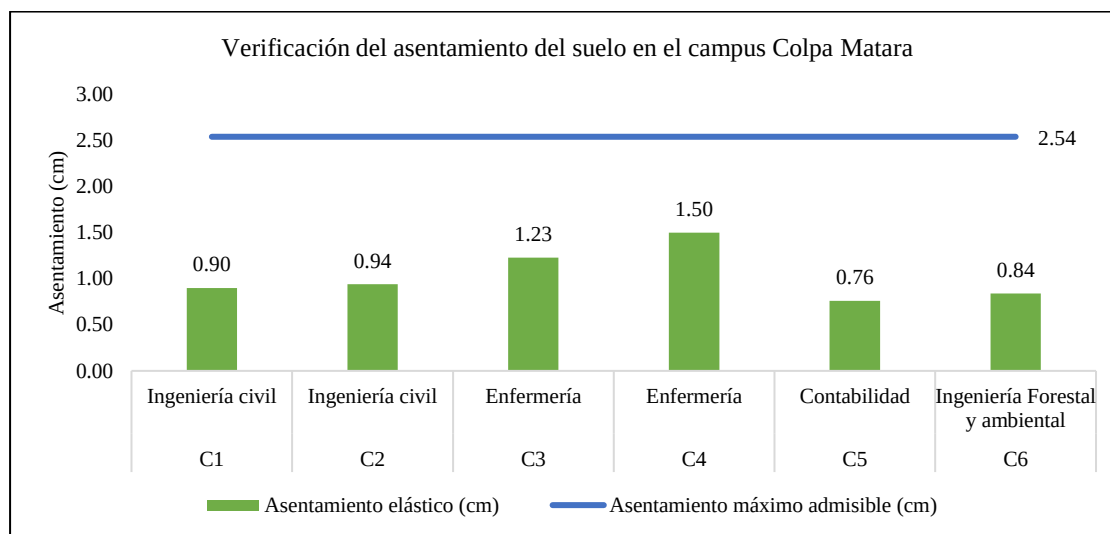
Tabla 45

Verificación de asentamientos elásticos del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara

Calicata	Pabellón	Asentamiento elástico (cm)	% que representa del asentamiento admisible	Condición de servicio
C1	Ingeniería civil	0.90	35.43%	Cumple
C2	Ingeniería civil	0.94	37.01%	Cumple
C3	Enfermería	1.23	48.43%	Cumple
C4	Enfermería	1.50	59.06%	Cumple
C5	Contabilidad	0.76	29.92%	Cumple
C6	EPIFA	0.84	33.07%	Cumple

Figura 49

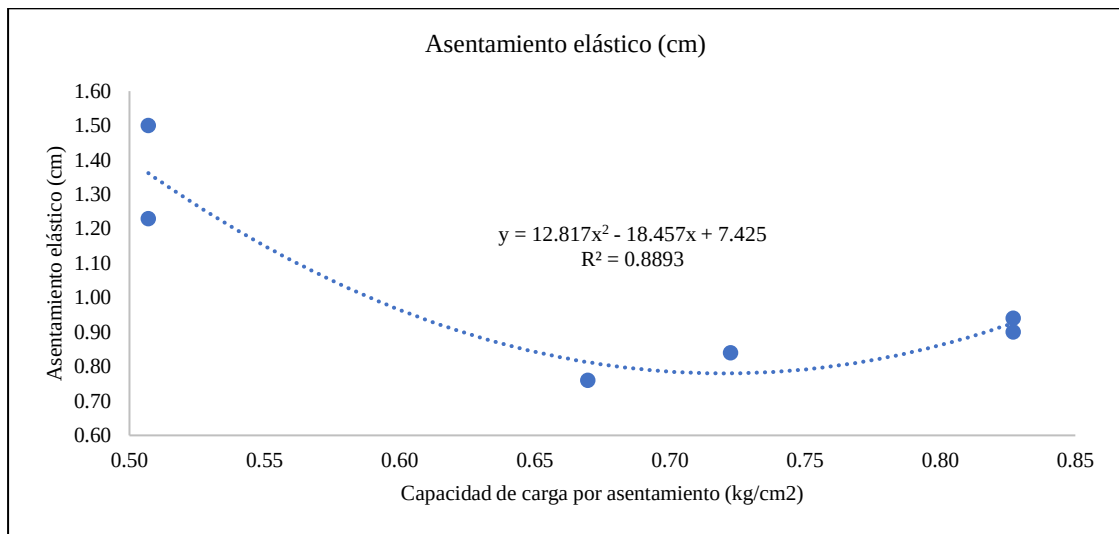
Comparación entre el asentamiento elástico calculado y el asentamiento máximo admisible en los pabellones del campus universitario Colpa Matara



Nota. En todos los pabellones evaluados, los valores de asentamiento elástico se encuentran por debajo del límite admisible, lo que indica que las cimentaciones superficiales analizadas cumplen con el criterio de servicio en cuanto a las deformaciones inmediatas. Los mayores asentamientos se registran en los pabellones de Ingeniería Civil (C1 y C2), asociados a menores módulos de elasticidad del suelo y mayores cargas transmitidas, mientras que el menor asentamiento corresponde al pabellón de Contabilidad (C5), coherente con un suelo de mayor rigidez.

Figura 50

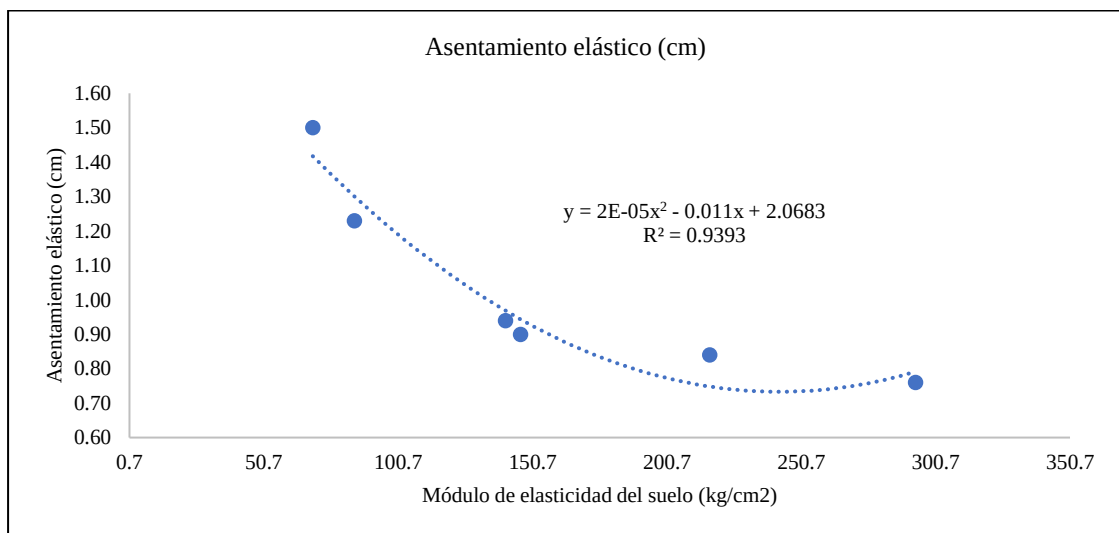
Relación entre capacidad de carga y asentamiento elástico del suelo



Nota. Hay una tendencia creciente entre la capacidad de carga y el asentamiento elástico con buen coeficiente de determinación ($R^2 = 0.8893$) lo que sugiere que existe una relación parabólica entre el asentamiento elástico y la capacidad de carga.

Figura 51

Influencia del módulo de elasticidad del suelo en el asentamiento elástico



Nota. En esta figura se observa una relación inversa claramente definida entre el módulo de elasticidad del suelo y el asentamiento elástico, evidenciada por un elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9393$). A medida que aumenta la rigidez del suelo, medida por valores más altos del módulo de elasticidad, el asentamiento inmediato disminuye significativamente.

Figura 52

Diagrama de asentamiento elástico calculado por la teoría de Boussinesq (Schleicher, 1926) para losa, calicata C1, C2 y C6

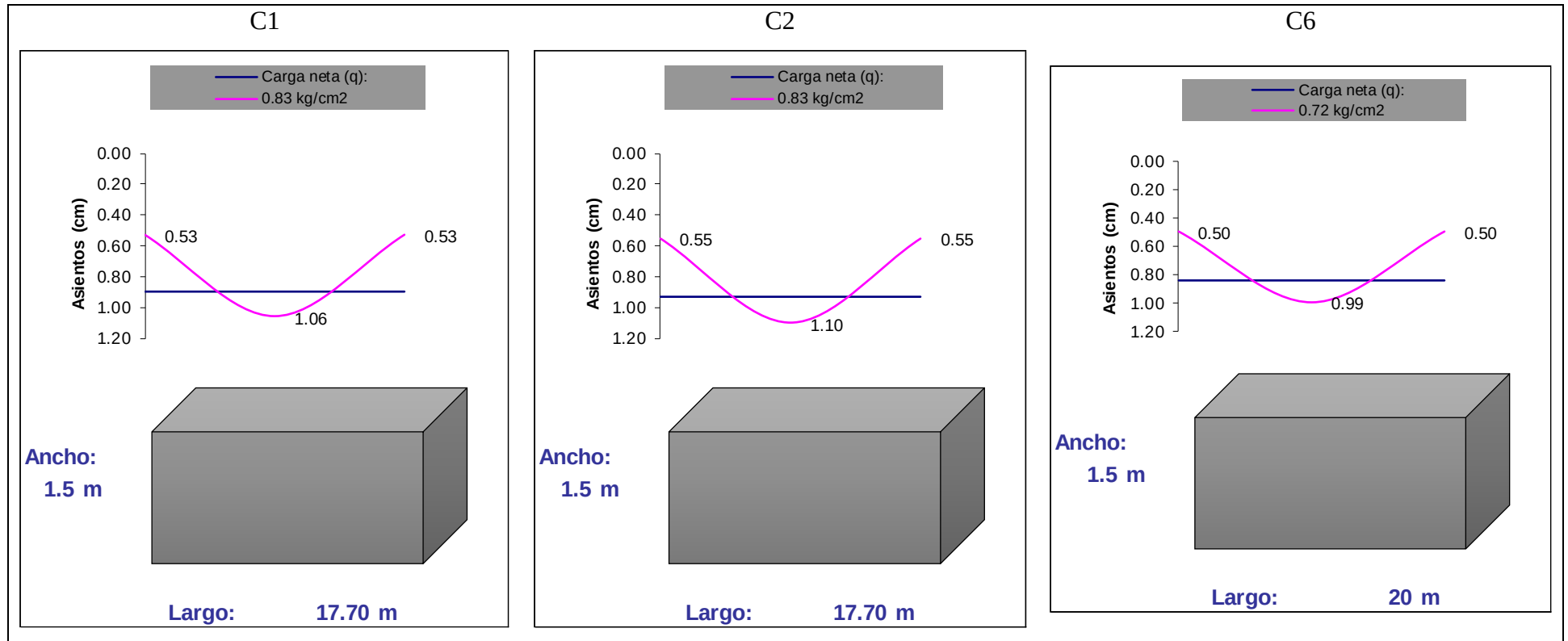
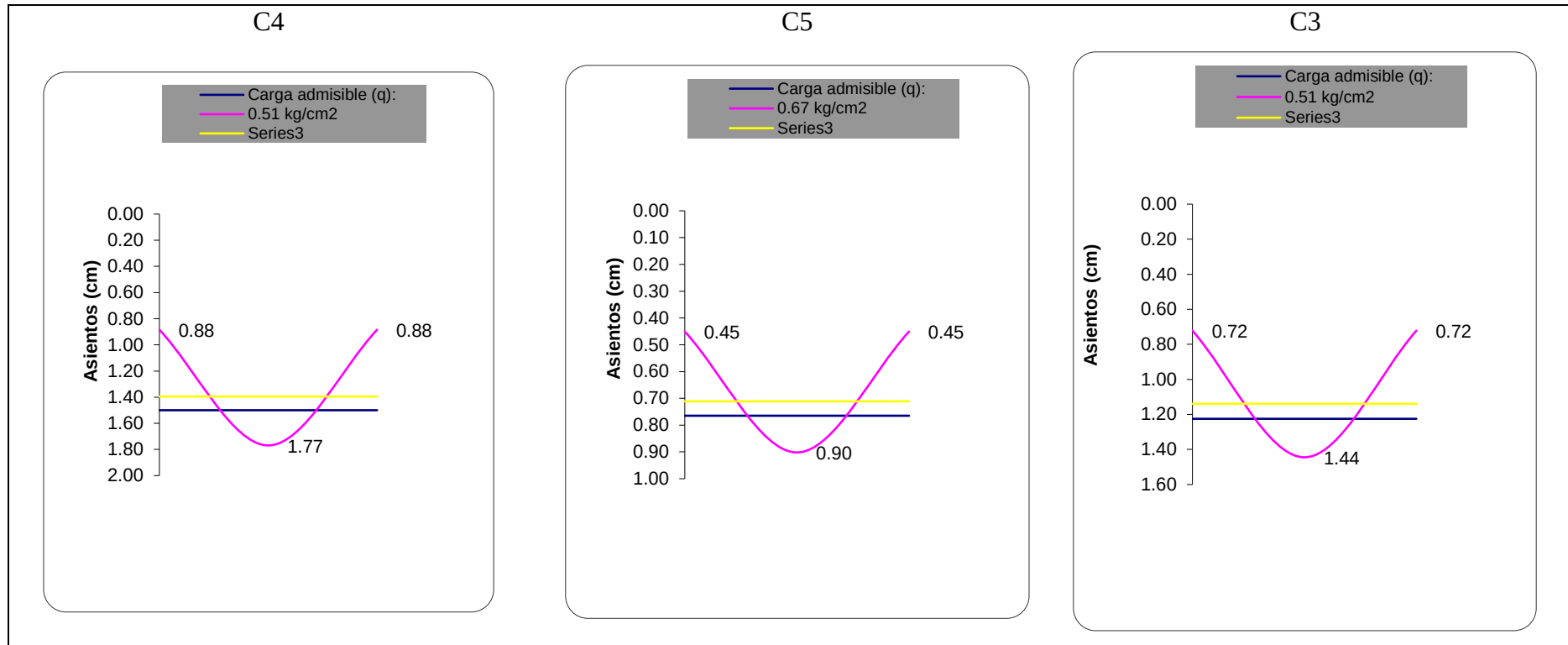


Figura 53

Diagrama de asentamiento elástico calculado por la teoría de Boussinesq (Schleicher, 1926) para zapatas, calicata C3, C4 y C5



4.1.3. Tiempo de consolidación del suelo

La Tabla 46 presenta los coeficientes de consolidación unidimensionales C_v determinados para cada calicata del Campus Universitario Colpa Matara, junto con los factores de tiempo T_v asociados a grados de consolidación promedio del 90%, 95% y 99%. Se observa que los valores de C_v varían entre calicatas, lo que evidencia diferencias en la permeabilidad y la compresibilidad de los suelos. Los mayores valores de C_v se registran en las calicatas C3 y C1, lo que indica una disipación de presiones intersticiales más rápida, mientras que los menores se observan en C5 y C6, asociados a suelos más finos y de menor capacidad de drenaje.

Tabla 46

Coeficientes de consolidación unidimensional y factor de tiempo, depende del grado de consolidación promedio U del suelo del campus universitario Colpa Matara

Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	EPIFA
Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Coeficiente de consolidación (cm^2/min)	0.466	0.364	0.625	0.297	0.142	0.118
Coeficiente de consolidación (cm^2/min)	0.038	0.041	0.034	0.038	0.040	0.043
T_v 90%	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848
T_v 95%	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
T_v 99%	1.781	1.781	1.781	1.781	1.781	1.781
H (m)	300	275	200	200	225	300

La Tabla 47 resume los tiempos de consolidación calculados para el suelo de cimentación del campus universitario de Colpa Matara. Los resultados evidencian que la consolidación primaria se desarrolla en un horizonte de mediano a largo plazo, directamente controlado por los bajos valores de C_v y la profundidad activa del estrato

compresible. Se observa que el tiempo requerido para alcanzar el 90% de consolidación varía entre 1.70 y 3.82 años, mientras que para el 95% oscila entre 2.26 y 5.09 años, y para el 99 % entre 3.57 y 8.03 años. El mayor tiempo corresponde a la calicata C1 del pabellón de Ingeniería Civil, mientras que el menor se observa en la calicata C4 del pabellón de Enfermería. Estos resultados indican que, aunque el proceso de consolidación primaria es más rápido en las calicatas con menor profundidad activa, en todos los casos se trata de un fenómeno que se prolonga durante varios años tras la aplicación de la carga estructural.

Tabla 47

Tiempos de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara

Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	EPIFA
Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Coefficiente de consolidación (cm ² /min)	0.038	0.041	0.034	0.038	0.040	0.043
T90% (años)	3.82	2.98	1.90	1.70	2.04	3.38
T95% (años)	5.09	3.96	2.53	2.26	2.72	4.50
T99% (años)	8.03	6.25	3.99	3.57	4.29	7.09

La Tabla 48 presenta el tiempo necesario para alcanzar un grado de consolidación del 90 % en cada una de las calicatas evaluadas. Se observa que los valores varían entre 619.88 días (1.70 años) y 1394.74 días (3.82 años), siendo la calicata C4 la de menor duración y la C1 la de mayor. Este comportamiento muestra que una parte importante del asentamiento por consolidación primaria ocurre durante los primeros años de servicio de la estructura, aunque su desarrollo no es inmediato y depende tanto de la compresibilidad como de la velocidad de drenaje del suelo.

Tabla 48

Tiempo de consolidación para el 90% de grado de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara

Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	EPIFA
Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
T90% (min)	2008421.05	1564146.34	997647.06	892631.58	1073250.00	1774883.72
T90% (días)	1394.74	1086.21	692.81	619.88	745.31	1232.56
T90% (años)	3.82	2.98	1.90	1.70	2.04	3.38

En la Tabla 49 se presentan los tiempos de consolidación para alcanzar el 95 % del proceso, que se incrementan significativamente con respecto al 90 %, situándose entre 825.3 días (2.26 años) y 1856.9 días (5.09 años). Se mantiene la tendencia observada en la tabla anterior: las mayores duraciones se presentan en los sectores con mayor profundidad de actividad y menor velocidad de disipación de las presiones intersticiales, mientras que los menores tiempos corresponden a las calicatas del pabellón de Enfermería. Este resultado confirma que, a medida que se aproxima la consolidación al estado final, el proceso se vuelve cada vez más lento.

Tabla 49

Tiempo de consolidación para el 95% de grado de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara

Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	EPIFA
Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
T95% (min)	2673947.4	2082454.3	1328235.3	1188421.1	1428890.6	2363023.3
T95% (días)	1856.9	1446.1	922.4	825.3	992.3	1641.0
T95% (años)	5.09	3.96	2.53	2.26	2.72	4.50

La Tabla 50 muestra el tiempo estimado para alcanzar prácticamente la consolidación total del suelo, equivalente al 99 % de consolidación. Los valores oscilan

entre 1301.90 días (3.57 años) y 2929.28 días (8.03 años), lo que confirma que la consolidación primaria completa constituye un proceso de largo plazo en el campus universitario de Colpa Matara. En particular, los tiempos más largos se registran en las calicatas C1, C2 y C6, mientras que los más cortos corresponden a C3 y C4. En términos prácticos, estos resultados indican que, aunque la mayor parte del asentamiento por consolidación primaria se desarrolla en los primeros años, una fracción residual del proceso continúa evolucionando durante un periodo prolongado de servicio.

Tabla 50

Tiempo de consolidación para el 99% de grado de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara

Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	EPIFA
Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
T99% (min)	4218157.89	3285076.22	2095294.12	1874736.84	2254078.13	3727674.42
T99% (días)	2929.28	2281.30	1455.07	1301.90	1565.33	2588.66
T99% (años)	8.03	6.25	3.99	3.57	4.29	7.09

Figura 54

Tiempos de consolidación del suelo del campus universitario Colpa Matara

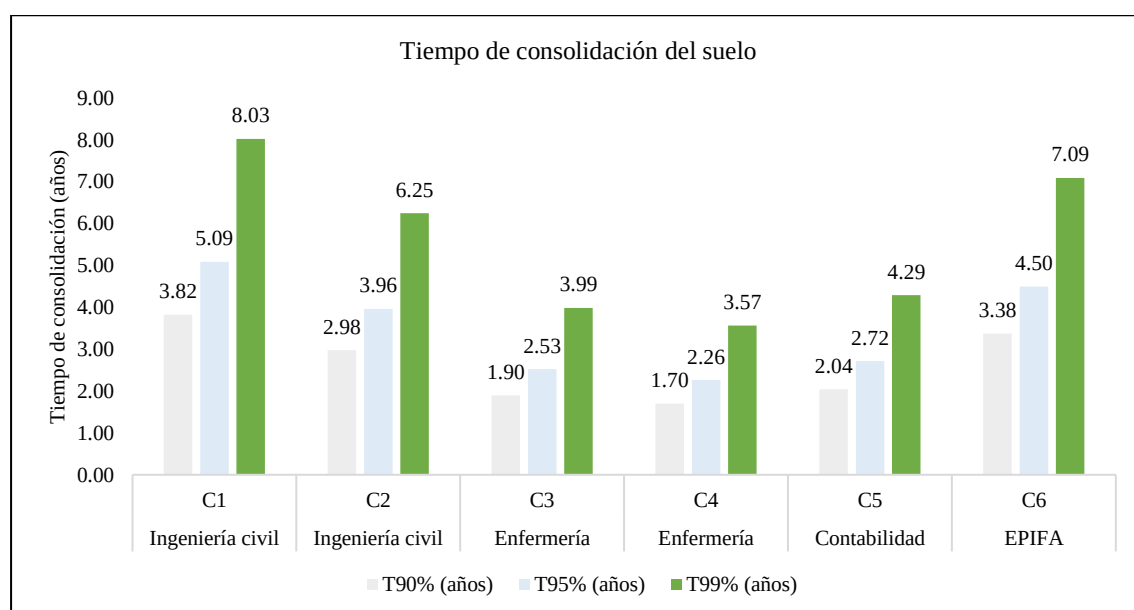
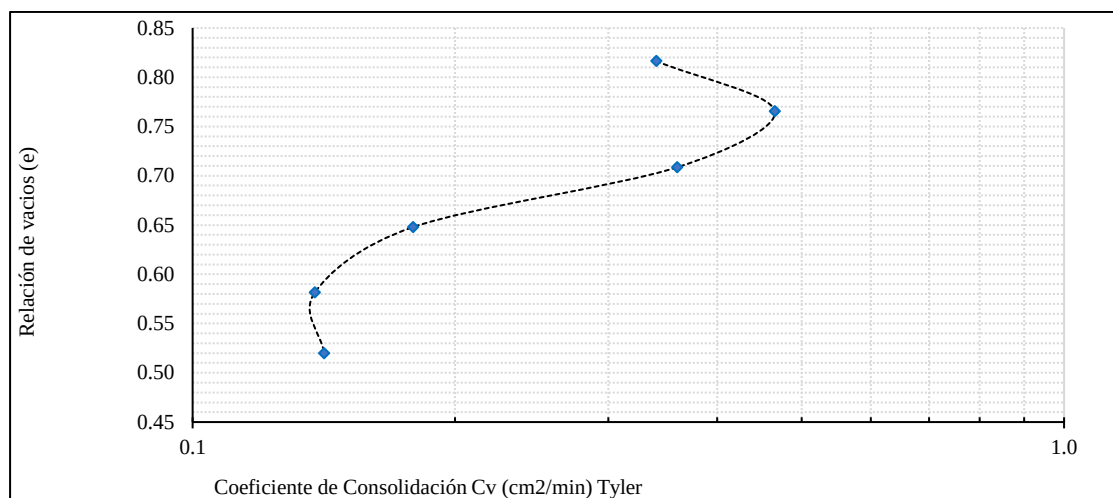


Figura 55

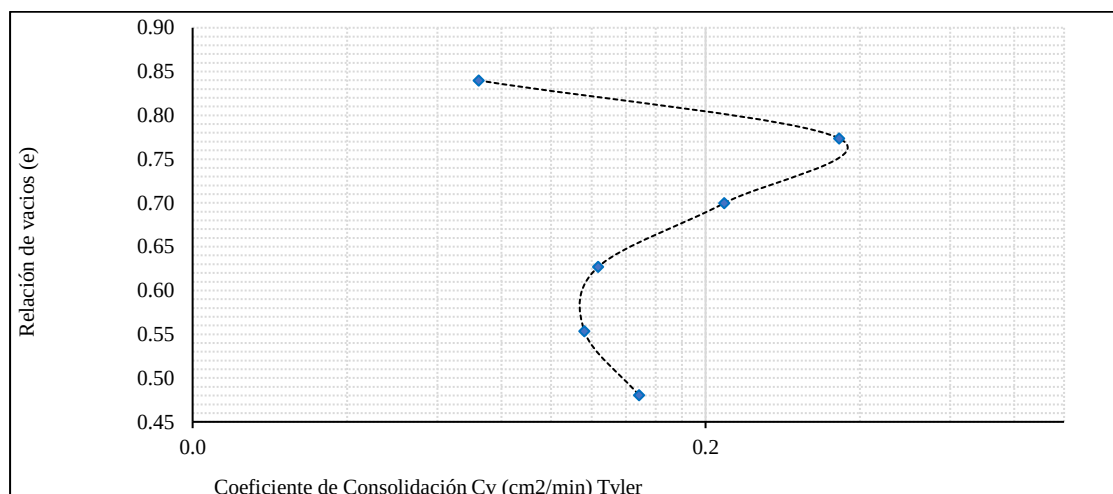
Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 1)



Nota. El coeficiente de consolidación C_v varía con el nivel de carga y el estado estructural del suelo, lo que refleja cambios en la permeabilidad y la compresibilidad durante la consolidación. En Calicata 1 se observa un rango aproximado de C_v entre 0.038 y 0.466 cm²/min.

Figura 56

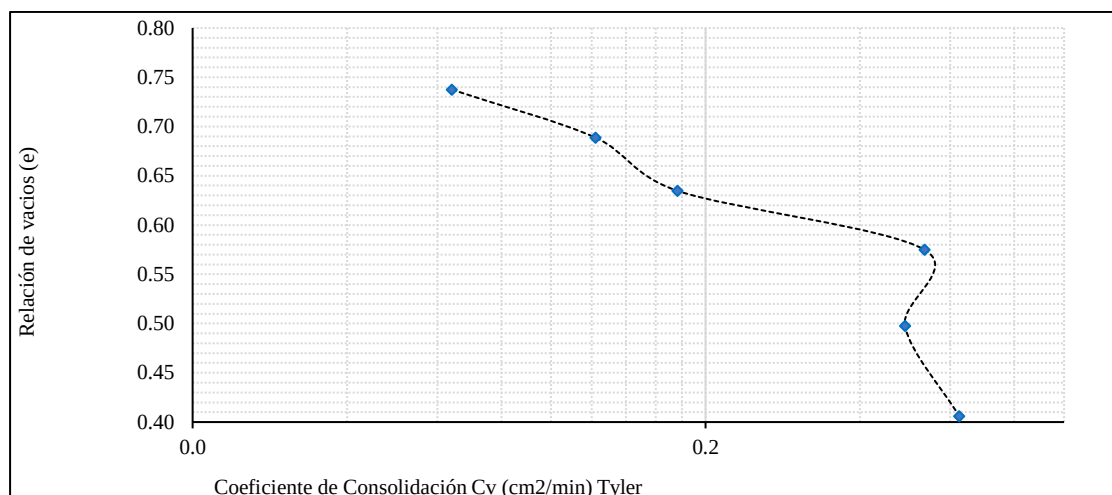
Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 2)



Nota. El coeficiente de consolidación C_v varía con el nivel de carga y el estado estructural del suelo, lo que refleja cambios en la permeabilidad y la compresibilidad durante la consolidación. En Calicata 2 se observa un rango aproximado de C_v entre 0.041 y 0.364 cm²/min.

Figura 57

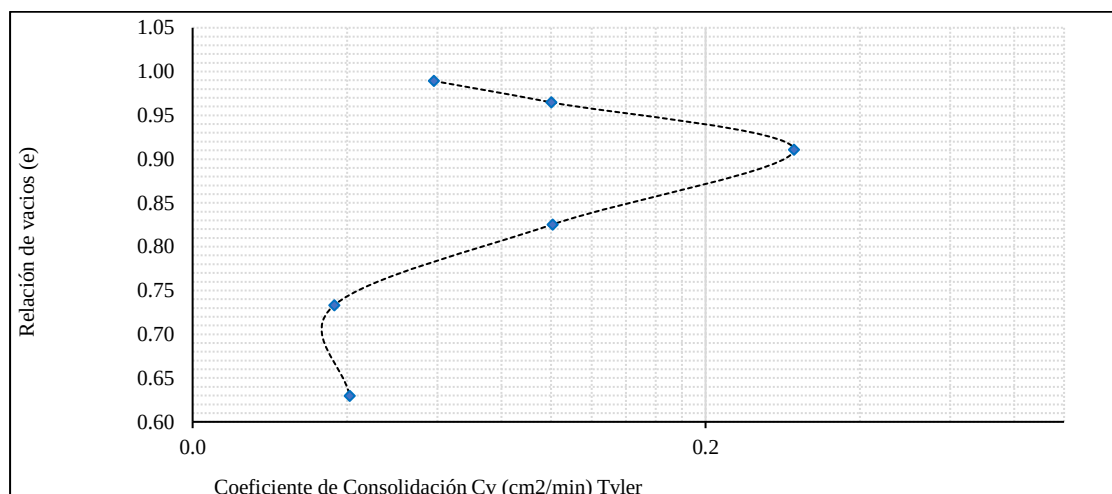
Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 3)



Nota. El coeficiente de consolidación C_v varía con el nivel de carga y el estado estructural del suelo, lo que refleja cambios en la permeabilidad y la compresibilidad durante la compresión. En Calicata 2 se observa un rango aproximado de C_v entre 0.034 y 0.625 cm²/min.

Figura 58

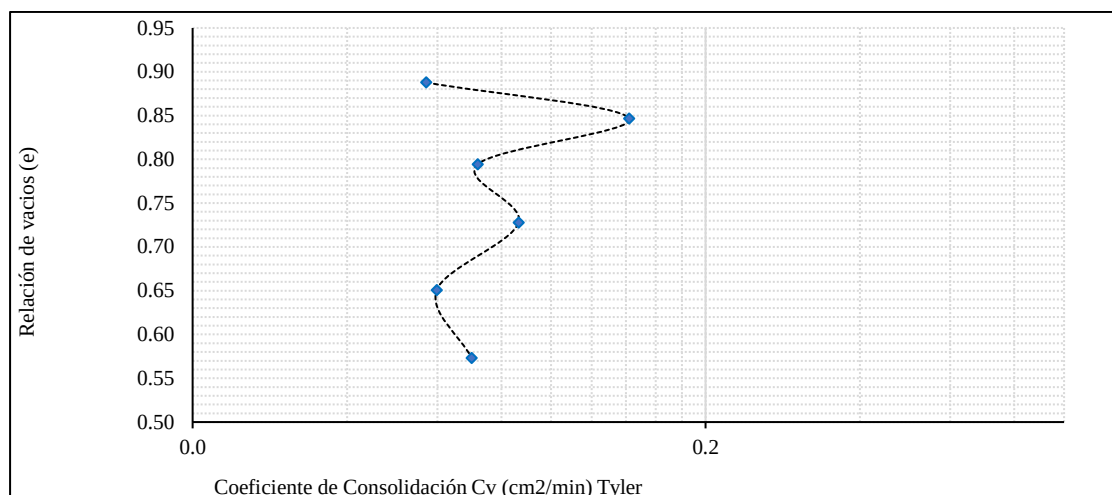
Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 4)



Nota. El coeficiente de consolidación C_v varía con el nivel de carga y el estado estructural del suelo, lo que refleja cambios en la permeabilidad y la compresibilidad durante la compresión. En Calicata 2 se observa un rango aproximado de C_v entre 0.038 y 0.297 cm²/min.

Figura 59

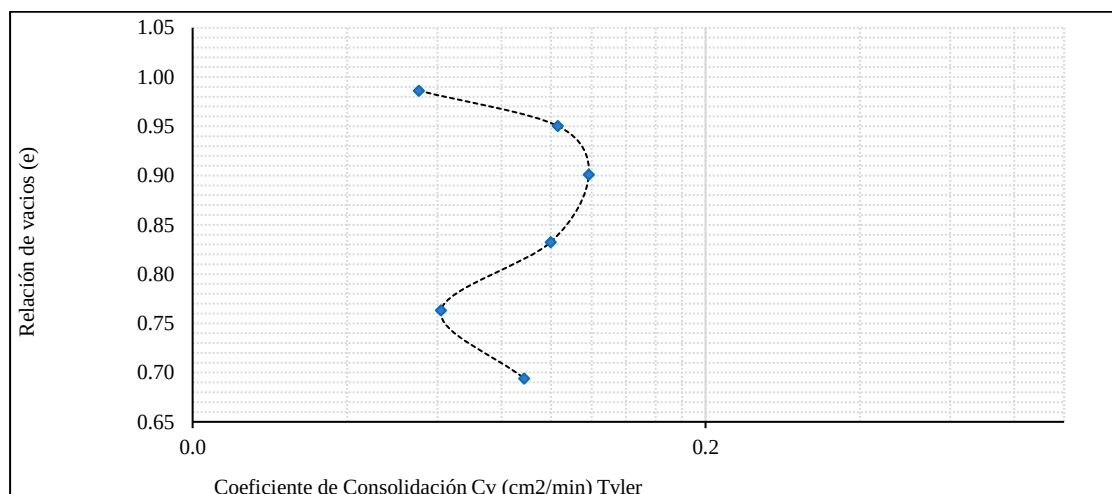
Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 5)



Nota. El coeficiente de consolidación C_v varía con el nivel de carga y el estado estructural del suelo, lo que refleja cambios en la permeabilidad y la compresibilidad durante la compresión. En Calicata 2 se observa un rango aproximado de C_v entre 0.040 y 0.142 cm²/min.

Figura 60

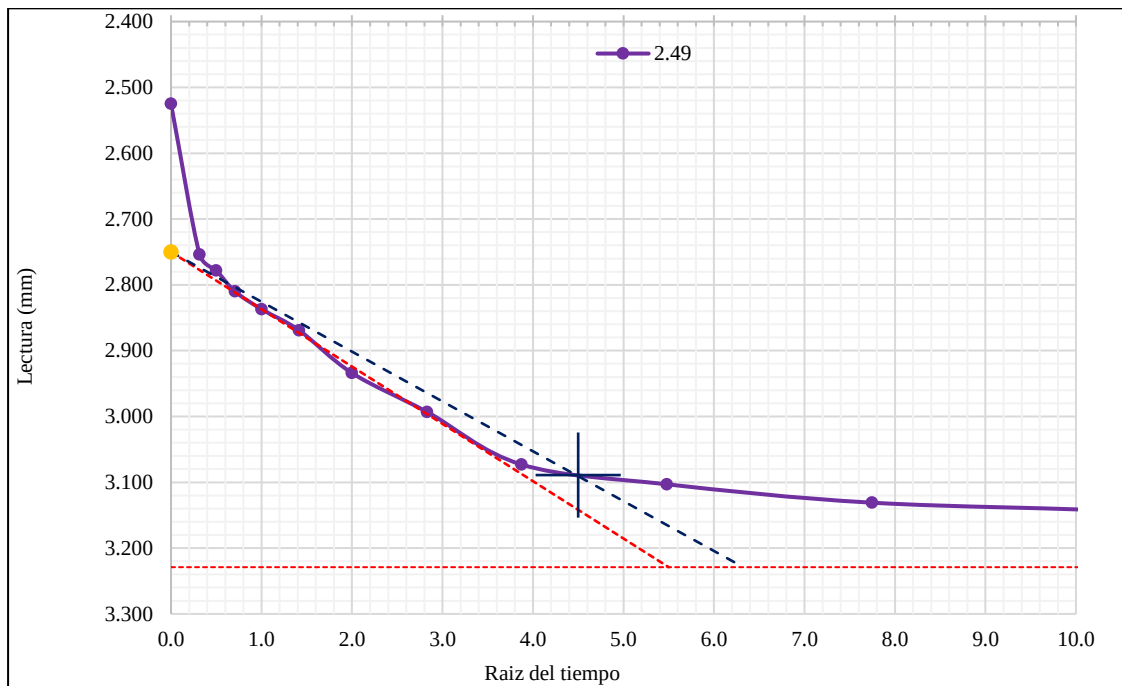
Variación del coeficiente de consolidación C_v con el estado de vacíos durante el ensayo edométrico (Calicata 6)



Nota. El coeficiente de consolidación C_v varía con el nivel de carga y el estado estructural del suelo, lo que refleja cambios en la permeabilidad y la compresibilidad durante la compresión. En Calicata 2 se observa un rango aproximado de C_v entre 0.043 y 0.118 cm²/min.

Figura 61

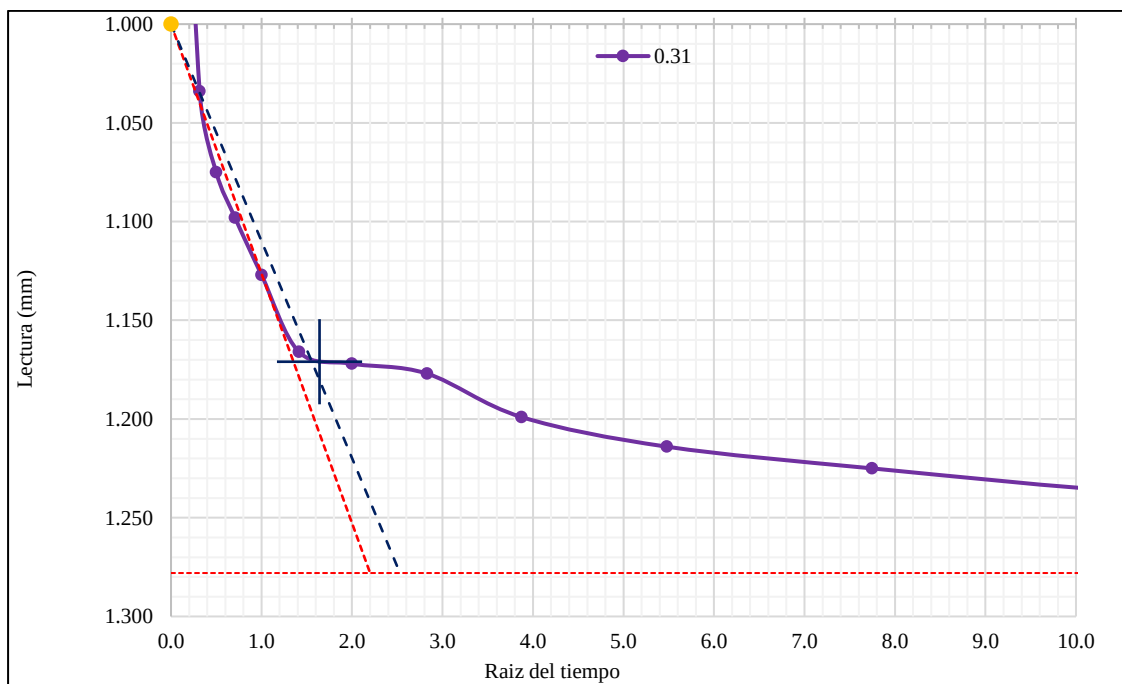
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.038, Calicata 1



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 62

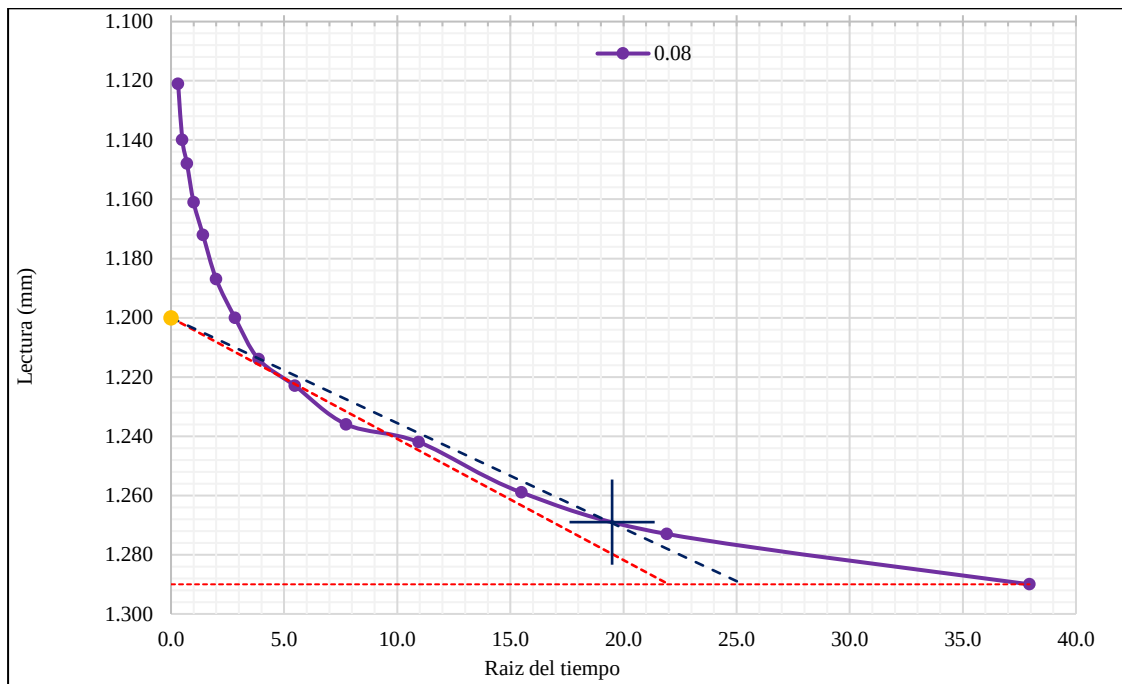
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.466, Calicata 1



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 63

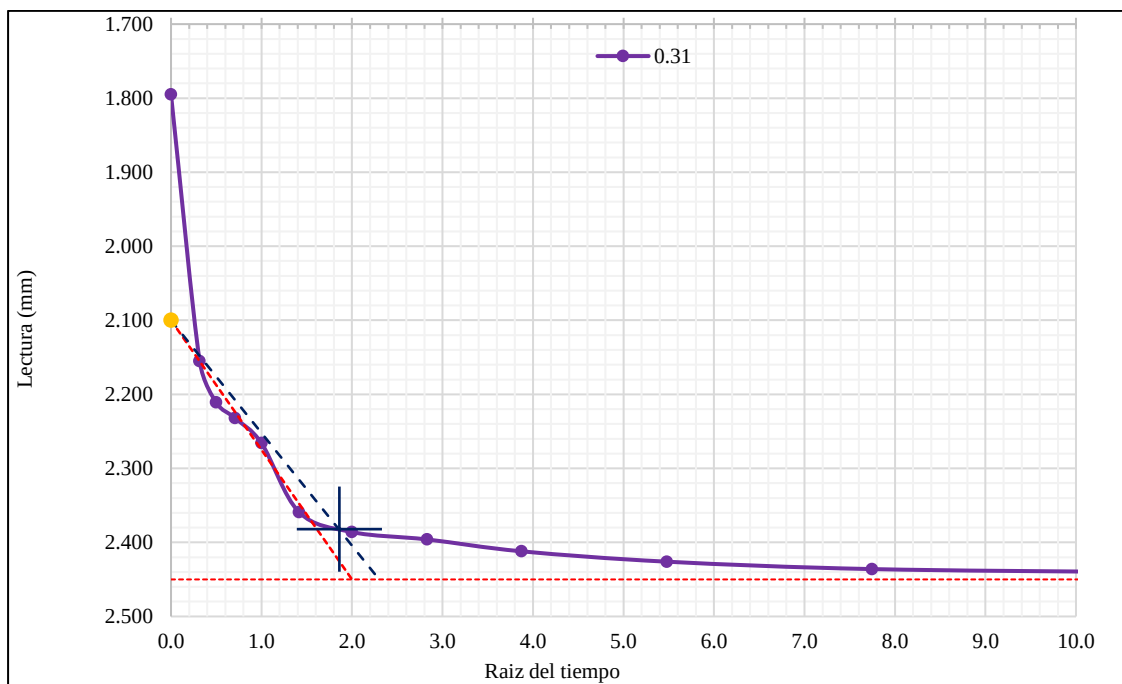
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.041, Calicata 2



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 64

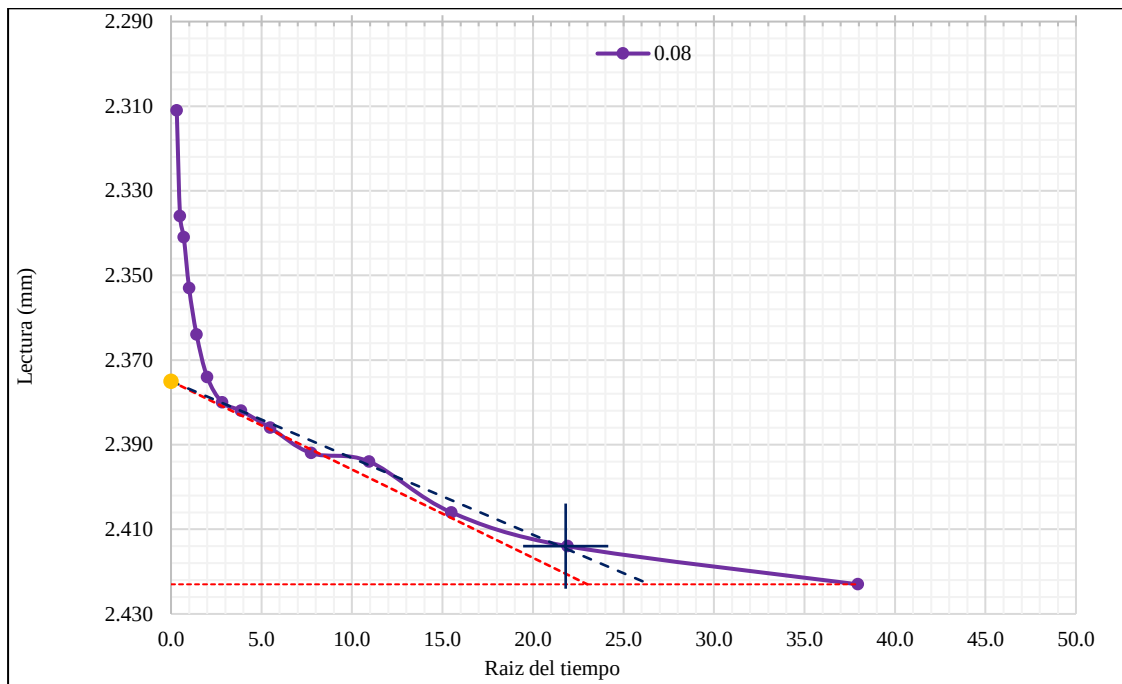
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.364, Calicata 2



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 65

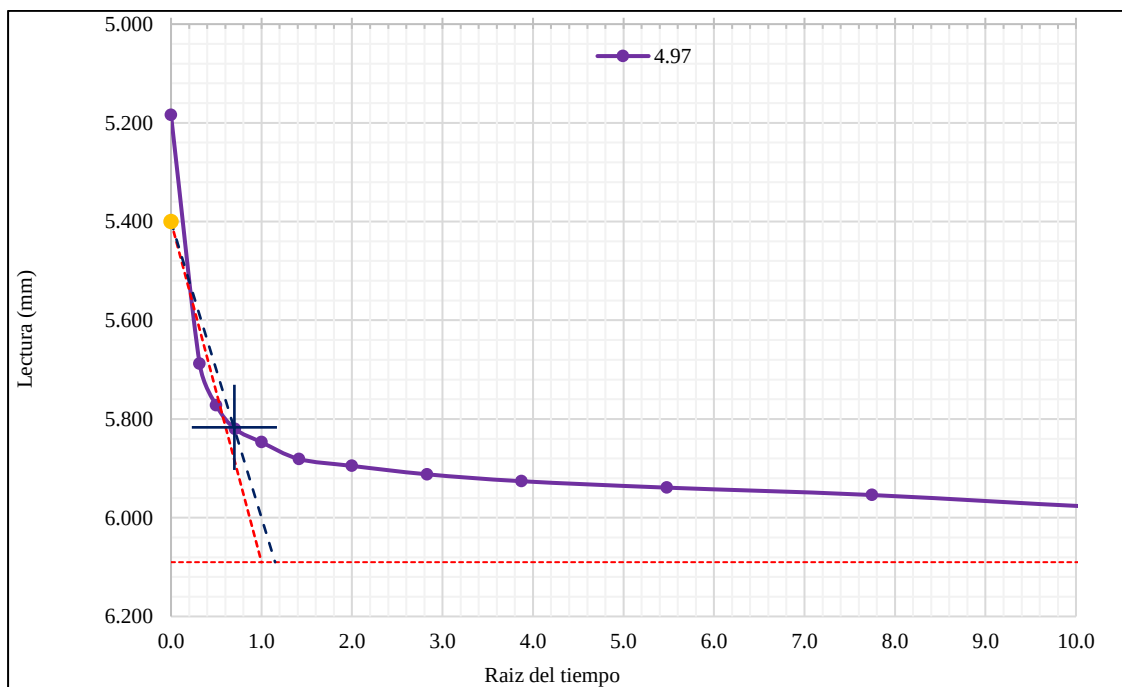
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.034, Calicata 3



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 66

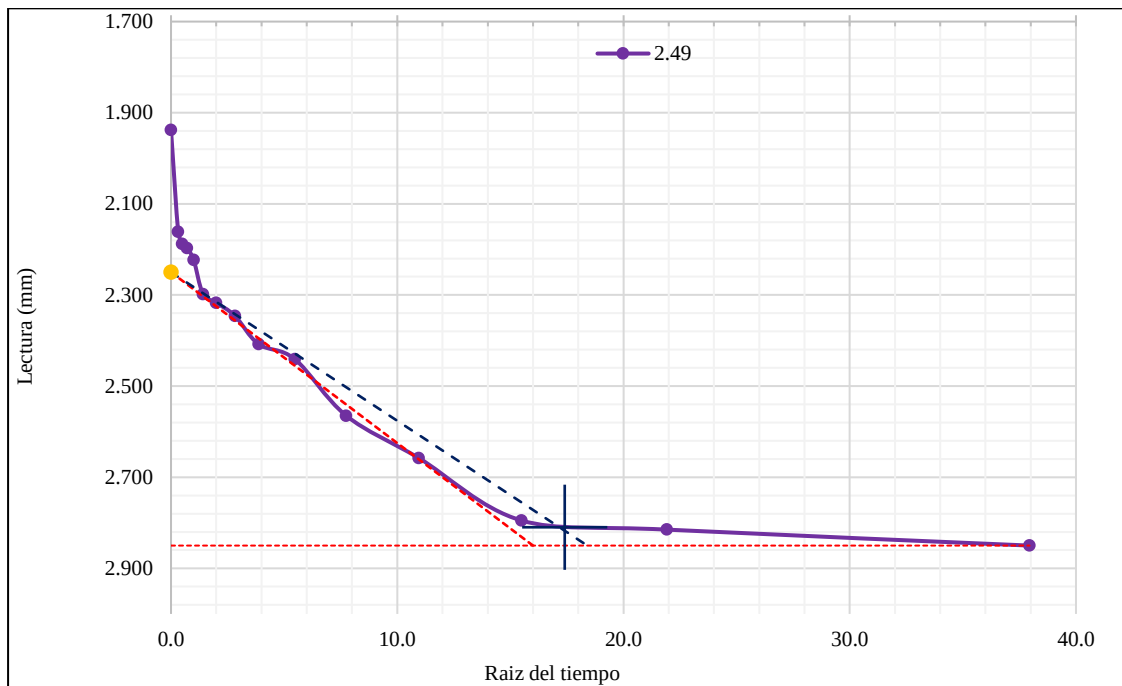
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.625, Calicata 3



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 67

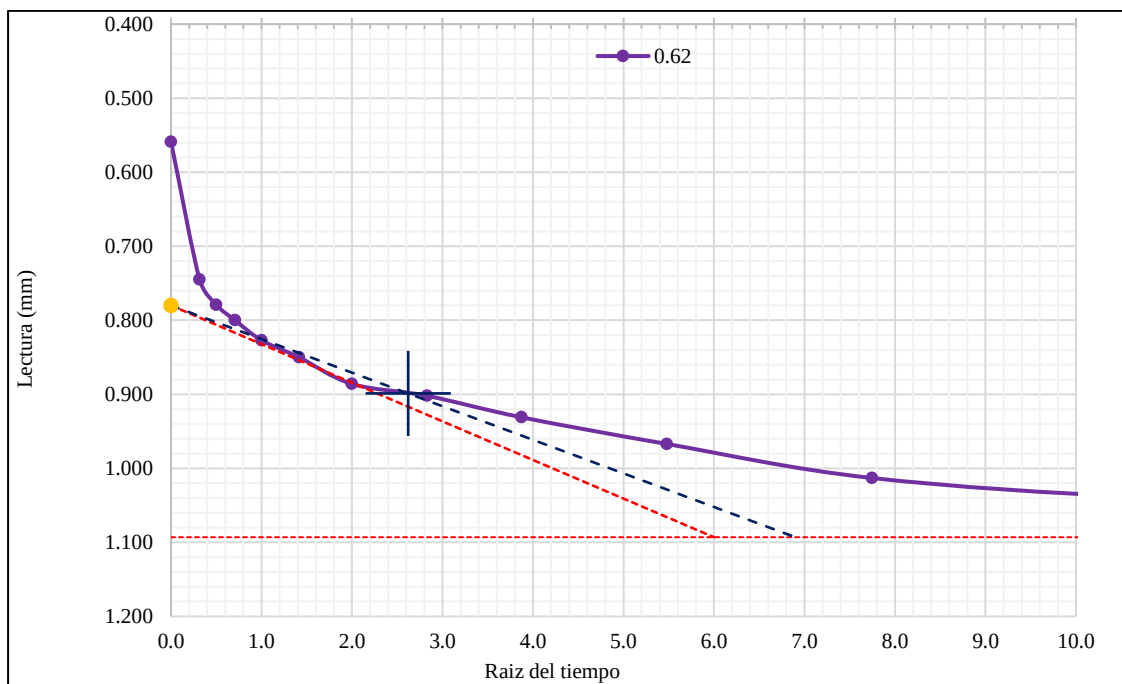
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.038, Calicata 4



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 68

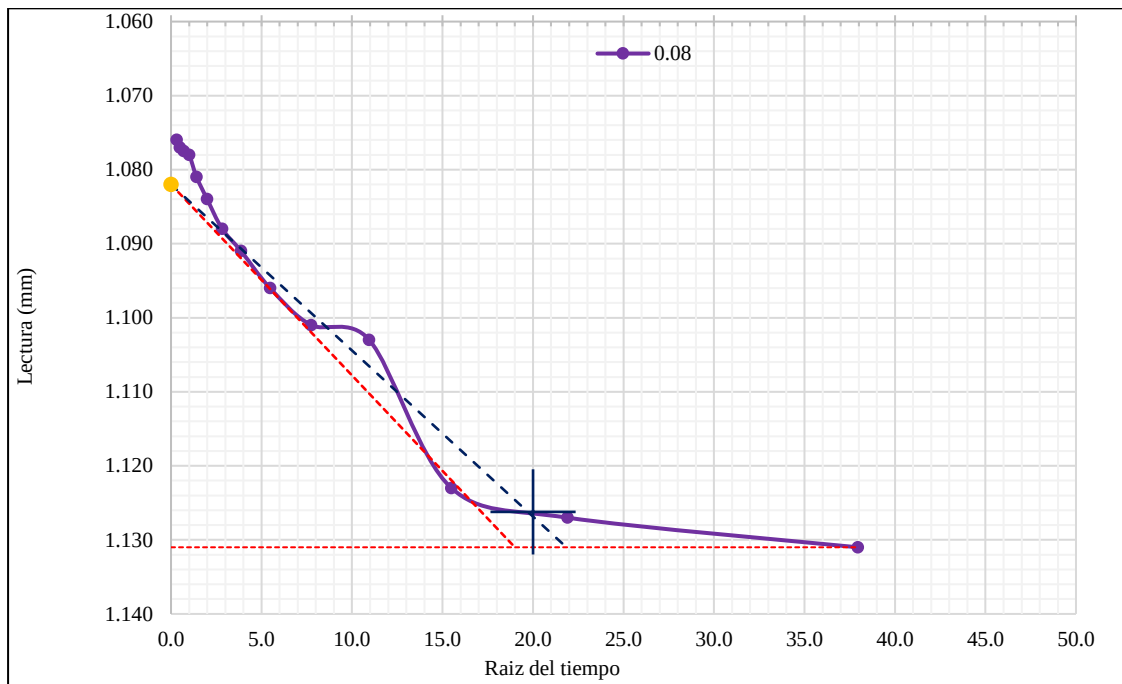
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.297, Calicata 4



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 69

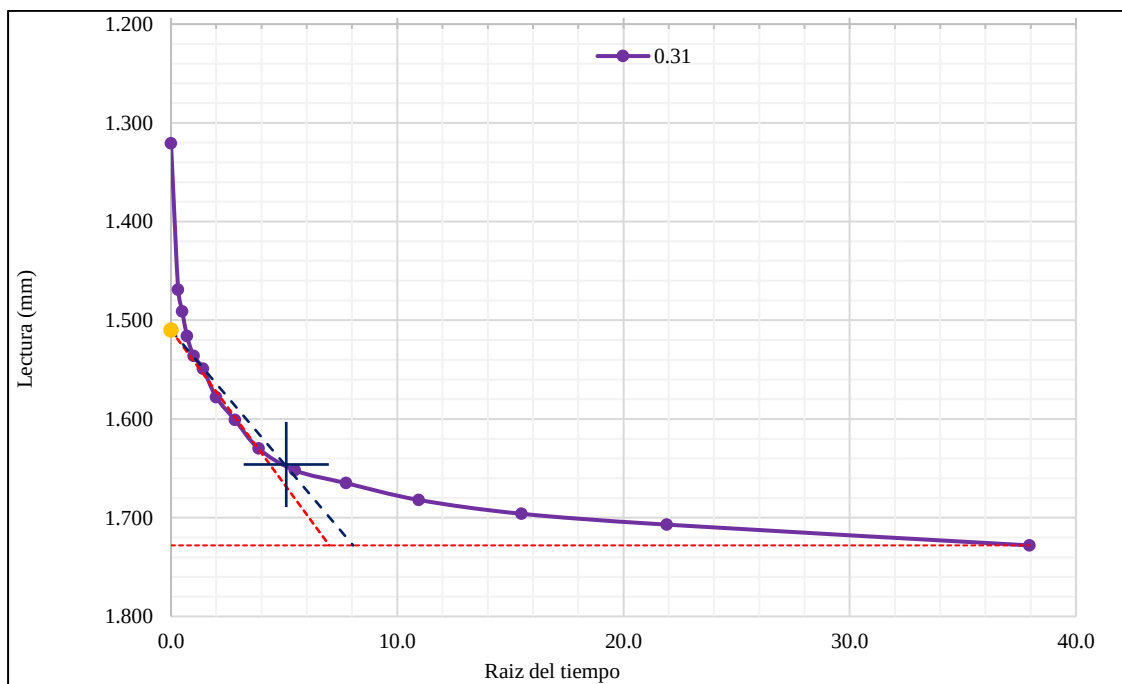
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.040, Calicata 5



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 70

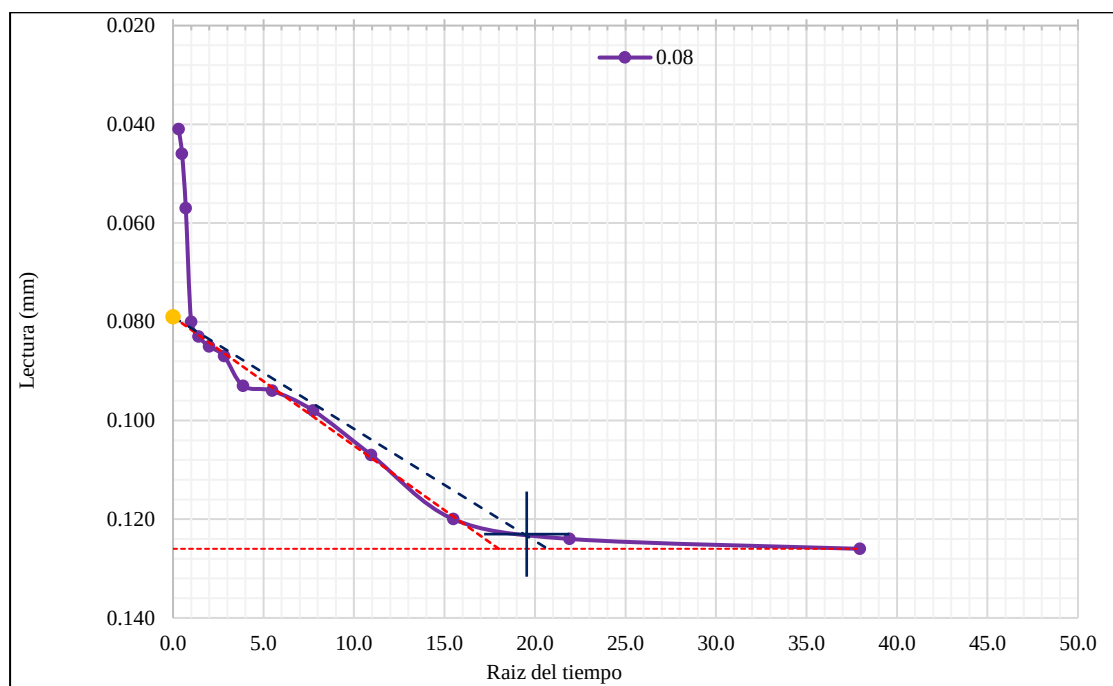
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.142, Calicata 5



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 71

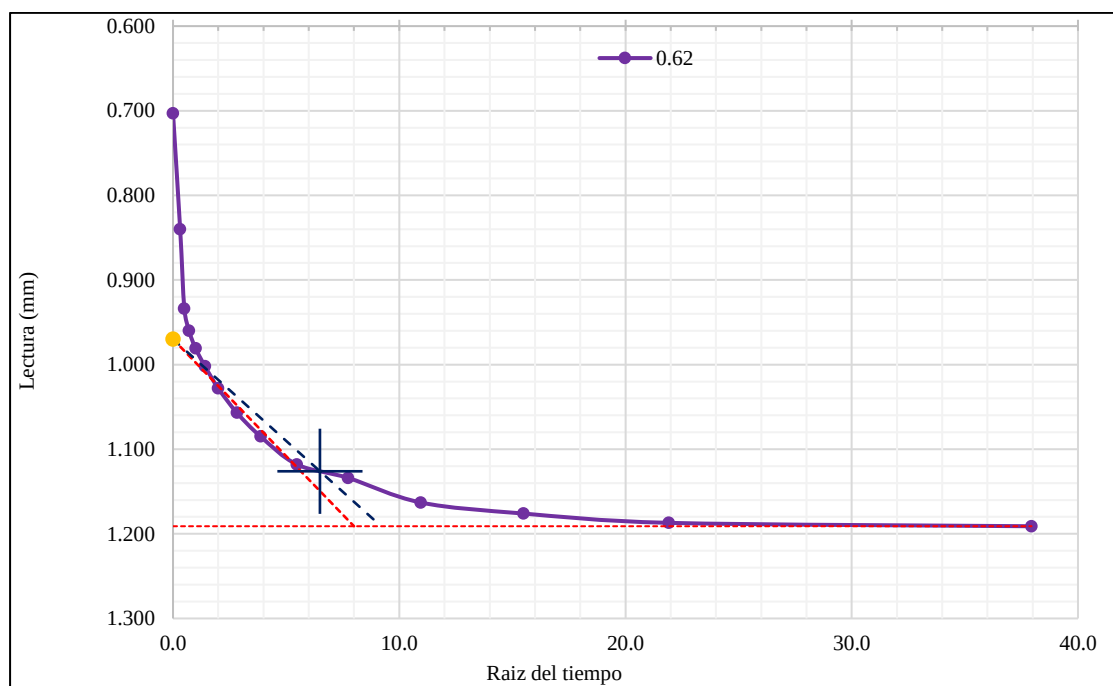
Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.043, Calicata 6



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

Figura 72

Determinación de t_{90} por el método de Taylor para C_v de 0.118, Calicata 6



Nota. Proceso que se repitió en cada escalón de carga para evaluar la variación de C_v con el esfuerzo.

4.1.4. Asentamiento por consolidación primaria del suelo

4.1.4.1. Asentamiento por consolidación primaria.

La Tabla 51 presenta el cálculo del asentamiento por consolidación primaria del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara, considerando, para cada calicata, los esfuerzos efectivos iniciales y finales, la presión de preconsolidación, los índices de compresión y de entumecimiento, la relación de vacíos inicial y la profundidad activa del estrato compresible. Los resultados muestran que los asentamientos por consolidación primaria varían entre 29.65 mm y 36.66 mm, equivalentes a un rango de 2.96 cm a 3.67 cm, lo que evidencia un comportamiento compresible moderado del suelo en todos los sectores evaluados.

El mayor asentamiento por consolidación primaria se registra en la calicata C4, correspondiente al pabellón de Enfermería, con 36.66 mm (3.67 cm), seguida por las calicatas C3 y C2, con 35.71 mm (3.57 cm) y 35.63 mm (3.56 cm), respectivamente. Este comportamiento se relaciona con la combinación de varios factores geotécnicos, entre ellos los mayores índices de compresión, las relaciones de vacíos relativamente elevadas y la condición de esfuerzos efectivos desarrollada en el estrato compresible. En particular, la calicata C4 presenta el mayor valor de $C_c = 0.345$, lo que indica una mayor susceptibilidad del suelo a deformarse ante incrementos de esfuerzo.

En contraste, el menor asentamiento por consolidación primaria corresponde a la calicata C5, ubicada en el pabellón de Contabilidad, con un valor de 29.65 mm (2.96 cm). Este resultado se asocia a una combinación más favorable de parámetros, entre ellos un índice de compresión intermedio ($C_c=0.261$), una relación de vacíos inicial ($e_0=0.907$) y una profundidad activa de 2.25 m. Por su parte, las calicatas C1 y C6 presentan asentamientos muy próximos, de 33.18 mm y 33.08 mm, respectivamente, lo que indica un comportamiento intermedio dentro del conjunto analizado.

En general, los suelos de cimentación del campus presentan una respuesta compresible relativamente homogénea, ya que la diferencia entre el mayor y el menor asentamiento calculados es reducida. No obstante, se distinguen sectores más desfavorables, como el pabellón de Enfermería, donde se observan mayores índices de compresión y menores niveles de rigidez del suelo. En términos geotécnicos, esto evidencia que el asentamiento por consolidación primaria constituye un componente importante del comportamiento deformacional del terreno, superior al asentamiento elástico inmediato y, por tanto, determinante en la evaluación del desempeño de las cimentaciones superficiales del campus universitario Colpa Matara.

Tabla 51

Asentamiento por consolidación primaria del suelo del campus Colpa Matara

Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	Ingeniería forestal y ambiental
Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Densidad del terreno	1.70	1.73	1.75	1.75	2.07	1.73
Esfuerzo inicial efectivo del terreno σ_0	0.516	0.525	0.284	0.284	0.440	0.437
Esfuerzo final efectivo del terreno σ_f	1.082	1.061	0.660	0.660	0.904	1.004
Prof. De cimentación D_f mínima (m)	2.91	2.91	1.5	1.5	2.00	2.40
Base de cimentación B (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Largo de cimentación L (m)	17.7	17.7	3.25	3.25	16.66	20
Presión de preconsolidación (kpa)	26	21.8	35.6	34	40.5	48
Presión aplicada por la estructura (kg/cm ²)	0.83	0.827	0.51	0.51	0.67	0.72
Índice de compresión (Cc)	0.216	0.252	0.310	0.345	0.261	0.234
Índice de entumecimiento (Cs)	0.03	0.036	0.012	0.022	0.033	0.02
Relación de vacíos inicial	0.886	0.891	0.776	1.02	0.907	1.02
Profundidad activa calculada (m)	3.00	2.75	2.00	2.00	2.25	3.00
Asentamiento por consolidación primaria (mm)	33.18	35.63	35.71	36.66	29.65	33.08
Asentamiento por consolidación primaria (cm)	3.32	3.56	3.57	3.67	2.96	3.31

La evaluación mediante OCR permitió diferenciar el estado tensional inicial del suelo en cada calicata. En C1, C2 y C5, los valores de OCR fueron iguales o inferiores a la unidad, por lo que el suelo se interpretó como normalmente consolidado o próximo a dicha condición, aplicándose principalmente el índice de compresión C_c . En C3, C4 y C6, los valores de OCR fueron mayores que 1.00, lo que indica una condición inicial sobreconsolidada; sin embargo, al incorporar el incremento de esfuerzo inducido por la cimentación, parte de las subcapas superó la presión de preconsolidación, por lo que se aplicó una formulación mixta, usando C_r en el tramo de recompresión y C_c en el tramo de compresión virgen. Esta diferenciación permitió sustentar técnicamente el cálculo del asentamiento por consolidación primaria.

Tabla 52

Estado de consolidación y criterio de cálculo del asentamiento por calicata

Calicata	$\sigma'v_0$ inicial (kg/cm ²)	σ'_p (kPa)	σ'_p (kg/cm ²)	OCR = $\sigma'_p/\sigma'v_0$	Estado inicial	Criterio usado
C1	0.516	26	0.27	0.51	NC	$\sigma'_p \leq \sigma'v_0$; se aplicó compresión virgen con C_c .
C2	0.525	21.8	0.22	0.42	NC	$\sigma'_p \leq \sigma'v_0$; se aplicó compresión virgen con C_c .
C3	0.284	35.6	0.36	1.28	OC inicial	$\sigma'v_0 < \sigma'_p < \sigma'vf$; se aplicó el criterio mixto $C_r + C_c$ en las subcapas que atraviesan σ'_p .
C4	0.284	34	0.35	1.22	OC inicial	$\sigma'v_0 < \sigma'_p < \sigma'vf$; se aplicó el criterio mixto $C_r + C_c$ en las subcapas que atraviesan σ'_p .
C5	0.44	40.5	0.41	0.94	NC limítrofe	$\sigma'_p \approx \sigma'v_0$; se asumió un comportamiento normalmente consolidado y se aplicó C_c .
C6	0.437	48	0.49	1.12	OC inicial	$\sigma'v_0 < \sigma'_p < \sigma'vf$; se aplicó el criterio mixto $C_r + C_c$ en las subcapas iniciales.

