

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

Presentado por:

Luis Miguel Sacsi Carrillo

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas
prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac
- 2025**

Presentado por **Luis Miguel Sacsí Carrillo**, para optar el título de Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 13 de octubre del 2026 ante el jurado evaluador:

Presidente:


Dr. James Velazque Rojas

Primer miembro:


Ing. Fanny Silva Noriega

Segundo miembro:


Mg. Rodrigo Loayza Elguera

Asesor:


Mtro. Guido Bravo Mendoza



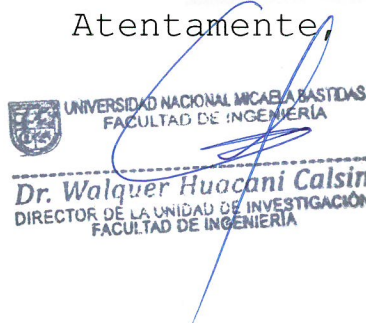
Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 319-2026

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis titulada: **Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac -2025**, presentado por el bachiller; **Luis Miguel Sacsí Carrillo**, para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE** de **(8%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 22 de octubre del 2026

Atentamente


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Dr. Walquer Huacani Calsin
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
WHC/ DUI-FI
Yovana/sec
REG. N° 1123



Agradecimiento

En primera instancia agradezco a mi amoroso padre celestial por la oportunidad que me ha brindado para llegar hasta esta etapa importante de mi trayectoria profesional. Asimismo, a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac quien fue mi casa de estudios y también a cada profesor que fue el soporte para mi formación académica y profesional.

A su vez, expresar mi sincero agradecimiento a mi asesor de tesis Mg. Guido Bravo Mendoza quien me brindó su tiempo, conocimiento, paciencia y su orientación continua y firme confianza para continua en esta investigación y por el apoyo incondicional en la presente tesis.

Luis M. Sacsí Carrillo



Dedicatoria

Dedico esta tesis con todo mi corazón a mis padres Anacleto Sacsí Fernández y Genoveva Carrillo Gutiérrez, por su amor incondicional, su sacrificio constante y fe ciega en mis sueños, siendo el pilar sobre el cual he construido cada paso en este camino.

A mi familia y seres queridos, por su paciencia y sus palabras de aliento en los momentos de incertidumbre, este logro académico no es solo mío, sino el reflejo de todo el apoyo y el cariño con los siempre me han acompañado.

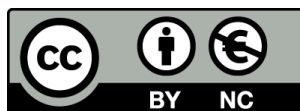
Luis M. Sacsí Carrillo



Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del problema	7
1.2.1 Problema general	7
1.2.2 Problemas específicos	7
1.2.3 Justificación de la investigación	8
CAPÍTULO II	10
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	10
2.1 Objetivos de la investigación	10
2.1.1 Objetivo general	10
2.1.2 Objetivos específicos	10
2.2 Hipótesis de la investigación	10
2.2.1 Hipótesis general	10
2.2.2 Hipótesis específicas	10
2.3 Operacionalización de variables	12
CAPÍTULO III	13
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	13
3.1 Antecedentes	13
3.1.1 Antecedentes internacionales	13
3.1.2 Antecedentes nacionales	16
3.1.3 Antecedentes locales	18
3.2 Marco teórico	20
3.2.1 Grado de consolidación de suelo	20
3.2.1.1 Propiedades geotécnicas de suelo	21
3.2.1.1.1 Granulometría	21
3.2.1.1.2 Límites de Atterberg	21
3.2.1.1.3 Contenido de humedad	24



3.2.1.2	Consolidación unidimensional del suelo	25
3.2.1.2.1	Coeficiente de consolidación vertical	25
3.2.1.2.2	Factor tiempo de consolidación	26
3.2.1.2.3	Longitud de drenaje de consolidación	27
3.2.1.2.4	Módulo de compresibilidad volumétrica	27
3.2.2	Comportamiento mecánico	28
3.2.2.1	Parámetros geotécnicos	28
3.2.2.1.1	Angulo de fricción	29
3.2.2.1.2	Cohesión	29
3.2.2.2	Capacidad de carga	29
3.2.2.2.1	Capacidad portante admisible	30
3.2.2.3	Asentamiento del suelo	30
3.2.2.3.1	Variación de volumen	31
3.3	Marco conceptual	31
3.3.1	Suelo	31
3.3.2	Clasificación de suelos	31
3.3.3	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	32
3.3.4	Alta plasticidad	32
3.3.5	Cargas estáticas prescritas	33
3.3.6	Consolidación primaria	33
3.3.7	Consolidación secundaria	33
CAPÍTULO IV		34
METODOLOGÍA		34
4.1	Tipo y nivel de investigación	34
4.1.1	Tipo de investigación	34
4.1.2	Nivel de investigación	34
4.2	Diseño de la investigación	35
4.3	Descripción ética de la investigación	35
4.4	Población y muestra	36
4.4.1	Población	36
4.4.2	Muestra	37
4.4.2.1	Criterios de inclusión	38
4.4.2.2	Criterios de exclusión	38
4.5	Procedimiento	39
4.6	Técnica e instrumentos	41
4.6.1	Técnicas	41
4.6.2	Instrumentos	41
4.7	Análisis estadístico	49



4.7.1	Estadística descriptiva	50
4.7.1.1	Características de la muestra	50
4.7.1.2	Resultados descriptivos de las variables de estudio	53
4.7.2	Estadística inferencial	55
4.7.2.1	Prueba de normalidad	55
CAPÍTULO V		57
RESULTADOS Y DISCUSIONES		57
5.1	Análisis de resultados	57
5.1.1	Análisis de resultados del objetivo general	57
5.1.2	Análisis de resultados del primer objetivo específico	60
5.1.3	Análisis de resultados del segundo objetivo específico	61
5.1.4	Análisis de resultados del tercer objetivo específico	62
5.2	Contrastación de hipótesis	63
5.2.1	Contrastación de hipótesis general	63
5.2.2	Contrastación de la primera hipótesis específica	64
5.2.3	Contrastación de la segunda hipótesis específica	65
5.2.4	Contrastación de la tercera hipótesis específica	66
5.3	Discusión	67
5.3.1	Discusión de resultado del objetivo general	67
5.3.2	Discusión de resultado del objetivo específico 1	69
5.3.3	Discusión de resultado del objetivo específico 2	70
5.3.4	Discusión de resultado del objetivo específico 3	70
CAPÍTULO VI		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		72
6.1	Conclusiones	72
6.2	Recomendaciones	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		76
ANEXOS		80

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Matriz de operacionalización de variables	12
Tabla 2 — Número de calicatas y muestras para ensayo de laboratorio	37
Tabla 3 — Validación de instrumento mediante juicio de expertos	48
Tabla 4 — Cálculo de V-Aiken	48
Tabla 5 — Correlación lineal entre dos variables	50
Tabla 6 — Resultados de los ensayos de granulometría por tamizado	51
Tabla 7 — Resultados de los ensayos de limite líquido y plástico	51
Tabla 8 — Contenido de humedad obtenido a partir de los ensayos de laboratorio	52
Tabla 9 — Resumen de clasificación de suelos	52
Tabla 10 — Propiedades iniciales geotécnicas del suelo ensayado	53
Tabla 11 — Estadísticos descriptivos de los indicadores del grado de consolidación	54
Tabla 12 — Estadísticos descriptivos de las dimensiones del comportamiento mecánico	54
Tabla 13 — Resultados de la prueba de normalidad con Shapiro-Wilk	55
Tabla 14 — Resumen de grado de consolidación e indicadores, en la muestra estudiada	57
Tabla 15 — Resultados de los parámetros geotécnicos (corte directo)	60
Tabla 16 — Resultados de capacidad de carga mediante la ecuación de Vesic	61
Tabla 17 — Resultados de cantidad de asentamiento de las muestras estudiadas	62
Tabla 18 — Matriz de síntesis inferencial para la contrastación de la hipótesis general	63
Tabla 19 — Prueba de correlación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación	65
Tabla 20 — Prueba de correlación de Spearman entre la capacidad de carga y el grado de consolidación	66
Tabla 21 — Prueba de correlación de Spearman entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación	67
Tabla 22 — Matriz de consistencia	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Carta de plasticidad, según su límite líquido e índice de plasticidad	23
Figura 2 — Abaco del grado de consolidación	26
Figura 3 — Abaco del grado de consolidación en función de la altura de drenaje	27
Figura 4 — Mapa de tipo de suelos de la ciudad de Abancay	36
Figura 5 — Mapa temático de expansión urbana recomendada de la ciudad de Abancay	38
Figura 6 — Flujograma del procedimiento para el desarrollo del estudio	40
Figura 7 — Ficha de recolección de datos de parámetros geotécnicos	42
Figura 8 — Ficha de recolección de datos de capacidad de carga	43
Figura 9 — Ficha de recolección de datos de asentamiento	44
Figura 10 — Ficha de recolección de datos de consolidación unidimensional parte 01	45
Figura 11 — Ficha de recolección de datos de consolidación unidimensional parte 02	46
Figura 12 — Ficha de recolección de datos de consolidación unidimensional parte 03	47
Figura 13 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-01	58
Figura 14 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-02	58
Figura 15 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-03	58
Figura 16 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-04	59
Figura 17 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-05	59
Figura 18 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-06	59
Figura 19 — Plano de ubicación y localización de calicatas realizadas en la ciudad de Abancay	82
Figura 20 — Mapa de tipo de suelos de la ciudad de Abancay	83
Figura 21 — Mapa de tendencia natural de expansión urbana	84
Figura 22 — Informe de laboratorio de suelos	85
Figura 23 — Análisis granulométrico de C-01	86
Figura 24 — Curva granulométrica de C-01	87
Figura 25 — Límites de consistencia de C-01	88
Figura 26 — Contenido de humedad de C-01	89
Figura 27 — Parámetros geotécnicos de C-01	90
Figura 28 — Cálculo de capacidad de carga de C-01	91

Figura 29 — Cálculo de asentamiento de C-01	92
Figura 30 — Análisis granulométrico de C-02	93
Figura 31 — Curva granulométrica de C-02	94
Figura 32 — Límites de consistencia de C-02	95
Figura 33 — Contenido de humedad de C-02	96
Figura 34 — Parámetros geotécnicos de C-02	97
Figura 35 — Cálculo de capacidad de carga de C-02	98
Figura 36 — Cálculo de asentamiento de C-02	99
Figura 37 — Análisis granulométrico de C-03	100
Figura 38 — Curva granulométrica de C-03	101
Figura 39 — Límites de consistencia de C-03	102
Figura 40 — Contenido de humedad de C-04	103
Figura 41 — Parámetros geotécnicos de C-03	104
Figura 42 — Cálculo de capacidad de carga de C-03	105
Figura 43 — Cálculo de asentamiento de C-03	106
Figura 44 — Análisis granulométrico de C-04	107
Figura 45 — Curva granulométrica de C-04	108
Figura 46 — Límites de consistencia de C-04	109
Figura 47 — Contenido de humedad de C-04	110
Figura 48 — Parámetros geotécnicos de C-04	111
Figura 49 — Cálculo de capacidad de carga de C-04	112
Figura 50 — Cálculo de asentamiento de C-04	113
Figura 51 — Análisis granulométrico de C-05	114
Figura 52 — Curva granulométrica de C-05	115
Figura 53 — Límites de consistencia de C-05	116
Figura 54 — Contenido de humedad de C-05	117
Figura 55 — Parámetros geotécnicos de C-05	118
Figura 56 — Cálculo de capacidad de carga de C-05	119
Figura 57 — Cálculo de asentamiento de C-05	120
Figura 58 — Análisis granulométrico de C-06	121
Figura 59 — Curva granulométrica de C-06	122
Figura 60 — Límites de consistencia de C-06	123
Figura 61 — Contenido de humedad de C-06	124
Figura 62 — Parámetros geotécnicos de C-06	125

Figura 63 — Cálculo de capacidad de carga de C-06	126
Figura 64 — Cálculo de asentamiento de C-06	127
Figura 65 — Resultado ensayo consolidación C-01 parte 1	128
Figura 66 — Resultado ensayo consolidación C-01 parte 2	129
Figura 67 — Resultado ensayo consolidación C-01 parte 3	130
Figura 68 — Resultado ensayo consolidación C-01 parte 4	131
Figura 69 — Resultado ensayo consolidación C-01 parte 5	132
Figura 70 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 1	133
Figura 71 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 2	134
Figura 72 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 3	135
Figura 73 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 4	136
Figura 74 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 5	137
Figura 75 — Resultado ensayo consolidación C-03 parte 1	138
Figura 76 — Resultado ensayo consolidación C-03 parte 2	139
Figura 77 — Resultado ensayo consolidación C-03 parte 3	140
Figura 78 — Resultado ensayo consolidación C-03 parte 4	141
Figura 79 — Resultado ensayo consolidación C-03 parte 5	142
Figura 80 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 1	143
Figura 81 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 2	144
Figura 82 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 3	145
Figura 83 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 4	146
Figura 84 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 5	147
Figura 85 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 1	148
Figura 86 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 2	149
Figura 87 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 3	150
Figura 88 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 4	151
Figura 89 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 5	152
Figura 90 — Resultado ensayo consolidación C-06 parte 1	153
Figura 91 — Resultado ensayo consolidación C-06 parte 2	154
Figura 92 — Resultado ensayo consolidación C-06 parte 3	155
Figura 93 — Resultado ensayo consolidación C-06 parte 4	156
Figura 94 — Resultado ensayo consolidación C-06 parte 5	157
Figura 95 — Inspección visual de muestra para calicata C-01	158
Figura 96 — Inspección visual de muestra para calicata C-02	158

Figura 97 — Inspección visual de muestra para calicata C-03	159
Figura 98 — Inspección visual de muestra para calicata C-04	159
Figura 99 — Inspección visual de muestra para calicata C-05 y C-06	160
Figura 100 — Excavación de calicata C-01	161
Figura 101 — Excavación de calicata C-02	162
Figura 102 — Excavación de calicata C-03	163
Figura 103 — Excavación de calicata C-04	164
Figura 104 — Excavación de calicata C-05	164
Figura 105 — Excavación de calicata C-06	165
Figura 106 — Cuarteo de muestra para la calicata 01	166
Figura 107 — Cuarteo de muestra para la calicata 02	166
Figura 108 — Cuarteo de muestra para la calicata 03	167
Figura 109 — Cuarteo de muestra para la calicata 04	167
Figura 110 — Cuarteo de muestra para la calicata 05	168
Figura 111 — Cuarteo de muestra para la calicata 06	168
Figura 112 — Colocación de muestra en horno para cálculo de contenido de humedad de calicatas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06	169
Figura 113 — Contenido de humedad de muestras según NTP 339.127	169
Figura 114 — Análisis granulométrico C-01	170
Figura 115 — Análisis granulométrico C-02	170
Figura 116 — Análisis granulométrico C-03	170
Figura 117 — Análisis granulométrico calicata C-04	171
Figura 118 — Análisis granulométrico calicata C-05	171
Figura 119 — Análisis granulométrico calicata C-06	171
Figura 120 — Límites de Atterberg para la calicata C-01	172
Figura 121 — Límites de Atterberg para la calicata C-02	172
Figura 122 — Límites de Atterberg para la calicata C-03	172
Figura 123 — Límites de Atterberg para la calicata C-04	173
Figura 124 — Límites de Atterberg para la calicata C-05	173
Figura 125 — Límites de Atterberg para la calicata C-06	173
Figura 126 — Muestras pasa ensayo de corte directo de calitas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06	174
Figura 127 — Ensayo de corte directo para calicata C-01	174
Figura 128 — Ensayo de corte directo para calicata C-02	175

Figura 129 — Ensayo de corte directo para calicata C-03	175
Figura 130 — Ensayo de corte directo para calicata C-04	176
Figura 131 — Ensayo de corte directo para calicata C-05	176
Figura 132 — Ensayo de corte directo para calicata C-06	177
Figura 133 — Ensayo de consolidación para determinar el grado de consolidación	177
Figura 134 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 1	178
Figura 135 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 2	179
Figura 136 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 3	180
Figura 137 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 4	181
Figura 138 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 5	182
Figura 139 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 6	183
Figura 140 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 7	184
Figura 141 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 8	185
Figura 142 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 9	186
Figura 143 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 10	187
Figura 144 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 11	188
Figura 145 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 12	189
Figura 146 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 01	190
Figura 147 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 02	191
Figura 148 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 03	192
Figura 149 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 04	193
Figura 150 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 5	194
Figura 151 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 6	195
Figura 152 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 7	196
Figura 153 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 8	197
Figura 154 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 09	198
Figura 155 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 10	199
Figura 156 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 11	200
Figura 157 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 12	201
Figura 158 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 1	202
Figura 159 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 2	203
Figura 160 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 3	204
Figura 161 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 4	205
Figura 162 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 5	206

Figura 163 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 6	207
Figura 164 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 7	208
Figura 165 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 8	209
Figura 166 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 9	210
Figura 167 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 10	211
Figura 168 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 11	212
Figura 169 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscoco, parte 12	213
Figura 170 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 1	214
Figura 171 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 2	215
Figura 172 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 3	216
Figura 173 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 4	217
Figura 174 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 5	218
Figura 175 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 6	219
Figura 176 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 7	220
Figura 177 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 8	221
Figura 178 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 9	222
Figura 179 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 10	223
Figura 180 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 11	224
Figura 181 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 12	225
Figura 182 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 1	226
Figura 183 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 2	227
Figura 184 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 3	228
Figura 185 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 4	229
Figura 186 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 5	230
Figura 187 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 6	231
Figura 189 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 7	232
Figura 190 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 8	233
Figura 191 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 9	234
Figura 192 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 10	235
Figura 193 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 11	236
Figura 194 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 12	237
Figura 195 — Verificación de validez de contenido y confiabilidad parte 01	238
Figura 196 — Verificación de validez de contenido y confiabilidad parte 02	239
Figura 197 — Verificación de validez de contenido y confiabilidad parte 03	240

Figura 198 — Cálculo de V de Aiken por el especialista en estadística	241
Figura 199 — Certificado de calibración - máquina de ensayo de corte directo parte 01	242
Figura 200 — Certificado de calibración - máquina de ensayo de corte directo parte 02	243
Figura 201 — Certificado de calibración - máquina de ensayo de corte directo parte 03	244
Figura 202 — Certificado de calibración - máquina de ensayo de corte directo parte 04	245
Figura 203 — Certificado de calibración - consolidometro parte 01	246
Figura 204 — Certificado de calibración - consolidometro parte 02	247
Figura 205 — Certificado de calibración - consolidometro parte 03	248
Figura 206 — Certificado de calibración - consolidometro parte 04	249
Figura 207 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-343-2025 parte 01	250
Figura 208 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-343-2025 parte 02	251
Figura 209 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-343-2025 parte 03	252
Figura 210 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-344-2025 parte 01	253
Figura 211 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-344-2025 parte 02	254
Figura 212 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-344-2025 parte 03	255
Figura 213 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-345-2025 parte 01	256
Figura 214 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-345-2025 parte 02	257
Figura 215 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-345-2025 parte 03	258
Figura 216 — Certificado de calibración - horno parte 01	259
Figura 217 — Certificado de calibración - horno parte 02	260
Figura 218 — Certificado de calibración - horno parte 03	261
Figura 219 — Certificado de calibración - horno parte 04	262
Figura 220 — Certificado de calibración - horno parte 05	263
Figura 221 — Certificado de calibración - balanza (Bal-01) parte 01	264
Figura 222 — Certificado de calibración - balanza (Bal-01) parte 02	265
Figura 223 — Certificado de calibración - balanza (Bal-01) parte 03	266
Figura 224 — Certificado de calibración - balanza (Bal-01) parte 04	267
Figura 225 — Certificado de calibración - balanza (Bal-02) parte 01	268
Figura 226 — Certificado de calibración - balanza (Bal-02) parte 02	269
Figura 227 — Certificado de calibración - balanza (Bal-02) parte 03	270
Figura 228 — Certificado de calibración - balanza (Bal-02) parte 04	271
Figura 229 — Certificado de calibración - balanza (Bal-03) parte 01	272
Figura 230 — Certificado de calibración - balanza (Bal-03) parte 02	273
Figura 231 — Certificado de calibración - balanza (Bal-03) parte 03	274



Figura 232 — Certificado de calibración - balanza (Bal-03) parte 04	275
Figura 233 — Certificado de calibración - balanza (Bal-04) parte 01	276
Figura 234 — Certificado de calibración - balanza (Bal-04) parte 02	277
Figura 235 — Certificado de calibración - balanza (Bal-04) parte 03	278
Figura 236 — Certificado de calibración - balanza (Bal-04) parte 04	279
Figura 237 — Certificado de calibración - Probeta parte 01	280
Figura 238 — Certificado de calibración - Probeta parte 02	281
Figura 239 — Certificado de calibración - Probeta parte 03	282
Figura 240 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 01	283
Figura 241 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 02	284
Figura 242 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 03	285
Figura 243 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 04	286
Figura 244 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 05	287
Figura 245 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 06	288
Figura 246 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 07	289
Figura 247 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 08	290
Figura 248 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 09	291
Figura 249 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 10	292
Figura 250 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 11	293
Figura 251 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 12	294
Figura 252 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 13	295
Figura 253 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 14	296
Figura 254 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 15	297
Figura 255 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 16	298
Figura 256 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 17	299
Figura 257 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 18	300
Figura 258 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 19	301
Figura 259 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 20	302

INTRODUCCIÓN

El estudio del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas de alta plasticidad es importante para comprender el comportamiento de este tipo de suelo sometidas bajo cargas prescritas o esfuerzos. Conocer cómo responden estas arcillas a las cargas aplicadas nos permite diseñar y construir estructuras seguras y eficientes, minimizando riesgos y optimizando los recursos utilizados en los proyectos ingenieriles (Gonzales y Chávez, 2021).

El desarrollo de la investigación se realizó según los siguientes capítulos:

Capítulo 1

Se presenta el planteamiento del problema de la investigación, detallando sus características principales. Se define el problema de investigación y se justifica la investigación de manera teoría, práctica, metodológica y social. Además, se subraya la urgencia de examinar el vínculo entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

Capítulo 2

Se plantea analizar la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de plasticidad alta en la ciudad de Abancay - Apurímac, 2025, asimismo, se plantea objetivos específicos de la investigación. Además, se plantean la hipótesis general y específicas. Asimismo, se puntualiza la operacionalización de variables, indicando cómo se medirán y analizarán las variables de la investigación.

Capítulo 3

Se recopilan y analizan los antecedentes a escala internacional, nacional, así como local relacionados con la tesis de investigación. Del mismo se desarrolla el marco teórico de las variables, dimensiones e indicadores incluyendo las teorías y conceptos clave que sustentan la investigación.



Capítulo 4

En este apartado se empleó la metodología adoptada en la investigación, donde se ha descrito metodológicamente el tipo, el nivel, el diseño, el corte, la técnica y los instrumentos que se usaron para la recolección de la información de los ensayos experimentales, asimismo se ha definido la población y la muestra según el mapa temático del tipo de suelos que tiene la ciudad de Abancay, según el Instituto de Defensa Civil (2007).

Capítulo 5

El este capítulo se da a conocer los resultados que se an obtenidos a partir de los ensayos que se desarrollaron en laboratorio, y se contrastara la hipótesis a partir de pruebas estadísticas que dependen de las pruebas de normalidad, asimismo, se realizara la discusión con los antecedentes hallados en el capítulo dos.

Capítulo 6

Finalmente, en este capítulo se responderá a los objetivos propuestos en la investigación y se realizará una recomendación por cada conclusión hallada.



RESUMEN

La investigación abordó el problema de la autoconstrucción de infraestructura ingenieril sin realizar ensayos de mecánica de suelos y mucho menos la realización de ensayos de grado de consolidación y comportamiento mecánico, por lo tanto, esta tesis sustenta el objetivo de analizar la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico del suelo bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad. Se empleó una metodología con enfoque cuantitativo, tipo aplicado, nivel correlacional de diseño no experimental y transversal. La población está integrada por los suelos arcillosos de la ciudad de Abancay de donde se extrajo 6 muestras de 6 calicatas; se empleó un muestreo no probabilístico – por juicio. Los datos se recolectaron mediante la técnica de observación y el instrumento de ficha de recolección de datos. El análisis incluyó, prueba de normalidad donde se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para muestras menores de 50. Se concluyó que no existe relación significativa entre el grado de consolidación y el comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad evaluadas. Y se evidencia que el módulo de compresibilidad volumétrica no tiene relación estadísticamente significativa con la resistencia al corte inicial (cohesión), la capacidad de carga y el asentamiento, si bien la limitación de la potencia probabilística generada por el tamaño de muestra ($n=6$) situó los valores p por encima del umbral de 0.05, los coeficientes de correlación evidenciaron tendencias físicas débiles (por debajo de 0.119).

Palabras clave: *Grado de consolidación, comportamiento mecánico, arcillas inorgánicas de alta plasticidad, alta plasticidad, carga estática prescrita.*



ABSTRACT

This research addressed the problem of self-construction of engineering infrastructure without conducting soil mechanics tests, much less tests to determine the degree of consolidation and mechanical behavior. Therefore, this thesis aims to analyze the relationship between the degree of consolidation and the mechanical behavior of soil under prescribed static loads in highly plastic inorganic clays. A quantitative, applied, correlational, non-experimental, cross-sectional methodology was employed. The population consisted of clay soils from the city of Abancay, from which six samples were extracted from six test pits using non-probability sampling (judgmental selection). Data were collected through observation using a data collection form. The analysis included a normality test, applying the Shapiro-Wilk test for samples smaller than 50. It was concluded that there is no significant relationship between the degree of consolidation and the mechanical behavior under prescribed static loads in the evaluated highly plastic inorganic clays. And it is evident that the volumetric compressibility modulus has no statistically significant relationship with the initial shear strength (cohesion), load capacity and settlement, although the limitation of the probabilistic power generated by the sample size ($n=6$) placed the p values above the threshold of 0.05, the correlation coefficients showed weak physical trends (below 0.119).

Keywords: *Degree of consolidation, mechanical behavior, high-plasticity inorganic clays, high plasticity, prescribed static load.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Desde la perspectiva actual de la mecánica de suelos en el campo de la geotecnia, la problemática relacionada con el grado de consolidación y comportamiento mecánico de suelos arcillosos de alta plasticidad plantea retos significativos debido a las características geotécnicas únicas de estos suelos. Según Ruge et al. (2021) en su artículo científico “Comparación experimental entre la sensibilidad y la cementación en el comportamiento no drenado de suelos arcillosos”, indica que, particularmente las arcillas inorgánicas de alta plasticidad, constituye uno de retos más significativos en la ingeniería geotécnica actual. Debido a la particularidad de este tipo de suelo, ya que presenta una baja resistencia al corte y su tendencia a experimentar grandes deformaciones bajo cargas, que complican diseñar y construir infraestructuras como carreteras, terraplenes, edificios, acueductos y alcantarillados. A partir de ello surge la necesidad de estudiar este tipo de suelo y que es de suma relevancia para asegurar la estabilidad junto con la durabilidad de las estructuras edificadas sobre ellos. Y se entiende que el problema no es circunstancial, sino persistente. En ese sentido, la investigación se delimita a los suelos arcillosos de plasticidad alta que se encuentran en la ciudad de Abancay, con el propósito de analizar la problemática vinculada con el grado de consolidación y comportamiento mecánico en suelos arcillosos de alta plasticidad.

A nivel internacional, Para Audefroy (2003) “el crecimiento demográfico y la migración de la población en busca de una adecuada condición de vida, se verán afectadas las zonas urbanas en América latina”, dado que 70% de viviendas edificadas corresponden a procesos de autoconstrucción, sin realizar estudios básicos de mecánica de suelos, asimismo, al utilizar el suelo como base para la construcción de obras ingenieriles, es fundamental conocer sus propiedades geotécnicas, su consolidación, sus parámetros geotécnicos, su capacidad de carga y la cantidad de asentamiento que experimenta al estar expuesto cargas estáticas o esfuerzos de las obras civiles, de tal manera que reducirá los riesgos de desastres en infraestructura ingenieril (Audefroy, 2003).



A nivel nacional, en conjunto, la Cámara Peruana de la Construcción (2025) y la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios del Perú, manifiesta que 80% de hogares edificados se deben a la construcción informal, y sobre las habilitaciones urbanas, el 90% carecen de formalidad puesto que 08 de 10 hogares son construidas sin una adecuada supervisión técnica y sin contar con ensayos de mecánica de suelos en cumplimiento a la NTP, (2019), y como consecuencia provoca la vulnerabilidad en las obras ingenieriles al no contar con estudios de mecánica de suelos como son las propiedades geotécnicas del suelo, la consolidación del suelo, su capacidad de carga y su asentamiento.