Figura 73

Asentamiento por consolidación primaria en el suelo del campus universitario Colpa Matara, por calicata

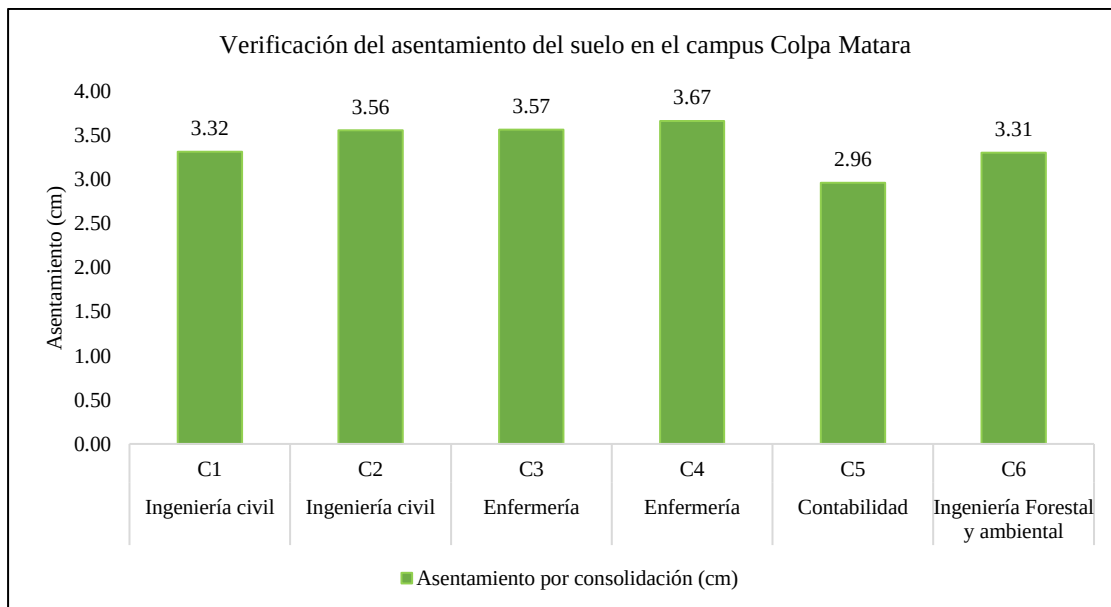


Figura 74

Asentamiento por consolidación primaria en el suelo del campus universitario Colpa Matara, por pabellón

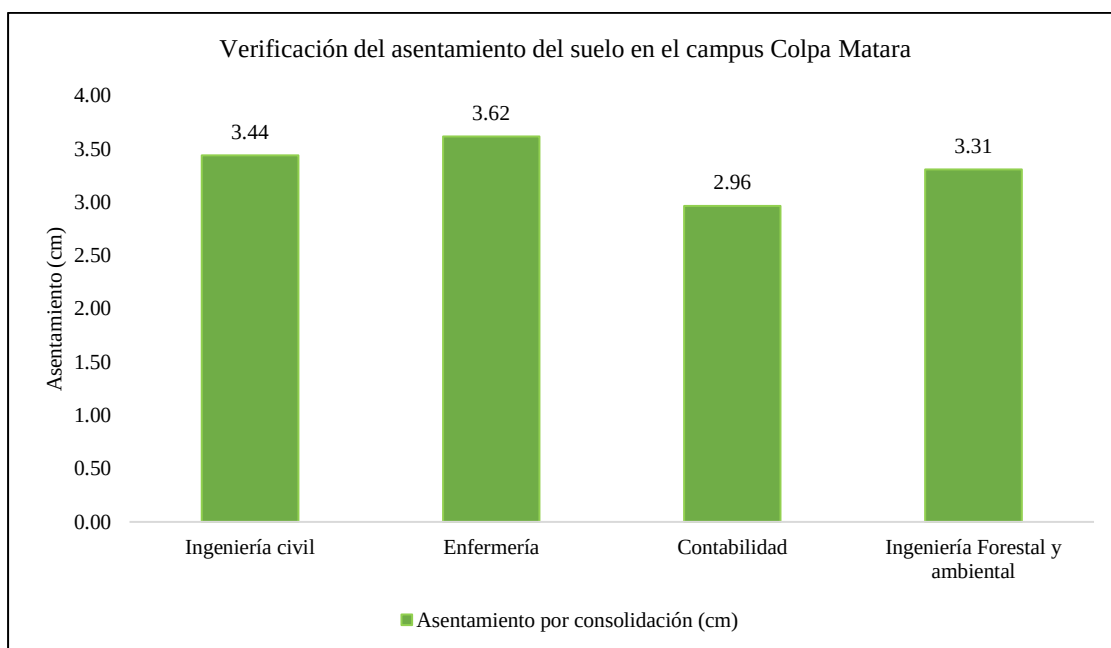


Figura 75

Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 1)

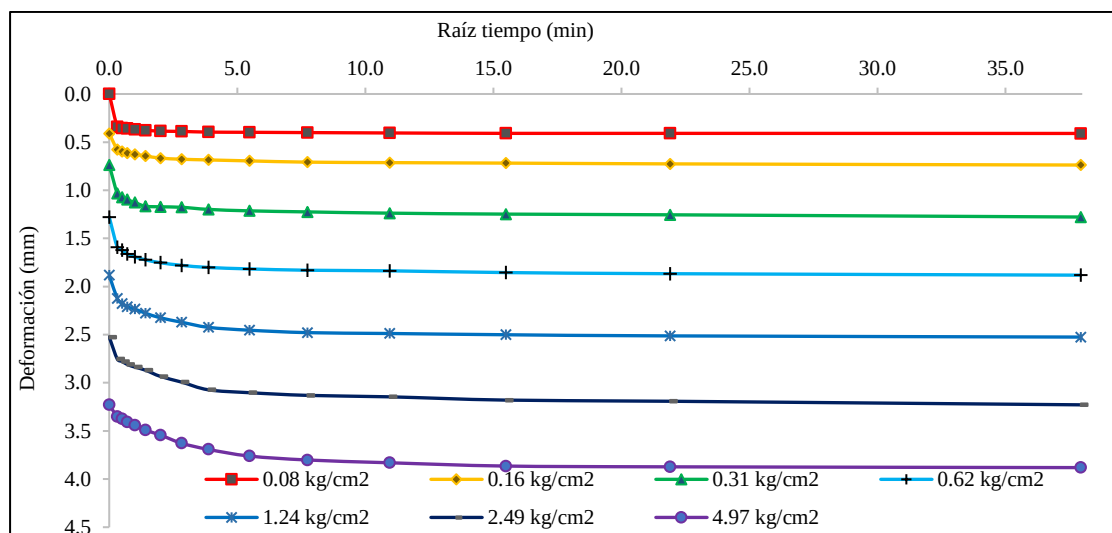
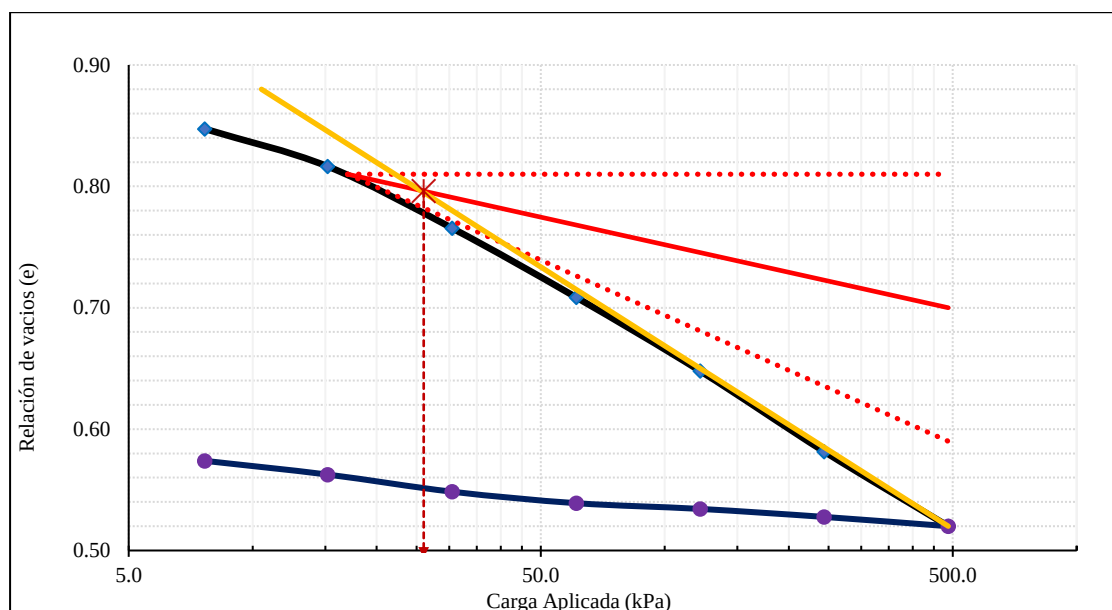


Figura 76

Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 1)



Nota. La relación de vacíos disminuye a medida que aumenta el esfuerzo vertical efectivo, pasando de $e=0.886$ (estado inicial) a $e=0.520$ (carga máxima), lo que representa una deformación vertical acumulada del 19.405%. La curva permite identificar el tramo de recompresión y el tramo de compresión virgen para estimar C_r (0.030) y C_c (0.216), así como la presión de preconsolidación de 26 kPa (método de Casagrande), insumos directos para calcular el asentamiento por consolidación primaria.

Figura 77

Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 2)

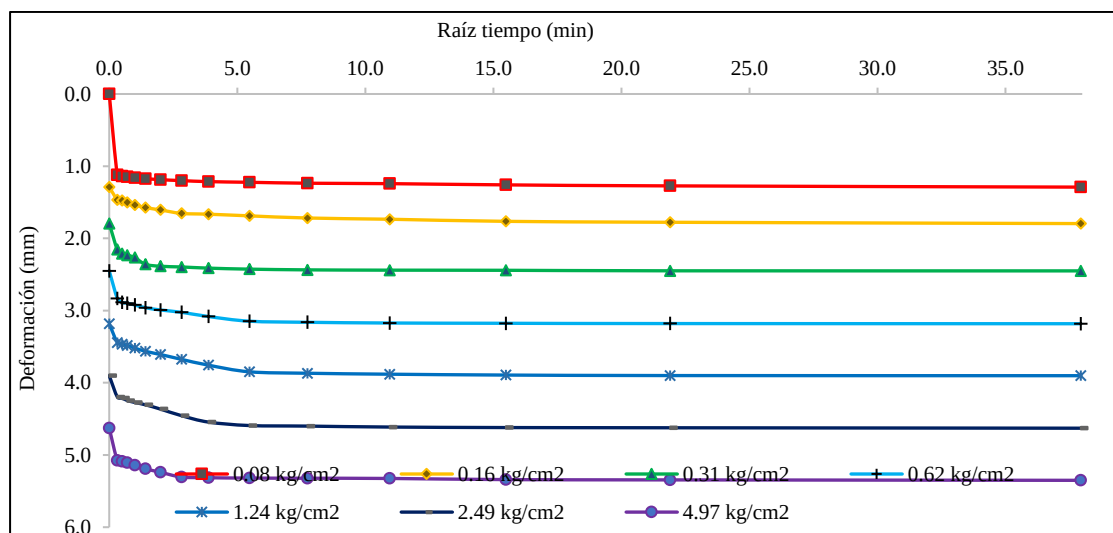
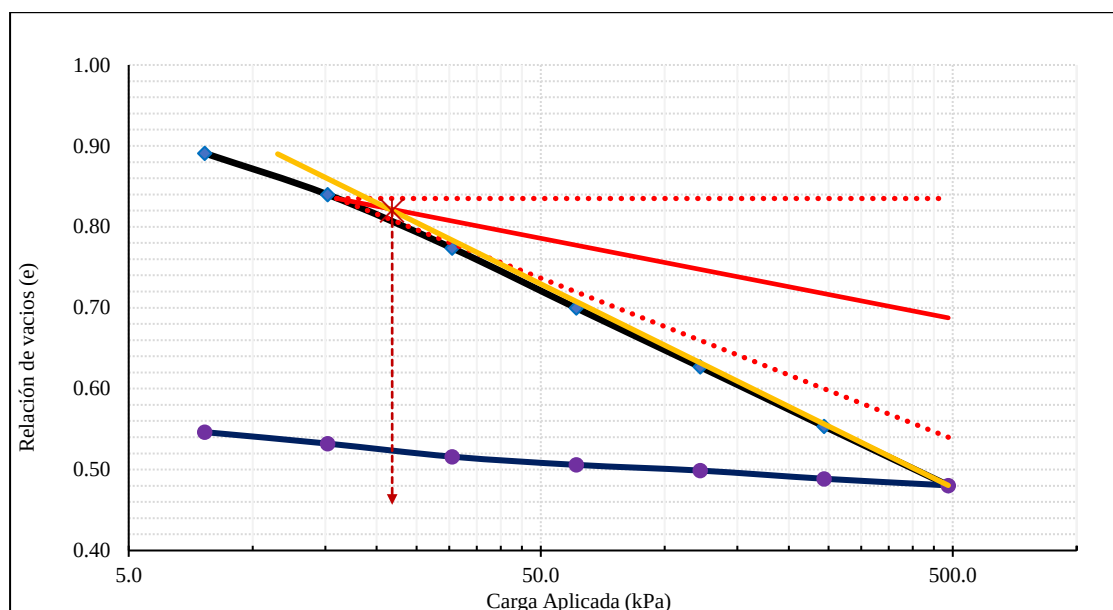


Figura 78

Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 2)



Nota. La relación de vacíos disminuye a medida que aumenta el esfuerzo vertical efectivo, pasando de $e=0.891$ (estado inicial) a $e=0.553$ (máxima carga). La curva permite identificar el tramo de recompresión y el tramo de compresión virgen para estimar C_r (0.036) y C_c (0.252), así como la presión de preconsolidación de 21.80 kPa (método de Casagrande), insumos directos para calcular el asentamiento por consolidación primaria.

Figura 79

Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 3)

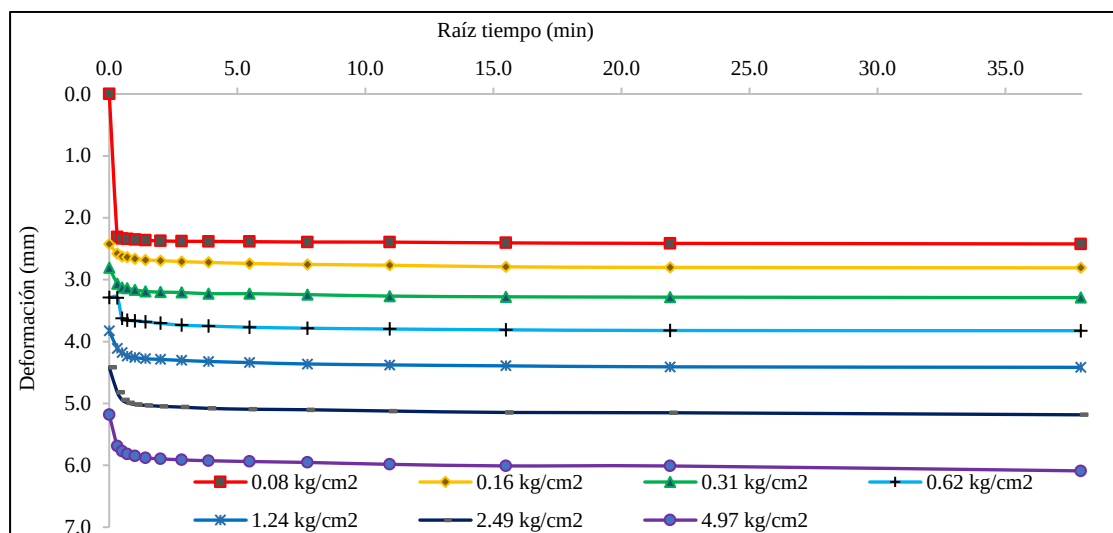
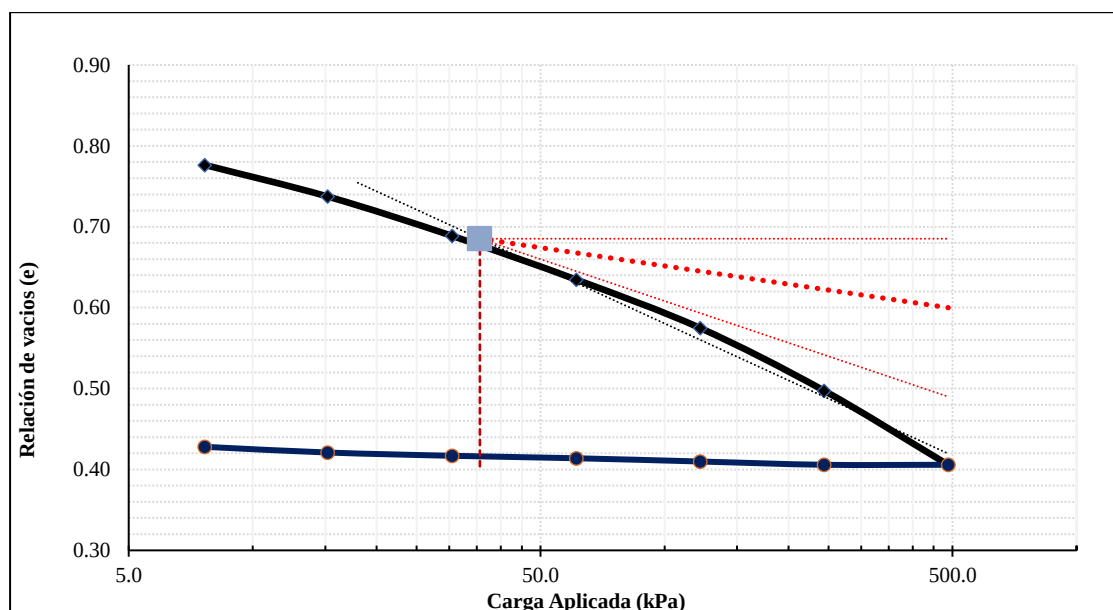


Figura 80

Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 3)



Nota. La curva permite identificar el tramo de recompresión y el tramo de compresión virgen para estimar C_r (0.012) y C_c (0.310), así como la presión de preconsolidación de 35.6 kPa (método de Casagrande), insumos directos para calcular el asentamiento por consolidación primaria.

Figura 81

Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 4)

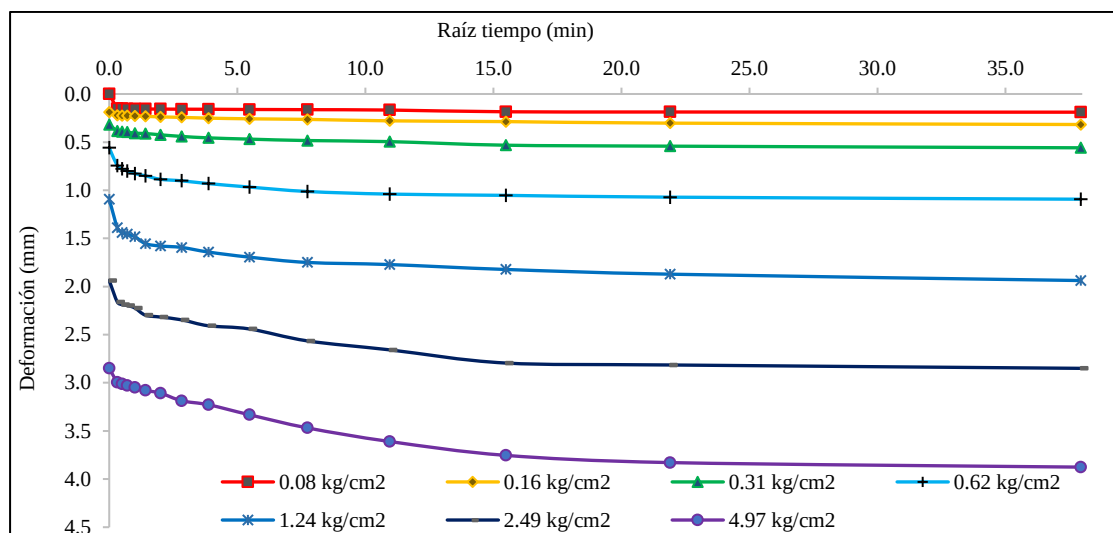
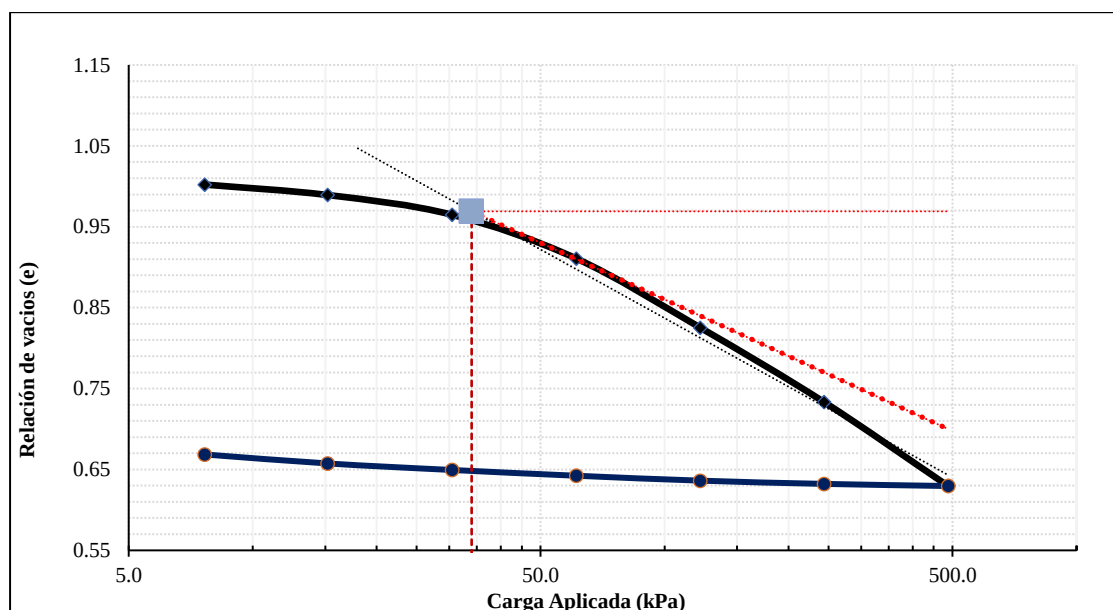


Figura 82

Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 4)



Nota. La relación de vacíos disminuye conforme aumenta el esfuerzo vertical efectivo, pasando de $e=1.021$ (estado inicial) a $e=0.630$ (máxima carga). La curva permite identificar el tramo de recompresión y el tramo de compresión virgen para estimar C_r (0.022) y C_c (0.345), así como la presión de preconsolidación de 34 kPa (método de Casagrande), insumos directos para calcular el asentamiento por consolidación primaria.

Figura 83

Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 5)

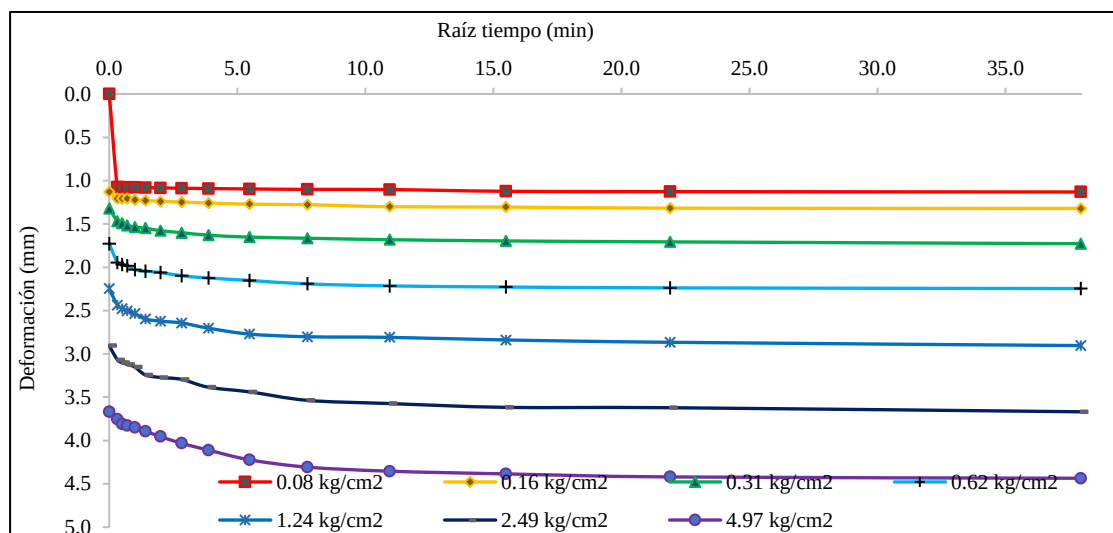
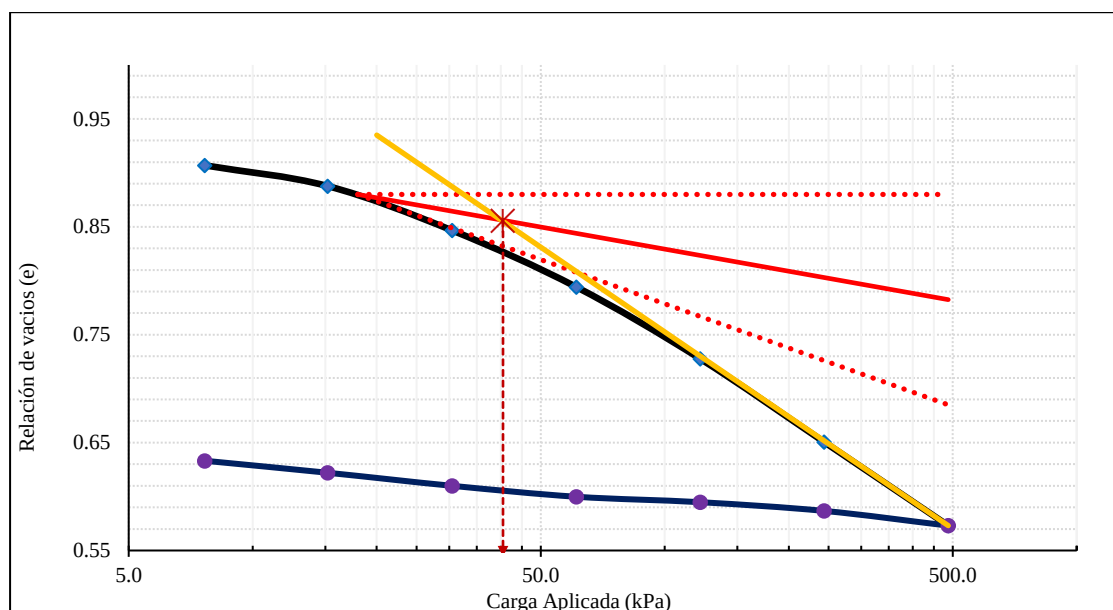


Figura 84

Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 5)



Nota. La relación de vacíos disminuye a medida que aumenta el esfuerzo vertical efectivo, pasando de $e=0.907$ (estado inicial) a $e=0.573$ (máxima carga). La curva permite identificar el tramo de recompresión y el tramo de compresión virgen para estimar C_r (0.033) y C_c (0.261), así como la presión de preconsolidación de 40.50 kPa (método de Casagrande), insumos directos para calcular el asentamiento por consolidación primaria.

Figura 85

Curvas de deformación vertical y raíz del tiempo para los incrementos de carga del ensayo de consolidación (Calicata 6)

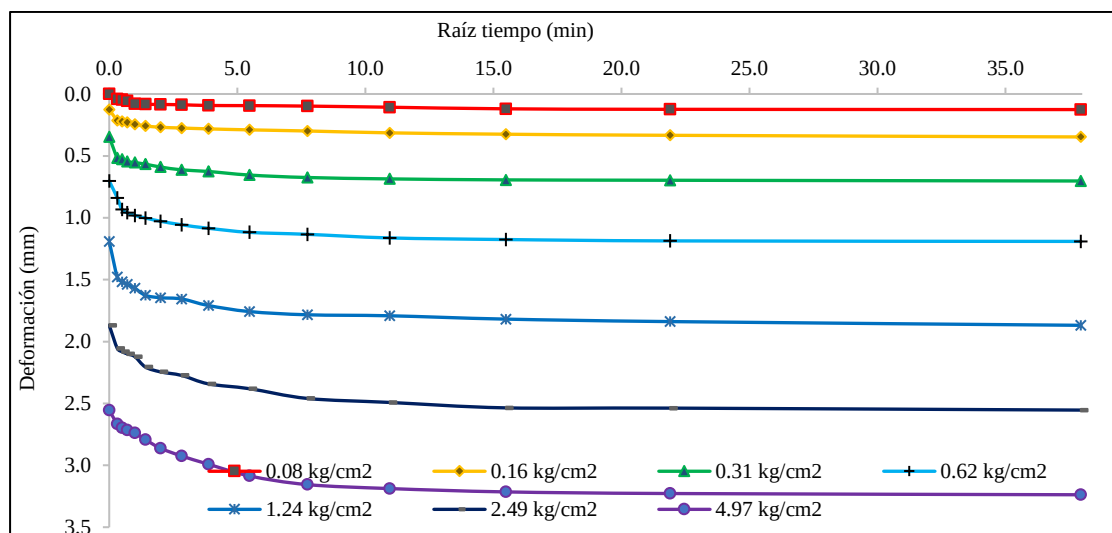
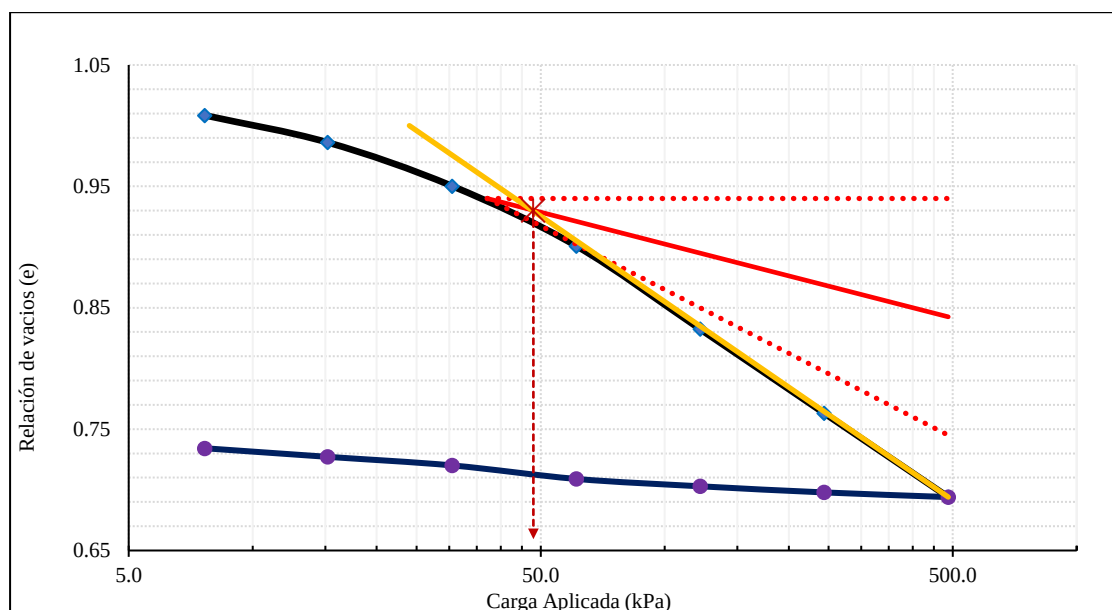


Figura 86

Curva edométrica y determinación de parámetros de compresibilidad (Calicata 6)



Nota. La relación de vacíos disminuye conforme aumenta el esfuerzo vertical efectivo, pasando de $e=1.021$ (estado inicial) a $e=0.6940$ (máxima carga). La curva permite identificar el tramo de recompresión y el tramo de compresión virgen para estimar C_r (0.022) y C_c (0.234), así como la presión de preconsolidación de 48 kPa (método de Casagrande), insumos directos para calcular el asentamiento por consolidación primaria.

Tabla 53

Cálculo del asentamiento por consolidación – C-01

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.516	0.307	0.823	NC (Cc)	5.811
2	0.375	0.250	0.558	0.263	0.821	NC (Cc)	4.794
3	0.625	0.250	0.601	0.229	0.830	NC (Cc)	4.009
4	0.875	0.250	0.643	0.202	0.845	NC (Cc)	3.392
5	1.125	0.250	0.686	0.180	0.866	NC (Cc)	2.900
6	1.375	0.250	0.728	0.162	0.891	NC (Cc)	2.502
7	1.625	0.250	0.771	0.147	0.918	NC (Cc)	2.176
8	1.875	0.250	0.813	0.135	0.948	NC (Cc)	1.906
9	2.125	0.250	0.856	0.124	0.980	NC (Cc)	1.681
10	2.375	0.250	0.898	0.114	1.013	NC (Cc)	1.491
11	2.625	0.250	0.941	0.106	1.047	NC (Cc)	1.330
12	2.875	0.250	0.983	0.099	1.082	NC (Cc)	1.191
13	3.125	0.000	1.026	0.092	1.118	No activa	0.000
14	3.375	0.000	1.068	0.087	1.155	No activa	0.000
15	3.625	0.000	1.111	0.081	1.192	No activa	0.000
16	3.875	0.000	1.153	0.077	1.230	No activa	0.000
17	4.125	0.000	1.196	0.073	1.268	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.238	0.069	1.307	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.281	0.065	1.346	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.323	0.062	1.385	No activa	0.000

Nota. Normal Consolidados (NC) o sobreconsolidados (OC). Si $\sigma'_p \leq \sigma'_{v0}$, se aplica la compresión virgen con Cc. Si $\sigma'_p \geq \sigma'_{vf}$, se aplica la recompresión con Cr. Si $\sigma'_{v0} < \sigma'_p$

$< \sigma'_{vf}$, se aplica la formulación mixta Cr + Cc.

Tabla 54

Cálculo del asentamiento por consolidación – C-02

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.525	0.299	0.824	NC (Cc)	6.493
2	0.375	0.250	0.568	0.256	0.824	NC (Cc)	5.349
3	0.625	0.250	0.612	0.223	0.834	NC (Cc)	4.468
4	0.875	0.250	0.655	0.197	0.851	NC (Cc)	3.778
5	1.125	0.250	0.698	0.175	0.874	NC (Cc)	3.227
6	1.375	0.250	0.741	0.158	0.899	NC (Cc)	2.782
7	1.625	0.250	0.785	0.144	0.928	NC (Cc)	2.419
8	1.875	0.250	0.828	0.131	0.959	NC (Cc)	2.118
9	2.125	0.250	0.871	0.121	0.992	NC (Cc)	1.867
10	2.375	0.250	0.914	0.111	1.026	NC (Cc)	1.655
11	2.625	0.250	0.958	0.103	1.061	NC (Cc)	1.476
12	2.875	0.000	1.001	0.096	1.097	No activa	0.000
13	3.125	0.000	1.044	0.090	1.134	No activa	0.000
14	3.375	0.000	1.087	0.084	1.172	No activa	0.000
15	3.625	0.000	1.131	0.079	1.210	No activa	0.000
16	3.875	0.000	1.174	0.075	1.249	No activa	0.000
17	4.125	0.000	1.217	0.071	1.288	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.260	0.067	1.327	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.304	0.063	1.367	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.347	0.060	1.407	No activa	0.000

Nota. Normal Consolidados (NC) o sobreconsolidados (OC). Si $\sigma'_p \leq \sigma'_{v0}$, se aplica la compresión virgen con Cc. Si $\sigma'_p \geq \sigma'_{vf}$, se aplica la recompresión con Cr. Si $\sigma'_{v0} < \sigma'_p$

$< \sigma'_{vf}$, se aplica la formulación mixta Cr + Cc.

Tabla 55

Cálculo del asentamiento por consolidación – C-03

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.284	0.220	0.504	Mixta Cr+Cc	6.413
2	0.375	0.250	0.328	0.178	0.506	Mixta Cr+Cc	6.355
3	0.625	0.250	0.372	0.147	0.518	NC (Cc)	6.296
4	0.875	0.250	0.416	0.123	0.539	NC (Cc)	4.918
5	1.125	0.250	0.459	0.105	0.564	NC (Cc)	3.903
6	1.375	0.250	0.503	0.091	0.594	NC (Cc)	3.142
7	1.625	0.250	0.547	0.079	0.626	NC (Cc)	2.563
8	1.875	0.250	0.591	0.070	0.660	NC (Cc)	2.116
9	2.125	0.000	0.634	0.062	0.696	No activa	0.000
10	2.375	0.000	0.678	0.055	0.733	No activa	0.000
11	2.625	0.000	0.722	0.050	0.772	No activa	0.000
12	2.875	0.000	0.766	0.045	0.811	No activa	0.000
13	3.125	0.000	0.809	0.041	0.850	No activa	0.000
14	3.375	0.000	0.853	0.037	0.890	No activa	0.000
15	3.625	0.000	0.897	0.034	0.931	No activa	0.000
16	3.875	0.000	0.941	0.032	0.972	No activa	0.000
17	4.125	0.000	0.984	0.029	1.013	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.028	0.027	1.055	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.072	0.025	1.097	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.116	0.023	1.139	No activa	0.000

Nota. Normal Consolidados (NC) o sobreconsolidados (OC). Si $\sigma'_p \leq \sigma'_{v0}$, se aplica la compresión virgen con Cc. Si $\sigma'_p \geq \sigma'_{vf}$, se aplica la recompresión con Cr. Si $\sigma'_{v0} < \sigma'_p$

$< \sigma'_{vf}$, se aplica la formulación mixta Cr + Cc.

Tabla 56

Cálculo del asentamiento por consolidación – C-04

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.284	0.220	0.504	Mixta Cr+Cc	7.171
2	0.375	0.250	0.328	0.178	0.506	Mixta Cr+Cc	7.048
3	0.625	0.250	0.372	0.147	0.518	NC (Cc)	6.160
4	0.875	0.250	0.416	0.123	0.539	NC (Cc)	4.813
5	1.125	0.250	0.459	0.105	0.564	NC (Cc)	3.819
6	1.375	0.250	0.503	0.091	0.594	NC (Cc)	3.075
7	1.625	0.250	0.547	0.079	0.626	NC (Cc)	2.508
8	1.875	0.250	0.591	0.070	0.660	NC (Cc)	2.070
9	2.125	0.000	0.634	0.062	0.696	No activa	0.000
10	2.375	0.000	0.678	0.055	0.733	No activa	0.000
11	2.625	0.000	0.722	0.050	0.772	No activa	0.000
12	2.875	0.000	0.766	0.045	0.811	No activa	0.000
13	3.125	0.000	0.809	0.041	0.850	No activa	0.000
14	3.375	0.000	0.853	0.037	0.890	No activa	0.000
15	3.625	0.000	0.897	0.034	0.931	No activa	0.000
16	3.875	0.000	0.941	0.032	0.972	No activa	0.000
17	4.125	0.000	0.984	0.029	1.013	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.028	0.027	1.055	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.072	0.025	1.097	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.116	0.023	1.139	No activa	0.000

Nota. Normal Consolidados (NC) o sobreconsolidados (OC). Si $\sigma'_p \leq \sigma'_{v0}$, se aplica la compresión virgen con Cc. Si $\sigma'_p \geq \sigma'_{vf}$, se aplica la recompresión con Cr. Si $\sigma'_{v0} < \sigma'_p$

$< \sigma'_{vf}$, se aplica la formulación mixta Cr + Cc.

Tabla 57

Cálculo del asentamiento por consolidación – C-05

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.440	0.235	0.674	NC (Cc)	6.351
2	0.375	0.250	0.492	0.200	0.692	NC (Cc)	5.078
3	0.625	0.250	0.543	0.174	0.718	NC (Cc)	4.132
4	0.875	0.250	0.595	0.154	0.749	NC (Cc)	3.412
5	1.125	0.250	0.647	0.137	0.784	NC (Cc)	2.855
6	1.375	0.250	0.699	0.123	0.822	NC (Cc)	2.417
7	1.625	0.250	0.750	0.112	0.862	NC (Cc)	2.067
8	1.875	0.250	0.802	0.102	0.904	NC (Cc)	1.783
9	2.125	0.250	0.854	0.094	0.948	NC (Cc)	1.551
10	2.375	0.000	0.906	0.087	0.992	No activa	0.000
11	2.625	0.000	0.957	0.080	1.038	No activa	0.000
12	2.875	0.000	1.009	0.075	1.084	No activa	0.000
13	3.125	0.000	1.061	0.070	1.131	No activa	0.000
14	3.375	0.000	1.113	0.066	1.178	No activa	0.000
15	3.625	0.000	1.164	0.062	1.226	No activa	0.000
16	3.875	0.000	1.216	0.058	1.274	No activa	0.000
17	4.125	0.000	1.268	0.055	1.323	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.320	0.052	1.371	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.371	0.049	1.420	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.423	0.047	1.470	No activa	0.000

Nota. Normal Consolidados (NC) o sobreconsolidados (OC). Si $\sigma'_p \leq \sigma'_{v0}$, se aplica la compresión virgen con Cc. Si $\sigma'_p \geq \sigma'_{vf}$, se aplica la recompresión con Cr. Si $\sigma'_{v0} < \sigma'_p$

$< \sigma'_{vf}$, se aplica la formulación mixta Cr + Cc.

Tabla 58

Cálculo del asentamiento por consolidación – C-06

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.437	0.280	0.716	Mixta Cr+Cc	4.914
2	0.375	0.250	0.480	0.239	0.719	Mixta Cr+Cc	4.865
3	0.625	0.250	0.523	0.209	0.732	NC (Cc)	4.220
4	0.875	0.250	0.567	0.184	0.751	NC (Cc)	3.544
5	1.125	0.250	0.610	0.165	0.775	NC (Cc)	3.010
6	1.375	0.250	0.653	0.149	0.802	NC (Cc)	2.582
7	1.625	0.250	0.696	0.135	0.832	NC (Cc)	2.233
8	1.875	0.250	0.740	0.124	0.863	NC (Cc)	1.947
9	2.125	0.250	0.783	0.114	0.897	NC (Cc)	1.710
10	2.375	0.250	0.826	0.105	0.932	NC (Cc)	1.511
11	2.625	0.250	0.869	0.098	0.967	NC (Cc)	1.343
12	2.875	0.250	0.913	0.091	1.004	NC (Cc)	1.200
13	3.125	0.000	0.956	0.085	1.041	No activa	0.000
14	3.375	0.000	0.999	0.080	1.079	No activa	0.000
15	3.625	0.000	1.042	0.076	1.118	No activa	0.000
16	3.875	0.000	1.086	0.071	1.157	No activa	0.000
17	4.125	0.000	1.129	0.067	1.196	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.172	0.064	1.236	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.215	0.061	1.276	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.259	0.058	1.316	No activa	0.000

Nota. Normal Consolidados (NC) o sobreconsolidados (OC). Si $\sigma'_p \leq \sigma'_{v0}$, se aplica la compresión virgen con Cc. Si $\sigma'_p \geq \sigma'_{vf}$, se aplica la recompresión con Cr. Si $\sigma'_{v0} < \sigma'_p$

$< \sigma'_{vf}$, se aplica la formulación mixta Cr + Cc.

4.1.4.2. Asentamiento total del suelo.

El asentamiento total del suelo en los pabellones del campus universitario Colpa Matara está dominado por el asentamiento por consolidación primaria, que constituye la mayor fracción de la deformación total en todos los puntos evaluados. En conjunto, los asentamientos totales varían entre 3.72 cm y 5.17 cm, siendo los mayores valores los del pabellón de Enfermería, específicamente en las calicatas C3 y C4, con 4.80 cm y 5.17 cm, respectivamente, lo que confirma que este sector presenta la condición más crítica en cuanto al comportamiento deformacional del suelo.

En contraste, el menor asentamiento total se registra en la calicata C5, correspondiente al pabellón de Contabilidad, con un valor de 3.72 cm, seguida por la calicata C6 del pabellón de Ingeniería Forestal y Ambiental, con 4.15 cm. Las calicatas C1 y C2 del pabellón de Ingeniería Civil presentan asentamientos totales intermedios de 4.22 cm y 4.50 cm, respectivamente. Estos resultados evidencian que, aunque el asentamiento inmediato cumple en todos los casos con el criterio de servicio, la incorporación del asentamiento por consolidación primaria incrementa significativamente la deformación total del terreno, por lo que este componente resulta determinante en la evaluación global del desempeño de las cimentaciones superficiales del campus universitario Colpa Matara.

Tabla 59

Asentamiento total del suelo en el campus universitario Colpa Matara

Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	EPIFA
Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Asentamiento elástico (cm)	0.90	0.94	1.23	1.50	0.76	0.84
Asentamiento de consolidación (cm)	3.32	3.56	3.57	3.67	2.96	3.31
Asentamiento total (cm)	4.22	4.50	4.80	5.17	3.72	4.15

Figura 87

Asentamiento total del suelo en el campus universitario Colpa Matara

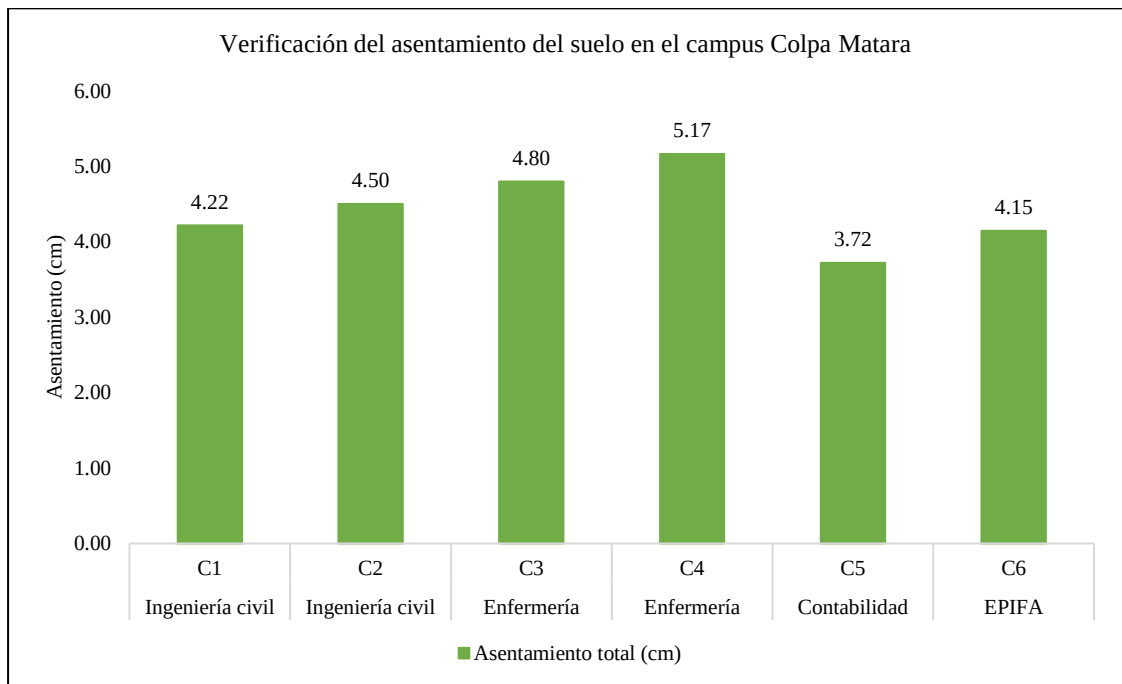


Figura 88

Asentamiento elástico del suelo de cimentación del campus Colpa Matara

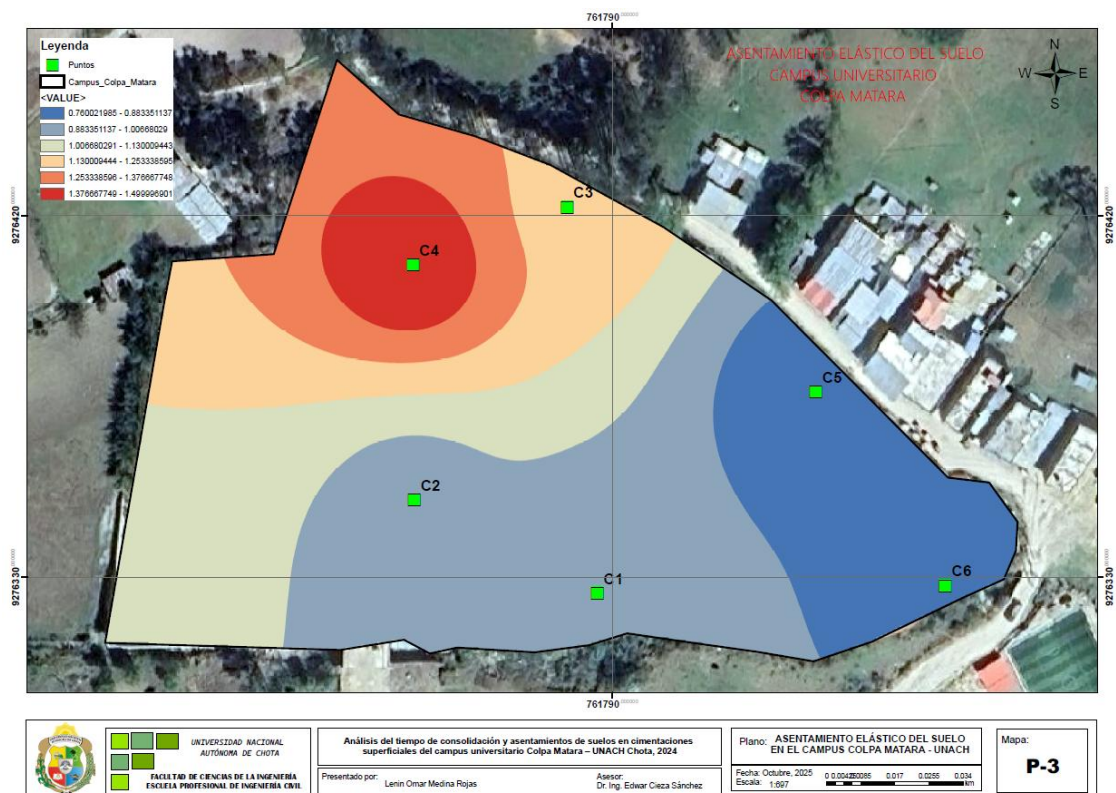


Figura 89

Asentamiento por consolidación del suelo de cimentación del campus Colpa Matara

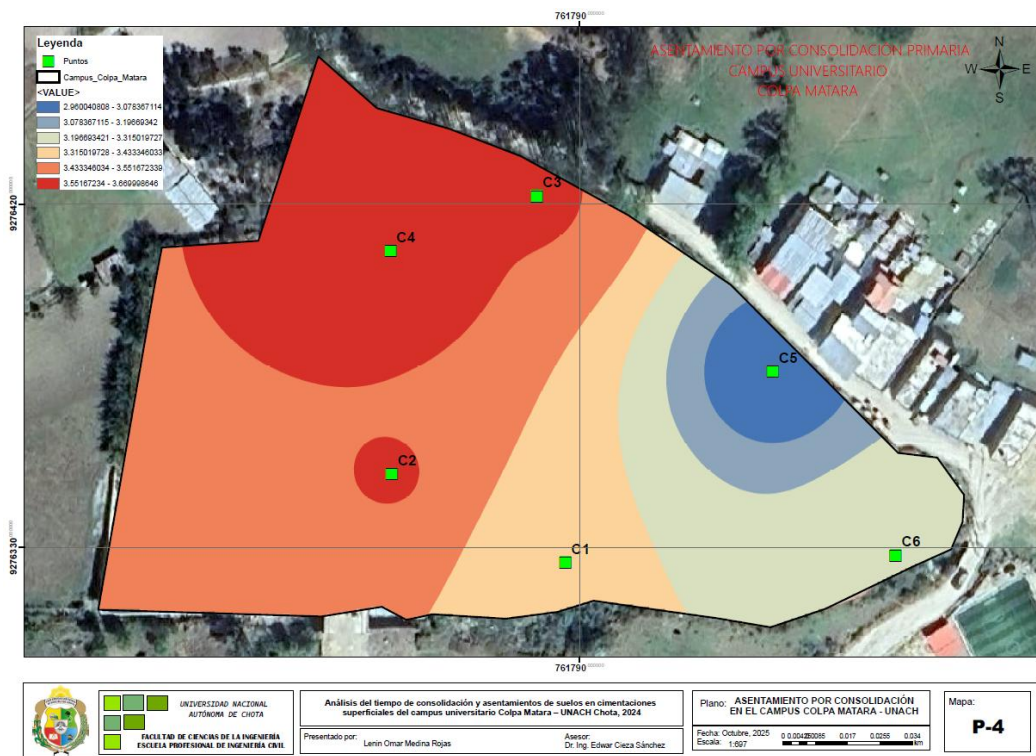


Figura 90

Asentamiento total del suelo de cimentación del campus Colpa Matara

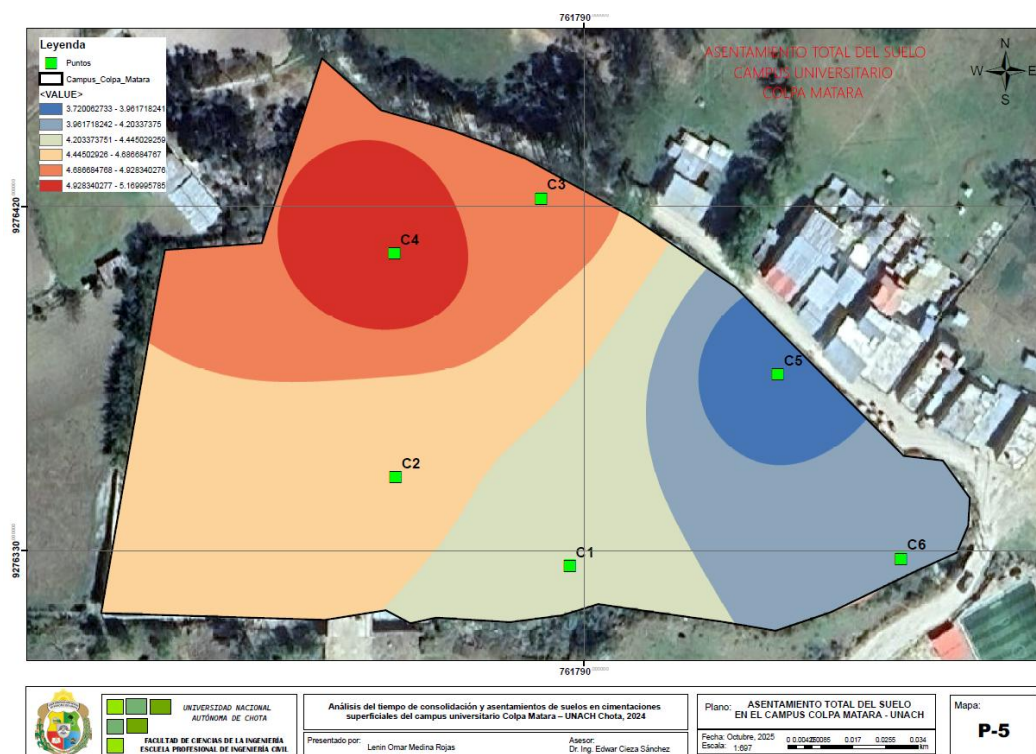


Figura 91

Tiempo de consolidación al 90%, suelo de cimentación del campus Colpa Matara

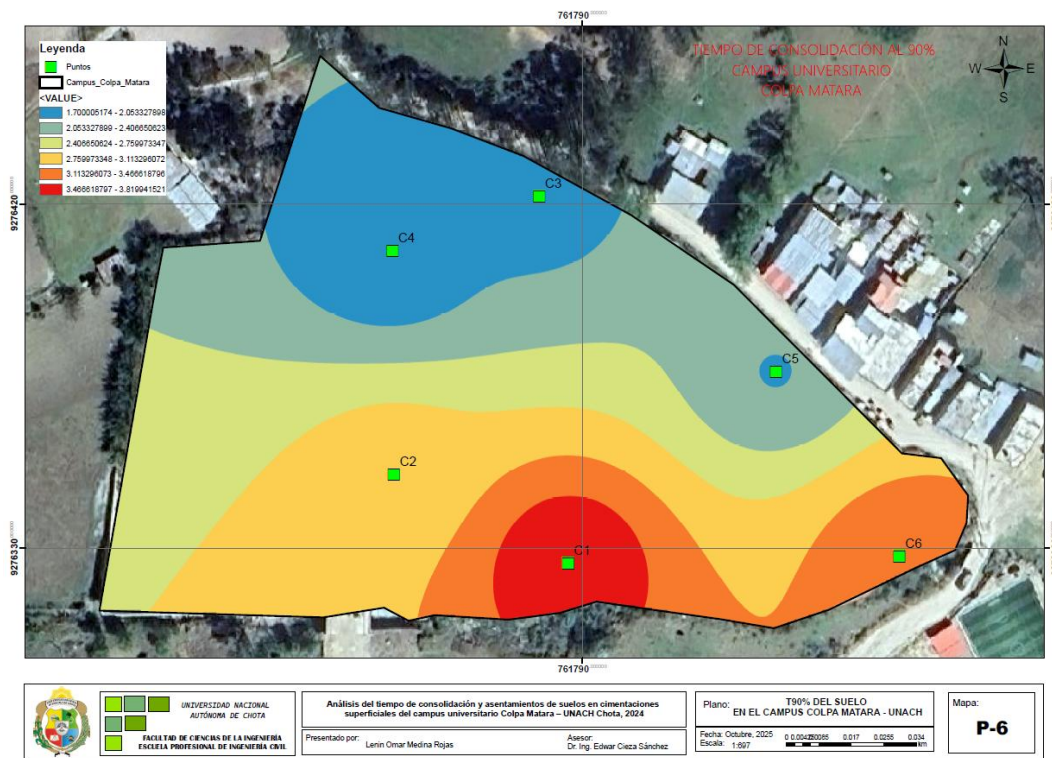
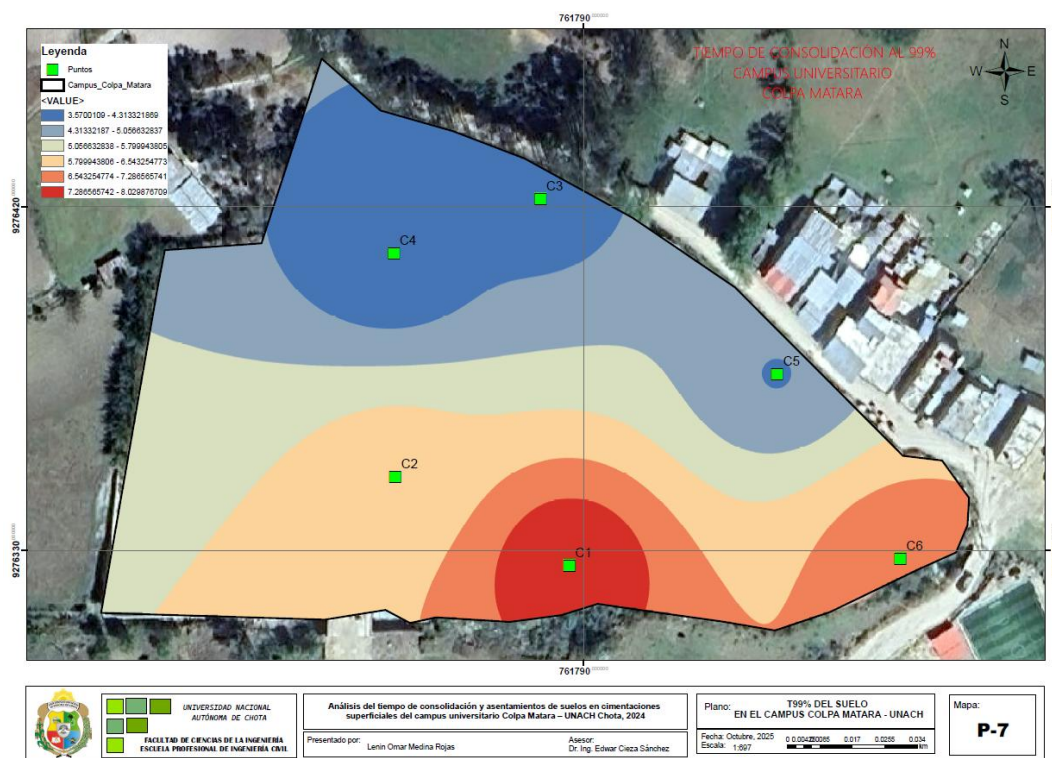


Figura 92

Tiempo de consolidación al 99%, suelo de cimentación del campus Colpa Matara



4.1.4.3. Evaluación conceptual de la factibilidad de las alternativas geotécnicas.

Con base en los resultados del análisis geotécnico, se determinó que los asentamientos por consolidación primaria del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara varían entre 29.65 mm y 36.66 mm, mientras que los asentamientos elásticos oscilan entre 7.60 mm y 15.00 mm. En consecuencia, el asentamiento total estimado continúa siendo relevante en términos de estado límite de servicio, especialmente en los sectores representados por las calicatas C3 y C4, correspondientes al pabellón de Enfermería, donde se registran los mayores valores de deformación. Bajo esta condición, se realizó una evaluación conceptual de la factibilidad de alternativas geotécnicas orientadas a mitigar los asentamientos en futuras edificaciones, ampliaciones o intervenciones de reforzamiento estructural.

La primera alternativa considerada fue la sustitución de estratos compresibles, que resulta técnicamente factible cuando la profundidad activa del estrato deformable es relativamente reducida y la intervención puede ejecutarse antes de la construcción de la cimentación. En el presente caso, dado que la profundidad activa calculada en las calicatas críticas alcanza 2.00 m, esta medida podría ser aplicable en obras nuevas siempre que exista disponibilidad de excavación, reposición con material competente y control de compactación. No obstante, su factibilidad disminuye en pabellones ya construidos debido a la dificultad de intervenir bajo las cimentaciones existentes sin comprometer la estabilidad temporal de la estructura.

La segunda alternativa consiste en el uso de cimentaciones profundas o micropilotes, cuya factibilidad técnica se considera alta en los sectores más críticos del campus. Esta alternativa permitiría transferir las cargas estructurales a niveles del subsuelo más estables y menos compresibles, reduciendo la influencia del estrato fino superficial en el comportamiento de la cimentación. En el contexto del campus

universitario, los micropilotes resultan particularmente adecuados como solución de recalce o reforzamiento en edificaciones existentes, ya que pueden ejecutarse con equipos relativamente compactos y con menor afectación a la infraestructura en servicio. Por ello, esta opción se considera la alternativa más conveniente para el pabellón de Enfermería, donde la calicata C4 presentó el mayor asentamiento.

La tercera alternativa evaluada fue la precarga con drenes verticales, que se considera técnicamente viable para áreas libres destinadas a futuras construcciones, ya que permite acelerar la disipación del exceso de presión en los poros y reducir el tiempo de consolidación del suelo fino. Sin embargo, su aplicación requiere un periodo previo de tratamiento del terreno antes de ejecutar la cimentación definitiva, así como espacio disponible para la sobrecarga temporal y el control geotécnico del proceso. Por ello, aunque constituye una medida eficiente para proyectos futuros sobre suelos compresibles, su aplicación resulta menos práctica en pabellones ya construidos o en zonas con limitaciones operativas dentro del campus.

En términos comparativos, la sustitución de estratos compresibles se considera factible para obras nuevas con profundidad activa moderada; la precarga con drenes verticales es viable en áreas libres donde sea posible programar un tratamiento previo del terreno; y los micropilotes representan la alternativa más adecuada para sectores críticos y para intervenciones sobre estructuras existentes. En consecuencia, para el campus universitario Colpa Matara, la alternativa conceptualmente más favorable en los puntos de mayor deformación corresponde al uso de micropilotes como solución preliminar de reforzamiento o de transferencia de cargas, mientras que las otras dos alternativas se reconocen como opciones viables principalmente para futuras edificaciones.

Tabla 60

Evaluación conceptual de factibilidad de alternativas geotécnicas para el campus universitario Colpa Matara

Alternativa	Factibilidad técnica	Ventaja principal	Limitación principal	Aplicación recomendada en el campus
Sustitución de estratos compresibles	Media	Reduce directamente el espesor del suelo deformable bajo cimentación	Requiere excavación, reemplazo y compactación controlada; poco viable bajo estructuras existentes	Obras nuevas o ampliaciones en áreas libres con profundidad activa moderada
Cimentaciones profundas o micropilotes	Alta en zonas críticas	Transfiere las cargas a estratos más competentes y reduce la influencia del suelo compresible superficial	Mayor costo y necesidad de diseño especializado	Reforzamiento o recalce de pabellones existentes; sectores críticos como C3 y C4
Precarga con drenes verticales	Media	Acelera la consolidación y reduce asentamientos diferidos antes de construir	Requiere tiempo previo, espacio libre y control del tratamiento	Áreas libres destinadas a futuras edificaciones

La Tabla 61 resume la propuesta preliminar de micropilote planteada para el sector representado por la calicata C4, correspondiente al pabellón de Enfermería, por ser el punto que presentó el mayor asentamiento por consolidación primaria del estudio (36.66 mm) y, en conjunto con el asentamiento elástico (15.00 mm), la condición más desfavorable desde el punto de vista del estado límite de servicio. Los parámetros geotécnicos del suelo en este sector, caracterizado como una arcilla de alta plasticidad (CH), con cohesión de 0.32 kg/cm², ángulo de fricción de 5.07°, Cc de 0.345 y e₀ de 1.02, justifican, conceptualmente, la necesidad de una solución que permita transferir las cargas a niveles más competentes del subsuelo y reducir la participación del estrato superficial compresible en la deformación total de la cimentación.

Bajo este enfoque, la propuesta preliminar adopta un micropilote de 0.25 m de diámetro, con una longitud adherida de 10.00 m, un factor de adherencia $\alpha = 0.70$ y un factor de seguridad geotécnico de 2.50. Se plantea, de manera referencial, un arreglo conceptual de cuatro micropilotes en disposición 2×2 , con una separación sugerida de 3D. Estos resultados no constituyen un diseño definitivo, pero sí demuestran que, desde un punto de vista conceptual, el uso de micropilotes representa una alternativa técnicamente factible para el sector más crítico del campus universitario Colpa Matara. En consecuencia, esta propuesta confirma que la solución mediante cimentaciones profundas o semiprofundas puede considerarse en futuras intervenciones, siempre que se complemente con estudios de detalle que incluyan la exploración a mayor profundidad, la verificación de la capacidad geotécnica y el diseño estructural del sistema de micropilotes.

Tabla 61

Resumen de la propuesta preliminar de micropilote para el sector representado por la calicata C4

Parámetro	Valor adoptado	Unidad	Descripción / criterio
Sector evaluado	C4 – Pabellón de Enfermería	—	Corresponde al punto con mayor asentamiento por consolidación del estudio
Clasificación SUCS	CH	—	Arcilla de alta plasticidad
Densidad húmeda del suelo	1.75	g/cm ³	Valor obtenido en la caracterización geotécnica
Cohesión (c)	0.32	kg/cm ²	Parámetro resistente del suelo
Ángulo de fricción	5.07	°	Parámetro resistente del suelo
Índice de compresión (Cc)	0.345	—	Obtenido del ensayo edométrico
Índice de entumecimiento (Cr)	0.022	—	Obtenido del ensayo edométrico
Relación de vacíos inicial (e0)	1.02	—	Obtenida del ensayo edométrico
Asentamiento por consolidación	36.66	mm	Mayor valor del estudio
Asentamiento elástico	15.00	mm	Estimado para el sector C4
Tipo de solución propuesta	Micropilote	—	Alternativa geotécnica conceptual
Diámetro preliminar del micropilote	0.25	m	Valor referencial adoptado
Longitud adherida preliminar	10.00	m	Valor preliminar sujeto a verificación
Factor de adherencia (α)	0.70	—	Adoptado con fines referenciales
Factor de seguridad geotécnico	2.50	—	Adoptado para la evaluación preliminar
Carga estimada a transferir	Según área tributaria y presión de servicio	—	Obtenida a partir de la presión aplicada por la estructura
Número preliminar de micropilotes	4	unidades	Configuración conceptual 2 × 2
Separación sugerida	3D	—	Criterio preliminar de disposición
Nivel de desarrollo	Preliminar	—	No constituye diseño definitivo
Requerimiento para aplicación real	Estudio de detalle	—	Incluye exploración profunda, verificación geotécnica y diseño estructural

Nota. La presente tabla resume una propuesta preliminar de micropilote elaborada con fines referenciales para el sector crítico representado por la calicata C4. Los valores adoptados no constituyen un diseño definitivo y deberán ser verificados mediante estudios geotécnicos y estructurales de mayor detalle antes de su aplicación técnica.

4.1.5. Relación entre las propiedades físico-mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamiento del suelo

La Figura 93 muestra la matriz de correlación de Pearson entre las propiedades físico-mecánicas del suelo, la capacidad portante, el módulo de elasticidad, los parámetros de consolidación y los asentamientos calculados. En términos generales, se observa que las relaciones más intensas se dan entre variables que describen el mismo comportamiento geotécnico. Por ejemplo, la capacidad portante en cimentación corrida y cuadrada presenta una correlación prácticamente perfecta ($r = 0.999$), mientras que ambas también mantienen una correlación positiva muy alta con el módulo de elasticidad del suelo ($r = 0.994$ y $r = 0.995$, respectivamente). Esto indica que, en el campus universitario Colpa Matara, los suelos con mayor rigidez tienden a desarrollar mayores capacidades portantes, lo cual es coherente con el comportamiento esperado de materiales más densos y menos deformables.

De manera complementaria, los resultados evidencian que el asentamiento elástico, el asentamiento primario y el asentamiento total presentan correlaciones negativas altas con la capacidad portante y el módulo de elasticidad. En particular, el asentamiento primario muestra correlaciones de $r = -0.949$ con la capacidad portante en cimentación corrida, de $r = -0.950$ con la capacidad portante en cimentación cuadrada y de $r = -0.945$ con el módulo de elasticidad. De forma similar, el asentamiento total presenta correlaciones de $r = -0.937$, -0.943 y -0.945 , respectivamente. Esto indica que, a medida que el suelo presenta mayor rigidez y mejor capacidad resistente, disminuyen tanto el asentamiento por consolidación como la deformación total del sistema de cimentación. Desde el punto de vista geotécnico, este resultado confirma que la deformabilidad del suelo constituye un factor de control directo del desempeño en servicio de las cimentaciones superficiales.

Asimismo, se aprecia una correlación positiva muy alta entre el asentamiento elástico y el asentamiento total ($r = 0.954$) y entre el asentamiento primario y el asentamiento total ($r = 0.946$). Sin embargo, la relación entre el asentamiento total y el asentamiento elástico es ligeramente mayor, lo que indica que ambos componentes contribuyen al comportamiento global, aunque el asentamiento total refleja de manera integrada la respuesta inmediata y diferida del terreno. Del mismo modo, la correlación entre el asentamiento elástico y el asentamiento primario, con $r = 0.804$, sugiere que los sectores más deformables del campus tienden a presentar simultáneamente mayores deformaciones inmediatas y mayores asentamientos por consolidación.

En cuanto a los parámetros de compresibilidad y tiempo de consolidación, se observa que el índice de compresión C_c presenta una correlación negativa muy alta con los tiempos T_{90} , T_{95} y T_{99} , con $r = -0.896$, -0.897 y -0.896 , respectivamente, lo que indica que, en el conjunto analizado, mayores valores de compresibilidad se asocian con tiempos de consolidación más cortos. Este comportamiento no depende únicamente del parámetro de compresión, sino también de la interacción con la presión aplicada, la profundidad activa y el coeficiente de consolidación (C_v). De hecho, la presión aplicada muestra una alta correlación positiva con los tiempos de consolidación ($r = 0.868$), mientras que la profundidad de cimentación también presenta una asociación positiva significativa con T_{90} , T_{95} y T_{99} ($r = 0.895$, 0.894 y 0.894 , respectivamente). Esto indica que, en el presente estudio, los mayores tiempos de consolidación están más vinculados al espesor activo y a las condiciones de esfuerzo que a un único parámetro índice del suelo.

La Figura 94, correspondiente a la significancia bilateral, permite distinguir cuáles de estas asociaciones resultan estadísticamente más consistentes. Entre las correlaciones significativas ($p < 0.05$), destacan las relaciones entre la densidad y la

capacidad portante ($p = 0.023$ y $p = 0.021$), así como entre la densidad y la presión de preconsolidación ($p = 0.035$). Del mismo modo, la capacidad portante en cimentación corrida y cuadrada presenta relaciones significativas con el módulo de elasticidad, con $p = 0.000$, el asentamiento elástico, con $p = 0.039$ y $p = 0.034$, el asentamiento primario, con $p = 0.004$ y $p = 0.004$; y el asentamiento total, con $p = 0.006$ y $p = 0.005$. Esto confirma que la capacidad portante es una de las variables más influyentes en el comportamiento deformacional del suelo en el ámbito de estudio.

También resultan significativas las correlaciones del módulo de elasticidad con el asentamiento elástico ($p = 0.030$), el asentamiento primario ($p = 0.004$) y el asentamiento total ($p = 0.004$), lo que refuerza la interpretación de que la rigidez del suelo controla de manera importante tanto la respuesta inmediata como la diferida del terreno. Del mismo modo, el asentamiento total presenta una relación significativa con el asentamiento elástico ($p = 0.003$) y con el asentamiento primario ($p = 0.004$), lo que confirma que ambos componentes participan de manera decisiva en la deformación total del sistema. En cambio, muchas de las correlaciones asociadas a la humedad, los límites de Atterberg, el índice de plasticidad, la relación de vacíos y el coeficiente de consolidación no presentan significancia estadística al nivel de 0.05.

En conjunto, el comportamiento del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara está principalmente condicionado por la rigidez del terreno y su capacidad resistente. En términos prácticos, esto significa que los suelos con mayor densidad, mayor módulo de elasticidad y mayor capacidad portante tienden a presentar menores asentamientos, mientras que los de menor rigidez presentan una respuesta deformacional más desfavorable.

Tabla 62

Propiedades físico-mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamiento del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara

Calicata	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Pabellón	Ingeniería civil	Ingeniería civil	Enfermería	Enfermería	Contabilidad	EPIFA
Este (m E)	761786.22	761740.65	761778.69	761740.25	761840.7	761872.97
Norte (m S)	9276325.94	9276349.2	9276422.02	9276407.65	9276376.07	9276327.85
Humedad (%)	26.7	37.9	14	37.8	27.7	23.2
Límite líquido	52	50	36	52	41	54
Límite plástico	28	30	23	28	24	29
Índice de plasticidad	24	20	13	24	17	25
Clasificación SUCS	CH	MH	CL	CH	GC	MH
Clasificación AASHTO	A-7-6(16)	A-7-5(14)	A-6(5)	A-7-6(16)	A-7-6(4)	A-7-6(17)
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.750	1.730	1.750	1.750	2.07	1.73
Cohesión (kg/cm ²)	0.330	0.310	0.240	0.320	0.230	0.280
Ángulo de fricción (°)	4.660	5.230	12.230	5.070	13.860	9.600
Profundidad de cimentación	2.910	2.910	1.500	1.500	2.000	2.400
Ancho de cimentación	17.700	17.700	3.250	3.250	16.660	20.000
CP_ Cimentación corrida (kg/cm ²)	0.850	0.840	0.730	0.620	1.35	1.08
CP_ Cimentación cuadrada (kg/cm ²)	0.970	0.950	0.860	0.760	1.38	1.17
Módulo de elasticidad del suelo (kg/cm ²)	146.270	140.650	84.390	68.920	293.250	216.600
Coeficiente de Poisson	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
Asentamiento elástico (cm)	0.90	0.94	1.23	1.50	0.76	0.84
Asentamiento por consolidación primaria (cm)	3.32	3.56	3.57	3.67	2.96	3.31
Asentamiento total (cm)	4.22	4.50	4.80	5.17	3.72	4.15
Presión de preconsolidación (kpa)	26.000	21.800	35.600	34.000	40.500	48.000
Presión aplicada por la estructura (kg/cm ²)	0.83	0.51	0.67	0.72	0.83	0.51
Índice de compresión (Cc)	0.216	0.252	0.310	0.345	0.261	0.234
Índice de entumecimiento (Cs)	0.030	0.036	0.012	0.022	0.033	0.020
Relación de vacíos inicial	0.886	0.891	0.776	1.020	0.907	1.020
Coeficiente de consolidación (cm ² /min)	0.038	0.041	0.034	0.038	0.040	0.043
T90% (años)	3.82	2.98	1.90	1.70	2.04	3.38
T95% (años)	5.09	3.96	2.53	2.26	2.72	4.50
T99% (años)	8.03	6.25	3.99	3.57	4.29	7.09

Figura 93

Coeficiente de correlación físico mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamiento del suelo

Correlación de Pearson	Humedad	LL	LP	IP	Densidad	Cohesión	Ángulo	Profundidad	Ancho	Capacidad portante Corrida	Capacidad portante	Módulo elasticidad (ME)	Asentamiento elástico	Asentamiento primario	Asentamiento total	Presión de pre consolidación	Presión aplicada	Cc	Cs	Relación vacíos	Cv	T90	T95	T99
Humedad	1.000	0.589	0.664	0.504	-0.251	0.624	-0.655	0.278	0.133	-0.157	-0.173	-0.084	0.162	0.213	0.197	-0.465	0.271	0.109	0.670	0.540	0.438	-0.010	-0.012	-0.011
LL	0.589	1.000	0.925	0.974	-0.016	0.824	-0.763	0.534	0.439	-0.150	-0.134	-0.049	-0.047	0.168	0.059	-0.105	0.490	-0.332	0.308	0.778	0.649	0.601	0.600	0.601
LP	0.664	0.925	1.000	0.816	-0.182	0.819	-0.806	0.653	0.469	-0.220	-0.208	-0.123	-0.075	0.308	0.114	-0.316	0.596	-0.346	0.413	0.607	0.662	0.605	0.602	0.603
IP	0.504	0.974	0.816	1.000	0.083	0.769	-0.684	0.426	0.391	-0.098	-0.081	-0.001	-0.026	0.072	0.022	0.028	0.393	-0.300	0.224	0.826	0.596	0.558	0.557	0.557
Densidad	-0.251	-0.016	-0.182	0.083	1.000	-0.558	0.648	-0.055	0.481	0.873	0.879	0.867	-0.593	-0.790	-0.724	0.842	0.051	-0.324	0.028	0.391	0.573	0.044	0.045	0.045
Cohesión	0.624	0.824	0.819	0.769	-0.558	1.000	-0.990	0.490	0.117	-0.566	-0.556	-0.477	0.255	0.490	0.387	-0.578	0.403	-0.134	0.294	0.406	0.183	0.492	0.491	0.492
Ángulo	-0.655	-0.763	-0.806	-0.684	0.648	-0.990	1.000	-0.472	-0.058	0.627	0.621	0.544	-0.306	-0.569	-0.455	0.662	-0.379	0.072	-0.306	-0.330	-0.131	-0.430	-0.428	-0.429
Profundidad	0.278	0.534	0.653	0.426	-0.055	0.490	-0.472	1.000	0.847	0.215	0.231	0.287	-0.674	-0.217	-0.479	-0.456	0.991	-0.876	0.684	0.029	0.553	0.895	0.894	0.894
Ancho	0.133	0.439	0.469	0.391	0.481	0.117	-0.058	0.847	1.000	0.667	0.682	0.725	-0.913	-0.617	-0.812	0.030	0.899	-0.931	0.645	0.221	0.795	0.785	0.785	0.785
Capacidad portante Corrida	-0.157	-0.150	-0.220	-0.098	0.873	-0.566	0.627	0.215	0.667	1.000	0.999	0.994	-0.835	-0.949	-0.937	0.501	0.340	-0.538	0.402	0.101	0.546	0.150	0.151	0.151
Capacidad portante cuadrada	-0.173	-0.134	-0.208	-0.081	0.879	-0.556	0.621	0.231	0.682	0.999	1.000	0.995	-0.846	-0.950	-0.943	0.509	0.354	-0.559	0.391	0.106	0.554	0.177	0.179	0.178
Módulo elasticidad (ME)	-0.084	-0.049	-0.123	-0.001	0.867	-0.477	0.544	0.287	0.725	0.994	0.995	1.000	-0.854	-0.945	-0.945	0.470	0.409	-0.585	0.461	0.172	0.616	0.218	0.220	0.219
Asentamiento elástico	0.162	-0.047	-0.075	-0.026	-0.593	0.255	-0.306	-0.674	-0.913	-0.835	-0.846	-0.854	1.000	0.804	0.954	-0.146	-0.755	0.894	-0.538	0.075	-0.586	-0.610	-0.612	-0.611
Asentamiento primario	0.213	0.168	0.308	0.072	-0.790	0.490	-0.569	-0.217	-0.617	-0.949	-0.950	-0.945	0.804	1.000	0.946	-0.418	-0.340	0.566	-0.402	-0.023	-0.379	-0.196	-0.198	-0.197
Asentamiento total	0.197	0.059	0.114	0.022	-0.724	0.387	-0.455	-0.479	-0.812	-0.937	-0.943	-0.945	0.954	0.946	1.000	-0.291	-0.585	0.776	-0.498	0.029	-0.512	-0.433	-0.435	-0.434
Presión de pre consolidación	-0.465	-0.105	-0.316	0.028	0.842	-0.578	0.662	-0.456	0.030	0.501	0.509	0.470	-0.146	-0.418	-0.291	1.000	-0.394	0.066	-0.496	0.390	0.258	-0.199	-0.198	-0.199
Presión aplicada	0.271	0.490	0.596	0.393	0.051	0.403	-0.379	0.991	0.899	0.340	0.354	0.409	-0.755	-0.340	-0.585	-0.394	1.000	-0.905	0.737	0.039	0.599	0.868	0.868	0.868
Cc	0.109	-0.332	-0.346	-0.300	-0.324	-0.134	0.072	-0.876	-0.931	-0.538	-0.559	-0.585	0.894	0.566	0.776	0.066	-0.905	1.000	-0.500	0.027	-0.544	-0.896	-0.897	-0.896
Cs	0.670	0.308	0.413	0.224	0.028	0.294	-0.306	0.684	0.645	0.402	0.391	0.461	-0.538	-0.402	-0.498	-0.496	0.737	-0.500	1.000	0.116	0.519	0.342	0.342	0.342
Relación vacíos	0.540	0.778	0.607	0.826	0.391	0.406	-0.330	0.029	0.221	0.101	0.106	0.172	0.075	-0.023	0.029	0.390	0.039	0.027	0.116	1.000	0.686	0.109	0.108	0.109
Cv	0.438	0.649	0.662	0.596	0.573	0.183	-0.131	0.553	0.795	0.546	0.554	0.616	-0.586	-0.379	-0.512	0.258	0.599	-0.544	0.519	0.686	1.000	0.478	0.477	0.477
T90	-0.010	0.601	0.605	0.558	0.044	0.492	-0.430	0.895	0.785	0.150	0.177	0.218	-0.610	-0.196	-0.433	-0.199	0.868	-0.896	0.342	0.109	0.478	1.000	1.000	1.000
T95	-0.012	0.600	0.602	0.557	0.045	0.491	-0.428	0.894	0.785	0.151	0.179	0.220	-0.612	-0.198	-0.435	-0.198	0.868	-0.897	0.342	0.108	0.477	1.000	1.000	1.000
T99	-0.011	0.601	0.603	0.557	0.045	0.492	-0.429	0.894	0.785	0.151	0.178	0.219	-0.611	-0.197	-0.434	-0.199	0.868	-0.896	0.342	0.109	0.477	1.000	1.000	1.000

Figura 94

Coeficiente sig. Bilateral de las propiedades físico mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamiento del suelo

Sig. (bilateral)	Humedad	LL	LP	IP	Densidad	Cohesión	Ángulo	Profundidad	Ancho	Capacidad portante Corrida	Capacidad portante	Módulo elasticidad (ME)	Asentamiento elástico	Asentamiento primario	Asentamiento total	Presión de pre consolidación	Presión aplicada	Cc	Cs	Relación vacíos	Cv	T90	T95	T99
Humedad		0.219	0.151	0.309	0.631	0.185	0.158	0.593	0.801	0.767	0.744	0.875	0.759	0.685	0.709	0.352	0.603	0.837	0.145	0.269	0.385	0.985	0.982	0.984
LL	0.219		0.008	0.001	0.976	0.044	0.078	0.275	0.383	0.777	0.800	0.927	0.930	0.751	0.911	0.844	0.323	0.521	0.552	0.068	0.163	0.207	0.208	0.207
LP	0.151	0.008		0.048	0.730	0.046	0.053	0.160	0.348	0.675	0.693	0.816	0.887	0.552	0.829	0.542	0.212	0.502	0.416	0.202	0.152	0.204	0.206	0.205
IP	0.309	0.001	0.048		0.875	0.074	0.134	0.399	0.443	0.854	0.878	0.999	0.961	0.892	0.967	0.958	0.440	0.563	0.669	0.043	0.212	0.250	0.251	0.251
Densidad	0.631	0.976	0.730	0.875		0.250	0.164	0.917	0.335	0.023	0.021	0.025	0.215	0.062	0.104	0.035	0.923	0.531	0.957	0.443	0.234	0.934	0.932	0.933
Cohesión	0.185	0.044	0.046	0.074	0.250		0.000	0.324	0.826	0.242	0.252	0.339	0.626	0.324	0.448	0.229	0.428	0.800	0.571	0.425	0.728	0.321	0.323	0.322
Ángulo	0.158	0.078	0.053	0.134	0.164	0.000		0.345	0.913	0.182	0.188	0.265	0.556	0.239	0.365	0.152	0.458	0.893	0.556	0.522	0.805	0.395	0.398	0.396
Profundidad	0.593	0.275	0.160	0.399	0.917	0.324	0.345		0.033	0.682	0.660	0.581	0.142	0.679	0.336	0.363	0.000	0.022	0.134	0.956	0.255	0.016	0.016	0.016
Ancho	0.801	0.383	0.348	0.443	0.335	0.826	0.913	0.033		0.148	0.136	0.103	0.011	0.192	0.050	0.955	0.015	0.007	0.167	0.674	0.059	0.065	0.064	0.064
Capacidad portante Corrida	0.767	0.777	0.675	0.854	0.023	0.242	0.182	0.682	0.148		0.000	0.000	0.039	0.004	0.006	0.312	0.509	0.271	0.430	0.849	0.262	0.777	0.775	0.776
Capacidad portante cuadrada	0.744	0.800	0.693	0.878	0.021	0.252	0.188	0.660	0.136	0.000		0.000	0.034	0.004	0.005	0.302	0.491	0.248	0.444	0.842	0.254	0.737	0.734	0.735
Módulo elasticidad (ME)	0.875	0.927	0.816	0.999	0.025	0.339	0.265	0.581	0.103	0.000	0.000		0.030	0.004	0.004	0.347	0.420	0.222	0.357	0.745	0.193	0.678	0.676	0.676
Asentamiento elástico	0.759	0.930	0.887	0.961	0.215	0.626	0.556	0.142	0.011	0.039	0.034	0.030		0.054	0.003	0.782	0.083	0.016	0.271	0.888	0.222	0.198	0.197	0.197
Asentamiento primario	0.685	0.751	0.552	0.892	0.062	0.324	0.239	0.679	0.192	0.004	0.004	0.004	0.054		0.004	0.409	0.510	0.241	0.429	0.966	0.459	0.710	0.707	0.708
Asentamiento total	0.709	0.911	0.829	0.967	0.104	0.448	0.365	0.336	0.050	0.006	0.005	0.004	0.003	0.004		0.576	0.223	0.070	0.315	0.956	0.299	0.391	0.388	0.389
Presión de pre consolidación	0.352	0.844	0.542	0.958	0.035	0.229	0.152	0.363	0.955	0.312	0.302	0.347	0.782	0.409	0.576		0.439	0.901	0.318	0.445	0.621	0.705	0.707	0.706
Presión aplicada	0.603	0.323	0.212	0.440	0.923	0.428	0.458	0.000	0.015	0.509	0.491	0.420	0.083	0.510	0.223	0.439		0.013	0.095	0.942	0.209	0.025	0.025	0.025
Cc	0.837	0.521	0.502	0.563	0.531	0.800	0.893	0.022	0.007	0.271	0.248	0.222	0.016	0.241	0.070	0.901	0.013		0.312	0.959	0.265	0.016	0.015	0.016
Cs	0.145	0.552	0.416	0.669	0.957	0.571	0.556	0.134	0.167	0.430	0.444	0.357	0.271	0.429	0.315	0.318	0.095	0.312		0.826	0.291	0.508	0.508	0.507
Relación vacíos	0.269	0.068	0.202	0.043	0.443	0.425	0.522	0.956	0.674	0.849	0.842	0.745	0.888	0.966	0.956	0.445	0.942	0.959	0.826		0.133	0.837	0.839	0.838
Cv	0.385	0.163	0.152	0.212	0.234	0.728	0.805	0.255	0.059	0.262	0.254	0.193	0.222	0.459	0.299	0.621	0.209	0.265	0.291	0.133		0.337	0.339	0.338
T90	0.985	0.207	0.204	0.250	0.934	0.321	0.395	0.016	0.065	0.777	0.737	0.678	0.198	0.710	0.391	0.705	0.025	0.016	0.508	0.837	0.337		0.000	0.000
T95	0.982	0.208	0.206	0.251	0.932	0.323	0.398	0.016	0.064	0.775	0.734	0.676	0.197	0.707	0.388	0.707	0.025	0.015	0.508	0.839	0.339	0.000		0.000
T99	0.984	0.207	0.205	0.251	0.933	0.322	0.396	0.016	0.064	0.776	0.735	0.676	0.197	0.708	0.389	0.706	0.025	0.016	0.507	0.838	0.338	0.000	0.000	

4.2. Contrastación de hipótesis

La contrastación de la hipótesis de la presente investigación se realizó mediante el uso de herramientas estadísticas inferenciales, con el apoyo de los programas Minitab 22 y SPSS v.26, los cuales permitieron evaluar de manera objetiva el comportamiento del tiempo de consolidación y del asentamiento del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota. Previamente a la aplicación de pruebas paramétricas, se verificó la normalidad de los datos mediante la prueba de Anderson–Darling, condición necesaria para aplicar la prueba t de Student. En función de los resultados estadísticos obtenidos, se procedió a aceptar o rechazar la hipótesis.

a) Hipótesis de la investigación

Hipótesis de investigación (H_1): El tiempo de consolidación es mayor a 1 año y el asentamiento total es mayor a 3.80 cm para suelos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota.

Hipótesis nula (H_0): El tiempo de consolidación es menor o igual a 1 año y/o el asentamiento total es menor o igual a 3.80 cm para suelos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota.

b) Criterio de aceptación de la hipótesis

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y un nivel de confianza del 95%. Se acepta H_1 cuando el valor p (valor de probabilidad) es menor a 0.05.

c) Prueba de normalidad

La normalidad de los datos de tiempo de consolidación y de asentamiento total se evaluó mediante la prueba de Anderson–Darling en Minitab 22. Los resultados obtenidos mostraron valores de significancia superiores a 0.05, lo que indica que los datos presentan una tendencia normal. En consecuencia, se validó el uso de pruebas estadísticas paramétricas.

Figura 95

Prueba de normalidad del asentamiento por consolidación

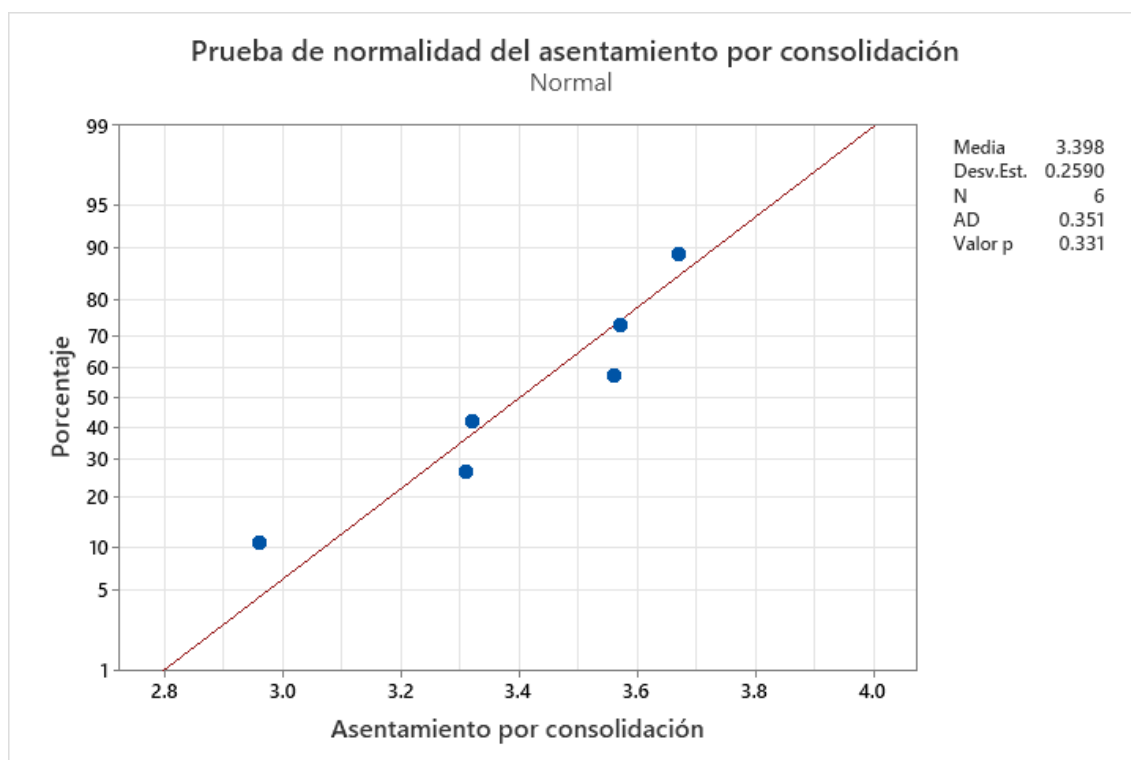
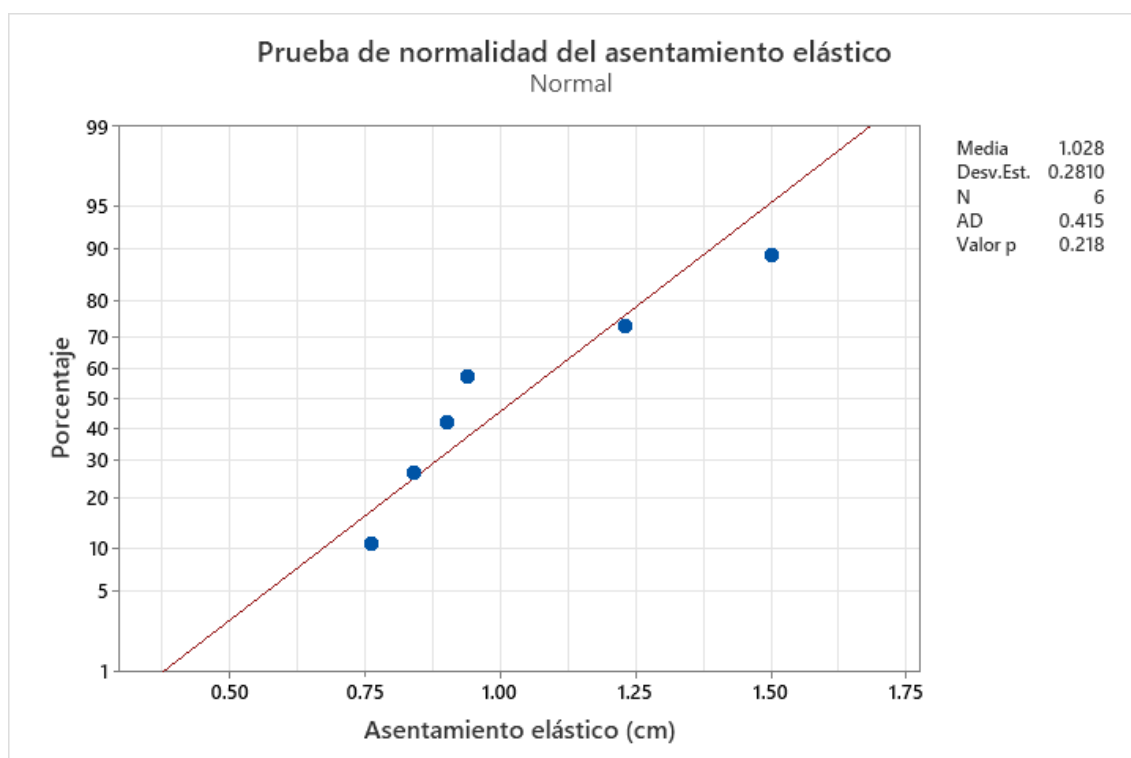


Figura 96

Prueba de normalidad del asentamiento elástico



d) Prueba t-student del tiempo de consolidación

Se aplicó la prueba t de Student a una muestra para contrastar el valor medio del tiempo de consolidación frente al valor de referencia de 1 año. Los resultados obtenidos evidencian que el tiempo de consolidación promedio del suelo de cimentación es significativamente mayor que 1 año, por lo que se acepta la hipótesis.

Tabla 63

Estadísticas descriptivas del tiempo de consolidación

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
T90% (años)	6	2.637	0.877	0.358	1.915
T95% (años)	6	3.510	1.168	0.477	2.549
T99% (años)	6	5.537	1.841	0.752	4.022

Nota. μ : media de la población de T90% (años), T95% (años) y T99% (años).

Tabla 64

Prueba t-student para el tiempo de consolidación

Hipótesis nula $H_0: \mu = 1$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 1$

Muestra	Valor T	Valor p
T90% (años)	4.57	0.003
T95% (años)	5.26	0.002
T99% (años)	6.04	0.001

e) Prueba t-student del asentamiento por consolidación

De manera similar, se aplicó la prueba t de Student a una muestra del asentamiento total del suelo, tomando como valor de contraste 3.80 cm. Los resultados estadísticos indican que el asentamiento total promedio supera significativamente los 3.80 cm, lo que confirma que las deformaciones exceden el umbral establecido. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación para el asentamiento.

Tabla 65*Estadísticas descriptivas del asentamiento del suelo*

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
Asentamiento elástico (cm)	6	1.028	0.281	0.115	0.797
Asentamiento por consolidación	6	3.398	0.259	0.106	3.185
Asentamiento total (cm)	6	4.427	0.513	0.209	4.005

Nota. μ : media de la población de asentamiento elástico (cm); asentamiento por consolidación (cm); asentamiento total (cm).

Tabla 66*Prueba t-student para asentamiento del suelo*

Hipótesis nula $H_0: \mu = 3.80 \text{ cm}$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 3.80 \text{ cm}$

Muestra	Valor T	Valor p
Asentamiento elástico (cm)	-24.10	1.000
Asentamiento por consolidación	-3.79	0.994
Asentamiento total (cm)	3.00	0.015

Nota. La prueba t de Student aplicada al asentamiento total, con un valor de contraste de 3.80 cm, indicó que la media del asentamiento total fue de 4.427 cm, con un valor $p = 0.015$, menor que 0.05. Por tanto, se acepta que el asentamiento total supera significativamente los 3.80 cm. En cambio, el asentamiento elástico y el de consolidación primaria, analizados por separado, no superaron de manera significativa dicho umbral.

f) Resultado de la contrastación de hipótesis

Se aceptó parcialmente la hipótesis de investigación, debido a que el tiempo de consolidación primaria superó significativamente 1 año para los grados de consolidación T90, T95 y T99. Asimismo, el asentamiento total presentó una media de 4.427 cm y superó significativamente el valor de contraste de 3.80 cm, con un valor de $p = 0.015$. No obstante, al evaluar separadamente sus componentes, el asentamiento elástico alcanzó una media de 1.028 cm, con valores comprendidos entre 0.76 y 1.50 cm y un valor de $p = 1.000$, mientras que el asentamiento por consolidación primaria

presentó una media de 3.398 cm, con valores entre 2.96 y 3.67 cm y un valor de $p = 0.994$; por tanto, ninguno superó significativamente, de manera independiente, el valor de contraste de 3.80 cm.

El asentamiento elástico se mantuvo por debajo del valor planteado debido principalmente a que las presiones transmitidas por las cimentaciones, comprendidas entre 0.51 y 0.83 kg/cm², fueron moderadas en relación con la rigidez de los suelos, cuyos módulos de elasticidad variaron entre 68.92 y 293.25 kg/cm². A ello se sumó la distribución de cargas según las dimensiones reales de las zapatas, las plateas y los sistemas combinados de cimentación. En particular, los sectores con mayor módulo de elasticidad y capacidad portante, como los representados por las calicatas C5 y C6, presentaron menores deformaciones inmediatas; en cambio, la calicata C4 presentó el mayor asentamiento elástico, de 1.50 cm, debido a su menor módulo de elasticidad de 68.92 kg/cm², aunque este valor continuó siendo inferior al umbral contrastado. Los resultados evidenciaron, además, una relación inversa claramente definida entre el módulo de elasticidad y el asentamiento inmediato, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9393$.

Por su parte, el asentamiento por consolidación primaria no alcanzó, individualmente, los 3.80 cm porque los índices de compresión presentaron valores moderados, entre 0.216 y 0.345; las relaciones de vacíos iniciales variaron entre 0.776 y 1.020, y la profundidad activa del estrato compresible estuvo limitada aproximadamente entre 2.00 y 3.00 m. También influyó el estado de consolidación previo del suelo: en las calicatas C3, C4 y C6 se identificaron condiciones inicialmente sobreconsolidadas, por lo que una parte de la deformación se desarrolló en la rama de recompresión, con índices de recompresión inferiores a los de compresión virgen. Aunque algunas subcapas superaron la presión de preconsolidación y pasaron a

compresión virgen, la combinación del estado tensional previo, la presión de preconsolidación, el incremento moderado de esfuerzos y el espesor limitado del estrato activo restringió la magnitud final del asentamiento por consolidación. En consecuencia, fue la suma del asentamiento elástico y del asentamiento por consolidación primaria la que produjo un asentamiento total promedio superior a 3.80 cm, y no la magnitud independiente de cada componente.

4.3. Discusión

El suelo de fundación del campus universitario Colpa Matara presenta predominio de materiales finos de mediana a alta plasticidad, clasificados como CH, MH y CL, con presencia localizada de GC, además de cohesiones entre 0.23 y 0.33 kg/cm² y ángulos de fricción generalmente bajos, entre 4.66° y 13.86°. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Fernández y Muñoz (2025), quienes identificaron en Moran Lirio, arcillas y limos de baja a alta plasticidad, con densidades húmedas de 1.50 a 1.76 g/cm³, cohesiones de 0.11 a 0.30 kg/cm² y capacidades portantes de 0.73 a 1.69 kg/cm² para cimiento corrido y de 0.84 a 1.89 kg/cm² para cimiento cuadrado; de forma similar, Guevara y Tingal (2024) reportaron en Bambamarca suelos limosos de alta y baja plasticidad con cohesiones de 0.27 a 0.47 kg/cm² y capacidades portantes de 0.52 a 0.76 kg/cm² para cimientos corridos y de 0.69 a 1.06 kg/cm² para zapatas cuadradas. En el presente estudio, bajo la condición geométrica uniforme de $D_f = 1.50$ m y $B = 1.50$ m, las capacidades portantes admisibles variaron entre 0.60 y 0.78 kg/cm² para cimentación corrida y entre 0.74 y 0.91 kg/cm² para cimentación cuadrada, por lo que los valores obtenidos se ubican dentro del rango regional reportado para suelos cohesivos y limosos de comportamiento similar.

Asimismo, los resultados guardan una correspondencia parcial con investigaciones previas realizadas en los mismos pabellones del campus. En Ingeniería

Civil, el estudio preliminar de 2013 reportó un suelo CL, densidad húmeda de 1.57 g/cm³, cohesión de 0.50 kg/cm² y capacidades portantes de 0.75 kg/cm² para cimentación corrida y 0.91 kg/cm² para cimentación cuadrada, mientras que en la presente investigación las calicatas C1 y C2 identificaron suelos CH y MH, con densidades de 1.75 y 1.73 g/cm³, cohesiones de 0.33 y 0.31 kg/cm² y capacidades portantes uniformes de 0.62 a 0.60 kg/cm² para cimentación corrida y de 0.77 a 0.74 kg/cm² para cimentación cuadrada, aunque al considerar las dimensiones reales del pabellón estos valores aumentaron a 0.85-0.84 y 0.97-0.95 kg/cm². En Contabilidad, Colunche y Guevara (2024) reportaron un suelo CL con densidad de 1.75 g/cm³, cohesión de 0.24 kg/cm², ángulo de fricción de 11.74° y capacidad portante de 0.87 kg/cm² para zapata cuadrada; en contraste, el presente estudio identificó en C5 un suelo GC, con densidad de 2.07 g/cm³, cohesión de 0.23 kg/cm² y ángulo de fricción de 13.86°, obteniéndose 0.91 kg/cm² bajo geometría uniforme y 1.38 kg/cm² con dimensiones reales, lo que evidencia un comportamiento más favorable del terreno en ese sector. En Enfermería, Cabrera (2022) reportó un suelo CL con densidad de 1.83 g/cm³ y capacidad portante de 0.90 kg/cm², mientras que en las calicatas C3 y C4 del presente estudio se identificaron suelos CL y CH con capacidades portantes uniformes de 0.83 y 0.75 kg/cm², inferiores a las del antecedente, lo que sugiere una mayor variabilidad estratigráfica local y confirma la necesidad de una caracterización puntual para fines de cimentación.

En comparación, los valores de capacidad portante del campus resultan menores que los reportados por Oladipupo et al. (2024), quienes obtuvieron una capacidad admisible de 201.66 kN/m² en lateritas de Lagos, pero son coherentes con medios más compresibles y cohesivos como los estudiados por Melgar (2024), quien reportó capacidades de 0.64 a 0.92 kg/cm² en suelos arcillosos de Moyobamba, y por Herrera

y Díaz (2023), quienes obtuvieron en Chota capacidades de 0.41 a 0.81 kg/cm² para cimentación corrida y de 0.50 a 0.90 kg/cm² para cimentación cuadrada. En ese sentido, los resultados permiten sostener que el campus presenta un comportamiento geotécnico heterogéneo, pero dentro de rangos esperables para suelos finos cohesivos de la región, destacando el sector de Contabilidad como el de mayor capacidad portante relativa y los pabellones de Enfermería como los de menor capacidad portante relativa.

El asentamiento elástico inmediato del suelo de cimentación del campus universitario Colpa Matara muestra valores entre 0.76 cm y 1.50 cm, con los mayores registros en las calicatas C3 y C4 del pabellón de Enfermería y los menores en C5 y C6, correspondientes a Contabilidad y EPIFA, respectivamente. Este comportamiento coincide con la tendencia reportada por Melgar (2024), quien encontró asentamientos inmediatos de 0.48 cm, 0.58 cm y 1.46 cm en suelos arcillosos de Moyobamba, valores del mismo orden de magnitud que los obtenidos en la presente investigación. De manera similar, Oladipupo et al. (2024) determinaron un asentamiento inicial de 8.0 mm en lateritas de Lagos, mientras que en el campus Colpa Matara los valores oscilaron entre 7.60 mm y 15.00 mm, lo que evidencia que, aunque los suelos del estudio presentan una mayor deformabilidad inmediata que las lateritas compactas evaluadas por dichos autores, sus asentamientos aún se mantienen dentro de un rango moderado para cimentaciones superficiales.

Asimismo, los resultados obtenidos confirman lo planteado por Muhammad et al. (2022), quienes señalaron que el asentamiento inmediato disminuye cuando el perfil de fundación presenta mayor rigidez, ya que, para una carga de 200 kPa, reportaron 28.81 mm en un perfil con caliza subyacente frente a 42.96 mm en un perfil más deformable de lutita. En el presente estudio se observó un comportamiento análogo, puesto que las menores deformaciones inmediatas se registraron en C5 y C6, justamente

donde el módulo de elasticidad del suelo fue más alto, con 293.25 kg/cm² y 216.6 kg/cm², mientras que las mayores deformaciones se registraron en C3 y C4, cuyos módulos fueron de 84.39 kg/cm² y 68.92 kg/cm². Esta relación inversa entre rigidez y asentamiento inmediato también se evidencia en los resultados del campus, donde todos los asentamientos elásticos calculados se mantuvieron por debajo del límite admisible de 2.54 cm, lo que cumplió la condición de servicio.

Por otro lado, los resultados difieren de los reportados por Waheed y Asmael (2023), quienes en arcillas blandas y con espesores mayores obtuvieron un asentamiento inmediato de 6.1 mm frente a asentamientos por consolidación muy superiores, concluyendo que en este tipo de suelos el asentamiento inmediato representa una fracción menor del asentamiento total. En el caso del campus Colpa Matara, también se verificó que el asentamiento elástico no constituye el componente dominante de la deformación global, ya que los valores inmediatos de 0.76 a 1.50 cm fueron menores que los asentamientos por consolidación obtenidos posteriormente. En ese sentido, la presente investigación coincide con la literatura en que la deformación inmediata es sensible a la rigidez del suelo y a la geometría de la cimentación, pero no constituye el mecanismo más crítico del comportamiento deformacional total en suelos finos compresibles.

El tiempo de consolidación primaria del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara evidenció un comportamiento de mediano a largo plazo, con valores de T₉₀ entre 1.70 y 3.82 años y de T₉₅ entre 2.26 y 5.09 años, asociados a coeficientes de consolidación entre 0.034 y 0.043 cm²/min. Estos resultados fueron coherentes con lo reportado por Dascălu et al. (2024), quienes demostraron que el horizonte temporal de la consolidación puede variar sustancialmente según el método de estimación de C_v y las características geométricas de la muestra, alcanzando tiempos

cercanos a 1 año con el método de Taylor y hasta 5 años con el método de Casagrande. En el presente estudio, el uso del método de Taylor y la consideración de la profundidad activa del estrato compresible permitieron obtener tiempos que, aunque superiores al límite inferior señalado por dichos autores, se mantuvieron dentro del mismo orden de magnitud para suelos finos de drenaje limitado, lo que confirma que la consolidación primaria del campus no fue un proceso rápido, sino progresivo y prolongado.

Asimismo, los tiempos obtenidos resultaron comparables con los de Melgar (2024), quien estimó periodos de consolidación primaria de 9.05 meses a 2.80 años en suelos arcillosos de Moyobamba. En el campus universitario Colpa Matara, los valores de T_{90} y T_{95} fueron mayores, especialmente en la calicata C1, donde se alcanzaron 3.82 y 5.09 años, respectivamente, lo que sugiere una disipación más lenta de las presiones intersticiales. Esta diferencia puede atribuirse a la combinación de menores valores efectivos de C_v empleados en el cálculo y a una mayor profundidad activa del estrato compresible en algunas calicatas, lo que prolongó el tiempo necesario para alcanzar altos grados de consolidación. En contraste, las calicatas del pabellón de Enfermería, particularmente C4, presentaron los tiempos más bajos del conjunto, con 1.70 años para T_{90} y 2.26 años para T_{95} , lo que indicó un comportamiento favorable en términos de velocidad de consolidación.

En comparación con antecedentes que describieron respuestas más rápidas, como Oladipupo et al. (2024), quienes reportaron un C_v de $2.3 \text{ m}^2/\text{año}$ en un perfil laterítico, los suelos del campus mostraron un comportamiento claramente más lento, lo cual resultó técnicamente esperable debido al predominio de materiales finos cohesivos y de menor capacidad de drenaje. De igual manera, los resultados guardaron coherencia conceptual con Waheed y Asmael (2023), quienes señalaron que, en arcillas, el proceso de consolidación domina el comportamiento diferido de la cimentación y

puede prolongarse considerablemente según el espesor del estrato compresible. En ese sentido, la investigación confirmó que, para el Campus Universitario Colpa Matara, una fracción importante del asentamiento primario se desarrolló en los primeros años de servicio, pero su consolidación, que alcanzó el 95 por ciento, requirió aún varios años adicionales, por lo que el tiempo de consolidación constituyó un parámetro crítico en la evaluación del desempeño geotécnico del suelo de fundación.

Los asentamientos por consolidación primaria obtenidos en el Campus Universitario Colpa Matara variaron entre 29.65 mm y 36.66 mm, siendo los mayores valores los correspondientes a las calicatas C3 y C4 del pabellón de Enfermería, mientras que el menor se registró en la calicata C5 del pabellón de Contabilidad. Estos resultados son comparables con los reportados por Melgar (2024), quien encontró asentamientos por consolidación primaria entre 1.76 cm y 1.95 cm en suelos arcillosos de Moyobamba, y con Tello (2022), quien obtuvo valores entre 2.46 cm y 4.41 cm en suelos arcillosos de Pucallpa antes del redimensionamiento de las zapatas. En ese sentido, los valores del presente estudio, equivalentes a 2.96 cm y 3.67 cm, se ubican dentro del rango nacional observado para suelos cohesivos de compresibilidad moderada a alta, aunque muestran una mayor uniformidad entre calicatas, ya que los parámetros geotécnicos y la profundidad activa del estrato compresible fueron relativamente similares en el campus.

Asimismo, los resultados obtenidos son superiores a los de Herrera y Díaz (2023), quienes determinaron asentamientos máximos por consolidación primaria de 14.49 mm en un suelo limoso y 18.85 mm en un suelo arcilloso en Chota, antes de la estabilización con vidrio pulverizado. La diferencia se explica porque en el presente estudio los suelos del campus presentan relaciones de vacíos iniciales más altas, índices de compresión entre 0.216 y 0.345 y profundidades activas de 2.00 m a 3.00 m,

condiciones que favorecen mayores deformaciones por consolidación. De forma similar, Waheed y Asmael (2023) demostraron que, en arcillas blandas, el asentamiento por consolidación domina claramente sobre el asentamiento inmediato y aumenta a medida que aumenta el espesor del estrato compresible. Esta tendencia también se confirmó en el campus Colpa Matara, donde el asentamiento por consolidación primaria superó, en todos los casos, al asentamiento elástico.

Desde una perspectiva comparativa internacional, los resultados también guardan coherencia con lo señalado por Dascălu et al. (2024), quienes reportaron que la predicción del asentamiento depende de la forma de la muestra, del método de interpretación del ensayo edométrico y de los parámetros de compresibilidad obtenidos. En el presente estudio, la reinterpretación de la presión de preconsolidación y el cálculo del esfuerzo inducido por subcapas mediante el método 2:1 permitieron corregir la sobreestimación inicial del asentamiento y obtener valores más realistas para las cimentaciones superficiales del campus. En consecuencia, los resultados confirman que el comportamiento deformacional por consolidación primaria del suelo en Colpa Matara fue moderado, pero significativo, lo que lo convierte en el parámetro más determinante en la evaluación geotécnica del desempeño en servicio.

Los resultados obtenidos en el Campus Universitario Colpamatara evidenciaron que el comportamiento del suelo de cimentación estuvo principalmente controlado por la rigidez del terreno y su capacidad resistente, ya que la capacidad portante en cimentación corrida y cuadrada presentó correlaciones casi perfectas con el módulo de elasticidad, con valores de $r = 0.994$ y $r = 0.995$, respectivamente, mientras que los asentamientos mostraron correlaciones negativas altas con dichas variables. En particular, el asentamiento primario registró relaciones de $r = -0.949$ con la capacidad portante corrida, $r = -0.950$ con la capacidad portante cuadrada y $r = -0.945$ con el

módulo de elasticidad, lo que indica que los suelos más rígidos y resistentes tienden a presentar menores deformaciones. Esta tendencia fue coherente con lo señalado por Muhammad et al. (2022), quienes demostraron que la presencia de una capa más rígida reduce significativamente los asentamientos, y con Oladipupo et al. (2024), quienes encontraron una concordancia razonable entre una mayor capacidad resistente y una menor deformación inicial en cimentaciones superficiales. En el caso de Colpamatara, esta relación también se manifestó en que las calicatas con mayor densidad y módulo elástico, como C5 y C6, presentaron menores asentamientos que los sectores de Enfermería, más compresibles y menos rígidos.

Asimismo, el análisis correlacional mostró que el asentamiento total se relacionó fuertemente con el asentamiento elástico ($r = 0.954$) y con el asentamiento primario ($r = 0.946$), lo que confirmó que ambos componentes explicaron de manera integrada la deformación global del suelo. Este comportamiento es comparable al de Waheed y Asmael (2023), quienes concluyeron que en suelos arcillosos el asentamiento por consolidación domina el comportamiento deformacional total, y al de Melgar (2024), quien identificó que en perfiles arcillosos heterogéneos la combinación de una capacidad admisible baja y la compresibilidad del suelo condiciona directamente el asentamiento total. En el estudio del campus, aunque el asentamiento elástico cumplió el criterio de servicio, la consolidación primaria se mantuvo como el componente de mayor incidencia, lo que explica las correlaciones positivas observadas entre ambos asentamientos y el valor global del asentamiento total.

En cuanto al tiempo de consolidación, se observó que la profundidad de cimentación y la presión aplicada mostraron correlaciones positivas altas con T90, T95 y T99, con valores de r entre 0.868 y 0.895, mientras que el índice de compresión C_c presentó correlaciones negativas altas, cercanas a $r = -0.896$. Esto indicó que los

mayores tiempos de consolidación estuvieron más asociados al espesor activo del estrato deformable y a las condiciones de esfuerzo que a un único parámetro índice del suelo. Esta tendencia coincide con lo señalado por Dascălu et al. (2024), quienes demostraron que la predicción del tiempo de consolidación depende fuertemente del método de cálculo y de las características geométricas del sistema analizado, y con Tello (2022), quien verificó que los parámetros de consolidación y la geometría de la cimentación condicionan tanto la magnitud del asentamiento como su evolución temporal. Por tanto, los resultados del Campus Universitario Colpamatara confirmaron que la relación entre propiedades físico-mecánicas, capacidad portante, tiempos de consolidación y asentamientos no fue aislada, sino integrada, siendo la rigidez del suelo y las condiciones de carga los factores que más influyeron en el comportamiento geotécnico global del terreno de fundación.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al analizar el tiempo de consolidación y los asentamientos de suelos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota se ha llegado a los siguientes resultados:

- 1) El suelo de fundación del Campus Universitario Colpa Matara se caracteriza predominantemente por suelos finos cohesivos, clasificados como CH, MH, CL y GC, con límites líquidos entre 36% y 54% e índices de plasticidad entre 13% y 25%. Las propiedades mecánicas determinadas muestran cohesiones moderadas entre 0.23 y 0.33 kg/cm² y ángulos de fricción interna bajos, entre 4.66° y 9.60°, alcanzando valores mayores solo en las calicatas C3 (12.23°) y C5 (13.86°). Bajo condiciones geométricas uniformes ($D_f = 1.50$ m y $B = 1.50$ m), la capacidad portante admisible varió entre 0.74 y 0.91 kg/cm² en zapatas cuadradas. Al considerar las dimensiones reales de las cimentaciones, los pabellones de Contabilidad e Ingeniería Forestal y Ambiental, con anchos de 16.66 a 20.00 m, alcanzaron capacidades portantes admisibles mayores, del orden de 1.25 a 1.33 kg/cm².
- 2) El asentamiento elástico inmediato del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara se mantuvo, en todas las calicatas evaluadas (C1–C6), por debajo del asentamiento máximo admisible de 2.54 cm, con valores comprendidos entre 0.76 cm y 1.50 cm, cumpliéndose el criterio de servicio para cimentaciones superficiales. Los mayores asentamientos se registraron en el pabellón de Enfermería (1.23–1.50 cm), asociados a módulos de elasticidad del suelo bajos (68.92–84.39 kg/cm²), lo que representa el 59.06% del límite admisible. En contraste, el menor asentamiento correspondió al pabellón de

Contabilidad (0.76 cm), lo cual es coherente con el mayor módulo de elasticidad del suelo (293.25 kg/cm²). Los pabellones de Ingeniería Civil e Ingeniería Forestal y Ambiental presentaron asentamientos intermedios (0.84–0.94 cm), explicados por la combinación entre la geometría de cimentación y la rigidez del suelo.

- 3) El proceso de consolidación primaria del suelo del Campus Universitario Colpa Matara se desarrolla en un horizonte de mediano a largo plazo, controlado por coeficientes de consolidación representativos de $C_v = 0.034\text{--}0.043\text{ cm}^2/\text{min}$. El tiempo para alcanzar $U = 90\%$ varía entre 1.70 y 3.82 años (mínimo en C3 y máximo en C1), mientras que para $U = 95\%$ aumenta de 2.26 a 5.09 años.
- 4) El asentamiento por consolidación primaria del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara varió entre 29.65 mm y 36.66 mm, equivalentes a 2.96 cm y 3.67 cm, siendo el mayor valor el correspondiente a la calicata C4 del pabellón de Enfermería y el menor a la calicata C5 del pabellón de Contabilidad. Los índices de compresión oscilaron entre 0.216 y 0.345, las relaciones de vacíos entre 0.776 y 1.02, y las profundidades activas entre 2.00 m y 3.00 m.
- 5) El comportamiento geotécnico del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpamatara estuvo controlado principalmente por la rigidez del terreno y su capacidad resistente, ya que la capacidad portante en cimentación corrida y cuadrada presentó correlaciones positivas casi perfectas con el módulo de elasticidad, con $r = 0.994$ y $r = 0.995$, respectivamente. A su vez, los asentamientos mostraron relaciones inversas altas con dichas variables, ya que el asentamiento primario presentó correlaciones de $r = -0.949$ con la capacidad portante corrida, $r = -0.950$ con la capacidad portante cuadrada y $r = -0.945$ con

el módulo de elasticidad, mientras que el asentamiento total alcanzó valores de $r = -0.937$, -0.943 y -0.945 , respectivamente. Asimismo, el asentamiento total se relacionó fuertemente con el asentamiento elástico ($r = 0.954$) y con el asentamiento primario ($r = 0.946$), lo que confirma que ambos componentes explican la deformación global del suelo. En cuanto al tiempo de consolidación, la profundidad de cimentación y la presión aplicada mostraron relaciones positivas altas con T90, T95 y T99, con r entre 0.868 y 0.895, mientras que el índice de compresión presentó correlaciones negativas altas con dichos tiempos, con r cercano a -0.896 , lo que evidencia que la respuesta diferida del suelo dependió de la interacción entre la compresibilidad, el esfuerzo aplicado y el espesor activo del estrato deformable.

5.2. Recomendaciones

Dado el predominio de suelos finos cohesivos con baja fricción interna y capacidades portantes moderadas, se recomienda que el diseño de futuras edificaciones en el Campus Universitario Colpa Matara priorice incrementar el ancho efectivo de las cimentaciones superficiales y adoptar tipologías que distribuyan uniformemente las presiones de contacto, tales como zapatas combinadas o losas de cimentación, especialmente en zonas con clasificaciones CH y MH.

Aunque los asentamientos elásticos inmediatos cumplen el criterio de servicio, se recomienda que en los pabellones con bajo módulo de elasticidad del suelo, como Enfermería, se verifique de manera detallada la distorsión angular y la interacción suelo–estructura en el análisis estructural, incorporando módulos de reacción coherentes con la rigidez real del suelo para limitar las deformaciones diferenciales y garantizar el adecuado desempeño funcional de las edificaciones.

Considerando que los tiempos de consolidación primaria se extienden hasta horizontes de 5.09 años para grados elevados de consolidación, se recomienda que los proyectos nuevos y las ampliaciones consideren explícitamente los efectos de asentamientos diferidos en la etapa de servicio e incorporen criterios de monitoreo posconstrucción.

Dado que el suelo se comporta como normalmente consolidado y presenta asentamientos por consolidación primaria elevados, se recomienda que, en zonas críticas, como los pabellones de Enfermería, se evalúe la aplicación de técnicas de mejora del suelo, tales como el reemplazo parcial del estrato compresible, la mejora con material granular compactado, la estabilización mecánica o la colocación de micropilotes, con el fin de reducir la compresibilidad efectiva y limitar deformaciones diferidas que podrían comprometer la serviciabilidad de las estructuras.

En función de las relaciones estadísticas observadas entre propiedades físico-mecánicas, geometría de cimentación y asentamientos, se recomienda que el diseño geotécnico del campus adopte un enfoque integral, donde el dimensionamiento de las cimentaciones se base no solo en la capacidad estructural admisible, sino también en el control de asentamientos por consolidación, priorizando cimentaciones más anchas y profundas en suelos de mayor plasticidad, y ajustando los parámetros de rigidez del suelo en los modelos de análisis estructural para reflejar adecuadamente el comportamiento deformacional del terreno.

REFERENCIAS

- Alba, J. (2007). *Diseño de cimentaciones*. Instituto de la Construcción y la Gerencia.
- Arana, L. H., & Quispe, F. A. (2013). *Muro de suelo reforzado con Terramesh System aplicado al proyecto "Chancadora primaria"*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
- Asmael, N., & Waheed, M. (2023). Study Immediate and Consolidation Settlement of Shallow Foundations. *Civil and Environmental Engineering*, 19(1), 318-327. <https://doi.org/10.2478/cee-2023-0028>
- Baris, A., Modoni, G., Paolella, L., Salvatore, E., & Spacagna, R. L. (2023). Settlements and angular distortions of shallow foundations on liquefiable soil. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 21(1), 177-206. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10518-022-01536-3>
- Biot, M. A. (1941). General theory of three-dimensional consolidation. *Journal of applied physics*, 12(2), 155-164. <https://doi.org/10.1063/1.1712886>
- Bjerrum, L. (1967). Engineering Geology of Norwegian Normally-Consolidated Marine Clays as Related to Settlements of Buildings. *Géotechnique*, 17(2), 83-118. <https://doi.org/10.1680/geot.1967.17.2.83>
- Braja, M. (2012). *Fundamentos de ingeniería geotécnica 7ª ed.* Cengage Learning. <https://es.pdfdrive.com/ing-cimentaciones-braja-das-7ma-ed-e33998997.html>
- Bustamante, M. H. (2023). *Mejoramiento de la capacidad portante del suelo natural de cimentación adicionando residuos triturados de neumaticos, sector 3 de la ciudad de Chota*. [Tesis de grado: Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Cabrera, T. (2022). *Evaluación del comportamiento estructural con disipadores de energía de fluido viscoso del edificio de enfermería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/280>
- Coduto, D. P. (2001). *Foundation design: Principles and practices (2nd ed.)*. Prentice Hall.
- Colunche, J., & Guevara, A. (2024). *Nivel de desempeño sísmico del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad – UNACH, empleando el análisis no lineal estático Pushover*. [Tesis para optar el título de Ingeniero civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/644>

- Dascălu, A. V., Lungu, I., Aniculăesi, M., & Bejan, F. (2024). The influence of soil specimens shape and dimensions on consolidation parameters used in foundation settlement prediction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1304(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1304/1/012020>
- Duque, G., & Escobar, C. E. (2016). *Geomecánica para Ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57121/introduccion.pdf>
- Emilio, R. (2007). *Suelos colapsables*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Estaire, J. (2004). *Comportamiento de cimentaciones superficiales sobre suelos granulares sometidas a solicitaciones dinámicas*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid .
- Fernández, N. D., & Muñoz, J. F. (2025). *Estudio de la zonificación de la capacidad portante del suelo en el área de expansión urbana del centro poblado de Moran Lirio, 2023*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Autónoma de Chota.
- García, C., Saval, J. M., Baeza, F., & Tenza, A. (2009). *Prácticas de Materiales de Construcción – I.T. Obras Públicas*. Universidad de Alicante. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%203%20_Granulometria%20I_.pdf
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. <https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Guevara, C., & Tingal, L. (2024). *Evaluación de la capacidad portante del suelo para la zonificación y diseño de cimentaciones superficiales del centro poblado San Antonio, Bambamarca-2024*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/679>
- Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigacion Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education.
- Herrera, Y. O., & Díaz, H. C. (2023). *Evaluación de la capacidad portante del suelo de cimentación en la I.E. 10392 Cabracancha, adicionado vidrio pulverizado*. [Tesis de grado: Universidad Nacional Autonoma de Chota].
- INACAL. (2015). *NTP 339.154 SUELOS. Método de ensayo normalizado para propiedades de consolidación unidimensional de suelos*. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2017). *NTP 339.171 SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

- INACAL. (2019). *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (24 de octubre de 2019). *NTP 339.134 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Islam, S., Islam, J., & Nur, R. (2022). Improvement of consolidation properties of clay soil using fine-grained construction and demolition waste. *Publmed*, 8(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022>
- Kacprzak, G., & Frydrych, M. (2023). Soil Consolidation Analysis in the Context of Intermediate Foundation as a New Material Perspective in the Calibration of Numerical–Material Models. *Submission received*, 3(4), 414-433. <https://doi.org/10.3390/constrmater3040027>
- Kimmerling, R. E. (2002). *Geotechnical Engineering Circular No. 6: Shallow foundations (FHWA-SA-02-054)*. Federal Highway Administration.
- Kumor, Ł. A., & Kumor, M. K. (2016). Changes in mechanical parameters of soil, considering the effect of additional compaction of embankment. *Transportation Research Procedia*, 14(1), 787-796. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.068>
- Le Vaslot, H. (2023). *Travail de fin d'études/Projet de fin d'études: Understanding Urban Expansion and Informal Urbanization: A Case Study of Informal Settlements in Arequipa, Peru*. [Thesis of master, Faculté des Sciences appliquées]. <http://hdl.handle.net/2268.2/17953>
- Lopez, E. (2012). Determination of basics mechanical properties in a tropical clay soil as a function of dry bulk density and moisture. *Rev Cie Téc Agr*, 21(3), 5-11.
- Matencios, P. K. (2024). *Análisis de la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/8246>
- Melese, D., Genemo, D., Boru, Y., Desisa, A., Mezmur, T., & Tamru, M. (2023). Interference Effect of Closely Spaced Foundation Footing on Settlement Variation. *Advances in Civil Engineering*, 2023, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2023/7464998>

- Melgar, E. C. (2024). *Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación para determinar el asentamiento total en suelos arcillosos en Moyobamba*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/38792>
- Mesri, G., & Cepeda, A. F. (1986). Residual Shear strength of Clays and shales. *Geotechnique*, 2(269-274), 36. <https://doi.org/10.1680/geot.1986.36.2.269>
- Meyerhof, G. G. (1951). The Ultimate Bearing Capacity of Foundations. *Géotechnique*, 2(4), 301-332. <https://doi.org/10.1680/geot.1951.2.4.301>
- Mohanned, W., & Noor, A. (2023). Study Immediate and Consolidation Settlement of Shallow Foundations. *Ssciando*, 19(1), 318-327.
- MPCH. (2018). *Plan de desarrollo urbano PDU 2017-2027 Chota*. Municipalidad Provincial de Chota (MPCH).
- Muhammad, R. H., Kumar, A., Mujahid, A., Faisal, A., Azevedo, A., Fediuk, R., . . . Ahmed, Y. (2022). Numerical Analysis of Shallow Foundations with Varying Loading and Soil Conditions. *Buildings*, 12(5), 693. <https://doi.org/10.3390/buildings12050693>
- Muñoz, S. P., Sánchez, W. A., & García, J. (2020). Teoría de consolidación, una revisión de la literatura. *Ingeniería Ciencia Tecnología e Innovación*, 7(2), 121-135. <https://doi.org/10.26495/icti.v7i2.1493>
- MVCS. (2006). E.020 Cargas. En Minsiterio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-8). Instituto de la Construcción y Gerencia. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_020.pdf
- MVCS. (2018). Norma E.050 "Suelos y cimentaciones". En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-46). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Naranjo, H. (2012). *Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6133/1/calculo%20de%20capacidad%20portante%20basado%20en%20geofisica%20y%20metodo%20convencional.pdf>
- Navarro, A., Figueroa, B., Sangerman, D., & Osuna, E. S. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 690-697. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000900011

- Nig, J. E. (2009). *Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3004_C.pdf
- Noreña, A. L., Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J. G., & Rebolledo-Malpica, D. (2012). Aplicabilidade dos critérios de rigor e éticos na pesquisa qualitativa. *Aquichan*, 12(3), 263-274. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-59972012000300006&script=sci_abstract&tlng=pt
- Nuray, V., & Sueleyman, V. (2021). Consolidation settlement calculation and examination of the foundation settlements with finite elements method, example of Batman city Gültepe bridge. *Dicle University*, 12(1), 45-60. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1426110>
- Oladipupo, J. T., Stanleyb, E. U., Ravaric, M. K., Wazirid, S. H., Salehe, S. A., Omafumee, O. M., . . . Alarang, Z. (2024). Multi Deterministic Based Assessment of The Bearing Capacity for A Shallow Foundation: Case Study of Lagos Southwest, Nigeria. *Engineering Heritage Journal (GWK)*, 8(1), 51-59. <http://doi.org/10.26480/gwk.01.2024.51.59>
- Oyola, R. D. (2016). Determinación de la resistencia a la penetración de un suelo cohesivo en diferentes condiciones de hidratación y compactación. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 10(3), 1-10. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193949520004/html/>
- Oyola-Guzmán, R. D., & Vaca-Oyola, L. S. (2018). Uso de la teoría de Mohr-Coulomb para explicar el mejoramiento de suelos mediante el proceso de compactación. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 12(1), 1-11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6476533>
- Peng, B., Feng, R., Wu, L., Wei, K., & Wang, P. (2023). Settlement Calculation Method for Peat Soil Foundations. *International Journal of Geomechanics*, 23(7), 1-10. <https://doi.org/10.1061/IJGNALGMENG-8181>
- Poliotti, M., & Sierra, p. (2011). *Consolidación unidimensional de suelos*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Rosario].
- Radhika, B., Krishnamoorthy, A., & Rao, A. U. (2020). Review on consolidation theories and its application. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 14(1), 9-15. <https://doi.org/10.1080/19386362.2017.1390899>

- Rafael, R., & Vásquez, R. A. (2023). *Evaluación de la capacidad portante del suelo en relación al nivel freático con fines de cimentación caso: Fundo Tuctuhuasi*. [Tesis de grado: Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Ramirez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. UPM. https://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf
- Samui, P., Palsapure, A., & Roy, S. S. (2023). Reliability analysis of shallow foundation based on settlement criteria. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*, 24(3-4), 369-379. <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJAIP.2023.129184>
- Sánchez, I. J. (2019). *Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en el Centro Poblado de Huamanmarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5045>
- Seed, R. B., Cetin, K. O., Moss, R. E., Kammerer, A. M., Wu, J., Pestana, J. M., . . . Faris, A. (2003). *Recent advances in soil liquefaction engineering: A unified and consistent framework*. Earthquake engineering research center. https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=cenv_fac
- Skempton, A. W. (1954). The pore pressure coefficients, A and B. *Géotechnique*, 4(4), 143-147. <https://doi.org/10.1680/geot.1954.4.4.143>
- Tello, C. X. (2022). *Evaluación de asentamientos por consolidación primaria en cimentaciones superficiales en la ciudad de Pucallpa*. [Tesis de grado: Universidad César Vallejo].
- Terzaghi, K. (1925). *Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage*. Vienna: Deuticke.
- Terzaghi, K., & Peck, B. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1990). *Settlement analysis (Engineer Manual EM 1110-1-1904)*. Department of the Army.
- Vesic, A. (1973). Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations. *Journal Article*, 99(1), 45-73. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/JSFEAQ.0001846>
- Waheed, M., & Amael, N. (2023). Study immediate and consolidation settlement of shallow foundations. *Civil and Environmental Engineering*, 19(1), 318-327. <https://doi.org/10.2478/cee-2023-0028>
- Yepes, V. (2020). *Concepto y clasificación de cimentaciones*. Universidad Politécnica de Valencia.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título del Proyecto: Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024

Tesista(s): Lenin Omar Medina Rojas

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es el tiempo de consolidación y el asentamiento esperado de los suelos de fundación bajo cimentaciones superficiales en el Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota?	Objetivo general Analizar el tiempo de consolidación y los asentamientos de suelos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota. Objetivos específicos - Caracterizar geotécnicamente el suelo de fundación mediante sus propiedades físicas (granulometría, límite líquido, límite plástico) y mecánicas (cohesión y ángulo de fricción) para estimar la capacidad portante admisible del suelo para los pabellones de Ingeniería Civil, Enfermería, Contabilidad e Ingeniería Forestal y Ambiental del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH. - Determinar el asentamiento elástico (inmediato) del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH. - Determinar el tiempo de consolidación primaria para grados de consolidación $U = 90-95\%$ del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota. - Determinar el asentamiento por consolidación primaria del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota. - Analizar la relación entre las propiedades físico mecánicas, capacidad portante, tiempo de consolidación y asentamientos por consolidación del suelo de cimentación del Campus Universitario Colpamatará – UNACH Chota.	El tiempo de consolidación es mayor a 1 año y el asentamiento mayor a 3.80 cm para suelos en cimentaciones superficiales del Campus Universitario Colpa Matara – UNACH Chota.	VI Suelos en cimentaciones	Tipo de suelo	Clasificación SUCS	Enfoque cuantitativo Tipo básica Nivel explicativo Muestra: Muestras de suelo de seis (6) calicatas distribuidas homogéneamente en el Campus Universitario Colpa Matara de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), distrito y provincia de Chota, Cajamarca.
				Propiedades físicas	Humedad	
					Granulometría	
					Límite líquido	
					Límite plástico	
					Densidad húmeda	
				Propiedades mecánicas	Cohesión	
					Ángulo de fricción	
				Características de la cimentación superficial	Tipo de cimentación	
					Profundidad de desplante	
					Ancho de cimentación	
			VD Tiempo de consolidación y asentamientos	Capacidad portante del suelo	Capacidad de carga última	
					Factor de seguridad	
				Asentamiento elástico	Capacidad de carga admisible	
					Asentamiento máximo admisible	
					Asentamiento medio	
				Asentamiento	Presión de pre consolidación	
					Índice de compresión	
					Índice de entumecimiento	
					Asentamiento por consolidación primaria	
				Tiempo de consolidación	Coficiente de consolidación	
					Factor de tiempo	
					Tiempo para el cuál ocurre el porcentaje de consolidación	

Anexo 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Excavación de la calicata 1 en pabellón de civil.



Fotografía 2. Excavación de la calicata 2 en pabellón de civil.



Fotografía 3. Excavación de la calicata 3 en pabellón de enfermería.



Fotografía 4. Excavación de la calicata 4 en pabellón de enfermería.



Fotografía 5. Excavación de la calicata 5 en pabellón de enfermería.



Fotografía 6. Excavación de la calicata 6 en pabellón de EPIFA



Fotografía 7. Recolección de muestra de la calicata 1.



Fotografía 8. Recolección de muestra de la calicata 2.



Fotografía 9. Recolección de muestra de la calicata 3.



Fotografía 10. Recolección de muestra de la calicata 4.



Fotografía 11. Recolección de muestra de las calicatas 4 y 6.



Fotografía 12. En el laboratorio de ingeniería civil con las muestras de las calicatas.



Fotografía 13. Colocación de las muestras al horno para determinar la humedad natural.



Fotografía 14. Lavado de suelo cohesivo antes de análisis granulométrico.



Fotografía 15. Realizando el ensayo de la granulometría de las calicatas.



Fotografía 16. Ensayo del límite líquido.



Fotografía 17. Realizando el ensayo de limite plástico, elaboración de rollitos de suelo.



Fotografía 18. Colocación de las muestras de suelo del ensayo de límite líquido y límite plástico al horno.



Fotografía 19. Sacando la muestra de suelo y moldeando para el ensayo de corte directo.



Fotografía 20. Pesando la muestra de suelo y colocándolo a la máquina del ensayo de corte directo.



Fotografía 21. Realización del ensayo de corte directo.



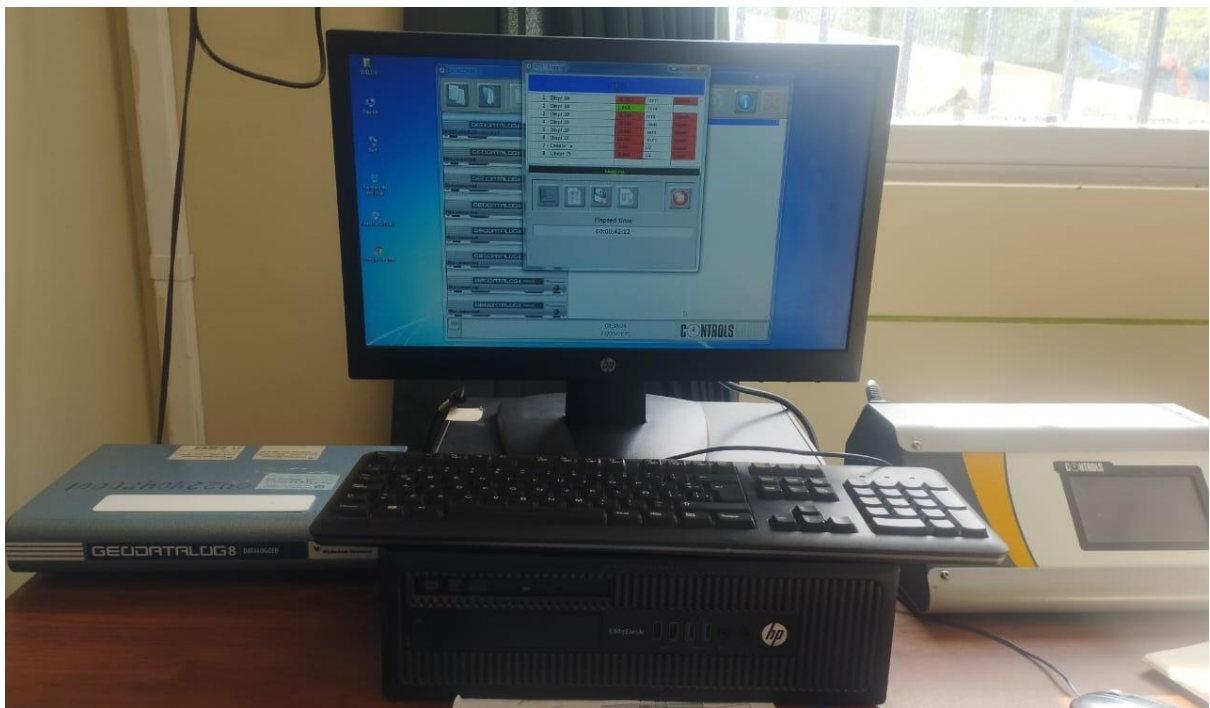
Fotografía 22. Instrumentación del ensayo de consolidación unidimensional.



Fotografía 23. Preparación de muestra para el ensayo de consolidación unidimensional.



Fotografía 24. Resultados del ensayo de consolidación unidimensional.



Anexo 3. Metrado de cargas



ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE
SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS
UNIVERSITARIO COLPA MATARA – UNACH CHOTA, 2024

METRADO DE CARGAS
EDIFICIO DE INGENIERÍA CIVIL

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 1	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.31	700
Piso 2	125.31	650
Piso 3	125.31	650
Techo	35.31	50
Total	375.94	2000

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 2	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.31	900
Piso 2	125.31	1050
Piso 3	125.31	1000
Techo	42.31	150
Total	375.93735	2950

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 3	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.31	650
Piso 2	125.31	650
Piso 3	125.31	650
Techo	35.31	150
Total	375.94	1950

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 4	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	110	400
Piso 2	110	400
Piso 3	110	400
Techo	42.31	50
Total	330	1200

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 5	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.31	300
Piso 2	125.31	300
Piso 3	125.31	300
Techo	42.31	50
Total	375.93	900

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 6	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	110	400
Piso 2	110	400
Piso 3	110	400
Techo	42.31	50
Total	330	1200

	Cargas (kg/m2)	
Módulos	Carga muerta	Carga viva
Módulo 1	375.94	2000
Módulo 2	375.94	2950
Módulo 3	375.94	1950
Módulo 4	330.00	1200
Módulo 5	375.93	900
Módulo 6	330.00	1200
Total	2163.74	10200.00

1 kg/m2 = 0.00110231 ton/m2

100% de la Carga Muerta	2163.74205	kg/m2
50% Carga Viva	5100	kg/m2
25% Carga de Impacto	125	kg/m2
Total	7388.74	kg/m2
Total	8.14	Ton/m2

METRADO DE CARGAS MÓDULO 1

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 120x30x	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Laboratorio de topografia				300
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 120x30x	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Aulas				250
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 120x30x	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Aulas				250
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 120x30x	2.083	0.15	0.31	35.31
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	Por metro (m) lineal	Peso (Kg/m)
CARGA DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (C-C)	0.15	2.1	1850	1	582.75
Muro lateral del Eje (1-1)	0.15	1	1850	1	277.50
Muro lateral del Eje (2-2)	0.15	1	1850	1	277.50
	0.15	3.45	1850	1	957.38
Muro posterior del Eje (F-F)	0.15	2.1	1850	1	582.75
	0.15	2.7	1850	1	749.25
	0.15	2.45	1850	1	679.88
Muro interior del Eje (E-E)	0.15	2.45	1850	1	679.88

Forma rectangulo	0.15	0.73	1850	1	202.58
Forma triangulo	0.15	0.74	1850	1	205.35

1.47 Acumulado

Forma triangulo	0.15	0.4	1850	1	111
Forma rectangulo	0.15	0.8	1850	1	222.00
Forma triangulo	0.15	0.65	1850	1	180.38

1.45 Acumulado

METRADO DE CARGAS MÓDULO 2

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 12	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Aulas				250
	- Administración				250
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 12	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Talleres				350
	- Laboratorio				300
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 12	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Biblioteca				300
	- Sala de profesores				300
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 12	2.083	0.15	0.31	42.31
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	- Otros cargas no consideradas			7	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50
	- Techos horizontales				100

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Muro del Eje (3-3)	0.15	2.5	1850	1	693.75
Muro del Eje (6-6)	0.15	2.5	1850	1	693.75
Muro del Eje (8-8)	0.15	2.5	1850	1	693.75
Muro del Eje (10-10)	0.15	2.5	1850	1	693.75
Muro del Eje (13-13)	0.15	2.5	1850	1	693.75
CARG DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (C-C)	0.15	2.1	1850	1	582.75
Muro interior del Eje (E-E)	0.15	1	1850	1	277.50

Muro del Eje (3-3)	0.15	3.57	1850	1	990.68
Muro del Eje (6-6)	0.15	4.4	1850	1	1221.00

METRADO DE CARGAS MÓDULO 3

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Peso del poliestireno 120x30x15cm	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Oficinas				250
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del poliestireno 120x30x15cm	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Sala de computación				250
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del poliestireno 120x30x15cm	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Aulas				250
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso del poliestireno 120x30x15cm	2.083	0.15	0.31	35.31
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50
	- Techos horizontales				100

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	Por metro (m) lineal	Peso (Kg/m)
CARGA DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (C-C)	0.15	2.1	1850	1	582.75
Muro lateral del Eje (14-14)	0.15	2.45	1850	1	679.88
	0.15	1	1850	1	277.50
Muro lateral del Eje (13-15)	0.15	1	1850	1	277.50
Muro posterior del Eje (E-E)	0.15	2.1	1850	1	582.75
	0.15	2.7	1850	1	749.25
	0.15	2.45	1850	1	679.88
Carga Interior Piso N°1					
Muro interior del Eje (D-D)	0.15	2.1	1850	1	582.75
Muro interior del Eje (14-15)	0.15	2.7	1850	1	749.25

Forma rectangulo	0.15	0.73	1850	1	202.58	102.68
Forma triangulo	0.15	0.74	1850	1	205.35	
1.47			Acumulado		305.25	

Forma triangulo	0.15	0.4	1850	1	111	90.19
Forma rectangulo	0.15	0.81	1850	1	224.78	
Forma triangulo	0.15	0.65	1850	1	180.38	
1.46			Acumulado		314.96	

METRADO DE CARGAS MÓDULO 4

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1-2-3-4	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	110
	- Otros cargas no consideradas			10	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso de tecnopor 120x30x15cm	2.083	0.15	0.31	42.31
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	- Otros cargas no consideradas			7	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

0.4

1

2.0833

0.48



Ficha técnica		^
Características	Ladrillos de poliestireno artesanales, ideales para la construcción de losas aligeradas y encofrados. Ofrecen versatilidad en sus diferentes aplicaciones en los procesos de construcción, brindando alcanzar óptimos rendimientos.	
Marca	Indupol	
Dimensiones	1.20 x 0.30 x 0.15 m	
Color	Blanco	
Peso	0.15 kg	
Rendimiento	2.5 und/m2	
Usos	Losas aligeradas Encofrados	

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Discripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Parapeto	0.15	0.7	1850	1	194.25

METRADO DE CARGAS MÓDULO 5

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1-2-3-4	CARGA MUERTA				
	- Peso de tecnopor 120x30x15cm	2.083	0.15	0.31	125.31
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Áreas de servicio				300
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso de tecnopor 120x30x15cm	2.083	0.15	0.31	42.31
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	- Otros cargas no consideradas			7	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

0.4

1

2.0833

1.2

0.48



Ficha técnica

Características

Ladrillos de poliestireno artesanales, ideales para la construcción de losas aligeradas y encofrados. Ofrecen versatilidad en sus diferentes aplicaciones en los procesos de construcción, brindando alcanzar óptimos rendimientos.