A nivel local según el Instituto Nacional De Defensa Civil, (2007), indica que la superficie de la ciudad de Abancay está conformada por suelos donde predominan las arcillas y limos. Estos suelos en particular las arcillas inorgánicas de alta plasticidad, requieren principal atención en su grado de consolidación y comportamiento mecánico para poder ser utilizados eficazmente en construcción de proyectos ingenieriles y que según la Cámara Peruana de la Construcción (2025) entre la población, persiste la fuerte convicción de que el maestro de obra resulta un constructor y diseñador calificado, ya que cobra menos y porque conoce mejor sus necesidades. Y es obvio que romper esta idea tan extendida es un trabajo de largo plazo, puesto que en esta situación existe ausencia de estudios de mecánica de suelos y resulta indispensable las investigaciones en esta área por que proporcionan información valiosa para nuestro estudio, orientado a comprender cómo el grado consolidación y el comportamiento mecánico de estas arcillas pueden verse afectadas.

Las características de los suelos están determinadas principalmente por su origen y por las condiciones naturales del entorno, aunque también pueden modificarse por acciones humanas, ya sean voluntarias o involuntarias, el suelo presenta un comportamiento más variable y dependiente de sus condiciones de formación. Por ello, resulta indispensable analizar sus propiedades en cada proyecto de construcción, mediante pruebas de laboratorio y de campo, así como instrumentación geotécnica del terreno.

De modo que, se deben realizar ensayos de mecánica de suelos en laboratorio que permite calcular su consolidación, propiedades geotécnicas, paramétricos geotécnicos, capacidad de carga y los asentamientos del suelo para el diseño y construcción de proyectos de construcción.



Estos parámetros geotécnicos son las propiedades geotécnicas del suelo, su grado de consolidación, su capacidad de carga y su asentamiento debido a la acción de cargas estáticas prescritas o esfuerzos que son determinados por los ensayos de laboratorio según la Norma Técnica Peruana, (2019). Los parámetros obtenidos a partir de los mencionados ensayos son necesarios y muy importantes para el diseño de proyectos de construcción como carreteras, terraplenes, edificios, acueductos y alcantarillado.

En este contexto, surge la necesidad de determinar la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad. La falta de información precisa sobre este aspecto puede llevar a diseños estructurales inadecuados y problemas de estabilidad de suelo a largo plazo, así como asentamientos diferenciales inesperados, que, podrían poner en riesgo la integridad de las edificaciones, carreteras y otras infraestructuras, generando costos adicionales y comprometiendo la seguridad estructural. Así, este estudio es esencial para optimizar el diseño de infraestructuras en suelos arcillosos de alta plasticidad, garantizando su estabilidad y durabilidad en contextos como el de la ciudad de Abancay y otras regiones con condiciones geotécnicas similares.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la relación entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025?
- ¿Cuál es la relación entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025?



- ¿Cuál es la relación entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025?

1.2.3 Justificación de la investigación

En el entorno específico de la ciudad de Abancay, el crecimiento poblacional ha impulsado la expansión de zonas habitacionales, con un incremento notable en la autoconstrucción de infraestructura como carreteras, terraplenes, edificios, acueductos y alcantarillados en suelos arcillosos que tienen plasticidad alta. Acorde al mapa de suelos del Instituto Nacional De Defensa Civil, (2007), la superficie urbana de la ciudad de Abancay está compuesta por suelos finos, los cuales son propensos a sufrir cambios significativos en su volumen y deformación relacionados con el grado de consolidación y comportamiento mecánico al estar sometidos a cargas o esfuerzos. Por otra parte, el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Abancay, (2012), indica que el 75% de las construcciones de infraestructura en Abancay son autoconstrucciones, concluyendo que muchas de estas edificaciones carecen de investigaciones básicas sobre mecánica de suelos. Esta ausencia de estudios y control técnico aumenta la probabilidad de fallos estructurales y problemas específicos, como son sus parámetros geotécnicos, capacidad de carga y variación de volumen de los suelos arcillosos de plasticidad alta debido al sometimiento de cargas prescritas o esfuerzos.

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación se justifica porque permitirá profundizar en el conocimiento del grado de consolidación y que posee gran relevancia en la mecánica de suelos, así como en la geotecnia. Su desarrollo contribuirá a comprender mejor la relación que se da entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico, además de fortalecer la discusión conceptual en torno al enfoque y la problemática de la investigación. Asimismo, el estudio permitirá contrastar y articular aportes teóricos vinculados con el grado de consolidación, generando evidencia académica útil para próximos estudios sobre mecánica de suelos y geotecnia aplicado a la ingeniería civil.

Desde el punto de vista práctico, la investigación se justifica porque aborda una problemática concreta presente en la ciudad de Abancay, vinculada con la



construcción de infraestructura de manera informal en suelo arcilloso. Los resultados permitirán contar con información relevante para comprender mejor esta situación y orientar decisiones abriendo la posibilidad de garantizar que las estructuras sean seguras y, al mismo tiempo, introducir prácticas más responsables en el diseño de cimentaciones en los proyectos ingenieriles. En ese sentido, el estudio podrá beneficiar a la población Abanquina, al ofrecer evidencia útil para asegurar el diseño de cimentaciones de sus proyectos.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se justifica porque propone el empleo de un enfoque cuantitativo de diseño no experimental de corte transversal, con un nivel correlacional empleando, técnica e instrumentos de recolección de datos que permiten analizar la relación del grado de consolidación y el comportamiento mecánico del suelo al estar sometido a cargas o esfuerzos, lo cual permitirá obtener información válida y pertinente en el contexto estudiado. Asimismo, el estudio posibilitará la aplicación y adaptación de instrumentos de recolección de datos orientados a medir y comprender las variables de estudio, contribuyendo con una ruta metodológica que puede servir de referencia para investigaciones futuras en escenarios similares.

Desde el punto de vista económico, la investigación se basa en la relación de costo beneficio: el costo relativamente bajo de ejecutar la prueba en laboratorio del ensayo de consolidación unidimensional frente al costo masivo que implicaría reparar una estructura por asentamientos no controlados, como fallas estructurales, optimización en el diseño de cimentaciones y la reducción de costo de mantenimiento de largo plazo.

Esta investigación es de relevancia para la ciudad de Abancay, pues aborda desde una perspectiva técnica el crítico problema de la autoconstrucción informal sobre terrenos con suelo arcilloso. A través del estudio de la consolidación del suelo y comportamiento mecánico del suelo, la investigación aporta conocimiento científico local para optimizar el diseño de cimentaciones, al tiempo que mitiga el riesgo de colapsos estructurales para proteger la vida y la inversión socioeconómica de las familias. Asimismo, genera una línea base indispensable para que las autoridades locales impulsen planes de zonificación urbana y normativas de construcción orientadas a la gestión del riesgo de desastres.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Analizar la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la relación de los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025
- Determinar la relación de la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025
- Determinar la relación del asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

Existe relación significativa entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

2.2.2 Hipótesis específicas

- Existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025



- Existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025
- Existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025



2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Matriz de operacionalización de variables

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	Instrumentos
Variable X: Grado de consolidación	El grado de consolidación se define proporción del cambio de volumen de vacíos que ha ocurrido en un tiempo determinado, en relación con el cambio total de vacíos necesario para alcanzar el 100% de la consolidación primaria bajo una carga dada, expresado en términos de la reducción de volumen. (Braja M, 2013)	Para determinar el grado de consolidación del suelo, se utilizan varios indicadores que se centran en el coeficiente de consolidación, el factor tiempo, su longitud de drenaje y su módulo de compresibilidad volumétrica y el comportamiento de consolidación del suelo al aplicar cargas estáticas y/o pseudo estáticas sobre este.	Consolidación unidimensional de suelo	Coeficiente de consolidación vertical	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Factor tiempo de consolidación	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Longitud de drenaje de consolidación	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Módulo de compresibilidad volumétrica	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
Variable Y: Comportamiento mecánico	El comportamiento mecánico del suelo es su respuesta ante la aplicación de fuerzas o cargas externas, evaluando su, deformabilidad y capacidad de carga. Es fundamental para diseñar cimientos seguros y prevenir deslizamientos, hundimientos o fallas estructurales en cualquier terreno. (Berry y Reid, 2003; Juárez y Rico, 2005)	El comportamiento mecánico del suelo aborda su comportamiento frente a cargas o esfuerzo, evidenciando sus parámetros geotécnicos, capacidad de carga y asentamiento del suelo. Estas propiedades son fundamentales para comprender la estabilidad y el asentamiento del suelo.	Parámetros geotécnicos	Angulo de fricción	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.171
				Cohesión	
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	Ficha de recolección de datos según la E.050 suelos y cimentaciones
			Asentamiento del suelo	Variación de volumen	Ficha de recolección de datos según la E.050 suelos y cimentaciones

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

- a) A nivel internacional, Martínez et al (2025), desarrolló en México una investigación sobre: “Instrumentación virtual de bajo costo aplicada a equipos de consolidación unidimensional de suelos”, con el objetivo de “reacondicionar equipos convencionales y automatizar la adquisición de datos”. Metodológicamente se empleó un enfoque cuantitativo de tipo aplicado con una población y una muestra de suelo arcilloso extraído del municipio de Michoacán. Entre sus principales hallazgos, se evidenció que se realizaron pruebas de consolidación mediante un consolidometro y se aplicaron cargas de 50, 150, 300, y 640 kPa. Y los incrementos de cargas se realizaron cada 24 horas al suelo arcilloso y que a través de este ensayo se determinó el coeficiente de consolidación $C_c = 0.25$. Este antecedente aporta a la presente investigación en la medida en que permite comprender que la prueba de consolidación permite comprender la deformación que experimenta un suelo a lo largo del tiempo y que este ensayo resulta fundamental para predecir asentamientos que podrían afectar a una estructura, y con ello, diseñar una cimentación adecuada.
- b) Guambo y Ramón (2021), en Ecuador, desarrolló la investigación titulada: “Análisis de asentamientos por consolidación usando métodos observacionales, caso de estudio: subestación eléctrica Durán - Boliche”, cuyo objetivo fue: analizar el comportamiento del suelo post construcción en la subestación eléctrica Durán-Boliche, considerando las características físicas del subsuelo mediante métodos observacionales. Metodológicamente se empleó un enfoque cuantitativo tipo aplicado con diseño no experimental cuya técnica empleada fue la observación, la población estuvo conformada por 3 calicatas y la muestra por una calicata donde se emplazará la edificación. Entre los principales resultados, se encontró que mediante el ensayo de consolidación unidimensional realizado a un suelo arcilloso inorgánico de alta plasticidad (CH), se obtuvo un coeficiente de



consolidación de $C_v = 500 \text{ cm}^2/\text{día}$, para una profundidad de 5.00 metros, $C_v = 210 \text{ cm}^2/\text{día}$, para una profundidad de 5.00 – 8.00 metros y finalmente $C_v = 2150 \text{ cm}^2/\text{día}$ para una profundidad de 8.00 – 16.50 metros y que para un factor tiempo de consolidación de $T_v = 1.129$ ocurrirá un asentamiento de 0.78 metros en 48.3 años en el contexto estudiado. Este estudio resulta relevante para la presente investigación, porque permite conocer la deformación y los asentamientos que ocurre en este tipo de suelo a lo largo del tiempo, cuando está sometida a carga o esfuerzo.

- c) Liu y Jiang, (2020), desarrolló en China una investigación sobre: “Características de consolidación y deformación de cimientos de roca blanda en un ambiente de humedal hidrológico”, con el objetivo de: “investigar las características de consolidación y deformación de rocas blandas y cimientos de suelos blandos en ambientes de humedales hidrológicos”. En el plano metodológico, el estudio se sustentó en un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, en la población y área de investigación definida en la sección K9+280-K11+120 de la Carretera Nacional 111, específicamente en la sección Fu-Nehe, donde se tomaron muestras representativas de suelos blandos y rocas blandas del humedal para realizar los ensayos pertinentes y llevar a cabo la investigación, se utilizaron técnicas de análisis de consolidación y deformación, así como monitoreo tanto del asentamiento como de la presión del agua de los poros. Entre sus principales hallazgos, se evidenció que los resultados indicaron que más del 80% del asentamiento total proviene del asentamiento de roca blanda y suelo en el humedal estudiado. Se observó una influencia significativa de la temperatura negativa en el proceso de consolidar los cimientos de rocas blandas. Como resultado del estudio, se determinó que los suelos arcillosos tienen mayor tendencia a deformarse y que el uso de sacos de arena es más efectivo para mejorar los cimientos construidos sobre rocas blandas en zonas de humedales. Este antecedente aporta a la presente tesis, debido a que facilita comprender que el suelo se deforma en el tiempo y su vida útil depende de la vida útil del proyecto edificado sobre este tipo de suelo.
- d) Rodríguez (2020), en Chile, desarrolló la investigación titulada: “Un método simplificado de predicción de hinchamiento de arcillas expansivas debido a cambios de humedad”, cuyo objetivo fue: “Investigar los cambios volumétricos



en suelos arcillosos expansivos debido a variaciones en el contenido de humedad han causado daños estructurales significativos en varios países, incluyendo Chile”. Para ello, empleó un enfoque cuantitativo con diseño experimental que consistió. En primer lugar, se ejecutaron pruebas para clasificar 170 muestras de suelo arcilloso, dichos ensayos incluyeron la medición de los límites de consistencia, el peso de las partículas sólidas, el contenido de humedad y ensayos granulométricos. Y los ensayos de hinchamiento efectuados se realizaron en un edómetro. Durante estas pruebas, las probetas experimentaron una carga vertical constante durante todo el ensayo. Entre sus hallazgos más resaltantes, se identificó la presencia de estratos de suelos con capacidad de expansión y que puede ocasionar daños importantes en las estructuras influenciadas por ellos. Asimismo, se señaló que la expansión de los suelos al absorber agua es un proceso complejo, ya que depende de varios factores. Además, para estimar cuánto puede deformarse una capa de suelo expansivo, es necesario considerar su nivel inicial de humedad y la carga vertical que soportará. Este estudio resulta relevante para la presente investigación, porque los suelos expansivos son suelos arcillosos o limosos y que edificar sobre estas podría resultar en graves problemas estructurales al edificarse sobre este tipo de suelos.

- e) Gonzales y Chavez, (2021), en México, desarrolló la investigación titulada: “Evaluación de la expansión en suelos presaturados”, cuyo objetivo fue: los problemas asociados con suelos expansivos, conocidos por causar daños significativos a estructuras y pavimentos. Metodológicamente se alineó al enfoque cuantitativo de tipo aplicado con una población de área determinada a suelos arcillosos con 2 muestras de arcilla. Entre sus hallazgos de mayor trascendencia, se halló que, en respuesta a la problemática, la investigación figuro el comportamiento de 02 suelos arcillosos al inducir su expansión en condiciones de laboratorio. Se ejecutaron gracias al edómetro, pruebas de expansión unidimensional, tanto en condiciones de expansión libre como bajo una sobrecarga de 20 kPa. Las muestras de suelo se recolectaron en Pedro Escobedo y Juriquilla, en el estado de Querétaro. Luego, se evaluó la deformación vertical del suelo hasta que terminó su expansión inicial, variando su nivel de saturación inicial entre el 60 % y el 91,5 %. Además, se efectuaron ensayos triaxiales (UU) para examinar la incidencia de esta variación en los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante. Los resultados indicaron que un aumento en el grado de



saturación inicial redujo la deformación final por expansión, disminuyó el ángulo de fricción interna y mantuvo constante el valor de cohesión. Este estudio resulta relevante para la presente investigación, porque edificar en este tipo de suelo sin realizar ensayos geotécnicos puede causar danos significativos en edificaciones y pavimentos.

3.1.2 Antecedentes nacionales

- a) En el contexto nacional, Bedon (2022) desarrolló una investigación sobre: “Estudio sobre el comportamiento de consolidación de arcillas blandas en la construcción secuencial de un terraplén”, alineándose al objetivo de “realizar un análisis sobre el comportamiento de la consolidación de suelos blandos para una construcción secuencial de un terraplén”. Metodológicamente, el estudio se apoyó en una investigación cuantitativa de tipo aplicado con diseño experimental. Los resultados evidenciaron que en el análisis ejecutado se determinó el cómo se comporta las arcillas blandas, esto se refiere al hundimiento que experimenta el suelo con el paso del tiempo y a la reducción de la presión del agua acumulada en sus poros. Este estudio resulta importante para la presente tesis, Las arcillas blandas representan un desafío significativo para la ingeniería civil, a causa de la complejidad de sus propiedades físico-químicas, las cuales difieren sustancialmente de las observadas en suelos granulares como las arenas. Sus limitaciones geotécnicas fundamentales se centran en una reducida capacidad portante y una elevada compresibilidad. Asimismo, la interacción de estos suelos con la presencia de agua induce asentamientos considerables a lo largo del tiempo, desencadenados por procesos de consolidación primaria y secundaria, fenómeno que puede comprometer seriamente la integridad estructural de cualquier obra
- b) Llanos (2022), en la ciudad de Cajamarca, realizó la investigación titulada: “Correlación entre la permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación en suelos arcillosos para la zona de expansión urbana santa bárbara, Cajamarca, 2022”, cuyo objetivo fue: “Determinar las correlaciones entre la permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación de suelos arcillosos para la zona de expansión urbana Santa Bárbara, Cajamarca, 2022”. Para ello, utilizó un enfoque cuantitativo y tipo aplicado, de corte transversal y con una población de 5 lotes cada lote aproximadamente de 960 m², y se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, donde se ha considerado 18 muestras de suelo que se han obtenido



a partir de la excavación de cinco calicatas. Entre los principales resultados, se encontró que se llevaron a cabo pruebas de granulometría por lavado, sifonaje y límites de Atterberg con la intención de clasificar los suelos basado en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Además, se efectuaron ensayos de permeabilidad de carga variable, así como de consolidación unidimensional para realizar el cálculo de permeabilidad y compresibilidad. Todas las pruebas se hicieron siguiendo las normativas vigentes de mecánica de suelos RNE E0.50. Con base en los hallazgos conseguidos, se determinó las correlaciones, resultando en las ecuaciones $C_c = 82947k - 0.0603$ y $C_c = 767 \ 0.0067 \ LL - 0.1742$. Asimismo, se constató que la fórmula propuesta por Azzous, $C_c = 768 \ 0.0046 (LL - 9)$, presenta valores que se acercan al C_c real. Este estudio constituye un antecedente importante para la presente investigación, porque uno de los mayores riesgos para una infraestructura es fundar sobre suelos arcillosos y que conocer las propiedades geotécnicas de un suelo es de importancia ya que aporta información sobre fallas estructurales que pueden ocurrir al fundar en este tipo de suelos, como asentamientos diferenciales.

- c) Melgar (2024), en el departamento de San Martín, realizó la investigación titulada: “Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación para determinar el asentamiento total en suelos arcillosos en Moyobamba”, cuyo objetivo fue: “Determinar los parámetros de resistencia al corte y consolidación mediante el estudio de mecánica de suelos para calcular la capacidad portante de cimentaciones y los asentamientos totales de suelos arcillosos en Moyobamba”. Para ello, utilizó una población de 5 calicatas de suelo arcilloso a una profundidad de 5 metros donde se realizaron ensayos triaxiales y ensayos de consolidación. Los principales resultados mostraron que los suelos estudiados están compuestos por arcillas y limos, que son materiales cohesivos. Estos suelos presentan un ángulo de fricción de $15,14^\circ$ y una cohesión de $1,63 \text{ kg/cm}^2$. Asimismo, mediante el método de Casagrande, se determinaron los parámetros de consolidación, obteniéndose un coeficiente de consolidación de $8,78 \text{ mm}^2/\text{min}$. Estos valores se obtuvieron de una muestra de arcilla extraída a una profundidad de 1,80 m. Este estudio constituye un antecedente importante para la presente investigación, porque los asentamientos de los cimientos debido a la consolidación secundaria aumentan con el paso del tiempo. Se estimaron asentamientos de 0,14 cm a los 5 años, 0,21 cm a los 7 años y 0,30 cm a los 10 años, considerando diferentes tipos



de cimentación, como zapatas rectangulares, zapatas cuadradas, losas de cimentación y cimientos corridos. Y que se deben tener en cuenta estos estudios a fin de garantizar proyectos de infraestructura pública.

- d) Muñoz et al, (2020), en el artículo titulado: “Teoría de consolidación, una revisión a la literatura”, cuyo objetivo fue: revisar 60 fuentes bibliográficas que explican el desarrollo de la teoría de consolidación unidimensional, cual permite estimar los asentamientos que son producto de la reducción de los vacíos por la salida parcial del agua. Entre los principales resultados, se encontró que a través del tiempo la teoría de consolidación ha tomado un mayor soporte técnico y es usado en proyectos geotécnicos y civiles. Este trabajo previo resulta esencial para esta tesis, debido a que durante la construcción de obras civiles pueden presentarse diversos problemas ligados con el tipo de terreno. En este sentido, al igual que otros materiales, el suelo puede deformarse cuando soporta cargas y este fenómeno es conocido como asentamiento por consolidación, el cual ocurre principalmente en suelos arcillosos saturados. Un caso resaltante de este problema es la Torre inclinada de Pisa situada en Italia.
- e) Lavado, (2024), en su tesis titulado: “Influencia del suelo de cimentación en la capacidad portante empleando el ensayo de DPL y corte directo del sector santa clara, Moyobamba, San Martín – 2024”, cuyo objetivo fue: Establecer el efecto del suelo de cimentación en la capacidad portante empleando el ensayo de DPL y Corte Directo del Sector Santa Clara. Su metodología se alineó al diseño no experimental de corte transversal con un enfoque cuantitativo con una muestra de 05 calicatas. Entre los principales resultados, que la capacidad de carga en las calicatas ensayadas resultó resultaron que para la calicata C-01 fue 0.81 kg/cm^2 , C-02 fue 0.72 kg/cm^2 , C-03 fue de 0.82 kg/cm^2 C-04 fue de 0.83 kg/cm^2 C-05 fue de 0.93 kg/cm^2 estos resultados evidencias, que los suelos de grano fino poseen una capacidad de soportar carga bajos en comparación con otro tipo de suelo.

3.1.3 Antecedentes locales

- a) En el contexto local, Álvarez, (2024) desarrolló una investigación sobre: “Variabilidad de la expansión en suelos arcillosos bajo cargas estáticas identificados en la ciudad de Abancay – 2024”, alineándose al objetivo de: “Analizar la variabilidad de la expansión en suelos arcillosos bajo cargas estáticas



identificados en la ciudad de Abancay durante el año 2024”. Metodológicamente, el estudio se apoyó en un enfoque cuantitativo-aplicado y que cuenta con un diseño experimental y de nivel-descriptivo correlacional, donde la población de estudio se integró por suelos expansivos de la ciudad de Abancay y se realizó 8 calicatas y 12 muestras ubicados en los sectores de Puca Puca y Jr. San Luis. Los resultados evidenciaron que existen notables y preocupantes reacciones expansivas en suelos arenosos y arcillosos y que mediante el ensayo de CRB se ha observa que a los 12 golpes se genera un potencial de expansión superior al 2% tras 96 horas de saturación. Al aplicar 25 golpes, el rango de expansión se sitúa entre el 1.5% y el 2%, mientras que a 56 golpes este valor se reduce al 1.5%. Esta investigación resulta necesaria para la presente tesis, ya que permite conocer que los suelos en la ciudad de Abancay presentan una elevada susceptibilidad a la saturación, ya sea por factores climáticos o mecánicos. Por consiguiente, se enfatiza la necesidad de ejecutar ensayos geotécnicos complementarios en proyectos de edificación e infraestructura tales como pruebas de consolidación y límites de consistencia con el fin de caracterizar integralmente los suelos arcillosos ante variaciones en el estado de esfuerzos y el contenido de humedad. Esto ayudará a caracterizar mejor su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga/ esfuerzo y humedad.

- b) Asimismo, Hilares y Serrano, (2025) desarrolló una investigación sobre los: “Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay”. Con el objetivo de: “evaluar cómo los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan el dimensionamiento de cimientos superficiales de una edificación proyectada en Molinopata – Abancay”. Metodológicamente, el estudio se apoyó en un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental y nivel explicativa y la población de estudio está conformada por suelos arcillosos de Molinopata, asimismo, se tomaron muestras en 4 calicatas en un área destinada a la futura construcción de una edificación multifamiliar. Los resultados evidenciaron que el porcentaje de variación de la capacidad admisible para el ensayo de corte directo por los dos métodos Norma E.050 y la E. General para un tipo de suelo arcilloso con baja plasticidad es de 3% y para el ensayo de compresión triaxial un 2% y teniendo una variación del 1% por ambos ensayos, al respecto de los parámetros de



resistencia al corte, la cohesión presentó un valor mínimo de 0.200 kg/cm^2 en la calicata C-04 y un máximo de 0.220 kg/cm^2 en la calicata C-01, alcanzando una cohesión promedio representativa de 0.210 kg/cm^2 para el conjunto de las cuatro excavaciones. Por su parte, el ángulo de fricción interna registró un límite inferior de 26.57° en las calicatas C-02 y C-04, y un límite superior de 28.37° en la C-03, lo que permitió determinar un valor promedio ponderado de 27.36° para la zona de estudio. Esta investigación resulta importante para la presente tesis, ya que permite reconocer que para futuras investigaciones se tienen que abordar ensayos como el grado de consolidación, y que dicho ensayo solo se realiza en suelos cohesivos como la arcilla.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Grado de consolidación de suelo

Desde una perspectiva teórica, esta ha sido abordada por diversos autores, quienes la entienden como proceso por el cual se disipa el exceso de poros, una vez que se haya generado súbitamente. En esa misma línea, Angelone (2002) sostiene que “el grado de consolidación es la relación entre la consolidación que ya ha tenido lugar en ese lugar y la consolidación total que ha de producirse bajo el incremento de carga o esfuerzo impuesto”, mientras que Juárez y Rico (2005) la conciben como la relación entre la consolidación que tuvo lugar en ese instante en cierta profundidad de suelo y la consolidación total que debe ocurrir bajo incrementos de carga impuesto, representado por $U_z (\%)$. Considerando como base los aportes expuestos, se entiende que este grado de consolidación constituye el porcentaje de las sobrepresiones intersticiales disipadas tras aplicar una carga o esfuerzo sobre el suelo, en relación con la magnitud total de la sobrepresión generada por dicha carga,

La importancia de esta variable radica en que se vincula directamente con el objetivo de investigación especialmente en construcción de infraestructura ingenieril en suelos arcillosos que tienen plasticidad alta. En el marco de esta tesis, la variable será comprendida desde la perspectiva de los autores como Angelone (2002) y Juárez y Rico (2005), debido a que dicho planteamiento permite explicar de manera más integral sus componentes. En consecuencia, para su estudio, esta variable se ha organizado en las siguientes dimensiones: coeficiente de consolidación vertical, factor tiempo de consolidación, longitud de drenaje de consolidación y módulo de compresibilidad volumétrica.



3.2.1.1 Propiedades geotécnicas de suelo

Las propiedades geotécnicas constituyen los parámetros fundamentales que definen el comportamiento mecánico de los suelos ante la aplicación de cargas o esfuerzos. Por ello, su adecuada caracterización resulta indispensable para garantizar la estabilidad y el diseño óptimo de cimentaciones y diversas obras de infraestructura que incluyen el análisis granulométrico, contenido de humedad, Límites de Atterberg, peso volumétrico, ángulo de fricción entre otras, y se evalúan por medio de pruebas de laboratorio. La comprensión de estas propiedades permite predecir posibles problemas como asentamientos, asegurando construcciones seguras y sostenibles (Tello, 2024).

3.2.1.1.1 Granulometría

El análisis granulométrico constituye un procedimiento fundamental para determinar la distribución cuantitativa del tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Esta caracterización resulta indispensable para su correcta clasificación según los sistemas de clasificación de suelo SUCS y AASHTO, así como para la estimación de sus propiedades mecánicas y su posterior comportamiento geotécnico en proyectos de ingeniería, en esa misma línea, Toirac (2012), sostiene que la granulometría constituye la distribución porcentual de los diferentes tamaños del agregado en una muestra de suelo. Este estudio puede realizarse mediante el método de tamizado (norma técnica peruana, 2019).

3.2.1.1.2 Límites de Atterberg

Constituye medidas básicas del contenido crítico del agua en suelos de grano fino, asimismo, incluye pruebas como el límite plástico, límite Líquido e índice de plasticidad, descritos en la norma ASTM D4318 y la Norma Técnica Peruana (2019). Que, según su contenido de agua, el suelo puede presentar hasta cuatro estados como el sólido, semisólido, plástico y líquido, además la consistencia y el comportamiento de los suelos de grano fino y



sus propiedades geotécnicas, varían según el grado de humedad. Los límites de Atterberg permiten distinguir entre arcillas y limos.