Marca

Indupol

Dimensiones

1.20 x 0.30 x 0.15 m

Color

Blanco

Peso

0.15 kg

Rendimiento

2.5 und/m2

Usos

Losas aligeradas
Encofrados

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Discripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Paredes	0.15	2.1	1850	1	582.75
Paredes	0.15	3	1850	1	832.50

2.1

0.6

2.7

METRADO DE CARGAS MÓDULO 6

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1-2-3-4	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	110
	- Otros cargas no consideradas			10	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso de tecnopor 120x30x15cm	2.083	0.15	0.31	42.31
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	- Otros cargas no consideradas			7	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

0.4

1

2.0833

1.2

0.48



Ficha técnica		^
Características	Ladrillos de poliestireno artesanales, ideales para la construcción de losas aligeradas y encofrados. Ofrecen versatilidad en sus diferentes aplicaciones en los procesos de construcción, brindando alcanzar óptimos rendimientos.	
Marca	Indupol	
Dimensiones	1.20 x 0.30 x 0.15 m	
Color	Blanco	
Peso	0.15 kg	
Rendimiento	2.5 und/m2	
Usos	Losas aligeradas Encofrados	

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Discripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Parapeto	0.15	0.7	1850	1	194.25



ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE
SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS
UNIVERSITARIO COLPA MATARA – UNACH CHOTA, 2024

METRADO DE CARGAS
EDIFICIO DE ENFERMERIA

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 1	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	200	1000
Piso 2	200	1000
Piso 3	200	1000
Techo	60	30
Total	600	3000

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 2	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	200	1000
Piso 2	200	1000
Piso 3	200	1000
Escalera	100	400
Techo	60	30
Total	700	3400

	Cargas (kg/m ²)	
Módulos	Carga muerta	Carga viva
Módulo 1	600	3000
Módulo 2	700	3400
Total	1300	6400

1 kg/m² = 0.00110231 ton/m²

100% de la Carga Muerta	1300	kg/m ²
50% Carga Viva	3200	kg/m ²
25% Carga de Techo	30	kg/m ²
Total	4530	kg/m ²
Total	4.99	Ton/m ²

MÓDULO 1

	Componente	Cant./m2	kg/ und	Kg/m2	Carga	Carga	Observación
					Parcial kg/m2	Total, kg/m2	
Primer piso	CARGA MUERTA						
	Ladrillo 30x30x15cm	8.33	9		75	200	El modelo considera el peso propio de viguetas y losa de 5.0 cm, más no incluye
	Acabados	1		100	100		peso de ladrillos
	Cielo Razo	1		25	25		
	CARGA VIVA						
	Aulas/Salas	1		250		300	RNE 0.20; considerando 50kg/m2 más de tabaquería móvil.
	Laboratorios/ Baños	1		300	300	300	RNE 0.20
	Pasadizo	1		400	400	400	RNE 0.20
	Segundo piso	CARGA MUERTA					
Ladrillo 30x30x15cm		8.33	9		75	200	El modelo considera el peso propio de viguetas y losa de 5.0 cm, más no incluye
Acabados		1		100	100		peso de ladrillos
Cielo Razo		1		25	25		
CARGA VIVA							
Aulas/Salas		1		250		300	RNE 0.20; considerando 50kg/m2 más de tabaquería móvil.
Laboratorios/ Baños/ Biblioteca		1		300	300	300	RNE 0.20
Pasadizo		1		400	400	400	RNE 0.20
Tercer piso		CARGA MUERTA					
	Ladrillo 30x30x15cm	8.33	9		75	200	El modelo considera el peso propio de viguetas y losa de 5.0 cm, más no incluye peso de ladrillos
	Acabados	1		100	100		
	Cielo Razo	1		25	25		
	CARGA VIVA						
	Aulas/Salas	1		250		300	RNE 0.20; considerando 50kg/m2 más de tabaquería móvil.
	Laboratorios/ Baños	1		300	300	300	RNE 0.20
	Pasadizo	1		400	400	400	RNE 0.20
	Techo piso	CARGA MUERTA - EN TECHOS Y/O AZOTEA					
Peso de calamina más cercha		1		28	28	60	En el modelo sólo se considera viguetas y losa de 5cm.
- Cielo Razo		1		25	25		
- Cargas no consideradas		1		7	7		
CARGA VIVA DE TECHO							
- Coberturas livianas		1		30	30	30	Según Norma E.020

MÓDULO 2 CON ESCALERA

PISO	Componente	Cant./m2	kg/ und	Kg/m2	Carga Parcial kg/m2	Carga Total kg/m2	Observación
PRIMER PISO	CARGA MUERTA						
	Ladrillo 30x30x15cm	8.33	9		75	200	El modelo considera el peso propio de viguetas y losa de 5.0 cm, más no incluye peso de ladrillos
	Acabados	1		100	100		
	Cielo Razo	1		25	25		
	CARGA VIVA						
	Aulas/Salas	1		250		300	RNE 0.20; considerando 50kg/m2 mas de tabiqueria movil
	Laboratorios/ Baños	1		300	300	300	RNE 0.20
	Pasadizo	1		400	400	400	RNE 0.20
SEGUNDO PISO	CARGA MUERTA						
	Ladrillo 30x30x15cm	8.33	9		75	200	El modelo considera el peso propio de viguetas y losa de 5.0 cm, más no incluye peso de ladrillos
	Acabados	1		100	100		
	Cielo Razo	1		25	25		
	CARGA VIVA						
	Aulas/Salas	1		250		300	RNE 0.20; considerando 50kg/m2 mas de tabiqueria movil
	Laboratorios/ Baños/ Biblioteca	1		300	300	300	RNE 0.20
	Pasadizo	1		400	400	400	RNE 0.20
TERCER PISO	CARGA MUERTA						
	Ladrillo 30x30x15cm	8.33	9		75	200	El modelo considera el peso propio de viguetas y losa de 5.0 cm, más no incluye peso de ladrillos
	Acabados	1		100	100		
	Cielo Razo	1		25	25		
	CARGA VIVA						
	Aulas/Salas	1		250		300	RNE 0.20; considerando 50kg/m2 mas de tabiqueria movil
	Laboratorios/ Baños	1		300	300	300	RNE 0.20
	Pasadizo	1		400	400	400	RNE 0.20
TECHO	CARGA MUERTA - EN TECHOS Y/O AZOTEAS						
	Peso de calamina mas cercha	1		28	28	60	En el modelo sólo se considera viguetas y losa de 5cm
	- Cielo Razo	1		25	25		
	- Cargas no consideradas	1		7	7		
	CARGA VIVA DE TECHO						
	- Coberturas livianas	1		30	30	30	Según Norma E.020
ESCALERA	CARGA MUERTA						
	-Acabados	1		100	100	100	El modelo considera el peso propio (e = 15cm)
	CARGA VIVA						
	-Escaleras	1		400	400	400	Según Norma E.020

MODULO 01

Cargas distribuidas de muros de albañilería (piso 01 y piso 02))				
Distribución	Altura	Espesor	Peso unitario	Peso Por metro lineal
EJE()	(m)	(m)	(kg/m3)	(kg/m)
Eje F-F Enter 1-2	2.9	0.25	1850	1342
Eje G-G Enter 1-2	2.9	0.25	1850	1342
Enter Eje G-H y Enter Eje 1-2	3.3	0.15	1850	916
Eje H-H Enter Eje1-2	2.9	0.15	1850	805
Eje J-J Enter Eje1-2	2.9	0.25	1850	1342
Enter Eje F-G y Enter Eje 3-4	3.3	0.15	1850	916
Enter Eje G-H y Enter Eje 3-5	3.3	0.15	1850	916
Eje H-H Enter Eje 3-4	2.9	0.25	1850	1342
Eje J-J Enter Eje 3-4	2.9	0.25	1850	1342
Eje 1-1 y Enter Eje G-J	1	0.25	1850	463
Eje 2-2 y Enter Eje G-J	2.1	0.15	1850	583
Eje 3-3 y Enter Eje F-J	2.1	0.15	1850	583
Eje 4-4 y Enter Eje F-J	1	0.25	1851	463

MODULO 02

Cargas distribuidas de muros de albañilería (piso 01 y piso 02))				
Distribución	Altura	Espesor	Peso unitario	Peso Por metro lineal
EJE()	(m)	(m)	(kg/m3)	(kg/m)
Eje A-A Enter 1-2	2.9	0.25	1850	1342
Eje C-C Enter 1-2	2.9	0.15	1850	805
Enter Eje C-D y Enter Eje 1-2	3.3	0.15	1850	916
Eje E-E Enter Eje1-2	2.9	0.25	1850	1342
Eje AA , Enter Eje 3-4	3.3	0.25	1850	1527
Eje C-C Enter Eje 3-4	2.9	0.15	1850	805
Enter Eje C-D y Enter Eje 3-5	3.3	0.15	1850	916
Eje E-E Enter Eje 3-4	2.9	0.25	1850	1342
Eje 1-1 y Enter Eje A-E	1	0.25	1850	463
Eje 2-2 y Enter Eje A-E	2.1	0.15	1850	583
Eje 3-3 y Enter Eje A-E	2.1	0.15	1850	583
Eje 4-4 y Enter Eje A-E	1	0.25	1851	463

MODULO 01 Y MODULO 02

Cargas distribuidas de muros de albañilería(piso 03)				
Distribución	Altura	Espesor	Peso unitario	Peso Por metro lineal
EJE()	(m)	(m)	(kg/m3)	(kg/m)
Eje A-A Enter 1-2	Var.	0.25	1850	Var.
Eje C-C Enter 1-2	Var.	0.15	1850	Var.
Enter Eje C-D y Enter Eje 1-2	3.3	0.15	1850	916
Eje E-E Enter Eje1-2	Var.	0.25	1850	Var.
Eje AA , Enter Eje 3-4	Var.	0.25	1850	Var.
Eje C-C Enter Eje 3-4	Var.	0.15	1850	Var.
Enter Eje C-D y Enter Eje 3-5	3.3	0.15	1850	916
Eje E-E Enter Eje 3-4	Var.	0.25	1850	Var.
Eje 1-1 y Enter Eje A-E	1	0.25	1850	463
Eje 2-2 y Enter Eje A-E	2.1	0.15	1850	583
Eje 3-3 y Enter Eje A-E	2.1	0.15	1850	583
Eje 4-4 y Enter Eje A-E	1	0.25	1851	463



ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE
SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS
UNIVERSITARIO COLPA MATARA – UNACH CHOTA, 2024

METRADO DE CARGAS
EDIFICIO DE CONTABILIDAD

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 1	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.375	950
Piso 2	125.375	950
Piso 3	125.375	950
Techo	35.375	50
Total	376.125	2850

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 2	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.375	650
Piso 2	125.375	650
Piso 3	125.375	650
Techo	35.375	50
Total	376.125	1950

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 3	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.375	750
Piso 2	125.375	750
Piso 3	125.375	750
Techo	35.375	50
Total	376.125	2250

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 4 (Asc)	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	100	400
Piso 2	100	400
Piso 3	475	400
Techo	100	50
Total	675	1200

	Cargas (kg/m ²)	
Módulos	Carga muerta	Carga viva
Módulo 1	376.125	2850
Módulo 2	376.125	1950
Módulo 3	376.125	2250
Módulo 4	675	1200
Total	1803.375	8250

1 kg/m² = 0.00110231 ton/m²

100% de la Carga Muerta	1803.375	kg/m ²
50% Carga Viva	4125	kg/m ²
25% Carga de Techo	50	kg/m ²
Total	5978.375	kg/cm ²
Total	6.59	Ton/m ²

METRADO DE CARGAS

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	-Ladrillo de Etsapol 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Aulas				250
	- Laboratorio				300
PISO 2	CARGA MUERTA				
	-Ladrillo de Etsapol 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Aulas				250
	- Laboratorio				300
PISO 3	CARGA MUERTA				
	-Ladrillo de Etsapol 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Aulas				250
	- Laboratorio				300
TECHOS	CARGA MUERTA				
	-Ladrillo de Etsapol 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	35.4
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Discripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (2-2)	0.15	2.1	1850	1	583
Muro posterior del Eje (1-1)	0.15	1	1850	1	278
Muro lateral del Eje (A-A)	0.15	2.6	1850	1	722
Muro lateral del Eje (F-F)	0.15	2.6	1850	1	722
Carga Interior					
Muro interior del Eje (B-B)	0.15	2.6	1850	1	722
Muro interior del Eje (D-D)	0.15	2.6	1850	1	722

Discripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Muro lateral del Eje (F-F)	0.15		1850	1	0
Muro interior del Eje (B-B)	0.15		1850	1	0
Muro interior del Eje (D-D)	0.15		1850	1	0

Muro interior del Eje (D-D)	Forma rectangulo	0.15	0.28	1850	1	77.70
	Forma triangulo	0.15	0.85	1850	1	235.88

1.13 Acumulado

Muro interior del Eje	Forma rectangulo	0.15	0.48	1850	1	133.20
	Forma triangulo	0.15	0.64	1850	1	177.60

1.12 Acumulado

Muro lateral del Eje	Forma triangulo	0.15	0.1	1850	1	27.75
	Forma rectangulo	0.15	0.81	1850	1	224.78
	Forma triangulo	0.15	0.65	1850	1	180.38

1.46 Acumulado

METRADO DE CARGAS

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	-Ladrillo de Etsapol 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Sala de Archivo				250
PISO 2	CARGA MUERTA				
	-Ladrillo de Etsapol 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Sala de Archivo				250
PISO 3	CARGA MUERTA				
	-Ladrillo de Etsapol 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Sala de Archivo				250
TECHOS	CARGA MUERTA				
	-Ladrillo de Etsapol 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	35.4
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Discripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (B' - B')	0.15	2.1	1850	1	583
Muro posterior del Eje (A'-A')	0.15	2	1850	1	555
Muro lateral del Eje (3-3)	0.15	2.6	1850	1	722
Muro lateral del Eje (6-6)	0.15	2.6	1850	1	722
Carga Interior					
Muro interior del Eje (4-4)	0.15	2.6	1850	1	722
Muro interior del Eje (5-5)	0.15	2.6	1850	1	722

Muro lateral del Eje (3-3)	Forma rectangulo	0.15	0.36	1850	1	99.90
	Forma triangulo	0.15	0.8	1850	1	222.00

1.16

Acumulado

Muro lateral del Eje (6-6)	Forma rectangulo	0.15	0.36	1850	1	99.90
	Forma triangulo	0.15	0.8	1850	1	222.00

1.16

Acumulado

Muro frontal del Eje (B' - B')	Forma rectangulo	0.15	1.65	1850	1	457.88
	Forma triangulo	0.15	1.65	1850	1	457.88

METRADO DE CARGAS

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Talleres				350
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Talleres				350
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	125.4
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
	- Talleres				350
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso del Poliestireno 120x30x15cm	2.5	0.15	0.38	35.4
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Discripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (7-7)	0.15	2.1	1850	1	583
Muro posterior Eje (10-10)	0.15	2	1850	1	555
Muro lateral del Eje (A'-A')	0.15	1	1850	1	278
Muro lateral del Eje (C'-C')	0.15	1	1850	1	278
Carga Interior Piso N°1					
Muro interior del Eje (B'-B')	0.15	2.6	1850	1	722

Forma rectangulo

Forma triangulo

0.15	0.1	1850	1	27.75
0.15	1	1850	1	277.50

1.1

Acumulado

Forma triangulo

Forma rectangulo

Forma triangulo

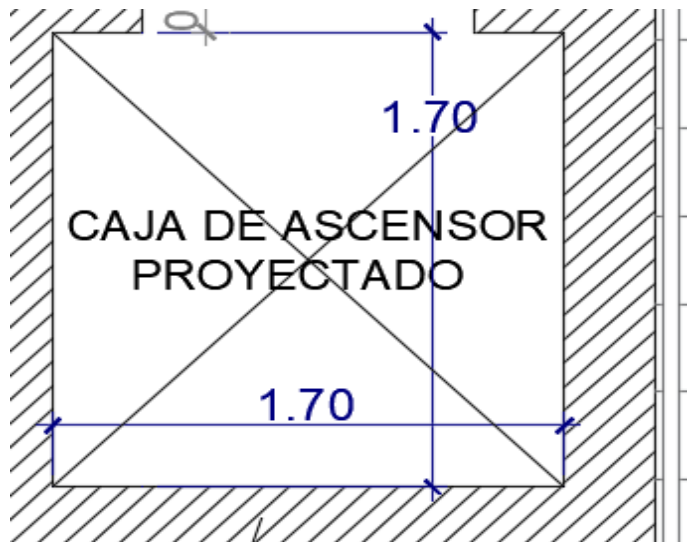
0.15	0.4	1850	1	111
0.15	0.81	1850	1	224.78
0.15	0.65	1850	1	180.38

1.46

Acumulado

METRADO DE CARGAS

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA				
	- Escaleras				400
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA				
	- Escaleras				400
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	- Ascensor			375.00	375.0
	CARGA VIVA				
	- Escaleras				400
TECHOS	- Ascensor				400
	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50





ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN
CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPA MATARA –
UNACH CHOTA, 2024

METRADO DE CARGAS
EDIFICIO DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 1	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.31	900
Piso 2	125.31	1050
Piso 3	125.31	1000
Techo	42.31	150
Total	375.93735	2950

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 2	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.31	700
Piso 2	125.31	650
Piso 3	125.31	650
Techo	35.31	50
Total	375.94	2000

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 3	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.31	650
Piso 2	125.31	650
Piso 3	125.31	650
Techo	35.31	150
Total	375.94	1950

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 4	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	110	400
Piso 2	110	400
Piso 3	110	400
Techo	42.31	50
Total	330	1200

	Cargas (kg/m ²)	
Módulo 5	Carga muerta	Carga viva
Piso 1	125.31	300
Piso 2	125.31	300
Piso 3	125.31	300
Techo	42.31	50
Total	375.93	900

	Cargas (kg/m ²)	
Módulos	Carga muerta	Carga viva
Módulo 1	375.94	2950
Módulo 2	375.94	2000
Módulo 3	375.94	1950
Módulo 4	330.00	1200
Módulo 5	375.93	900
Total	1833.74	9000.00

1 kg/m² = 0.00110231 ton/m²

100% de la Carga Muerta 1833.74205 kg/m²

50% Carga Viva 4500 kg/m²

25% Carga de Techo y/o Azotea 112.5 kg/m²

Total 6446.24 kg/cm²

Total 7.11 Ton/m²

Anexo 4. Resultado de ensayos de laboratorio



INFORME DE ENSAYOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-01
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.
FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761786.22 N: 9276325.94

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.127

ENSAYO N°	1	
N° DE TARA	T-03	
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	348.11	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	284.68	
MASA DE LA TARA (g)	46.88	
MASA DEL AGUA (g)	63.43	
MASA DEL SUELO SECO (g)	237.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.7	
HUMEDAD NATURAL (%)	26.7	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CW N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERÍA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-01

CODIGO DE MUESTRA : M-01

PROF. (m). : 3.00 m.

MATERIAL : SUELO NATURAL

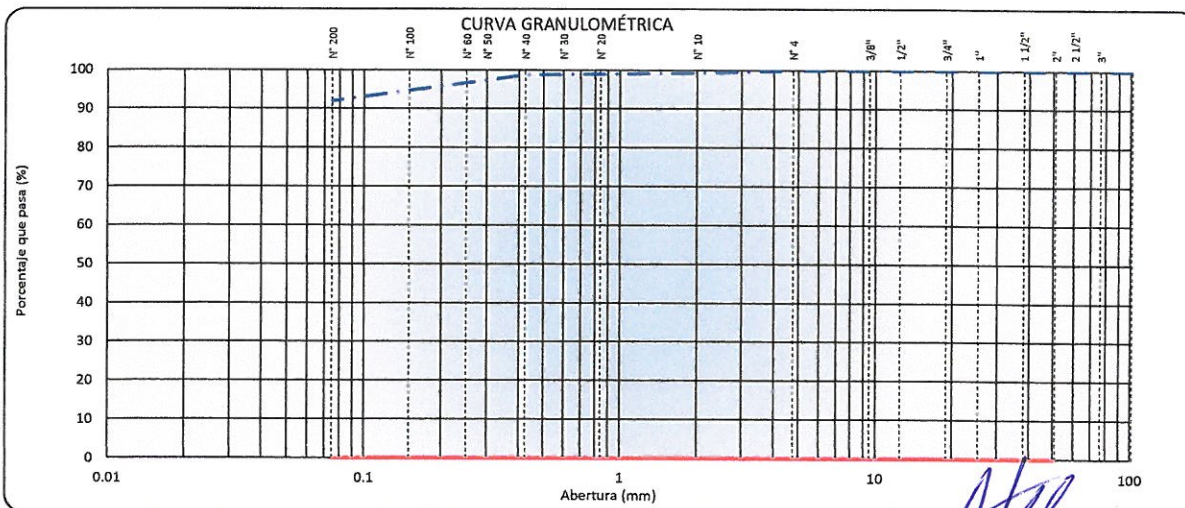
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761786.22 N: 9276325.94

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO

NTP 339.128

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600					Masa de la Muestra
3"	76.200					Masa Total de la Muestra (g) : 300.68
2 1/2"	60.350					Material Fino < N°4 (g) : 301
2"	50.800					Material Grueso > N°4 (g) : 0
1 1/2"	38.100					Fracción Material < N°4 (g) : 300.68
1"	25.400					Límites de Consistencia
3/4"	19.000					Límite Líquido : 52
1/2"	12.500					Límite Plástico : 28
3/8"	9.525					Índice Plástico : 24
N°4	4.760					Clasificación de Suelo
N°8	2.380				100.00	Clasificación SUCS : CH
N°10	2.000	2.07	0.69	0.69	99.31	Clasificación AASHTO : A-7-6 (16)
N°20	0.840	0.99	0.33	1.02	98.98	
N°40	0.425	0.68	0.23	1.24	98.76	
N°60	0.250	1.29	0.43	1.67	98.33	Contenido de Humedad Natural (%) : 26.67
N°100	0.150	2.74	0.91	2.58	97.42	Máxima dens. Seca (g/cm³) :
N°140	0.106	5.89	1.96	4.54	95.46	Óptimo Cont. Humedad (%) :
N°200	0.075	10.62	3.53	8.08	91.92	CBR 0.1" al 95% MDS (%) :
< N°200	FONDO	276.4	91.92	100.0		CBR 0.1" al 100% MDS (%) :



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cloza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-01

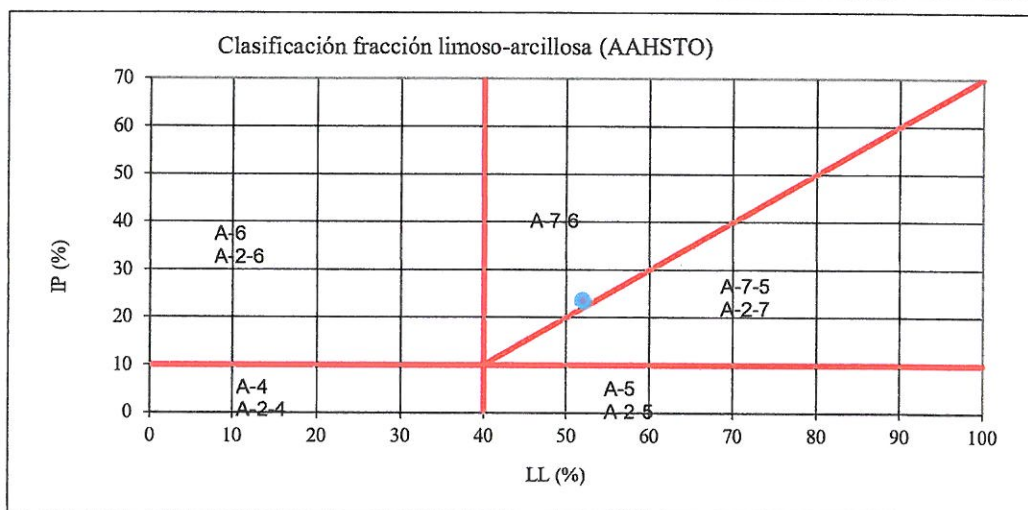
CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

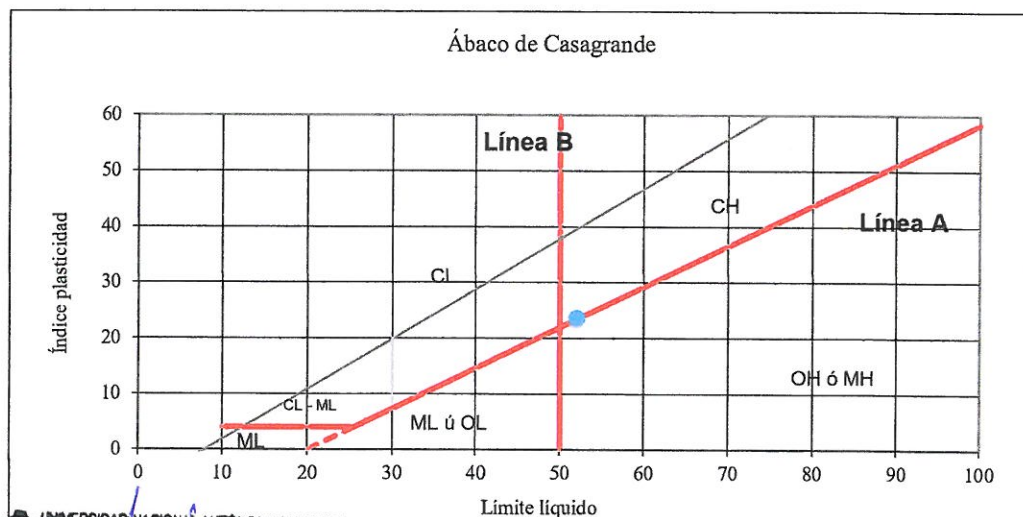
FECHA : 10/02/2025

COORDENADAS : E: 761786.22 N: 9276325.94



Clasificación AASHTO

A-7-6 Suelo arcilloso



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-01

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761786.22 N: 9276325.94

LÍMITES DE ATTERBERG

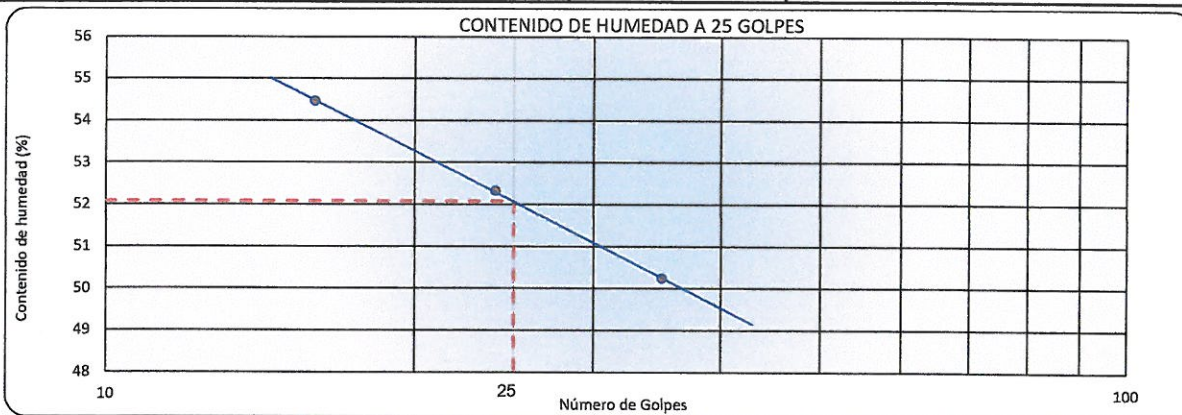
NTP 339.129

LÍMITE LÍQUIDO

N° DE TARA		T-01	T-02	T-03
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		44.86	45.14	46.02
MASA TARA + SUELO SECO (g)		34.52	34.35	34.68
MASA DEL AGUA (g)		10.34	10.79	11.34
MASA DE LA TARA (g)		13.94	13.73	13.86
MASA DEL SUELO SECO (g)		20.58	20.62	20.82
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		50.24	52.33	54.47
NÚMERO DE GOLPES		35	24	16

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE TARA		T-04	T-05
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		24.52	24.55
MASA TARA + SUELO SECO (g)		22.45	22.32
MASA DE LA TARA (g)		15.16	14.50
MASA DEL AGUA (g)		2.07	2.23
MASA DEL SUELO SECO (g)		7.29	7.82
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		28.40	28.52



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	52
LÍMITE PLÁSTICO	28
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cioza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-01
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761736.22 N: 9276325.94

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.51	23.52	23.52
Diámetro (mm)	60.72	60.72	60.72
Area inicial (cm ²)	28.96	28.96	28.96
Volumen de la muestra (cm ³)	68.08	68.11	68.11
DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Masa húmeda de la muestra + Masa del anillo (g)	203.08	203.13	203.13
Masa del anillo (g)	83.94	83.94	83.94
Masa de la muestra húmeda (g)	119.14	119.19	119.19
Masa de la muestra seca (g)	94.00	94.25	94.36
Contenido de humedad (%)	26.74	26.46	26.31
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.750	1.750	1.750
Densidad seca (g/cm ³)	1.381	1.384	1.385

	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
Altura Inicial:	23.5	mm	23.5	mm	23.5	mm
Diámetro de muestra:	60.7	mm	60.7	mm	60.7	mm
Area Inicial:	29.0	cm ²	29.0	cm ²	29.0	cm ²
Densidad Seca:	1.381	g/cm ³	1.384	g/cm ³	1.385	g/cm ³
Humedad:	26.7	%	26.5	%	26.3	%
Masa Normal:	1.480	g	2.989	g	5.990	g
Esfuerzo Normal:	0.51	g/cm ²	1.03	g/cm ²	2.07	g/cm ²
Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
0.00		0.00		0.00		0.00
0.25		0.37		1.56		3.25
0.50		0.89		2.26		4.52
0.75		1.23		2.86		5.25
1.00		1.68		3.32		6.00
1.50		2.23		3.82		7.02
2.00		2.85		4.54		7.76
2.50		3.45		5.25		8.56
3.00		3.88		5.96		9.18
3.50		4.25		6.65		9.85
4.00		4.66		7.45		10.54
4.50		5.54		8.00		11.12
5.00		6.32		8.56		11.52
5.50		6.80		9.00		12.00
6.00		7.25		9.65		12.58
6.50		7.65		10.15		13.00
7.00		8.25		10.45		13.45
7.50		8.85		10.83		13.85
8.00		9.35		11.30		13.78
8.50		9.85		11.65		14.00
9.00		10.25		11.85		14.25
9.50		10.85		11.92		14.44
10.00		10.86		12.00		14.52



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Lenin Omar Medina Rojas
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-01
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761786.22 N: 9276325.94

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE

0.5 mm/min

ESPECIMEN 1

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.381 g/cm³
Humedad Inic: 26.7 %
Esf. Normal : 0.51 g/cm²
Esf. Corte: 0.38 g/cm²

ESPECIMEN 2

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.381 g/cm³
Humedad Inic: 26.7 %
Esf. Normal : 1.03 g/cm²
Esf. Corte: 0.41 g/cm²

ESPECIMEN 3

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.385 g/cm³
Humedad Inic: 26.3 %
Esf. Normal : 2.07 g/cm²
Esf. Corte: 0.50 g/cm²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.02	0.05
0.82	0.03	0.08
1.24	0.04	0.11
1.65	0.06	0.14
2.47	0.08	0.19
3.29	0.10	0.24
4.12	0.12	0.28
4.94	0.13	0.32
5.76	0.15	0.34
6.59	0.17	0.40
7.41	0.19	0.44
8.23	0.22	0.50
9.06	0.24	0.54
9.88	0.25	0.56
10.70	0.27	0.60
11.53	0.28	0.63
12.35	0.31	0.67
13.18	0.32	0.70
14.00	0.34	0.73
14.82	0.35	0.75
15.65	0.37	0.77
16.47	0.38	0.78

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.05	0.07
0.82	0.08	0.10
1.24	0.10	0.12
1.65	0.11	0.14
2.47	0.14	0.16
3.29	0.16	0.19
4.12	0.18	0.21
4.94	0.21	0.24
5.76	0.23	0.27
6.59	0.26	0.30
7.41	0.28	0.32
8.23	0.30	0.33
9.06	0.31	0.35
9.88	0.33	0.37
10.70	0.35	0.39
11.53	0.36	0.39
12.35	0.37	0.41
13.18	0.39	0.42
14.00	0.40	0.43
14.82	0.41	0.43
15.65	0.41	0.43
16.47	0.41	0.43

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.11	0.07
0.82	0.16	0.10
1.24	0.18	0.11
1.65	0.21	0.13
2.47	0.24	0.15
3.29	0.27	0.16
4.12	0.30	0.17
4.94	0.32	0.18
5.76	0.34	0.20
6.59	0.36	0.21
7.41	0.38	0.22
8.23	0.40	0.22
9.06	0.41	0.23
9.88	0.43	0.24
10.70	0.45	0.25
11.53	0.46	0.25
12.35	0.47	0.25
13.18	0.48	0.25
14.00	0.48	0.26
14.82	0.49	0.26
15.65	0.50	0.26
16.47	0.50	0.26

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Omar Medina Rojas
Responsable del Laboratorio
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Teclista

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264
Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-01

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

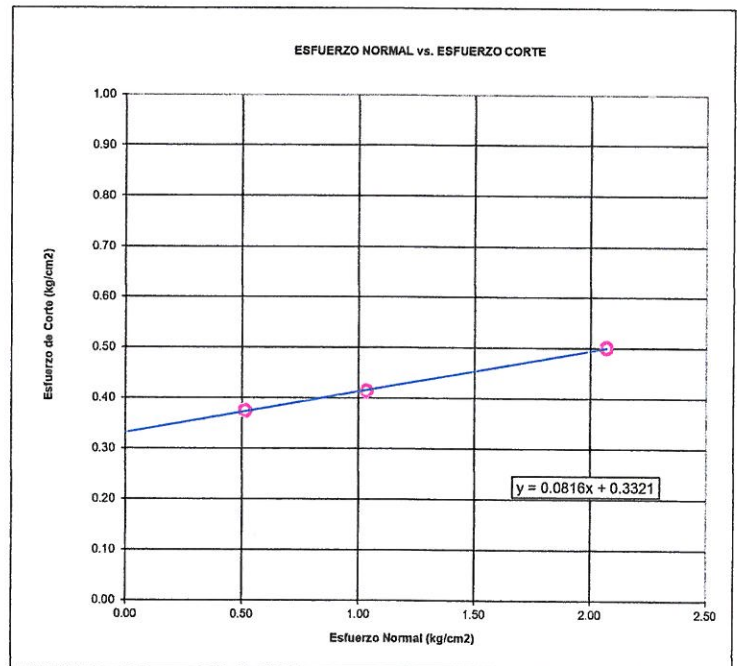
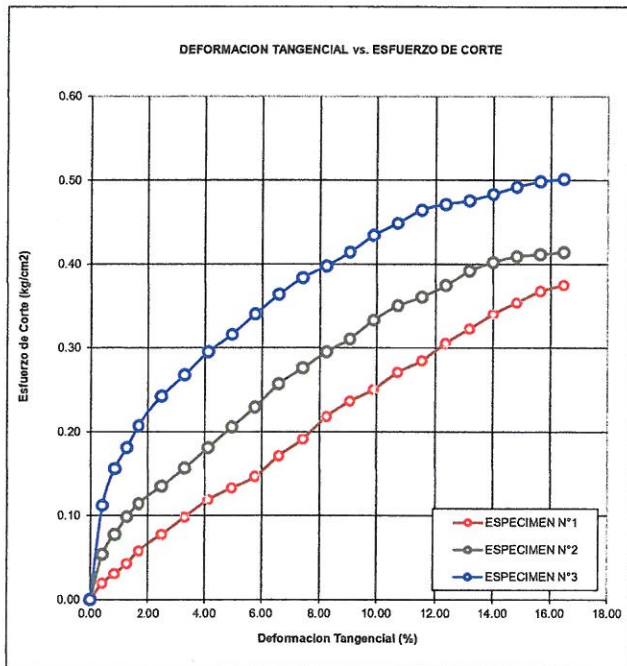
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761786.22 N: 9276325.94

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:

Cohesión c : 0.33 kg/cm2

Angulo de fricción ϕ : 4.7°



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sanchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-01

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761786.22 N: 9276325.94

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

Densidad Húmeda g/cm ³ =	1.75	Profundidad de Cimentacion, Df =	2.91 m
Cohesion del Suelo, g/cm ² =	0.33	Ancho de Cimentacion, B, m =	17.70 m
Angulo de Friccion, ϕ , ° =	4.66		

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga

Factor de Seguridad = 3

	General	Local
Nc =	7.21	6.66
Nq =	1.59	1.36
Ng =	0.38	0.24

Capacidad de Carga

Falla Local (g/cm²)

	q_u	q_{adm}
Cimentacion corrida	2.54	0.85
Cimentacion Cuadrada	2.91	0.97



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA****PROTOCOLO**

ENSAYO:	CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL			CODIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"			
C-01	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLAS INORGANICAS
:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande
MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas
ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez

DATOS

SUCS : CH
Estado : Inalterado
Profundidad muestra: 3 m
AASHTO :
Gs = 2.70

Datos del espécimen				Inicial	Final
Densidad húmeda inic:	1.70	Diámetro (mm) :		64.00	64.00
Densidad seca inicial :	1.43	Altura (mm):		20.00	16.12
Presión de hinchamiento :		Humedad (%):		28.28%	18.58%
	0.000 kg/cm2	Saturación (%):		100.0%	85.0%

ETAPA DE LA CARGA

Carga (kPa)	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)	Coefic. de Consolid. (cm2/min) Tyler
0.00 kg/cm2	0.000	0.000	20.000	20.000	10.000	1.432	0.886	0.000	--
0.08 kg/cm2	-0.410	0.410	19.590	19.795	9.898	1.462	0.847	2.050	0.402
0.16 kg/cm2	-0.738	0.738	19.262	19.426	9.713	1.486	0.816	3.690	0.340
0.31 kg/cm2	-1.278	1.278	18.722	18.992	9.496	1.529	0.765	6.390	0.466
0.62 kg/cm2	-1.882	1.882	18.118	18.420	9.210	1.580	0.709	9.410	0.360
1.24 kg/cm2	-2.525	2.525	17.475	17.797	8.898	1.638	0.648	12.625	0.179
2.49 kg/cm2	-3.229	3.229	16.771	17.123	8.562	1.707	0.582	16.145	0.138
4.97 kg/cm2	-3.881	3.881	16.119	16.445	8.223	1.776	0.520	19.405	0.142

ETAPA DE LA DESCARGA

Carga	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)
4.97 kg/cm2	3.881	3.881	16.119	16.119	8.060	1.776	0.520	19.405
2.49 kg/cm2	3.800	3.800	16.200	16.160	8.080	1.767	0.528	19.000
1.24 kg/cm2	3.730	3.730	16.270	16.235	8.118	1.760	0.534	18.650
0.62 kg/cm2	3.680	3.680	16.320	16.295	8.148	1.754	0.539	18.400
0.31 kg/cm2	3.580	3.580	16.420	16.370	8.185	1.744	0.548	17.900
0.16 kg/cm2	3.430	3.430	16.570	16.495	8.248	1.728	0.563	17.150
0.08 kg/cm2	3.310	3.310	16.690	16.630	8.315	1.716	0.574	16.550

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Edwar Cieza Sanchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

Proyecto C-01

Ubicación EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL

Reg/Prov. : CAJAMARCA

Solicitante LENIN OMAR MEDINA ROJAS

Distrito : CHOTA

Exploración 01/02/2025

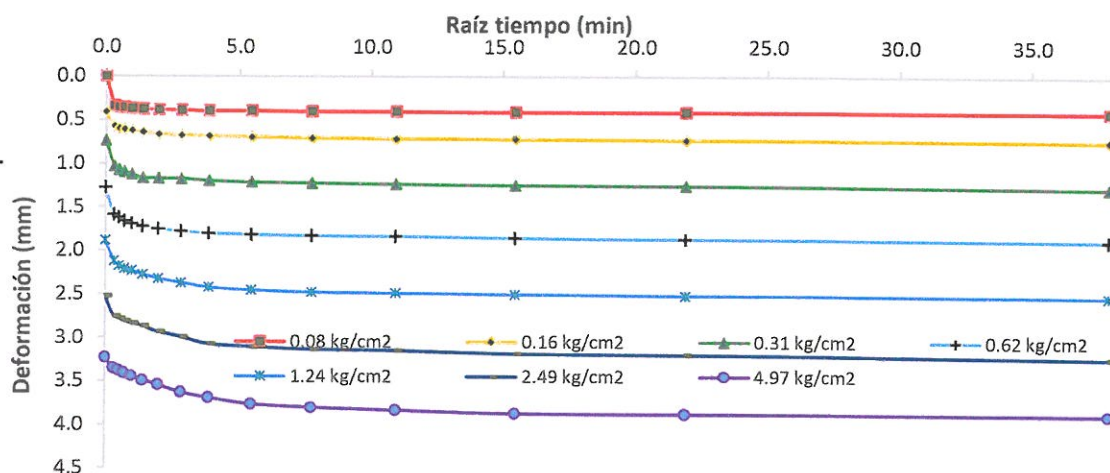
Lugar : CHOTA

Estrato/Nivel 3m

Fecha 13/03/2025

APLICACIÓN DE LA CARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		0.08 kg/cm ²	0.16 kg/cm ²	0.31 kg/cm ²	0.62 kg/cm ²	1.24 kg/cm ²	2.49 kg/cm ²	4.97 kg/cm ²
0.00	0.00	0.000	0.410	0.738	1.278	1.882	2.525	3.229
0.10	0.32	0.343	0.579	1.034	1.592	2.125	2.754	3.351
0.25	0.50	0.355	0.597	1.075	1.623	2.178	2.778	3.376
0.50	0.71	0.360	0.613	1.098	1.663	2.212	2.810	3.408
1.00	1.00	0.370	0.627	1.127	1.693	2.234	2.837	3.442
2.00	1.41	0.377	0.644	1.166	1.723	2.277	2.889	3.492
4.00	2.00	0.386	0.666	1.172	1.753	2.325	2.934	3.543
8.00	2.83	0.389	0.678	1.177	1.780	2.371	2.993	3.628
15.00	3.87	0.396	0.685	1.199	1.802	2.424	3.073	3.692
30.00	5.48	0.398	0.695	1.214	1.817	2.454	3.103	3.761
60.00	7.75	0.401	0.708	1.225	1.831	2.479	3.131	3.802
120.00	10.95	0.405	0.713	1.238	1.837	2.488	3.146	3.831
240.00	15.49	0.409	0.718	1.248	1.855	2.501	3.180	3.865
480.00	21.91	0.409	0.726	1.255	1.867	2.513	3.192	3.873
1440.00	37.95	0.410	0.738	1.278	1.882	2.525	3.229	3.881



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

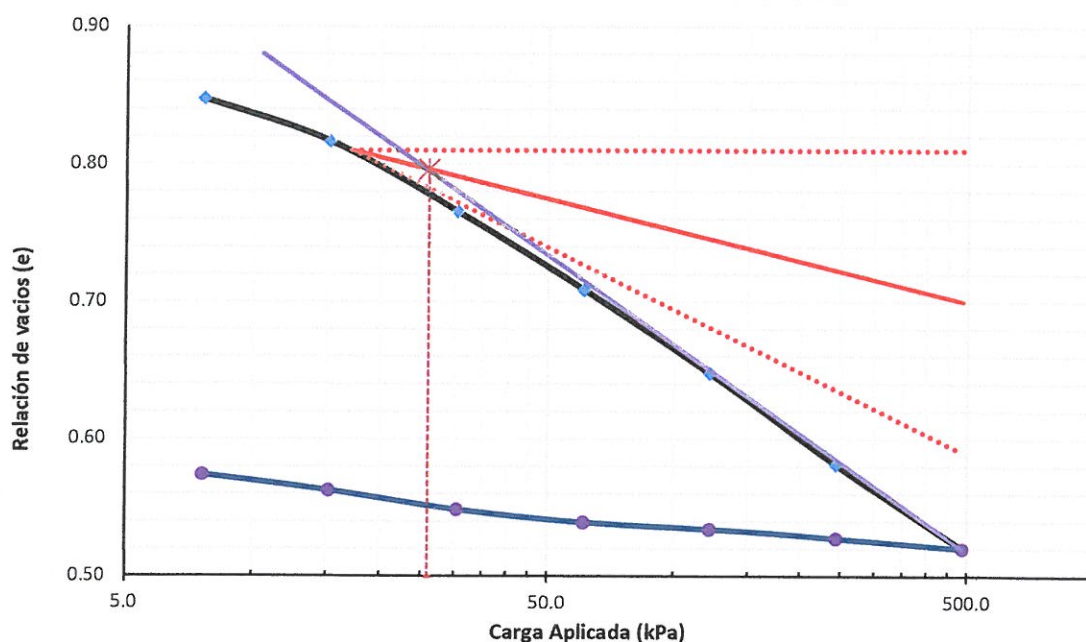
 Walter Manuel Vásquez Tapia
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL		CODIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANALISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACION Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA - UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

RESULTADOS

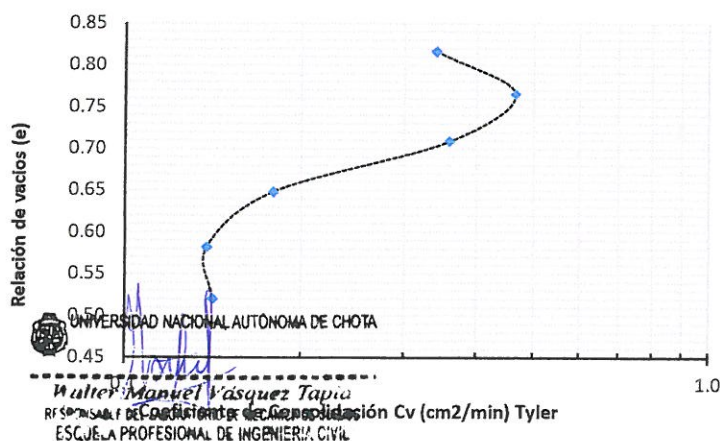
CURVA DE CONSOLIDACIÓN DE LABORATORIO



Carga de Preconsolidación σ'_c (Casagrande) = 26 kPa = 0.27 kg/cm²

Índice de Compresibilidad Lab C_c = 0.216

Índice Recomprens. Lab C_r = 0.030



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vázquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CONSOLIDACIÓN C_v (cm²/min) Tyler
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

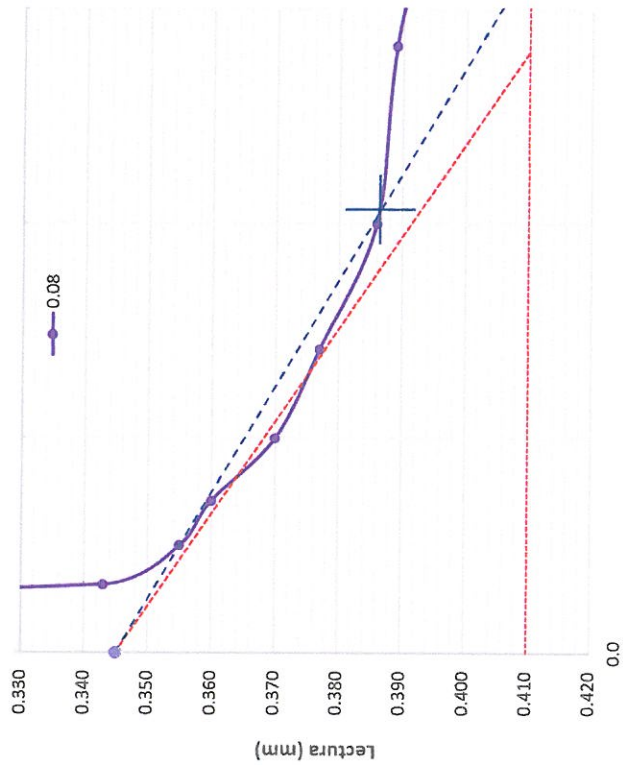
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Tiempo (min)	Raíz Tiempo (min)	Deformación (mm) / carga (kg/cm ²)					
		0.08	0.16	0.31	0.62	1.24	2.49
0.00	0.00	0.000	0.410	0.738	1.278	1.882	2.525
0.10	0.32	0.343	0.579	1.034	1.592	2.125	2.754
0.25	0.50	0.355	0.597	1.075	1.623	2.178	2.778
0.50	0.71	0.360	0.613	1.098	1.663	2.212	2.810
1.00	1.00	0.370	0.627	1.127	1.693	2.234	2.837
2.00	1.41	0.377	0.644	1.166	1.723	2.277	2.869
4.00	2.00	0.386	0.666	1.172	1.753	2.325	2.934
8.00	2.83	0.389	0.678	1.177	1.780	2.371	2.993
15.00	3.87	0.396	0.685	1.199	1.802	2.424	3.073
30.00	5.48	0.398	0.695	1.214	1.817	2.454	3.103
60.00	7.75	0.401	0.708	1.225	1.831	2.479	3.131
120.00	10.95	0.405	0.713	1.238	1.837	2.488	3.146
240.00	15.49	0.409	0.718	1.248	1.855	2.501	3.180
480.00	21.91	0.409	0.726	1.255	1.867	2.513	3.192
1440.00	37.95	0.410	0.738	1.278	1.882	2.525	3.229
							3.881

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Miller Manríquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edway Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185284



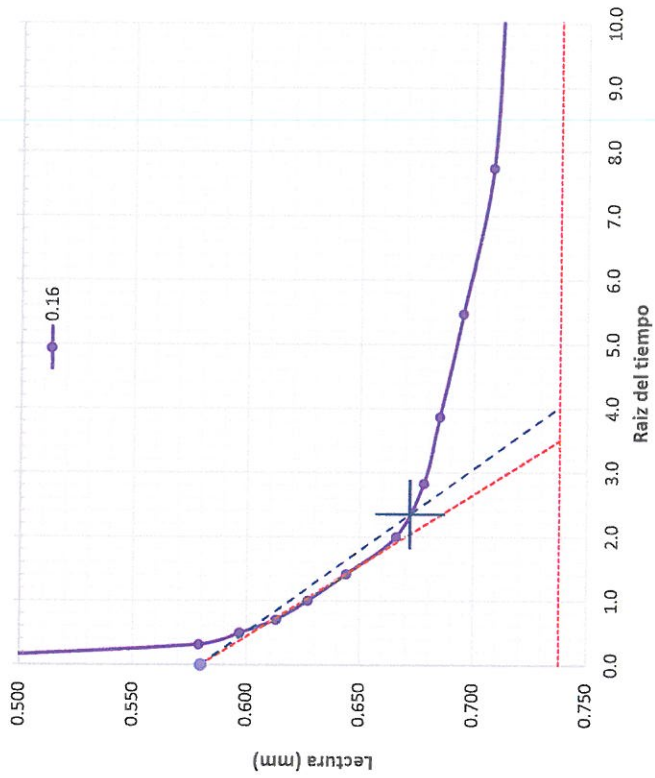
LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	0.3450	0	0.41	0	0.41
2.8	0.410	37.95	0.410	0.41	0.410
B= 2.8		C= 3.22		Cv = 0.402	
0	0.35	0	0.410	0.35	0.410
3.22	0.410	2.0680	0.3865	0.410	0.402
T90		T90		T90	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

M. Sc. *Maribel Martínez*

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE SUELOS

ESQUEMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



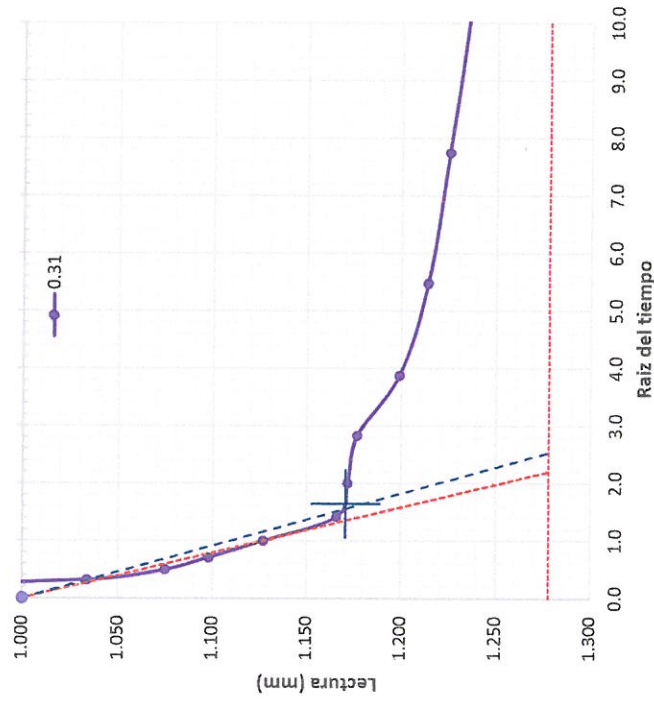
LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	0.5800	0	0.74	0	0.74
3.5	0.738	37.95	0.738	0.74	0.738
B= 3.5		C= 4.025		Cv = 0.340	
0	0.58	0	0.738	0.58	0.738
4.025	0.738	2.3500	0.6720	0.738	0.738
T90		T90		T90	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

M. Sc. *Edwar Cieza Sánchez*

INGENIERO CIVIL

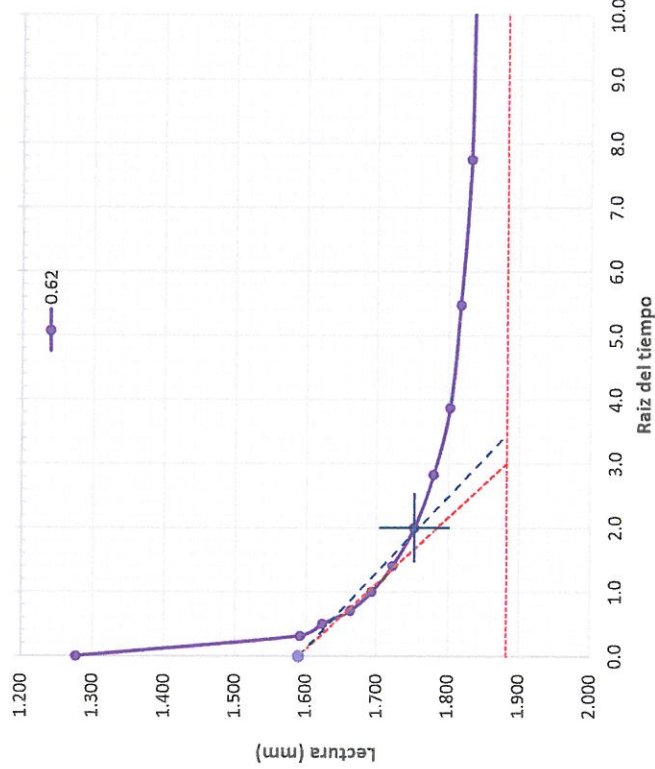
REGISTRO CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	1.0000	0	1.28	0	1.28
2.2	1.278	37.95	1.278	1.28	1.278
B= 2.2		C= 2.53			
0	1.00	1.6420	1.1710	Cv = 0.466	
2.53	1.278				

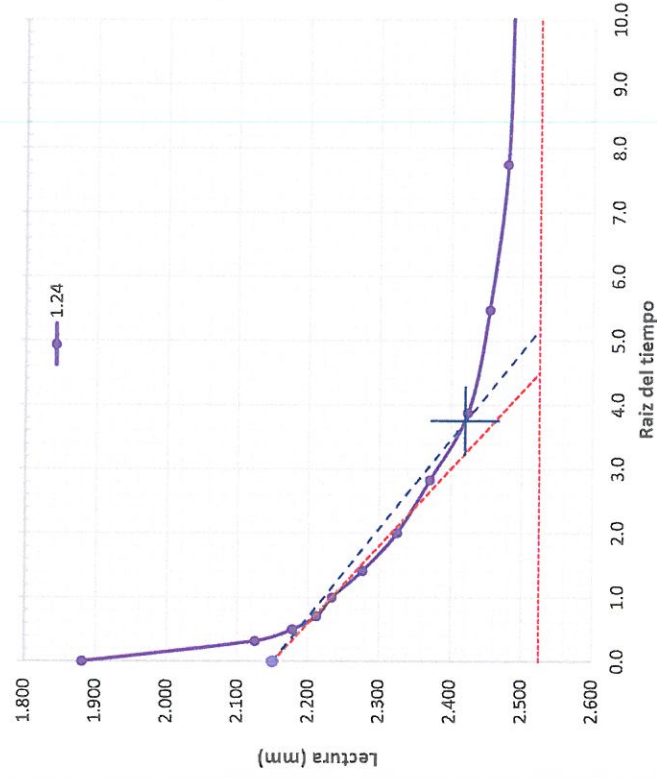
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Rector: Manuel Esteban Tapia
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cleza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264



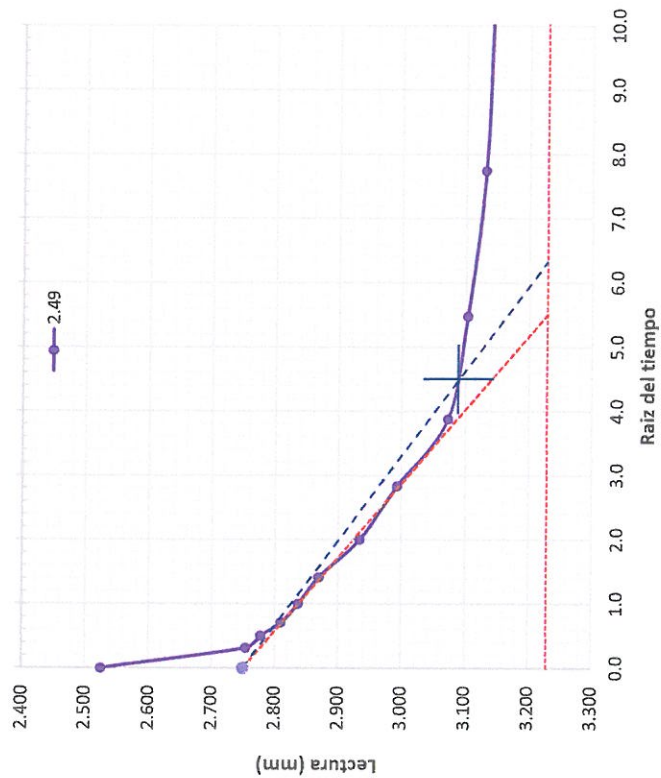
LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	1.5900	0	1.88	0	1.88
3	1.882	37.95	1.882	1.88	1.882
B= 3		C= 3.45			
0	1.59	2.0000	1.7530	Cv = 0.360	
3.45	1.882	T90			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ingeniero Civil
 Responsables del Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	2.1500	0	2.53	0	2.53
4.5	2.525	37.95	2.525	2.53	2.525
B= 4.5		C= 5.175			
0	2.15	3.7500	2.4200	Cv = 0.179	
5.175	2.525	T90			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	2.7500	0	3.23	0	3.23
5.5	3.229	37.95	3.229	3.23	3.229
B= 5.5		C= 6.325			
0	2.75	4.5000	3.0890	CV= 0.138	
6.325	3.229				

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Prof. Ing. *[Signature]* *[Signature]*
 Rector
 Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos

[Signature]
 Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185204

CALICATA C-01 – Bulbo de presiones 2:1 y asentamiento por consolidación

Dato	Valor	Unidad	Fuente/observación
Calicata	C-01		
Pabellón	Ingeniería Civil		
qserv (presión de servicio)	0.830	kg/cm ²	Tomado del informe final (Ingeniería Civil)
γ del terreno	1.700	g/cm ³	Tomado de hoja original
Df	2.910	m	Tomado de hoja original
B	1.500	m	Tomado de hoja original
L	17.700	m	Tomado de hoja original
e0	0.886		CONS_1!H24 del archivo base
Cc	0.216		CONS_4!E39 del archivo base
Cr	0.030		CONS_4!I39 del archivo base
σ'p (preconsolidación)	0.265	kg/cm ²	26 kPa convertido a kg/cm ²
Δz por subcapa	0.250	m	Editable
Profundidad máxima analizad	5.000	m bajo la base	Editable
Criterio de zona activa	10.0%	Δσ/σ'v0	Editable
q0 efectiva = qserv - γ·Df	0.335	kg/cm ²	Usa presión neta para asentamiento por consolidación

Notas

1. El bulbo se calcula con el método 2:1 para zapata rectangular: $\Delta\sigma_z = q_0 \cdot B \cdot L / ((B+z)(L+z))$.
2. z se mide desde la base de la cimentación hasta el centro de cada subcapa.
3. σ'v0 se calcula con $\gamma \cdot (Df+z)$ y se expresa en kg/cm².
4. La zona activa se identifica cuando $\Delta\sigma_z / \sigma'v0$ es mayor o igual al criterio definido en B17.
5. El asentamiento se calcula por subcapas y se suma solo en la zona activa.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cleza Sánchez

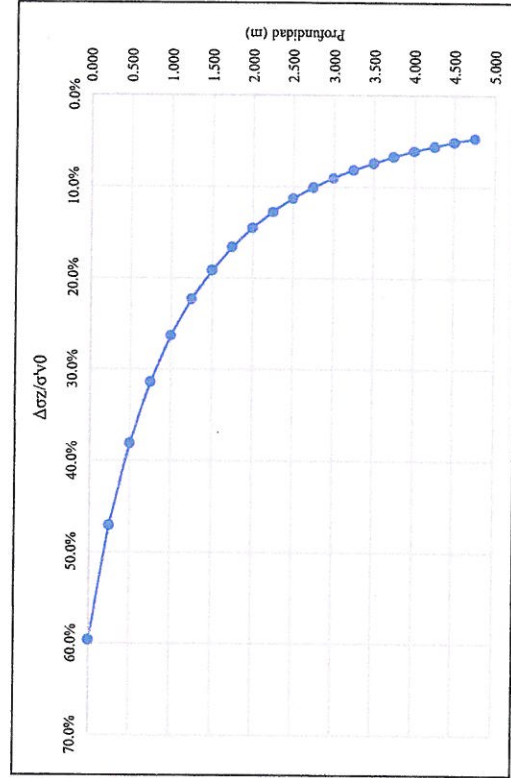
Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Bulbo de presiones real – Método 2:1 – Calicata C-01

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z$ 2:1 (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z/\sigma'v0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.516	0.307	0.823	59.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.558	0.263	0.821	47.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.601	0.229	0.830	38.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.643	0.202	0.845	31.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.686	0.180	0.866	26.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.728	0.162	0.891	22.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.771	0.147	0.918	19.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.813	0.135	0.948	16.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.856	0.124	0.980	14.5%	ACTIVA	Se considera en Sc
10	2.250	2.500	2.375	0.898	0.114	1.013	12.7%	ACTIVA	Se considera en Sc
11	2.500	2.750	2.625	0.941	0.106	1.047	11.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
12	2.750	3.000	2.875	0.983	0.099	1.082	10.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
13	3.000	3.250	3.125	1.026	0.092	1.118	9.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	1.068	0.087	1.155	8.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	1.111	0.081	1.192	7.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	1.153	0.077	1.230	6.7%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	1.196	0.073	1.268	6.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.238	0.069	1.307	5.5%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.281	0.065	1.346	5.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.323	0.062	1.385	4.7%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Profundidad activa máxima 13
Número de subcapas activas 12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
INGENIERO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185204

Cálculo del asentamiento por consolidación - C-01

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Se subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.516	0.307	0.823	NC (Cc)	5.811
2	0.375	0.250	0.558	0.263	0.821	NC (Cc)	4.794
3	0.625	0.250	0.601	0.229	0.830	NC (Cc)	4.009
4	0.875	0.250	0.643	0.202	0.845	NC (Cc)	3.392
5	1.125	0.250	0.686	0.180	0.866	NC (Cc)	2.900
6	1.375	0.250	0.728	0.162	0.891	NC (Cc)	2.502
7	1.625	0.250	0.771	0.147	0.918	NC (Cc)	2.176
8	1.875	0.250	0.813	0.135	0.948	NC (Cc)	1.906
9	2.125	0.250	0.856	0.124	0.980	NC (Cc)	1.681
10	2.375	0.250	0.898	0.114	1.013	NC (Cc)	1.491
11	2.625	0.250	0.941	0.106	1.047	NC (Cc)	1.330
12	2.875	0.250	0.983	0.099	1.082	NC (Cc)	1.191
13	3.125	0.000	1.026	0.092	1.118	No activa	0.000
14	3.375	0.000	1.068	0.087	1.155	No activa	0.000
15	3.625	0.000	1.111	0.081	1.192	No activa	0.000
16	3.875	0.000	1.153	0.077	1.230	No activa	0.000
17	4.125	0.000	1.196	0.073	1.268	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.238	0.069	1.307	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.281	0.065	1.346	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.323	0.062	1.385	No activa	0.000

Profundidad activa calculada	3.000
q0 efectiva utilizada (kg/cm ²)	0.335
Asentamiento por consolidac	33.181
Asentamiento por consolidac	3.318
Conclusión	Cumple rango de 25-38 mm

Criterios y notas

El cálculo del asentamiento se realiza por subcapas activas, sin fijar previamente un espesor H único.

Si $\sigma'p \leq \sigma'v0$, se aplica compresión virgen con Cc.

Si $\sigma'p \geq \sigma'vf$, se aplica recompresión con Cr.

Si $\sigma'v0 < \sigma'p < \sigma'vf$, se aplica formulación mixta Cr + Cc.

Este archivo está preparado para cambiar únicamente los datos de entrada si se corrige o actualiza información de C-01.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ing. Walter Manuel Vásquez Topica

INGENIERO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edway Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



ASENTAMIENTO ELÁSTICO CALCULADO POR LA TEORÍA DE BOUSSINESQ (SCHLEICHER, 1926)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

TESIS: "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

TESISTA: LENIN OMAR MEDINA ROJAS

UBICACIÓN: EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

CALICATA: C1

Cálculo de asentos. Losa. Schleicher (1926)

C1

Carga neta (q):	0.83 kg/cm2	0.83 kg/cm2	0.83 kg/cm2
Módulo de Young (E):	146.27 kg/cm2	146.27 kg/cm2	146.27 kg/cm2
Coefficiente de Poisson (v):	0.40	0.40	0.40
Módulo deformación edométrico (Eed):	313 kg/cm2	313 kg/cm2	313 kg/cm2
Ancho cimentación (b):	150 cm	150 cm	150 cm
Largo cimentación (l):	1770 cm	1770 cm	1770 cm
m:	11.80	11.80	11.80
Ip:	1.32	1.32	1.32
Factor de seguridad:	1.20	1.20	1.20

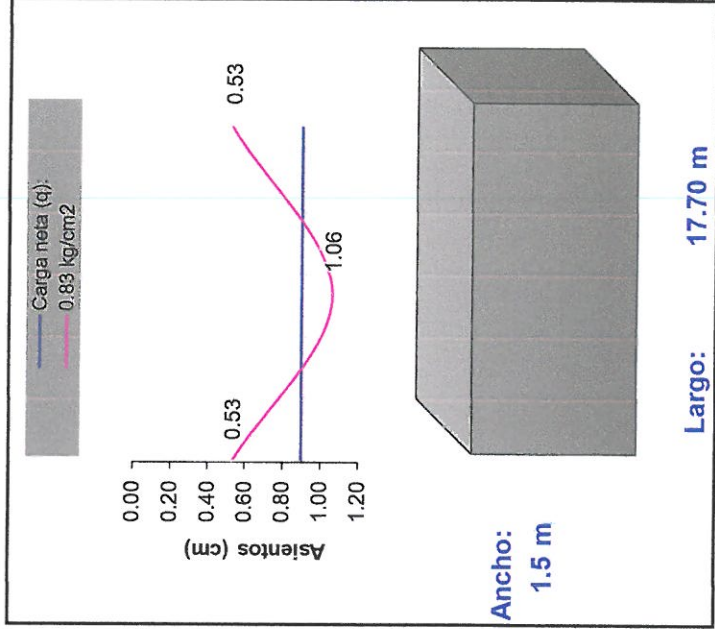
Asientos carga flexible			Asientos carga rígida	
Esquina (cm)	Centro (cm)	Valor medio (cm)	Valor medio (cm)	Asientos (cm)
0.53	1.06	0.90	0.84	0.84

Coeficiente de balasto K (kg/cm3)	
0.923	0.992

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Ing. Edwar Cioza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-02

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.65 N: 9276349.20

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.127

ENSAYO N°	1	
N° DE TARA	T-26	
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	435.41	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	328.54	
MASA DE LA TARA (g)	46.58	
MASA DEL AGUA (g)	106.87	
MASA DEL SUELO SECO (g)	281.96	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	37.9	
HUMEDAD NATURAL (%)	37.9	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cleza Sánchez
Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-02
CODIGO DE MUESTRA : M-01
PROF. (m). : 3.00 m.
MATERIAL : SUELO NATURAL

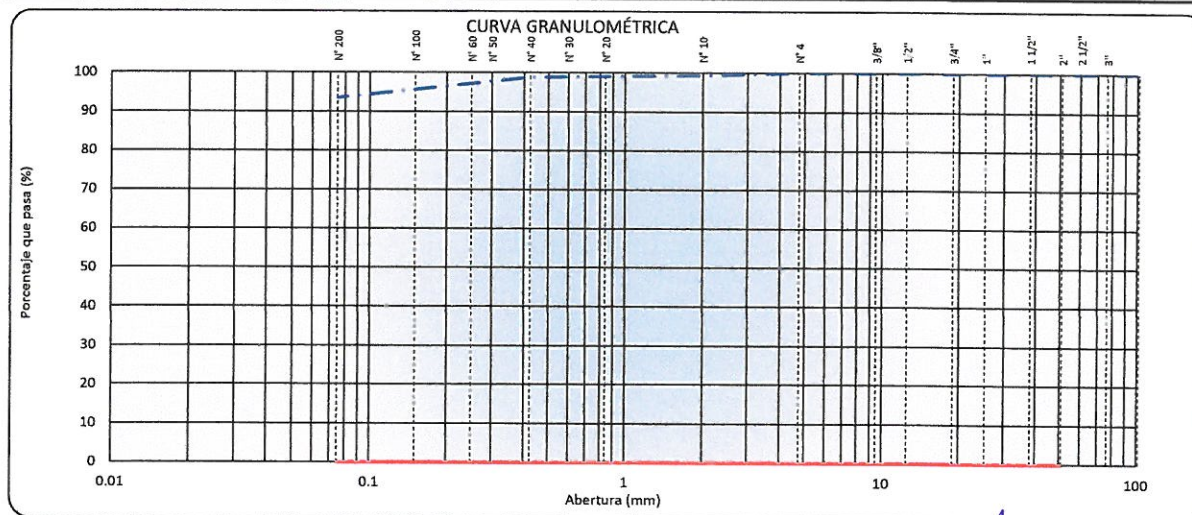
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.85 N: 9276349.20

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO

NTP 339.128

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600					Masa de la Muestra
3"	76.200					Masa Total de la Muestra (g) : 286.40
2 1/2"	60.350					Material Fino < N°4 (g) : 286
2"	50.800					Material Grueso > N°4 (g) : 0
1 1/2"	38.100					Fracción Material < N°4 (g) : 286.40
1"	25.400					Limites de Consistencia
3/4"	19.000					Límite Líquido : 50
1/2"	12.500					Límite Plástico : 30
3/8"	9.525					Índice Plástico : 20
N°4	4.760				100.00	Clasificación de Suelo
N°8	2.380	1.26	0.44	0.44	99.56	Clasificación SUCS : MH
N°10	2.000	0.61	0.21	0.65	99.35	Clasificación AASHTO : A-7-5 (14)
N°20	0.840	0.82	0.29	0.94	99.06	
N°40	0.425	0.76	0.27	1.20	98.80	
N°60	0.250	1.56	0.54	1.75	98.25	Contenido de Humedad Natural (%) : 37.90
N°100	0.150	3.19	1.11	2.86	97.14	Máxima dens. Seca (g/cm³) :
N°140	0.106	3.53	1.23	4.10	95.90	Óptimo Cont. Humedad (%) :
N°200	0.075	6.78	2.37	6.46	93.54	CBR 0.1" al 95% MDS (%) :
< N°200	FONDO	267.9	93.54	100.0		CBR 0.1" al 100% MDS (%) :



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESQUEMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Walter Manuel Vasquez Tapia

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Tesista

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-02

CODIGO DE MUESTRA : M-01

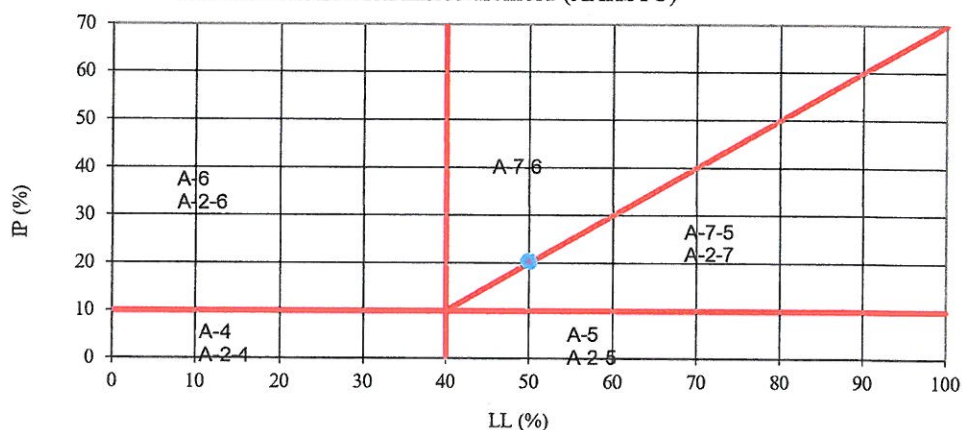
MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 10/02/2025

COORDENADAS : E: 761740.65 N: 9276349.20

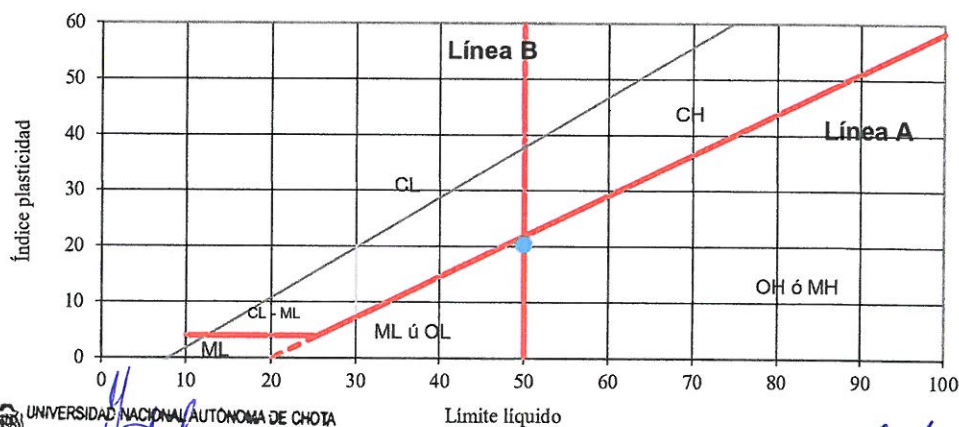
Clasificación fracción limoso-arcillosa (AAHSTO)



Clasificación AASHTO

A-7-5 Suelo arcilloso

Ábaco de Casagrande



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Vásquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERÍA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-02

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.65 N: 9276349.20

LÍMITES DE ATTERBERG

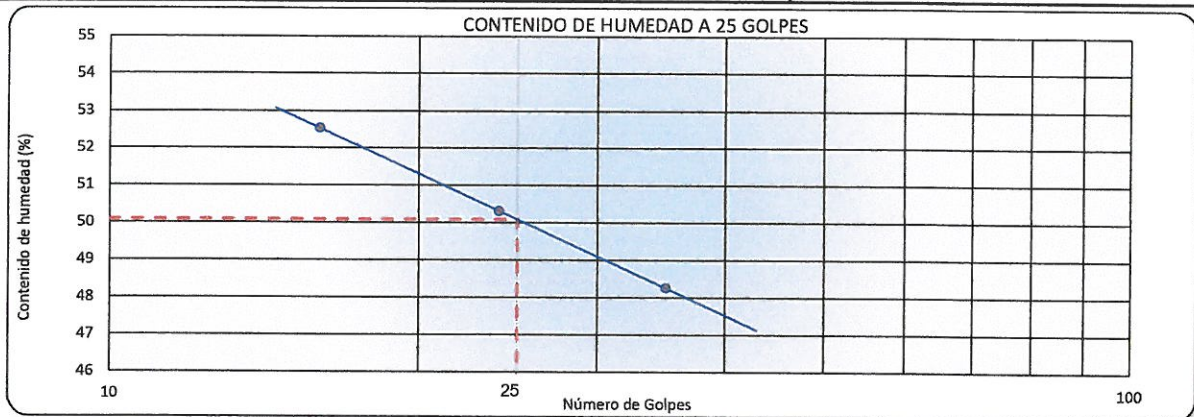
NTP 339 129

LÍMITE LÍQUIDO

N° DE TARA		T-04	T-05	T-06
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		44.96	45.39	47.10
MASA TARA + SUELO SECO (g)		35.26	35.05	36.32
MASA DEL AGUA (g)		9.70	10.34	10.78
MASA DE LA TARA (g)		15.16	14.50	15.80
MASA DEL SUELO SECO (g)		20.10	20.55	20.52
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		48.26	50.32	52.53
NÚMERO DE GOLPES		35	24	16

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE TARA		T-07	T-08
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		25.10	24.51
MASA TARA + SUELO SECO (g)		22.45	22.32
MASA DE LA TARA (g)		13.56	14.90
MASA DEL AGUA (g)		2.65	2.19
MASA DEL SUELO SECO (g)		8.89	7.42
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		29.81	29.51



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	50
LÍMITE PLÁSTICO	30
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-02
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761740.65 N: 9276349.20