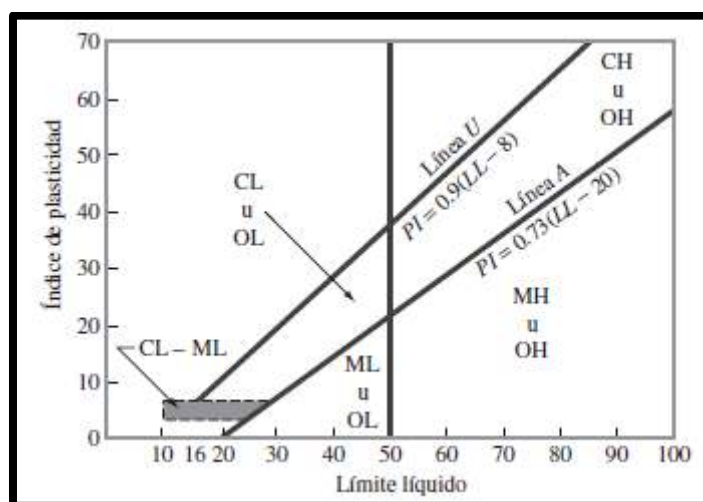
a) Limite líquido

Según Coduto et al (2011) define al límite líquido como el contenido de humedad que marca la frontera entre los estados plástico y líquido en suelos finos, dentro del marco de los límites de Atterberg. Por otro lado, Das (2015), define el límite líquido como el contenido de agua al cual el suelo cambia del estado plástico al estado líquido. A partir de estos aportes de puede comprender que este límite líquido es el contenido de humedad que necesita una muestra de suelo para que una ranura de media pulgada se cierre después de 25 golpes en la copa de Casagrande que se generan en la capsula de bronce, con un intervalo de dos golpes por cada minuto. Los valores corrientes para las arcillas varían entre 40% a 60% en tanto que para limos entre 25% a 50%; en el caso de arenas no se obtiene resultado alguno (Duque y Escobar, 2002).

b) Limite plástico

Das (2015), lo describe como el contenido de agua que define la transición del suelo desde el estado semisólido al estado plástico. En su exposición, este límite se interpreta como una propiedad índice fundamental de los suelos finos, Das lo vincula directamente con la consistencia del suelo y con la manera en que sus partículas interactúan en presencia de agua, por otro lado, Coduto et al (2011) presenta el límite plástico como una frontera de consistencia que separa el comportamiento semisólido del comportamiento plástico en suelos finos. Conceptualmente, este límite identifica el contenido de humedad mínimo a partir del cual el suelo puede deformarse sin fracturarse de manera frágil bajo manipulación mecánica moderada. De esta manera Bowles (1997) trata el límite plástico como una propiedad índice que expresa el estado de humedad en el cual el suelo adquiere plasticidad

observable. En términos conceptuales, señala el punto a partir del cual un suelo cohesivo puede ser moldeado sin que se rompa de inmediato, lo cual permite evaluar indirectamente su consistencia natural y su potencial de deformación. Bowles lo considera un parámetro esencial para geotécnicamente identificar y clasificar los suelos finos (MTC, 2016).



FUENTE: Das, 2015.

Figura 1 — Carta de plasticidad, según su límite líquido e índice de plasticidad

c) Índice de plasticidad

El índice de plasticidad (IP) es una propiedad de los suelos finos que indica el intervalo de humedad en el cual el suelo presenta comportamiento plástico. En otras palabras, expresa la diferencia entre el contenido de agua a partir del cual el suelo empieza a comportarse como material plástico y aquel en el que pasa al estado líquido.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2016), indica que cuanto mayor es el índice de plasticidad, mayor es la capacidad del suelo para deformarse plásticamente sin agrietarse ni fluir. Por eso, este índice se usa para clasificar suelos y para anticipar comportamientos como asentamientos,

cohesión, expansión, sensibilidad y variación de volumen al agua.

Según MTC (2016), “el índice de plasticidad se define como la diferencia que existe entre el límite líquido y límite plástico de un suelo”, que se calcula con la formula siguiente:

$$IP=LL-LP \quad (1)$$

donde

LL es el límite líquido;

LP es el límite plástico.

Así mismo los valores que puede tomar el L.L y L.P son números enteros (MTC, 2016).

3.2.1.1.3 Contenido de humedad

Desde una perspectiva teórica, esta ha sido abordada por diversos autores, quienes la entienden como propiedad física que expresa la cantidad de agua presente en una muestra de suelo con respecto a la masa de sus sólidos secos, Por ello, el contenido de humedad se considera un índice básico de identificación y análisis, ya que vincula el estado natural del suelo con su respuesta frente a cargas, deformaciones y variaciones del entorno. En esa misma línea, Berry y Reid (2002) sostiene que el contenido de humedad constituye la relación en porcentaje del peso del agua del espécimen, al peso de los sólidos, mientras que la Norma Técnica Peruana (2019) concibe la humedad de un suelo como el porcentaje que representa el peso de agua que contiene una muestra de suela en relación con el peso de sus partículas sólidas. A partir de estos aportes, puede comprenderse que este parámetro describe el estado hídrico del suelo y resulta fundamental en mecánica de suelos porque la presencia de agua condiciona su comportamiento ingenieril: modifica su consistencia, influye en su plasticidad, afecta su resistencia al corte, altera su compresibilidad y cambia su capacidad portante.



3.2.1.2 Consolidación unidimensional del suelo

Según Duque y Escobar (2002), indica que la consolidación unidimensional del suelo es la disminución progresiva de su volumen debido a la presión que ejercen las cargas estáticas. Este proceso puede ocurrir por la salida del agua o del aire de sus poros, así como por el reordenamiento de la fábrica textural. En complemento, Angelone (2002) afirma que la consolidación es la disipación de presión intersticial, debido al flujo de agua hacia el exterior. Como consecuencia, disminuye el volumen de poros y el volumen total del suelo, esto provoca asentamientos. Asimismo, a medida que se disipa el exceso de presión intersticial, aumenta la presión efectiva y con ello la resistencia del suelo. Esta dimensión resulta importante porque permite analizar aspectos de asentamientos especialmente en contextos donde de suelos arcillosos de alta plasticidad con limite liquido superior a 50.

En términos analíticos, esta dimensión resulta fundamental porque permite comprender los asentamientos y variación de volumen. En contextos de la mecánica de suelos y el campo de la geotecnia, la consolidación adquiere especial relevancia, ya que influye en el diseño de cimentación de proyectos ingenieriles. Por ello, su incorporación en la presente investigación permite abordar de manera más precisa la complejidad de la variable estudiada.

3.2.1.2.1 Coeficiente de consolidación vertical

Integra un parámetro esencial dentro de la mecánica de suelos, el cual indica la velocidad a la que un suelo saturado se comprime bajo una carga aplicada, según Das (2015), la percibe como el parámetro que vincula el factor de tiempo adimensional con la trayectoria de drenaje y el tiempo transcurrido de la consolidación, cuando esta es sometida a incrementos de carga, por otro lado, según Cordero y Sánchez (2011), exponen que este concepto se vincula con la rapidez con la que el suelo se comprime al aumentar la carga vertical que soporta. A su vez, permite estimar el tiempo necesario para que se produzca un determinado asentamiento del suelo.



3.2.1.2.2 Factor tiempo de consolidación

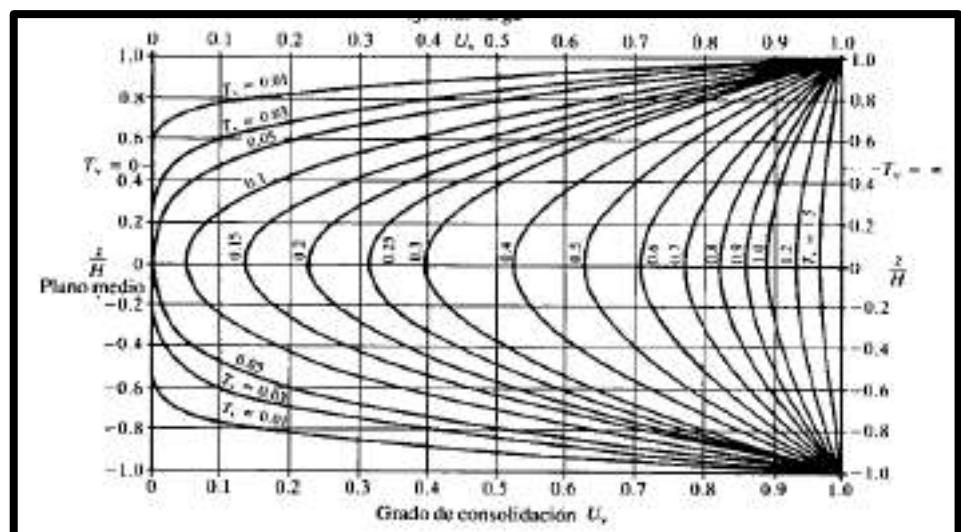
Según Juárez y Rico (2005) indica que “para el cálculo del tiempo de consolidación, se considera que el coeficiente de consolidación in situ = C_v laboratorio; una vez realizado dicho coeficiente se determina el tiempo de consolidación para diferentes grados de consolidación”, mediante la ecuación que se muestra a continuación:

$$t = T_v \cdot H^2 / C_v \quad (2)$$

donde

t	representa el tiempo de consolidación;
T_v	representa el factor de tiempo para el $U\%$;
H	representa la máxima distancia que recorre el agua en el estrato;
C_v	representa el coeficiente de consolidación.

Por otro lado, según Angelone (2002), el factor tiempo de consolidación T_v es un número adimensional que sirve para calcular cuánto tiempo tardará un suelo arcilloso en asentarse y que depende de la velocidad de consolidación, del tiempo y la altura donde ocurre la consolidación del suelo, y que estos se obtienen a partir del ensayo de consolidación en laboratorio.



FUENTE: Angelone, 2002.

Figura 2 — Abaco del grado de consolidación

3.2.1.2.3 Longitud de drenaje de consolidación

Según Duque y Escobar (2002), indica que es: la “distancia máxima que una molécula de agua recorrer dentro de un estrato de suelo compresible para escapar hacia una frontera permeable”, y que depende del tipo de drenaje:

drenaje doble (por ambas caras): “El agua sale por la parte superior e inferior del estrato. La longitud de drenaje es igual a la mitad de la altura total” y drenaje simple (por una sola cara): “El estrato tiene una frontera impermeable (como roca) y el agua solo sale por un extremo superior o inferior. La longitud de drenaje es igual a la altura total del estrato” (Duque y Escobar (2002).

Asimismo, el cálculo de la longitud de drenaje en la investigación presente se ha realizado por el drenaje doble, puesto que se realizó mediante la colocación de dos piedras porosas en ambas caras del suelo consolidado.

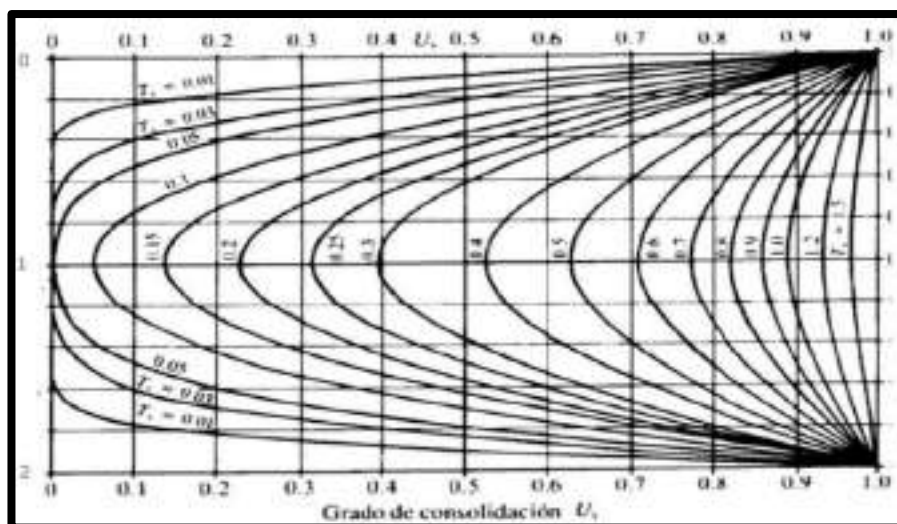


Figura 3 — Abaco del grado de consolidación en función de la altura de drenaje

3.2.1.2.4 Módulo de compresibilidad volumétrica

Según Das (2015), la define como: el “cambio volumétrico por unidad de presión aplicada bajo deformación lateral restringida”. El módulo de deformación edométrico o unidimensional está

directamente acoplado al módulo de compresibilidad volumétrica. Y que esta se determina mediante el ensayo de consolidación unidimensional de suelo, mediante incrementos de carga o esfuerzo según el método de Taylor o el método de Casagrande conocidos como método A y método B (Manual de Ensayo de Materiales 2016).

3.2.2 Comportamiento mecánico

Según Peter y Reid, (2003); Juárez y Rico, (2005) sostiene que el comportamiento mecánico del suelo es su respuesta ante la aplicación de fuerzas o cargas externas, evaluando su, deformabilidad y capacidad de carga. Y es fundamental para diseñar cimientos seguros y prevenir deslizamientos, hundimientos o fallas estructurales en cualquier terreno, mientras que Terzaghi, (1943), la percibe como el: “comportamiento mecánico del suelo que está gobernado esencialmente por el principio de esfuerzos efectivos el cual establece que todas las deformaciones y variaciones en la resistencia al corte de un suelo son función exclusiva de los cambios en los esfuerzos efectivos transportados por la estructura mineral del suelo. A partir de estos aportes, puede comprenderse que lo planteado líneas arriba nos conduce a definir los parámetros geotécnicos, capacidad de carga y asentamiento del suelo, según las dimensiones de nuestra investigación”.

La importancia de esta variable radica en cómo se relaciona con el grado de consolidación de un suelo, especialmente en suelos arcillosos de alta plasticidad. En el marco de la presente investigación, la variable será comprendida desde la perspectiva del campo de mecánica de suelos y la geotecnia, debido a que dicho planteamiento permite explicar de manera más integral sus componentes. En consecuencia, para su estudio, esta variable se ha organizado en las siguientes dimensiones: parámetros geotécnicos, capacidad de carga y asentamiento del suelo.

3.2.2.1 Parámetros geotécnicos

En ingeniería geotécnica, los parámetros del suelo corresponden a propiedades medibles que representan su composición, estructura, estado de esfuerzos y resistencia al corte. Estos parámetros se determinan mediante ensayos de laboratorio, y constituyen la base para el análisis de



cimentaciones, taludes, excavaciones, muros de contención y problemas de asentamiento (Das 2013).

3.2.2.1.1 Angulo de fricción

Según Das (2013), el ángulo de fricción interna integra una propiedad fundamental de los suelos que mide su resistencia al corte. Esencial para entender el comportamiento del terreno bajo condiciones de cargas prescritas o esfuerzos, finalmente se desprende que la fricción interna influye en la estabilidad de estructuras y es clave en el análisis de diferentes tipos de suelo, esta característica es crucial en la ingeniería civil y geotécnica, debido a que determina si un terreno es seguro para soportar el peso de una edificación, construir un muro de contención o mantener la estabilidad de un talud.

3.2.2.1.2 Cohesión

Constituye la atracción entre partículas, debido a las fuerzas moleculares y a la presencia de partículas de agua, asimismo puede variar si cambia su contenido de humedad, por otro lado según Crespo (2004), indica que es el efecto de adherirse las cosas entre sí, de forma general se definen como un compuesto de partículas muy pequeñas que tienden a juntarse por la interacción de agua, los suelos cohesivos poseen partículas moleculares y principalmente conformadas por arcillas para que el suelo se adhiera, así mismo, mientras más cohesivo sea el suelo, será porque presencia más contenido de arcilla.

3.2.2.2 Capacidad de carga

Según Das (2013), indica que la capacidad de carga de un suelo constituye un aspecto fundamental en el diseño geotécnico, puesto que de ella depende la seguridad y funcionalidad de cualquier cimentación, así mismo, a través del análisis de cimentaciones superficiales se observa que su comportamiento está fuertemente ligado con la resistencia al corte del suelo, lo cual permite estimar la capacidad portante admisible.



3.2.2.2.1 Capacidad portante admisible

Según Rodríguez (2011), la define como la carga límite que se divide entre un factor de seguridad, a esta carga límite o esfuerzo se denomina capacidad portante del suelo, en esa misma línea el Dr. Terzagui recomienda que el factor de seguridad no sea menor que tres y se realiza por medio del ensayo de corte directo.

En tanto, Medrano (2008), la define como el peso máximo que puede soportar el suelo sin provocar daños en la estructura, considerando un margen de seguridad. Al mismo tiempo, esta capacidad depende del tipo de suelo, así como de las características de la cimentación de la construcción.

De las definiciones anteriores se entiende que la capacidad portante admisible es la capacidad del suelo para soportar las cargas aplicadas sobre él. Depende principalmente del tipo de suelo, su resistencia al corte y su densidad, cuanto más profunda sea, mayor será la capacidad portante.

3.2.2.3 Asentamiento del suelo

En el ámbito de la geotecnia, el asentamiento del suelo es el hundimiento vertical que experimenta la superficie del terreno como consecuencia de la ejecución de cargas sobre el suelo. Este hundimiento se expresa comúnmente en unidades de longitud (milímetros o centímetros) y se considera un parámetro fundamental para diseñar y construir obras civiles, por otro lado Medrano (2008), también la define como movimiento hacia debajo de los cimientos de una estructura debido a cambios en las condiciones del suelo subyacente de los conceptos líneas arriba se desprende que las cargas que se transmiten al suelo dan lugar su deformación y esta se traduce en asentamientos y si estos asentamientos resultan excesivos, podrían originar fisuras, agrietamiento u otras patologías en la construcción de infraestructura.



3.2.2.3.1 Variación de volumen

La variación de volumen de un suelo es la alteración de su volumen como consecuencia de cambios en humedad, presión efectiva, carga aplicada o reacomodo de partículas, afectando su comportamiento mecánico e hidráulico y las formas más comunes en que ocurre son por la contracción, la compresión y la consolidación.

La variación de volumen del suelo se define como el cambio en el volumen total de una muestra de suelo que experimenta como consecuencia de diversos factores, como cambios en el contenido de agua, la temperatura o la aplicación de cargas. Esta variación se expresa comúnmente en unidades de porcentaje o volumen por unidad de volumen (Medrano 2008).

3.3 Marco conceptual

3.3.1 Suelo

En geotecnia, el suelo constituye un material natural no consolidado formado por partículas minerales, con posible presencia de materia orgánica, agua y aire, que se encuentra sobre la superficie terrestre y sirve como medio de apoyo o interacción para las obras de ingeniería por otro lado Campos y Guardia (2012), definen que el suelo es un agregado no cementado constituido gracias a partículas minerales, así como de materia orgánica en descomposición, con presencia de fluidos y gases en sus espacios vacíos. Del mismo modo Das (2013), la define como la capa no consolidada de granos minerales y material orgánico en descomposición que cubre la superficie de la tierra, producto de la meteorización física y química que sufren las rocas.

3.3.2 Clasificación de suelos

Según Das (2013), los suelos se clasifican en grupos y subgrupos en función de sus propiedades, físicas, granulométricas y mecánicas, de tal manera que su clasificación proporciona un lenguaje común para expresar de manera precisa las características y propiedades generales de los suelos, del mismo modo, Berry y Reid (2002), la define como características físicas de un suelo granular que depende principalmente del tamaño de sus partículas en el depósito de un suelo, y que en un suelo arcilloso ellas



dependen de las propiedades mineralógicas, su límite líquido, su índice de plasticidad y su contenido de humedad, en la actualidad existen dos sistemas elaborados de clasificación en función a su distribución granulométrica y su plasticidad. Existen dos sistemas principales para clasificar los suelos: el AASHTO y el SUCS. El sistema AASHTO se utiliza principalmente en el diseño y la construcción de carreteras, mientras que el SUCS es más empleado por los ingenieros geotécnicos para identificar y clasificar los suelos según sus características.

Según el INDECI (2007), indica que para la confección del mapa de tipo de suelos en Abancay se ha incurrido en una serie de simplificaciones a los sistemas de clasificación existentes en la ingeniería civil, hasta lograr un número de tipo de suelo razonable, asignándoles letras como: letra R (Roca), G (Grava), S (Arena) y F (Finos).

3.3.3 Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Según Crespo (2004) las arcillas inorgánicas de alta plasticidad y alta compresibilidad son muy impermeables, con resistencia muy alta a la tubificación y de baja a media resistencia al corte; pueden presentar grandes asentamientos que deben calcularse mediante pruebas de consolidación, y que poseen de media a alta susceptibilidad al agrietamiento y muy baja susceptibilidad a la licuación. Por otro lado, según Campos y Guardia (2012), las arcillas inorgánicas de alta plasticidad son un tipo de suelo se clasifica en dos grupos de frontera los que dependen de límite líquido, para ser considerado de alta plasticidad el límite líquido debe ser superior al 50%.

3.3.4 Alta plasticidad

Según Campos y Guardia (2012), la conceptúan como la propiedad que tienen algunos suelos en especial suelos arcillosos a que con un contenido de humedad leve pueden ser remoldeadas y amasados sin desmenuzarse. Del concepto líneas arriba se entiende que la plasticidad de un suelo es la capacidad del suelo fino para deformarse permanentemente sin ruptura bajo la acción de cargas externas y de retener su forma deformada después de la remoción de las cargas. Del mismo modo Das (2013), La define la capacidad del suelo para estirarse y mantener su forma sin romperse. Las arcillas son más plásticas y, por lo tanto, conservan mejor su forma que otros suelos.

3.3.5 Cargas estáticas prescritas

Las cargas estáticas prescritas son fuerzas específicamente aplicadas a un suelo durante pruebas y estudios geotécnicos para evaluar su comportamiento bajo condiciones controladas, de acuerdo con De Castro (2014), se considera carga estática a: “aquella carga o esfuerzo que no varía su magnitud ni dirección en el tiempo”. Y son cargas prescritas porque están establecidas y normadas según la Norma Técnica Peruana (2019) y el Manual de Ensayo de Materiales (2016).

3.3.6 Consolidación primaria

Cuando cargado el suelo, la reducción de volumen se debe a la expulsión del agua, fenómeno en el que se transfiere la carga soportada por el agua al esqueleto mineral, esta es la consolidación propiamente dicha, según Das (2013), es el proceso geotécnico mediante el cual un suelo saturado reduce su volumen (se asienta) a lo largo del tiempo debido a la expulsión del agua de sus poros, causada por el aumento de una carga o presión exterior, del mismo modo Berry y Reid (2002), la conceptúan a la consolidación primaria como la fase del asentamiento por consolidación durante la cual la deformación volumétrica del suelo está directamente controlada por el flujo de agua hacia afuera de los poros a través del gradiente hidráulico generado por las cargas aplicadas.

3.3.7 Consolidación secundaria

Según Das (2013), la consolidación secundaria o compresión secundaria es la deformación diferida en el tiempo que experimenta un suelo saturado después de que toda la presión en exceso del agua de los poros se ha disipado completamente, es decir, una vez finalizada la consolidación primaria. Del mismo modo Juárez y Rico, (2005). La consolidación secundaria es el proceso de deformación volumétrica y asentamiento del suelo que ocurre a esfuerzo efectivo prácticamente constante y después de que ha cesado prácticamente la expulsión del agua de los poros, es decir, una vez finalizada la consolidación primaria.

A diferencia de la consolidación primaria, no es causada por el flujo ni por la expulsión de agua, sino por el reacomodo viscoelástico y plástico de las partículas sólidas y la materia orgánica del suelo bajo una presión efectiva constante.

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Según su finalidad, este trabajo es de tipo aplicativo. Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista (2014), sostiene que la investigación aplicada procura el conocimiento con una finalidad práctica, orientado hacia la solución de problemas específicos y al desarrollo de tecnologías o estrategias útiles en la práctica; así que se enfoca en formular soluciones prácticas para la resolución de problemas reales. En la misma línea, Vizcaíno et al (2023) señala que este tipo de estudio se interesa en emplear los conocimientos científicos para solucionar problemas específicos y coadyuvar a mejorar situaciones existentes. A partir de estos planteamientos, se comprende que la investigación aplicada se caracteriza por usar los hallazgos de la investigación para el desarrollo de soluciones prácticas en el campo de la ingeniería. En la presente tesis, este tipo de investigación se justifica porque busca resolver una problemática concreta y mejorar situaciones existentes, lo cual se relaciona directamente con el grado de consolidación y su comportamiento mecánico (parámetros geotécnicos, capacidad de carga y su variación de volumen) en suelo de grano fino como son las arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

El enfoque es cuantitativo, porque facilita explicar los hechos o eventos trascendentales por medio del análisis de mediciones y datos numéricos. A su vez, estos datos se comparan con las hipótesis propuestas para demostrar con certeza los fenómenos estudiados, además utiliza, instrumentos que posibilitan la medición de las unidades de análisis, proceso de muestreo y tratamiento estadístico según (Gonzales y Rivera 2024).

4.1.2 Nivel de investigación

En cuanto al nivel de investigación, el presente estudio corresponde al nivel correlacional. Al respecto, Vásquez et al (2023), sostiene que este nivel busca examinar la asociación entre dos o más variables sin manipularlas, además se utiliza



para identificar variables que están relacionadas con un problema o fenómeno en particular. En la misma línea, Hernández, Fernández y Baptista (2014), señala que el nivel correlacional tiene por finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre variables en contexto específico y que en cierta medida tiene un valor explicativo. A partir de estos planteamientos, se comprende que el nivel correlación permite analizar el grado de relación entre variables.

En la presente tesis, este nivel se justifica porque busca medir el grado de relación entre las variables estudiadas como son el grado de consolidación y su relación con el comportamiento mecánico, lo cual guarda coherencia con la pregunta, objetivos e hipótesis de la investigación. En ese sentido, la investigación se ubica en este nivel, ya que pretende analizar la relación entre las variables de estudio.

4.2 Diseño de la investigación

En cuanto al diseño de investigación, el presente estudio corresponde a un diseño no experimental. Al respecto, Gonzales y Rivera (2024) sostiene que este diseño el investigador mide el fenómeno que le interesa sin realizar manipulación en las variables que medirá; es decir, buscan estudiar fenómenos, situaciones o sucesos sin alterar su rumbo habitual. Asimismo, es de corte transversal, al respecto, Gonzales y Rivera (2024), sostiene que, si una investigación se recolecta en un solo momento del tiempo, al estudio se le denomina transversal. Este tipo de investigación no puede evaluar cambios temporales, por ende, no puede probar causalidad con exactitud, puesto que, al tener una sola medición de la población, no se puede identificar si fue primero la causa y luego el efecto o viceversa.

En la presente tesis, este diseño se justifica porque no se manipularán las variables, lo cual guarda coherencia con el diseño de investigación. En ese sentido, la investigación se ubica en este diseño, ya que se los resultados de las variables se realizaron mediante ensayos de laboratorio las cuales están normados en la Norma Técnica Peruana.

4.3 Descripción ética de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo los principios de integridad científica y responsabilidad profesional con compromiso explícito de no falsificar y alterar los resultados de los ensayos de laboratorio. Los datos de campo y laboratorio fueron obtenidos de manera transparente, respetando las normas y procedimientos vigentes establecidos en la Norma Técnica Peruana y manteniendo la trazabilidad de las muestras en todo momento

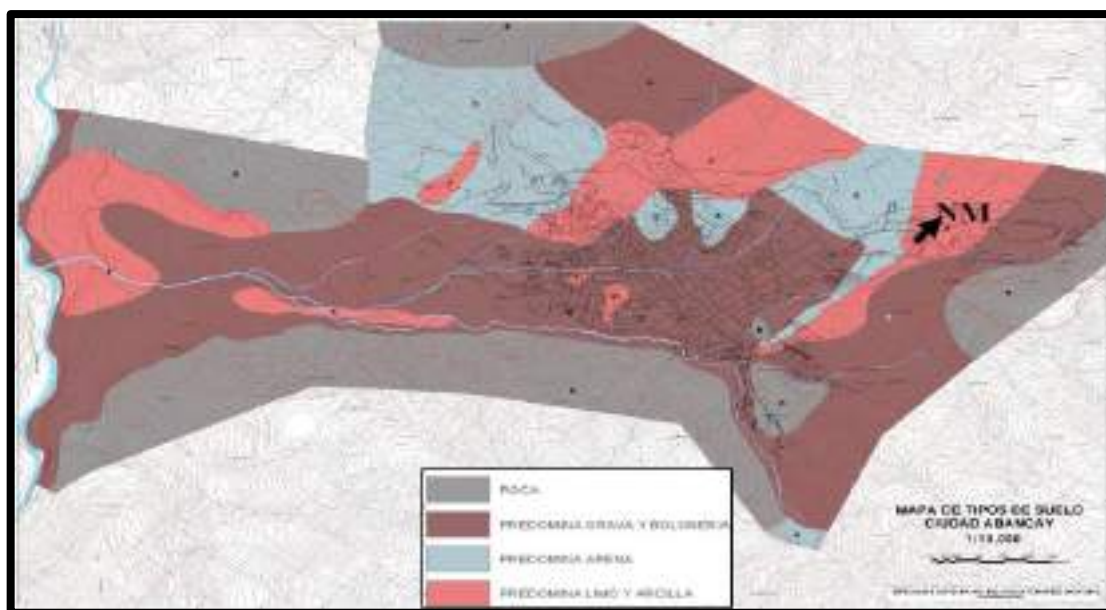


ya que se ha registrado de manera integral con fotografías y plano de calicatas los puntos georreferenciados, finalizando la extracción de muestra se rellenó los puntos de muestro respetando el medio ambiente.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

En relación con la población, Gonzales y Rivera (2024), sostiene que esta corresponde a la totalidad de elementos que poseen rasgos y condiciones relevantes para la investigación. En la misma línea, Monge (2011), señala que la población está constituida por todos los sujetos, objetos o registros sobre los cuales recae el interés del estudio. A partir de estos planteamientos, se comprende que la población representa el universo de referencia de donde será extraída la información necesaria para analizar el problema de investigación. En la presente tesis, la población está integrada por la superficie donde predominan los suelos arcillosos de la ciudad de Abancay y dichos elementos comparten características como su plasticidad y su límite liquido según la carta de plasticidad, lo que los convierte en unidades pertinentes para el estudio del grado de consolidación y comportamiento mecánico de los suelos. El tamaño de la población está determinado según el mapa de suelos de la ciudad de la ciudad de Abancay, razón por la cual constituye el universo de referencia para la presente investigación.