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.50	23.50	23.51
Diámetro (mm)	60.72	60.72	60.72
Area Inicial (cm ²)	28.96	28.96	28.96
Volumen de la muestra (cm ³)	68.05	68.05	68.08
DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Masa húmeda de la muestra + Masa del anillo (g)	201.66	201.66	201.71
Masa del anillo (g)	83.94	83.94	83.94
Masa de la muestra húmeda (g)	117.72	117.72	117.77
Masa de la muestra seca (g)	85.65	85.54	85.56
Contenido de humedad (%)	37.44	37.82	37.65
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.730	1.730	1.730
Densidad seca (g/cm ³)	1.259	1.257	1.257

	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
Altura Inicial:	23.5	mm	23.5	mm	23.5	mm
Diámetro de muestra:	60.7	mm	60.7	mm	60.7	mm
Area Inicial:	29.0	cm ²	29.0	cm ²	29.0	cm ²
Densidad Seca:	1.259	g/cm ³	1.257	g/cm ³	1.257	g/cm ³
Humedad:	37.4	%	37.6	%	37.6	%
Masa Normal:	1.480	g	2.989	g	5.990	g
Esfuerzo Normal:	0.51	g/cm ²	1.03	g/cm ²	2.07	g/cm ²
Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
0.00		0.00		0.00		0.00
0.25		0.65		1.51		3.25
0.50		0.96		2.23		4.53
0.75		1.35		2.91		5.28
1.00		1.72		3.29		6.02
1.50		2.39		3.88		7.06
2.00		2.87		4.56		7.76
2.50		3.26		5.21		8.81
3.00		3.66		5.92		9.19
3.50		4.52		6.59		9.78
4.00		4.95		7.43		10.94
4.50		5.55		8.21		11.19
5.00		6.32		8.58		11.52
5.50		6.88		9.02		12.03
6.00		7.36		9.65		12.62
6.50		7.85		10.18		13.12
7.00		8.42		10.49		13.45
7.50		9.01		10.86		13.59
8.00		9.58		11.09		13.78
8.50		9.74		11.25		14.02
9.00		10.05		11.38		14.12
9.50		10.25		11.52		14.35
10.00		10.35		11.63		14.46



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tajá
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-02
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.65 N: 9276349.20

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE

0.5 mm/min

ESPECIMEN 1

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.259 g/cm³
Humedad Inic: 37.4 %
Esf. Normal : 0.51 g/cm²
Esf. Corte: 0.36 g/cm²

ESPECIMEN 2

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.259 g/cm³
Humedad Inic: 37.4 %
Esf. Normal : 1.03 g/cm²
Esf. Corte: 0.40 g/cm²

ESPECIMEN 3

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.257 g/cm³
Humedad Inic: 37.6 %
Esf. Normal : 2.07 g/cm²
Esf. Corte: 0.50 g/cm²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.02	0.06	0.41	0.06	0.07	0.41	0.11	0.07
0.82	0.03	0.08	0.82	0.08	0.09	0.82	0.16	0.10
1.24	0.05	0.11	1.24	0.10	0.12	1.24	0.18	0.11
1.65	0.06	0.15	1.65	0.11	0.14	1.65	0.21	0.13
2.47	0.08	0.20	2.47	0.14	0.17	2.47	0.24	0.15
3.29	0.10	0.24	3.29	0.16	0.19	3.29	0.27	0.16
4.12	0.11	0.27	4.12	0.18	0.21	4.12	0.29	0.17
4.94	0.13	0.32	4.94	0.20	0.24	4.94	0.32	0.18
5.76	0.16	0.37	5.76	0.23	0.26	5.76	0.34	0.20
6.59	0.17	0.40	6.59	0.26	0.30	6.59	0.36	0.21
7.41	0.20	0.45	7.41	0.28	0.32	7.41	0.39	0.22
8.23	0.22	0.50	8.23	0.30	0.34	8.23	0.40	0.22
9.06	0.24	0.54	9.06	0.31	0.35	9.06	0.42	0.23
9.88	0.25	0.57	9.88	0.33	0.37	9.88	0.44	0.24
10.70	0.27	0.60	10.70	0.35	0.39	10.70	0.45	0.25
11.53	0.29	0.64	11.53	0.36	0.40	11.53	0.46	0.25
12.35	0.31	0.68	12.35	0.38	0.41	12.35	0.47	0.25
13.18	0.32	0.70	13.18	0.38	0.41	13.18	0.48	0.25
14.00	0.34	0.72	14.00	0.39	0.41	14.00	0.48	0.26
14.82	0.35	0.74	14.82	0.39	0.41	14.82	0.49	0.26
15.65	0.35	0.74	15.65	0.40	0.41	15.65	0.50	0.26
16.47	0.36	0.74	16.47	0.40	0.41	16.47	0.50	0.26



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

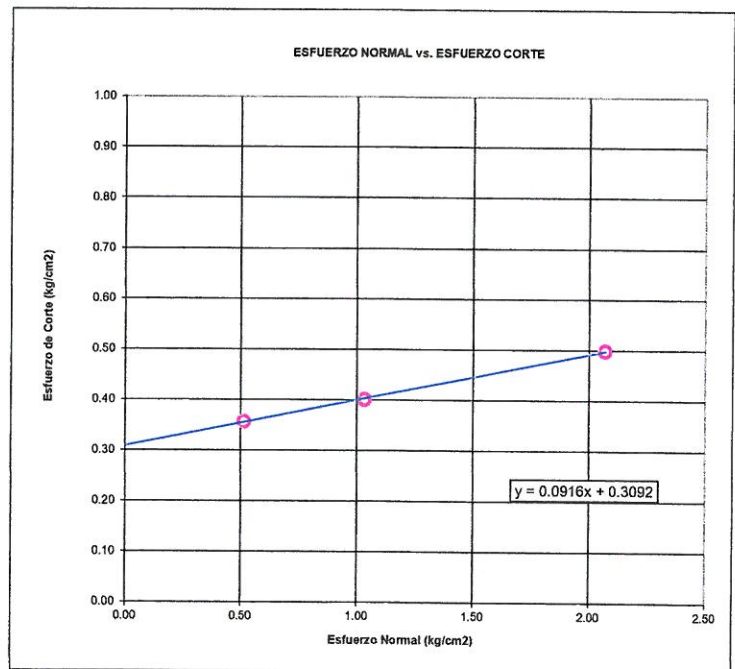
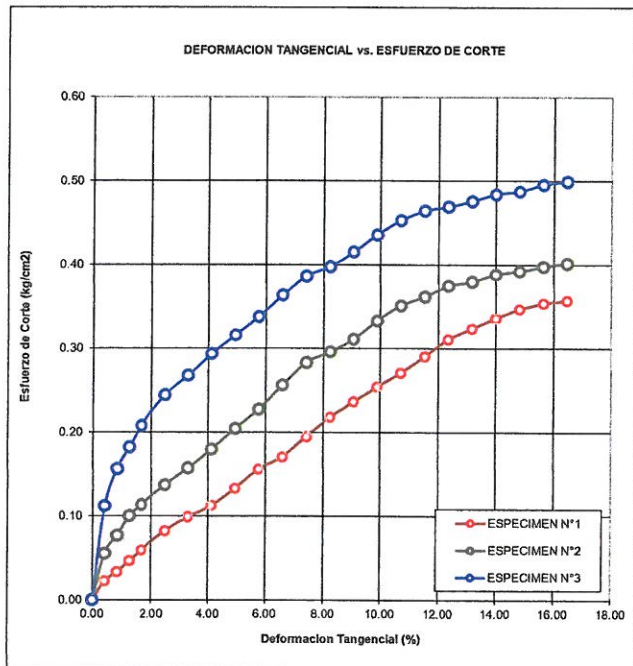
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-02
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761740.65 N: 9276349.20

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:

Cohesión c : 0.31 kg/cm²
Angulo de fricción ϕ : 5.2°



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-02

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.65 N: 9276349.20

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

Densidad Húmeda g/cm³ = 1.73

Cohesion del Suelo ,g/cm² = 0.31

Angulo de Friccion, ϕ , ° = 5.23

Profundidad de Cimentacion, Df = 2.91 m

Ancho de Cimentacion, B, m = 17.70 m

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga

Factor de Seguridad = 3

	General	Local
Nc =	7.43	6.79
Nq =	1.68	1.42
Ng =	0.43	0.27

Capacidad de Carga

Falla Local (g/cm²)

	q_u	q_{adm}
Cimentacion corrida	2.53	0.84
Cimentacion Cuadrada	2.86	0.95



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Encargado del laboratorio

Tesista

Asesor

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA****PROTOCOLO**

ENSAYO:	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL			CODIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"			
CALICATA:	C-02	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL: LIMOS INORGANICOS
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez

DATOS

SUCS : MH

Estado : Inalterado

Profundidad muestra: 3 m

AASHTO :

Gs = 2.70

Datos del espécimen		Inicial	Final
Densidad húmeda inic:	1.58	Diámetro (mm) :	64.00
Densidad seca inicial :	1.34	Altura (mm):	20.0
Presión de hinchamiento :		Humedad (%):	18.4
	0.000 kg/cm2	Saturación (%):	48.63

ETAPA DE LA CARGA

Carga (kPa)	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)	Coefic. de Consolid. (cm2/min) Tyler
0.00 kg/cm2	0.000	0.000	20.000	20.000	10.000	1.336	1.021	0.000	-
0.08 kg/cm2	-1.290	1.290	18.710	19.355	9.678	1.428	0.891	6.450	0.041
0.16 kg/cm2	-1.795	1.795	18.205	18.458	9.229	1.468	0.840	8.975	0.072
0.31 kg/cm2	-2.450	2.450	17.550	17.878	8.939	1.522	0.774	12.250	0.364
0.62 kg/cm2	-3.182	3.182	16.818	17.184	8.592	1.589	0.700	15.910	0.217
1.24 kg/cm2	-3.902	3.902	16.098	16.458	8.229	1.660	0.627	19.510	0.123
2.49 kg/cm2	-4.629	4.629	15.371	15.735	7.867	1.738	0.553	23.145	0.116
4.97 kg/cm2	-5.351	5.351	14.649	15.010	7.505	1.824	0.480	26.755	0.148

ETAPA DE LA DESCARGA

Carga	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)
4.97 kg/cm2	5.351	5.351	14.649	14.649	7.325	1.824	0.480	26.755
2.49 kg/cm2	5.270	5.270	14.730	14.690	7.345	1.814	0.489	26.350
1.24 kg/cm2	5.170	5.170	14.830	14.780	7.390	1.801	0.499	25.850
0.62 kg/cm2	5.100	5.100	14.900	14.865	7.433	1.793	0.506	25.500
0.31 kg/cm2	5.000	5.000	15.000	14.950	7.475	1.781	0.516	25.000
0.16 kg/cm2	4.840	4.840	15.160	15.080	7.540	1.762	0.532	24.200
0.08 kg/cm2	4.700	4.700	15.300	15.230	7.615	1.746	0.546	23.500



Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

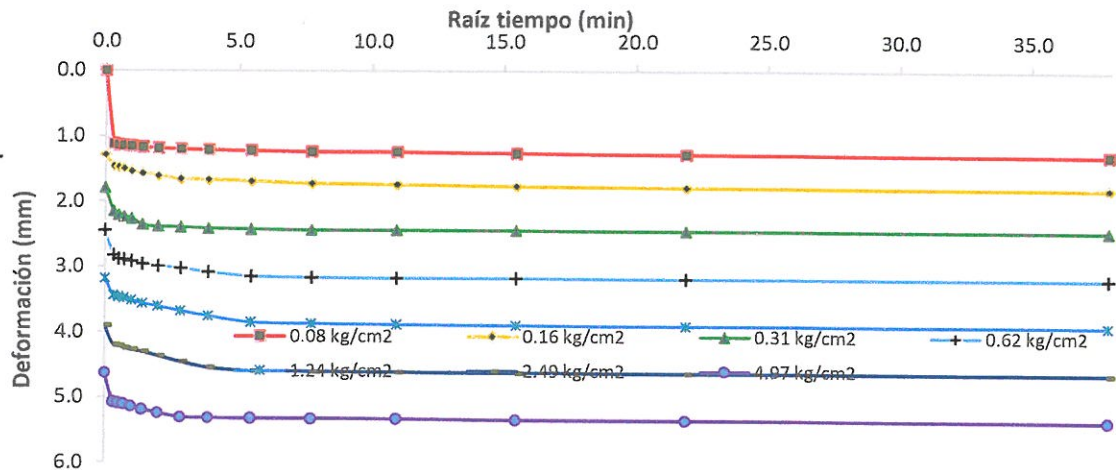
Proyecto C-02

Ubicación EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL
Solicitante LENIN OMAR MEDINA ROJAS
Exploración 01/02/2025
Estrato/Nivel 3m

Reg/Prov. : CAJAMARCA
Distrito : CHOTA
Lugar : CHOTA
Fecha 13/03/2025

APLICACIÓN DE LA CARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		0.08 kg/cm ²	0.16 kg/cm ²	0.31 kg/cm ²	0.62 kg/cm ²	1.24 kg/cm ²	2.49 kg/cm ²	4.97 kg/cm ²
0.00	0.00	0.000	1.290	1.795	2.450	3.182	3.902	4.629
0.10	0.32	1.121	1.465	2.155	2.831	3.445	4.196	5.076
0.25	0.50	1.140	1.477	2.211	2.887	3.468	4.212	5.088
0.50	0.71	1.148	1.500	2.232	2.897	3.483	4.246	5.107
1.00	1.00	1.161	1.536	2.266	2.923	3.519	4.272	5.142
2.00	1.41	1.172	1.573	2.359	2.960	3.564	4.305	5.191
4.00	2.00	1.187	1.606	2.386	2.992	3.608	4.364	5.239
8.00	2.83	1.200	1.654	2.396	3.024	3.676	4.456	5.305
15.00	3.87	1.214	1.665	2.412	3.082	3.756	4.544	5.315
30.00	5.48	1.223	1.688	2.426	3.147	3.848	4.592	5.320
60.00	7.75	1.236	1.718	2.436	3.162	3.868	4.600	5.322
120.00	10.95	1.242	1.735	2.440	3.172	3.881	4.613	5.325
240.00	15.49	1.259	1.764	2.442	3.176	3.893	4.620	5.341
480.00	21.91	1.273	1.777	2.449	3.180	3.900	4.623	5.345
1440.00	37.95	1.290	1.795	2.450	3.182	3.902	4.629	5.351



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

Proyecto C-02

Ubicación EDIFICIO DE INGENIERIA CIVIL Reg/Prov. : CAJAMARCA
Solicitante LENIN OMAR MEDINA ROJAS Distrito : CHOTA
Exploración 01/02/2025 Lugar : CHOTA
Estrato/Nivel 3.00 m Fecha :13/03/2025

APLICACIÓN DE LA DESCARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		2.49 kg/cm2	1.24 kg/cm2	0.62 kg/cm2	0.31 kg/cm2	0.16 kg/cm2	0.08 kg/cm2	
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.10	0.32	5.300	5.200	5.160	5.080	4.930	4.780	
0.25	0.50	5.300	5.200	5.160	5.070	4.920	4.770	
0.50	0.71	5.290	5.200	5.160	5.060	4.910	4.770	
1.00	1.00	5.290	5.190	5.150	5.060	4.910	4.760	
2.00	1.41	5.290	5.190	5.150	5.050	4.900	4.760	
4.00	2.00	5.280	5.190	5.140	5.050	4.900	4.760	
8.00	2.83	5.280	5.190	5.140	5.040	4.900	4.760	
15.00	3.87	5.280	5.180	5.130	5.040	4.890	4.760	
30.00	5.48	5.280	5.180	5.130	5.030	4.880	4.750	
60.00	7.75	5.270	5.180	5.130	5.030	4.870	4.750	
120.00	10.95	5.270	5.180	5.120	5.020	4.870	4.750	
240.00	15.49	5.270	5.180	5.120	5.010	4.860	4.740	
480.00	21.91	5.270	5.180	5.110	5.010	4.850	4.740	
1440.00	37.95	5.270	5.170	5.100	5.000	4.840	4.740	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

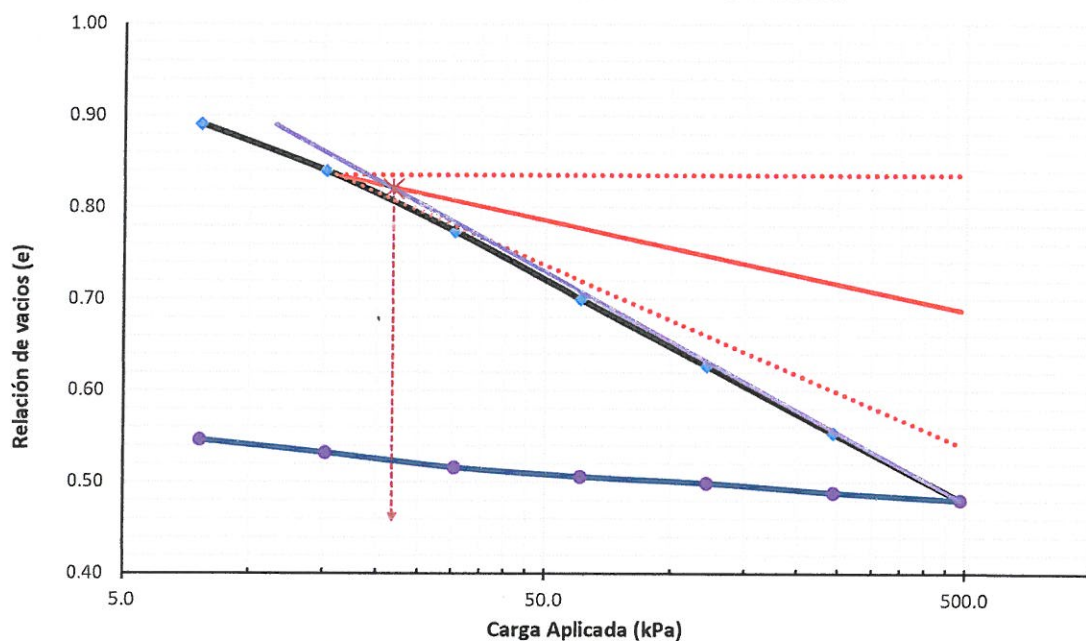
Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL


Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL		CODIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	C-02	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

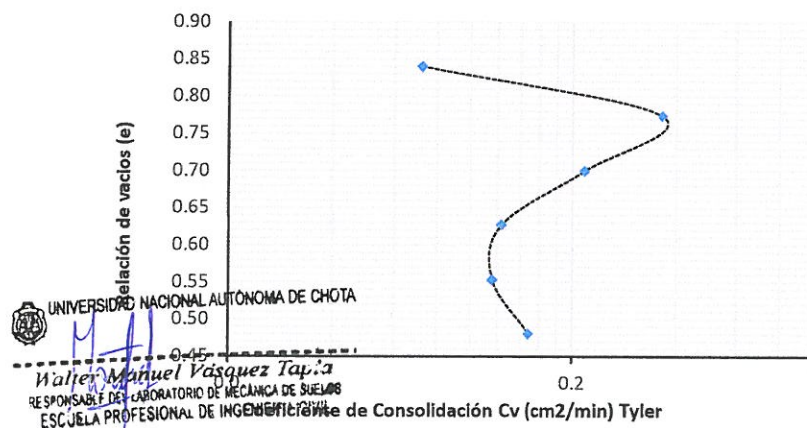
RESULTADOS

CURVA DE CONSOLIDACIÓN DE LABORATORIO



Carga de Preconsolidación σ'_c (Casagrande) = 21.8 kPa = 0.22 kg/cm²

Índice de Compresibilidad Lab C_c = 0.252 Índice Recompr. Lab C_r = 0.036



Edwar Cieza Sánchez
Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

Tiempo (min)	Raíz Tiempo (min)	Deformación (mm) / carga (kg/cm2)							
		0.08	0.16	0.31	0.62	1.24	2.49	4.97	
0.00	0.00	0.000	1.290	1.795	2.450	3.182	3.902	4.629	
0.10	0.32	1.121	1.465	2.155	2.831	3.445	4.196	5.076	
0.25	0.50	1.140	1.477	2.211	2.887	3.468	4.212	5.088	
0.50	0.71	1.148	1.500	2.232	2.897	3.483	4.246	5.107	
1.00	1.00	1.161	1.536	2.266	2.923	3.519	4.272	5.142	
2.00	1.41	1.172	1.573	2.359	2.960	3.564	4.305	5.191	
4.00	2.00	1.187	1.606	2.386	2.992	3.608	4.364	5.239	
8.00	2.83	1.200	1.654	2.396	3.024	3.676	4.456	5.305	
15.00	3.87	1.214	1.665	2.412	3.082	3.756	4.544	5.315	
30.00	5.48	1.223	1.688	2.426	3.147	3.848	4.592	5.320	
60.00	7.75	1.236	1.718	2.436	3.162	3.868	4.600	5.322	
120.00	10.95	1.242	1.735	2.440	3.172	3.881	4.613	5.325	
240.00	15.49	1.259	1.764	2.442	3.176	3.893	4.620	5.341	
480.00	21.91	1.273	1.777	2.449	3.180	3.900	4.623	5.345	
1440.00	37.95	1.290	1.795	2.450	3.182	3.902	4.629	5.351	

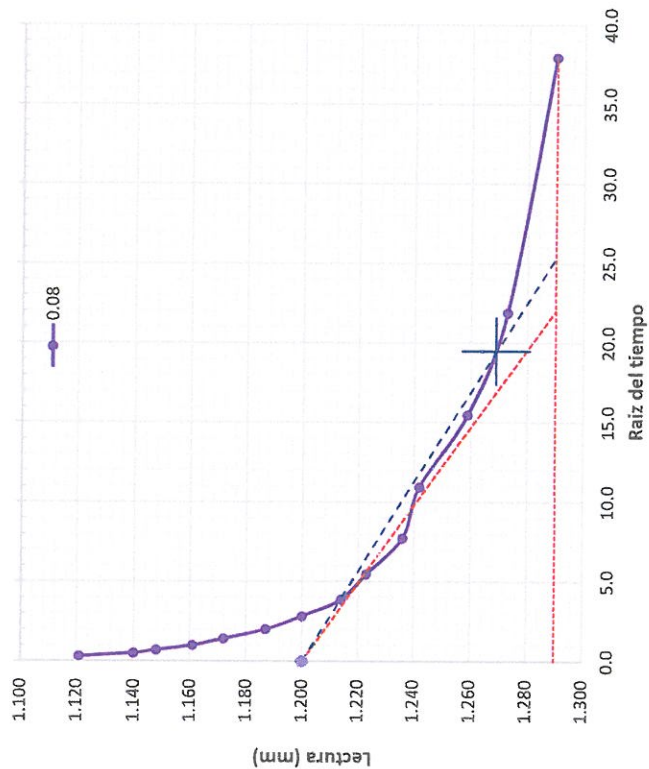
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Izazola

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

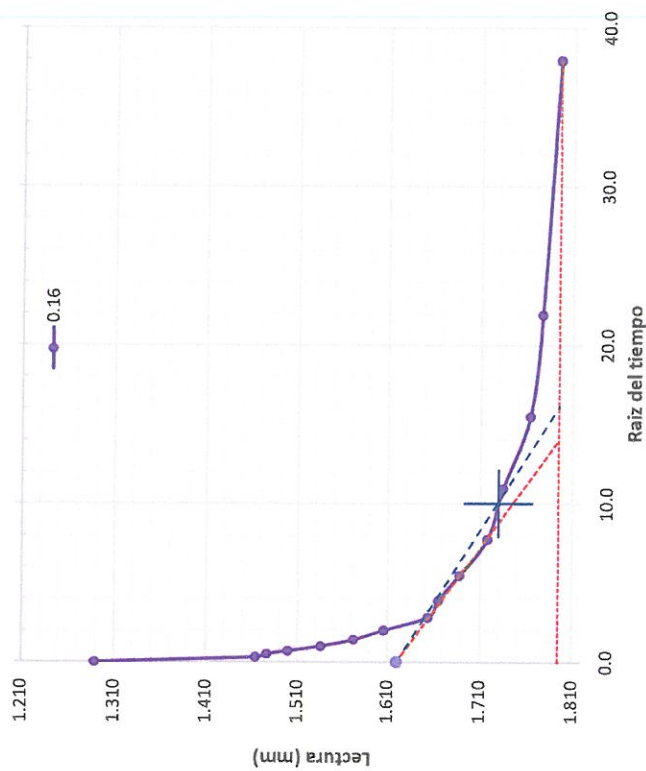
Walter Manuel Vásquez Izazola

INGENIERO CIVIL
CIP N° 188264



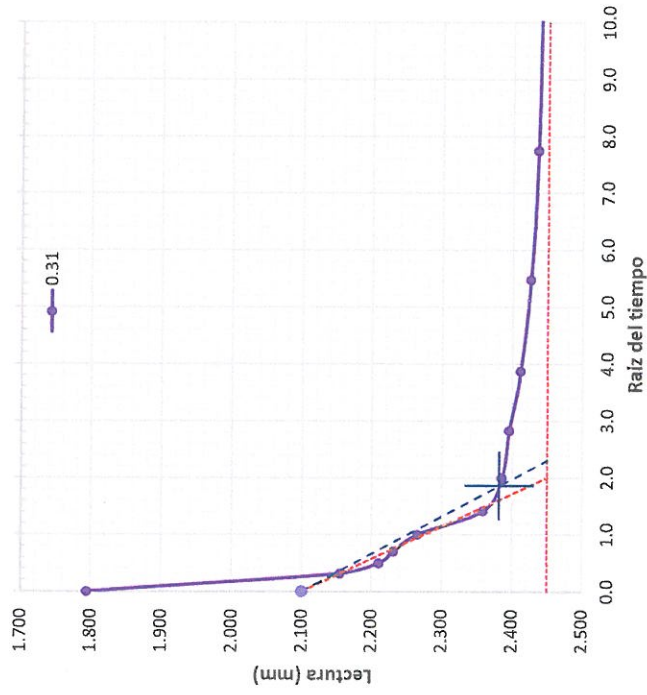
LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	1.2000	0	1.29	0	1.29
22	1.290	37.95	1.290	1.29	1.290
B= 22		C= 25.3			
0	1.20	T90			
25.3	1.290	19.5000	1.2690	Cv = 0.041	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Facultad de Ingeniería Civil
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil
 Edwar Cieza Sánchez
 Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE			LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y		x	y	x	y
0	1.6200		0	1.80	0	1.80
14	1.795		37.95	1.795	1.80	1.795
		3	B= 14		C= 16.1	
0	1.62		T90			
16.1	1.795		10.0000		1.7300	Cv= 0.072

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Facultad de Ingeniería Civil
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil
 Edwar Cieza Sánchez
 Registro CIP N° 185264

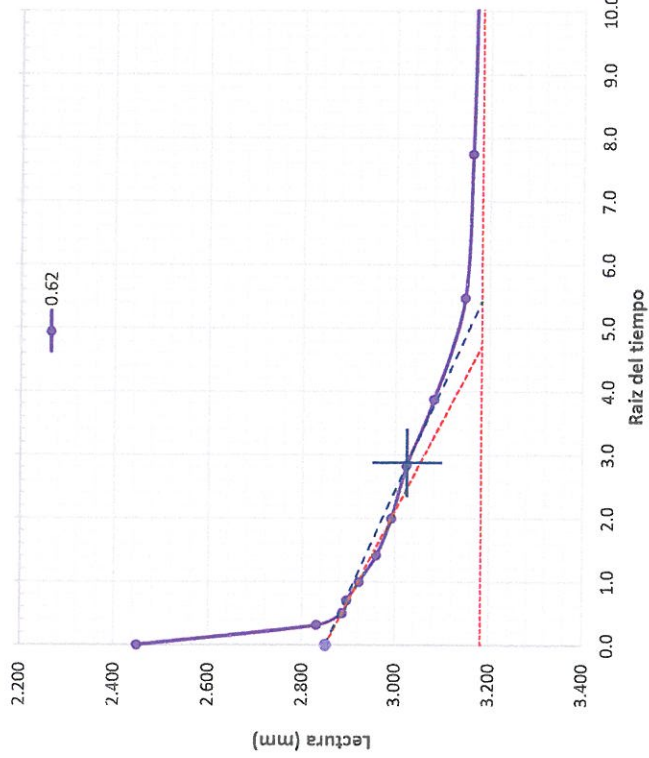


LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	2.1000	0	2.45	0	2.45
2	2.450	37.95	2.450	2.45	2.450
B= 2		C= 2.3			
T90					
0	2.10	1.8600	2.3820	Cv = 0.364	
2.3	2.450				

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

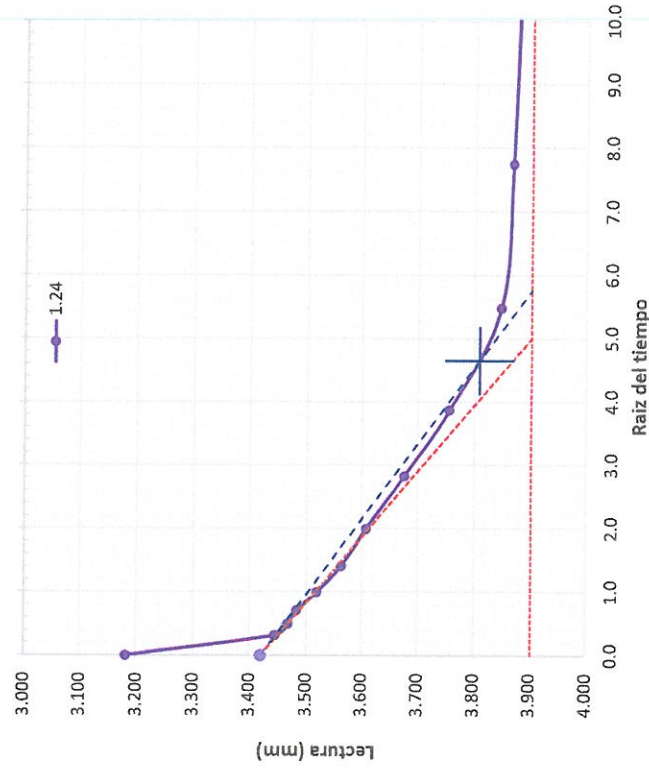
Ing. Ciro Sánchez
Ingeniero Civil
Regist. CIP N° 185284



LINEA TANGENTE			LINEA HORIZONTAL			LINEA HORIZONTAL		
x	y		x	y		x	y	
0	2.8500		0	3.18		0	3.18	
4.7	3.182		37.95	3.182		3.18	3.182	
			B= 4.7			C= 5.405		
			T90					
0	2.85		2.8500	3.0250		Cv = 0.217		
5.405	3.182							

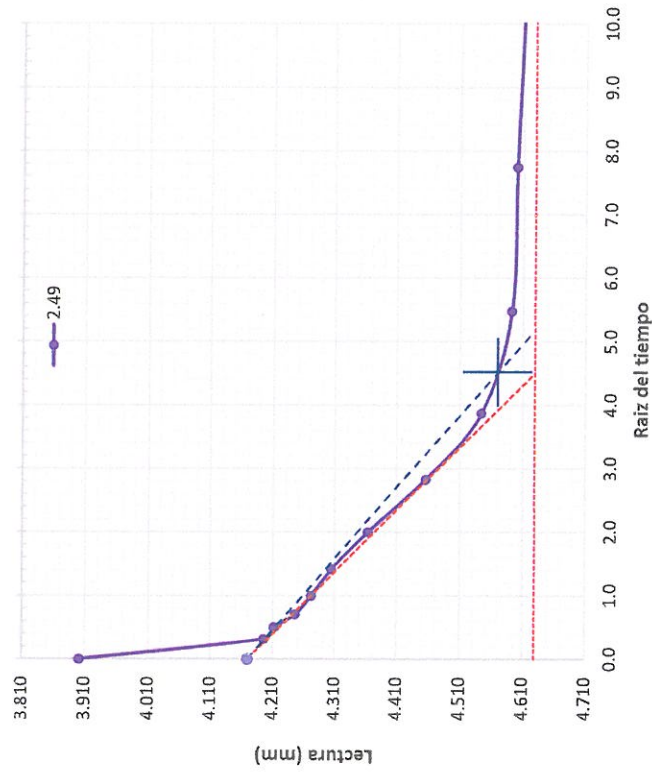
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	3.4200	0	3.90	0	3.90
5	3.902	37.95	3.902	3.90	3.902
B= 5		C= 5.75			
T90					
0	3.42				
5.75	3.902	4.6500	3.8090	Cv = 0.123	

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

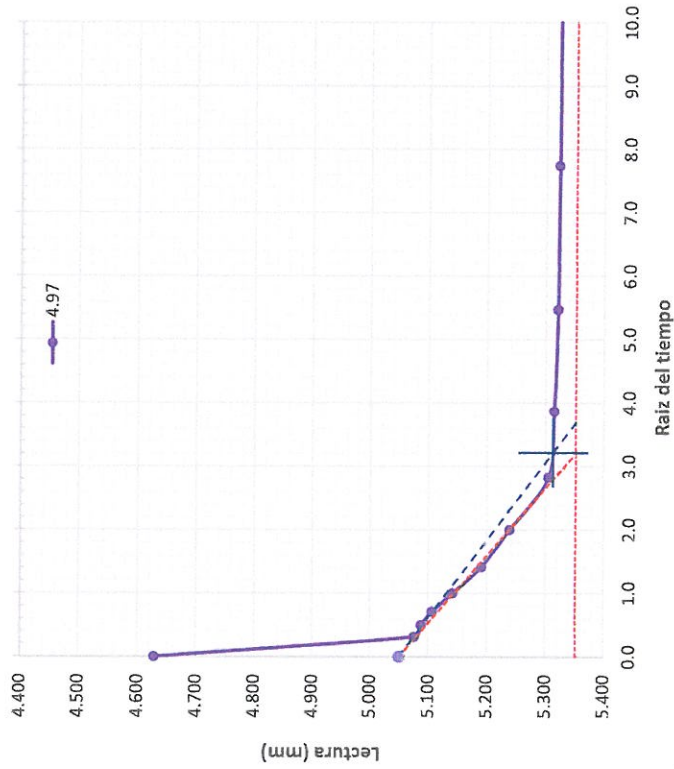


LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	4.1700	0	4.63	0	4.63
4.5	4.629	37.95	4.629	4.63	4.629
B= 4.5		C= 5.175			
0	4.17	T90			
5.175	4.629	4.5200	4.5700	Cv= 0.116	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE			LINEA HORIZONTAL			LINEA HORIZONTAL		
x	y		x	y		x	y	
0	5.0500		0	5.35		0	5.35	
3.2	5.351		37.95	5.351		5.35	5.351	
			B= 3.2			C= 3.68		
0	5.05		T90					
3.68	5.351		3.2200			5.3130		
						Cv= 0.148		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Vasquez Zúñiga
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MEDICIÓN DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

CALICATA C-02 – Bulbo de presiones 2:1 y asentamiento por consolidación

Dato	Valor	Unidad	Fuente/observación
Calicata	C-02		
Pabellón	Ingeniería Civil		
qserv (presión de servicio)	0.830	kg/cm ²	Tomado del informe final (Ingeniería Civil)
γ del terreno	1.730	g/cm ³	Tomado de hoja original
Df	2.910	m	Tomado de hoja original
B	1.500	m	Tomado de hoja original
L	17.700	m	Tomado de hoja original
e0	0.886		CONS_1!H24 del archivo base
Cc	0.250		CONS_4!E39 del archivo base
Cr	0.040		CONS_4!I39 del archivo base
σ'p (preconsolidación)	0.220	kg/cm ²	21.8 kPa convertido a kg/cm ²
Δz por subcapa	0.250	m	
Profundidad máxima analizad	5.000	m bajo la base	
Criterio de zona activa	10.0%	Δσ/σ'v0	
q0 efectiva = qserv - γ·Df	0.327	kg/cm ²	Usa presión neta para asentamiento por consolidación

Notas

1. El bulbo se calcula con el método 2:1 para zapata rectangular: $\Delta\sigma_z = q_0 \cdot B \cdot L / ((B+z)(L+z))$.
2. z se mide desde la base de la cimentación hasta el centro de cada subcapa.
3. $\sigma'v_0$ se calcula con $\gamma \cdot (Df+z)$ y se expresa en kg/cm².
4. La zona activa se identifica cuando $\Delta\sigma_z / \sigma'v_0$ es mayor o igual al criterio definido en B17.
5. El asentamiento se calcula por subcapas y se suma solo en la zona activa.

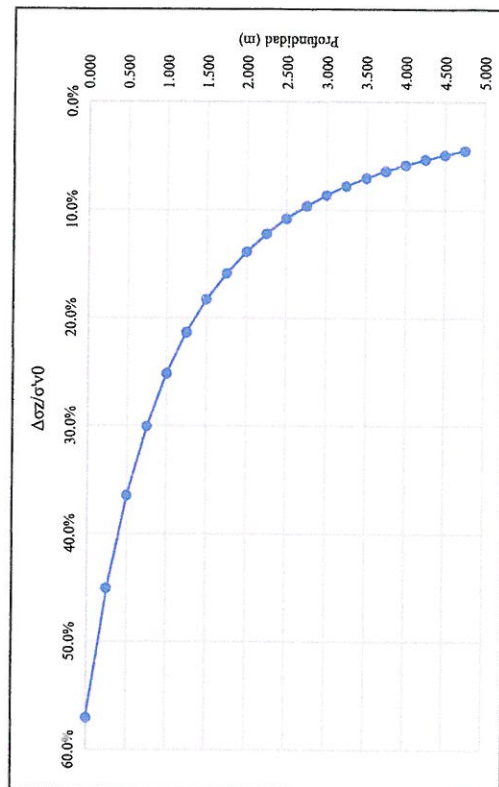

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS


 Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

Bulbo de presiones real – Método 2:1 – Calicata C-02

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma'v0$ (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma'v0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.525	0.299	0.824	57.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.568	0.256	0.824	45.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.612	0.223	0.834	36.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.655	0.197	0.851	30.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.698	0.175	0.874	25.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.741	0.158	0.899	21.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.785	0.144	0.928	18.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.828	0.131	0.959	15.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.871	0.121	0.992	13.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
10	2.250	2.500	2.375	0.914	0.111	1.026	12.2%	ACTIVA	Se considera en Sc
11	2.500	2.750	2.625	0.958	0.103	1.061	10.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
12	2.750	3.000	2.875	1.001	0.096	1.097	9.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
13	3.000	3.250	3.125	1.044	0.090	1.134	8.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	1.087	0.084	1.172	7.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	1.131	0.079	1.210	7.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	1.174	0.075	1.249	6.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	1.217	0.071	1.288	5.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.260	0.067	1.327	5.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.304	0.063	1.367	4.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.347	0.060	1.407	4.5%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Profundidad activa máxima 12.75
Número de subcapas activas 11



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



Ing. Walter Manuel Vázquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Cálculo del asentamiento por consolidación - C-02

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	$\sigma'v0$ (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z$ (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.525	0.299	0.824	NC (Cc)	6.493
2	0.375	0.250	0.568	0.256	0.824	NC (Cc)	5.349
3	0.625	0.250	0.612	0.223	0.834	NC (Cc)	4.468
4	0.875	0.250	0.655	0.197	0.851	NC (Cc)	3.778
5	1.125	0.250	0.698	0.175	0.874	NC (Cc)	3.227
6	1.375	0.250	0.741	0.158	0.899	NC (Cc)	2.782
7	1.625	0.250	0.785	0.144	0.928	NC (Cc)	2.419
8	1.875	0.250	0.828	0.131	0.959	NC (Cc)	2.118
9	2.125	0.250	0.871	0.121	0.992	NC (Cc)	1.867
10	2.375	0.250	0.914	0.111	1.026	NC (Cc)	1.655
11	2.625	0.250	0.958	0.103	1.061	NC (Cc)	1.476
12	2.875	0.000	1.001	0.096	1.097	No activa	0.000
13	3.125	0.000	1.044	0.090	1.134	No activa	0.000
14	3.375	0.000	1.087	0.084	1.172	No activa	0.000
15	3.625	0.000	1.131	0.079	1.210	No activa	0.000
16	3.875	0.000	1.174	0.075	1.249	No activa	0.000
17	4.125	0.000	1.217	0.071	1.288	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.260	0.067	1.327	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.304	0.063	1.367	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.347	0.060	1.407	No activa	0.000

Profundidad activa calculada	2.750
q0 efectiva utilizada (kg/cm ²)	0.327
Asentamiento por consolidac	35.633
Asentamiento por consolidac	3.563
Conclusión	Cumple rango de 25-38 mm

Criterios y notas

El cálculo del asentamiento se realiza por subcapas activas, sin fijar previamente un espesor H único.

Si $\sigma'p \leq \sigma'v0$, se aplica compresión virgen con Cc.

Si $\sigma'p \geq \sigma'vf$, se aplica recompresión con Cr.

Si $\sigma'v0 < \sigma'p < \sigma'vf$, se aplica formulación mixta Cr + Cc.

Este archivo está preparado para cambiar únicamente los datos de entrada si se corrige o actualiza información de C-02.



Ing. Walter Manuel Vasquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



ASENTAMIENTO ELÁSTICO CALCULADO POR LA TEORÍA DE BOUSSINESQ (SCHLEICHER, 1926)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

TESIS:

"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

TESISTA:

LENIN OMAR MEDINA ROJAS

UBICACIÓN:

EDIFICIO DE INGENIERÍA CIVIL, CAMPUS UNIVERSITARIO

CALICATA:

C2

Cálculo de asentamientos. Losa. Schleicher (1926)

C2

Carga neta (q):

0.83 kg/cm ²	0.83 kg/cm ²
140.65 kg/cm ²	140.65 kg/cm ²
0.40	0.40

Módulo de Young (E):

1.50 m

Coefficiente de Poisson (v):

17.70 m

Módulo deformación edométrico (Eed):

Ancho cimentación (b):

Largo cimentación (l):

m:

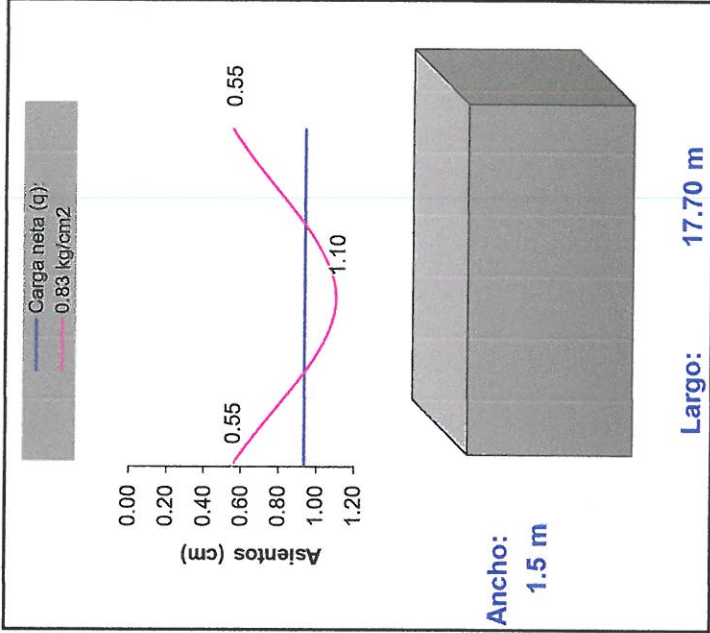
Ip:

Factor de seguridad:

1.20	1.20
------	------

Asientos carga flexible		Asientos carga rígida	
Esquina (cm)	Centro (cm)	Valor medio (cm)	carga rígida (cm)
0.55	1.10	0.94	0.87

Coeficiente de balasto K (kg/cm ³)	
0.887	0.954



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



Ing. Walter Manuel Vázquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-03

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761778.69 N: 9276422.02

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.127

ENSAYO N°	1	—
N° DE TARA	T-110	—
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	1235	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	1116	
MASA DE LA TARA (g)	235	
MASA DEL AGUA (g)	119	
MASA DEL SUELO SECO (g)	881	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14	
HUMEDAD NATURAL (%)	14	—



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez P. Jr.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
INGENIERO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-03

CODIGO DE MUESTRA : M-01

PROF. (m). : 3.00 m.

MATERIAL : SUELO NATURAL

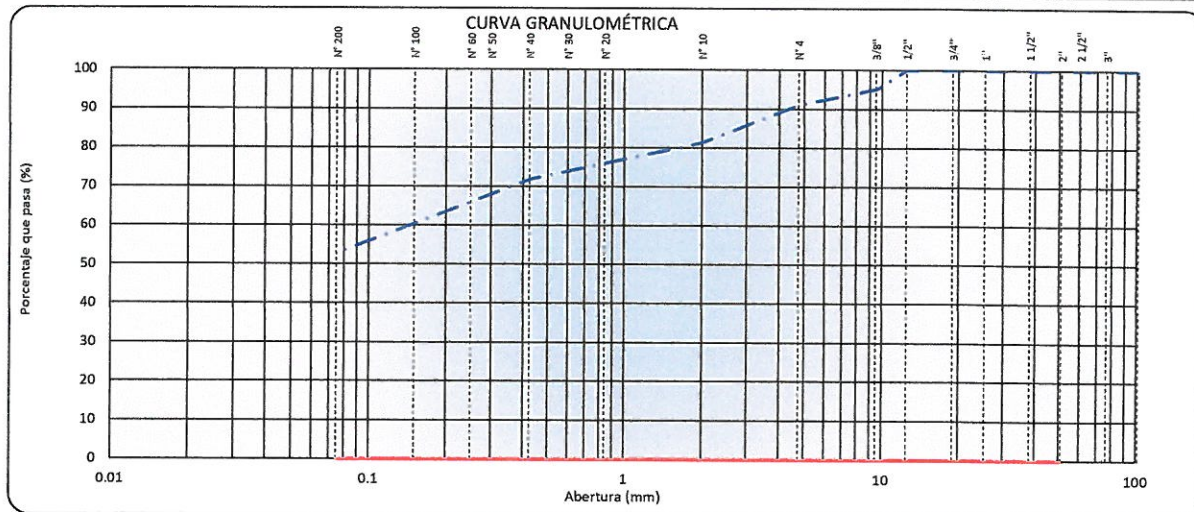
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761778.69 N: 9276422.02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO

NTP 339.128

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600					Masa de la Muestra Masa Total de la Muestra (g) : 250.00 Material Fino < N°4 (g) : 227 Material Grueso > N°4 (g) : 23 Fracción Material < N°4 (g) : 250.00
3"	76.200					
2 1/2"	60.350					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					Límites de Consistencia Límite Líquido : 36 Límite Plástico : 23 Índice Plástico : 13
3/4"	19.000					
1/2"	12.500				100.00	
3/8"	9.525	12.20	4.88	4.88	95.12	Clasificación de Suelo Clasificación SUCS : CL Clasificación AASHTO : A-6 (5) Contenido de Humedad Natural (%) : 13.51 Máxima dens. Seca (g/cm³) : Óptimo Cont. Humedad (%) : CBR 0.1" al 95% MDS (%) : CBR 0.1" al 100% MDS (%) :
N°4	4.760	10.32	4.13	9.01	90.99	
N°8	2.380	7.30	2.92	11.93	88.07	
N°10	2.000	17.08	6.83	18.76	81.24	
N°20	0.840	13.68	5.47	24.23	75.77	
N°40	0.425	10.02	4.01	28.24	71.76	
N°60	0.250	23.52	9.41	37.65	62.35	
N°100	0.150	16.52	6.61	44.26	55.74	
N°140	0.106	3.97	1.59	45.84	54.16	
N°200	0.075	3.61	1.44	47.29	52.71	
< N°200	FONDO	131.8	52.71	100.0		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Vasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
INGENIERO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-03

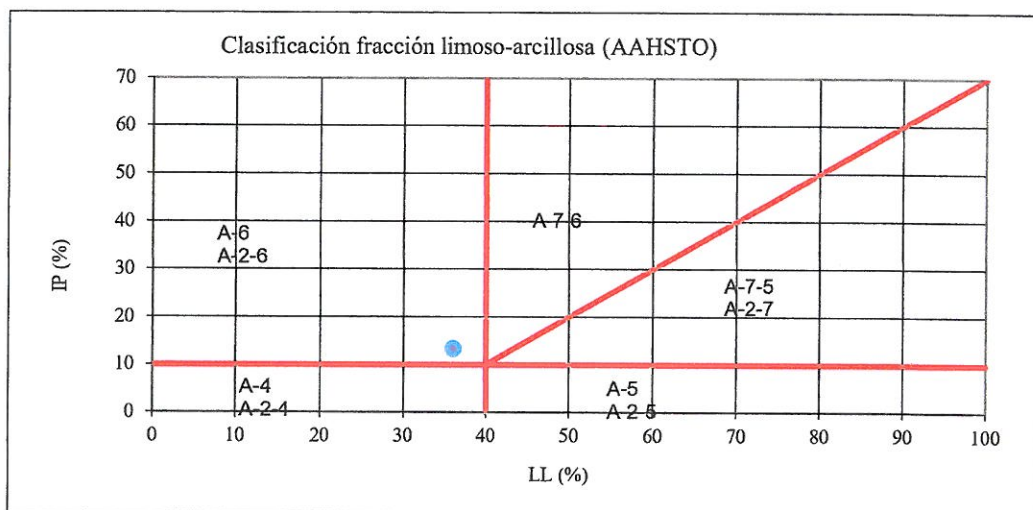
CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

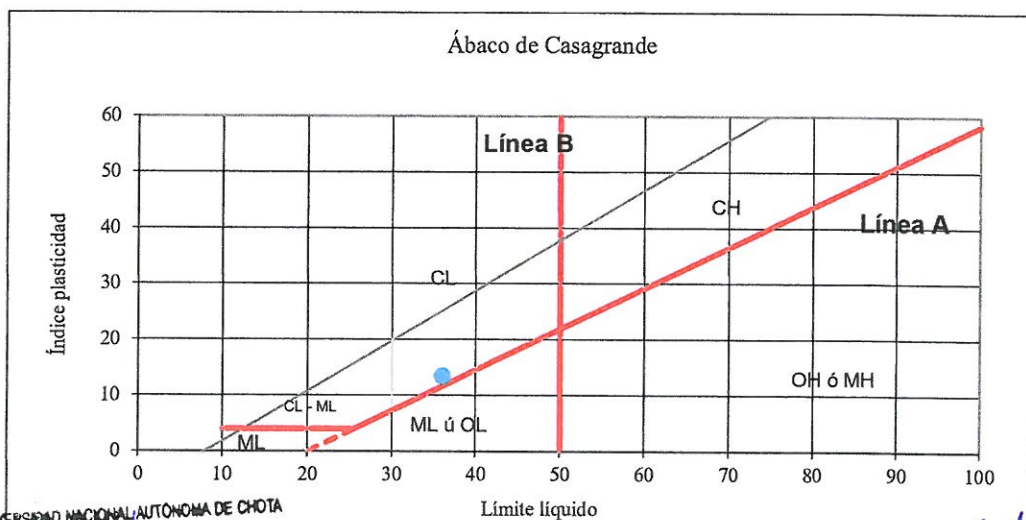
FECHA : 10/02/2025

COORDENADAS : E: 761778.69 N: 9276422.02



Clasificación AASHTO

A-6 Suelo arcilloso



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Edwar Cieza Sánchez
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
INGENIERO A PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-03

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761778.69 N: 9276422.02

LÍMITES DE ATTERBERG

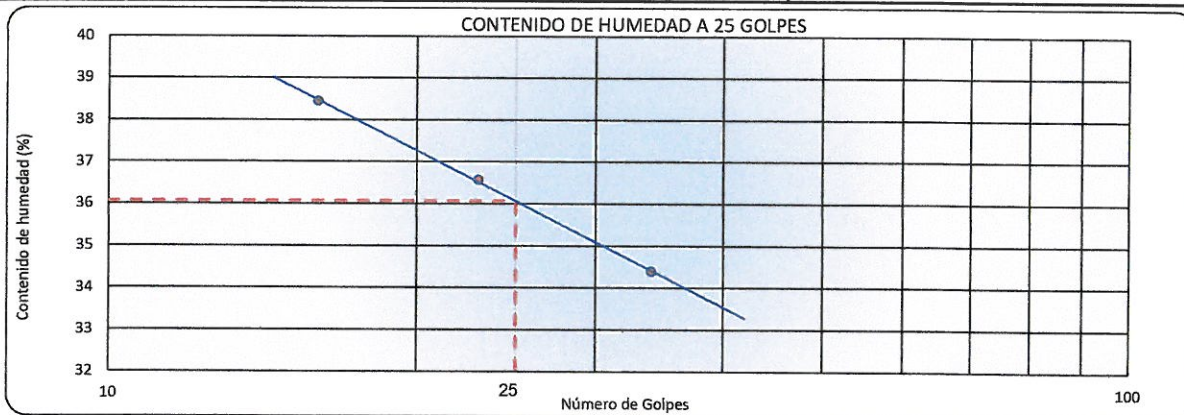
NTP 339.129

LÍMITE LÍQUIDO

N° DE TARA		T-09	T-10	T-11
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		41.25	41.86	68.34
MASA TARA + SUELO SECO (g)		34.25	34.36	60.32
MASA DEL AGUA (g)		7.00	7.50	8.02
MASA DE LA TARA (g)		13.90	13.85	39.46
MASA DEL SUELO SECO (g)		20.35	20.51	20.86
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		34.40	36.57	38.45
NÚMERO DE GOLPES		34	23	16

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE TARA		T-12	T-13
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		47.68	46.98
MASA TARA + SUELO SECO (g)		46.00	45.00
MASA DE LA TARA (g)		38.54	36.26
MASA DEL AGUA (g)		1.68	1.98
MASA DEL SUELO SECO (g)		7.46	8.74
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		22.52	22.63



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	36
LÍMITE PLÁSTICO	23
INDICE DE PLASTICIDAD	13

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

L.: Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-03
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761778.69 N: 9276422.02

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3090 / D3090 - 11

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.51	23.52	23.52
Diámetro (mm)	60.72	60.72	60.72
Area Inicial (cm ²)	28.96	28.96	28.96
Volumen de la muestra (cm ³)	68.08	68.11	68.11
DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Masa húmeda de la muestra + Masa del anillo (g)	203.02	203.13	203.13
Masa del anillo (g)	83.94	83.94	83.94
Masa de la muestra húmeda (g)	119.14	119.19	119.19
Masa de la muestra seca (g)	94.00	94.25	94.36
Contenido de humedad (%)	26.74	26.46	26.31
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.750	1.750	1.750
Densidad seca (g/cm ³)	1.381	1.384	1.385

	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
Altura Inicial:	23.5	mm	23.5	mm	23.5	mm
Diámetro de muestra:	60.7	mm	60.7	mm	60.7	mm
Area Inicial:	29.0	cm ²	29.0	cm ²	29.0	cm ²
Densidad Seca:	1.381	g/cm ³	1.384	g/cm ³	1.385	g/cm ³
Humedad:	26.7	%	26.5	%	26.3	%
Masa Normal:	1.480	g	2.989	g	5.990	g
Esfuerzo Normal:	0.51	g/cm ²	1.03	g/cm ²	2.07	g/cm ²
Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
0.00		9.00		9.00		9.00
0.25		0.45		1.88		4.30
0.50		1.25		3.26		8.85
0.75		2.00		4.64		8.54
1.00		2.76		5.45		10.05
1.50		4.29		7.25		12.05
2.00		5.58		8.98		13.98
2.50		7.15		10.25		15.21
3.00		8.52		11.16		16.25
3.50		9.02		12.13		17.35
4.00		9.95		12.58		18.25
4.50		9.12		13.00		18.86
5.00		9.28		13.35		18.98
5.50		9.38		13.41		19.25
6.00		9.42		13.48		19.25
6.50		9.58		13.48		19.43
7.00		9.63		13.48		19.45
7.50		9.72		13.53		19.42
8.00		9.83		13.53		19.53
8.50		9.95		13.53		19.45
9.00		9.99		13.53		19.58
9.50		10.00		13.55		19.65
10.00		10.02		13.58		19.85



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tujillo
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Testista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-03
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761778.69 N: 9276422.02

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE

0.5 mm/min

ESPECIMEN 1

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.381 g/cm³
Humedad Inic: 26.7 %
Esf. Normal : 0.51 g/cm²
Esf. Corte: 0.35 g/cm²

ESPECIMEN 2

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.381 g/cm³
Humedad Inic: 26.7 %
Esf. Normal : 1.03 g/cm²
Esf. Corte: 0.47 g/cm²

ESPECIMEN 3

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.385 g/cm³
Humedad Inic: 26.3 %
Esf. Normal : 2.07 g/cm²
Esf. Corte: 0.69 g/cm²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.02	0.04
0.82	0.04	0.11
1.24	0.07	0.17
1.65	0.10	0.24
2.47	0.15	0.36
3.29	0.19	0.46
4.12	0.25	0.69
4.94	0.29	0.70
5.76	0.31	0.73
6.59	0.31	0.73
7.41	0.31	0.73
8.23	0.32	0.73
9.06	0.32	0.73
9.88	0.33	0.73
10.70	0.33	0.74
11.53	0.33	0.73
12.35	0.34	0.73
13.18	0.34	0.73
14.00	0.34	0.74
14.82	0.34	0.73
15.65	0.35	0.73
16.47	0.35	0.72

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.06	0.08
0.82	0.11	0.14
1.24	0.16	0.19
1.65	0.19	0.23
2.47	0.25	0.30
3.29	0.31	0.37
4.12	0.35	0.42
4.94	0.39	0.45
5.76	0.42	0.49
6.59	0.43	0.50
7.41	0.45	0.51
8.23	0.46	0.52
9.06	0.46	0.52
9.88	0.47	0.52
10.70	0.47	0.51
11.53	0.47	0.51
12.35	0.47	0.51
13.18	0.47	0.50
14.00	0.47	0.50
14.82	0.47	0.49
15.65	0.47	0.49
16.47	0.47	0.48

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.15	0.09
0.82	0.23	0.14
1.24	0.29	0.18
1.65	0.35	0.21
2.47	0.42	0.25
3.29	0.48	0.29
4.12	0.53	0.31
4.94	0.56	0.33
5.76	0.60	0.35
6.59	0.63	0.36
7.41	0.65	0.37
8.23	0.65	0.37
9.06	0.66	0.37
9.88	0.66	0.37
10.70	0.67	0.37
11.53	0.67	0.37
12.35	0.67	0.36
13.18	0.67	0.36
14.00	0.67	0.36
14.82	0.68	0.35
15.65	0.68	0.35
16.47	0.69	0.35



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Dr. Manuel Vázquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesista

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-03

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

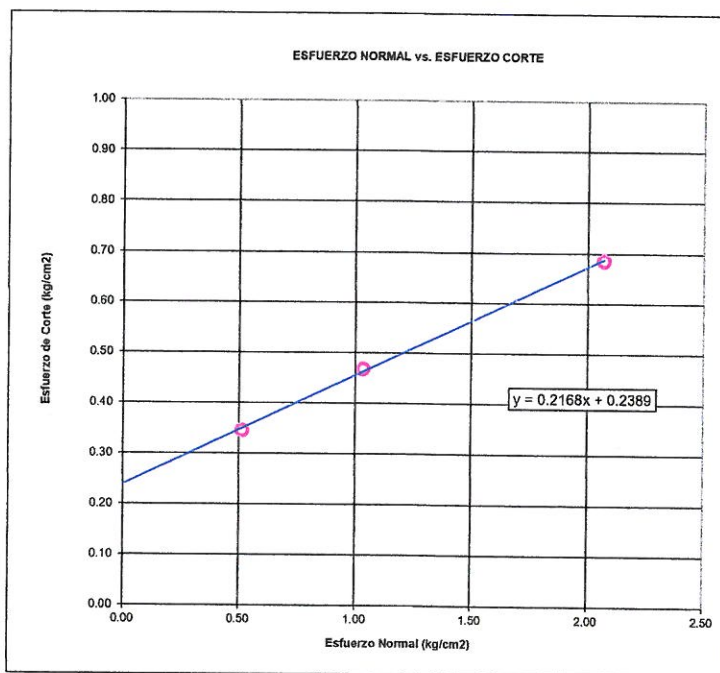
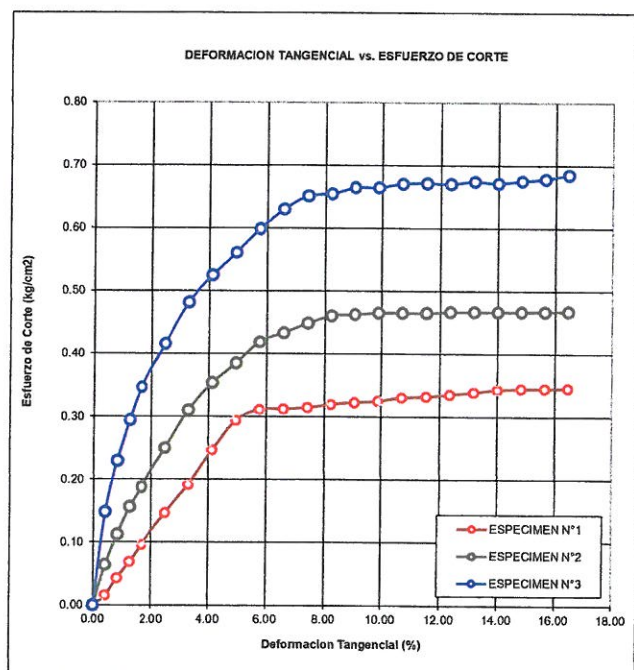
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761778.69 N: 9276422.02

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:

Cohesión @ : 0.24 kg/cm²

Angulo de fricción (φ) : 12.2°

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vázquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-03
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761778.69 N: 9276422.02

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

Densidad Húmeda g/cm³ = 1.75
Cohesion del Suelo ,g/cm² = 0.24
Angulo de Friccion, ϕ , ° = 12.23
Profundidad de Cimentacion, Df = 1.50 m
Ancho de Cimentacion, B, m = 3.25 m

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga

Factor de Seguridad = 3

	General	Local
Nc =	10.91	8.71
Nq =	3.37	2.26
Ng =	1.46	0.77

Capacidad de Carga

Falla Local (g/cm²)

	q_u	q_{adm}
Cimentacion corrida	2.20	0.73
Cimentacion Cuadrada	2.57	0.86



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL		CODIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	C-03	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLAS
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

DATOS

SUCS : CL
Estado : Inalterado
Profundidad muestra: 3 m
AASHTO :
Gs = 2.70

Datos del espécimen		Inicial	Final
Densidad húmeda inic:	1.73	Diámetro (mm) :	64.00
Densidad seca inicial :	1.46	Altura (mm):	49.87
Presión de hinchamiento :		Humedad (%):	20.0
	0.000 kg/cm2	Saturación (%):	18.8
			57.58
			99.4

ETAPA DE LA CARGA

Carga (kPa)	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)	Coefic. de Consolid. (cm2/min) Tyler
0.00 kg/cm2	0.000	0.000	20.000	20.000	10.000	1.336	1.021	0.000	-.-
0.08 kg/cm2	-2.423	2.423	17.577	18.789	9.394	1.520	0.776	12.115	0.034
0.16 kg/cm2	-2.809	2.809	17.191	17.384	8.692	1.554	0.737	14.045	0.064
0.31 kg/cm2	-3.291	3.291	16.709	16.950	8.475	1.599	0.689	16.455	0.122
0.62 kg/cm2	-3.825	3.825	16.175	16.442	8.221	1.652	0.635	19.125	0.176
1.24 kg/cm2	-4.417	4.417	15.583	15.879	7.940	1.714	0.575	22.085	0.535
2.49 kg/cm2	-5.184	5.184	14.816	15.200	7.600	1.803	0.497	25.920	0.490
4.97 kg/cm2	-6.090	6.090	13.910	14.363	7.182	1.921	0.406	30.450	0.625

ETAPA DE LA DESCARGA

Carga	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)
4.97 kg/cm2	6.090	6.090	13.910	13.910	6.955	1.921	0.406	30.450
2.49 kg/cm2	6.090	6.090	13.910	13.910	6.955	1.921	0.406	30.450
1.24 kg/cm2	6.050	6.050	13.950	13.930	6.965	1.915	0.410	30.250
0.62 kg/cm2	6.010	6.010	13.990	13.970	6.985	1.910	0.414	30.050
0.31 kg/cm2	5.980	5.980	14.020	14.005	7.003	1.906	0.417	29.900
0.16 kg/cm2	5.940	5.940	14.060	14.040	7.020	1.900	0.421	29.700
0.08 kg/cm2	5.870	5.870	14.130	14.095	7.048	1.891	0.428	29.350



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Pasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

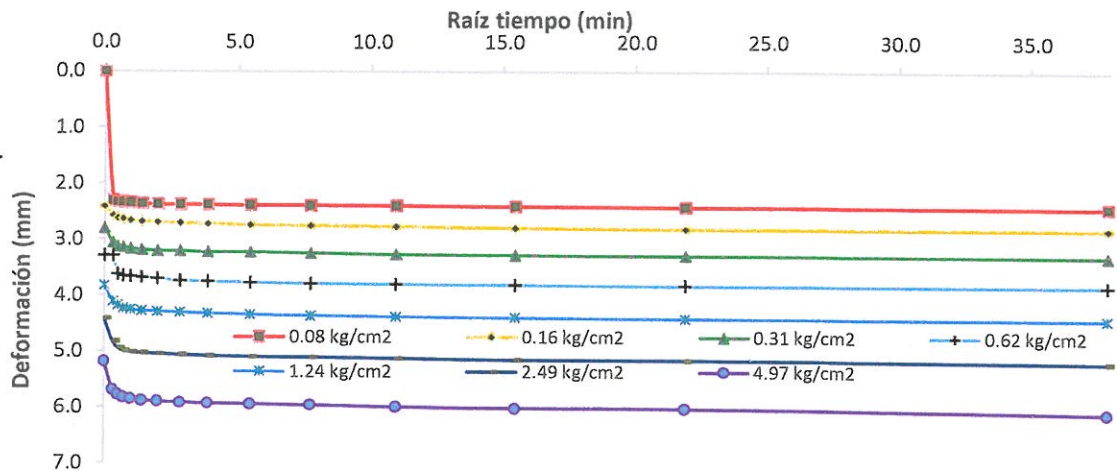
Proyecto C-03

Ubicación PABELLON DE ENFERMERIA
Solicitante LENIN OMAR MEDINA ROJAS
Exploración 01/02/2025
Estrato/Nivel 3m

Reg/Prov. : CAJAMARCA
Distrito : CHOTA
Lugar : CHOTA
Fecha 13/03/2025

APLICACIÓN DE LA CARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		0.08 kg/cm2	0.16 kg/cm2	0.31 kg/cm2	0.62 kg/cm2	1.24 kg/cm2	2.49 kg/cm2	4.97 kg/cm2
0.00	0.00	0.000	2.423	2.809	3.291	3.825	4.417	5.184
0.10	0.32	2.311	2.580	3.064	3.293	4.112	4.821	5.688
0.25	0.50	2.336	2.627	3.129	3.626	4.178	4.943	5.772
0.50	0.71	2.341	2.637	3.141	3.656	4.236	4.990	5.820
1.00	1.00	2.353	2.662	3.164	3.666	4.258	5.017	5.847
2.00	1.41	2.364	2.681	3.190	3.681	4.278	5.031	5.881
4.00	2.00	2.374	2.692	3.202	3.705	4.289	5.046	5.895
8.00	2.83	2.380	2.708	3.207	3.736	4.305	5.060	5.912
15.00	3.87	2.382	2.722	3.227	3.750	4.322	5.080	5.926
30.00	5.48	2.386	2.738	3.227	3.769	4.340	5.094	5.939
60.00	7.75	2.392	2.754	3.242	3.785	4.363	5.102	5.954
120.00	10.95	2.394	2.767	3.266	3.798	4.378	5.123	5.984
240.00	15.49	2.406	2.792	3.277	3.811	4.393	5.146	6.010
480.00	21.91	2.414	2.803	3.283	3.822	4.409	5.151	6.011
1440.00	37.95	2.423	2.809	3.291	3.825	4.417	5.184	6.090



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

Proyecto C-03

Ubicación	PABELLON DE ENFERMERIA	Reg/Prov. :	CAJAMARCA
Solicitante	LENIN OMAR MEDINA ROJAS	Distrito :	CHOTA
Exploración	01/02/2025	Lugar :	CHOTA
Estrato/Nivel	3.00 m	Fecha :	13/03/2025

APLICACIÓN DE LA DESCARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		2.49 kg/cm2	1.24 kg/cm2	0.62 kg/cm2	0.31 kg/cm2	0.16 kg/cm2	0.08 kg/cm2	
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.10	0.32	6.120	6.080	6.040	6.010	5.970	5.920	
0.25	0.50	6.120	6.080	6.040	6.010	5.970	5.910	
0.50	0.71	6.110	6.080	6.040	6.010	5.970	5.910	
1.00	1.00	6.110	6.070	6.030	6.000	5.960	5.910	
2.00	1.41	6.110	6.070	6.030	6.000	5.960	5.910	
4.00	2.00	6.110	6.070	6.030	6.000	5.960	5.900	
8.00	2.83	6.100	6.060	6.020	6.000	5.950	5.900	
15.00	3.87	6.100	6.060	6.020	6.000	5.950	5.900	
30.00	5.48	6.100	6.060	6.020	5.990	5.950	5.900	
60.00	7.75	6.100	6.050	6.020	5.990	5.950	5.900	
120.00	10.95	6.090	6.050	6.010	5.990	5.950	5.900	
240.00	15.49	6.090	6.050	6.010	5.990	5.940	5.890	
480.00	21.91	6.090	6.050	6.010	5.980	5.940	5.890	
1440.00	37.95	6.090	6.050	6.010	5.980	5.940	5.890	

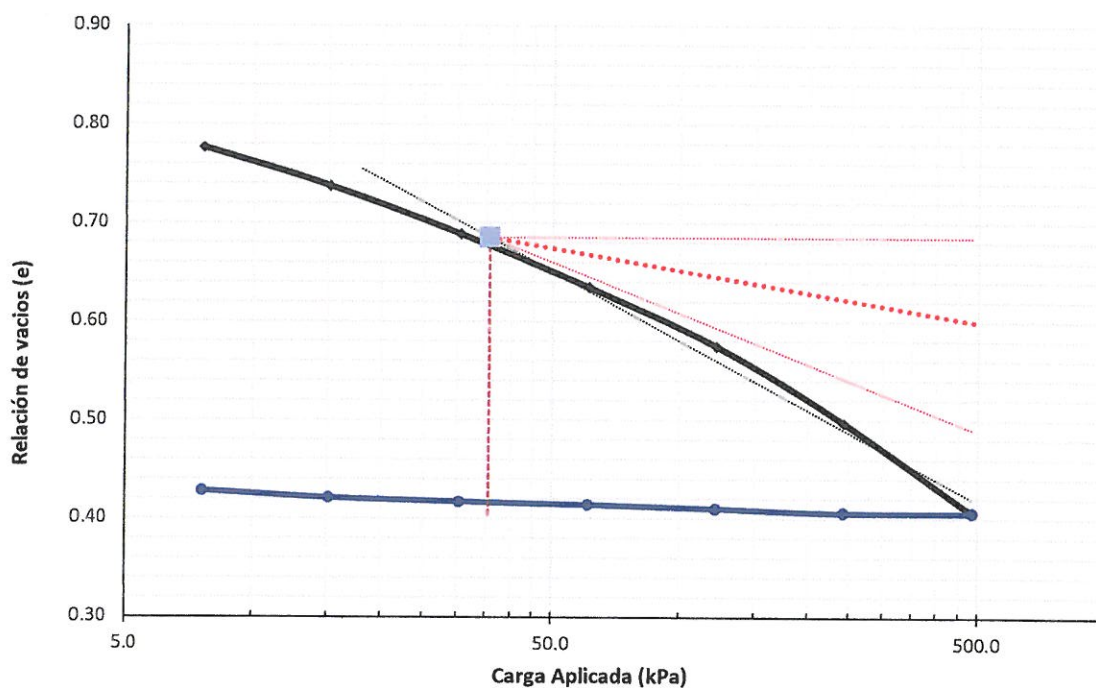

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Walter Manuel Vásquez Tapia
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL


Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL			CODIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANALISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACION Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	C-03	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025.		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025.		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

RESULTADOS

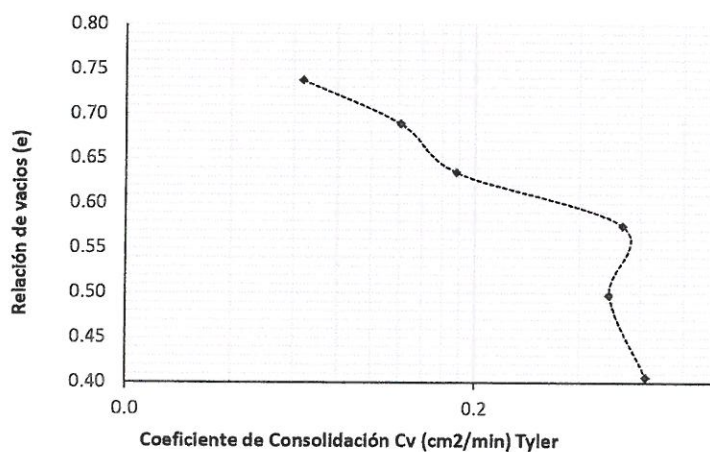
CURVA DE CONSOLIDACIÓN DE LABORATORIO



Carga de Preconsolidación σ'_c (Casagrande) = 35.6 kPa = 0.36 kg/cm²

Índice de Compresibilidad Lab C_c = 0.310

Índice Recomprens. Lab C_r = 0.012



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

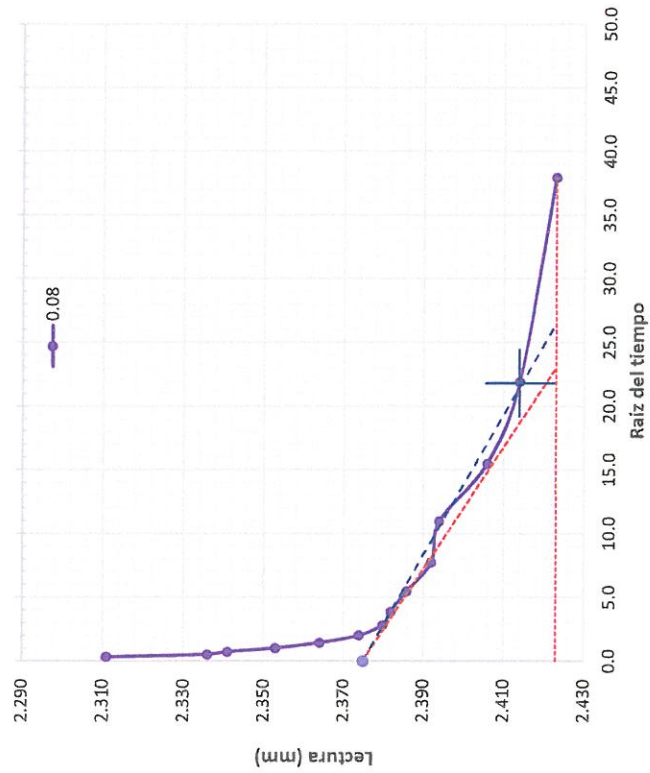
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Tiempo (min)	Raíz Tiempo (min)	Deformación (mm) / carga (kg/cm ²)						
		0.08	0.16	0.31	0.62	1.24	2.49	4.97
0.00	0.00	0.000	2.423	2.809	3.291	3.825	4.417	5.184
0.10	0.32	2.311	2.580	3.064	3.293	4.112	4.821	5.688
0.25	0.50	2.336	2.627	3.129	3.626	4.178	4.943	5.772
0.50	0.71	2.341	2.637	3.141	3.656	4.236	4.990	5.820
1.00	1.00	2.353	2.662	3.164	3.666	4.258	5.017	5.847
2.00	1.41	2.364	2.681	3.190	3.681	4.278	5.031	5.881
4.00	2.00	2.374	2.692	3.202	3.705	4.289	5.046	5.895
8.00	2.83	2.380	2.708	3.207	3.736	4.305	5.060	5.912
15.00	3.87	2.382	2.722	3.227	3.750	4.322	5.080	5.926
30.00	5.48	2.386	2.738	3.227	3.769	4.340	5.094	5.939
60.00	7.75	2.392	2.754	3.242	3.785	4.363	5.102	5.954
120.00	10.95	2.394	2.767	3.266	3.798	4.378	5.123	5.984
240.00	15.49	2.406	2.792	3.277	3.811	4.393	5.146	6.010
480.00	21.91	2.414	2.803	3.283	3.822	4.409	5.151	6.011
1440.00	37.95	2.423	2.809	3.291	3.825	4.417	5.184	6.090