FUENTE: Instituto Nacional De Defensa Civil, 2007.

Figura 4 — Mapa de tipo de suelos de la ciudad de Abancay

4.4.2 Muestra

En relación con la muestra, Gonzales y Rivera (2024), sostiene que esta constituye una parte representativa de la población, seleccionada para obtener información relevante sobre el problema de investigación.

En la misma línea, Monge (2011), señala que la muestra es el subconjunto de unidades que se extrae del universo total con el fin de estudiar sus características y, según el caso, inferir resultados a la población. A partir de estos planteamientos, se comprende que la muestra representa una porción metodológicamente delimitada del universo de estudio.

En la presente tesis, la muestra se conformó de seis calicatas, seleccionados de la población de la investigación. Para su determinación se empleó el muestreo no probabilístico, según Gonzales y Rivera (2024), el investigador es quien decide quien participara, siguiendo criterios de inclusión y exclusión, así mismo, fue por juicio por que el investigador define deliberadamente la selección de la muestra en función de las características particulares de la población estudiada y por existir dificultades de acceso a la población de estudio.

Tabla 2 — Número de calicatas y muestras para ensayo de laboratorio

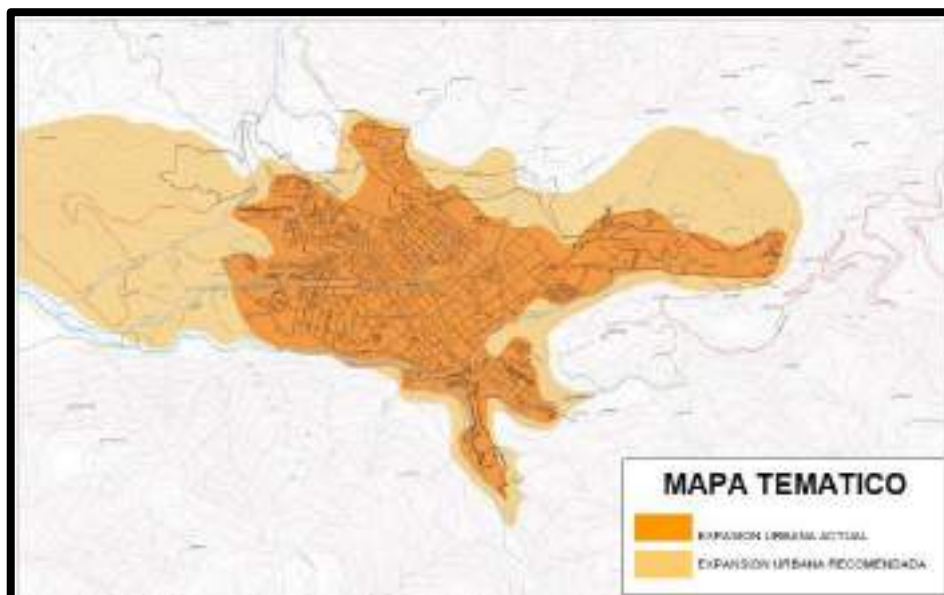
El número de la calicata de origen	Código único de la muestra extraída	Cota de extracción de la muestra de suelo	Coordenada E	Coordenada N
Calicata	Id muestra	Profundidad en m.	Este	Norte
C-01	M-01	3.00	731076.123	8493829.071
C-02	M-02	3.00	731228.337	8495052.533
C-03	M-03	3.00	728087.328	8492484.458
C-04	M-04	3.00	727609.456	8492570.351
C-05	M-05	3.00	726457.477	8491012.788
C-06	M-06	3.00	726399.546	8491517.360

La selección se realizó siguiendo los criterios de inclusión y exclusión y mediante la NTP 339.150 descripción e identificación de suelos, procedimiento visual - manual, y la norma E.050 Suelos y Cimentaciones, con lo que se afirma que la muestra resulta adecuada para el estudio de las variables de la investigación.



4.4.2.1 Criterios de inclusión

- a) El área de estudio debe obedecer a suelos donde predominan las arcillas según el mapa de tipo de suelos de Abancay y que también debe estar dentro de las áreas de expansión urbana recomendada por el Instituto de Defensa Civil (2007) de la ciudad de Abancay.



FUENTE: Instituto de Defensa Civil, 2007.

Figura 5 — Mapa temático de expansión urbana recomendada de la ciudad de Abancay

- b) La muestra extraída para la investigación debe presentar estrictamente un límite líquido que supere el 50 % ($LL > 50\%$) según la carta de plasticidad determinado gracias a la prueba de la cuchara de Casagrande y según la NTP 339.129.
- c) La muestra extraída debe clasificarse estrictamente como arcillas inorgánicas de alta plasticidad CH.

4.4.2.2 Criterios de exclusión

- a) Suelos que no se clasifican como arcillas de alta plasticidad y que su límite líquido no supere el 50%.
- b) Suelos que no se encuentren dentro la población estudiada ni el área de expansión urbana recomendada por el Instituto Nacional De Defensa Civil (2007).

4.5 Procedimiento

Se elaboró un flujograma para la consecución de los objetivos de este trabajo, organizando las actividades en una secuencia cronológica. En este estudio, los procedimientos se estructuraron en una serie de etapas que facilitarán el recojo de información, tal como se describe a continuación:

- a) **Fase 01:** Se realizó el reconocimiento de campo por las zonas de Puca Puca, el sector de Antilla Antabamba y el sector Molinopata conforme al mapa de suelos de la ciudad de Abancay, y se hizo una descripción visual de los suelos arcillosos para nuestra muestra de estudio y para los ensayos de laboratorio según la NTP 339.150.
- b) **Fase 02:** Una vez realizada el reconocimiento de campo de determino la ubicación de calicatas, para su posterior excavación conforme a la norma E.050 Suelos y cimentaciones donde se extrajo muestras inalteradas para sus respectivos ensayos de laboratorio.
- c) **Fase 03:** Se realizó los ensayos de laboratorio con las muestras inalteradas de las calicatas excavadas, correspondiente a suelos de grano fino, arcillas inorgánicas de alta plasticidad, se realizó ensayos de granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, peso volumétrico, ensayo de corte directo, así como de consolidación.
- d) **Fase 04:** Del resultado de los ensayos de corte directo, se consiguió los parámetros geotécnicos de las arcillas inorgánicas de alta plasticidad y a partir de ello se determinó la capacidad de carga de la ecuación de Vesic.
- e) **Fase 05:** A partir del ensayo de los ensayos realizados de los parámetros geotécnicos y el cálculo de capacidad de carga de a determinado la cantidad de asentamiento que sufre la muestra de suelo, mediante recomendación de fórmulas de la norma E.050 suelos y cimentaciones.

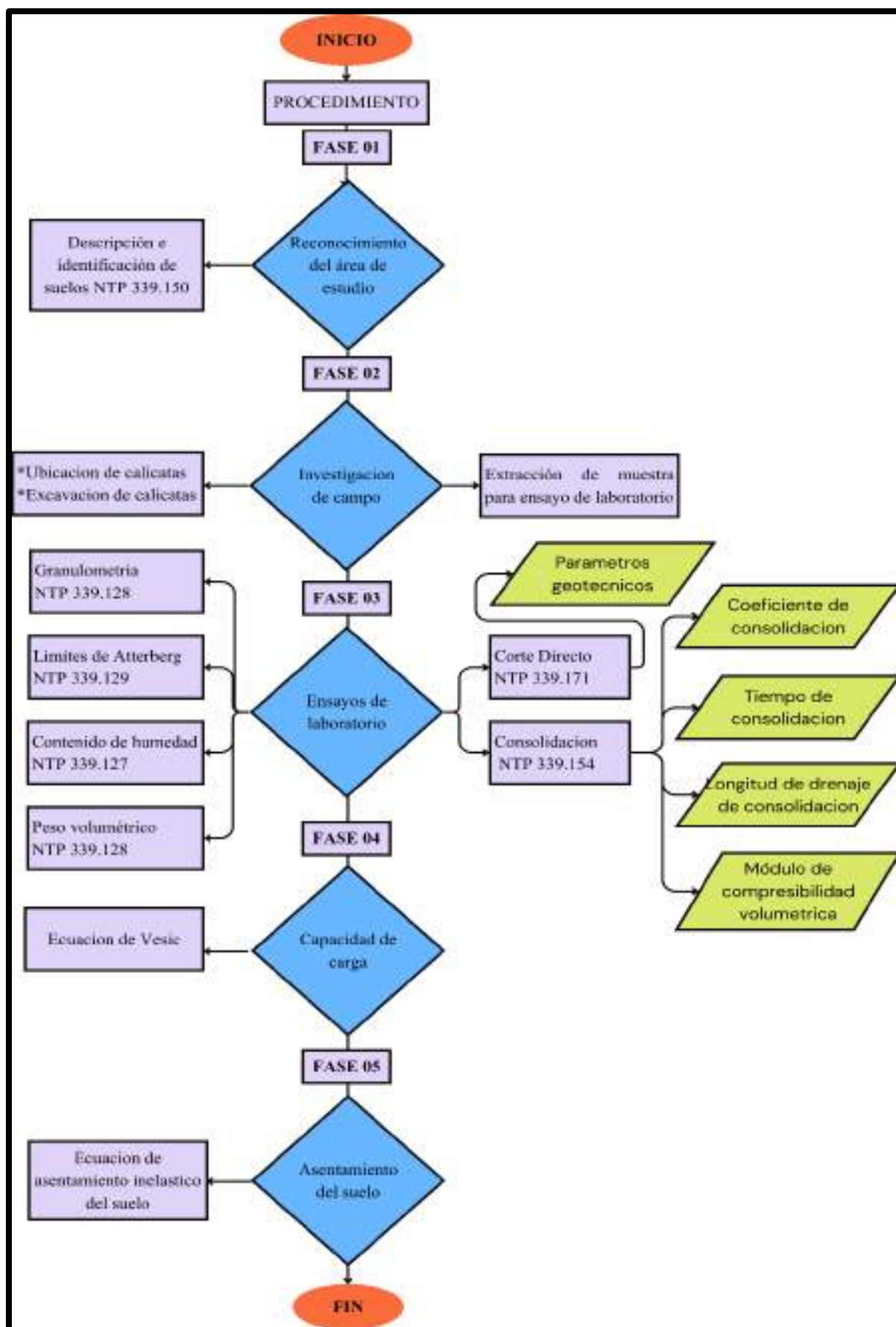


Figura 6 — Flujograma del procedimiento para el desarrollo del estudio

4.6 Técnica e instrumentos

4.6.1 Técnicas

En relación con la técnica se empleó la observación, Vásquez et al (2023), sostiene que es una herramienta en la investigación científica que, a través de la observación, se pueden recopilar datos y obtener información sobre el objeto de estudio. En la misma línea, Vizcaino et al (2023), señala que constituyen procedimientos concretos empleados dentro de un método para recoger, examinar u observar datos de forma minuciosa. A partir de estos planteamientos, se comprende que la técnica de observación constituye un procedimiento sistemático orientado a obtener información pertinente sobre las variables estudiadas.

En esta tesis, se empleará la técnica de observación, debido a que permite recopilar, describir, interpretar, registrar, información relacionada con las variables de estudio, en coherencia con enfoque cuantitativo de la investigación. En ese sentido, esta técnica resulta pertinente porque recopilara información de los ensayos de laboratorio realizados.

4.6.2 Instrumentos

En relación con el instrumento, Gonzales y rivera (2024), precisan constituye el medio físico o formato que empleado para registrar y recoger los datos. A su vez, debe guardar concordancia con las variables definidas en la operacionalización. En la misma línea, Vizcaíno et al (2023), señala que los instrumentos integran herramientas específicas para la recolección de los datos. A partir de estos planteamientos, se comprende que el instrumento constituye una herramienta concreta y organizada para registrar información pertinente sobre las variables de estudio.

En esta tesis, se utilizó como instrumento la ficha de recolección de datos, que fue utilizado para recoger los datos de forma sistemática y estructurada durante las observaciones ejecutadas en un ambiente determinado orientados a recoger información sobre las variables de estudio. Este instrumento resulta pertinente porque a través de ella se documentará de manera detallada los ensayos de laboratorio normados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, permitiendo obtener datos coherentes con los objetivos del estudio.



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE SEGUN NORMA E.050 (SUELOS Y CIMENTACIONES)			
Proyecto:			
Código interno:		Fecha de recuento:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepcion:	
Señalada:		Fecha de Emayo:	
Contacto de señalada:		Fecha de Emisión:	

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE
$q_{cu} = (SC * IC * C' * N'c + iq * \gamma_1 * Df * N'q + 0.5 * S_y * \gamma_2 * B' * \gamma_2 * N'y)$

DONDE:	DATOS:
q_{cu} : Capacidad de Carga (límite)	B : m
C' : Cohesión Efectiva (tn/m ²)	L : m
γ : Peso Específico del Suelo (tn/m ³)	C' : tn/m ²
b : Ancho de la Zapata (m)	Df : m
L : Longitud de la Zapata (m)	γ_1 : tn/m ³
Df : Profundidad de Desplante (m)	γ_2 : tn/m ³
Φ : Angulo de fricción Interna (°)	Φ : °
FS : Factor de Seguridad	FS :
q_{adm} : Capacidad de Carga Admisible	$N'q$:
Factores de capacidad de carga debido a:	$N'c$:
$N'c$: cohesión	$N'y$:
$N'q$: sobrecarga	Ic :
$N'y$: Peso del Suelo	iq :
Coefficientes de correccion debido a:	γ_1 :
IC : Inclinación de la carga a la cohesión	S_y :
iq : Inclinación de la carga a la sobrecarga	SC :
γ_2 : Inclinación de la carga a la fricción	
S_y : Forma de la cimentación a la fricción	
SC : Forma de la cimentación a la cohesión	

$q_{cu} =$ tn/m²

$q_{adm} =$ q_{cu}/FS tn/m²

$q_{adm} =$ tn/m²

$q_{adm} =$ kg/cm²

Prof. (m) Df	Ancho B (m)				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 8 — Ficha de recolección de datos de capacidad de carga

ASENTAMIENTO ELÁSTICO SEGUN E.550 (SUELOS Y FUNDACIONES)			
Proyecto:			
Código interno:		Fecha de recepción:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Inspección:	
Solicitante:		Fecha de Emisión:	
Contacto de la obra:		Fecha de Validación:	

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Asentamiento en el centro de la zapata:

q= 0.00 Kg/cm²

B= 0.00 cm

E= 0.00 Kg/cm²

H= 0.00

μ= 0.00

S= 0.00 cm

Df= 0.00 m

L= 0.00 m

B= 0.00 m

Si: Df=B se considerara 75% del asentamiento

Si: Df>B se considerara 50% del asentamiento

Asentamiento en las esquinas de la zapata:

q= 0.00 Kg/cm²

B= 0.00 cm

E= 0.00 Kg/cm²

H= 0.00

μ= 0.00

S= 0.00 cm

Leyenda:

S= Asentamiento, en cm

q= Presión de contacto, en Kg/cm²

B= Ancho del área cargada, en cm

E= Módulo de elasticidad del suelo, en Kg/cm²

H= Valor de influencia que depende de la relación largo y ancho (L/B) del área cargada

μ= Módulo de poisson que depende del tipo de suelo

Se observa que la profundidad de desplante es igual al ancho de la zapata

Por lo tanto los asentamientos finales serán:

Prof. (m)	Asentamientos en cm									
	Ancho B (m)									
	1.50		2.00		2.50		3.00		3.50	
Df	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina
1.50										
1.80										
2.00										
2.50										
3.00										

Figura 9 — Ficha de recolección de datos de asentamiento

Según Merino-Soto (2023), la validación de instrumentos y validez del contenido se realiza a través de la consulta a personas con gran experiencia y que estas están relacionadas al tema a revisar y aprobar la calidad, claridad y utilidad de un trabajo, herramienta o instrumento de investigación.

Los instrumentos se validaron gracias a los siguientes profesionales en la materia de estudio:

Tabla 3 — Validación de instrumento mediante juicio de expertos

Grado académico	Nombres y Apellidos	Especialidad
Maestro	Saul Jose Chipa Cahuana	Suelos, concreto y asfalto
Ingeniero	Edison Ponce Torres	Geotecnia y vías terrestres
Magister	Percy Bravo Oscoco	Geotecnia y vías terrestres
Magister	Jinmer Bravo Apaza	Metodología de la investigación
Doctor	Segundo Eloy Soto Abanto	Estadística

La presente validación de instrumento a través de juicio de expertos comprendió los aspectos de validación de forma, contenido y estructura y que la estructura de esta se detalla en los anexos de la presente investigación.

Tabla 4 — Cálculo de V-Aiken

Indicador	Juez 1 (Chipa)	Juez 2 (Ponce)	Juez 3 (Bravo O)	Juez 4 (Bravo A)	Juez 5 (Soto)	Coefficiente V -Aiken
1. Redacción	5	4	4	4	4	0.80
2. Claridad	5	5	5	5	5	1.00
3. Objetividad	4	4	4	4	4	0.75
4. Actualidad	5	5	5	5	4	0.95
5. Suficiencia	5	4	4	4	4	0.80
6. Intencionalidad	5	5	5	5	4	0.95
7. Organización	4	5	4	4	5	0.85
8. Consistencia	4	5	5	5	5	0.95
9. Coherencia	5	5	4	4	5	0.90
10. Metodología	4	4	4	4	4	0.75



a) Validez de contenido (V de Aiken): El cálculo del coeficiente V de Aiken se ha ejecutado correctamente mediante hojas Excel. El valor promedio verificado es 0.87 y este valor promedio fue validado según el cálculo anexado en la presente investigación realizado por el Doctor Segundo Eloy Soto Abanto, el cual indica que este valor es estadísticamente significativo y superior a los criterios de aceptación estándar, lo que garantiza que los ítems del instrumento son altamente pertinentes y relevantes para medir el grado de consolidación y comportamiento mecánico.

b) La confiabilidad del instrumento: en la presente investigación se sustenta con los certificados de calibración de los equipos de laboratorio para los ensayos realizados y la identificación de laboratorio donde se realizó los ensayos que en la investigación se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto “CONCHIPA E.I.R.L.”, por otro lado, según el Doctor Segundo Eloy Soto Abanto, la confiabilidad mediante el análisis de Alfa de Cronbach no es metodológicamente aplicable para esta investigación, ya que las variables operan en escala de razón y registran propiedades físicas objetivas, la consistencia interna mide un constructo subjetivo típico de cuestionarios y que la realización del coeficiente de Alfa de Cronbach para fichas de laboratorio carece de sustento estadístico. Ver validación de instrumento y confiabilidad que se encuentra en la parte de anexo en la presente investigación.

4.7 Análisis estadístico

A palabras de Devore (2008), el componente estadístico constituye una herramienta metodológica fundamental que abarca la sistematización, procesamiento y análisis cuantitativo de los datos, con el propósito de deducir conclusiones objetivas y fundamentar la toma de decisiones.

La presentación del análisis estadístico se organizará en dos momentos. En primer lugar, se expondrán los resultados descriptivos de las variables y sus dimensiones, mediante tablas de frecuencia, medidas estadísticas básicas. En segundo lugar, se presentará la contratación de las hipótesis formuladas, a través de las pruebas estadísticas correspondientes. Para ello, se empleará **estadística descriptiva e inferencial**. La primera permitirá mostrar la caracterización de la muestra estudiada; la segunda, establecer la existencia o no de relación significativa entre el grado de consolidación y el



comportamiento mecánico, Esta forma de presentación resulta pertinente, ya que guarda coherencia con el carácter cuantitativo, correlacional del estudio.

Esta investigación, será previamente analizada y organizada. Donde se utilizará el análisis estadístico mediante el programa Microsoft Excel versión 2019 y el programa SPSS versión 26 para la interpolación de datos y la realización de análisis estadístico.

Tabla 5 — Correlación lineal entre dos variables

Valores de R	Dirección	Grado
−1.00	Negativa	Perfecta
−0.90		Muy fuerte.
−0.75		Considerable.
−0.50		Media.
−0.25		Débil.
−0.10		Muy débil.
0.00		No existe correlación.
0.10	Positiva	Muy débil.
0.25		Débil.
0.50		Media.
0.75		Considerable.
0.90		Muy fuerte.
1.00		Perfecta
FUENTE: Hernández, Fernández y Baptista, 2014.		

4.7.1 Estadística descriptiva

4.7.1.1 Características de la muestra

A continuación, se detallan las propiedades geotécnicas del suelo de las muestras de arcilla seleccionadas para los ensayos de laboratorio para fijar una línea base y asegurar que las muestras estudiadas cumplan con los parámetros técnicos antes de los ensayos correspondientes.

De la evaluación de los ensayos realizados se ha determinado las propiedades geotécnicas para las calicatas y muestras estudiadas para el análisis granulométrico se ha desarrollado siguiendo los parámetros establecidos en

la NTP 339.128, para los límites de Atterberg NTP 339.129 y para el contenido de humedad NTP 339.128 y dichos resultados se encuentran resumidos y detallados en las siguientes tablas:

Tabla 6 — Resultados de los ensayos de granulometría por tamizado

El número de la calicata de origen	Código único de la muestra extraída	Profundidad (m)	Granulometría % pasa	
			N° 4	N° 200
C-01	M-01	3.00	92.02	68.61
C-02	M-02	3.00	92.81	72.69
C-03	M-03	3.00	97.04	81.56
C-04	M-04	3.00	93.76	52.97
C-05	M-05	3.00	90.48	70.87
C-06	M-06	3.00	90.50	70.92
<p>NOTA</p> <p>De los resultados presentados en la tabla plasmada, se evidencia que las muestras que sobrepasan la malla N° 4 fue 92.02%, 92.81%, 97.04%, 93.76%, 90.48%, 90.50 y el porcentaje que pasa la malla N° 200 fue de 68.61%, 72.69%, 81.56%, 52.97%, 70.87%, 70.92%.</p>				

Asimismo, se ha determinado los límites de consistencia de Atterberg mediante los ensayos de laboratorio ejecutados en esta tesis.

Tabla 7 — Resultados de los ensayos de limite líquido y plástico

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Límites de consistencia		
			L.L.	L.P.	I.P.
C-01	M-01	3.00	64.77%	16.26%	48.51%
C-02	M-02	3.00	66.91%	20.62%	46.28%
C-03	M-03	3.00	58.78%	20.62%	38.16%
C-04	M-04	3.00	50.12%	17.98%	32.14%
C-05	M-05	3.00	51.92%	13.64%	38.28%
C-06	M-06	3.00	52.03%	13.64%	38.39%

Por otro lado, también se ha determinado la humedad de las muestras ensayadas, donde se tuvieron resultados para las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06 una humedad de 21.53%, 23.70%, 20.00%, 13.73%, 20.03% y 20.11% donde se obtuvo un valor mínimo en la C-04 con 13.73% de humedad y un valor máximo en la C-02 con 23.70% de humedad y que se detallan mediante la siguiente tabla:

Tabla 8 — Contenido de humedad obtenido a partir de los ensayos de laboratorio

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Contenido de humedad
C-01	M-01	3.00	21.53%
C-02	M-02	3.00	23.70%
C-03	M-03	3.00	20.00%
C-04	M-04	3.00	13.73%
C-05	M-05	3.00	20.03%
C-06	M-06	3.00	20.11%

A partir de estos resultados se ha determinado el tipo de suelo para cada calicata ensayada en laboratorio y según el tamaño de sus partículas mediante el ensayo granulométrico y el ensayo de consistencia se clasificó el suelo según los sistemas de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) y la Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (A.A.S.H.T.O.).

Tabla 9 — Resumen de clasificación de suelos

Calicata	Muestra	Clasificación S.U.C. S	Clasificación A.A.S.H.T. O	Nombre
C-01	M-01	CH	A-7-6	Suelo arcilloso
C-02	M-02	CH	A-7-6	Suelo arcilloso
C-03	M-03	CH	A-7-6	Suelo arcilloso
C-04	M-04	CH	A-7-6	Suelo arcilloso
C-05	M-05	CH	A-7-6	Suelo arcilloso
C-06	M-06	CH	A-7-6	Suelo arcilloso

Tabla 10 — Propiedades iniciales geotécnicas del suelo ensayado

Propiedades geotécnicas	n	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Límite líquido	6	50.12	66.91	57.42	7.19
Límite plástico	6	13.64	20.62	17.13	3.17
Índice plasticidad	6	32.14	48.51	40.29	6.03
Contenido de humedad	6	13.73	23.70	19.85	3.32

En la tabla 10 se muestra que el límite líquido de las muestras oscila entre 50.12% y 66.91%, tomando un valor promedio de 57.42% y una desviación estándar de 7.19%. Como los resultados del límite líquido fueron superiores del umbral crítico de 50%, puede indicarse que el suelo evaluado corresponde homogéneamente a arcillas de alta plasticidad (CH), por otro lado, el límite plástico tomó un valor que osciló entre el 13.64% y 20.62%, con un promedio de 17.13% y una desviación estándar de 3.17%. Lo que implica que el material requiere una cantidad relativamente baja de agua para pasar de un estado semisólido a uno plástico, esto amplía su rango de deformabilidad antes de alcanzar un estado líquido.

A la vez, el índice de plasticidad muestra un valor promedio de 40.29%, oscilando entre 32.14% y 48.51%, esto evidencia que mecánicamente el material presentó un alto potencial de cambio volumétrico, es susceptible a la expansión y muestra inestabilidad ante la presencia de variaciones de humedad

En cuanto al contenido de humedad, se observa que este osciló entre 13.73% y 23.70%, tomando un valor promedio de 19.85% y una desviación estándar de 3.32, por lo que se considera propicia para experimentar deformaciones significativas por asiento diferido cuando el material sea sometido a esfuerzos de compresión vertical en las diferentes fases experimentales.

4.7.1.2 Resultados descriptivos de las variables de estudio

Se calculó medias, desviaciones estándar y valores mínimos y máximos de los indicadores según las dimensiones del grado de consolidación y del

comportamiento mecánico a partir de los resultados de los ensayos realizados en la presente investigación.

Tabla 11 — Estadísticos descriptivos de los indicadores del grado de consolidación

Indicadores de Consolidación	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
Coefficiente de consolidación vertical	6	0.0010	0.0014	0.0012	0.00017
Factor tiempo de consolidación	6	0.8480	0.8480	0.8480	0.0000
Longitud de drenaje de consolidación	6	1.1717	1.1758	1.1742	0.00150
Módulo de compresibilidad volumétrica	6	0.0005	0.0005	0.0005	0.00001

En la tabla 11 se muestra que el módulo de compresibilidad volumétrica registró un valor medio de 0.0005, con una baja dispersión (desviación estándar de 0.00001), lo que indica una deformabilidad consistente en el estrato ensayado. Por su parte, el coeficiente de consolidación vertical promedió 0.0012. Es importante indicar que el factor tiempo de consolidación presenta una desviación estándar de cero (0.000), con lo cual se corrobora su naturaleza de constante teórica para el 90% de consolidación, por su parte, la longitud de drenaje de consolidación evidencia una variabilidad milimétrica que es atribuible a la configuración geométrica de la pastilla de suelo en el anillo de prueba.

Tabla 12 — Estadísticos descriptivos de las dimensiones del comportamiento mecánico

Dimensiones Mecánicas	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
Valor de cohesión (kg/cm ²)	6	0.01	0.21	0.08	0.07
Ángulo de fricción interna (°)	6	13.50	18.41	15.83	1.97
Variación de volumen (cm)	6	0.19	0.39	0.24	0.07
Capacidad portante admisible (kg/cm ²)	6	0.77	1.59	1.00	0.30

En la tabla 12 se observa que el estrato arcilloso presentó una media de ángulo de fricción de 15,83° y una cohesión promedio de 0,08 kg/cm² lo cual son valores característicos para arcillas inorgánicas de alta plasticidad. En relación a la respuesta ante las cargas estáticas prescritas, la capacidad

portante admisible media del conjunto fue de $1,00 \text{ kg/cm}^2$, con un pico máximo de $1,59 \text{ kg/cm}^2$ y un mínimo de $0,77 \text{ kg/cm}^2$. Así también se evidenció que la variación de volumen o asentamiento vertical final registró un promedio de $0,24 \text{ cm}$, mostrando así una dispersión moderada de $0,07 \text{ cm}$ lo que refleja la homogeneidad de la respuesta mecánica del suelo en la zona de estudio.

4.7.2 Estadística inferencial

4.7.2.1 Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad para definir qué prueba estadística es la más adecuada para el contrastante de las hipótesis establecidas, Según Romero (2016), indica que para una muestra por debajo de 50 la prueba de Shapiro-Wilk resulta la más pertinente, en tanto que Kolmogorov-Smirnov es para una muestra que excede los 50. Teniendo en cuenta que la muestra fue de 6, y siendo esta menor de 50, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con un valor crítico de 0.05.

Tabla 13 — Resultados de la prueba de normalidad con Shapiro-Wilk

Propiedades	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Normalidad
Coefficiente de consolidación vertical	0,876	6	0,252	Sí
Longitud de drenaje de consolidación	0,927	6	0,556	Sí
Módulo de compresibilidad volumétrica	0,731	6	0,013	No
Valor de cohesión	0,901	6	0,377	Sí
Ángulo de fricción	0,920	6	0,505	Sí
Variación de volumen	0,674	6	0,003	No
Capacidad portante admisible	0,671	6	0,003	No
<p>NOTA</p> <p>El indicador Factor de tiempo (T_v) contemplado en la matriz de operacionalización fue excluido de la prueba de normalidad debido a que constituye una constante teórica ($T_{90} = 0.848$) carente de varianza estadística.</p>				

La tabla 13 puntualiza los hallazgos de la prueba de normalidad, en estos se observa que las propiedades de coeficiente de consolidación vertical, longitud de drenaje de consolidación, valor de cohesión y ángulo de fricción obtuvieron un valor de significancia mayor de 0.05, motivo por el cual se concluyó que presentan una distribución ajustada a la normal.

En cambio, el módulo de compresibilidad volumétrica, la variación de volumen y la capacidad portante admisible, tomaron valores menores de 0.05, concluyendo así que estas últimas propiedades no tienen un comportamiento alineado a la distribución normal.

Estos resultados invitaron a aplicar la prueba paramétrica de Pearson únicamente para relacionar pares de propiedades con distribución normal, mientras que para los cruces donde al menos una de las propiedades careció de normalidad, se empleó el estadístico no paramétrico Rho de Spearman.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Análisis de resultados del objetivo general

De la evaluación del objetivo general se ha determinado los grados de consolidación de las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06 para muestras de arcillas inorgánicas de alta plasticidad M-01, M-02, M-03, M-04, M-05 y M-06 las cuales al aplicarse cargas prescritas de “12kPa, 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400kPa, 800 kPa, 1200kp”, e incremento de tiempo de “0,1 mín.; 0,25 min; 0,5 min; 1min; 2 min; 4 min; 8 min; 15 min; 30; min; y 1h; 2h; 4 h; 8 h; y 24 h”, que se encuentran normados en la Norma Técnica Peruana (339.154). los resultados del coeficiente de consolidación resultaron en promedio para C-01 hasta el C-06 de 0.0014 cm²/seg, 0.0012 cm²/seg, 0.0011 cm²/seg, 0.0010 cm²/seg, 0.0014 cm²/seg, 0.0011 cm²/seg, por otro lado la longitud de drenaje en promedio fue de 1.1756cm, 1.1739cm, 1.1748cm, 1.1717cm, 1.1758cm, 1.1737cm y del mismo modo el módulo volumétrico en promedio fue de 0.000477 m²/KN, 0.000478 m²/KN, 0.000478 m²/KN, 0.000507 m²/KN, 0.000477 m²/KN, 0.000496 m²/KN y de ecuación de Taylor el grado de consolidación fue de Uz= 90% estimados en laboratorio para un factor tiempo de Tv=0.848.

Tabla 14 — Resumen de grado de consolidación e indicadores, en la muestra estudiada

Calicata	Cv cm ² /seg	Tv (90%)	H drenaje cm	Mv (m ² /KN)	Grado de consolidación Uz
C-01	0.0014	0.848	1.1756	0.000477	90%
C-02	0.0012	0.848	1.1739	0.000478	90%
C-03	0.0011	0.848	1.1748	0.000478	90%
C-04	0.0010	0.848	1.1717	0.000507	90%
C-05	0.0014	0.848	1.1758	0.000477	90%
C-06	0.0011	0.848	1.1737	0.000496	90%

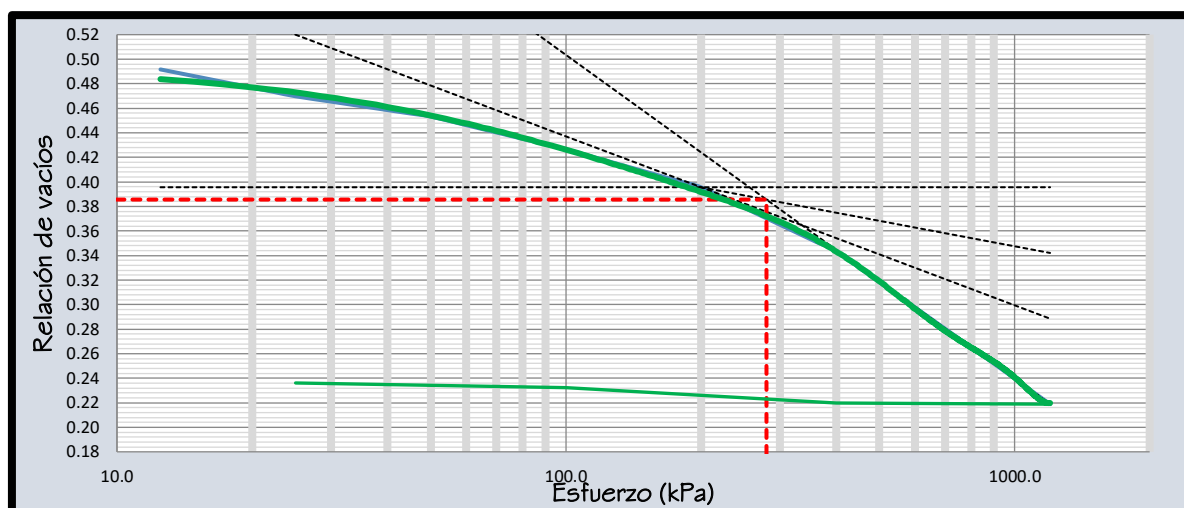


Figura 13 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-01

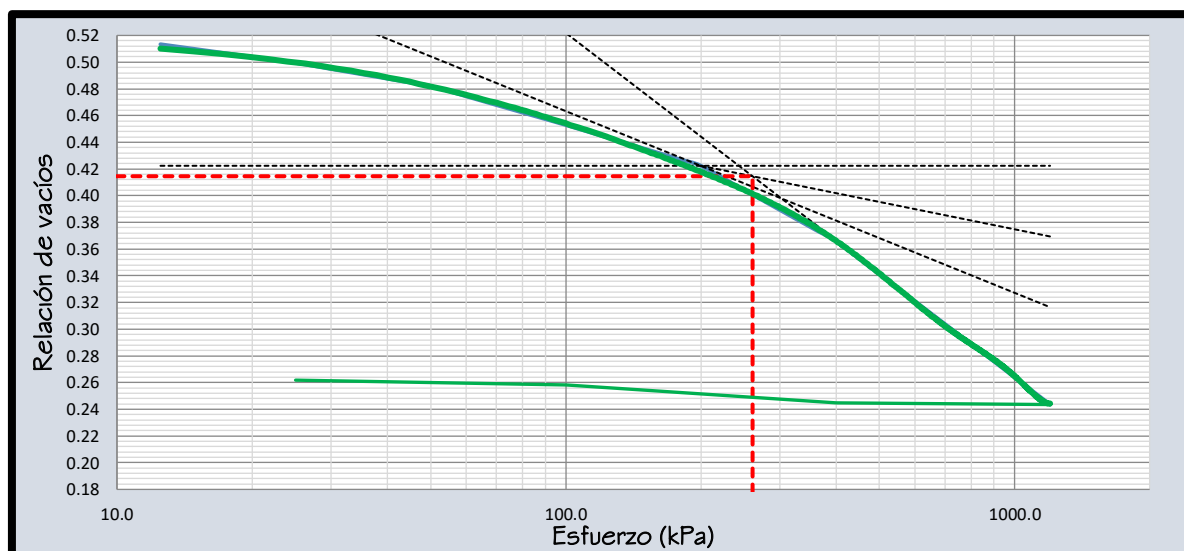


Figura 14 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-02



Figura 15 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-03



Figura 16 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-04



Figura 17 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-05



Figura 18 — Gráfico relación de vacíos vs esfuerzo de la C-06

5.1.2 Análisis de resultados del primer objetivo específico

Para el análisis de los resultados de este objetivo específico se realizó el ensayo de corte directo (consolidado drenado), según la norma NTP 339.171 para determinar los parámetros geotécnicos de las muestras de estudio realizadas desde la calicata C-01 hasta a calicata C-06 para muestras de arcillas inorgánicas de alta plasticidad M-01, M-02, M-03, M-04, M-05 y M-06 las cuales resultaron en la cohesión 0.01 kg/cm², 0.21 kg/cm², 0.06 kg/cm², 0.02 kg/cm², 0.10 kg/cm² y 0.10 kg/cm² respectivamente estos resultados indican la capacidad de las partículas para mantenerse unidas gracias a fuerzas intermoleculares en la muestra ensayada y el ángulo interno de fricción fue 17.51°, 15.90°, 15.93°, 18.41°, 13.71° y 13.50° estos resultados representan parámetros importantes en la evaluación de resistencia al corte y el cual permite valorar la capacidad de carga, asimismo, los valores mínimos acerca de la cohesión fue en la C-01 con 0.01 kg/cm², y el valor máximo de cohesión fue en C-02 con 0.21 kg/cm², estos valores significan que el suelo tiene casi nula capacidad de mantenerse unido por sí solo sin la presencia de presiones de confinamiento, por otra parte los valores mínimos para el ángulo de fricción fue en C-06 con 13.50° y el valor máximo ocurrió en la C-04 con 18.41. esto indica que las partículas del suelo ofrecen muy poca resistencia al deslizamiento entre sí por rozamiento mecánico.

Tabla 15 — Resultados de los parámetros geotécnicos (corte directo)

Calicata	Muestra	Parámetros geotécnicos	
		Cohesión (kg/cm ²)	Angulo de fricción (°)
C-01	M-01	0.010	17.51
C-02	M-02	0.210	15.90
C-03	M-03	0.060	15.93
C-04	M-04	0.020	18.41
C-05	M-05	0.100	13.71
C-06	M-06	0.100	13.50

NOTA

Los resultados presentados en la tabla se realizaron siguiendo los procedimientos establecidos en la NTP 339.171 ensayo corte directo (consolidado drenado), por otro lado, las fichas de recolección de datos de estos ensayos se encuentran anexados en la presente investigación.

5.1.3 Análisis de resultados del segundo objetivo específico

De la evaluación del presente objetivo específico se ha determinado la capacidad de carga del suelo con la información recogida acerca de los parámetros geotécnicos de los suelos arcillosos de plasticidad alta (CH) mediante el ensayo de corte directo (consolidado drenado) dichos parámetros sirvieron para el cálculo de capacidad de carga mediante la ecuación de la capacidad de carga de Vesic, teniendo como resultado que las calicatas y muestras de estudio se obtuvo valores para C-01 de capacidad de carga de 0.77 kg/cm^2 , de C-02; 1.59 kg/cm^2 , de C-03; 0.88 kg/cm^2 , de C-04; 0.90 kg/cm^2 , de C5; 0.93 kg/cm^2 y de la calicata C-06 fue de 0.91 kg/cm^2 . Estos resultados confirman formalmente que nos encontramos ante un suelo de muy mala calidad geotécnica, y se tiene riesgo de asentamientos, este tipo de suelo son propensos a presentar asentamientos a lo largo del tiempo.

Tabla 16 — Resultados de capacidad de carga mediante la ecuación de Vesic

Calicata	Muestra	Tipo de suelos (S.U.C.S)	Capacidad de carga (kg/cm^2)
C-01	M-01	CH	0.77
C-02	M-02	CH	1.59
C-03	M-03	CH	0.88
C-04	M-04	CH	0.90
C-05	M-05	CH	0.93
C-06	M-06	CH	0.91

NOTA

La capacidad de carga del suelo se calculó con los parámetros geotécnicos calculados mediante ensayos de corte directo y propiedades geotécnicas del suelo, el cálculo se realizó mediante las ecuaciones de capacidad de carga de Vesic, $q_{cu} = (SC * iC * C' * N'_c + i_q * g_1 * D_f * N'_q + 0.5 * S_g * i_g * B' * g_2 * N'_g)$, se observa que el valor mínimo de capacidad de carga se encuentra en C-01 con 0.77 kg/cm^2 y el valor máximo se encuentra en la C-02 con 1.59 kg/cm^2 . Este último valor con una capacidad de carga elevada es debido a que la cohesión en esta muestra de calicata estudiada.

5.1.4 Análisis de resultados del tercer objetivo específico

De la evaluación del presente objetivo se ha determinado el asentamiento del suelo mediante los resultados de parámetros geotécnicos, capacidad de carga, y la formula mejorada del asentamiento inelástico propuesto por Mayne y Poulos, el asentamiento del suelo para la C-01 es de 0.19 cm, para C-02 es de 0.39 cm, para el C-03 es de 0.21 cm, para C-04 es de 0.22 cm, para C-05 es de 0.23 cm y para la calicata C-06 es de 0.22 cm, estos resultados indican que este tipo de suelo es altamente compresible y que a lo largo del tiempo puede provocar asentamientos diferenciales en estructuras edificadas sobre este tipo de suelo

Tabla 17 — Resultados de cantidad de asentamiento de las muestras estudiadas

Calicata	Df (m)	Tipo de suelos (S.U.C.S)	Parámetros geotécnicos		Asentamiento del suelo (cm)
			Cohesión (kg/cm ²)	Angulo de fricción (°)	
C-01	3.00	CH	0.010	17.51	0.19
C-02	3.00	CH	0.210	15.90	0.39
C-03	3.00	CH	0.060	15.93	0.21
C-04	3.00	CH	0.020	18.41	0.22
C-05	3.00	CH	0.100	13.71	0.23
C-06	3.00	CH	0.100	13.50	0.22
<p>NOTA</p> <p>El cálculo de asentamiento se calculó mediante la ecuación de asentamiento elástico $S=q*B*((1-u^2)/E)*N$. donde: S= Asentamiento del suelo, expresado en centímetros (cm), Q= Presión de contacto en Kg/cm², E= Modulo de elasticidad del suelo expresado en Kg/cm², B= Ancho del área sometida a cargada en cm, N= Valor de influencia que depende de la relación largo y ancho (L/B) del área cargada, u= Módulo de Poisson, cuyo valor está sujeto al tipo de suelo.</p>					

Asimismo, de los resultados obtenidos que observa los valores mínimos de asentamiento que sucedieron fue en la calicata C-01 con 0.19 cm, siguiendo con la calicata C-03 con un asentamiento de 0.21 cm, asimismo, los valores máximos de asentamiento fueron en la calicata C-05 con 0.23 cm y la calicata C-02 con 0.39 cm de asentamiento

5.2 Contrastación de hipótesis

5.2.1 Contrastación de hipótesis general

Para el objetivo general de la investigación orientado a determinar la relación del grado de consolidación y el comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas, se procedió a triangular sistemáticamente los resultados inferenciales obtenidos en las hipótesis específicas. Como el comportamiento mecánico es una variable multidimensional cuyas propiedades físicas poseen naturalezas y unidades paramétricas no aditivas, su evaluación integral es fundamentada en la consolidación de sus dimensiones de respuesta (parámetros geotécnicos, capacidad portante y asentamiento).

Como hipótesis estadísticas se planteó:

Ho: No existe relación significativa entre el grado de consolidación y el comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

Ha: Existe relación significativa entre el grado de consolidación y el comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

Tabla 18 — Matriz de síntesis inferencial para la contrastación de la hipótesis general

Variable X (Indicador representativo)	Dimensiones de la Variable Y (Comportamiento mecánico)	Coefficiente de correlación	Sig.
Módulo de compresibilidad volumétrica	Parámetro geotécnico: Cohesión	Rho = 0,045	0,933
Módulo de compresibilidad volumétrica	Capacidad de carga admisible	Rho = 0,088	0,868
Módulo de compresibilidad volumétrica	Asentamiento (Variación de volumen)	Rho = 0,119	0,822

En este análisis integral expuesto en la tabla 18 se evidencia que el módulo de compresibilidad volumétrica no tiene relación estadísticamente significativa con la resistencia al corte inicial (cohesión), la capacidad de carga y el asentamiento, si bien la limitación de la potencia probabilística generada por el tamaño de muestra ($n=6$) situó los valores de p por encima de 0.05, los coeficientes de correlación evidenciaron tendencias físicas débiles (por debajo de 0.119).

Por lo tanto, en base a los valores de significancia estadística obtenidos se optó por aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna general, con esto se concluyó que no existe una relación significativa entre el grado de consolidación y el comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad evaluadas.

Este hallazgo es importante para la ingeniería civil de la zona, pues demuestra que el diseño de cimentaciones en Abancay exige la valoración de la consolidación y del corte de manera sectorizada dado a que no existe una predicción dependiente entre ambos fenómenos estudiados.

5.2.2 Contrastación de la primera hipótesis específica

Con la finalidad de dar cumplimiento al primer objetivo específico, que buscó establecer la relación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación, se correlacionó el módulo de compresibilidad volumétrica frente a los valores de la cohesión y del ángulo de fricción interna obtenidos mediante el ensayo de corte directo. Al comprobarse previamente la normalidad en el coeficiente de consolidación, la cohesión y la fricción, se empleó la prueba paramétrica de correlación de Pearson. En cambio, para el módulo de compresibilidad volumétrica, al no presentar normalidad, se aplicó Rho de Spearman (prueba no paramétrica).

De modo que, se formularon estas hipótesis estadísticas:

H_0 : No existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

H_a : Existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025.



Tabla 19 — Prueba de correlación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación

Indicadores de Consolidación	Parámetros Geotécnicos	Prueba	Coeficiente	Sig.
Coeficiente de consolidación	Cohesión	Pearson	0.033	0.951
Coeficiente de consolidación	Ángulo de fricción	Pearson	-0.231	0.660
Mód. de compresibilidad volumétrica	Cohesión	Rho de Spearman	0.045	0.933
Mód. de compresibilidad volumétrica	Ángulo de fricción	Rho de Spearman	0.147	0.781

Al analizar los hallazgos expuestos en la tabla 19 se aprecia que el coeficiente de consolidación no presentó relación estadísticamente significativa con la cohesión (Sig.= 0.951) ni con el ángulo de fricción (Sig.= 0.660). Así mismo, el módulo de compresibilidad volumétrica no mostró significancia al relacionarse con la cohesión (Sig.=0.933), ni con el ángulo de fricción (Sig.= 0.781); al ser estos valores mayores al umbral de 0.05, procediéndose a aceptar la H_0 y negar la H_a .

5.2.3 Contrastación de la segunda hipótesis específica

Para dar cumplimiento al segundo objetivo específico, que se orientó a establecer la relación entre la capacidad de carga y el grado de consolidación, se correlacionaron los indicadores de la consolidación (coeficiente de consolidación vertical y módulo de compresibilidad volumétrica) frente a la capacidad portante admisible del suelo. Como se determinó que la capacidad portante no presenta una distribución normal, se empleó la prueba no paramétrica de correlación de Rho de Spearman.

Para el contraste de la segunda hipótesis específica se planteó:

H_0 : No existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025.



Ha: Existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025.

Tabla 20 — Prueba de correlación de Spearman entre la capacidad de carga y el grado de consolidación

Indicadores de Consolidación	Respuesta Mecánica	Coefficiente de Spearman (Rho)	Sig.
Coefficiente de consolidación	Capacidad portante admisible	0,088	0,868
Mód. de compresibilidad volumétrica	Capacidad portante admisible	0,088	0,0868

La 20 puntualiza los resultados de correlacionar el coeficiente de consolidación vertical con la capacidad portante admisible, se consiguió un coeficiente de 0.088 con p valor de 0.868. Así también, la relación entre el módulo de compresibilidad volumétrica y la capacidad portante registró un coeficiente positivo débil de 0.088, pero una significancia de 0.868. Considerando ambos valores de significancia se toma la decisión estadística de dar por cierta la hipótesis nula, por ende, se concluye que no hay evidencia inferencial suficiente para afirmar una relación estadísticamente significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación para este estrato.

5.2.4 Contrastación de la tercera hipótesis específica

Con la finalidad de dar cumplimiento al tercer objetivo específico el cual se orienta a determinar la relación entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación, se correlacionaron los indicadores de consolidación unidimensional frente a la variación de volumen de las arcillas. Se aplicó el estadístico no paramétrico Rho de Spearman, dado a los resultados del análisis de normalidad.

Se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025.

Ha: Existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025.

Tabla 21 — Prueba de correlación de Spearman entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación

Indicadores de Consolidación	Respuesta Mecánica	Coefficiente de Spearman (Rho)	Sig.
Coeficiente de consolidación	Variación de volumen	0.045	0,933
Mód. de compresibilidad volumétrica	Variación de volumen	0,119	0,822

La tabla 21 expone que al evaluar la correlación del coeficiente de consolidación y la variación de volumen se determinó un coeficiente de 0.045 con una significancia de 0.933. Paralelamente, la relación entre el módulo de compresibilidad volumétrica y la variación de volumen presentó un coeficiente positivo débil de 0.119 y un nivel de significancia de $p = 0.822$. Según estos resultados, se acepta la hipótesis nula, por lo que no se dispone de suficiente evidencia inferencial para afirmar la existencia de una relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación.

5.3 Discusión

5.3.1 Discusión de resultado del objetivo general

En el marco de los resultados expuestos, se consiguió que el grado de consolidación a través del ensayo de consolidación unidimensional para las calicatas de las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06 las cuales al aplicarse cargas estáticas prescritas de “12kPa, 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400kPa, 800 kPa, 1200kPa”, en tiempos de “0,1 mín.; 0,25 min; 0,5 min; 1min; 2 min; 4 min; 8 min; 15 min; 30; min; y 1h; 2h; 4 h; 8 h; y 24 h”, Según la NTP (339.154). los resultados



del coeficiente de consolidación resultaron para C-01 hasta el C-06 de 0.0016 cm²/seg, 0.0005 cm²/seg, 0.0014 cm²/seg, 0.0009 cm²/seg, 0.0016 cm²/seg, 0.0007 cm²/seg, por otro lado la longitud de drenaje fue de 1.2606cm, 1.2573cm, 1.2604cm, 1.2598cm, 1.2608cm, 1.2592cm y del mismo modo el módulo volumétrico fue de 0.0010 m²/KN, 0.0016 m²/KN, 0.0012 m²/KN, 0.0013 m²/KN, 0.0012 m²/KN, 0.0014 m²/KN y de ecuación de Taylor el grado de consolidación fue de $U_z = 90\%$ estimados en laboratorio para un factor tiempo de $T_v = 0.848$.

Estos resultados pueden contrastarse con estudios similares vinculados con los ensayos geotécnicos para la determinar el grado de consolidación. Desde la perspectiva teórica, este resultado se comprende a partir de Das (2013), quien en su libro indica que para un t_{90} el factor tiempo de consolidación es de $T_v = 0.848$ para un grado de consolidación $U_z = 90\%$ según la prueba de consolidación para el método de Taylor. Por ello, el hallazgo obtenido contribuye a fortalecer la comprensión del grado de consolidación en suelos arcillosos que tienen una plasticidad alta. Al comparar este resultado con investigaciones previas, se observa coincidencia con Muñoz et al. (2020), quien evidencio que a través del tiempo la teoría de consolidación ha adquirido mayor respaldo técnico y es usado en proyectos geotécnicos y civiles. Esto se debe a que durante la construcción de obras es frecuente encontrar diversas complejidades en el terreno en el que se construye y considerando que los suelos sufren deformaciones ante esfuerzos aplicados sobre ellos y que el grado de consolidación es característico de las arcillas saturadas, lo que permite afirmar que los resultados del presente estudio se encuentran en línea con evidencias empíricas anteriores.

Al comparar este resultado con investigaciones previas, difiere con lo encontrado por Martínez et al (2025), quien evidenció que se realizaron pruebas de consolidación mediante un consolidometro y se aplicaron cargas de 50, 150, 300, y 640 kPa. Y los incrementos de cargas se realizaron cada 24 horas ah suelo arcilloso y determino el coeficiente de consolidación $C_c = 0.25$, los resultados difieren debido al tipo de suelo arcilloso y la aplicación de cargas estáticas distintas a lo desarrollado del mismo modo difiere con Guambo y Ramón (2021), quien obtuvo un coeficiente de consolidación de $C_v = 500$ cm²/día, $C_v = 210$ cm²/día, $C_v = 2150$ cm²/día, para profundidades de 5 hasta 16 metros, para un factor tiempo de consolidación de $T_v = 1.129$ ocurrirá un asentamiento de 0.78 metros en 48.3 años.



Y que los resultados hallados no coinciden con dicho autor, debido a las particularidades del tipo de suelo trabajado y un factor tiempo distinto al teórico. Este contraste resulta relevante, porque permite conocer la deformación y los asentamientos que ocurre en este tipo de suelo a lo largo del tiempo, cuando está sometida a carga o esfuerzo.

5.3.2 Discusión de resultado del objetivo específico 1

Para los resultados de los parámetros geotécnicos de las muestras de estudio realizadas se obtuvo los valores mínimos acerca de la cohesión que fue en la C-01 con 0.01 kg/cm^2 , y el valor máximo de cohesión fue en C-02 con 0.21 kg/cm^2 , del mismo modo los valores mínimos para el ángulo de fricción fue en C-06 con 13.50° y el valor máximo ocurrió en la C-04 con 18.41° .

Desde la perspectiva teórica, este resultado se comprende a partir de Das (2015) quien plantea que el ángulo de fricción interna constituye una propiedad fundamental del suelo que mide su resistencia al corte y esencial para entender el comportamiento del terreno ante condiciones de cargas ya que determina si un terreno es seguro para soportar el peso de una edificación. Y de acuerdo Con Crespo (2004), mientras más cohesivo sea el suelo, será porque presencia más contenido de arcilla. Por ello, el hallazgo obtenido contribuye a fortalecer la comprensión de los parámetros geotécnicos de las arcillas inorgánicas de alta plasticidad con relación al grado de consolidación bajo cargas o esfuerzos.

Al comparar este resultado con investigaciones previas, difiere con Hilares y Serrano (2025), quien encontró que, según sus 4 calicatas estudiadas en suelos arcillosos y referente a la cohesión, al respecto de los parámetros de resistencia al corte, la cohesión presentó un valor mínimo de 0.200 kg/cm^2 en la calicata C-04 y un máximo de 0.220 kg/cm^2 en la calicata C-01, alcanzando en promedio una cohesión representativa de 0.210 kg/cm^2 para el conjunto de las cuatro excavaciones. Por su parte, el ángulo de fricción interna registró un límite inferior de 26.57° en las calicatas C-02 y C-04, y un límite superior de 28.37° en la C-03, lo que permitió determinar un valor promedio ponderado de 27.36° para la zona de estudio, estos resultados difieren de lo investigado por el tipo de suelo cohesivo CL con el que desarrollo los resultados. y estos datos de parámetros bajos son propios

de las arcillas lo que permite afirmar que los resultados del presente estudio se encuentran en línea con evidencias empíricas anteriores.

5.3.3 Discusión de resultado del objetivo específico 2

De los hallazgos conseguidos se observa que las calicatas y muestras de estudio se obtuvo valores para C-01 de capacidad de carga de 0.77 kg/cm^2 , de C-02; 1.59 kg/cm^2 , de C-03; 0.88 kg/cm^2 , de C-04; 0.90 kg/cm^2 , de C-05; 0.93 kg/cm^2 y de la calicata C-06 fue de 0.91 kg/cm^2 . Estos resultados confirman formalmente que nos encontramos ante un suelo de muy mala calidad geotécnica, y se tiene riesgo de asentamientos, este tipo de suelo son propensos a presentar asentamientos a lo largo del tiempo.