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

 M. Sc. Manuel Vázquez Tapia
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

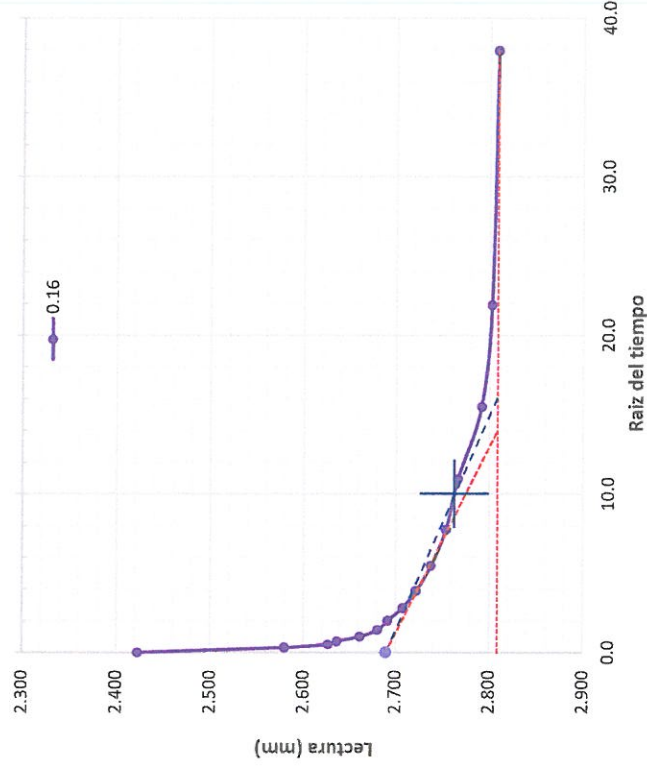
.....
 Edwar Cioza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	2.3750	0	2.42	0	2.42
23	2.423	37.95	2.423	2.42	2.423
B= 23		C= 26.45		Cv = 0.034	
26.45	2.423	21.8000	2.4140		
T90					

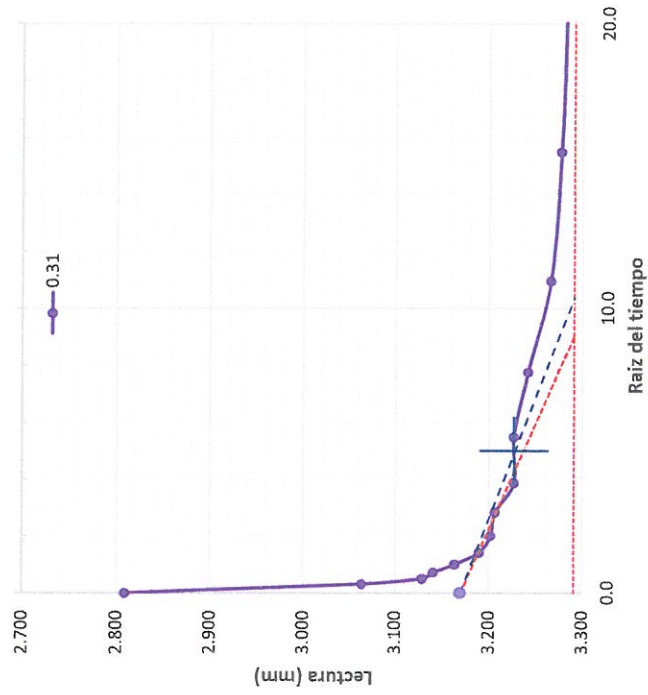
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Jhony Manuel Vasquez Tapia
50054001 DEL REGISTRO DE INGENIEROS DE SEIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	2.6900	0	2.81	0	2.81
14	2.809	37.95	2.809	2.81	2.809
B= 14		C= 16.1		Cv = 0.064	
16.1	2.809	10.0000	2.7630		
T90					

Ing. Edwin Ciroza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

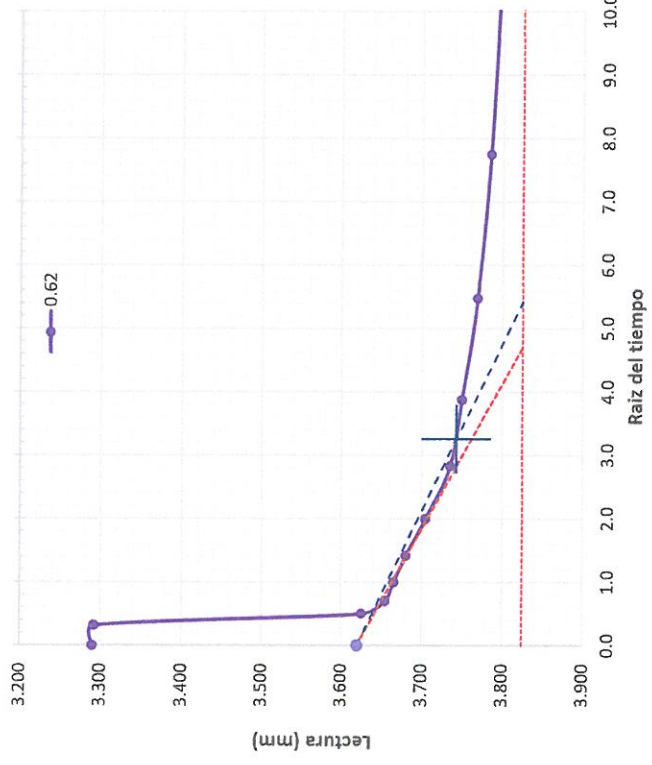


LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	3.1700	0	3.29	0	3.29
9	3.291	37.95	3.291	3.29	3.291
B= 9		C= 10.35			
0	3.17	T90			
10.35	3.291	4.9900	3.2270	Cv = 0.122	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Responsable del Laboratorio de Mecánica de Sólidos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Edwar Choza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



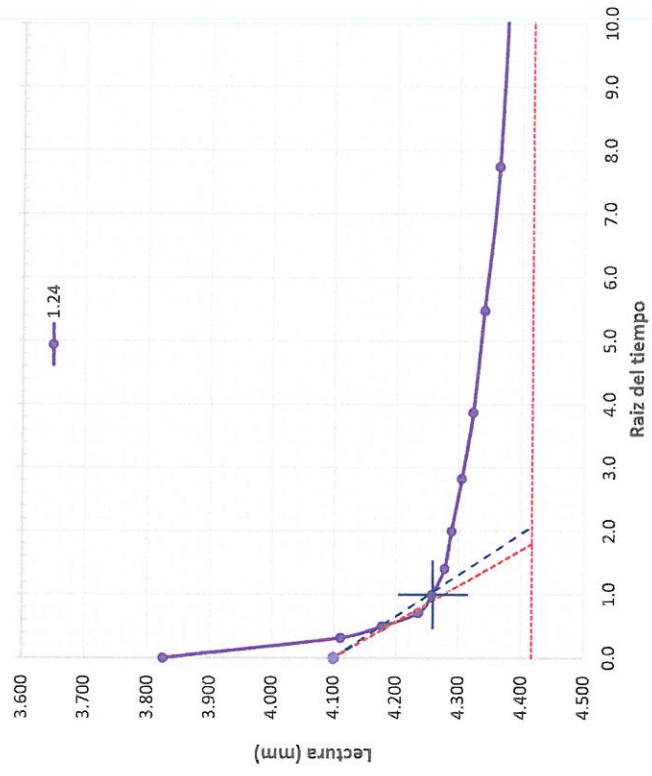
LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	3.6200	0	3.83	0	3.83
4.7	3.825	37.95	3.825	3.83	3.825
B= 4.7		C= 5.405		Cv = 0.176	
0	3.62	3.2500	3.7430	T90	
5.405	3.825				

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vasquez Tiquiza

RESOLUCIÓN DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

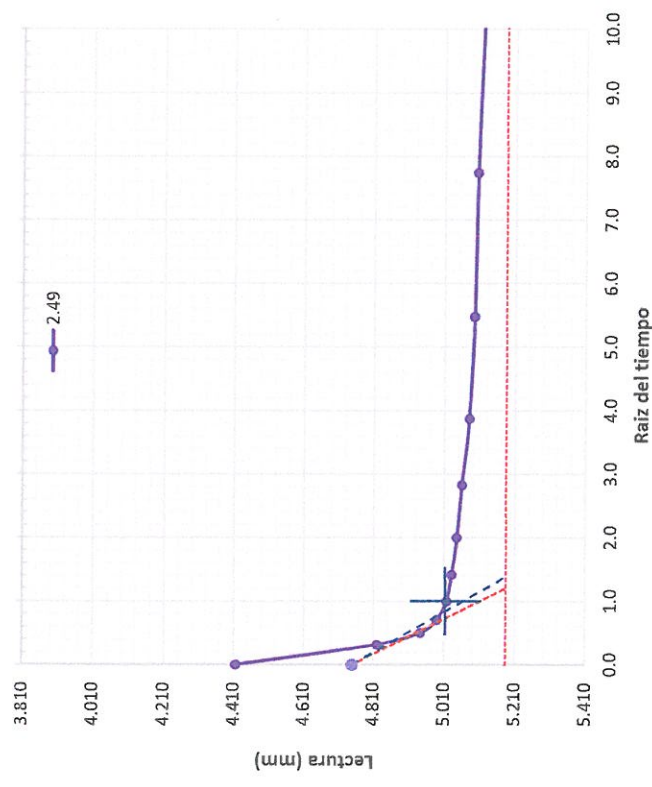


LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	4.1000	0	4.42	0	4.42
1.8	4.417	37.95	4.417	4.42	4.417
B= 1.8		C= 2.07		Cv = 0.535	
0	4.10	1.0000	4.2600	T90	
2.07	4.417				

Edwar Cioza Sanchez

INGENIERO CIVIL

Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	4.7500	0	5.18	0	5.18
1.2	5.184	37.95	5.184	5.18	5.184
B= 1.2		C= 1.38			
T90					
0	4.75	1.0000	5.0140	CV= 0.490	
1.38	5.184				


 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ing. Manuel Escobar Tapia
 MSc. Ing. en Mecánica de Fluidos y Estructuras
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



 Edwin Cieza Sanchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264


$$C = 1.15$$

UNIVERSIDAD NACIONAL A

UNIVERSIDAD NACIONAL A

.....
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

CALICATA C-03 – Bulbo de presiones 2:1 y asentamiento por consolidación

Dato	Valor	Unidad	Fuente/observación
Calicata	C-03		
Pabellón	Enfermería		
qserv (presión de servicio)	0.510	kg/cm ²	Tomado del informe final (Ingeniería Civil)
γ del terreno	1.750	g/cm ³	Tomado de hoja original
Df	1.500	m	Tomado de hoja original
B	1.500	m	Tomado de hoja original
L	3.250	m	Tomado de hoja original
e0	0.776		CONS_1!H24 del archivo base
Cc	0.310		CONS_4!E39 del archivo base
Cr	0.012		CONS_4!I39 del archivo base
σ'p (preconsolidación)	0.363	kg/cm ²	35.6 kPa convertido a kg/cm ²
Δz por subcapa	0.250	m	Editable
Profundidad máxima analizad	5.000	m bajo la base	Editable
Criterio de zona activa	10.0%	Δσ/σ'v0	Editable
q0 efectiva = qserv - γ·Df	0.248	kg/cm ²	Usa presión neta para asentamiento por consolidación

Notas

1. El bulbo se calcula con el método 2:1 para zapata rectangular: $\Delta\sigma_z = q_0 \cdot B \cdot L / ((B+z)(L+z))$.
2. z se mide desde la base de la cimentación hasta el centro de cada subcapa.
3. $\sigma'v_0$ se calcula con $\gamma \cdot (Df+z)$ y se expresa en kg/cm².
4. La zona activa se identifica cuando $\Delta\sigma_z / \sigma'v_0$ es mayor o igual al criterio definido en B17.
5. El asentamiento se calcula por subcapas y se suma solo en la zona activa.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

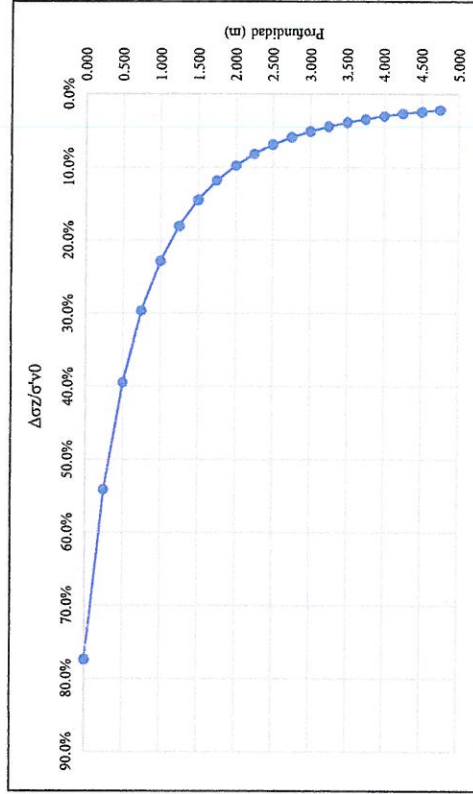
Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Bulbo de presiones real – Método 2:1 – Calicata C-03

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma'z$ 2:1 (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma'z/\sigma'v0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.284	0.220	0.504	77.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.328	0.178	0.506	54.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.372	0.147	0.518	39.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.416	0.123	0.539	29.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.459	0.105	0.564	22.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.503	0.091	0.594	18.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.547	0.079	0.626	14.5%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.591	0.070	0.660	11.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.634	0.062	0.696	9.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
10	2.250	2.500	2.375	0.678	0.055	0.733	8.2%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
11	2.500	2.750	2.625	0.722	0.050	0.772	6.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
12	2.750	3.000	2.875	0.766	0.045	0.811	5.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
13	3.000	3.250	3.125	0.809	0.041	0.850	5.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	0.853	0.037	0.890	4.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	0.897	0.034	0.931	3.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	0.941	0.032	0.972	3.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	0.984	0.029	1.013	3.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.028	0.027	1.055	2.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.072	0.025	1.097	2.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.116	0.023	1.139	2.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Profundidad activa máxima 12
Número de subcapas activas 8



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



Ing. Wilber Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

[Firma]
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185284

Cálculo del asentamiento por consolidación – C-03

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Se subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.284	0.220	0.504	Mixta Cr+Cc	6.413
2	0.375	0.250	0.328	0.178	0.506	Mixta Cr+Cc	6.355
3	0.625	0.250	0.372	0.147	0.518	NC (Cc)	6.296
4	0.875	0.250	0.416	0.123	0.539	NC (Cc)	4.918
5	1.125	0.250	0.459	0.105	0.564	NC (Cc)	3.903
6	1.375	0.250	0.503	0.091	0.594	NC (Cc)	3.142
7	1.625	0.250	0.547	0.079	0.626	NC (Cc)	2.563
8	1.875	0.250	0.591	0.070	0.660	NC (Cc)	2.116
9	2.125	0.000	0.634	0.062	0.696	No activa	0.000
10	2.375	0.000	0.678	0.055	0.733	No activa	0.000
11	2.625	0.000	0.722	0.050	0.772	No activa	0.000
12	2.875	0.000	0.766	0.045	0.811	No activa	0.000
13	3.125	0.000	0.809	0.041	0.850	No activa	0.000
14	3.375	0.000	0.853	0.037	0.890	No activa	0.000
15	3.625	0.000	0.897	0.034	0.931	No activa	0.000
16	3.875	0.000	0.941	0.032	0.972	No activa	0.000
17	4.125	0.000	0.984	0.029	1.013	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.028	0.027	1.055	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.072	0.025	1.097	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.116	0.023	1.139	No activa	0.000

Profundidad activa calculada (m)	2.000
q0 efectiva utilizada (kg/cm ²)	0.248
Asentamiento por consolidación Sc (mm)	35.706
Asentamiento por consolidación Sc (cm)	3.571
Conclusión	Cumple rango de 25-38 mm

Criterios y notas

El cálculo del asentamiento se realiza por subcapas activas, sin fijar previamente un espesor H único.

Si $\sigma'_p \leq \sigma'_{v0}$, se aplica compresión virgen con Cc.

Si $\sigma'_p \geq \sigma'_{vf}$, se aplica recompresión con Cr.

Si $\sigma'_{v0} < \sigma'_p < \sigma'_{vf}$, se aplica formulación mixta Cr + Cc.

Este archivo está preparado para cambiar únicamente los datos de entrada si se corrige o actualiza información de C-03.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

[Firma]

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



**ASENTAMIENTO ELÁSTICO CALCULADO POR LA TEORÍA DE BOUSSINESQ
(SCHLEICHER, 1926)**
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE CHOTA**

TESIS: "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

TESISTA: LENIN OMAR MEDINA ROJAS

UBICACIÓN: EDIFICIO DE ENFERMERIA, CAMPUS UNIVERSITARIO

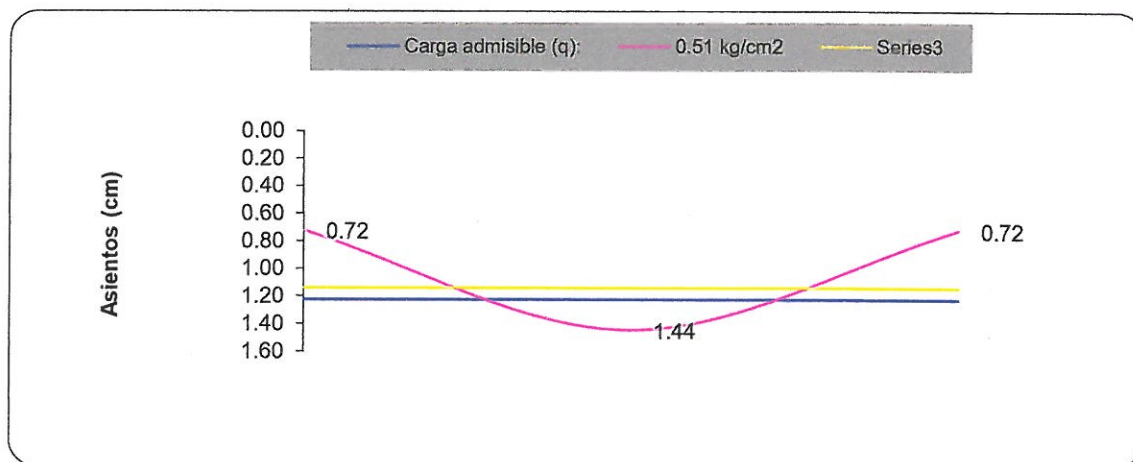
CALICATA: C3

Cálculo de asientos. Schleicher (1926)

C3

Carga admisible (q):	0.51 kg/cm ²	0.51 kg/cm ²
Módulo de Young (E):	84.39 kg/cm ²	84.39 kg/cm ²
Coefficiente de Poisson (v):	0.40	0.40
Ancho cimentación (b):	1.50 m	150 cm
Largo cimentación (l):	3.25 m	325 cm
m:		2.17
lp:		0.79
Factor de seguridad:	1.20	1.20

Asientos Carga rígida (cm)	Asientos carga flexible			Carga total (T)
	Esquina (cm)	Centro (cm)	Valor medio (cm)	
1.14	0.72	1.44	1.23	24.86



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vázquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP. N° 185264



INFORME DE ENSAYOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-04
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276407,65

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.127

ENSAYO N°	1	—
N° DE TARA	T-150	—
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	397.09	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	300.54	
MASA DE LA TARA (g)	44.81	
MASA DEL AGUA (g)	96.55	
MASA DEL SUELO SECO (g)	255.73	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	37.8	
HUMEDAD NATURAL (%)	37.8	—



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-04

CODIGO DE MUESTRA : M-01

PROF. (m). : 3.00 m.

MATERIAL : SUELO NATURAL

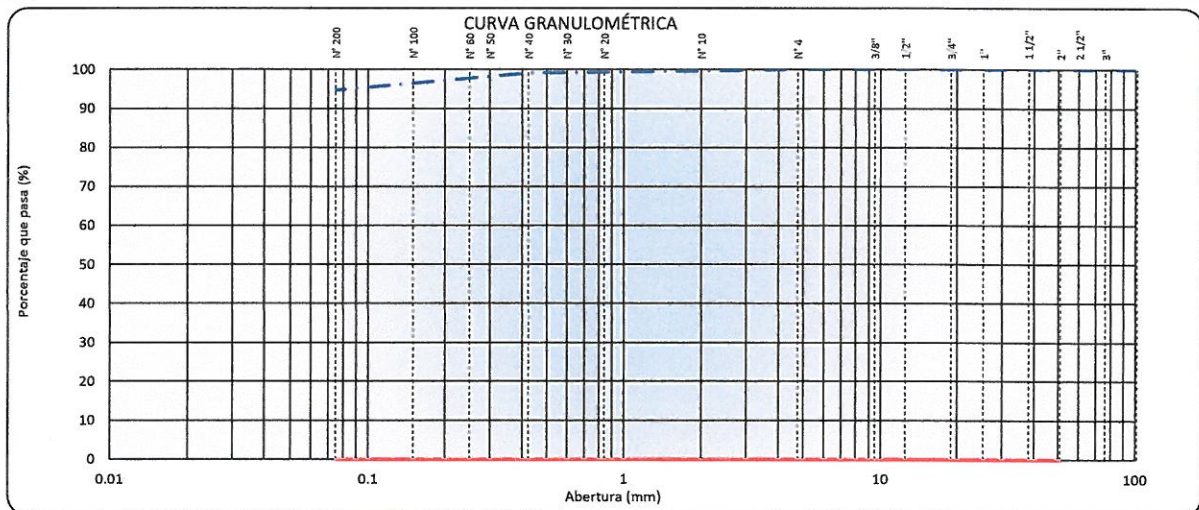
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276407.65

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO

NTP 339.128

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600	-----	-----	-----	-----	Masa de la Muestra
3"	76.200					Masa Total de la Muestra (g) : 252.39
2 1/2"	60.350					Material Fino < N°4 (g) : 252
2"	50.800					Material Grueso > N°4 (g) : 0
1 1/2"	38.100					Fracción Material < N°4 (g) : 252.39
1"	25.400					Límites de Consistencia
3/4"	19.000					Límite Líquido : 52
1/2"	12.500					Límite Plástico : 28
3/8"	9.525					Índice Plástico : 24
N°4	4.760				100.00	Clasificación de Suelo
N°8	2.380	0.73	0.29	0.29	99.71	Clasificación SUCS : CH
N°10	2.000	0.34	0.13	0.42	99.58	Clasificación AASHTO : A-7-6 (16)
N°20	0.840	0.53	0.21	0.63	99.37	
N°40	0.425	0.83	0.33	0.96	99.04	
N°60	0.250	1.80	0.71	1.68	98.32	Contenido de Humedad Natural (%) : 37.75
N°100	0.150	3.25	1.29	2.96	97.04	Máxima dens. Seca (g/cm³) :
N°140	0.106	2.77	1.10	4.06	95.94	Óptimo Cont. Humedad (%) :
N°200	0.075	2.95	1.17	5.23	94.77	CBR 0.1" al 95% MDS (%) :
< N°200	FONDO	239.2	94.77	100.0		CBR 0.1" al 100% MDS (%) :



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIF N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-04

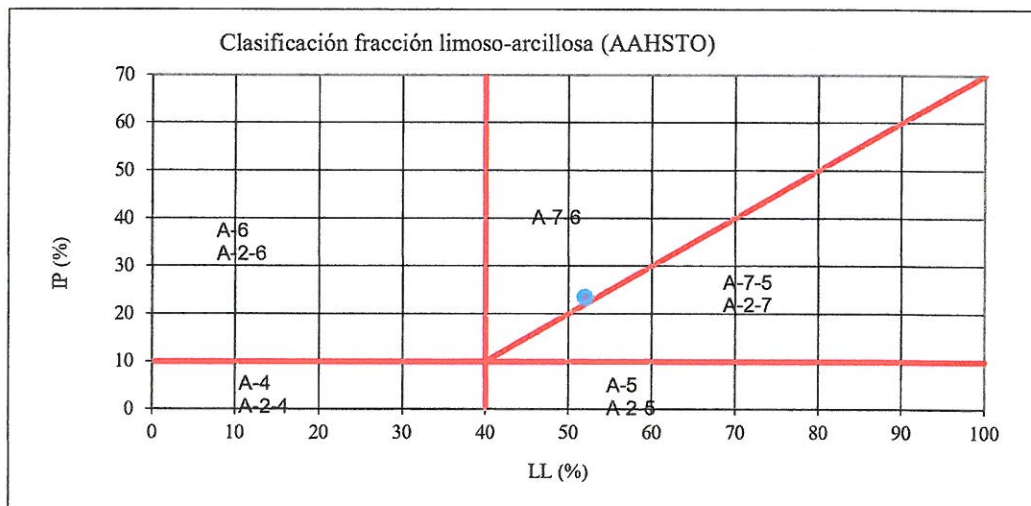
CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

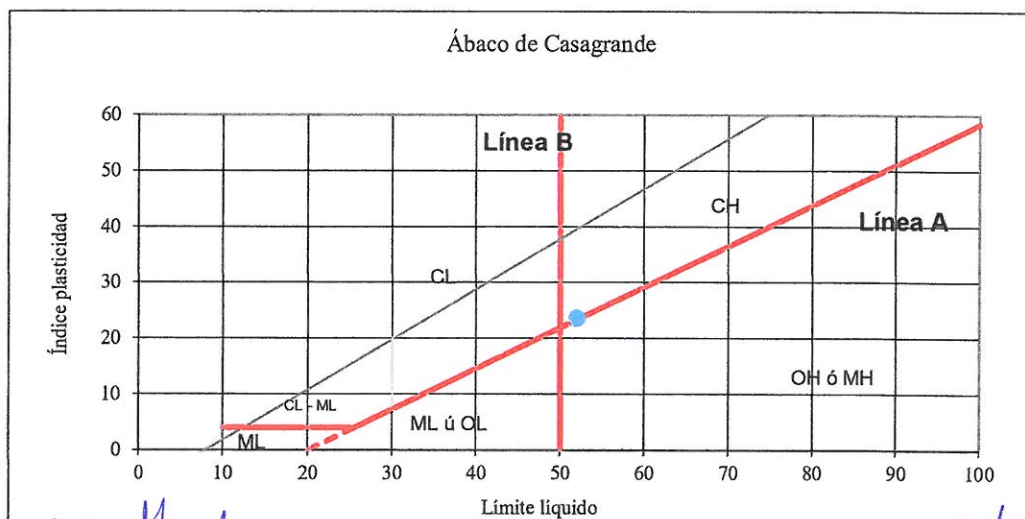
FECHA : 10/02/2025

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276407,65



Clasificación AASHTO

A-7-6 Suelo arcilloso



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

RESOLUCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-04

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276407.65

LÍMITES DE ATTERBERG

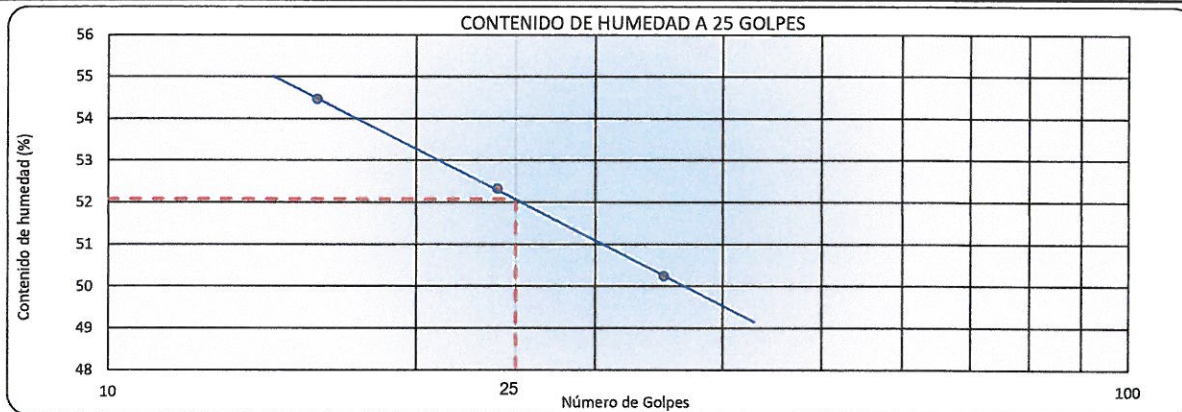
NTP 339.129

LÍMITE LÍQUIDO

N° DE TARA		T-01	T-02	T-03	
MASA TARA + SUELO HÚMEDO	(g)	44.86	45.14	46.02	
MASA TARA + SUELO SECO	(g)	34.52	34.35	34.68	
MASA DEL AGUA	(g)	10.34	10.79	11.34	
MASA DE LA TARA	(g)	13.94	13.73	13.86	
MASA DEL SUELO SECO	(g)	20.58	20.62	20.82	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	50.24	52.33	54.47	
NÚMERO DE GOLPES		35	24	16	

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE TARA		T-04	T-05	
MASA TARA + SUELO HÚMEDO	(g)	24.52	24.55	
MASA TARA + SUELO SECO	(g)	22.45	22.32	
MASA DE LA TARA	(g)	15.16	14.50	
MASA DEL AGUA	(g)	2.07	2.23	
MASA DEL SUELO SECO	(g)	7.29	7.82	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.40	28.52	



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	52
LÍMITE PLÁSTICO	28
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO

: "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN

: PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA

: LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA

: C-04

CODIGO DE MUESTRA

: M-01

MATERIAL

: SUELO NATURAL

PROF. (m).

: 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276407.65

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.51	23.52	23.52
Diámetro (mm)	60.72	60.72	60.72
Area Inicial (cm2)	28.96	28.96	28.96
Volumen de la muestra (cm3)	68.08	68.11	68.11
DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Masa húmeda de la muestra + Masa del anillo (g)	203.08	203.13	203.13
Masa del anillo (g)	85.94	85.94	85.94
Masa de la muestra húmeda (g)	119.14	119.19	119.19
Masa de la muestra seca (g)	94.00	94.25	94.36
Contenido de humedad (%)	26.74	26.46	26.31
Densidad húmeda (g/cm3)	1.750	1.750	1.750
Densidad seca (g/cm3)	1.381	1.384	1.386

	ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.5	mm		23.5	mm		23.5	mm	
Diámetro de muestra :	60.7	mm		60.7	mm		60.7	mm	
Area Inicial:	29.0	cm²		29.0	cm²		29.0	cm²	
Densidad Seca:	1.381	g/cm³		1.384	g/cm³		1.385	g/cm³	
Humedad:	26.7	%		26.5	%		26.3	%	
Masa Normal :	1.480	g		2.989	g		5.990	g	
Esfuerzo Normal :	0.51	g/cm²		1.03	g/cm²		2.07	g/cm²	
Deformación horizontal (mm)			Carga (kgf)			Carga (kgf)			Carga (kgf)
0.00			0.00			0.00			0.00
0.25			0.52			1.25			3.25
0.50			0.85			1.85			4.52
0.75			1.25			2.85			5.25
1.00			1.52			3.00			6.00
1.50			2.05			3.85			7.02
2.00			2.65			4.45			7.76
2.50			3.08			5.12			8.56
3.00			3.54			5.75			9.15
3.50			4.25			6.25			9.85
4.00			4.85			6.85			10.54
4.50			5.25			7.36			11.12
5.00			5.86			7.85			11.52
5.50			6.32			8.22			12.00
6.00			6.78			8.56			12.58
6.50			7.28			8.84			13.00
7.00			7.85			9.85			13.45
7.50			8.32			10.36			13.65
8.00			8.65			10.89			13.75
8.50			9.25			11.21			14.00
9.00			9.63			11.62			14.25
9.50			10.25			11.62			14.44
10.00			10.82			11.85			14.82



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Encargado del laboratorio

Testista

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-04
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761740.25 N:
9276407.65

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE

0.5 mm/min

ESPECIMEN 1

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.381 g/cm³
Humedad Inic: 26.7 %
Esf. Normal : 0.51 g/cm²
Esf. Corte: 0.36 g/cm²

ESPECIMEN 2

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.381 g/cm³
Humedad Inic: 26.7 %
Esf. Normal : 1.03 g/cm²
Esf. Corte: 0.41 g/cm²

ESPECIMEN 3

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.385 g/cm³
Humedad Inic: 26.3 %
Esf. Normal : 2.07 g/cm²
Esf. Corte: 0.50 g/cm²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (v/e)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.02	0.04	0.41	0.04	0.05	0.41	0.11	0.07
0.82	0.03	0.07	0.82	0.06	0.08	0.82	0.16	0.10
1.24	0.04	0.11	1.24	0.09	0.11	1.24	0.18	0.11
1.65	0.05	0.13	1.65	0.10	0.13	1.65	0.21	0.13
2.47	0.07	0.17	2.47	0.13	0.16	2.47	0.24	0.15
3.29	0.09	0.22	3.29	0.15	0.18	3.29	0.27	0.16
4.12	0.11	0.25	4.12	0.18	0.21	4.12	0.30	0.17
4.94	0.12	0.29	4.94	0.20	0.23	4.94	0.32	0.18
5.76	0.15	0.34	5.76	0.22	0.25	5.76	0.34	0.20
6.59	0.17	0.39	6.59	0.24	0.28	6.59	0.36	0.21
7.41	0.18	0.42	7.41	0.25	0.29	7.41	0.38	0.22
8.23	0.20	0.46	8.23	0.27	0.31	8.23	0.40	0.22
9.06	0.22	0.49	9.06	0.29	0.32	9.06	0.41	0.23
9.88	0.23	0.53	9.88	0.31	0.34	9.88	0.43	0.24
10.70	0.25	0.56	10.70	0.33	0.36	10.70	0.45	0.25
11.53	0.27	0.60	11.53	0.34	0.37	11.53	0.46	0.25
12.35	0.29	0.63	12.35	0.36	0.39	12.35	0.47	0.25
13.18	0.30	0.65	13.18	0.38	0.40	13.18	0.48	0.25
14.00	0.32	0.68	14.00	0.39	0.41	14.00	0.48	0.26
14.82	0.34	0.72	14.82	0.40	0.42	14.82	0.49	0.26
15.65	0.35	0.74	15.65	0.40	0.42	15.65	0.50	0.26
16.47	0.36	0.76	16.47	0.41	0.42	16.47	0.50	0.26



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-04

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

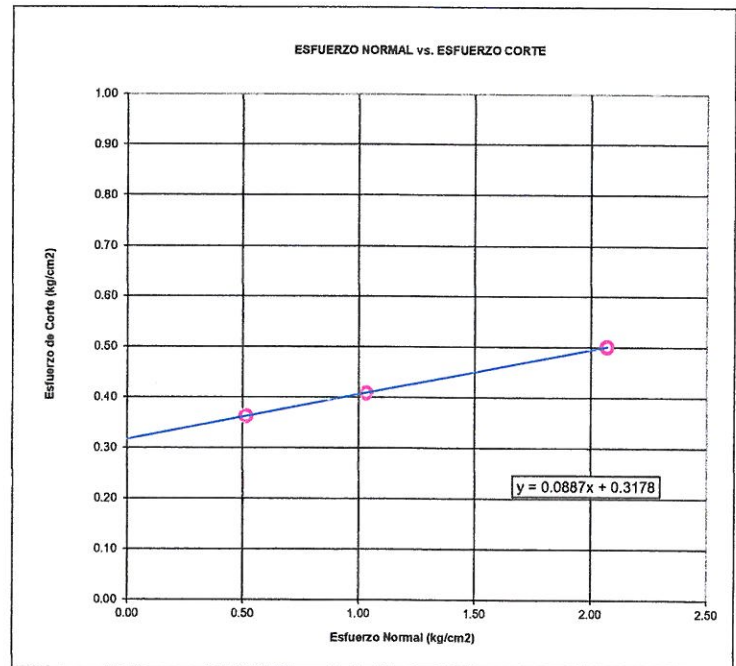
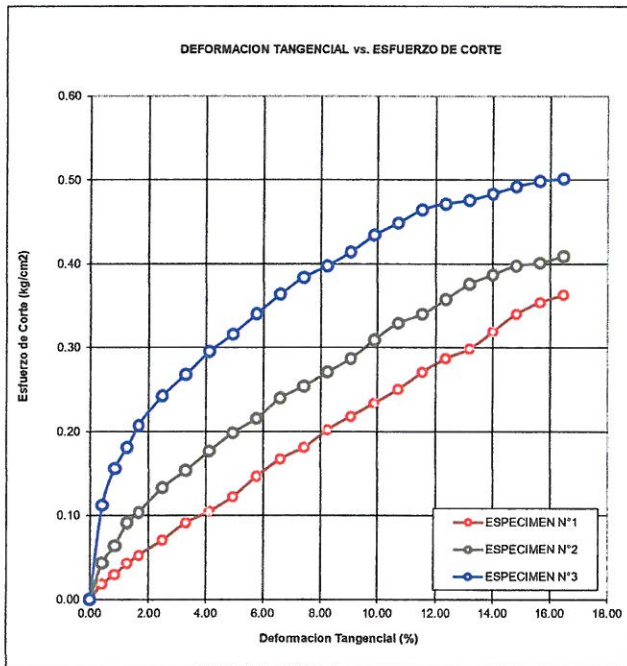
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276407.65

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:

Cohesión c : 0.32 kg/cm²

Angulo de fricción ϕ : 5.1°

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesisista

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : PABELLON DE ENFERMERIA

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-04

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 5.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276407.65

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

Densidad Húmeda g/cm³ = 1.75

Cohesion del Suelo ,g/cm² = 0.32

Angulo de Friccion, ϕ , ° = 5.07

Profundidad de Cimentacion, Df = 1.50 m

Ancho de Cimentacion, B, m = 3.25 m

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga

Factor de Seguridad = 3

	General	Local
Nc =	7.37	6.76
Nq =	1.65	1.40
Ng =	0.41	0.26

Capacidad de Carga

Falla Local (g/cm²)

	q_u	q_{adm}
Cimentacion corrida	1.87	0.62
Cimentacion Cuadrada	2.27	0.76



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL		CODIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	4	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLAS
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

DATOS

SUCS : CH
Estado : Inalterado
Profundidad muestra: 3 m
AASHTO :
Gs = 2.70

Datos del espécimen		Inicial	Final
Densidad húmeda inic:	1.62	Diámetro (mm) :	64.00
Densidad seca inicial :	1.37	Altura (mm):	20.0
Presión de hinchamiento :		Humedad (%):	21.8
	0.000 kg/cm2	Saturación (%):	99.6

ETAPA DE LA CARGA

Carga (kPa)	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)	Coefic. de Consolid. (cm2/min) Tyler
0.00 kg/cm2	0.000	0.000	20.000	20.000	10.000	1.336	1.021	0.000	--
0.08 kg/cm2	-0.189	0.189	19.811	19.906	9.953	1.349	1.002	0.945	0.045
0.16 kg/cm2	-0.317	0.317	19.683	19.747	9.874	1.357	0.989	1.585	0.059
0.31 kg/cm2	-0.559	0.559	19.441	19.562	9.781	1.374	0.965	2.795	0.100
0.62 kg/cm2	-1.093	1.093	18.907	19.174	9.587	1.413	0.911	5.465	0.297
1.24 kg/cm2	-1.938	1.938	18.062	18.485	9.242	1.479	0.825	9.690	0.101
2.49 kg/cm2	-2.850	2.850	17.150	17.606	8.803	1.558	0.733	14.250	0.038
4.97 kg/cm2	-3.876	3.876	16.124	16.637	8.319	1.657	0.630	19.380	0.040

ETAPA DE LA DESCARGA

Carga	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)
4.97 kg/cm2	3.876	3.876	16.124	16.124	8.062	1.657	0.630	19.380
2.49 kg/cm2	3.850	3.850	16.150	16.137	8.069	1.654	0.632	19.250
1.24 kg/cm2	3.810	3.810	16.190	16.170	8.085	1.650	0.636	19.050
0.62 kg/cm2	3.750	3.750	16.250	16.220	8.110	1.644	0.642	18.750
0.31 kg/cm2	3.680	3.680	16.320	16.285	8.143	1.637	0.649	18.400
0.16 kg/cm2	3.600	3.600	16.400	16.360	8.180	1.629	0.657	18.000
0.08 kg/cm2	3.490	3.490	16.510	16.455	8.228	1.618	0.669	17.450

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Edwar Cieza Sánchez
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

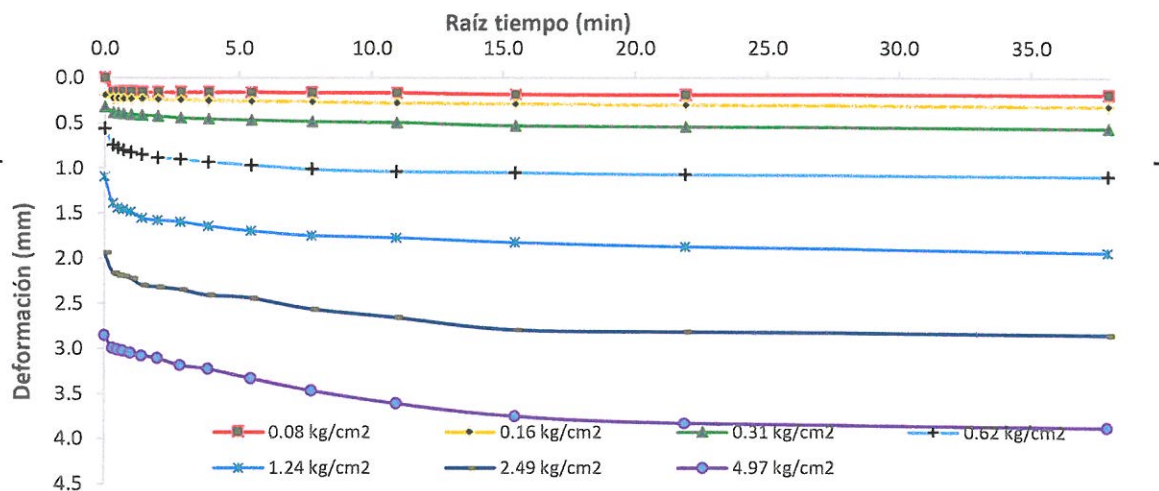
Proyecto .C-04

Ubicación **PABELLON DE ENFERMERIA**
Solicitante **LENIN OMAR MEDINA ROJAS**
Exploración **01/02/2025**
Estrato/Nivel **3m**

Reg/Prov. : **CAJAMARCA**
Distrito : **CHOTA**
Lugar : **CHOTA**
Fecha : **13/03/2025**

APLICACIÓN DE LA CARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		0.08 kg/cm2	0.16 kg/cm2	0.31 kg/cm2	0.62 kg/cm2	1.24 kg/cm2	2.49 kg/cm2	4.97 kg/cm2
0.00	0.00	0.000	0.189	0.317	0.559	1.093	1.938	2.850
0.10	0.32	0.151	0.223	0.385	0.745	1.388	2.161	2.995
0.25	0.50	0.152	0.224	0.390	0.779	1.440	2.188	3.012
0.50	0.71	0.154	0.227	0.396	0.800	1.457	2.197	3.027
1.00	1.00	0.155	0.228	0.407	0.827	1.481	2.223	3.050
2.00	1.41	0.156	0.232	0.411	0.850	1.555	2.298	3.080
4.00	2.00	0.157	0.238	0.424	0.886	1.579	2.317	3.107
8.00	2.83	0.158	0.243	0.441	0.902	1.594	2.346	3.187
15.00	3.87	0.159	0.251	0.456	0.931	1.642	2.408	3.228
30.00	5.48	0.161	0.258	0.469	0.967	1.695	2.441	3.332
60.00	7.75	0.163	0.264	0.484	1.013	1.750	2.565	3.469
120.00	10.95	0.167	0.279	0.495	1.040	1.772	2.658	3.610
240.00	15.49	0.185	0.287	0.532	1.053	1.823	2.795	3.754
480.00	21.91	0.187	0.303	0.542	1.072	1.872	2.815	3.829
1440.00	37.95	0.189	0.317	0.559	1.093	1.938	2.850	3.876



 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

Proyecto C-04

Ubicación PABELLON DE ENFERMERIA Reg/Prov. : CAJAMARCA
Solicitante LENIN OMAR MEDINA ROJAS Distrito : CHOTA
Exploración 01/02/2025 Lugar : CHOTA
Estrato/Nivel 3.00 m Fecha : 13/03/2025

APLICACIÓN DE LA DESCARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		2.49 kg/cm2	1.24 kg/cm2	0.62 kg/cm2	0.31 kg/cm2	0.16 kg/cm2	0.08 kg/cm2	
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.10	0.32	3.870	3.840	3.790	3.710	3.640	3.540	
0.25	0.50	3.870	3.840	3.790	3.710	3.640	3.540	
0.50	0.71	3.870	3.840	3.790	3.710	3.630	3.540	
1.00	1.00	3.860	3.830	3.780	3.700	3.630	3.530	
2.00	1.41	3.860	3.830	3.780	3.700	3.630	3.530	
4.00	2.00	3.860	3.830	3.780	3.700	3.620	3.530	
8.00	2.83	3.860	3.830	3.780	3.700	3.620	3.530	
15.00	3.87	3.860	3.830	3.770	3.690	3.620	3.530	
30.00	5.48	3.860	3.820	3.770	3.690	3.610	3.520	
60.00	7.75	3.860	3.820	3.770	3.690	3.610	3.520	
120.00	10.95	3.850	3.820	3.760	3.690	3.610	3.520	
240.00	15.49	3.850	3.820	3.760	3.680	3.600	3.520	
480.00	21.91	3.850	3.810	3.760	3.680	3.600	3.520	
1440.00	37.95	3.850	3.810	3.750	3.680	3.600	3.510	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

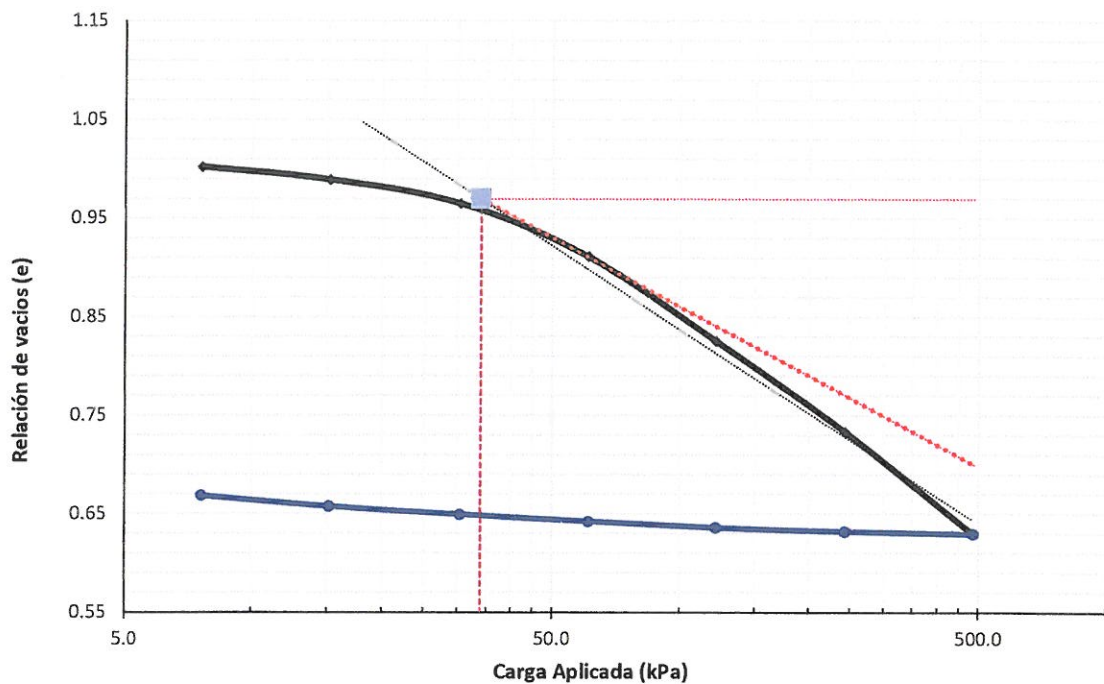
Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL			CODIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANALISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	C-04	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025.		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025.		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

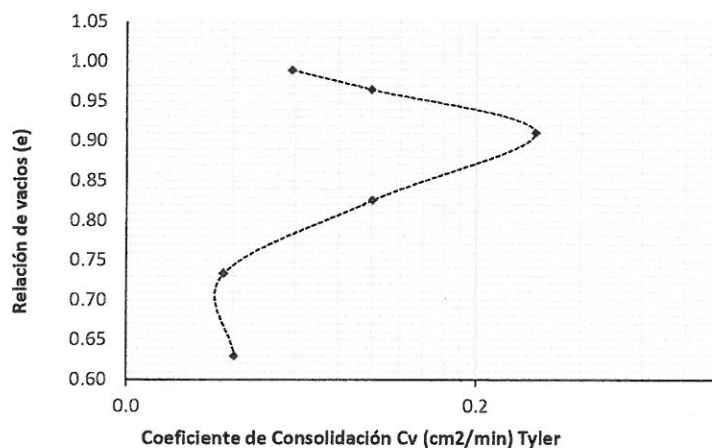
RESULTADOS

CURVA DE CONSOLIDACIÓN DE LABORATORIO



Carga de Preconsolidación σ'_c (Casagrande) = 34 kPa = 0.35 kg/cm²

Índice de Compresibilidad Lab C_c = 0.345 Índice Recompr. Lab C_r = 0.022



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

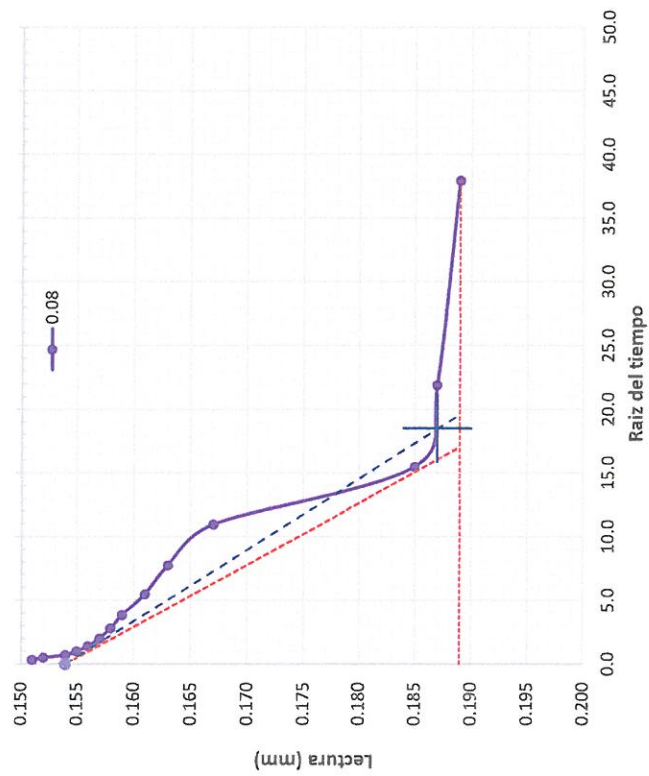
Tiempo (min)	Raíz Tiempo (min)	Deformación (mm) / carga (kg/cm ²)							
		0.08	0.16	0.31	0.62	1.24	2.49	4.97	
0.00	0.00	0.000	0.189	0.317	0.559	1.093	1.938	2.850	
0.10	0.32	0.151	0.223	0.385	0.745	1.388	2.161	2.995	
0.25	0.50	0.152	0.224	0.390	0.779	1.440	2.188	3.012	
0.50	0.71	0.154	0.227	0.396	0.800	1.457	2.197	3.027	
1.00	1.00	0.155	0.228	0.407	0.827	1.481	2.223	3.050	
2.00	1.41	0.156	0.232	0.411	0.850	1.555	2.298	3.080	
4.00	2.00	0.157	0.238	0.424	0.886	1.579	2.317	3.107	
8.00	2.83	0.158	0.243	0.441	0.902	1.594	2.346	3.187	
15.00	3.87	0.159	0.251	0.456	0.931	1.642	2.408	3.228	
30.00	5.48	0.161	0.258	0.469	0.967	1.695	2.441	3.332	
60.00	7.75	0.163	0.264	0.484	1.013	1.750	2.565	3.469	
120.00	10.95	0.167	0.279	0.495	1.040	1.772	2.658	3.610	
240.00	15.49	0.185	0.287	0.532	1.053	1.823	2.795	3.754	
480.00	21.91	0.187	0.303	0.542	1.072	1.872	2.815	3.829	
1440.00	37.95	0.189	0.317	0.559	1.093	1.938	2.850	3.876	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



Walter Manuel Vasquez Tupiza
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

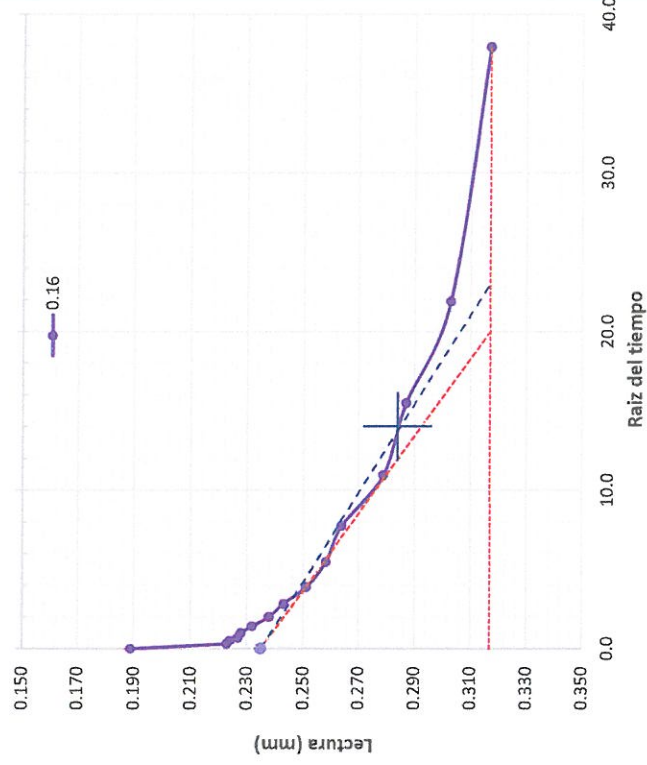
Edwar Cloza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	0.1540	0	0.19	0	0.19
17	0.189	37.95	0.189	0.19	0.189
B= 17		C= 19.55		Cv = 0.045	
0	0.15	19.55	0.189	19.55	0.189
T90		T90		T90	

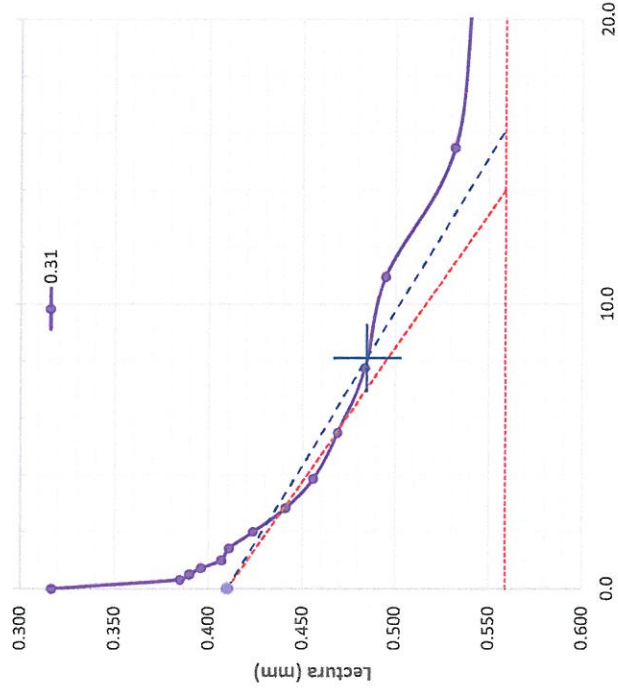
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel-Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	0.2350	0	0.32	0	0.32
20	0.317	37.95	0.317	0.32	0.317
B= 20		C= 23		Cv = 0.059	
0	0.24	14.0000	0.2840	14.0000	0.2840
23	0.317	14.0000	0.2840	14.0000	0.2840
T90		T90		T90	

Edwar Cioza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

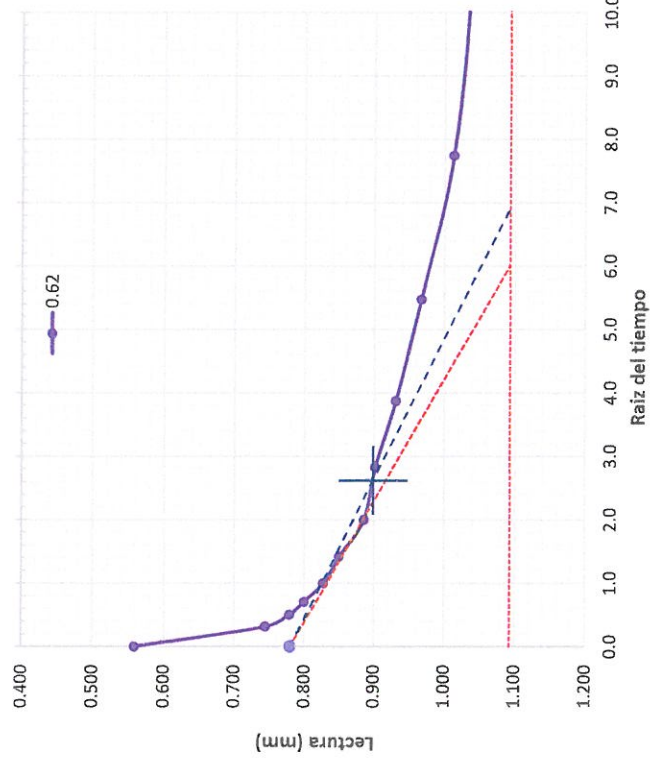


LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	0.4100	0	0.56	0	0.56
14	0.559	37.95	0.559	0.56	0.559
B= 14		C= 16.1			
0	0.41	8.1000	0.4850	Cv = 0.100	
16.1	0.559	T90			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cioza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



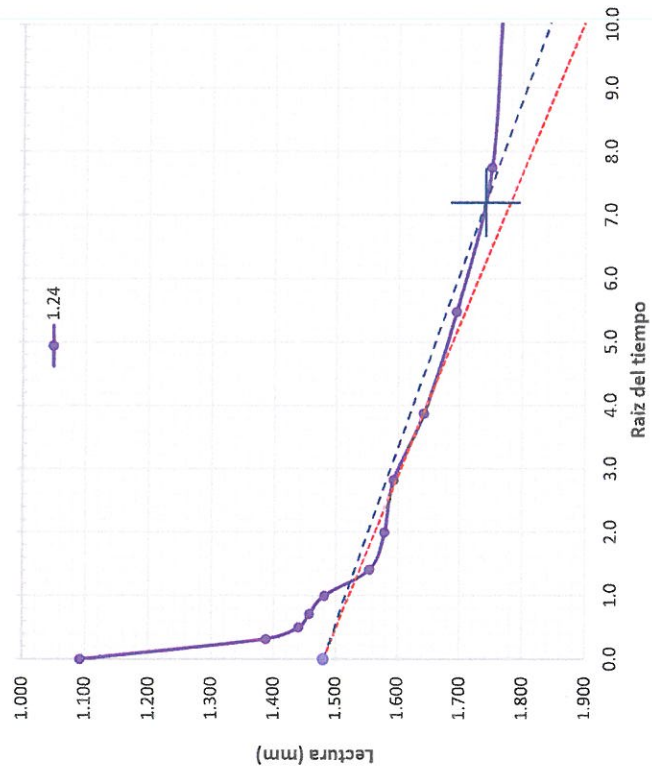
LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	0.7800	0	1.09	0	1.09
6	1.093	37.95	1.093	1.09	1.093
B= 6		C= 6.9			
0	0.78	T90			
6.9	1.093	2.6200	0.8990	Cv = 0.297	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Vasquez Tapiu

REPRESENTANTE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

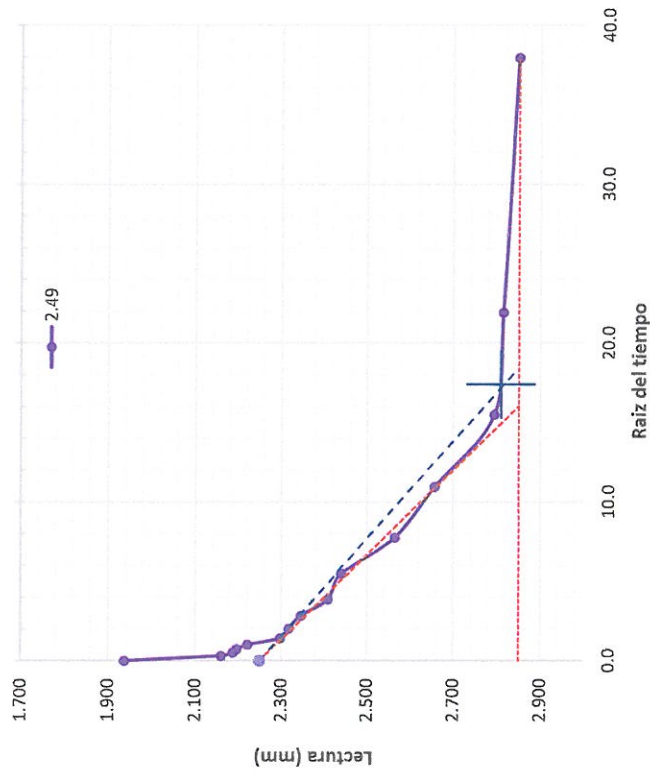


LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	1.4800	0	1.94	0	1.94
11	1.938	37.95	1.938	1.94	1.938
B= 11		C= 12.65			
0	1.48	T90			
12.65	1.938	7.2000	1.7400	Cv = 0.101	

Edwar Cieza Sanchez

INGENIERO CIVIL

Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
X	Y	X	Y	X	Y
0	2.2500	0	2.85	0	2.85
16	2.850	37.95	2.850	2.85	2.850
B= 16		C= 18.4			
0	2.25	17.4000	2.8100	Cv = 0.038	
18.4	2.850	T90			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Pasquero Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez

INGENIERO CIVIL

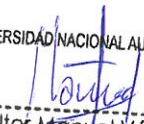
Registro CIP N° 185264

CALICATA C-04 – Bulbo de presiones 2:1 y asentamiento por consolidación

Dato	Valor	Unidad	Fuente/observación
Calicata	C-04		
Pabellón	Enfermería		
qserv (presión de servicio)	0.510	kg/cm ²	Tomado del informe final (Ingeniería Civil)
γ del terreno	1.750	g/cm ³	Tomado de hoja original
Df	1.500	m	Tomado de hoja original
B	1.500	m	Tomado de hoja original
L	3.250	m	Tomado de hoja original
e0	1.020		CONS_1!H24 del archivo base
Cc	0.345		CONS_4!E39 del archivo base
Cr	0.022		CONS_4!I39 del archivo base
σ'p (preconsolidación)	0.347	kg/cm ²	34 kPa convertido a kg/cm ²
Δz por subcapa	0.250	m	Editable
Profundidad máxima analizad	5.000	m bajo la base	Editable
Criterio de zona activa	10.0%	Δσ/σ'v0	Editable
q0 efectiva = qserv - γ·Df	0.248	kg/cm ²	Usa presión neta para asentamiento por consolidación

Notas

1. El bulbo se calcula con el método 2:1 para zapata rectangular: $\Delta\sigma_z = q_0 \cdot B \cdot L / ((B+z)(L+z))$.
2. z se mide desde la base de la cimentación hasta el centro de cada subcapa.
3. σ'v0 se calcula con $\gamma \cdot (Df+z)$ y se expresa en kg/cm².
4. La zona activa se identifica cuando $\Delta\sigma_z / \sigma'v0$ es mayor o igual al criterio definido en B17.
5. El asentamiento se calcula por subcapas y se suma solo en la zona activa.

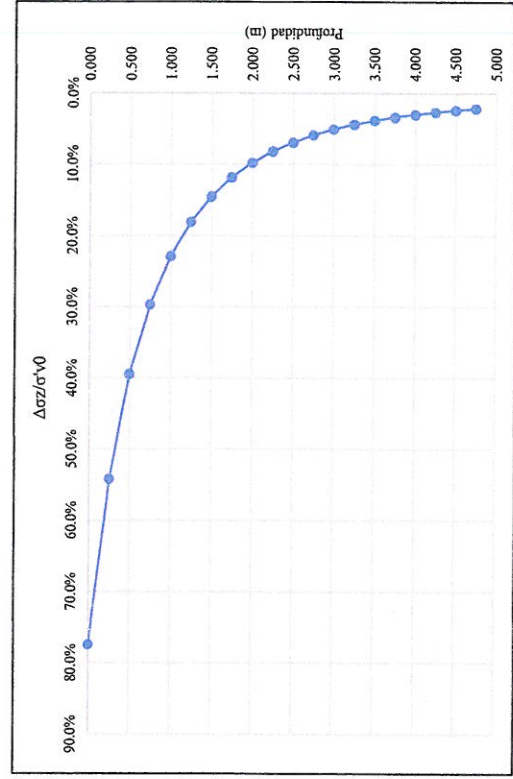

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

 Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS


 Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

Bulbo de presiones real – Método 2:1 – Calicata C-04

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	σ'_{v0} inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma'_{z2:1}$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma'_{z'v0}$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.284	0.220	0.504	77.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.328	0.178	0.506	54.1%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.372	0.147	0.518	39.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.416	0.123	0.539	29.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.459	0.105	0.564	22.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.503	0.091	0.594	18.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.547	0.079	0.626	14.5%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.591	0.070	0.660	11.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.634	0.062	0.696	9.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
10	2.250	2.500	2.375	0.678	0.055	0.733	8.2%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
11	2.500	2.750	2.625	0.722	0.050	0.772	6.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
12	2.750	3.000	2.875	0.766	0.045	0.811	5.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
13	3.000	3.250	3.125	0.809	0.041	0.850	5.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	0.853	0.037	0.890	4.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	0.897	0.034	0.931	3.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	0.941	0.032	0.972	3.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	0.984	0.029	1.013	3.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.028	0.027	1.055	2.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.072	0.025	1.097	2.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.116	0.023	1.139	2.1%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Profundidad activa máxima (2
Número de subcapas activas 8



Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Cálculo del asentamiento por consolidación - C-04

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	$\sigma'v0$ (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z$ (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.284	0.220	0.504	Mixta Cr+Cc	7.171
2	0.375	0.250	0.328	0.178	0.506	Mixta Cr+Cc	7.048
3	0.625	0.250	0.372	0.147	0.518	NC (Cc)	6.160
4	0.875	0.250	0.416	0.123	0.539	NC (Cc)	4.813
5	1.125	0.250	0.459	0.105	0.564	NC (Cc)	3.819
6	1.375	0.250	0.503	0.091	0.594	NC (Cc)	3.075
7	1.625	0.250	0.547	0.079	0.626	NC (Cc)	2.508
8	1.875	0.250	0.591	0.070	0.660	NC (Cc)	2.070
9	2.125	0.000	0.634	0.062	0.696	No activa	0.000
10	2.375	0.000	0.678	0.055	0.733	No activa	0.000
11	2.625	0.000	0.722	0.050	0.772	No activa	0.000
12	2.875	0.000	0.766	0.045	0.811	No activa	0.000
13	3.125	0.000	0.809	0.041	0.850	No activa	0.000
14	3.375	0.000	0.853	0.037	0.890	No activa	0.000
15	3.625	0.000	0.897	0.034	0.931	No activa	0.000
16	3.875	0.000	0.941	0.032	0.972	No activa	0.000
17	4.125	0.000	0.984	0.029	1.013	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.028	0.027	1.055	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.072	0.025	1.097	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.116	0.023	1.139	No activa	0.000

Profundidad activa calculada (m)	2.000
q0 efectiva utilizada (kg/cm ²)	0.248
Asentamiento por consolidación Sc (mm)	36.663
Asentamiento por consolidación Sc (cm)	3.666
Conclusión	Cumple rango de 25-38 mm

Criterios y notas

El cálculo del asentamiento se realiza por subcapas activas, sin fijar previamente un espesor H único.

Si $\sigma'p \leq \sigma'v0$, se aplica compresión virgen con Cc.

Si $\sigma'p \geq \sigma'vf$, se aplica recompresión con Cr.

Si $\sigma'v0 < \sigma'p < \sigma'vf$, se aplica formulación mixta Cr + Cc.

Este archivo está preparado para cambiar únicamente los datos de entrada si se corrige o actualiza información de C-04.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



**ASENTAMIENTO ELÁSTICO CALCULADO POR LA TEORÍA DE BOUSSINESQ
(SCHLEICHER, 1926)**
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE CHOTA**

TESIS: "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

TESISTA: LENIN OMAR MEDINA ROJAS

UBICACIÓN: EDIFICIO DE ENFERMERIA, CAMPUS UNIVERSITARIO

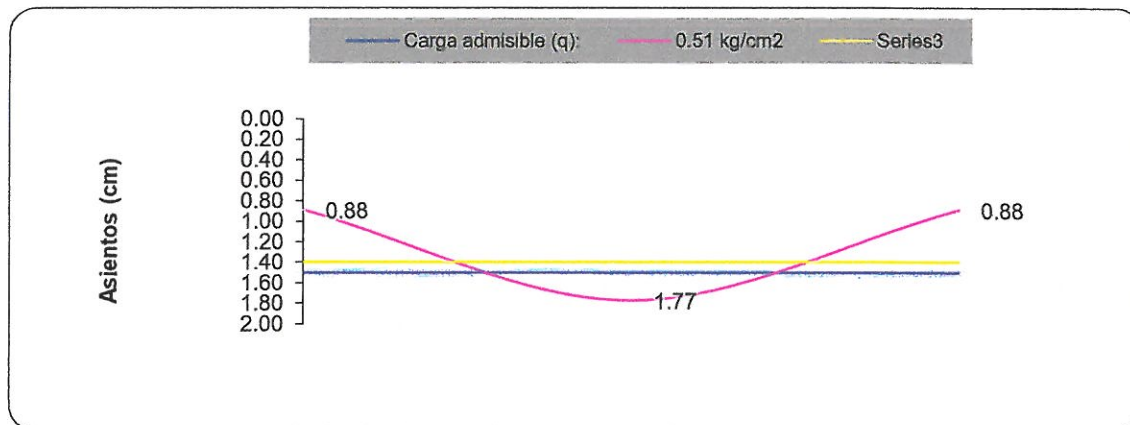
CALICATA: C4

Cálculo de asientos. Schleicher (1926)

C4

Carga admisible (q):	0.51 kg/cm ²	0.51 kg/cm ²
Módulo de Young (E):	68.92 kg/cm ²	68.92 kg/cm ²
Coefficiente de Poisson (v):	0.40	0.40
Ancho cimentación (b):	1.50 m	150 cm
Largo cimentación (l):	3.25 m	325 cm
m:		2.17
lp:		0.79
Factor de seguridad:	1.20	1.20

Asientos Carga rígida (cm)	Asientos carga flexible			Carga total (T)
	Esquina (cm)	Centro (cm)	Valor medio (cm)	
1.39	0.88	1.77	1.50	24.86



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE CONTABILIDAD

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-05

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276376.07

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.127

ENSAYO N°	1	—
N° DE TARA	T-89	
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	968.60	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	773.40	
MASA DE LA TARA (g)	68.60	
MASA DEL AGUA (g)	195.20	
MASA DEL SUELO SECO (g)	704.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.7	
HUMEDAD NATURAL (%)	27.7	—



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Vásquez Tapiu
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cioza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE CONTABILIDAD

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-05

CODIGO DE MUESTRA : M-01

PROF. (m). : 3.00 m.