Desde la perspectiva teórica, Bedon (2022) evidencia que en su investigación las arcillas blandas representan un desafío significativo para la ingeniería civil, a causa de la complejidad de sus propiedades físico-químicas, las cuales difieren sustancialmente de las observadas en suelos granulares como las arenas. Sus limitaciones geotécnicas fundamentales se centran en una reducida capacidad portante y una elevada compresibilidad. Asimismo, la interacción de estos suelos con la presencia de agua puede producir asentamientos considerables a lo largo del tiempo, esto a causa de procesos de consolidación primaria y secundaria se producen en las arcillas asentamientos diferenciales, estos pueden causar daños de forma severa estructuras edificadas sobre este tipo de suelo. Al contrastar los resultados con Lavado (2024), se observa que no hubo coincidencia acerca de la capacidad de carga en las calicatas ensayadas debido a las particularidad de su tipo de suelo y resultaron que para la calicata C-01 fue de 0.81 kg/cm^2 , C-02 fue de 0.72 kg/cm^2 , C-03 fue de 0.82 kg/cm^2 C-04 fue de 0.83 kg/cm^2 C-05 fue de 0.93 kg/cm^2 estos resultados evidencias, que los suelos de grano fino poseen una capacidad de soportar carga bajos en comparación con otro tipo de suelo.

5.3.4 Discusión de resultado del objetivo específico 3

De los hallazgos acerca del asentamiento se obtuvieron que en la calicata C-01 con 0.19 cm de asentamiento, siguiendo con la calicata C-03 con un asentamiento de 0.21 cm , asimismo, los valores máximos de asentamiento fueron en la calicata C-05 con 0.23 cm y la calicata C-02 con 0.39 cm de asentamiento determinados a una profundidad de 3.00 m .



Desde la perspectiva teórica, este resultado se comprende a partir de Liu y Jiang (2020), determinó que los suelos arcillosos presentan una alta susceptibilidad a experimentar deformaciones y que este antecedente aporta a esta tesis, debido a que facilita comprender que el suelo se deforma en el tiempo y su vida útil depende de la vida útil del proyecto edificado sobre este tipo de suelo, de similar análisis Gonzales y Chávez (2021) indicaron que un aumento en el grado de saturación inicial reduce la deformación final por expansión, disminuye el ángulo interno de fricción y se mantiene constante el valor de cohesión y edificar en este tipo de suelo con una cohesión baja y un asentamiento alto puede causar daños significativos en edificaciones y pavimentos. Por otro lado Rodríguez (2020), quien evidencio que a través de un conjunto de pruebas de clasificación de las muestras de arcilla evaluadas determino que los suelos arcillosos de alta plasticidad CH con $LL > 50\%$ son altamente propensos a provocar severas afectaciones en las estructuras cimentadas en este clase de suelos, asimismo Llanos (2022) Entre sus principales resultados, indica que fundar sobre suelos arcillosos y que conocer las propiedades geotécnicas de un suelo es de importancia ya que aporta información sobre fallas estructurales que pueden ocurrir al fundar en este tipo de suelos, como asentamientos diferenciales.

Al contrastar este resultado con los antecedentes, se observa que no hubo coincidencia con el estudio de Melgar (2024), quien determino los asentamientos por consolidación secundaria en distintos tipos de cimentaciones. Este autor obtuvo asentamientos de 0.14 cm, 0.21 cm y 0.30 cm en periodo de 5, 7 y 10 años, de forma respectiva, considerando zapatas cuadradas, rectangulares, losas de cimentación y cimientos corridos por las particularidades del tipo de suelo cohesivo y que se deben tener en cuenta estos estudios a fin de garantizar proyectos de infraestructura pública. Asimismo, Álvarez (2024) evidencia la presencia de importantes fenómenos expansivos en suelos arenosos y arcillosos, resulta relevante para la presente tesis, ya que permite reconocer que los suelos en Abancay son susceptibles a alcanzar la saturación por factores climáticos o de origen mecánico, lo que permite afirmar que los resultados del presente estudio se encuentran en línea con evidencias empíricas anteriores.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se concluye que no existe una relación significativa entre el grado de consolidación y el comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en las arcillas inorgánicas de alta plasticidad evaluadas. Al analizar la correlación de los indicadores representativos de las variables se evidencia que el módulo de compresibilidad volumétrica no presenta una relación estadísticamente significativa con la resistencia al corte inicial (cohesión), la capacidad de carga y el asentamiento, si bien la limitación de la potencia probabilística generada por el tamaño de muestra ($n=6$) situó los valores de significancia por encima del umbral de 0.05, los coeficientes de correlación evidenciaron tendencias físicas débiles (por debajo de 0.119). Y de los resultados obtenidos de las muestras ensayadas se obtuvo los parámetros esenciales del grado de consolidación, los resultados del coeficiente de consolidación en promedio resultaron para la calicata número 01 de $0.0014 \text{ cm}^2/\text{seg}$, coeficiente de consolidación para la calicata número 02 fue de $0.0012 \text{ cm}^2/\text{seg}$, coeficiente de consolidación para la calicata número 03 fue de $0.0011 \text{ cm}^2/\text{seg}$, coeficiente de consolidación para la calicata número 04 fue de $0.0010 \text{ cm}^2/\text{seg}$, coeficiente de consolidación para la calicata número 05 fue de $0.0014 \text{ cm}^2/\text{seg}$, coeficiente de consolidación para la calicata número 06 fue de $0.0011 \text{ cm}^2/\text{seg}$, por otro lado la longitud de drenaje en promedio para la calicata número 01 fue de 1.1756 cm , longitud de drenaje para la calicata número 02 fue de 1.1739 cm , longitud de drenaje para la calicata número 03 fue de 1.1748 cm , longitud de drenaje para la calicata número 04 fue de 1.1717 cm , longitud de drenaje para la calicata número 05 fue de 1.1758 cm , longitud de drenaje para la calicata número 06 fue de 1.1737 cm y del mismo modo el módulo volumétrico en promedio fue para la calicata número 01 fue de $0.000477 \text{ m}^2/\text{KN}$, modulo volumétrico para la calicata número 02 fue de $0.000478 \text{ m}^2/\text{KN}$, modulo volumétrico para la calicata número 03 fue de $0.000478 \text{ m}^2/\text{KN}$, modulo volumétrico para la calicata número 04 fue de $0.000507 \text{ m}^2/\text{KN}$, para la calicata número 05 fue de $0.000477 \text{ m}^2/\text{KN}$, para la calicata número 06 fue de $0.000496 \text{ m}^2/\text{KN}$ y de ecuación de Taylor el grado de consolidación fue de $U_z = 90\%$ estimados en laboratorio y un factor tiempo de $T_v = 0.848$. Este hallazgo es importante para la ingeniería civil de la zona, pues demuestra que el diseño de



cimentaciones en Abancay exige la evaluación de la consolidación y del corte de manera sectorizada dado a que no existe una predicción dependiente entre ambos fenómenos estudiados.

Respecto al objetivo específico 1, Se concluye que no existe evidencia inferencial suficiente para afirmar una relación estadísticamente significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación para este estrato. Al analizar los resultados se observan que el coeficiente de consolidación no presentó una relación estadísticamente significativa con la cohesión ($\text{Sig.} = 0.951$) ni con el ángulo de fricción ($\text{Sig.} = 0.660$). Así mismo, el módulo de compresibilidad volumétrica no mostró significancia al relacionarse con la cohesión ($\text{Sig.} = 0.933$), ni con el ángulo de fricción ($\text{Sig.} = 0.781$); al ser estos valores mayores al umbral crítico de 0.05, por ello se llegó a esa conclusión. De los resultados de los parámetros geotécnicos de las muestras de estudio para arcillas inorgánicas de alta plasticidad el ángulo de fricción interna para la calicata número 01 fue de 17.51° , el ángulo de fricción interna para la calicata número 02 fue de 15.90° , el ángulo de fricción interna para la calicata número 03 fue de 15.93° , el ángulo de fricción interna para la calicata número 04 fue de 18.41° , el ángulo de fricción interna para la calicata número 05 fue de 13.71° y el ángulo de fricción interna para la calicata número 06 fue de 13.50° y por otro lado la cohesión para la calicata número 01 fue de 0.01 kg/cm^2 , cohesión para la calicata número 02 fue de 0.21 kg/cm^2 , cohesión para la calicata número 03 fue de 0.06 kg/cm^2 , cohesión para la calicata número 04 fue de 0.02 kg/cm^2 , cohesión para la calicata número 05 fue de 0.10 kg/cm^2 y por último la cohesión para la calicata número 06 fue de 0.10 kg/cm^2 .

Respecto del objetivo específico 2, se concluye que no existe evidencia inferencial suficiente para afirmar una relación estadísticamente significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación para este estrato. Al analizar los resultados de correlacionar el coeficiente de consolidación vertical con la capacidad portante admisible, se obtuvo un coeficiente de 0.088 con un nivel de significancia de 0.868. Así también, la relación entre el módulo de compresibilidad volumétrica y la capacidad portante registró un coeficiente positivo débil de 0.088, pero una significancia de 0.868, lo que permitió llegar a esta conclusión, por otro lado, mediante la ecuación de la capacidad de carga de Vesic, se obtuvo los resultados de capacidad de carga, para la calicata número 01 de 0.77 kg/cm^2 , la capacidad de carga para la calicata número 02 1.59 kg/cm^2 , la capacidad de carga para la calicata número 03 0.88 kg/cm^2 , la capacidad de carga para la calicata número



04 0.90 kg/cm², la capacidad de carga para la calicata número 05 0.93 kg/cm² y la capacidad de carga para la calicata número 06 fue de 0.91 kg/cm². Estos resultados confirman formalmente que nos encontramos ante un suelo de muy mala calidad geotécnica, y se tiene riesgo de asentamientos, y que este tipo de suelo son propensos a presentar asentamientos a lo largo del tiempo.

Respecto del objetivo específico 3, Se concluye que no se dispone de suficiente evidencia inferencial para afirmar la existencia de una relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación. Al analizar correlación del coeficiente de consolidación y la variación de volumen se determinó un coeficiente de 0.045 con una significancia de 0.933. Paralelamente, la relación entre el módulo de compresibilidad volumétrica y la variación de volumen presentó un coeficiente positivo débil de 0.119 y un nivel de significancia de $p = 0.822$, lo que derivó en esta conclusión. Por otro lado, se ha determinado el asentamiento del suelo mediante los resultados de parámetros geotécnicos, capacidad de carga, y la formula mejorada del asentamiento inelástico, el asentamiento del suelo para la calicata número 01 es de 0.19 cm, el asentamiento de suelo para la calicata número 02 es de 0.39 cm, el asentamiento para la calicata número 03 es de 0.21 cm, el asentamiento de suelo para la calicata 04 es de 0.22 cm, el asentamiento del suelo para la calicata 05 es de 0.23 cm y el asentamiento para la calicata número 06 es de 0.22 cm, estos resultados indican que este tipo de suelo es altamente compresible y que a lo largo del tiempo puede provocar asentamientos diferenciales en estructuras edificadas sobre este tipo de suelo.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Abancay y al Gobierno Regional de Apurímac que incorporen ensayos de consolidación unidimensional de suelos en la elaboración de sus perfiles técnicos y expedientes técnicos de obra. Esta exigencia cobra especial relevancia al proyectar y edificar obras de infraestructura pública sobre estratos de suelo arcilloso de alta plasticidad, cuyas características exigen un análisis riguroso para cuantificar con precisión el fenómeno de la consolidación. La inclusión de estos estudios permitirá predecir la deformación vertical o asentamiento a lo largo del tiempo, ya sea en escalas de meses o años. De este modo, se previenen fallas estructurales por asentamientos diferidos y deformaciones no uniformes que habitualmente no son contempladas en los diseños de los perfiles de inversión y expedientes técnicos de obra. Cabe precisar que, de acuerdo con la normativa vigente los ejecutores de obras en los gobiernos locales y



regionales no quedan eximidos de responsabilidad hasta después de transcurridos 7 años desde la conclusión formal de los proyectos de inversión. Dado que las arcillas de alta plasticidad continúan experimentando procesos de deformación por consolidación continua a lo largo de prácticamente toda la vida útil de la edificación, omitir estas pruebas geotécnicas comprometerían la responsabilidad técnica de las entidades públicas.

Respecto a la primera recomendación, se recomienda a la población de la ciudad de Abancay la realización de ensayos de parámetros geotécnicos como la cohesión y el ángulo de fricción interna (ϕ), ya que edificar en este tipo de suelo arcilloso de alta plasticidad indica que el suelo tiene una baja resistencia al corte y que para ello se recomienda métodos de mejoramiento de suelos para garantizar la estabilidad de las infraestructuras edificadas sobre este tipo de suelo arcillosos de alta plasticidad o implementar un adecuado sistema de drenaje superficial y subterráneo, con el fin de evitar el incremento del contenido de humedad del suelo, ya que este puede reducir aún más su resistencia al corte y presentar fallas o patologías estructurales.

Respecto a la segunda recomendación, se recomienda al Instituto de Defensa Civil de la ciudad de Abancay ampliar el estudio mediante un diseño longitudinal, y trabajar con suelos cohesivos representativos en la ciudad de Abancay, con el propósito de explicar el hallazgo relacionado con este tipo de suelos ya que sus principales problemas de este suelo radica en su baja resistencia y su alta compresibilidad y que esto combinado con la presencia de agua ocasiona grandes asentamientos en largos periodos de tiempo debido a los procesos de consolidación primaria y secundaria que se producen en las arcillas, los cuales pueden dañar severamente una estructura.

Respecto a la tercera recomendación, se recomienda a la población en general, a los profesionales de la construcción civil de la zona aplicar técnicas normadas de mejoramiento mecánico del suelo tales como la compactación controlada, el refuerzo con geosintéticos o la sustitución parcial por material afirmado previo a la etapa de cimentación. Esta intervención geotécnica tiene como propósito directo incrementar la capacidad portante admisible, reduciendo de manera sustancial las deformaciones bajo la acción de cargas. La implementación de estos métodos es determinante para garantizar un desempeño estructuralmente estable en la cimentación, mitigando los asentamientos diferenciales en edificaciones edificadas sobre estratos de suelos arcillosos que se caracterizan por su baja capacidad de soporte, y elevada susceptibilidad a la consolidación de suelo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ ABARCA, KILMER ANDREW. *Variabilidad de la expansión en suelos arcillosos bajo cargas estáticas identificados en la ciudad de Abancay – 2024.* [en línea]. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac: 2024, [fecha de consulta 30 de junio del 2026]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14195/1567>.

ANGELONE SILVIA. Consolidación de suelos. *Universidad de Rosario.* 2002, pp1-13. Link: https://www.academia.edu/7791970/CONSOLIDACION%20DE_SUELOS.

AUDEFRY, JOEL. La problemática de los desastres en el hábitat urbano en América Latina. *Revista INVI.* 2003, Vol.18(47), pp. 52-71. DOI <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2003.62233>.

BAPTISTA LUCIO, PILAR. 2014. *Metodología de la Investigación.* México: McGRAWHill / interamericana editores, S.A., 2014. ISBN: 9781456223960.

BEDON SALVADOR, ALVARO SEBASTIÁN. *Estudio sobre el comportamiento de consolidación de arcillas blandas en la construcción secuencial de un terraplén.* [en línea]. Pontificia Universidad Católica del Perú: 2022, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/22790>.

BERRY L. PETER Y REYD DAVID. *Mecánica de suelos.* México: Department of Civil Engineering University of Salford, 2003; Link <https://es.scribd.com/document/214544038/Mecanica-de-Suelos-Peter-l-Berry-David-Reid>.

BOWLE E. JOSEPH. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil.* Vol. 1(1) México: Libros McGRAW-HILL, 1997. ISBN 968-451-046-2. Link: <https://es.scribd.com/doc/306649385/Manual-Del-Laboratorio-de-Suelos-Joseph-e-Bowles>.

BRAJA M. DAS. *Fundamentos de la ingeniería geotécnica.* cuarta edición. México; Cengage Learning Editores, 2013. ISBN 978-607-519-373-1. Link: <https://www.cengage.com/s/?q=DAS>.

CÁMARA PERUANA DE LA CONSTRUCCIÓN. *Nueva iniciativa de CAPECO por la construcción responsable: Construyendo formalidad.* [en línea]. Edición Gráfica: Luis De los Ríos Joya, Construcción y Vivienda Comunicadores: 2025, fecha de consulta 24 de mayo del 2026 Disponible en: <https://capeco.org/publicaciones/>.

CAMPOS RODRÍGUEZ JORGE, GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN GERMAN MARCELO. *Problemas resueltos de mecánica de suelos.* Lima, Perú: Editorial WH, 2012. Link <https://www.mediafire.com/folder/h5tf0iv8mo6bs/mecanica+de++suelos>.

CODUTO P. DONALD, KITCH A. WILLIAM Y YEUNG MAN-CHU RONALD. *Foundation Design Principles and Practices.* Vol. 3(1). California: Library of Congress Cataloging, 2011. ISBN; 978-0-13-341189-8. Link: <https://istasazeh-co.com/pdf/Foundation-design-principles-and-practices-Donald-P-Coduto.pdf>.

CORDERO ARIAS JOSBEL ANDREINA, SÁNCHEZ MORLES MILA E. *Sistematización de la ejecución del ensayo de consolidación en arcillas inorgánicas y de los cálculos asociados.* Vol. 08 (01). Ecuador: Revista Gaceta técnica, 2011. ISSN 1856-9560 URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3818021>



CRESPO VILLALAZ, CARLOS. *Problemas resueltos de mecánica de suelos y de cimentaciones.* Vol. 01(01). México: LIMUSA NORIEGA EDITORES, 2004. Link <https://www.mediafire.com/folder/h5tf0iv8mo6bs/mecanica+de++suelos>.

DEVORE JAY L. *Probabilidad y estadística para Ingeniería y Ciencias.* Vol. 07(01). California: Cengage Learning Editores, 2008. ISBN 13: 978-607-481-338-8. Link: <https://share.google/0KVzplpG6tpDBA00Z>.

DUQUE ESCOBAR GONZALO Y ESCOBAR POTES CARLOS ENRIQUE. *Mecánica de los suelos.* Vol. 1(1). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002. Link: <https://share.google/9Z5fyEScvKXp6b8GE>.

GONZALES PENAGOS CATALINA, RIVERA QUIROZ LEIDYS HELENA. *Investigación cuantitativa. Claves para estudiantes universitarios.* Vol. 04(01). Colombia: Fondo Editorial Universidad Católica Luis Amigo, 2024. ISBN 978-958-8943-98-5. DOI: <https://doi.org/10.21501/9789588943985>.

GONZALES-RUFINO, JOSÉ LUIS Y CHAVEZ-ALEGRIA. *Un método simplificado de predicción de hinchamiento de arcillas expansivas debido a cambios de humedad.* [en línea]. Edición Vol. 22 (04) Ingeniería, Investigación y tecnología: 2021, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026] ISSN: 1405-7743 Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.4.027>.

GUAMBO LÓPEZ JAVIER ENRIQUE, RAMÓN ARMIJOS JHON LEISER. *Análisis de asentamientos por consolidación usando métodos observacionales, caso de estudio: subestación eléctrica durán - boliche.* [en línea]. Escuela superior politécnica del litoral. Ecuador: 2021, [fecha de consulta 22 de junio del 2026]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53834>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, PILAR. 2014. *Metodología de la Investigación.* México: McGRAWHill / interamericana editores, S.A., 2014. ISBN: 9781456223960.

HILARES ALVAREZ, ALDAIR CESAR Y SERRANO ESPINOZA, YOHEL YOHAN. *Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata - Abancay.* [en línea]. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac: 2025, [fecha de consulta 30 de junio del 2026]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14195/255>.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. *Mapa de peligro de la ciudad de Abancay.* [en línea]. INDECI-PNUD: 2007, fecha de consulta 24 de febrero del 2026 Disponible en: https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/5217_mapa-de-peligros-dela-ciudad-de-abancay.pdf.

JUÁREZ BADILLO, EULALIO Y RICO RODRÍGUEZ, ALFONSO. *Mecánica de suelos. Fundamentos de la mecánica de suelos.* México: LIMUSA, 2005. ISBN 968-18-0069-9. Link <https://www.mediafire.com/folder/h5tf0iv8mo6bs/mecanica+de++suelos>.

LAVADO ENRIQUEZ, JUANA MARIBEL. *Influencia del suelo de cimentación en la capacidad portante empleando el ensayo de DPL y corte directo del sector Santa Clara, Moyobamba, San Martín – 2024.* [en línea]. Universidad Privada de Tacna: 2024, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12969/3826>



LIU BIN, JIANG XIUGEN. *“Características de consolidación y deformación de cimientos de roca blanda en un ambiente de humedal hidrológico.* [en línea]. Edición Vol. 24 (02) Revista Earth Sciences Research Journal: 2020, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026] Disponible en: <https://doi.org/10.15446/esrj.v24n2.87920>.

LLANOS FLORES, EVELING GUILIANA. *Correlación entre la permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación en suelos arcillosos para la zona de expansión urbana Santa Bárbara, Cajamarca, 2022.* [en línea]. Universidad Privada del Norte: 2022, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/33926>.

MARTÍNEZ ROJAS ALONDRA, PASTOR GÓMEZ NELIO Y CHÁVEZ NEGRETE CARLOS. *Instrumentación virtual de bajo costo aplicada a equipos de consolidación unidimensional de suelos.* Vol. 33(1), 2026 [en línea]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México: 2025, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026]. ISSN: 1405-0269. Disponible en DOI: 10.30878/ces.v33n0a51

MEDRANO CASTILLO RODOLFO C. *Mecánica de suelos II.* México: Instituto Tecnológico de Tehuacán, 2008. Link: <https://es.scribd.com/doc/107111191/LIBRO-MECANICA-DE-SUELOS-II-RODOLFO-C-MEDRANO-CASTILLO>.

MELGAR CÁRDENAS, EDWIN CÉSAR. *Estudio de mecánica de suelos con finos de cimentación para determinar el asentamiento total en suelos arcillosos en Moyobamba, 2024.* [en línea]. Universidad Privada del Norte: 2022, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/38792>.

MERINO SOTO CESAR. *Coeficientes V de Aiken diferencias en los juicios de validez de contenido. MH Salud: Movimiento Humano y Salud* [en línea]. 2023, vol. 20, (01). [Consulta: 25 julio 2026]. ISSN 1659-097X. Disponible en Link: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8734755>.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual De Ensayo De Materiales.* 2016. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/34045>.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. 2020. NORMA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO, 2020. ISBN: 9786124842733.

MONGE ÁLVAREZ CARLOS ARTURO. *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa.* Vol. 01(01). Colombia: Universidad sur colombiana, 2011. Link: <https://share.google/y6H1W6OopWjPuEbGY>.

MUÑOZ PÉREZ Sócrates Pedro, Sánchez Monja Wendy Analí y García Chumacero Juan Martín. *teoría de consolidación, una revisión de la literatura, 2020.* [en línea]. Vol. 7 (02) Revista científica, ingeniería, ciencia, tecnología e innovación: 2020, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026]. ISSN: 2313-1926 Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.26495/icti.v7i2.1493>.

NORMA TECNICA PERUANA. *Reglamento Nacional de Edificaciones.* [en línea]. Instituto Nacional de Calidad: 20 de febrero del 2024, [fecha de consulta 25 de febrero del 2026] Disponible en: <https://www.gob.pe/inacal/>.



PLAN DE DESARROLLO DE ABANCAY. *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Abancay para el año 2012-2021.* [en línea]. Municipalidad Provincial de Abancay: junio 2012, fecha de consulta 24 de enero del 2026 Disponible en: https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Plan%20_desarrollo_urbano_Abancay_Apurimac_2012.pdf.

RODRIGUEZ PATRICIA. *Un método simplificado de predicción de hinchamiento de arcillas expansivas debido a cambios de humedad.* [en línea]. Edición Vol. 01 (28) Revista obras y proyectos: 2020, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026] ISSN: 0718-2813 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132020000200035>.

RODRÍGUEZ SERQUEN WILLIAN. *Parámetros Geotécnicos y diseño de cimentaciones.* [en línea]. Boletín Informativo ASOCCEM: 2011, [fecha de consulta 24 de mayo del 2026] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/50828317/PONENCIA-ING-WILLIAM-RODRIGUEZ-ARIAL-V-CICON>.

ROMERO SALDAÑA, MANUEL. *Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal.* [en línea]. Revista enfermería del trabajo: Vol. 6 (3), 2016, [fecha de consulta 30 de julio del 2026]. ISSN 2174-2510, Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>

RUGE CÁRDENAS, JUAN CARLOS; MOLINA GÓMEZ, FAUSTO Y PINTO DA CUNHA, RENATO. Comparación experimental entre la sensibilidad y la cementación en el comportamiento. *Ingeniare. revista chilena de ingeniería.* 2021, Vol. 29(01), pp. 109-119. ISSN 0718-3305. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000100109>.

TELLO ALVAREZ, RAMIRO. Propiedades geotecnias del suelo. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza.* 2024, pp. 1-14.

TOIRAC CORRAL, JOSE. Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la república dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y sociedad Republica Dominicana.* 2012, Vol. 37(03), pp. 293-334. ISSN: 0378-7680. Link <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87024622003>.

VASQUEZ RAMIREZ ABBON ALEX. ET AL. *Métodos de investigación científica.* Vol. 01(01). Perú: Editorial: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, 2023. ISBN 978-612-5069-84-9. DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.94>.

VIZCAÍNO ZÚÑIGA PAULINA IVETH, CEDEÑO CEDEÑO RICARDO JAVIER Y MALDONADO PALACIOS ISRAEL ALEJANDRO. *Metodología de la investigación científica: guía práctica.* Vol. 07(04)]. Ecuador: Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 2023. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658.



ANEXOS



Anexo A

MATRIZ DE CONSISTENCIA Y MAPAS TEMATICOS

Tabla 22 — Matriz de consistencia

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable X: Grado de consolidación		Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones	indicadores	
¿Cuál es la relación entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	Analizar la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Existe relación significativa entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Consolidación unidimensional de suelo	Coeficiente de consolidación vertical	1. Diseño metodológico Enfoque: Cuantitativo Nivel: Correlacional Diseño: No experimental de corte transversal 2. Tipo de investigación Aplicado. 3. Población Superficie donde predominan los suelos de grano fino de la ciudad de Abancay, Apurímac 4. Muestra La muestra está conformada por 06 calicatas de suelo arcillosos de alta plasticidad 5. muestreo Muestreo no probabilístico - Juicio 6. Descripción de los métodos, técnicas e instrumentos Técnica: observación Instrumento: Ficha de recolección de datos de los ensayos de laboratorio 7. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información: hojas de cálculo (EXCEL) y SPSS
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Factor tiempo de consolidación	
				Longitud de drenaje de consolidación	
				Módulo de compresibilidad volumétrica	
<ul style="list-style-type: none">¿Cuál es la relación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025?¿Cuál es la relación entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025?¿Cuál es la relación entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025?	<ul style="list-style-type: none">Determinar la relación de los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025Determinar la relación de la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025Determinar la relación del asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025	<ul style="list-style-type: none">Existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025Existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025Existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025	Variable Y: Comportamiento mecánico		
			Parámetros geotécnicos	Angulo de fricción	
				Cohesión	
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	
Asentamiento del suelo	Variación de volumen				

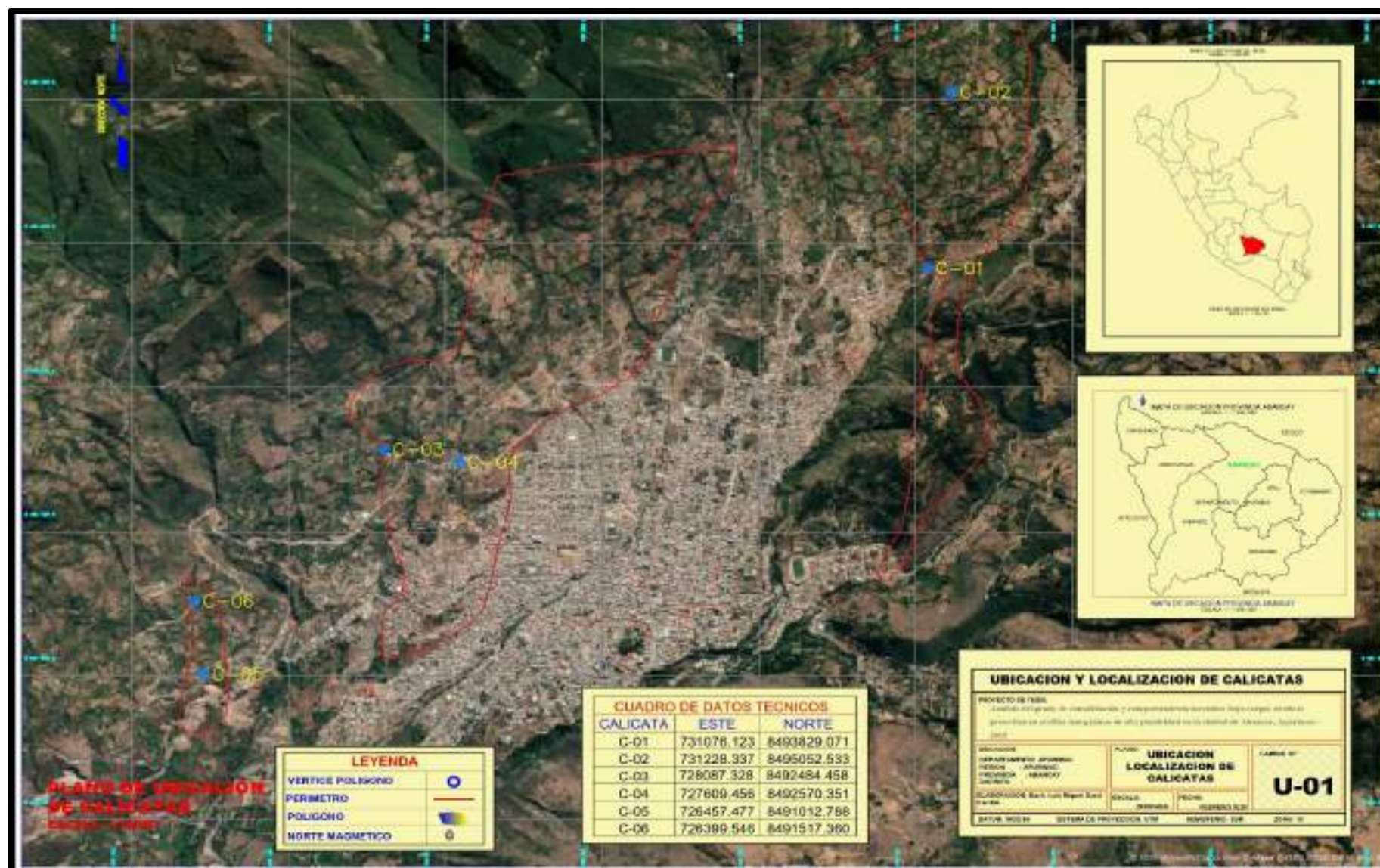
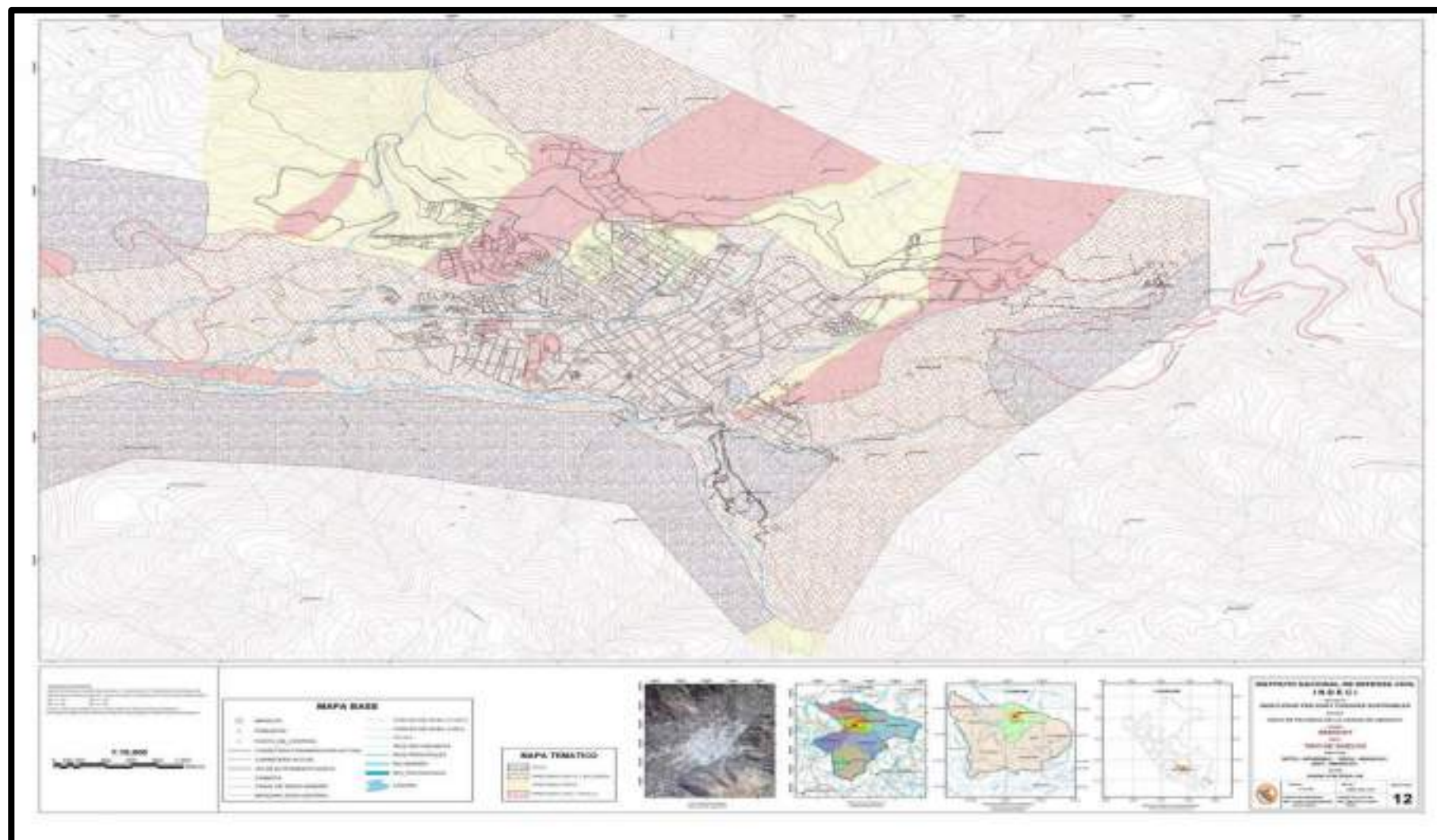
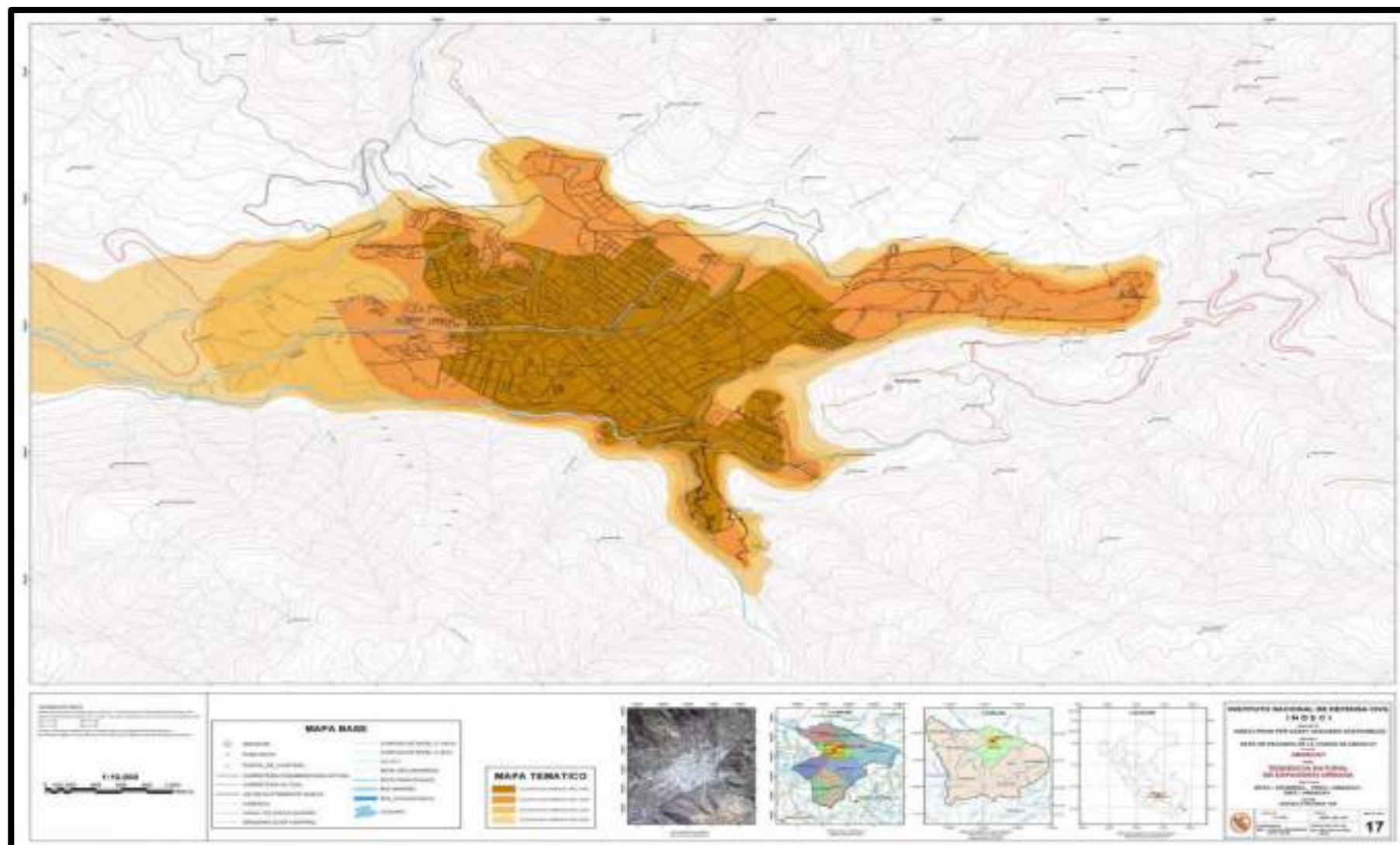


Figura 19 — Plano de ubicación y localización de calicatas realizadas en la ciudad de Abancay



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil (2007)

Figura 20 — Mapa de tipo de suelos de la ciudad de Abancay



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil (2007)

Figura 21 — Mapa de tendencia natural de expansión urbana

Anexo B

RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO

**RESULTADOS DE ENSAYO
PARA TESIS**

PROYECTO:

ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y
COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS
ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS
DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY,
APURÍMAC - 2025

**LABORATORIO DE ENSAYOS
CONCHIPA
INGENIEROS
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SOLICITANTE: Bach. LUIS MIGUEL SACSÍ CARRILLO

RESPONSABLE: SAUL CHIPA CAHUANA
INGENIERO CIVIL
CIP 193001

CONCHIPA E.I.R.L.
Mtro. Ing. Saul José Chipa Cahuana
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y OBRAS DE
SUELO, CIP N° 160001

ABANCAY, AGOSTO DEL 2026

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac

conchipa.eri@gmail.com-Cel.Claro:986829921

1

Figura 22 — Informe de laboratorio de suelos

LABORATORIO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO			
IMPORTE DE ENSAYO N° 7A - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESENTES EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2025		
Código Interno:	M - 7A - 01 / C - 01	Fecha de muestra:	13/03/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de recepción:	14/03/2024
Intendente:	LUIS MIGUEL SANCHEZ CARRILLO	Fecha de ensayo:	14/03/2024
Confianza de solicitante:	LUIS MIGUEL SANCHEZ CARRILLO	Fecha de emisión:	14/03/2024

N° 339 126 1994 (modificada el 2019) AENOR. Método de ensayo para el análisis granulométrico					
Muestra Inicial	1312.00	Muestra lavada y secada	365.00 g	Peso Recip.	0
TAMIZ (mm)	TAMIZ (mm)	PRO 60	PRO CORR.	% RET.	% PASA
3"	75.000	0.0	0.0	0.00	100.00
2"	50.000	0.0	0.0	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.00	100.00
1"	25.000	0.0	0.0	0.00	100.00
3/4"	19.000	7.1	7.1	0.58	99.41
3/8"	9.500	49.3	49.3	3.57	96.43
Nº4	4.750	46.3	46.3	3.50	96.50
Nº10	2.000	67.3	67.3	5.35	94.65
Nº20	0.850	70.1	70.1	5.76	94.24
Nº40	0.425	69.7	69.7	5.10	94.90
Nº60	0.250	47.2	47.2	3.88	96.12
Nº100	0.150	47.2	47.2	3.48	96.52
Nº200	0.075	7.3	7.3	0.60	99.40
Residuo		4.8	691.5	68.41	31.59
TOTAL		365.00	1312.00	100.00	

PORCENTAJES DE ARENAS, ARCILLAS Y GRAVAS	
% ARENAS	66.41%
% ARCILLAS	25.42%
% GRAVAS	7.88%

CONTENIDO DE HUMEDAD	
w (%) Promedio	21.55

VALORES DE RESULTADOS	
Paso tamiz Nº 4 (4.75mm) (%)	92.00
Paso tamiz Nº 200 (0.075mm) (%)	68.41
DL	NO SE HA
CU	NO SE HA
LI	NO SE HA
Coeficiente de uniformidad (Cu)	NO SE HA
Grado de curvatura (Cc)	NO SE HA

CLASIFICACIÓN AASHO	A-7-6 Suelo arcilloso	
CLASIFICACIÓN USCS	CH	Análisis Inorgánico de este perfilado

CONSIDERACIONES

- 1) Este informe reproduce o modifica el informe de ensayo, total o parcialmente, en la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCHISA S.R.L.
 Mtro. Ing. Jorge Luis Chirre Chirre
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 RUC: 20101010101

Laboratorio de Suelo, Concreto y Asfalto CONCHISA S.R.L. - 2.º, Av. N° 120 - Huanuco - Ayacucho - conchisa@conchisa.com.pe - 054 244 0000 0001

Figura 23 — Análisis granulométrico de C-01

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 74 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁNICAS PRESCRITAS EN ARCELIAS BIODÉGRADABLES DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2025		
Código Interno:	M - 74 - 01 / C - 01	Fecha de ensayo:	13/03/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de recepción:	14/03/2024
Solicitante:	U.S. MIGUEL SACHI CARRILLO	Fecha de ensayo:	14/03/2024
Contacto de solicitante:	U.S. MIGUEL SACHI CARRILLO	Fecha de emisión:	04/03/2024



OBSERVACIONES

- 1) Esta plantilla reproduce o modifica el informe de ensayo, tal y como se presenta, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCHIRA E.I.R.L.

Ing. Jhonatan Chapa Córdova
CONSULTOR INDEPENDIENTE
Reg. Civil: C.R. N° 133501

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIRA E.I.R.L." S.R.L. - Av. H. 720 - Arequipa - Perú - conchira@gmail.com - Cel: 980029120

Figura 24 — Curva granulométrica de C-01

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		
INFORME DE ENSAYO N° 74 - 2024		
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARELLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2024	
Código Interno:	M-74-01 / C-01	Fecha de muestreo: 13/03/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción: 14/03/2024
Solicitante:	LUIS MIGUEL SACS CARRILLO	Fecha de Ensayo: 14/03/2024
Contacto de solicitante:	LUIS MIGUEL SACS CARRILLO	Fecha de Emisión: 04/03/2024

N° 308.129-1997 (revisado al 2019) SELLÓS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos			
LÍMITE LÍQUIDO			
N° de Cóp.	C-11	C-17	C-4
Cap.+ S. Hum.	92.14	96.32	84.23
Cap.+ S. Seco.	80.00	82.62	69.89
Agua	12.14	13.70	14.34
Peso Cóp.	60.33	61.63	49.75
Peso S. seco	19.67	20.99	20.14
% Humedad	61.72	65.27	71.20
N° de golpes	30	25	16
LÍMITE PLÁSTICO			
N° de Cópula	C-11	C-17	C-4
Cops.+ S. húmedo	64.65	63.94	62.71
Cops.+ S. seco	63.61	62.93	61.64
Agua	1.04	1.01	1.07
Peso Cópula	25.34	59.01	57.56
Peso S. seco	38.25	4.92	4.28
% Humedad	3.24	20.53	25.06

LÍMITE LÍQUIDO	=	64.77 %
LÍMITE PLÁSTICO	=	14.26 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	=	48.51 %



OBSERVACIONES

- 1) Esto prohíbe reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCRETA E.I.R.L.
 RUC 20101001000
 Abaco, N° 500 José Olaya Galarza
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 Reg. CIVIL CIP N° 18100

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCRETA E.I.R.L." S.R.L. - Avda. M° 700 - Abancay - Apurímac - contacto@concreta.ei.com.pe - 052 98920021

Figura 25 — Límites de consistencia de C-01

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 78 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ARANCAY, APURÍMAC - 2025		
Código Interno:	M - 78 - 01 / C - 01	Fecha de muestreo:	13/03/2024
Ubicación del Proyecto:	ARANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/03/2024
Solicitante:	USM MIGUEL SACSICARRILLO	Fecha de Ensayo:	16/03/2024
Contacto de solicitante:	USM MIGUEL SACSICARRILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2024

NTP 339.127 (revisada al 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad en el suelo.

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	# - 1
Peso suelo húmedo + cápsula	1473.00
Peso suelo seco + cápsula	1212.00
Peso del agua	261.00
Peso del recipiente	0.00
Peso neto del suelo seco	1212.00
% de Humedad	21.53

w (%) Promedio = 21.53

NTP 339.143 (revisada al 2019) SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ

DENSIDAD IN SITU

PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 2.00
PESO DEL FRASCO + ARENA (g)	6921
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA (g)	1826
PESO DE LA ARENA EMPLEADA (g)	5095
PESO DE ARENA EN EL CONO (g)	1720
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACIÓN (g)	3375
DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm³)	1.48
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO (cm³)	2280
PESO DEL SUELO + GRAVA (g)	2852
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1.25
HUMEDAD (%)	21.53
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.03

DENSIDAD NATURAL

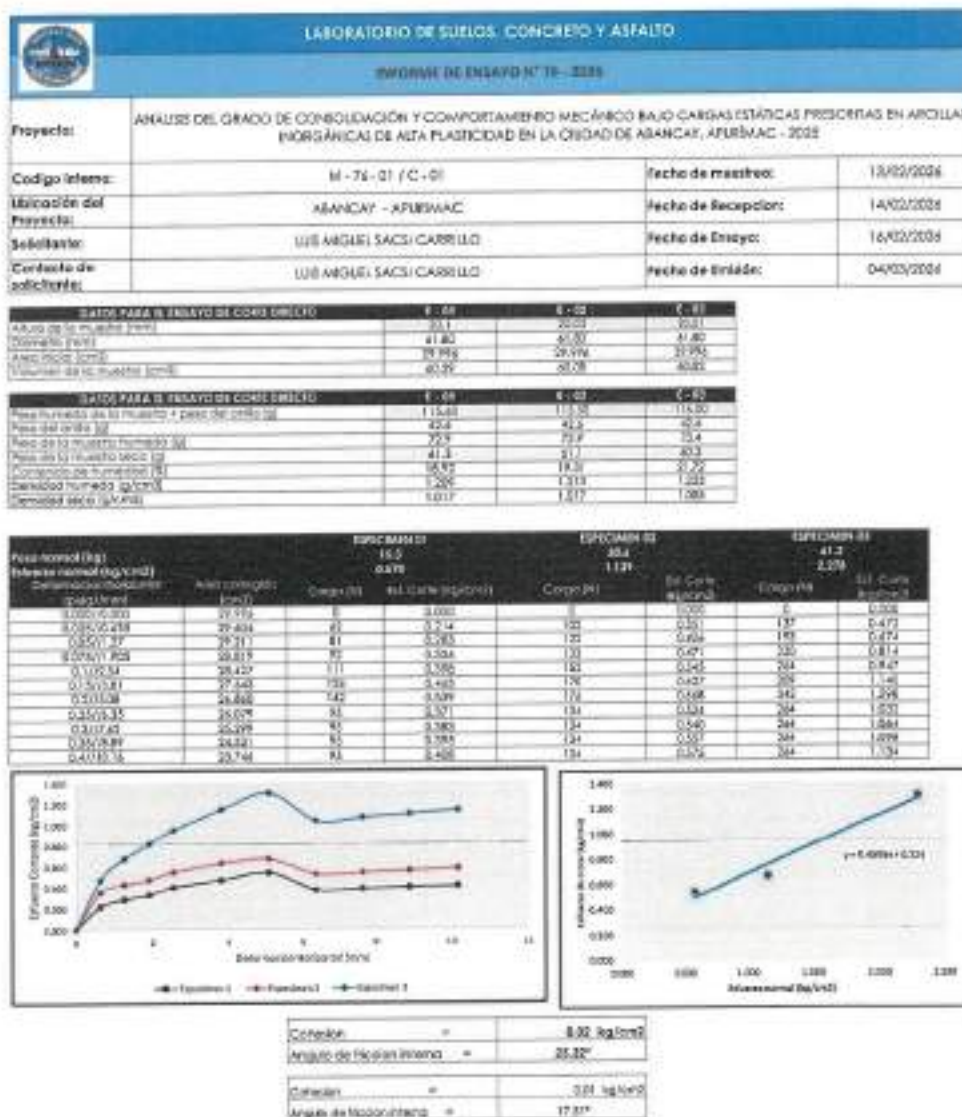
$\gamma_{natural} = \frac{W}{V}$	$\gamma_{natural} = 1.25 \text{ g/cm}^3$
$\gamma_d = \frac{\gamma_{natural}}{(1+w)}$	$\gamma_d = 1.03 \text{ g/cm}^3$

OBSERVACIONES

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, en la autoedición del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con los muestros sometidos a ensayo.
- 3) Los resultados se otorgan o lo muestra como se recibió.

CONCIERTE I.R.L.
MPS. Inge. Civil, Ing. Civil, Ing. Civil
COMISIONADORA DE SUELOS Y CONCRETO
PRO. CIVIL C.P. N° 10001

Figura 26 — Contenido de humedad de C-01



OBSERVACIONES

- 1) Es prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCI PAE I.R.L.
 Mtro. Ing. José Luis López López
 C.O.R.D. 30514 (Ingeniería Civil) - C.O.R.D. 30514
 Reg. Civil. C.O.R. 10103

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCI PAE I.R.L." S.A. - Av. 1ª 125 - Abancay - Apurímac - correo: info@conci-pae.com.pe - Cel: 98628921

Figura 27 — Parámetros geotécnicos de C-01

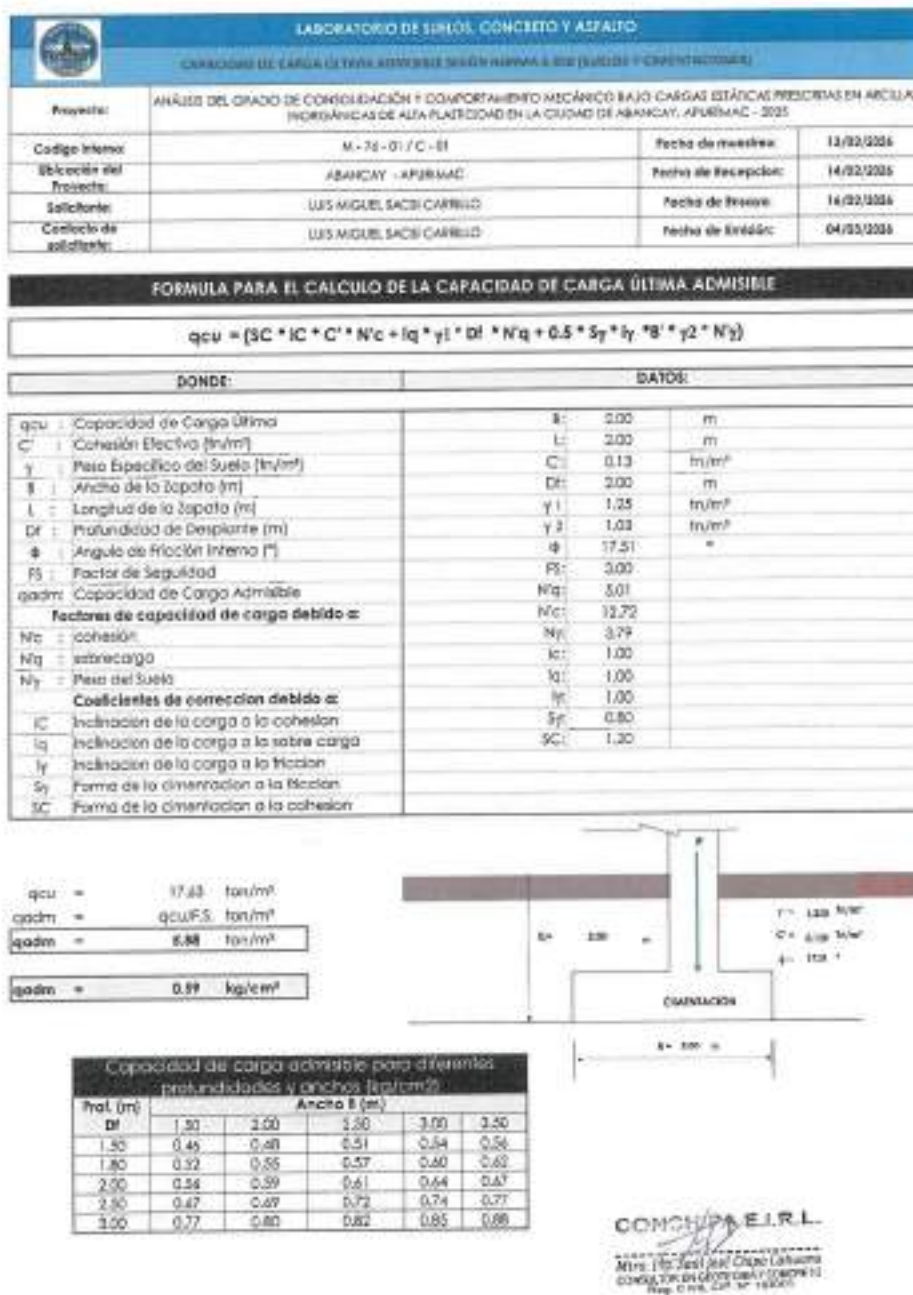


Figura 28 — Cálculo de capacidad de carga de C-01



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 74 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARELLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE AMANCAY, APURÍMAC - 2024		
Código Interno:	W-74-02 / C-02	Fecha de ensayo:	12/02/2024
Ubicación del Proyecto:	AMANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/02/2024
Solicitante:	UB M. SACHICABILLO	Fecha de Ensayo:	14/02/2024
Carácter de ensayo:	UB M. SACHICABILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2024

MPS 335.128 1PH (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico					
Muestra Inicial	1212.00	Muestra lavada y seco	331.30 g	Peso Recpt.	0
TAMBE (mm)	TAMBE (mm)	PESO RET. (g)	PESO CORR. (g)	%RET.	%PASA
3"	76.200	0.0	0.0	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.0	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.00	100.00
1"	25.400	0.0	0.0	0.00	100.00
3/4"	19.000	19.3	19.3	5.82	94.18
3/8"	9.525	37.0	37.0	11.18	88.82
Nº4	4.750	30.9	30.9	9.33	90.67
Nº10	2.000	44.1	44.1	13.32	86.68
Nº20	0.850	68.3	68.3	20.63	79.37
Nº40	0.425	11.1	11.1	3.35	96.65
Nº60	0.250	40.4	40.4	12.14	87.86
Nº100	0.150	37.1	37.1	11.22	88.78
Nº200	0.075	2.4	2.4	0.72	99.28
Residuo		0.5	0.5	0.15	99.85
TOTAL		331.30	331.30	100.00	

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS	
% FINOS	72.68%
% ARENAS	23.12%
% GRAVAS	4.20%

CONTENIDO DE HUMEDAD	
w (%) promedio	23.70

VALORES DE RESULTADOS	
Peso tamiz nº 4 (4.75mm) (%)	9.33
Peso tamiz nº 200 (0.075mm) (%)	0.72
D ₁₀	NO RESULTA
D ₃₀	NO RESULTA
D ₆₀	NO RESULTA
Coeficiente de uniformidad (Cu)	NO RESULTA
Coeficiente de curvatura (Cc)	NO RESULTA

CLASIFICACIÓN AASHTO:	A-7-6 Suelo arcilloso
CLASIFICACIÓN USCS:	CH Arcilla inorgánica de alta plasticidad

OBSERVACIONES:

- 1) Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCRETO E.I.A.
Mtro. Ing. Solís / Mro. Chipo / Mro. Chipo
COORDINADOR DE LABORATORIO DE CONCRETO
Ing. CIVIL, CIP N° 140001

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCRETO E.I.A." S.R.L. Alfo MT29 - Amancay - Apurímac - contacto@concreto-eia.com Cel: 98633001

Figura 30 — Análisis granulométrico de C-02

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 74 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAT, APURÍMAC - 2024		
Código Interno:	IA - 74 - 02 / C - 02	Fecha de muestra:	13/03/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAT - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/03/2024
Beneficiario:	ING. M. SANTI CARREÑO	Fecha de Ensayo:	14/03/2024
Contacto de emergencia:	ING. M. SANTI CARREÑO	Fecha de emisión:	04/03/2024



OBSERVACIONES:

- 1) Esta prohibido reproducir o modificar este informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra (s) en su totalidad.