MATERIAL : SUELO NATURAL

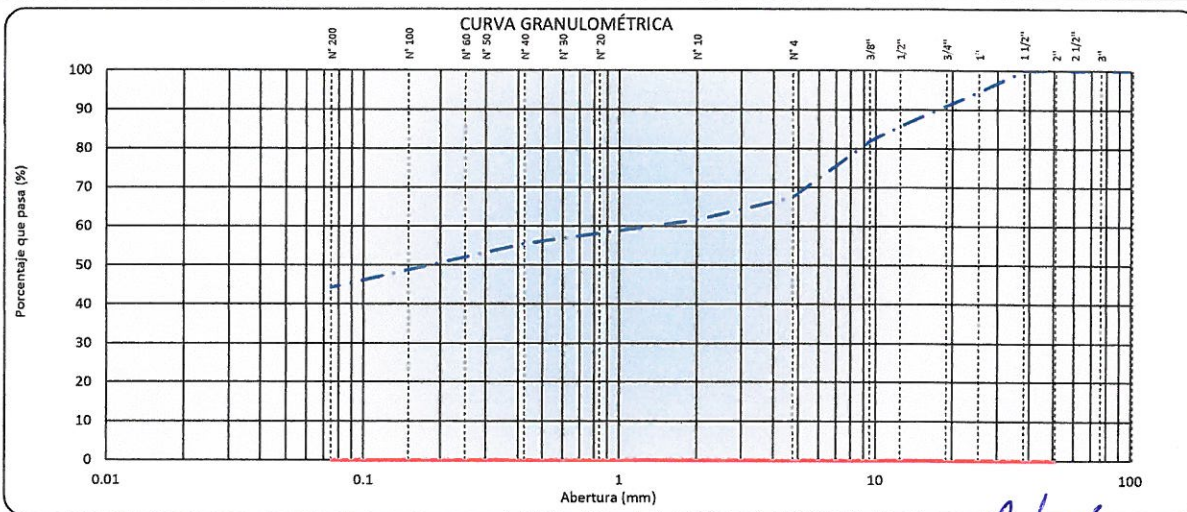
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276376.07

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO

NTP 339.128

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600					Masa de la Muestra
3"	76.200					Masa Total de la Muestra (g) : 5448.00
2 1/2"	60.350					Material Fino < N°4 (g) : 3680
2"	50.800					Material Grueso > N°4 (g) : 1768
1 1/2"	38.100				100.00	Fracción Material < N°4 (g) : 250.00
1"	25.400	295.0	5.4	5.4	94.6	Límites de Consistencia
3/4"	19.000	220.0	4.0	9.5	90.5	Límite Líquido : 41
1/2"	12.500	264.0	4.8	14.3	85.7	Límite Plástico : 24
3/8"	9.525	198.0	3.6	17.9	82.1	Índice Plástico : 17
N°4	4.760	791.0	14.5	32.5	67.5	Clasificación de Suelo
N°8	2.380	7.30	1.97	34.42	65.58	Clasificación SUCS : GC
N°10	2.000	14.47	3.91	38.33	61.67	Clasificación AASHTO : A-7-6 (4)
N°20	0.840	12.47	3.37	41.70	58.30	
N°40	0.425	10.39	2.81	44.51	55.49	
N°60	0.250	9.97	2.69	47.20	52.80	Contenido de Humedad Natural (%) : 27.70
N°100	0.150	12.57	3.40	50.60	49.40	Máxima dens. Seca (g/cm³) :
N°140	0.106	11.14	3.01	53.61	46.39	Óptimo Cont. Humedad (%) :
N°200	0.075	7.62	2.06	55.67	44.33	CBR 0.1" al 95% MDS (%) :
< N°200	FONDO	164.1	44.33	100.0		CBR 0.1" al 100% MDS (%) :



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapa

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESPECIALISTA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cioza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE CONTABILIDAD

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-05

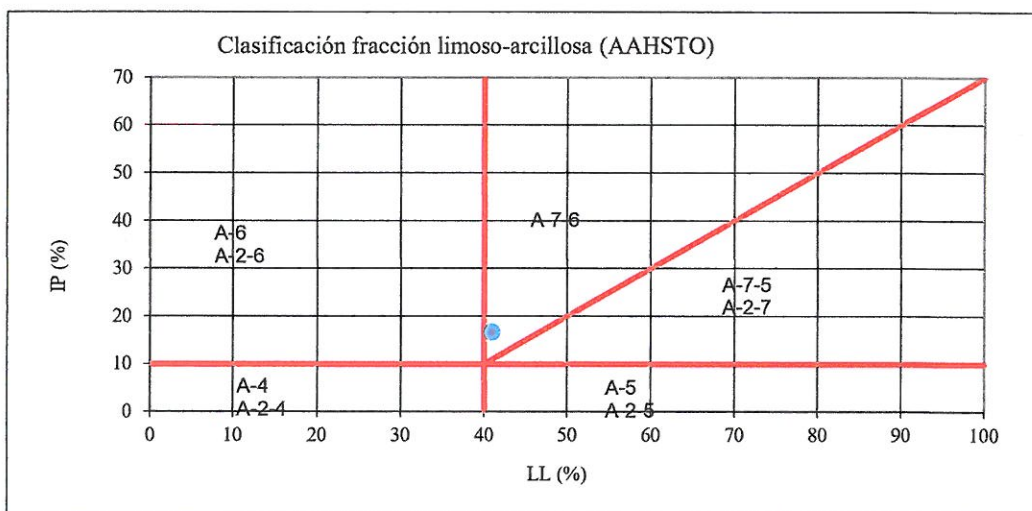
CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

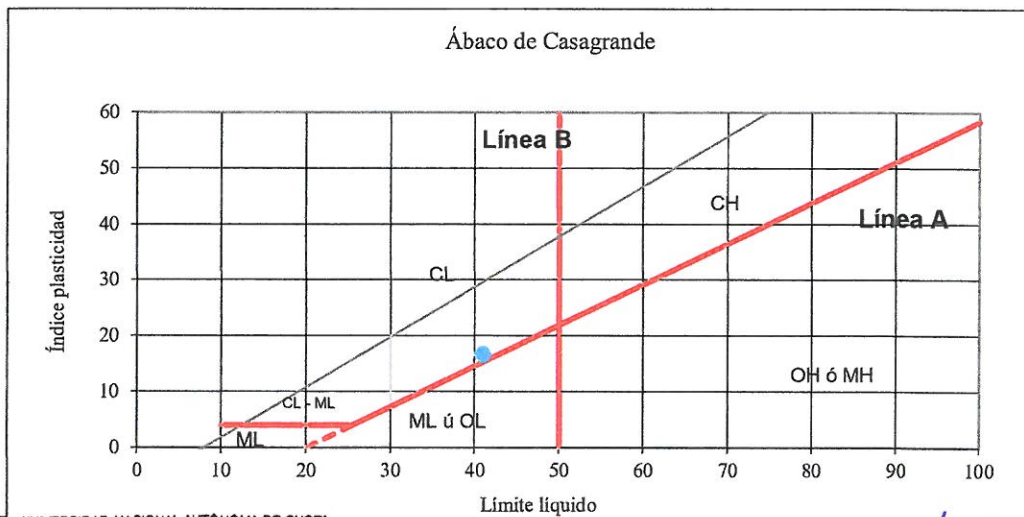
FECHA : 10/02/2025

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276376.07



Clasificación AASHTO

A-7-6 Suelo arcilloso



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE CONTABILIDAD

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-05

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276376.07

LÍMITES DE ATTERBERG

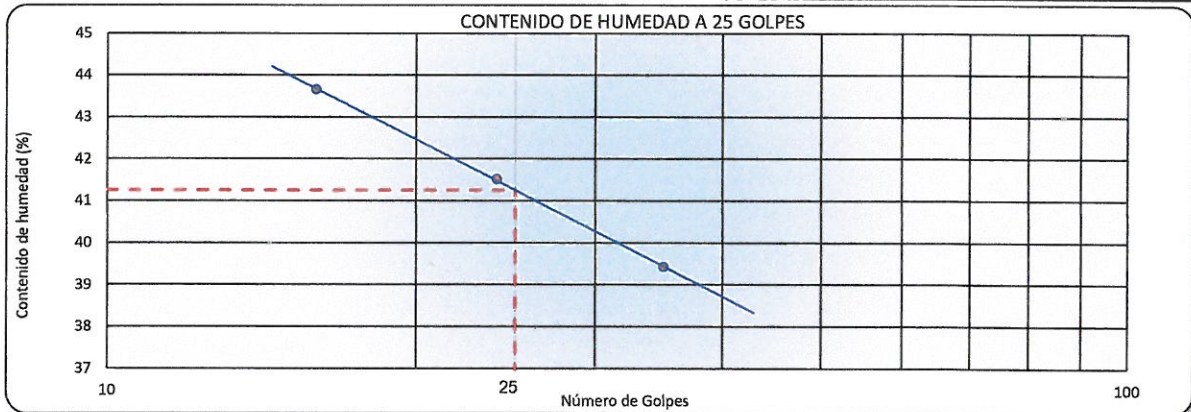
NTP 339.129

LÍMITE LÍQUIDO

N° DE TARA		T-42	T-45	T-53
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		42.63	42.82	43.73
MASA TARA + SUELO SECO (g)		34.52	34.35	34.68
MASA DEL AGUA (g)		8.11	8.47	9.05
MASA DE LA TARA (g)		13.95	13.95	13.95
MASA DEL SUELO SECO (g)		20.57	20.40	20.73
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.43	41.52	43.66
NÚMERO DE GOLPES		35	24	16

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE TARA		T-21	T-33
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		38.19	25.51
MASA TARA + SUELO SECO (g)		36.00	23.24
MASA DE LA TARA (g)		26.99	13.95
MASA DEL AGUA (g)		2.19	2.27
MASA DEL SUELO SECO (g)		9.01	9.29
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		24.31	24.43



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	41
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Pasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE CONTABILIDAD
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-05
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276376.07

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3090 - 11

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.52	23.52	23.52
Diámetro (mm)	60.72	60.72	60.72
Area inicial (cm ²)	28.96	28.96	28.96
Volumen de la muestra (cm ³)	68.11	68.11	68.11

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Masa húmeda de la muestra + Masa del anillo (g)	214.02	214.02	213.97
Masa del anillo (g)	83.94	83.94	83.94
Masa de la muestra húmeda (g)	130.08	130.08	130.03
Masa de la muestra seca (g)	102.00	102.20	102.30
Contenido de humedad (%)	27.53	27.28	27.11
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.910	1.910	1.909
Densidad seca (g/cm ³)	1.498	1.501	1.502

	ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.5	mm		23.5	mm		23.5	mm	
Diámetro de muestra:	60.7	mm		60.7	mm		60.7	mm	
Area Inicial:	29.0	cm ²		29.0	cm ²		29.0	cm ²	
Densidad Seca:	1.498	g/cm ³		1.501	g/cm ³		1.502	g/cm ³	
Humedad:	27.5	%		27.3	%		27.1	%	
Masa Normal:	1.480	g		2.989	g		5.990	g	
Esfuerzo Normal:	0.51	g/cm ²		1.03	g/cm ²		2.07	g/cm ²	
Deformación horizontal (mm)									
Deformación vertical (mm)									
Carga (kgf)									
0.00			0.00			0.00			0.00
0.25			0.45			1.52			3.25
0.50			1.12			2.25			4.01
0.75			1.45			2.88			5.00
1.00			1.69			3.52			5.83
1.50			2.89			4.45			7.02
2.00			3.28			5.21			7.98
2.50			3.76			5.85			8.98
3.00			4.26			6.63			10.25
3.50			4.69			7.35			11.35
4.00			5.16			7.86			12.25
4.50			5.55			8.65			13.25
5.00			5.92			9.25			14.25
5.50			6.36			10.25			15.35
6.00			6.78			10.65			16.25
6.50			7.25			11.52			17.52
7.00			7.85			12.02			18.52
7.50			8.32			12.98			19.52
8.00			8.85			13.00			20.32
8.50			9.32			13.12			20.65
9.00			9.54			13.25			21.05
9.50			9.65			13.32			21.25
10.00			10.25			13.65			21.35



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tenista

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE CONTABILIDAD
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-05
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276376.07

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE

0.5 mm/min

ESPECIMEN 1

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.498 g/cm³
Humedad Inic: 38.3 %
Esf. Normal : 0.51 g/cm²
Esf. Corte: 0.35 g/cm²

ESPECIMEN 2

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.498 g/cm³
Humedad Inic: 38.3 %
Esf. Normal : 1.03 g/cm²
Esf. Corte: 0.48 g/cm²

ESPECIMEN 3

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.502 g/cm³
Humedad Inic: 37.9 %
Esf. Normal : 2.07 g/cm²
Esf. Corte: 0.74 g/cm²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.02	0.04
0.82	0.04	0.10
1.24	0.05	0.12
1.65	0.07	0.16
2.47	0.09	0.23
3.29	0.11	0.27
4.12	0.13	0.31
4.94	0.15	0.35
5.76	0.16	0.38
6.59	0.18	0.41
7.41	0.19	0.44
8.23	0.20	0.47
9.06	0.22	0.50
9.88	0.23	0.53
10.70	0.25	0.56
11.53	0.27	0.60
12.35	0.29	0.63
13.18	0.31	0.66
14.00	0.32	0.69
14.82	0.33	0.70
15.65	0.34	0.71
16.47	0.35	0.74

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.05	0.06
0.82	0.08	0.10
1.24	0.10	0.12
1.65	0.12	0.15
2.47	0.15	0.18
3.29	0.18	0.21
4.12	0.20	0.24
4.94	0.23	0.27
5.76	0.25	0.30
6.59	0.27	0.32
7.41	0.30	0.34
8.23	0.32	0.37
9.06	0.35	0.40
9.88	0.37	0.42
10.70	0.40	0.44
11.53	0.42	0.45
12.35	0.43	0.47
13.18	0.45	0.48
14.00	0.45	0.48
14.82	0.46	0.48
15.65	0.47	0.49
16.47	0.48	0.49

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.11	0.07
0.82	0.14	0.08
1.24	0.17	0.10
1.65	0.20	0.12
2.47	0.24	0.15
3.29	0.28	0.16
4.12	0.31	0.18
4.94	0.35	0.21
5.76	0.39	0.23
6.59	0.42	0.24
7.41	0.46	0.26
8.23	0.49	0.28
9.06	0.53	0.30
9.88	0.56	0.31
10.70	0.61	0.33
11.53	0.64	0.35
12.35	0.67	0.36
13.18	0.70	0.38
14.00	0.71	0.38
14.82	0.73	0.38
15.65	0.73	0.38
16.47	0.74	0.38



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Encargado del laboratorio

Testista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

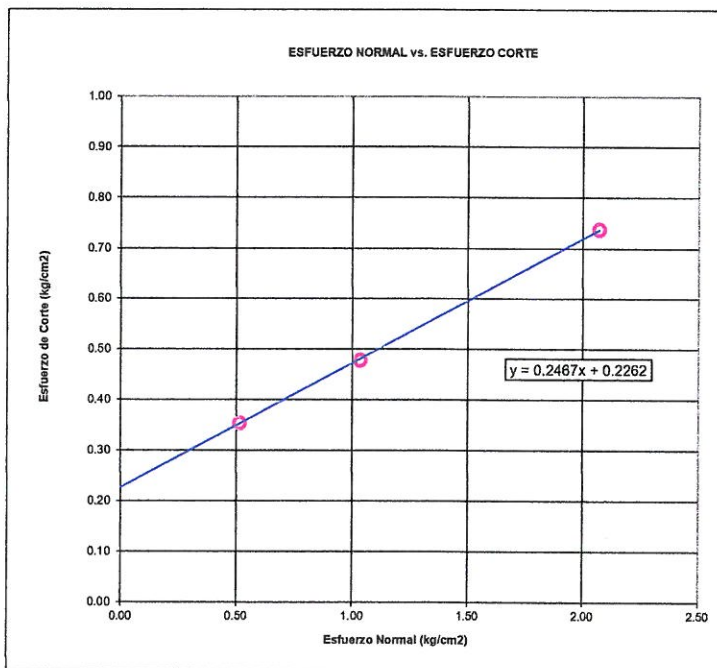
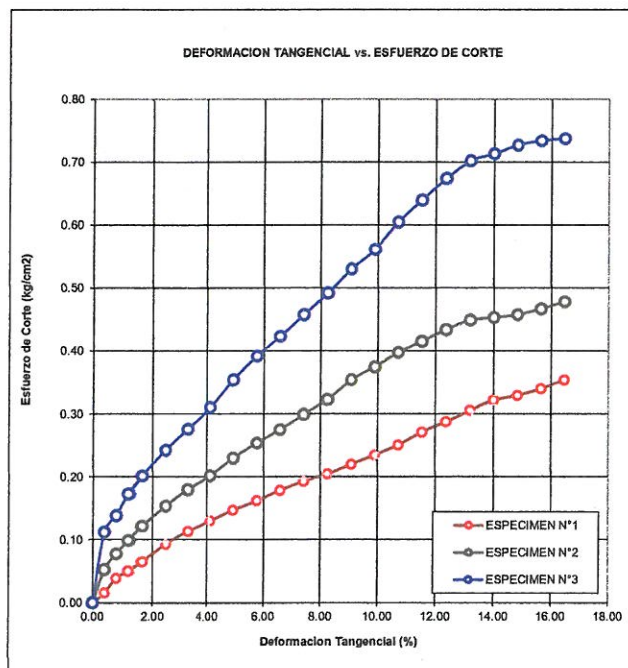
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE CONTABILIDAD
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-05
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276376.07

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:

Cohesión c : 0.23 kg/cm²
Angulo de fricción (ϕ) : 13.9°

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE CONTABILIDAD

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-05

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761740.25 N: 9276376.07

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

Densidad Húmeda g/cm3 = 2.07

Cohesion del Suelo ,g/cm2 = 0.23

Angulo de Friccion, f, ° = 13.86

Profundidad de Cimentacion, Df = 2.00 m

Ancho de Cimentacion, B, m = 16.66 m

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga

Factor de Seguridad = 3

	General	Local
Nc =	12.01	9.26
Nq =	3.96	2.52
Ng =	1.84	0.93

Capacidad de Carga

Falla Local (g/cm2)

	q_u	q_{adm}
Cimentacion corrida	4.05	1.35
Cimentacion Cuadrada	4.15	1.38

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Encargado del Laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Asesor

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL		CODIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	5	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

DATOS

SUCS : GC
Estado : Inalterado Profundidad muestra: 3 m AASHTO : Gs = 2.70

Datos del espécimen		Inicial	Final
Densidad húmeda inic:	1.73	Diámetro (mm) :	64.00
Densidad seca inicial :	1.46	Altura (mm):	15.57
Presión de hinchamiento :		Humedad (%):	16.0
0.000 kg/cm2		Saturación (%):	98.3

ETAPA DE LA CARGA

Carga (kPa)	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)	Coefic. de Consolid. (cm2/min) Tyler
0.00 kg/cm2	0.000	0.000	20.000	20.000	10.000	1.336	1.021	0.000	--
0.08 kg/cm2	-1.131	1.131	18.869	19.435	9.717	1.416	0.907	5.655	0.040
0.16 kg/cm2	-1.321	1.321	18.679	18.774	9.387	1.430	0.888	6.605	0.057
0.31 kg/cm2	-1.728	1.728	18.272	18.476	9.238	1.462	0.847	8.640	0.142
0.62 kg/cm2	-2.246	2.246	17.754	18.013	9.007	1.505	0.794	11.230	0.072
1.24 kg/cm2	-2.904	2.904	17.096	17.425	8.713	1.563	0.728	14.520	0.086
2.49 kg/cm2	-3.668	3.668	16.332	16.714	8.357	1.636	0.651	18.340	0.060
4.97 kg/cm2	-4.435	4.435	15.565	15.949	7.974	1.716	0.573	22.175	0.070

ETAPA DE LA DESCARGA

Carga	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)
4.97 kg/cm2	4.435	4.435	15.565	15.565	7.783	1.716	0.573	22.175
2.49 kg/cm2	4.300	4.300	15.700	15.633	7.816	1.702	0.587	21.500
1.24 kg/cm2	4.220	4.220	15.780	15.740	7.870	1.693	0.595	21.100
0.62 kg/cm2	4.170	4.170	15.830	15.805	7.903	1.688	0.600	20.850
0.31 kg/cm2	4.070	4.070	15.930	15.880	7.940	1.677	0.610	20.350
0.16 kg/cm2	3.950	3.950	16.050	15.990	7.995	1.665	0.622	19.750
0.08 kg/cm2	3.840	3.840	16.160	16.105	8.053	1.653	0.633	19.200

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE SUELOS

Edwar Cieza Sanchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

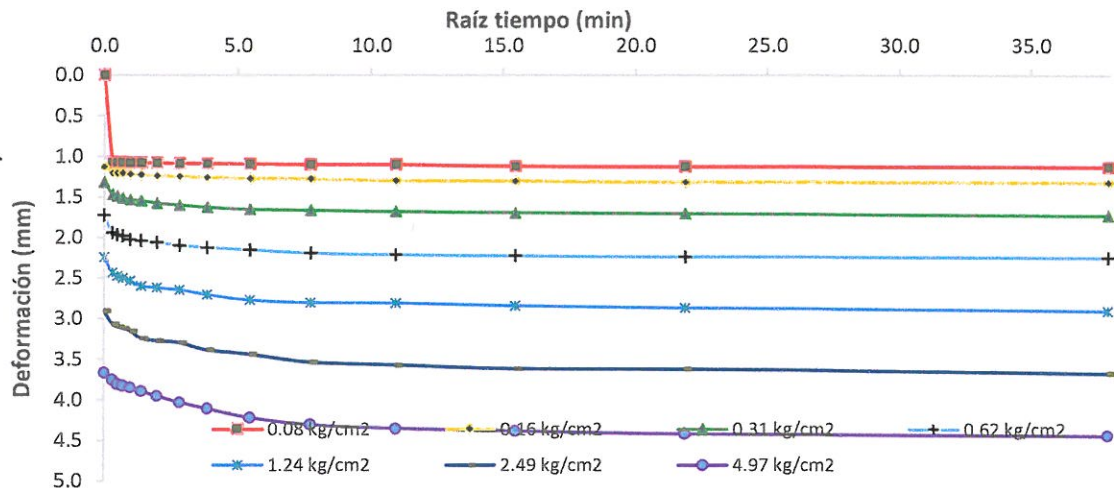
Proyecto C-05

Ubicación EDIFICIO DE CONTABILIDAD
Solicitante LENIN OMAR MEDINA ROJAS
Exploración 01/02/2025
Estrato/Nivel 3m

Reg/Prov. : CAJAMARCA
Distrito : CHOTA
Lugar : CHOTA
Fecha 13/03/2025

APLICACIÓN DE LA CARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		0.08 kg/cm ²	0.16 kg/cm ²	0.31 kg/cm ²	0.62 kg/cm ²	1.24 kg/cm ²	2.49 kg/cm ²	4.97 kg/cm ²
0.00	0.00	0.000	1.131	1.321	1.728	2.246	2.904	3.668
0.10	0.32	1.076	1.208	1.469	1.945	2.436	3.068	3.754
0.25	0.50	1.077	1.208	1.491	1.969	2.477	3.099	3.808
0.50	0.71	1.078	1.209	1.516	1.984	2.503	3.121	3.827
1.00	1.00	1.078	1.221	1.536	2.028	2.534	3.152	3.851
2.00	1.41	1.081	1.229	1.549	2.045	2.598	3.243	3.893
4.00	2.00	1.084	1.239	1.578	2.061	2.622	3.272	3.954
8.00	2.83	1.088	1.247	1.601	2.098	2.643	3.294	4.032
15.00	3.87	1.091	1.258	1.630	2.124	2.703	3.385	4.110
30.00	5.48	1.096	1.272	1.652	2.152	2.771	3.438	4.222
60.00	7.75	1.101	1.278	1.665	2.192	2.802	3.536	4.307
120.00	10.95	1.103	1.301	1.682	2.215	2.809	3.573	4.354
240.00	15.49	1.123	1.305	1.696	2.228	2.839	3.617	4.385
480.00	21.91	1.127	1.318	1.707	2.238	2.866	3.621	4.420
1440.00	37.95	1.131	1.321	1.728	2.246	2.904	3.668	4.435



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

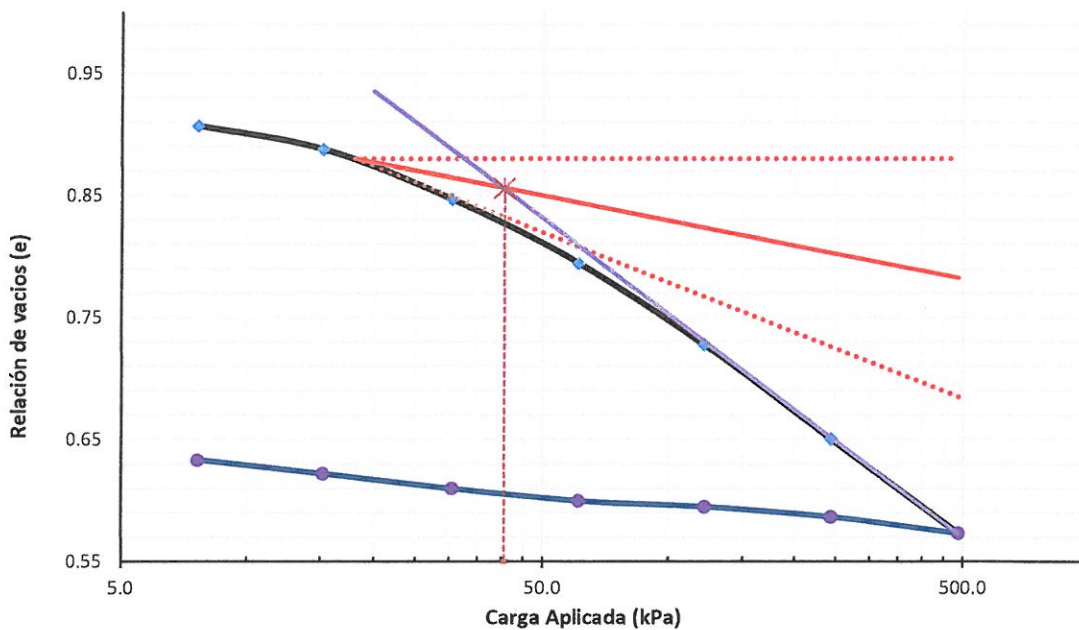
Walter Manuel Vasquez Tizay
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cioza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP. N° 185264

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL		CODIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANALISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACION Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA - UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	C-05	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

RESULTADOS

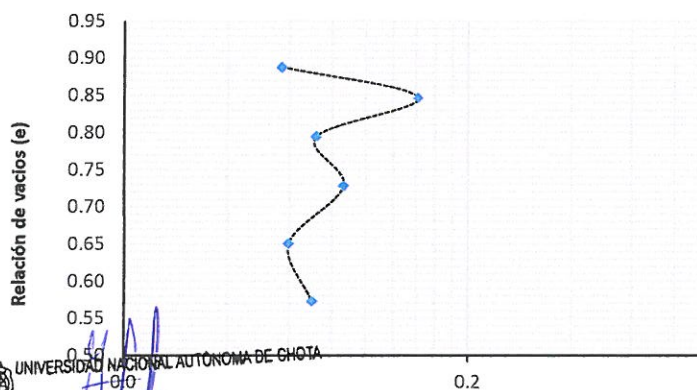
CURVA DE CONSOLIDACIÓN DE LABORATORIO



Carga de Preconsolidación σ'_c (Casagrande) = 40.5 kPa = 0.41 kg/cm²

Índice de Compresibilidad Lab C_c = 0.261

Índice Recomprens. Lab C_r = 0.033



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 OJO:
 Coeficiente de Consolidación C_v (cm²/min) Tyler
 Manuel Vásquez Tapia
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

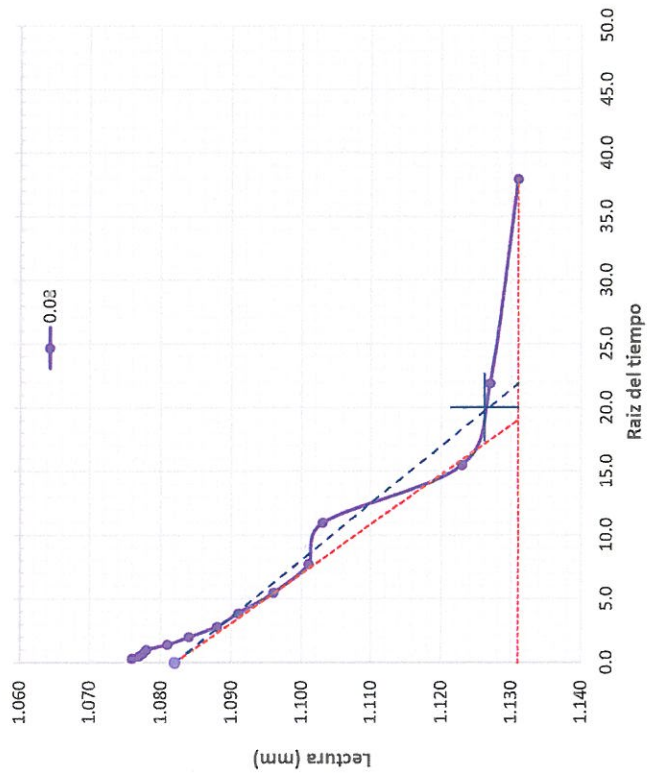

 Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

Tiempo (min)	Raíz Tiempo (min)	Deformación (mm) / carga (kg/cm ²)						
		0.08	0.16	0.31	0.62	1.24	2.49	4.97
0.00	0.00	0.000	1.131	1.321	1.728	2.246	2.904	3.668
0.10	0.32	1.076	1.208	1.469	1.945	2.436	3.068	3.754
0.25	0.50	1.077	1.208	1.491	1.969	2.477	3.099	3.808
0.50	0.71	1.078	1.209	1.516	1.984	2.503	3.121	3.827
1.00	1.00	1.078	1.221	1.536	2.028	2.534	3.152	3.851
2.00	1.41	1.081	1.229	1.549	2.045	2.598	3.243	3.893
4.00	2.00	1.084	1.239	1.578	2.061	2.622	3.272	3.954
8.00	2.83	1.088	1.247	1.601	2.098	2.843	3.294	4.032
15.00	3.87	1.091	1.258	1.630	2.124	2.703	3.385	4.110
30.00	5.48	1.096	1.272	1.652	2.152	2.771	3.438	4.222
60.00	7.75	1.101	1.278	1.665	2.192	2.802	3.536	4.307
120.00	10.95	1.103	1.301	1.682	2.215	2.809	3.573	4.354
240.00	15.49	1.123	1.305	1.696	2.228	2.839	3.617	4.385
480.00	21.91	1.127	1.318	1.707	2.238	2.866	3.621	4.420
1440.00	37.95	1.131	1.321	1.728	2.246	2.904	3.668	4.435

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Páez Tapia
RESP. DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

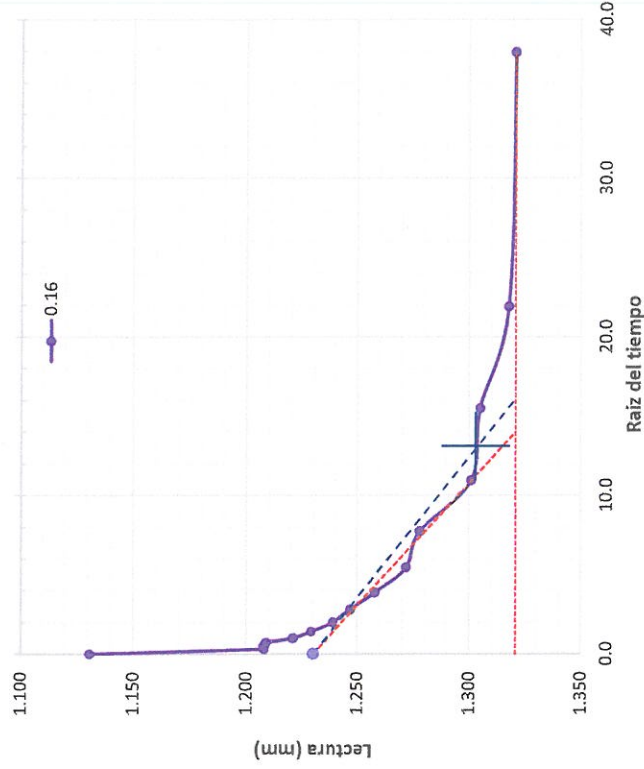
Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	1.0820	0	1.13	0	1.13
19	1.131	37.95	1.131	1.13	1.131
B= 19		C= 21.85			
0	1.08	20.0000	1.1262	Cv = 0.040	
21.85	1.131	T90			

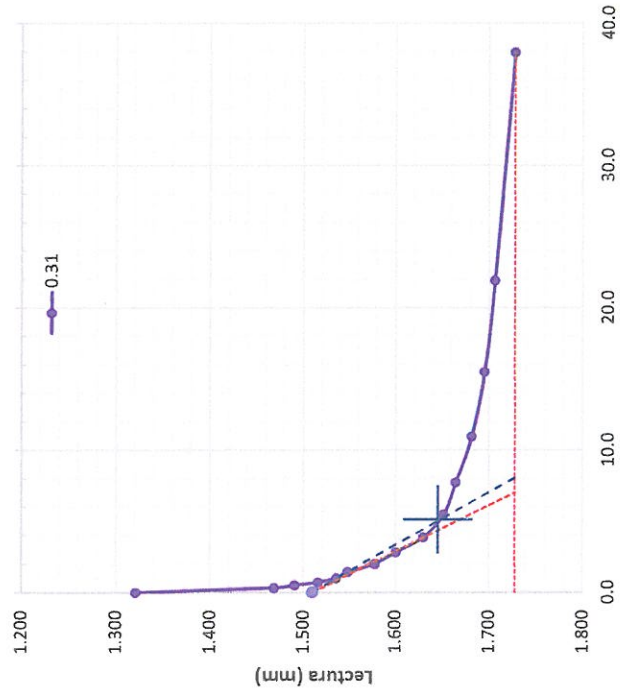
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Manuel Pasquez Tapia
 RESERVA DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	1.2300	0	1.32	0	1.32
14	1.321	37.95	1.321	1.32	1.321
B= 14		C= 16.1			
0	1.23	13.1000	1.3030	Cv = 0.057	
16.1	1.321	T90			

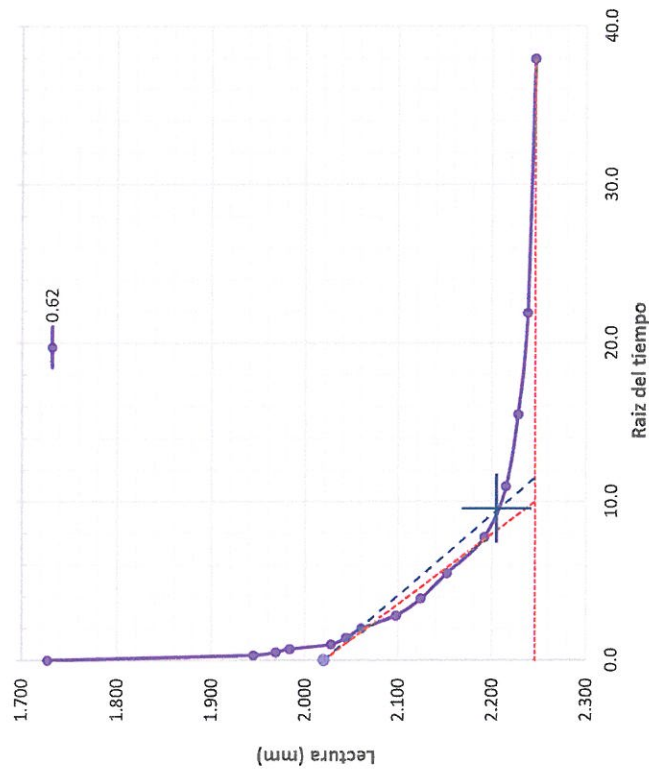
Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	1.5100	0	1.73	0	1.73
7	1.728	37.95	1.728	1.73	1.728
B= 7		C= 8.05			
0	1.51	T90			
8.05	1.728	5.1000	1.6460	Cv = 0.142	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ing. *Manuel Vasquez Tapia*
 RESPT. DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

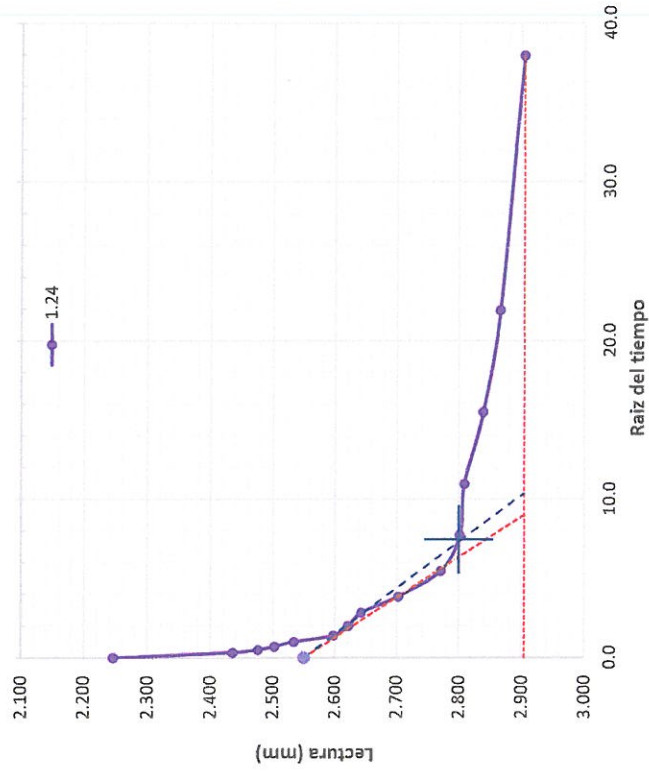
Edwar Cioza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	2.0200	0	2.25	0	2.25
10	2.246	37.95	2.246	2.25	2.246
B= 10 C= 11.5					
T90					
0	2.02				
11.5	2.246	9.5700	2.2050	Cv = 0.072	

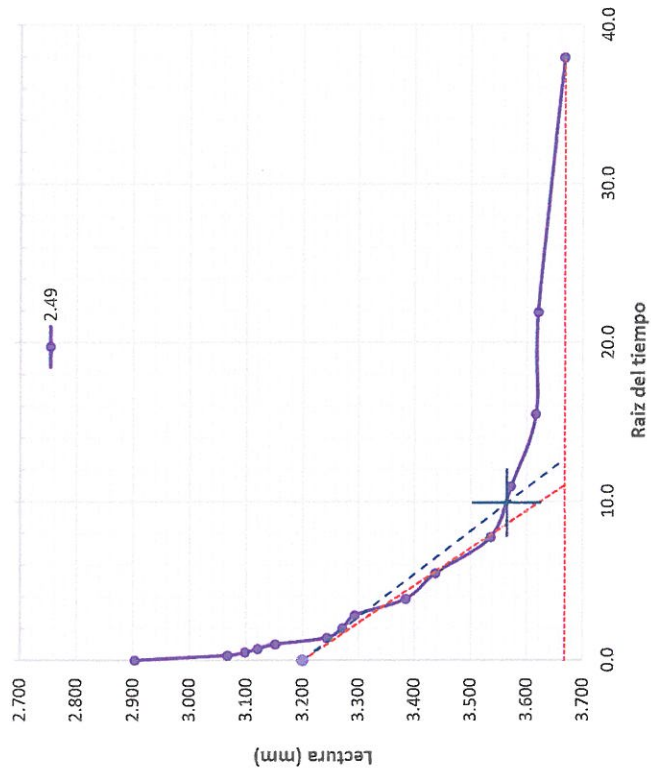
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Mariscal Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LINEA TANGENTE			LINEA HORIZONTAL			LINEA HORIZONTAL		
x	y		x	y		x	y	
0	2.5500		0	2.90		0	2.90	
9	2.904		37.95	2.904		2.90	2.904	
		1	B= 9				C= 10.35	
0	2.55		T90					
10.35	2.904					Cv= 0.086		

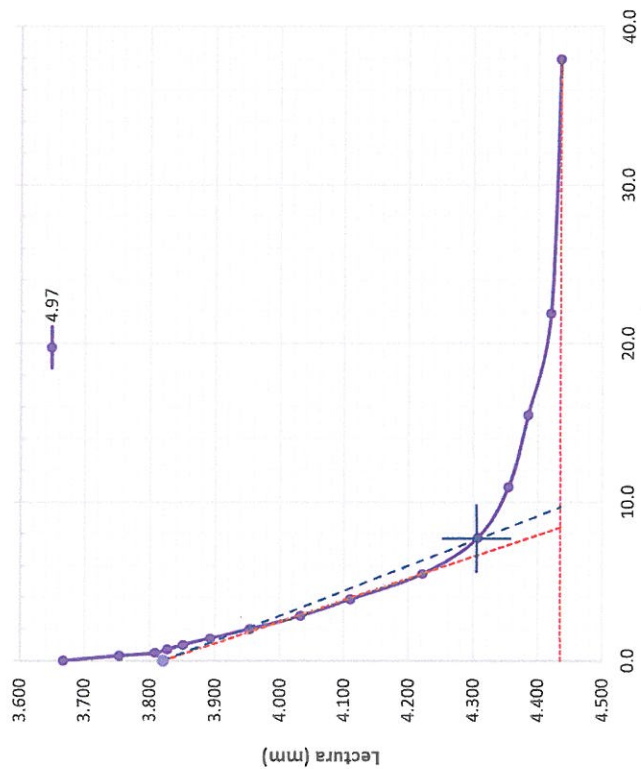
Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	3.2000	0	3.67	0	3.67
11	3.668	37.95	3.668	3.67	3.668
B= 11		C= 12.65			
0	3.20	T90			
12.65	3.668	9.9000	3.5650	CV = 0.060	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 H. C. Manuel P. Castañeda Tapia
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	3.8200	0	4.44	0	4.44
8.4	4.435	37.95	4.435	4.44	4.435
B= 8.4		C= 9.66			
0	3.82	T90			
9.66	4.435	7.7000	4.3050	Cv = 0.070	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cíaiza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

CALICATA C-05 – Bulbo de presiones 2:1 y asentamiento por consolidación

Dato	Valor	Unidad	Fuente/observación
Calicata	C-05		
Pabellón	Cotabilidad		
qserv (presión de servicio)	0.670	kg/cm ²	Tomado del informe final (Ingeniería Civil)
γ del terreno	2.070	g/cm ³	Tomado de hoja original
Df	2.000	m	Tomado de hoja original
B	1.500	m	Tomado de hoja original
L	16.660	m	Tomado de hoja original
e0	0.907		CONS_1!H24 del archivo base
Cc	0.261		CONS_4!E39 del archivo base
Cr	0.033		CONS_4!I39 del archivo base
σ'p (preconsolidación)	0.413	kg/cm ²	40.5 kPa convertido a kg/cm ²
Δz por subcapa	0.250	m	Editable
Profundidad máxima analizad	5.000	m bajo la base	Editable
Criterio de zona activa	10.0%	Δσ/σ'v0	Editable
q0 efectiva = qserv - γ·Df	0.256	kg/cm ²	Usa presión neta para asentamiento por consolidación

Notas

1. El bulbo se calcula con el método 2:1 para zapata rectangular: $\Delta\sigma_z = q_0 \cdot B \cdot L / ((B+z)(L+z))$.
2. z se mide desde la base de la cimentación hasta el centro de cada subcapa.
3. $\sigma'v0$ se calcula con $\gamma \cdot (Df+z)$ y se expresa en kg/cm².
4. La zona activa se identifica cuando $\Delta\sigma_z / \sigma'v0$ es mayor o igual al criterio definido en B17.
5. El asentamiento se calcula por subcapas y se suma solo en la zona activa.

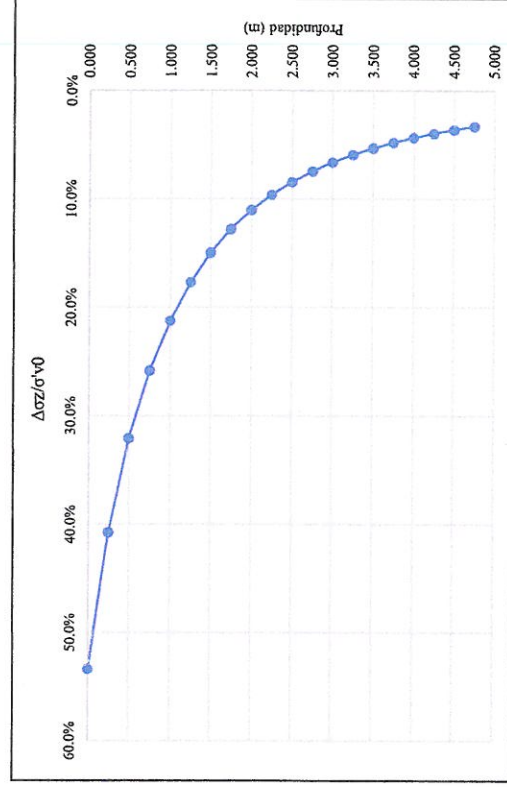

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS


 Edwar Cleza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

Bulbo de presiones real – Método 2:1 – Calicata C-05

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	$\sigma'v0$ inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z$ 2:1 (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z/\sigma'v0$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.440	0.235	0.674	53.3%	ACTIVA	Se considera en Se
2	0.250	0.500	0.375	0.492	0.200	0.692	40.7%	ACTIVA	Se considera en Se
3	0.500	0.750	0.625	0.543	0.174	0.718	32.1%	ACTIVA	Se considera en Se
4	0.750	1.000	0.875	0.595	0.154	0.749	25.8%	ACTIVA	Se considera en Se
5	1.000	1.250	1.125	0.647	0.137	0.784	21.2%	ACTIVA	Se considera en Se
6	1.250	1.500	1.375	0.699	0.123	0.822	17.7%	ACTIVA	Se considera en Se
7	1.500	1.750	1.625	0.750	0.112	0.862	14.9%	ACTIVA	Se considera en Se
8	1.750	2.000	1.875	0.802	0.102	0.904	12.7%	ACTIVA	Se considera en Se
9	2.000	2.250	2.125	0.854	0.094	0.948	11.0%	ACTIVA	Se considera en Se
10	2.250	2.500	2.375	0.906	0.087	0.992	9.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
11	2.500	2.750	2.625	0.957	0.080	1.038	8.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
12	2.750	3.000	2.875	1.009	0.075	1.084	7.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
13	3.000	3.250	3.125	1.061	0.070	1.131	6.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	1.113	0.066	1.178	5.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	1.164	0.062	1.226	5.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	1.216	0.058	1.274	4.8%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	1.268	0.055	1.323	4.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.320	0.052	1.371	3.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.371	0.049	1.420	3.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.423	0.047	1.470	3.3%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Profundidad activa máxima 12.25
Número de subcapas activas 9



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. W. J. Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Edwar Cioza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Cálculo del asentamiento por consolidación - C-05

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	$\sigma'v0$ (kg/cm ²)	$\Delta\sigma z$ (kg/cm ²)	$\sigma'vf$ (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Sc subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.440	0.235	0.674	NC (Cc)	6.351
2	0.375	0.250	0.492	0.200	0.692	NC (Cc)	5.078
3	0.625	0.250	0.543	0.174	0.718	NC (Cc)	4.132
4	0.875	0.250	0.595	0.154	0.749	NC (Cc)	3.412
5	1.125	0.250	0.647	0.137	0.784	NC (Cc)	2.855
6	1.375	0.250	0.699	0.123	0.822	NC (Cc)	2.417
7	1.625	0.250	0.750	0.112	0.862	NC (Cc)	2.067
8	1.875	0.250	0.802	0.102	0.904	NC (Cc)	1.783
9	2.125	0.250	0.854	0.094	0.948	NC (Cc)	1.551
10	2.375	0.000	0.906	0.087	0.992	No activa	0.000
11	2.625	0.000	0.957	0.080	1.038	No activa	0.000
12	2.875	0.000	1.009	0.075	1.084	No activa	0.000
13	3.125	0.000	1.061	0.070	1.131	No activa	0.000
14	3.375	0.000	1.113	0.066	1.178	No activa	0.000
15	3.625	0.000	1.164	0.062	1.226	No activa	0.000
16	3.875	0.000	1.216	0.058	1.274	No activa	0.000
17	4.125	0.000	1.268	0.055	1.323	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.320	0.052	1.371	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.371	0.049	1.420	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.423	0.047	1.470	No activa	0.000

Profundidad activa calculada (m)	2.250
q0 efectiva utilizada (kg/cm ²)	0.256
Asentamiento por consolidación Sc (mm)	29.645
Asentamiento por consolidación Sc (cm)	2.965
Conclusión	Cumple rango de 25-38 mm

Criterios y notas

El cálculo del asentamiento se realiza por subcapas activas, sin fijar previamente un espesor H único.

Si $\sigma'p \leq \sigma'v0$, se aplica compresión virgen con Cc.

Si $\sigma'p \geq \sigma'vf$, se aplica recompresión con Cr.

Si $\sigma'v0 < \sigma'p < \sigma'vf$, se aplica formulación mixta Cr + Cc.

Este archivo está preparado para cambiar únicamente los datos de entrada si se corrige o actualiza información de C-05.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



**ASENTAMIENTO ELÁSTICO CALCULADO POR LA TEORÍA DE BOUSSINESQ
(SCHLEICHER, 1926)**
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE CHOTA**

TESIS: "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

TESISTA: LENIN OMAR MEDINA ROJAS

UBICACIÓN: EDIFICIO DE CONTABILIDAD, CAMPUS UNIVERSITARIO

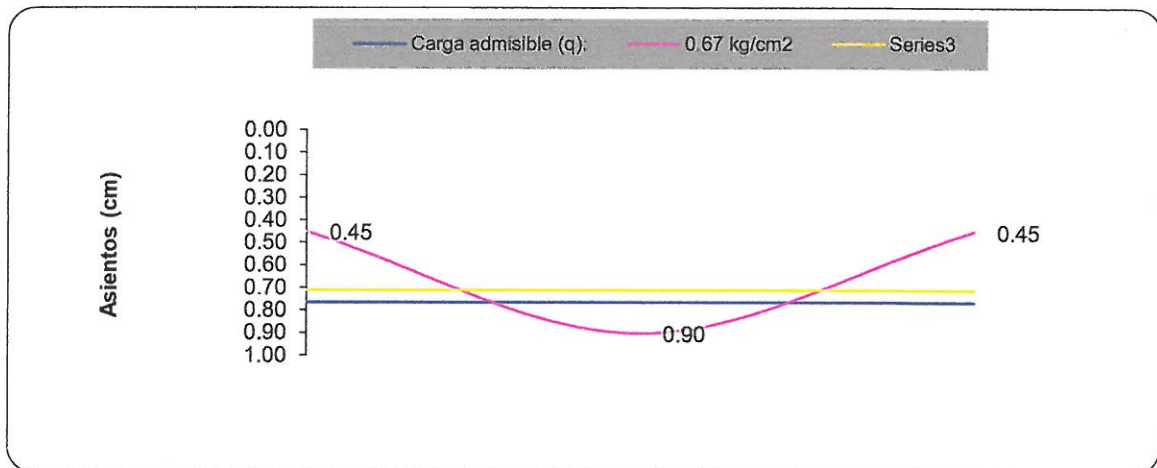
CALICATA: C5

Cálculo de asientos. Schleicher (1926)

C5

Carga admisible (q):	0.67 kg/cm ²	0.67 kg/cm ²
Módulo de Young (E):	293.25 kg/cm ²	293.25 kg/cm ²
Coefficiente de Poisson (v):	0.40	0.40
Ancho cimentación (b):	1.50 m	150 cm
Largo cimentación (l):	16.66 m	1666 cm
m:		11.11
lp:		1.31
Factor de seguridad:	1.20	1.20

Asientos Carga rígida (cm)	Asientos carga flexible			Carga total (T)
	Esquina (cm)	Centro (cm)	Valor medio (cm)	
0.71	0.45	0.90	0.76	167.43



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vicoso Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP. N° 185264



INFORME DE ENSAYOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-06

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761872.97 N: 9276327.85

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 339.127

ENSAYO N°	1	
N° DE TARA	T-65	
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	596.70	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	503.10	
MASA DE LA TARA (g)	99.80	
MASA DEL AGUA (g)	93.60	
MASA DEL SUELO SECO (g)	403.30	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.2	
HUMEDAD NATURAL (%)	23.2	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Muniel
Muniel Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Sanchez
Lenin Omar Sánchez
Ingeniero Civil
Registro DIP N° 185234

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-06

CODIGO DE MUESTRA : M-01

PROF. (m). : 3.00 m.

MATERIAL : SUELO NATURAL

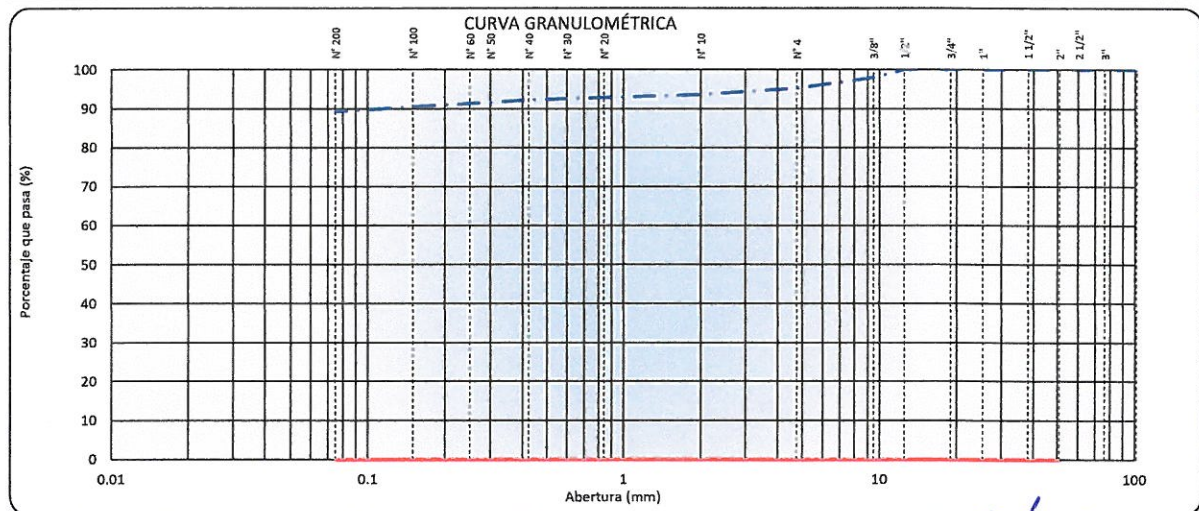
FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761872.97 N: 9276327.85

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO

NTP 339.128

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600					Masa de la Muestra
3"	76.200					Masa Total de la Muestra (g) : 595.70
2 1/2"	60.350					Material Fino < N°4 (g) : 567
2"	50.800					Material Grueso > N°4 (g) : 28
1 1/2"	38.100					Fracción Material < N°4 (g) : 595.70
1"	25.400					Límites de Consistencia
3/4"	19.000					Límite Líquido : 54
1/2"	12.500					Límite Plástico : 29
3/8"	9.525					Índice Plástico : 25
N°4	4.760	11.76	1.97	1.97	98.03	Clasificación de Suelo
N°8	2.380	16.51	2.77	4.75	95.25	Clasificación SUCS : MH
N°10	2.000	7.30	1.23	5.97	94.03	Clasificación AASHTO : A-7-6 (17)
N°20	0.840	2.00	0.34	6.31	93.69	
N°40	0.425	4.58	0.77	7.08	92.92	
N°60	0.250	4.19	0.70	7.78	92.22	
N°100	0.150	4.08	0.68	8.46	91.54	Contenido de Humedad Natural (%) : 23.21
N°140	0.106	4.44	0.75	9.21	90.79	Máxima dens. Seca (g/cm³) :
N°200	0.075	6.74	1.13	10.34	89.66	Óptimo Cont. Humedad (%) :
< N°200	FONDO	2.21	0.37	10.71	89.29	CBR 0.1" al 95% MDS (%) :
		531.9	89.28	100.0		CBR 0.1" al 100% MDS (%) :



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Tesista

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-06

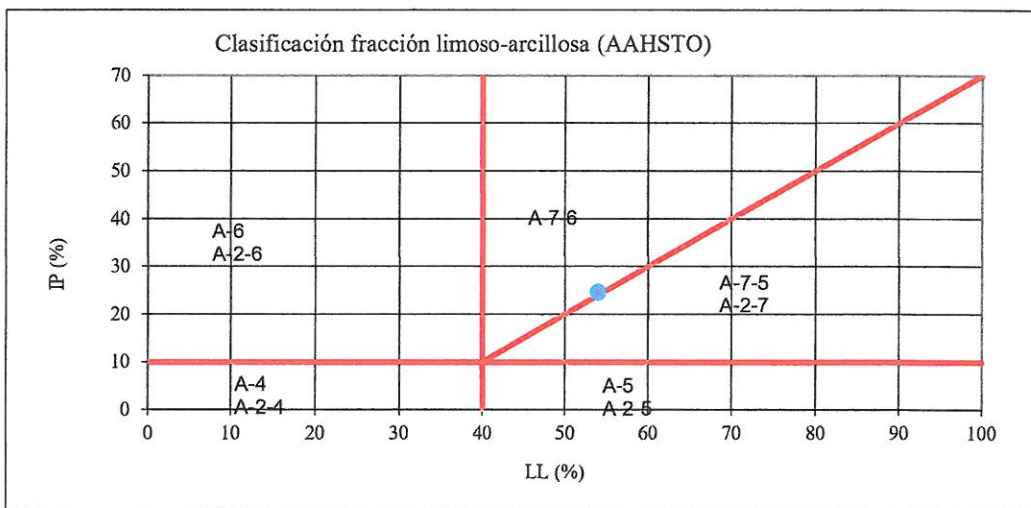
CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

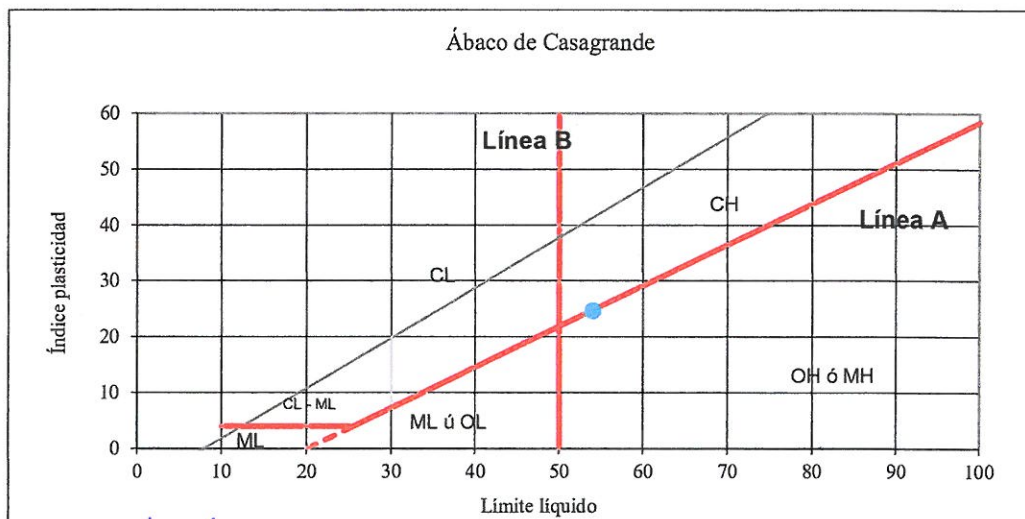
FECHA : 10/02/2025

COORDENADAS : E: 761872.97 N: 9276327.85



Clasificación AASHTO

A-7-6 Suelo arcilloso



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

DATOS GENERALES

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-06

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761872.97 N: 9276327.85

LÍMITES DE ATTERBERG

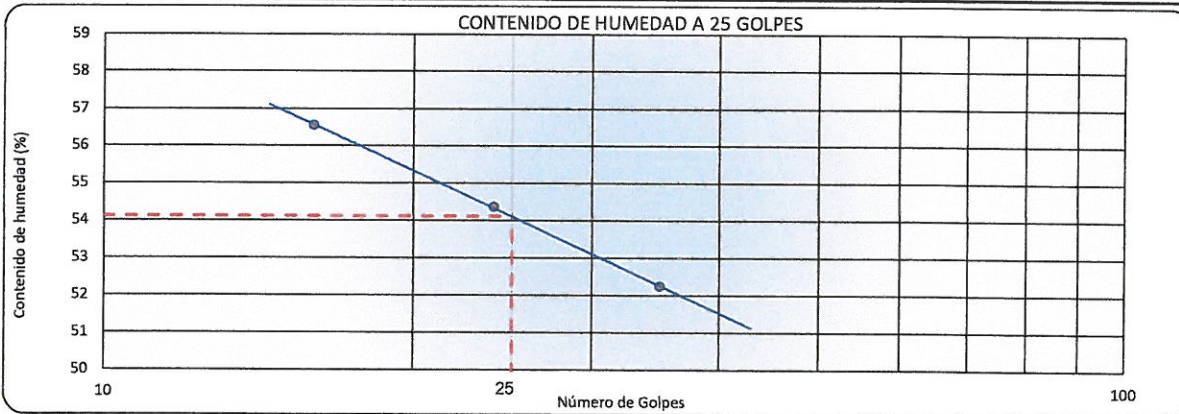
NTP 339.129

LÍMITE LÍQUIDO

N° DE TARA		T-13	T-16	T-17
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		68.14	44.97	67.67
MASA TARA + SUELO SECO (g)		57.20	34.02	56.32
MASA DEL AGUA (g)		10.94	10.95	11.35
MASA DE LA TARA (g)		36.26	13.88	36.25
MASA DEL SUELO SECO (g)		20.94	20.14	20.07
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		52.24	54.37	56.55
NÚMERO DE GOLPES		35	24	16

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE TARA		T-20	T-26
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		25.19	48.25
MASA TARA + SUELO SECO (g)		22.56	46.00
MASA DE LA TARA (g)		13.60	38.37
MASA DEL AGUA (g)		2.63	2.25
MASA DEL SUELO SECO (g)		8.96	7.63
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		29.35	29.49



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	54
LÍMITE PLÁSTICO	29
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesisla

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-06
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761872.97 N: 9276327.85

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.51	23.52	23.52
Diámetro (mm)	60.72	60.72	60.72
Area inicial (cm ²)	28.96	28.96	28.96
Volumen de la muestra (cm ³)	68.08	68.11	68.11
DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Masa húmeda de la muestra + Masa del anillo (g)	213.97	213.97	214.02
Masa del anillo (g)	83.94	83.94	83.94
Masa de la muestra húmeda (g)	130.03	130.03	130.08
Masa de la muestra seca (g)	94.00	94.25	94.36
Contenido de humedad (%)	38.33	37.96	37.86
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.910	1.909	1.910
Densidad seca (g/cm ³)	1.381	1.384	1.385

	ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.5	mm		23.5	mm		23.5	mm	
Diámetro de muestra:	60.7	mm		60.7	mm		60.7	mm	
Area Inicial:	29.0	cm ²		29.0	cm ²		29.0	cm ²	
Densidad Seca:	1.381	g/cm ³		1.384	g/cm ³		1.385	g/cm ³	
Humedad:	38.3	%		38.0	%		37.9	%	
Masa Normal:	1.480	g		2.989	g		5.990	g	
Esfuerzo Normal:	0.51	g/cm ²		1.03	g/cm ²		2.07	g/cm ²	
Deformación horizontal (mm)									
Deformación vertical (mm)									
Carga (kgf)									
0.00			0.00			0.00			0.00
0.25			0.78			1.88			3.01
0.50			1.26			2.58			4.86
0.75			1.86			3.46			5.81
1.00			2.38			4.32			7.35
1.50			3.12			6.39			8.82
2.00			3.78			6.49			10.26
2.50			4.47			7.64			12.01
3.00			5.12			8.78			13.19
3.50			5.87			9.83			14.32
4.00			6.53			10.65			15.26
4.50			7.24			11.25			16.65
5.00			7.98			11.52			16.36
5.50			8.25			11.85			16.85
6.00			8.85			12.29			17.00
6.50			8.96			12.53			17.25
7.00			9.35			12.65			17.56
7.50			9.85			13.00			17.85
8.00			9.99			13.15			17.96
8.50			10.00			13.18			18.00
9.00			10.25			13.25			18.02
9.50			10.35			13.32			18.12
10.00			10.65			13.42			18.32



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapiá
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA DE FORESTAL Y AMBIENTAL
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-06
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761872.97 N: 9276327.85

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE

0.5 mm/min

ESPECIMEN 1

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.381 g/cm³
Humedad Inic: 25.6 %
Esf. Normal : 0.51 g/cm²
Esf. Corte: 0.37 g/cm²

ESPECIMEN 2

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.381 g/cm³
Humedad Inic: 25.6 %
Esf. Normal : 1.03 g/cm²
Esf. Corte: 0.46 g/cm²

ESPECIMEN 3

Altura Inicial: 23.5 mm
Lado de caja : 60.7 mm
Area Inicial: 29.0 cm²
Densidad Seca: 1.385 g/cm³
Humedad Inic: 24.1 %
Esf. Normal : 2.07 g/cm²
Esf. Corte: 0.63 g/cm²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.03	0.07
0.82	0.04	0.11
1.24	0.06	0.16
1.65	0.08	0.20
2.47	0.11	0.26
3.29	0.13	0.31
4.12	0.15	0.37
4.94	0.18	0.42
5.76	0.20	0.48
6.59	0.23	0.52
7.41	0.25	0.58
8.23	0.28	0.63
9.06	0.28	0.65
9.88	0.31	0.69
10.70	0.31	0.69
11.53	0.32	0.71
12.35	0.34	0.74
13.18	0.34	0.75
14.00	0.35	0.74
14.82	0.35	0.75
15.65	0.36	0.75
16.47	0.37	0.77

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.06	0.08
0.82	0.09	0.11
1.24	0.12	0.15
1.65	0.15	0.18
2.47	0.19	0.22
3.29	0.22	0.27
4.12	0.26	0.31
4.94	0.30	0.36
5.76	0.34	0.40
6.59	0.37	0.42
7.41	0.39	0.44
8.23	0.40	0.45
9.06	0.41	0.46
9.88	0.42	0.47
10.70	0.43	0.48
11.53	0.44	0.48
12.35	0.45	0.49
13.18	0.45	0.49
14.00	0.46	0.48
14.82	0.46	0.48
15.65	0.46	0.48
16.47	0.46	0.48

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (g/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/e)
0.00	0.00	0.00
0.41	0.10	0.06
0.82	0.17	0.10
1.24	0.20	0.12
1.65	0.25	0.15
2.47	0.30	0.18
3.29	0.36	0.21
4.12	0.41	0.24
4.94	0.46	0.27
5.76	0.49	0.29
6.59	0.53	0.30
7.41	0.55	0.31
8.23	0.56	0.32
9.06	0.58	0.33
9.88	0.59	0.33
10.70	0.60	0.33
11.53	0.61	0.33
12.35	0.62	0.33
13.18	0.62	0.33
14.00	0.62	0.33
14.82	0.62	0.33
15.65	0.63	0.32
16.47	0.63	0.33



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Waller Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

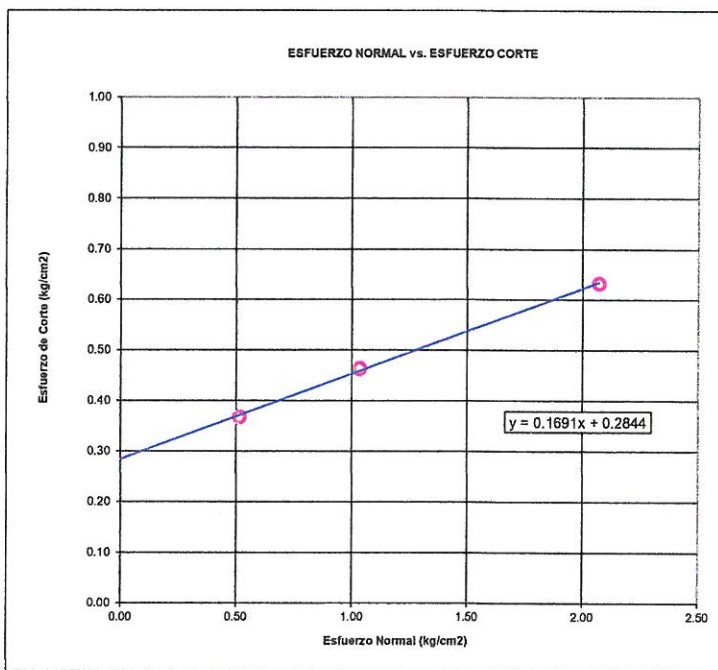
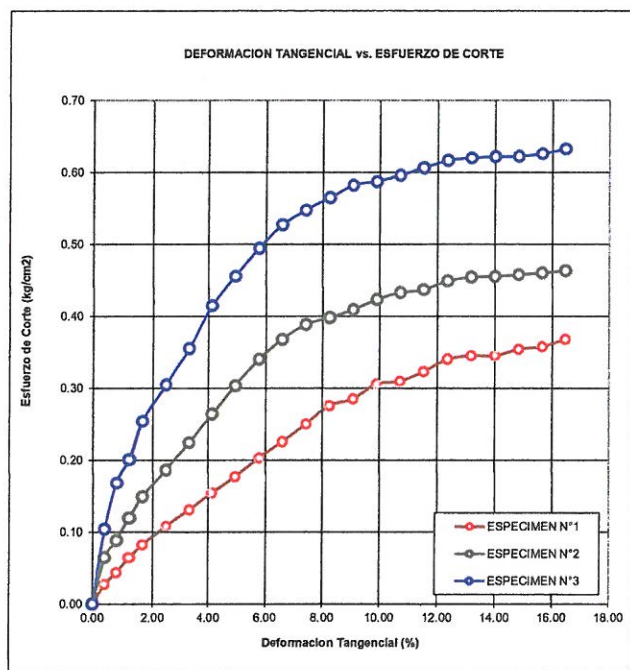
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".
UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA DE FORESTAL Y AMBIENTAL
TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS
CALICATA : C-06
CODIGO DE MUESTRA : M-01
MATERIAL : SUELO NATURAL
PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10
COORDENADAS : E: 761872.97 N: 9276327.85

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:

Cohesión c : 0.28 kg/cm²
Angulo de fricción ϕ : 9.6°

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Encargado del laboratorio

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264
Asesor



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

UBICACIÓN : EDIFICIO DE INGENIERIA DE FORESTAL Y AMBIENTAL

TESISTA : LENIN OMAR MEDINA ROJAS

CALICATA : C-06

CODIGO DE MUESTRA : M-01

MATERIAL : SUELO NATURAL

PROF. (m). : 3.00 m.

FECHA : 2025-02-10

COORDENADAS : E: 761872.97 N: 9276327.85

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICION CONSOLIDADA Y DRENADA

ASTM D3080 / D3080 - 11

Densidad Húmeda g/cm^3 = 1.73

Cohesion del Suelo g/cm^2 = 0.28

Angulo de Friccion, f° = 9.60

Profundidad de Cimentacion, D_f = 2.40 m

Ancho de Cimentacion, B , m = 20.00 m

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga

	General	Local
$N_c =$	9.39	7.91
$N_q =$	2.59	1.89
$N_g =$	0.97	0.56

Factor de Seguridad = 3

Capacidad de Carga

Falla Local (g/cm^2)

	q_u	q_{adm}
Cimentacion corrida	3.25	1.08
Cimentacion Cuadrada	3.50	1.17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vázquez Tapia

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Encargado del laboratorio

Tesista

Edwar Cieza Sánchez

Ingeniero Civil

Registro CIP N° 185264

Asesor

 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL		CODIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154				
PROYECTO:	"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	6	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:	CAMPUS UNIVERSITARIO		TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:	01/02/2025		RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2025		REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

DATOS

SUCS : **ML** AASHTO :
Estado : Inalterado Profundidad muestra: 3 m Gs = 2.70

Datos del espécimen		Inicial	Final
Densidad húmeda inic:	1.80	Diámetro (mm) :	64.00
Densidad seca inicial :	1.52	Altura (mm):	20.0
Presión de hinchamiento :		Humedad (%):	18.2
	0.000 kg/cm2	Saturación (%):	63.47
			79.3

ETAPA DE LA CARGA

Carga (kPa)	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)	Coefic. de Consolid. (cm2/min) Tyler
0.00 kg/cm2	0.000	0.000	20.000	20.000	10.000	1.336	1.021	0.000	-.-
0.08 kg/cm2	-0.126	0.126	19.874	19.937	9.969	1.344	1.009	0.630	0.043
0.16 kg/cm2	-0.347	0.347	19.653	19.764	9.882	1.359	0.986	1.735	0.055
0.31 kg/cm2	-0.703	0.703	19.297	19.475	9.738	1.384	0.950	3.515	0.103
0.62 kg/cm2	-1.191	1.191	18.809	19.053	9.527	1.420	0.901	5.955	0.118
1.24 kg/cm2	-1.869	1.869	18.131	18.470	9.235	1.474	0.832	9.345	0.100
2.49 kg/cm2	-2.554	2.554	17.446	17.789	8.894	1.531	0.763	12.770	0.061
4.97 kg/cm2	-3.238	3.238	16.762	17.104	8.552	1.594	0.694	16.190	0.089

ETAPA DE LA DESCARGA

Carga	Lectura final (mm)	Asentam. (mm)	Altura final (mm)	Altura promedio (mm)	Altura drenada (mm)	Densidad Seca (gr/cm3)	Relación Vacíos (e)	Deformac. vertical (%)
4.97 kg/cm2	3.238	3.238	16.762	16.762	8.381	1.594	0.694	16.190
2.49 kg/cm2	3.200	3.200	16.800	16.781	8.391	1.590	0.698	16.000
1.24 kg/cm2	3.150	3.150	16.850	16.825	8.413	1.586	0.703	15.750
0.62 kg/cm2	3.090	3.090	16.910	16.880	8.440	1.580	0.709	15.450
0.31 kg/cm2	2.980	2.980	17.020	16.965	8.483	1.570	0.720	14.900
0.16 kg/cm2	2.910	2.910	17.090	17.055	8.528	1.563	0.727	14.550
0.08 kg/cm2	2.840	2.840	17.160	17.125	8.563	1.557	0.734	14.200


Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

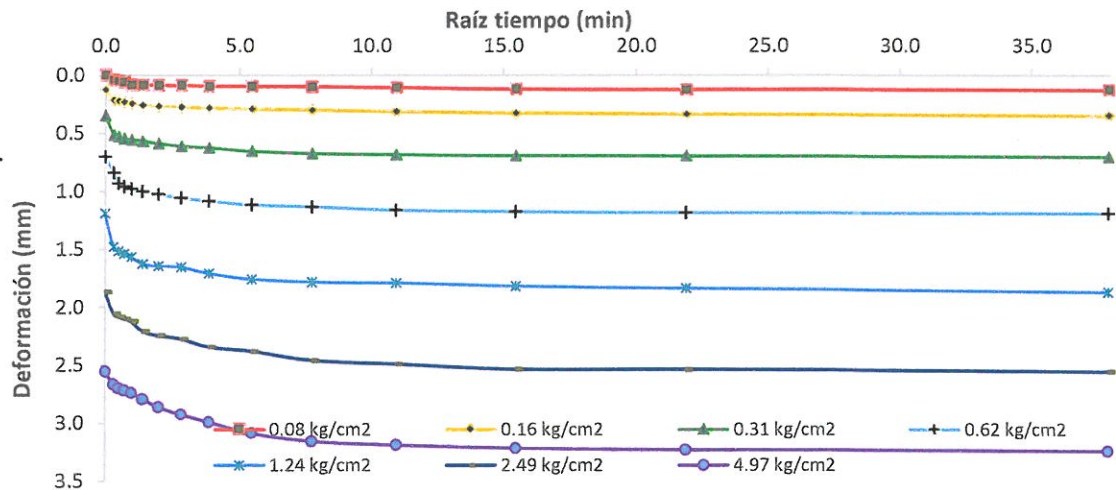
ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

Proyecto C-06

Ubicación **EDIFICIO DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL** Reg/Prov. : **CAJAMARCA**
 Solicitante **LENIN OMAR MEDINA ROJAS** Distrito : **CHOTA**
 Exploración **01/02/2025** Lugar : **CHOTA**
 Estrato/Nivel **3m** Fecha **13/03/2025**

APLICACIÓN DE LA CARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		0.08 kg/cm ²	0.16 kg/cm ²	0.31 kg/cm ²	0.62 kg/cm ²	1.24 kg/cm ²	2.49 kg/cm ²	4.97 kg/cm ²
0.00	0.00	0.000	0.126	0.347	0.703	1.191	1.869	2.554
0.10	0.32	0.041	0.214	0.516	0.840	1.480	2.056	2.667
0.25	0.50	0.046	0.221	0.528	0.934	1.518	2.082	2.698
0.50	0.71	0.057	0.229	0.546	0.960	1.538	2.100	2.715
1.00	1.00	0.080	0.246	0.554	0.981	1.569	2.122	2.739
2.00	1.41	0.083	0.258	0.567	1.002	1.627	2.206	2.793
4.00	2.00	0.085	0.269	0.590	1.028	1.646	2.245	2.862
8.00	2.83	0.087	0.275	0.613	1.057	1.656	2.274	2.925
15.00	3.87	0.093	0.282	0.626	1.085	1.709	2.342	2.991
30.00	5.48	0.094	0.290	0.655	1.118	1.758	2.381	3.086
60.00	7.75	0.098	0.299	0.675	1.134	1.784	2.460	3.156
120.00	10.95	0.107	0.314	0.686	1.163	1.792	2.492	3.188
240.00	15.49	0.120	0.325	0.694	1.176	1.819	2.536	3.215
480.00	21.91	0.124	0.334	0.697	1.187	1.839	2.538	3.228
1440.00	37.95	0.126	0.347	0.703	1.191	1.869	2.554	3.238



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Walter Manuel Vásquez Tapia
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cioza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL (NTP 339.154)

Proyecto C-06

Ubicación EDIFICIO DE INGENIERIA F Y A. Reg/Prov. : CAJAMARCA
Solicitante LENIN OMAR MEDINA ROJAS Distrito : CHOTA
Exploración 01/02/2025 Lugar : CHOTA
Estrato/Nivel 3.00 m Fecha : 13/03/2025

APLICACIÓN DE LA DESCARGA

Tiempo (min)	Raíz tiempo (min)	Deformación (mm)						
		2.49 kg/cm2	1.24 kg/cm2	0.62 kg/cm2	0.31 kg/cm2	0.16 kg/cm2	0.08 kg/cm2	
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.10	0.32	3.220	3.180	3.120	3.010	2.940	2.870	
0.25	0.50	3.220	3.180	3.120	3.010	2.940	2.870	
0.50	0.71	3.220	3.180	3.120	3.010	2.940	2.870	
1.00	1.00	3.210	3.180	3.110	3.000	2.930	2.870	
2.00	1.41	3.210	3.170	3.110	3.000	2.930	2.870	
4.00	2.00	3.210	3.170	3.110	3.000	2.930	2.860	
8.00	2.83	3.210	3.170	3.110	3.000	2.930	2.860	
15.00	3.87	3.210	3.170	3.110	3.000	2.920	2.860	
30.00	5.48	3.210	3.160	3.100	3.000	2.920	2.860	
60.00	7.75	3.210	3.160	3.100	3.000	2.920	2.860	
120.00	10.95	3.200	3.160	3.100	2.990	2.920	2.860	
240.00	15.49	3.200	3.160	3.100	2.990	2.920	2.850	
480.00	21.91	3.200	3.150	3.090	2.980	2.910	2.850	
1440.00	37.95	3.200	3.150	3.090	2.980	2.910	2.850	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

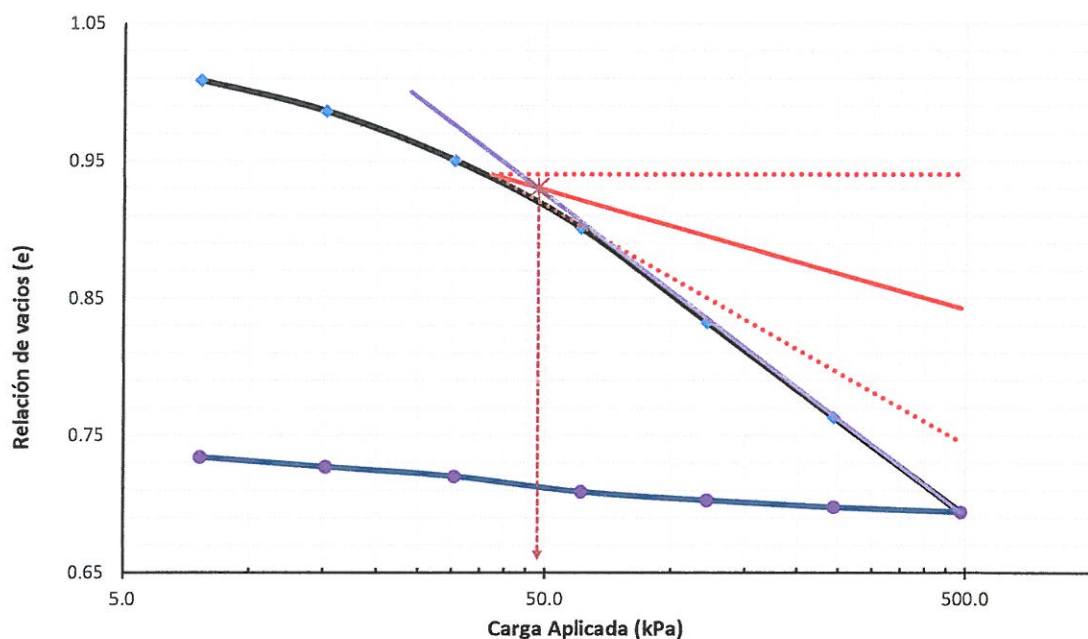
Manuel Vásquez Tapia
PROFESOR DEL CARRERA DE INGENIERÍA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL


Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL			CODIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NORMA TECNICA PERUANA 339.154			
PROYECTO:	"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACION Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024"				
CALICATA:	C-06	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:		CAMPUS UNIVERSITARIO	TIPO DE ENSAYO:	Casagrande	
FECHA DE MUESTREO:		01/02/2025	RESPONSABLE:	Lenin Omar Medina Rojas	
FECHA DE ENSAYO:		13/03/2025	REVISADO POR:	Ing. Edwar Cieza Sanchez	

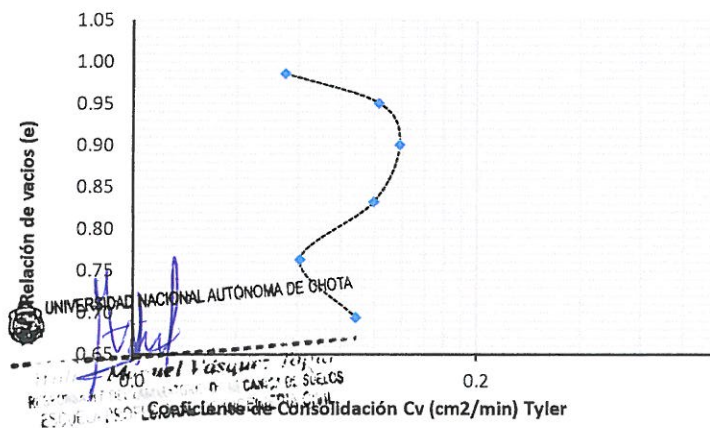
RESULTADOS

CURVA DE CONSOLIDACIÓN DE LABORATORIO



Carga de Preconsolidación σ'_c (Casagrande) = 48 kPa = 0.49 kg/cm²

Índice de Compresibilidad Lab $C_c = 0.234$ Índice Recompr. Lab $C_r = 0.022$




 Edwar Cieza Sanchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

Tiempo (min)	Raíz Tiempo (min)	Deformación (mm) / carga (kg/cm ²)						
		0.08	0.16	0.31	0.62	1.24	2.49	4.97
0.00	0.00	0.000	0.126	0.347	0.703	1.191	1.869	2.554
0.10	0.32	0.041	0.214	0.516	0.840	1.480	2.056	2.667
0.25	0.50	0.046	0.221	0.528	0.934	1.518	2.082	2.698
0.50	0.71	0.057	0.229	0.546	0.960	1.538	2.100	2.715
1.00	1.00	0.080	0.246	0.554	0.981	1.569	2.122	2.739
2.00	1.41	0.083	0.258	0.567	1.002	1.627	2.206	2.793
4.00	2.00	0.085	0.269	0.590	1.028	1.646	2.245	2.862
8.00	2.83	0.087	0.275	0.613	1.057	1.656	2.274	2.925
15.00	3.87	0.093	0.282	0.626	1.085	1.709	2.342	2.991
30.00	5.48	0.094	0.290	0.655	1.118	1.758	2.381	3.086
60.00	7.75	0.098	0.299	0.675	1.134	1.784	2.460	3.156
120.00	10.95	0.107	0.314	0.686	1.163	1.792	2.492	3.188
240.00	15.49	0.120	0.325	0.694	1.176	1.819	2.536	3.215
480.00	21.91	0.124	0.334	0.697	1.187	1.839	2.538	3.228
1440.00	37.95	0.126	0.347	0.703	1.191	1.869	2.554	3.238

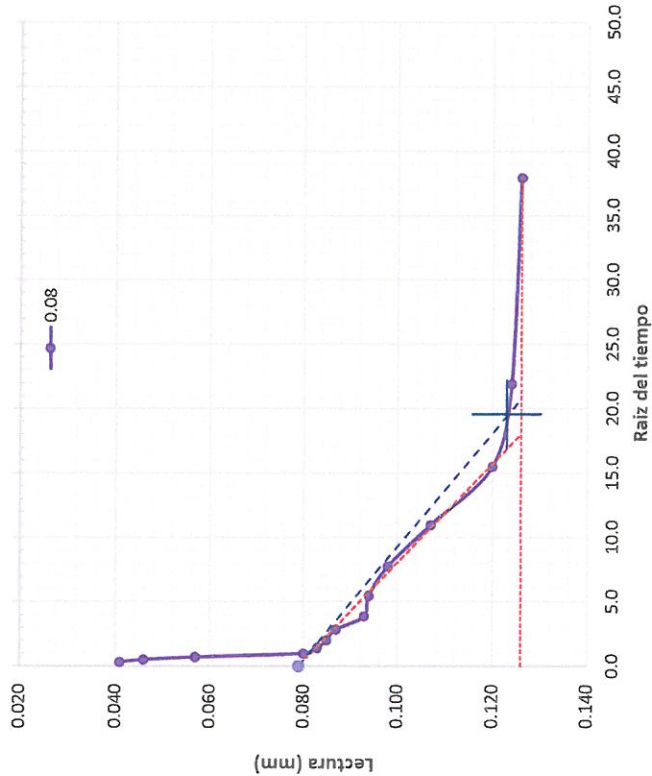
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vasquez Tapia

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Walter Manuel Vasquez Tapia

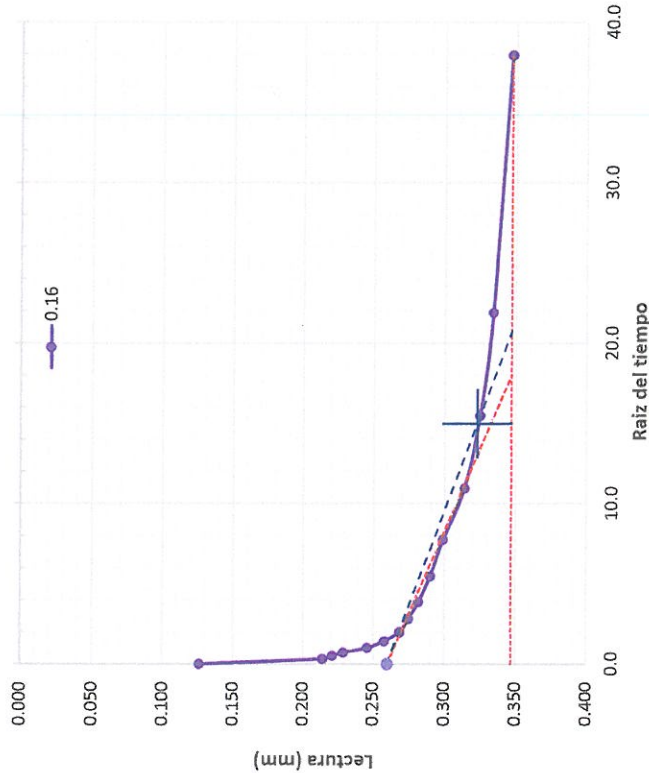
INGENIERO CIVIL
REGISTRO CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	0.0790	0	0.13	0	0.13
18	0.126	37.95	0.126	0.13	0.126
B= 18		C= 20.7		Cv = 0.043	
0	0.08	19.5500	0.1230		
20.7	0.126				

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

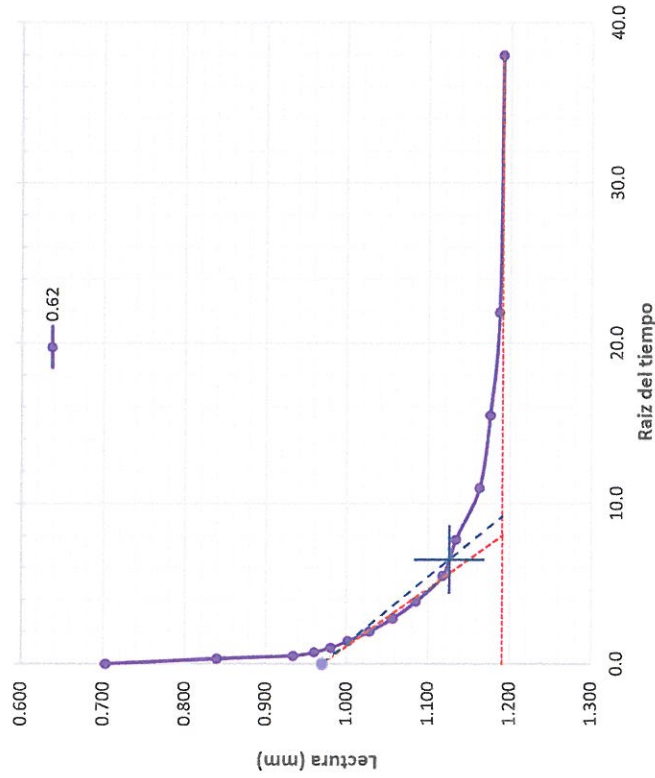
Walter Manuel Vasquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	0.2600	0	0.35	0	0.35
18	0.347	37.95	0.347	0.35	0.347
B= 18		C= 20.7		Cv = 0.055	
0	0.26	15.0000	0.3230		
20.7	0.347				

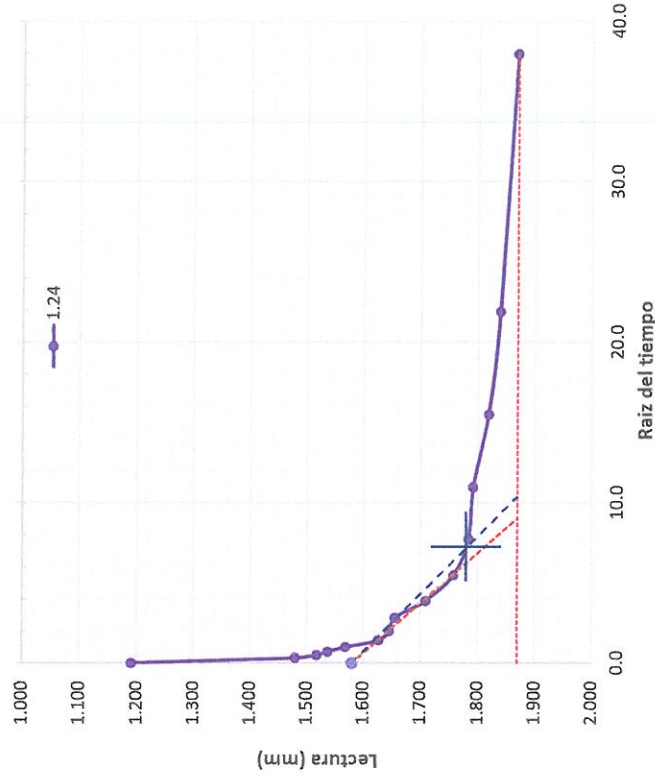
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Edwar Cleza Sanchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



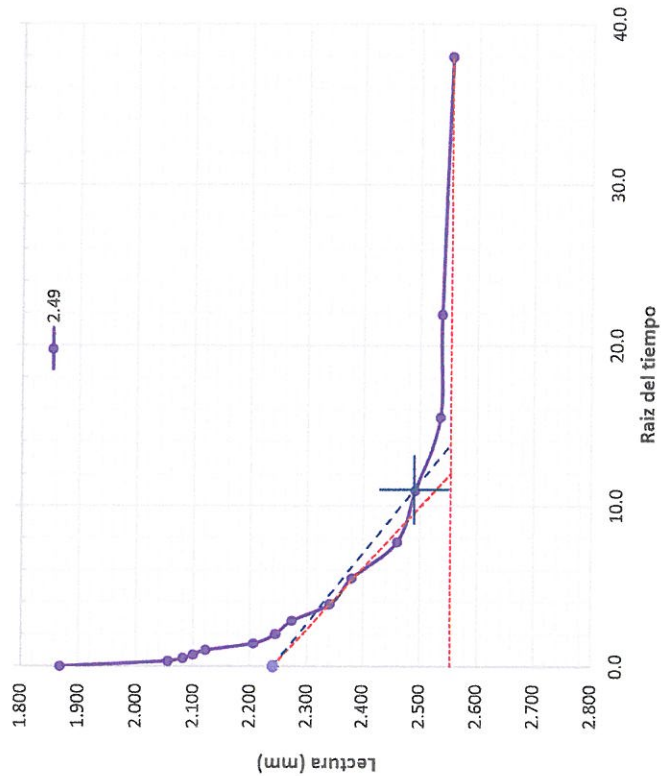
LINEA TANGENTE			LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y		x	y	x	y
0	0.9700		0	1.19	0	1.19
8	1.191		37.95	1.191	1.19	1.191
		B= 8			C= 9.2	
0	0.97		T90			
9.2	1.191		6.5000	1.1260	Cv= 0.118	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ing. Silvia Manríquez Viquez Tapia
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CAMPO DE SUELOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LINEA TANGENTE			LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y		x	y	x	y
0	1.5800		0	1.87	0	1.87
9	1.869		37.95	1.869	1.87	1.869
1		B= 9	C= 10.35			
0		1.58	T90			
10.35	1.869	7.2500	1.7800	Cv= 0.100		

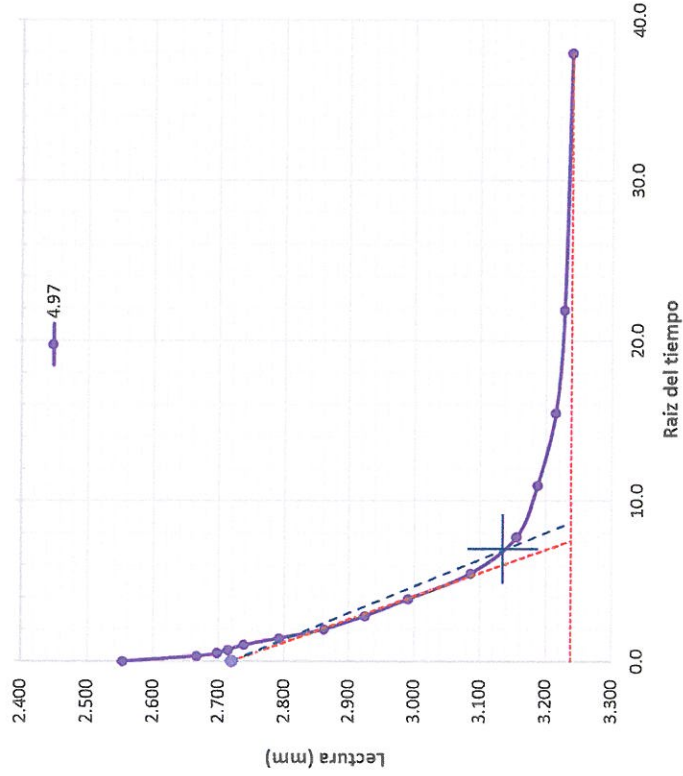
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ing. Gladys Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264



LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
x	y	x	y	x	y
0	2.2400	0	2.55	0	2.55
12	2.554	37.95	2.554	2.55	2.554
B= 12		C= 13.8			
0	2.24	T90			
13.8	2.554	11.0000	2.4900	Cv= 0.061	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Facultad de Ingeniería
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil
 Ing. Edgar Cioza Sánchez
 Registro CIP N° 185264

Ing. Edgar Cioza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264



X	LINEA TANGENTE		LINEA HORIZONTAL		LINEA HORIZONTAL	
	Y	X	Y	X	Y	X
0	2.7200		0	3.24	0	3.24
7.5	3.238		37.95	3.238	3.24	3.238
B= 7.5 C= 8.625						
0	2.72	T90	7.0000	3.1350	CV= 0.089	
8.625	3.238					

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Mantuél Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

CALICATA C-06 – Bulbo de presiones 2:1 y asentamiento por consolidación

Dato	Valor	Unidad	Fuente/observación
Calicata	C-06		
Pabellón	Ingeniería Forestal y Ambiental		
qserv (presión de servicio)	0.720	kg/cm ²	Tomado del informe final (Ingeniería Civil)
γ del terreno	1.730	g/cm ³	Tomado de hoja original
Df	2.400	m	Tomado de hoja original
B	1.500	m	Tomado de hoja original
L	20.000	m	Tomado de hoja original
e0	1.020		CONS_1!H24 del archivo base
Cc	0.234		CONS_4!E39 del archivo base
Cr	0.020		CONS_4!I39 del archivo base
σ'p (preconsolidación)	0.489	kg/cm ²	48 kPa convertido a kg/cm ²
Δz por subcapa	0.250	m	Editable
Profundidad máxima analizad	5.000	m bajo la base	Editable
Criterio de zona activa	10.0%	Δσ/σ'v0	Editable
q0 efectiva = qserv - γ·Df	0.305	kg/cm ²	Usa presión neta para asentamiento por consolidación

Notas

1. El bulbo se calcula con el método 2:1 para zapata rectangular: $\Delta\sigma_z = q_0 \cdot B \cdot L / ((B+z)(L+z))$.
2. z se mide desde la base de la cimentación hasta el centro de cada subcapa.
3. σ'v0 se calcula con γ·(Df+z) y se expresa en kg/cm².
4. La zona activa se identifica cuando Δσz / σ'v0 es mayor o igual al criterio definido en B17.
5. El asentamiento se calcula por subcapas y se suma solo en la zona activa.

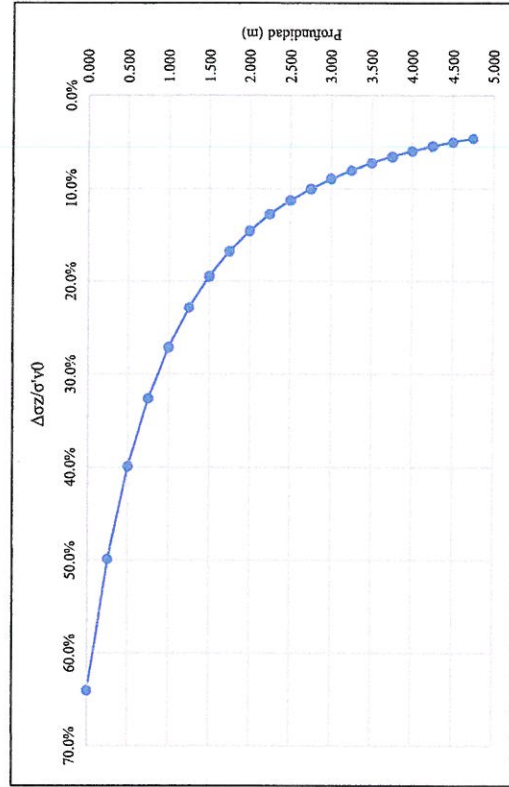

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS


 Edwar Cieza Sánchez
 Ingeniero Civil
 Registro CIP N° 185264

Bulbo de presiones real – Método 2:1 – Calicata C-06

Subcapa	z superior (m)	z inferior (m)	z medio (m)	σ'_{v0} inicial (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ 2:1 (kg/cm ²)	σ'_{vf} final (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$	Zona activa	Observación
1	0.000	0.250	0.125	0.437	0.280	0.716	64.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
2	0.250	0.500	0.375	0.480	0.239	0.719	49.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
3	0.500	0.750	0.625	0.523	0.209	0.732	39.9%	ACTIVA	Se considera en Sc
4	0.750	1.000	0.875	0.567	0.184	0.751	32.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
5	1.000	1.250	1.125	0.610	0.165	0.775	27.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
6	1.250	1.500	1.375	0.653	0.149	0.802	22.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
7	1.500	1.750	1.625	0.696	0.135	0.832	19.4%	ACTIVA	Se considera en Sc
8	1.750	2.000	1.875	0.740	0.124	0.863	16.7%	ACTIVA	Se considera en Sc
9	2.000	2.250	2.125	0.783	0.114	0.897	14.6%	ACTIVA	Se considera en Sc
10	2.250	2.500	2.375	0.826	0.105	0.932	12.8%	ACTIVA	Se considera en Sc
11	2.500	2.750	2.625	0.869	0.098	0.967	11.3%	ACTIVA	Se considera en Sc
12	2.750	3.000	2.875	0.913	0.091	1.004	10.0%	ACTIVA	Se considera en Sc
13	3.000	3.250	3.125	0.956	0.085	1.041	8.9%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
14	3.250	3.500	3.375	0.999	0.080	1.079	8.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
15	3.500	3.750	3.625	1.042	0.076	1.118	7.2%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
16	3.750	4.000	3.875	1.086	0.071	1.157	6.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
17	4.000	4.250	4.125	1.129	0.067	1.196	6.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
18	4.250	4.500	4.375	1.172	0.064	1.236	5.4%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
19	4.500	4.750	4.625	1.215	0.061	1.276	5.0%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa
20	4.750	5.000	4.875	1.259	0.058	1.316	4.6%	NO ACTIVA	Fuera de la zona activa

Profundidad activa máxima | 3
Número de subcapas activas | 12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



Ing. Manuel Vásquez Tapia
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Cálculo del asentamiento por consolidación – C-06

Subcapa	z medio (m)	H subcapa (m)	σ'_{v0} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma$ (kg/cm ²)	σ'_{vf} (kg/cm ²)	Fórmula aplicada	Se subcapa (mm)
1	0.125	0.250	0.437	0.280	0.716	Mixta Cr+Cc	4.914
2	0.375	0.250	0.480	0.239	0.719	Mixta Cr+Cc	4.865
3	0.625	0.250	0.523	0.209	0.732	NC (Cc)	4.220
4	0.875	0.250	0.567	0.184	0.751	NC (Cc)	3.544
5	1.125	0.250	0.610	0.165	0.775	NC (Cc)	3.010
6	1.375	0.250	0.653	0.149	0.802	NC (Cc)	2.582
7	1.625	0.250	0.696	0.135	0.832	NC (Cc)	2.233
8	1.875	0.250	0.740	0.124	0.863	NC (Cc)	1.947
9	2.125	0.250	0.783	0.114	0.897	NC (Cc)	1.710
10	2.375	0.250	0.826	0.105	0.932	NC (Cc)	1.511
11	2.625	0.250	0.869	0.098	0.967	NC (Cc)	1.343
12	2.875	0.250	0.913	0.091	1.004	NC (Cc)	1.200
13	3.125	0.000	0.956	0.085	1.041	No activa	0.000
14	3.375	0.000	0.999	0.080	1.079	No activa	0.000
15	3.625	0.000	1.042	0.076	1.118	No activa	0.000
16	3.875	0.000	1.086	0.071	1.157	No activa	0.000
17	4.125	0.000	1.129	0.067	1.196	No activa	0.000
18	4.375	0.000	1.172	0.064	1.236	No activa	0.000
19	4.625	0.000	1.215	0.061	1.276	No activa	0.000
20	4.875	0.000	1.259	0.058	1.316	No activa	0.000

Profundidad activa calculada (m)	3.000
q0 efectiva utilizada (kg/cm ²)	0.305
Asentamiento por consolidación Sc (mm)	33.080
Asentamiento por consolidación Sc (cm)	3.308
Conclusión	Cumple rango de 25-38 mm

Criterios y notas

El cálculo del asentamiento se realiza por subcapas activas, sin fijar previamente un espesor H único.

Si $\sigma'_p \leq \sigma'_{v0}$, se aplica compresión virgen con Cc.

Si $\sigma'_p \geq \sigma'_{vf}$, se aplica recompresión con Cr.

Si $\sigma'_{v0} < \sigma'_p < \sigma'_{vf}$, se aplica formulación mixta Cr + Cc.

Este archivo está preparado para cambiar únicamente los datos de entrada si se corrige o actualiza información.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia

INGENIERO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cieza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264



ASENTAMIENTO ELÁSTICO CALCULADO POR LA TEORÍA DE BOUSSINESQ (SCHLEICHER, 1926)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

TESIS:

"ANÁLISIS DEL TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN Y ASENTAMIENTOS DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO COLPAMATARA – UNACH CHOTA, 2024".

TESISTA:

LENIN OMAR MEDINA ROJAS

UBICACIÓN:

EDIFICIO DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL, CAMPUS UNIVERSITARIO

CALICATA:

C6

Cálculo de asentos. Losa. Schleicher (1926)

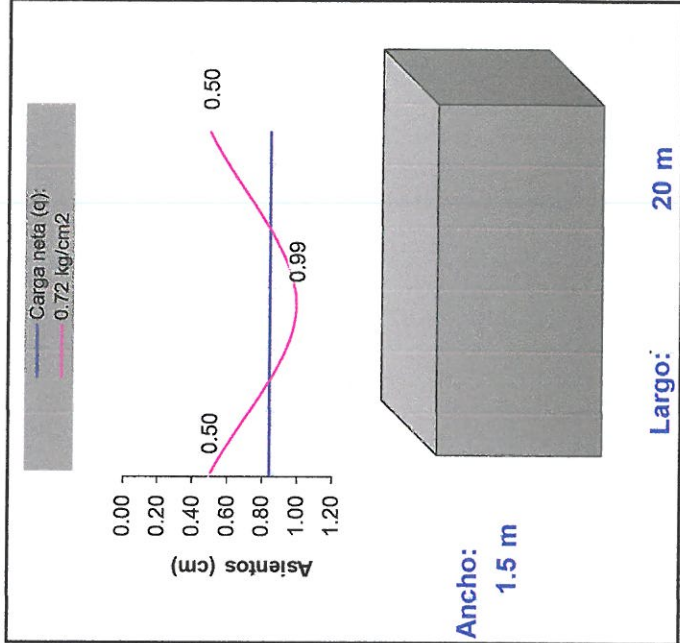
C6

Carga neta (q):

Módulo de Young (E):	0.72 kg/cm2	0.72 kg/cm2
Coefficiente de Poisson (v):	216.6 kg/cm2	216.6 kg/cm2
Módulo deformación edométrico (Eed):	0.40	0.40
Ancho cimentación (b):	1.50 m	464 kg/cm2
Largo cimentación (l):	20.00 m	150 cm
m:		2000 cm
lp:		13.33
		1.36

Asientos carga flexible			Asientos carga rigida
Esquina (cm)	Centro (cm)	Valor medio (cm)	Asientos (cm)
0.50	0.99	0.84	0.78

Coeficiente de balasto K (kg/cm3)	
0.856	0.921



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Edwar Cleza Sánchez
Ingeniero Civil
Registro CIP N° 185264

Anexo 5. Propuesta preliminar de micropilote

ANEXO TÉCNICO · PROPUESTA PRELIMINAR DE MICROPILOTE · CALICATA C4**Pabellón crítico evaluado** Enfermería (C4)**Nota** Cálculo preliminar referencial; requiere estudio geotécnico-estructural de detalle**1. DATOS DE ENTRADA DEL SECTOR C4**

Variable	Valor	Unidad	Observación
Densidad húmeda γ	1.75	Tn/m ³	Adoptada del estudio
Cohesión c	3.20	Tn/m ²	0.32 kg/cm ² × 10
Ángulo de fricción ϕ	5.07	°	Adoptado del estudio
Profundidad de desplante D_f	1.50	m	Cimentación existente
Base B de la cimentación	1.50	m	Dimensión analizada
Largo L de la cimentación	3.25	m	Dimensión analizada
Presión aplicada q_{serv}	0.51	kg/cm ²	Resultado geotécnico
Presión aplicada q_{serv}	5.1	Tn/m ²	Conversión automática

2. SUPUESTOS PRELIMINARES DEL MICROPILOTE

Variable	Valor	Unidad	Observación
Diámetro del micropilote D	0.25	m	Supuesto preliminar
Longitud adherida L_b	10.00	m	Supuesto preliminar
Factor de adherencia α	0.70	-	Para suelo cohesivo
Factor de seguridad geotécnico	2.50	-	Preliminar
Resistencia característica del	2100.00	Tn/m ²	Referencia del formato guía
Fluencia del acero F_y	42000.00	Tn/m ²	Referencia del formato guía

3. CARGA REFERENCIAL A TRANSFERIR

Concepto	Fórmula/criterio	Resultado	Unidad	Comentario
Área de la cimentación	$B_{11} \cdot B_{12}$	4.88	m ²	$A = B \cdot L$
Carga total W	$C_{29} \cdot B_{14}$	24.86	Tn	$W = q_{serv} \cdot A$
Carga de diseño preliminar	24.8625	24.86	Tn	Se adopta la carga de servicio estimada

4. CÁLCULO PRELIMINAR DE CAPACIDAD DEL MICROPILOTE

Parámetro	Expresión	Valor	Unidad	
Área de punta A_p	0.049087385	0.05	m ²	
Perímetro P	0.785398163	0.79	m	
Profundidad a punta D_{tip}	11.5	11.50	m	$D_f + L_b$
N_c adoptado	6.76	6.76	-	De tabla de capacidad para C4
N_q adoptado	1.40	1.40	-	De tabla de capacidad para C4
N_y adoptado	0.26	0.26	-	De tabla de capacidad para C4
Resistencia por fuste Q_s	17.59291886	17.59	Tn	$Q_s = P \cdot L_b \cdot \alpha \cdot c$
Resistencia de punta Q_p	2.765686366	2.77	Tn	Expresión similar al formato guía
Resistencia última Q_u	20.35860523	20.36	Tn	$Q_u = Q_s + Q_p$
Capacidad admisible Q_a	8.143442091	8.14	Tn	$Q_a = Q_u / FS$

5. NÚMERO PRELIMINAR DE MICROPILOTES

Concepto	Fórmula/criterio	Resultado	Unidad	Comentario
Número teórico n	3.053070154	3.05	-	$n = W / Q_a$
Número adoptado	4	4.00	micropilotes	Se redondea al entero superior
Capacidad total del grupo	32.57376836	32.57	Tn	$n \cdot Q_a$
Reserva capacidad / carga	1.310156596	1.31x	-	Capacidad total / carga
Disposición conceptual	2 x 2	2 x 2	-	Arreglo preliminar
Separación sugerida s	0.75	0.75	m	Criterio preliminar: 3D

6. OBSERVACIONES DE ALCANCE

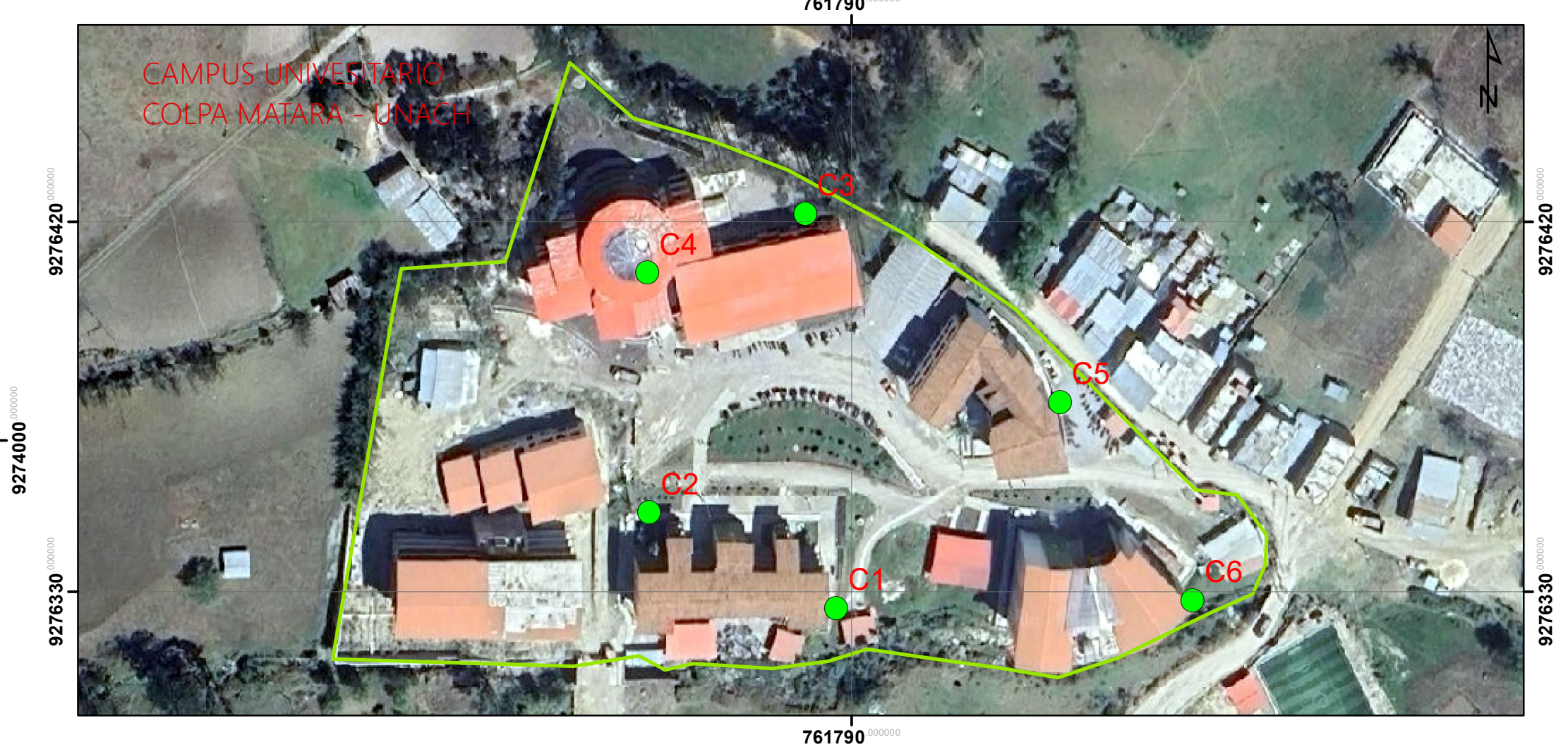
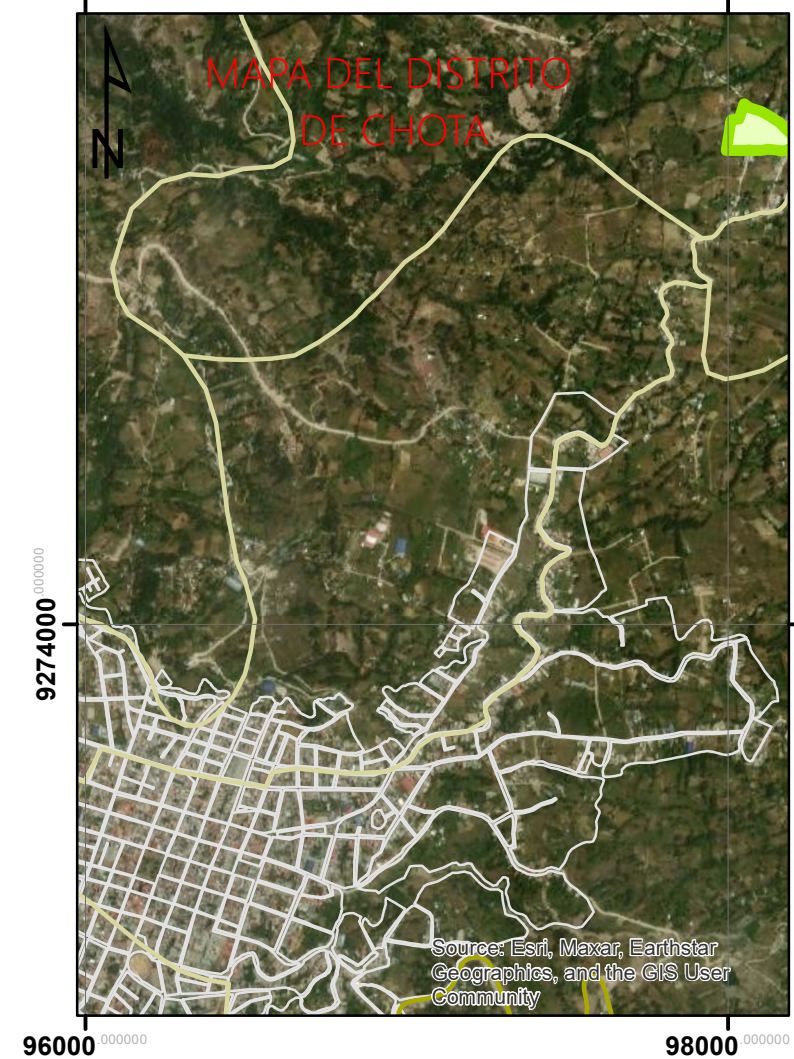
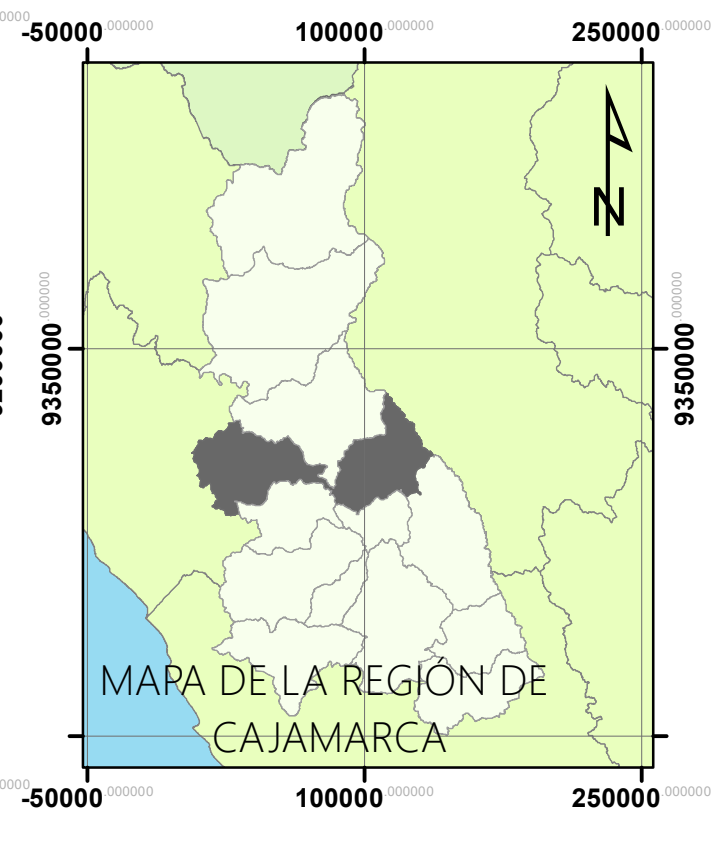
La presente hoja constituye una propuesta preliminar referencial y no un diseño definitivo de micropilotes.

La solución se plantea para el sector C4 por presentar el mayor asentamiento por consolidación del estudio.

El diseño definitivo requiere exploración a mayor profundidad, verificación estructural del micropilote y análisis detallado de interacción suelo–estructura.

Las expresiones y factores adoptados buscan mantener coherencia con el formato guía proporcionado por la usuaria.

Anexo 6. Planos



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones superficiales del campus universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024

Presentado por:
Lenin Omar Medina Rojas

Asesor:
Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez

Plano: PLANO DE UBICACIÓN DEL CAMPUS COLPA MATARA - UNACH

Fecha: Octubre, 2025
Escala: 1:1,298

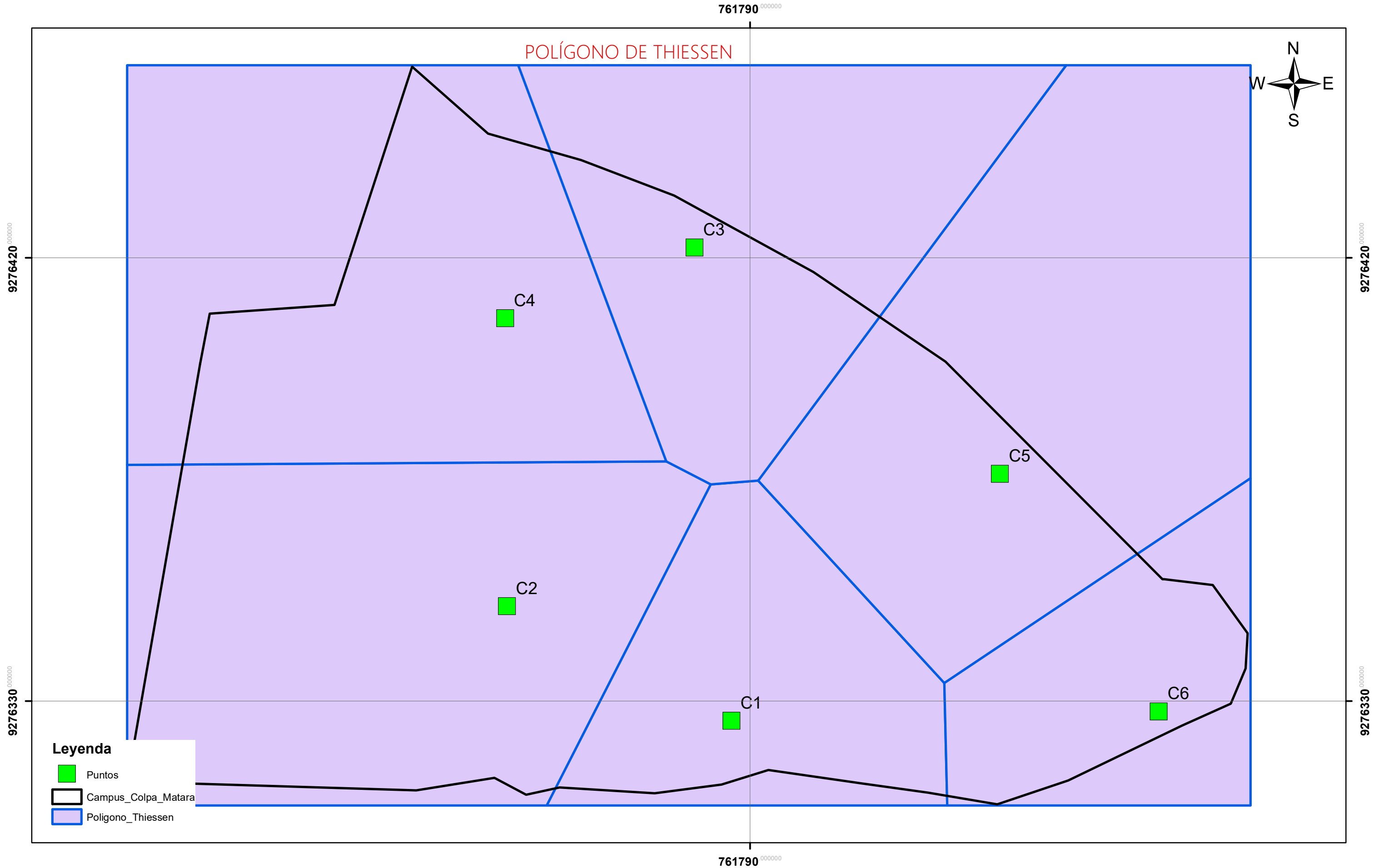
0 0.007 0.015 0.03 0.045 0.06 km

Mapa:

U-1



	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones superficiales del campus universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024 Presentado por: Lenin Omar Medina Rojas Asesor: Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez	Plano: PLANO DE CALICATAS EN EL CAMPUS COLPA MATARA - UNACH Fecha: Octubre, 2025 Escala: 1:697 0 0.004250085 0.017 0.0255 0.034 km	Mapa: U-2
--	--	--	--	--



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones
superficiales del campus universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024**

Presentado por:
Lenin Omar Medina Rojas

Asesor:
Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez

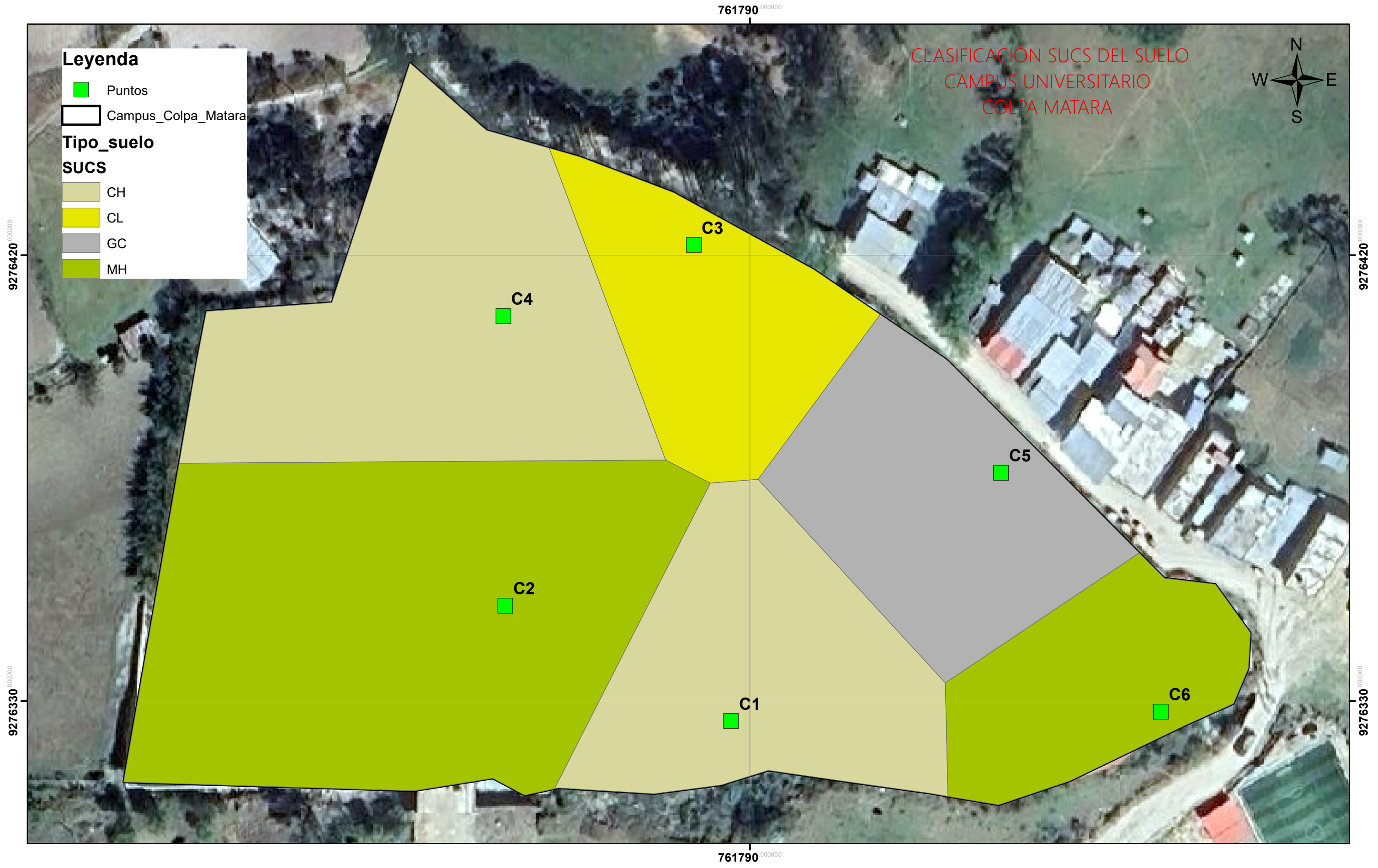
Plano: **POLÍGONO DE THIESSEN
EN EL CAMPUS COLPA MATARA - UNACH**

Fecha: Octubre, 2025
Escala: 1:697

0 0.004250085 0.017 0.0255 0.034 km

Mapa:

P-0



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones
superficiales del campus universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024**

Presentado por:
Lenin Omar Medina Rojas

Asesor:
Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez

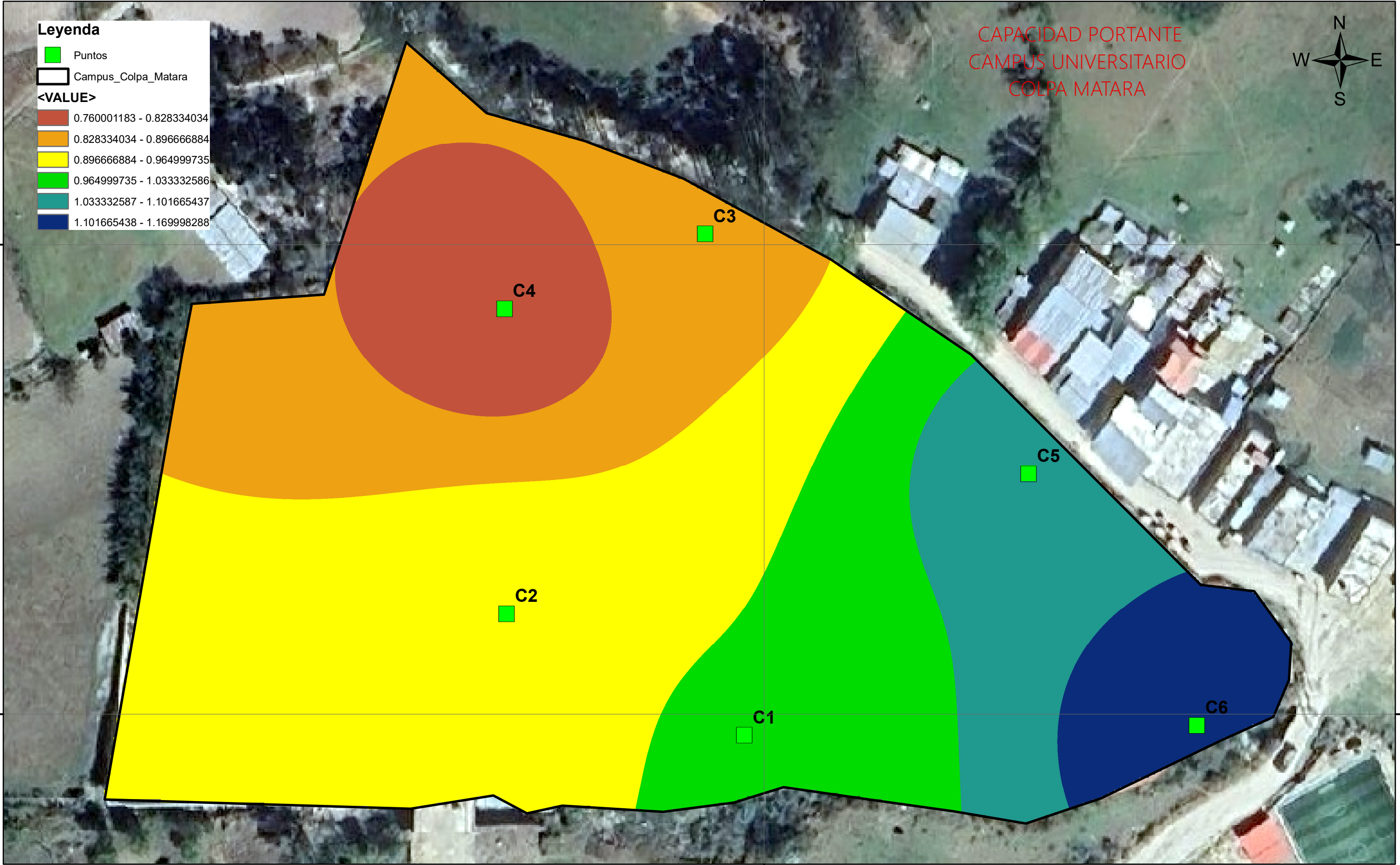
Plano: **CLASIFICACIÓN SUCS DEL SUELO
EN EL CAMPUS COLPA MATARA - UNACH**

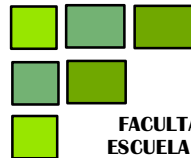
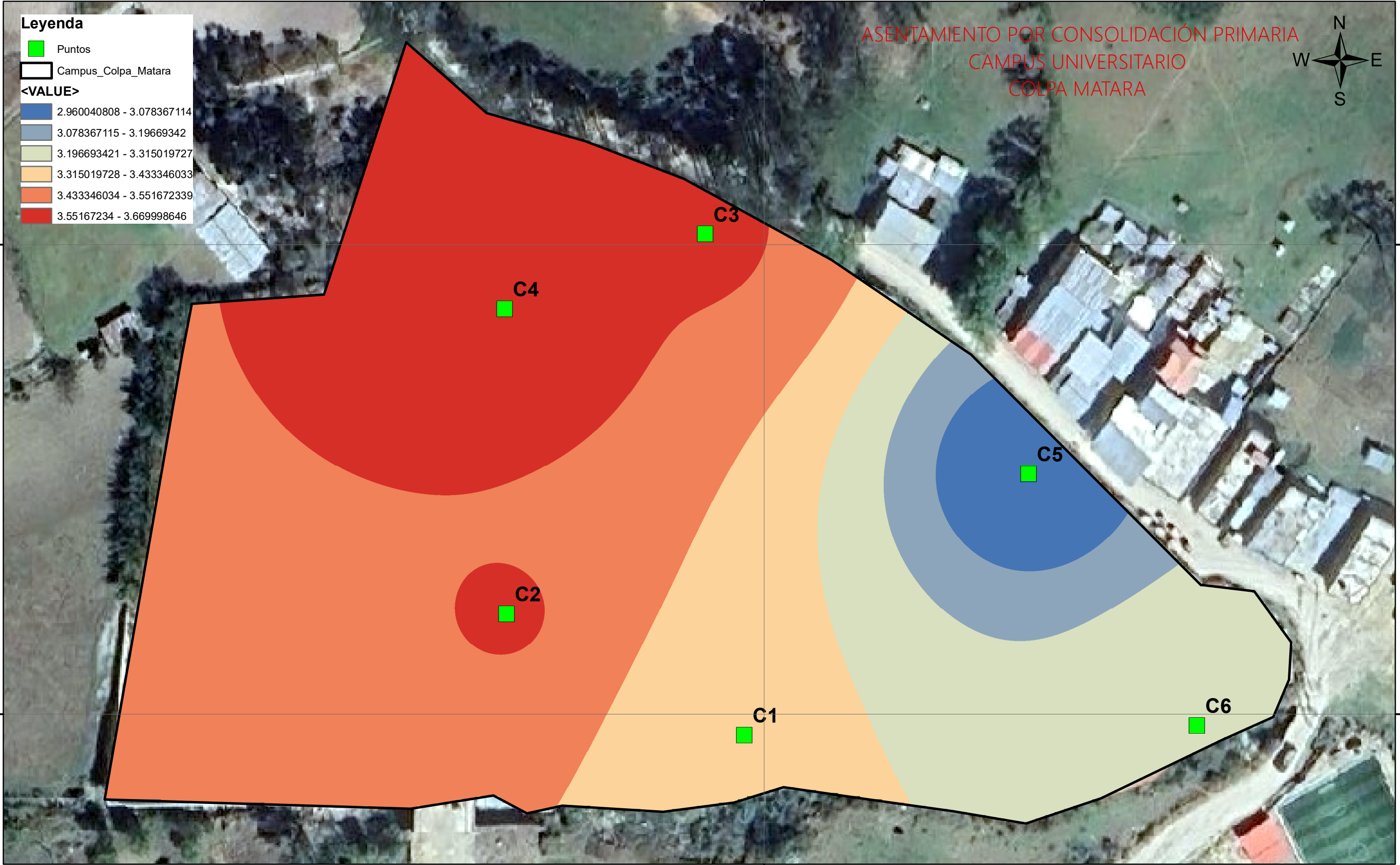
Fecha: Octubre, 2025
Escala: 1:697

0 0.004250085 0.017 0.0255 0.034
km

Mapa:

P-1





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones
superficiales del campus universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024

Presentado por:
Lenin Omar Medina Rojas

Asesor:
Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez

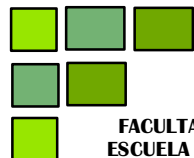
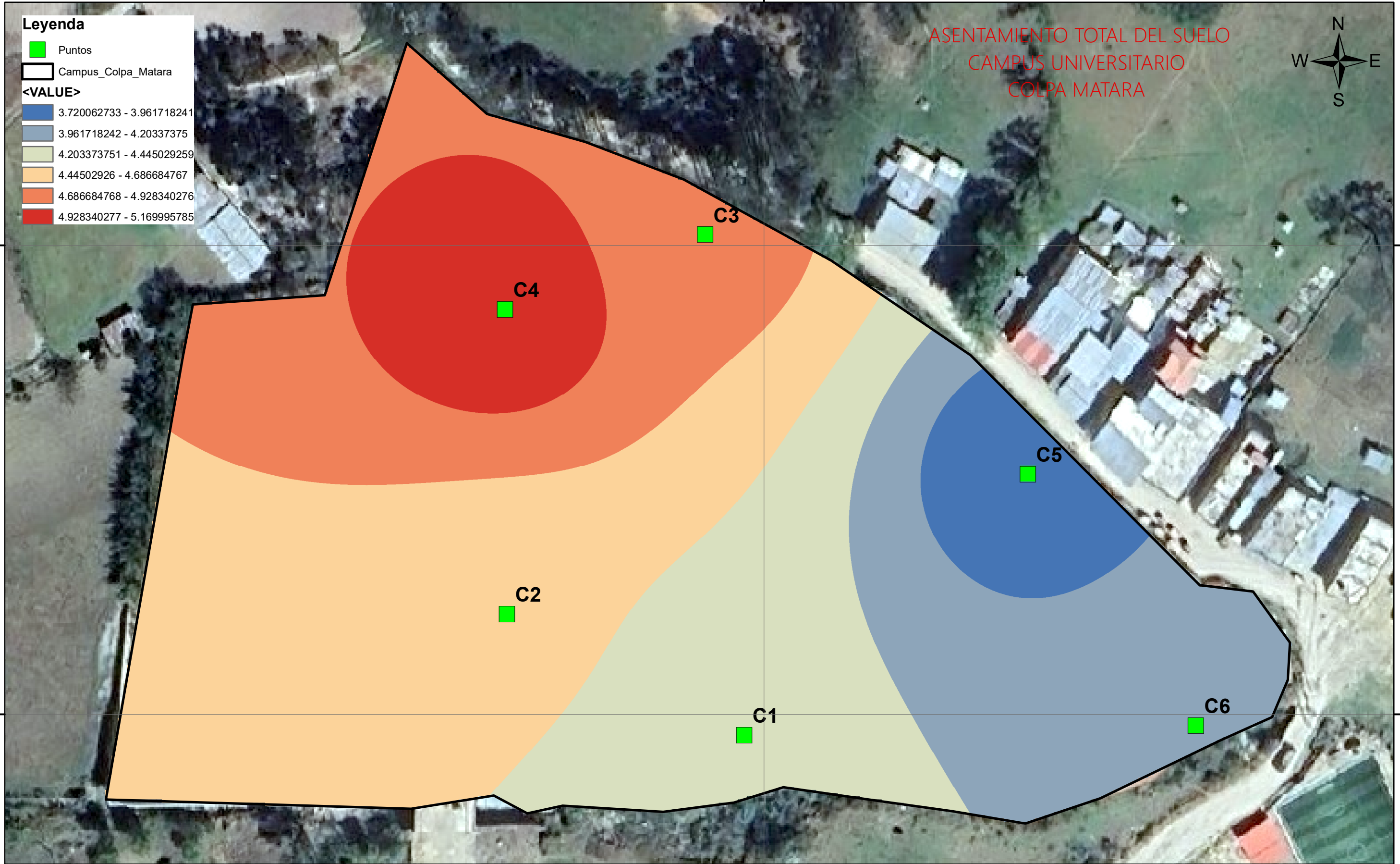
Plano: **ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN
EN EL CAMPUS COLPA MATARA - UNACH**

Fecha: Octubre, 2025
Escala: 1:697

0 0.004250085 0.017 0.0255 0.034
km

Mapa:

P-4



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones
superficiales del campus universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024

Presentado por:
Lenin Omar Medina Rojas

Asesor:
Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez

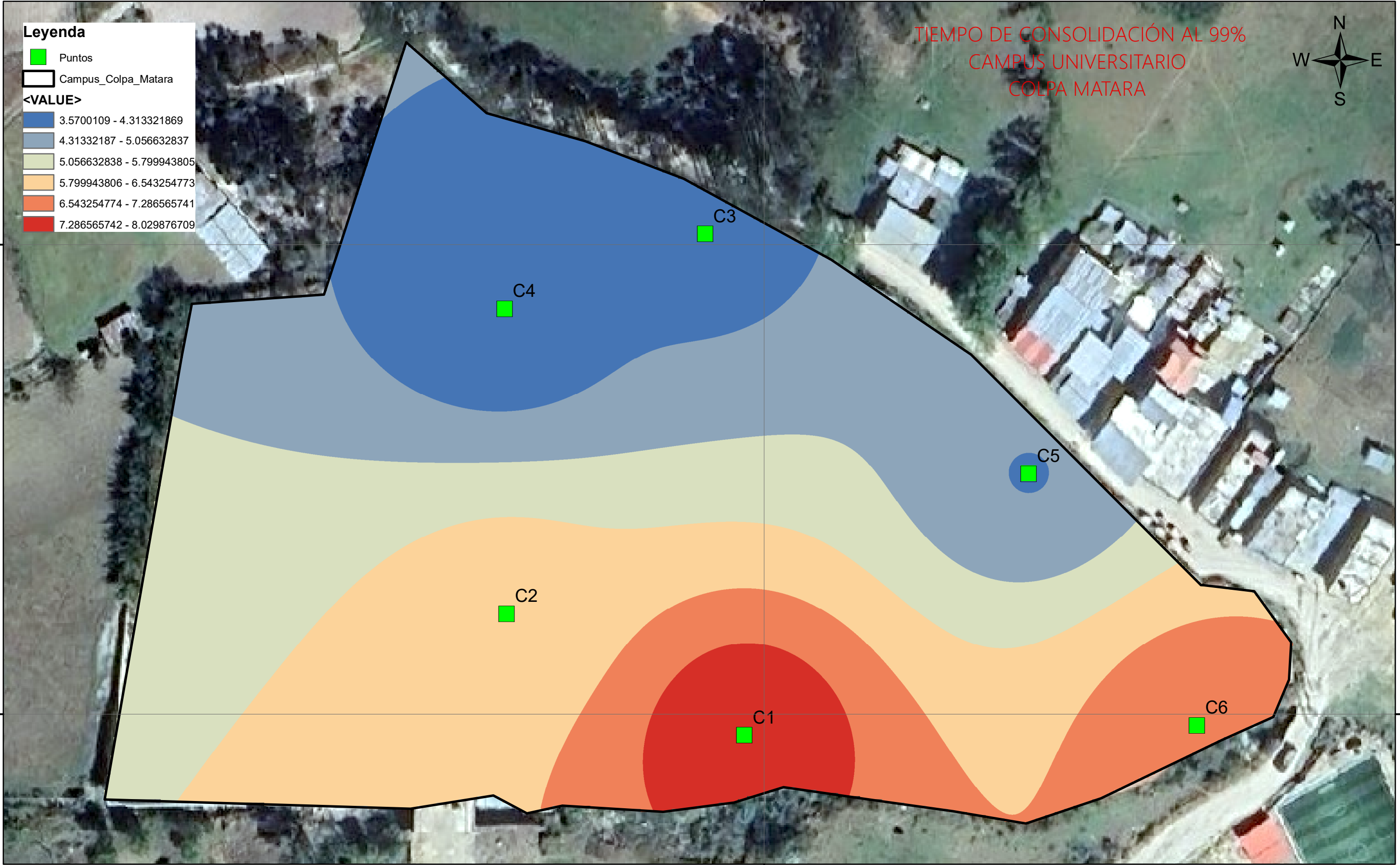
Plano: **ASENTAMIENTO TOTAL DEL SUELO
EN EL CAMPUS COLPA MATARA - UNACH**

Fecha: Octubre, 2025
Escala: 1:697

0 0.004250085 0.017 0.0255 0.034
km

Mapa:

P-5



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones
superficiales del campus universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024**

Presentado por: **Lenin Omar Medina Rojas**

Asesor: **Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez**

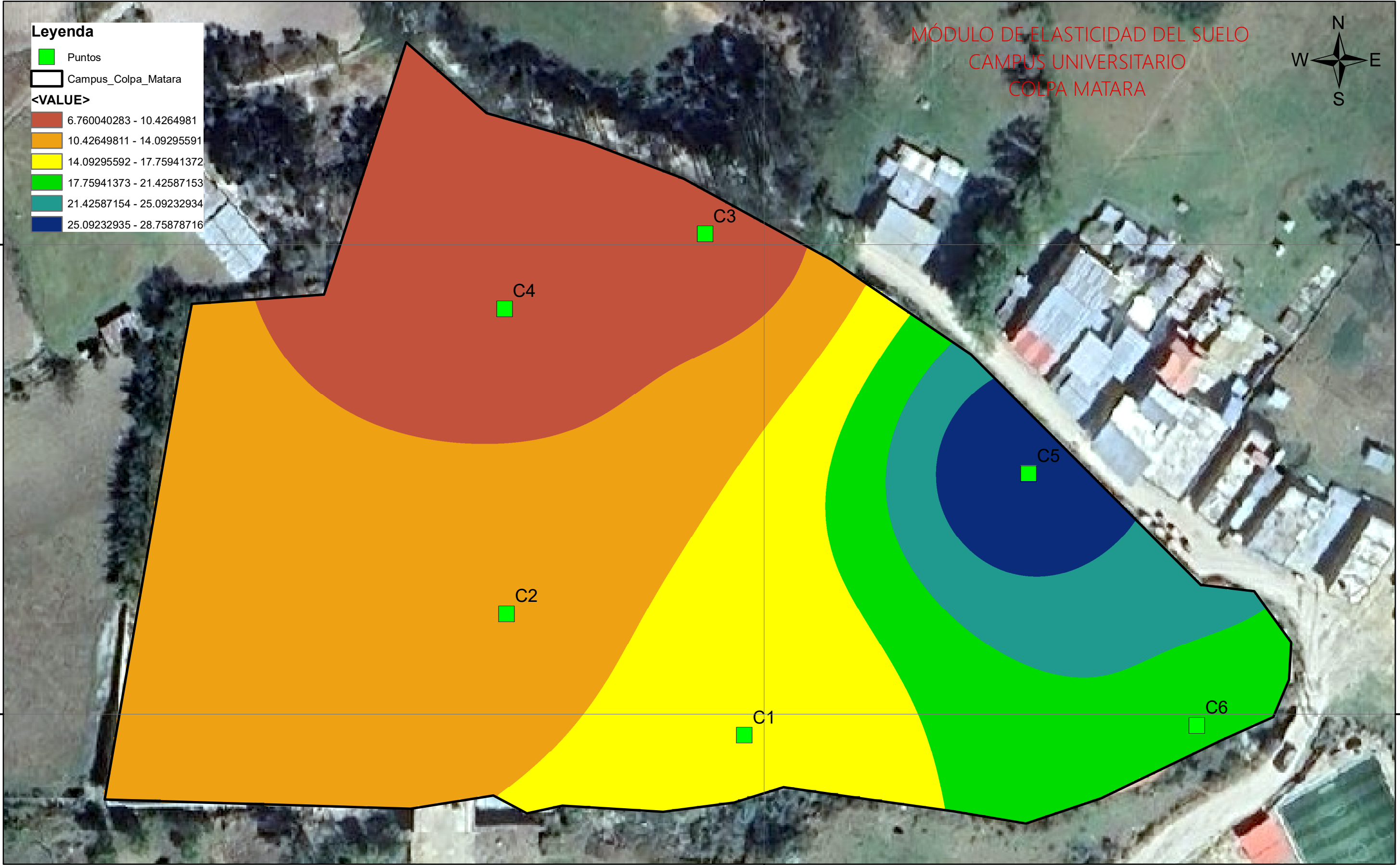
Plano: **T99% DEL SUELO
EN EL CAMPUS COLPA MATARA - UNACH**

Fecha: Octubre, 2025
Escala: 1:697

0 0.004250085 0.017 0.0255 0.034 km

Mapa:

P-7



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis del tiempo de consolidación y asentamientos de suelos en cimentaciones
superficiales del campus universitario Colpa Matara – UNACH Chota, 2024

Presentado por: Lenin Omar Medina Rojas

Asesor:
Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez

Plano: **MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL SUELO
EN EL CAMPUS COLPA MATARA - UNACH**

Fecha: Octubre, 2025
Escala: 1:697

0 0.004250085 0.017 0.0255 0.034 km

Mapa:

P-8