CONCHIZA E.I.R.L.

Mrs. Ing. Jhony Chao Cárdena
COORDINADOR GENERAL DE CONCRETO
REG. CIVIL CIP. N° 198351

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIZA E.I.R.L." S. de RL - Avda N° 720 - Abancat - Apurímac - contacto@conchiza.com.pe Cel: 984883393

Figura 31 — Curva granulométrica de C-02

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 78 - 2023			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2023		
Código interno:	M-78-02/C-02	Fecha de inuestro:	13/02/2024
Ubicación del proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/02/2024
Señalante:	LUIS M. SACSICARILLO	Fecha de Ensayo:	14/02/2024
Contrato de señalante:	LUIS M. SACSICARILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2024

Nº 308 129 1999 (revisto el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos			
LÍMITE LÍQUIDO			
Nº de Cóp.	C-18	C-22	C-26
Cap.+ S. Hum.	92.15	93.72	91.38
Cap.+ S. Seco.	80.95	80.58	78.52
Agua	11.20	13.14	12.86
Peso Cóp.	63.41	61.38	60.54
Peso S. seco	17.54	19.30	17.98
% Humedad	63.85	66.08	71.50
Nº de golpes	35	22	15
LÍMITE PLÁSTICO			
Nº de Cópula	C-18	C-22	C-26
Cap.+ S. húmeda	63.26	63.38	61.94
Cap.+ S. seco	63.08	63.17	61.72
Agua	0.18	0.21	0.22
Peso Cópula	62.19	62.11	60.71
Peso S. seco	0.89	1.06	1.01
% Humedad	20.22	19.67	21.78
LÍMITE LÍQUIDO	=		66.91 %
LÍMITE PLÁSTICO	=		20.42 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	=		46.49 %



OBSERVACIONES

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCHITA E.I.R.L.
 Mtro. Ing. Cesar José Chirpa Salazar
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 Reg. CIVIL CIP N° 159901

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHITA E.I.R.L." - P.º A. - Avda N° 725 - Abancay - Apurímac - Perú - Email: htc@conchita.com.pe - Cel: 980829827

Figura 32 — Límites de consistencia de C-02

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 96 - 3334			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2025		
Código Interno:	M - 78 - 02 / C - 02	Fecha de muestreo:	13/02/2025
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/02/2025
Solicitante:	UUG M. SACSÍ CARRILLO	Fecha de Ensayo:	14/02/2025
Contacto de solicitante:	UUG M. SACSÍ CARRILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2025

NTP 339.127 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad en el suelo	
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Recipiente N°	R - 1
Peso suelo húmedo + cápsula	1357.00
Peso suelo seco + cápsula	1097.00
Peso del agua	260.00
Peso del recipiente	0.00
Peso neto del suelo seco	1097.00
% de Humedad	23.70
w (%) Promedio =	23.70

NTP 339.143 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ	
DENSIDAD IN SITU	
PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 2.00
PESO DEL FRASCO + ARENA (g)	6912
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA (g)	1936
PESO DE LA ARENA EMPLEADA (g)	4976
PESO DE ARENA EN EL CONO (g)	1720
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACIÓN (g)	3256
DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm³)	1.48
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO (cm³)	2200
PESO DEL SUELO + GRAVA (g)	2836
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1.29
HUMEDAD (%)	23.70
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.04

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{W}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{natural}}{(1 + w)}$$

$\gamma_{natural} = 1.29 \text{ g/cm}^3$

$\gamma_d = 1.04 \text{ g/cm}^3$

OBSERVACIONES

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con la muestra sometida a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCIERPA E.I.R.L.
 Avda. Industrial José Carlos Córdova
 Construcción en Suelos y Concreto
 Avda. Chirre, C/ra N° 140/01

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCIERPA E.I.R.L." / A.V. Aldea N° 120 - Abancay - Apurímac - concierpa.ri@gmail.com Cel: 986626621

Figura 33 — Contenido de humedad de C-02

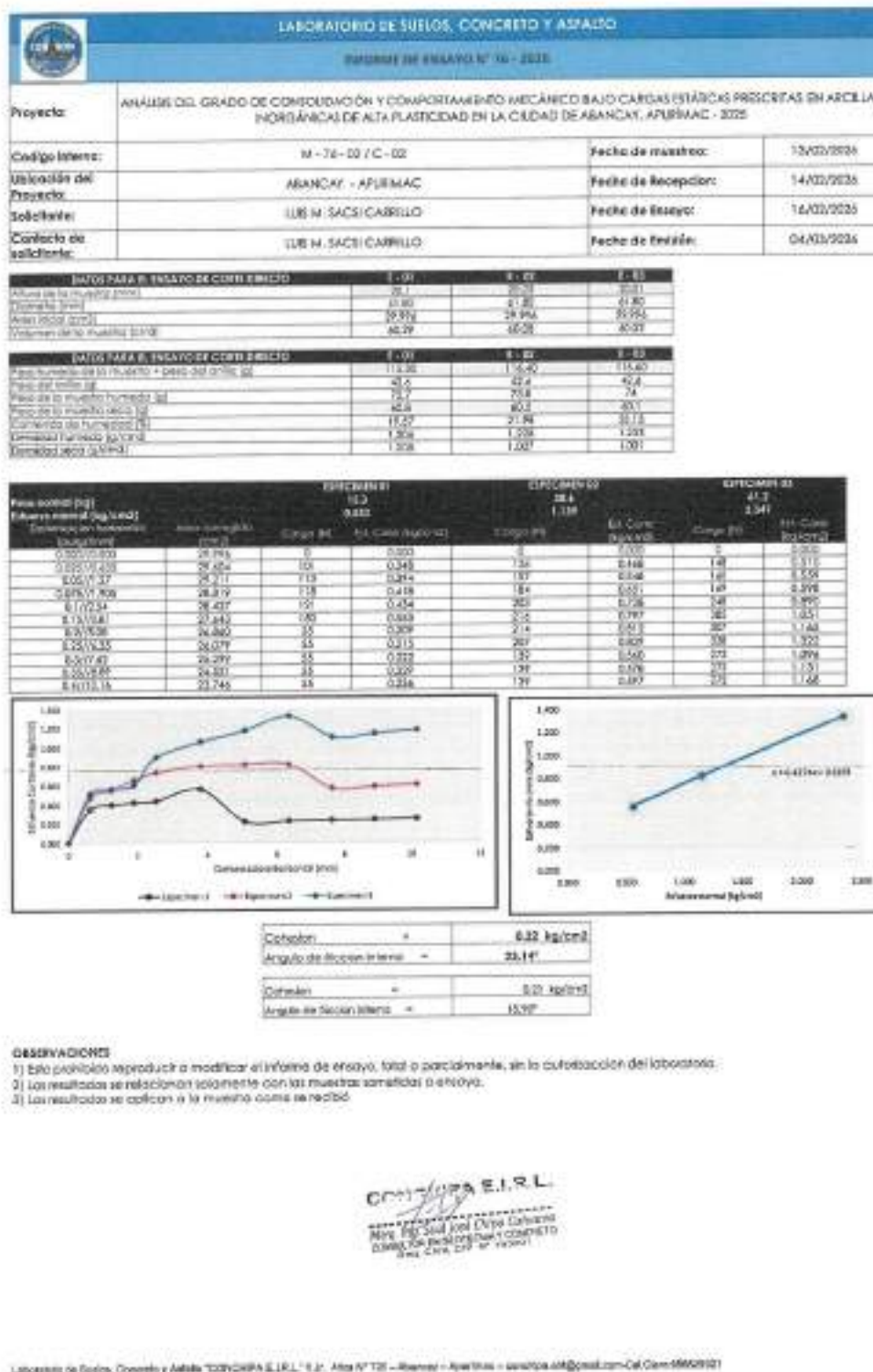


Figura 34 — Parámetros geotécnicos de C-02

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
COMITÉ DE ESTUDIOS ADMINISTRATIVOS DE ASESORIA Y CONSULTORÍA			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APUJIBAC - 2025		
Código Interno:	IA - 79 - 02 / C - 02	Fecha de muestra:	13/02/2025
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APUJIBAC	Fecha de Recepción:	14/02/2025
Solicitante:	LIE M. SACS CARILLO	Fecha de Entrega:	16/02/2025
Contacto de solicitante:	LIE M. SACS CARILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2025

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE

$$q_{cu} = (3C * IC * C' * N'c + Iq * \gamma_1 * Df * N'q + 0.5 * S_y * I_y * B' * \gamma_2 * N'y)$$

CONDICIONES:	DATOS:
qcu : Capacidad de Carga Última	B: 2.00 m
C' : Cohesión Efectiva (tn/m²)	L: 2.00 m
γ : Peso Específico del Suelo (tn/m³)	C: 2.09 tn/m³
B : Ancho de la Zapata (m)	Df: 2.00 m
L : Longitud de la Zapata (m)	γ 1: 1.29 tn/m³
Df : Profundidad de Desplante (m)	γ 2: 1.04 tn/m³
φ : Ángulo de Fricción Interna (°)	φ : 15.90 °
FS : Factor de Seguridad	FS: 3.00
qadm : Capacidad de Carga Admisible	N'q: 4.30
Factores de capacidad de carga debido a:	
N'c : cohesión	N'y: 3.02
N'q : sobrecarga	IC: 1.00
N'y : Peso del Suelo	Iq: 1.00
Coefficientes de corrección debido a:	
IC : Inclinación de la carga a la cohesión	Iy: 1.00
Iq : Inclinación de la carga a la sobrecarga	Sy: 0.83
Iy : Inclinación de la carga a la fricción	SC: 1.20
Sy : Forma de la cimentación a la fricción	
SC : Forma de la cimentación a la cohesión	

qcu =	42.64 ton/m²
qadm =	qcu/FS ton/m²
qadm =	14.21 ton/m²
qadm =	1.42 kg/cm²



Capacidad de carga admisible para diferentes profundidades y anchos (kg/cm²)					
Prof. (m)	Ancho B (m)				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1.50	1.31	1.33	1.35	1.37	1.39
1.80	1.36	1.38	1.41	1.43	1.45
2.00	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48
2.50	1.49	1.51	1.54	1.56	1.58
3.00	1.59	1.61	1.63	1.65	1.67

CONSTRUCCIONES E.I.R.L.
Mtro. Ing. José Luis López Colás
DIRECCIÓN REGIONAL DE CONSTRUCCIÓN
HOG. CIVIL 2014 N° 143001

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONSTRUCCIONES E.I.R.L." S.A. - Avda. 1° DE Mayo N° 726 - Abancay - Apurímac - con@construccion.es@gmail.com Cel. Chus 986329821

Figura 35 — Cálculo de capacidad de carga de C-02



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 76 - 2026			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARENITAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2026		
Código Interno:	M-76-02 / C-03	Fecha de muestra:	13/02/2026
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/02/2026
Solicitante:	LUIS M. SANCHEZ CARRILLO	Fecha de Ensayo:	14/02/2026
Centro de Emisión:	LUIS M. SANCHEZ CARRILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2026

Nº 338.128.199 (publicado el 2017) (MTC/01) Método de ensayo para el análisis granulométrico					
Muestra Inicial	1170.00	Muestra lavada y secada	216.50 g	Peso Residuo	0
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PIESO RET. (g)	PIESO CORR. (g)	% RET.	% PASA
2"	76.200	0.0	0.0	0.00	100.00
1"	25.000	0.0	0.0	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.00	100.00
3/8"	9.500	37.8	37.8	2.35	97.65
2/8"	6.750	2.4	2.4	0.22	99.78
Nº4	4.750	4.2	4.2	0.35	99.65
Nº10	2.000	16.4	16.4	1.42	98.58
Nº20	0.850	31.5	31.5	2.87	97.13
Nº40	0.425	40.7	40.7	3.48	96.52
Nº60	0.250	39.0	39.0	3.33	96.67
Nº100	0.150	49.6	49.6	4.34	95.66
Nº200	0.075	8.8	8.8	0.32	99.68
Residuo		0.7	85.2	0.34	0.00
TOTAL		216.50	1170.00	100.00	

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS	
% FINOS	81.54%
% ARENAS	15.49%
% GRAVAS	3.94%

CONTENIDO DE HUMEDAD	
w (%) Promedio	26.00

VALORES DE RESULTADOS	
Peso total Nº 4 (4.75mm) (%)	97.04
Peso total Nº 200 (0.075mm) (%)	81.54
D ₁₀	NO TIENE
D ₃₀	NO TIENE
D ₆₀	NO TIENE
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NO TIENE
Grado de curvatura (Cc)	NO TIENE

CLASIFICACIÓN AASHTO:	A-7-6 Suelo arcilloso
CLASIFICACIÓN SUCE:	CE Arcilla inorgánica de alta plasticidad

OBSERVACIONES

- 1) Es prohibido reproducir o modificar el Informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con los muestreos sometidos a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCRETA S.R.L.
 Mtro. Ing. Sc. Ing. Diego Caballero
 CONCRETA S.R.L. (Calle 10 de Mayo 1000)
 P.O. BOX 10000

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto CONCRETA S.R.L. S.R.L. Informe N° 76 - Abancay - Apurímac - concreta.srl@gmail.com - Cel: 986628625

Figura 37 — Análisis granulométrico de C-03

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 78 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRECORTAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ANANCAY, APURIMAC - 2024		
Código interno:	M-78-22/C-03	Fecha de muestra:	13/02/2024
Ubicación del proyecto:	ANANCAY - APURIMAC	Fecha de recepción:	14/02/2024
Subcontratista:	LIS M. SACS CABELLO	Fecha de ensayo:	14/02/2024
Contacto de subcontratista:	LIS M. SACS CABELLO	Fecha de emisión:	04/03/2024



OBSERVACIONES

- 1) Es prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CCMECHIN S.R.L.

 Attes: Ing. José Luis Chumo Colman
 CONSULTOR EN SUELOS Y CONCRETO
 Reg. CIVIL, D.P. N° 103024

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CCMECHIN S.R.L." S.R.L. Attes: N° 78 - Rómulo - Apurímac - romulo@ccmechin.com.pe - Cel: 984444444

Figura 38 — Curva granulométrica de C-03

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 75 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2025		
Código Interno:	M - 75 - 02 / C - 03	Fecha de muestra:	13/03/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/03/2024
Solicitante:	LUIS M. SACSICARRILLO	Fecha de Ensayo:	16/03/2024
Contacto de solicitante:	LUIS M. SACSICARRILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2024

NIP 336 129 1999 (actualizado al 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos			
LÍMITE LÍQUIDO			
N° de Cóp.	C-14	C-23	C-28
Cap.+ S. Hum.	79.02	80.41	81.13
Cap.+ S. Seco.	72.15	73.12	74.11
Agua	6.87	7.29	7.02
Peso Cóp.	61.10	60.83	61.74
Peso S. seco	11.06	12.29	12.37
% Humedad	62.17	58.35	56.75
N° de golpes	14	23	33
LÍMITE PLÁSTICO			
N° de Cápsula	C-14	C-23	C-28
Cap.+ S. húmeda	63.26	63.38	61.94
Cap.+ S. seco	63.08	63.17	61.72
Agua	0.18	0.21	0.22
Peso Cápsula	62.19	62.11	60.71
Peso S. seco	0.89	1.06	1.01
% Humedad	20.22	19.87	21.78
LÍMITE LÍQUIDO	=		58.78 %
LÍMITE PLÁSTICO	=		20.62 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	=		38.16 %



OBSERVACIONES

- 1) Esta prohibida reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

CONCHITA S.R.L.
 Mtro. Ing. Gerardo José Olvera Córdova
 C.O.B.A.T. N° 14466666666666666666
 Reg. C.O.B. N° 155001

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHITA S.R.L." S.R.L. - Área N° 12B - Abancay - Apurímac - conchita@conchita.com.pe, Cel: 986666666

Figura 39 — Límites de consistencia de C-03

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 74 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCHILAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2024		
Código Interno:	M - 74 - 02 / C - 03	Fecha de muestreo:	13/02/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/02/2024
Solicitante:	UTB M. SACS CARRILLO	Fecha de Ensayo:	14/02/2024
Concedido de solicitante:	UTB M. SACS CARRILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2024

NTP 339.127 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad en el suelo	
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Recipiente N°	R - 3
Peso suelo húmedo + cápsula	1404.00
Peso suelo seco + cápsula	1170.00
Peso del agua	234.00
Peso del recipiente	0.00
Peso neto del suelo seco	1170.00
% de Humedad	20.00
w (%) Promedio = 20.00	

NTP 339.143 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ	
DENSIDAD IN SITU	
PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 2.00
PESO DEL FRASCO + ARENA (g)	6905
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA (g)	1932
PESO DE LA ARENA EMPLEADA (g)	4973
PESO DE ARENA EN EL CONO (g)	1720
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACION (g)	3253
DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm³)	1.40
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO (cm³)	2198
PESO DEL SUELO + GRAVA (g)	2842
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1.29
HUMEDAD (%)	20.00
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.08
DENSIDAD NATURAL	
$\gamma_{natural} = \frac{W}{V}$	$\gamma_{natural} = 1.29 \text{ g/cm}^3$
$\gamma_d = \frac{\gamma_{natural}}{(1 + w)}$	$\gamma_d = 1.08 \text{ g/cm}^3$

OBSERVACIONES

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCHIPA S.R.L.
 Mtro. Ing. Sola JIMENEZ GONZALEZ
 INGENIERO EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 Reg. C.O.B. N° 143241

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA S.R.L." S.A. Avda N° 720 - Abancay - Apurímac - conchipa@unamba.com.pe Cel: 985529827

Figura 40 — Contenido de humedad de C-04



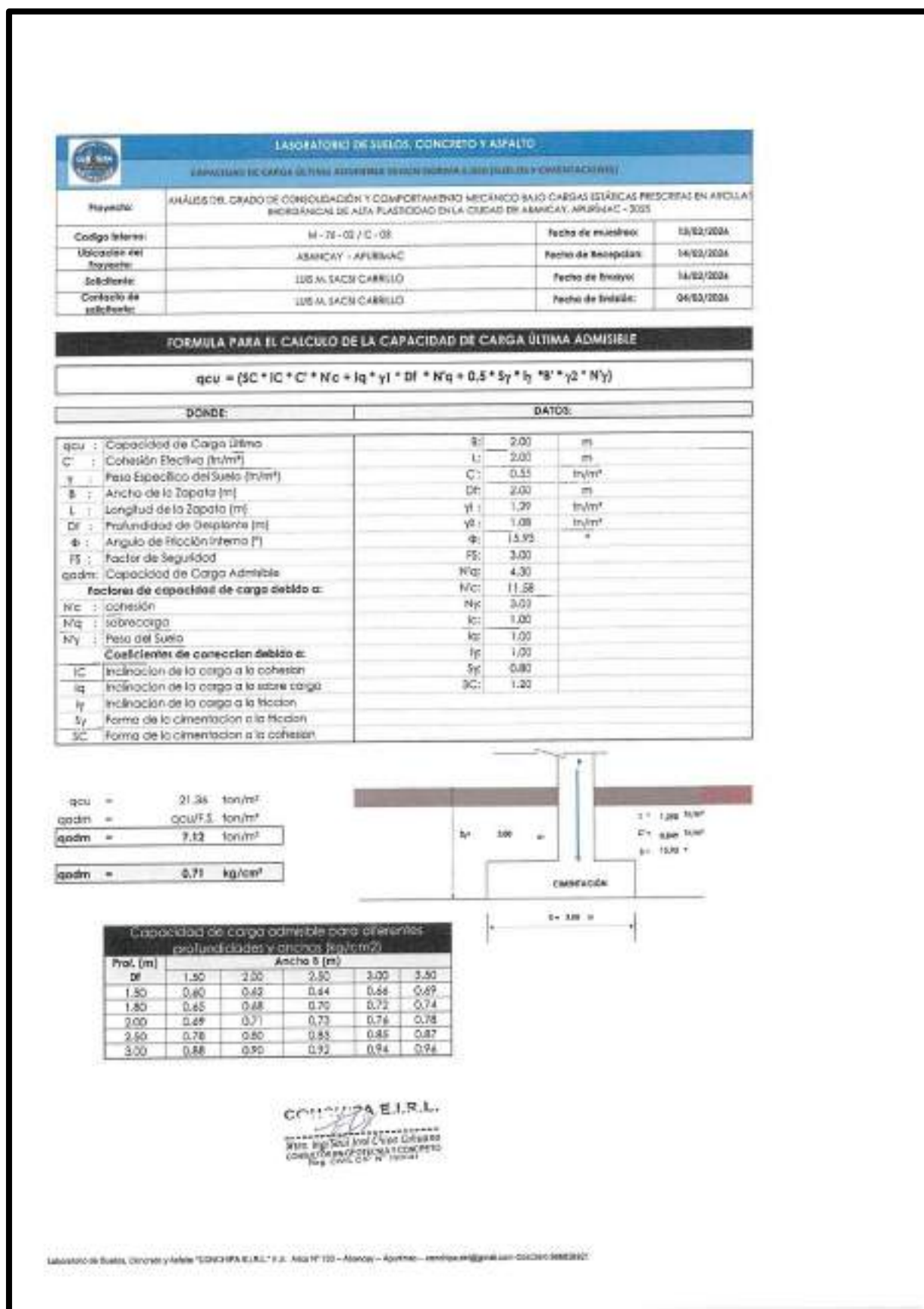


Figura 42 — Cálculo de capacidad de carga de C-03

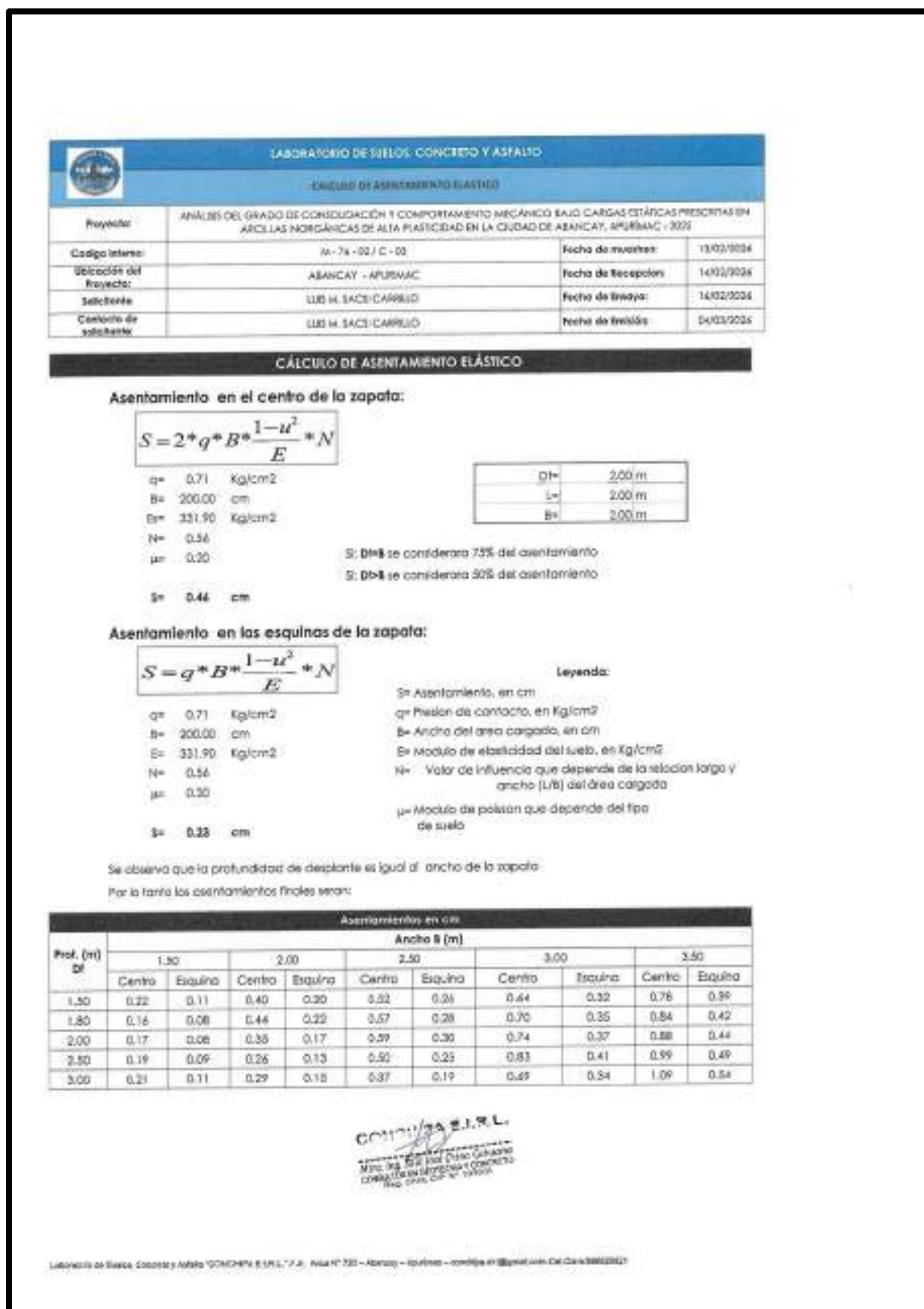


Figura 43 — Cálculo de asentamiento de C-03

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMULARIO DE ENSAYO N° 74 - 2026			
Proyecto:	ANÁLISIS EN GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARELLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE AMANCAY, APURÍMAC - 2026		
Código Interno:	M - 74 - 02 / C - 04	Fecha de muestreo:	13/01/2026
Sitio de origen del material:	AMANCAY - APURÍMAC	Fecha de recepción:	14/01/2026
Solicitante:	UUS M. SACS CARILLO	Fecha de ensayo:	16/01/2026
Control de calidad:	UUS M. SACS CARILLO	Fecha de emisión:	26/01/2026

Nº 74-02-1997 (versión 2019) SUELOS Método de ensayo para el análisis granulométrico					
Muestra inicial	1354.00	Muestra lavada y secada	538.00 g	Peso Recibo	0
TAM 2 (mm)	TAM 2 (mm)	PESO RET. (g)	PESO CORR. (g)	SEPT.	SPATA
3"	76.200	0.0	0.0	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.0	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.00	100.00
1"	25.400	19.7	19.7	1.45	98.55
3/4"	19.000	11.8	11.8	0.86	97.69
3/8"	9.525	17.8	17.8	1.31	96.38
Nº4	4.750	35.1	35.1	2.59	93.79
Nº10	2.000	60.1	60.1	4.19	89.61
Nº20	0.850	171.2	171.2	12.65	74.96
Nº40	0.425	121.8	121.8	8.94	66.04
Nº60	0.250	98.8	98.8	7.30	58.74
Nº100	0.150	68.3	68.3	5.04	53.70
Nº200	0.075	9.8	9.8	0.73	33.97
Control		1.8	717.2	52.17	0.00
TOTAL		438.00	1354.00	100.00	

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS	
% FINOS	62.57%
% ARENAS	42.79%
% GRAVAS	6.24%

CONTENIDO DE HUMEDAD	
w (%) promedio	13.73

VALORES DE RESULTADOS	
Peso tamiz Nº 4 (4.75mm) (%)	93.79
Peso tamiz Nº 200 (0.075mm) (%)	33.97
D60	0.319
D30	NO HAY
D10	NO HAY
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NO HAY
Grado de curvatura (Cc)	NO HAY

CLASIFICACIÓN AASHTO:	A-7-6 Suela pedregosa	
CLASIFICACIÓN SUCS:	CH	Arilla inorgánica de alta plasticidad

OBSERVACIONES

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con los materiales sometidos a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCRETO E.I.R.L.
 Mtro. Ing. José Luis Cárdenas
 Gerente General
 Calle 1000, C.P. 10001

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCRETO E.I.R.L." C.A. - Vial N° 723 - Alameda - Apurímac - concretoeirl@gmail.com Cel: 980882000

Figura 44 — Análisis granulométrico de C-04

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 79 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONDICIONACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRECISAS EN ARÉOLAS BIOGÁSICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ASANCA, APURÍMAC - 2024		
Código Interno:	M-79-03 / C-04	Fecha de ensayo:	13/03/2024
Ubicación del Proyecto:	ASANCA - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/03/2024
Solicitante:	LUIS M. SANCHEZ CARRILLO	Fecha de Envío:	18/03/2024
Control de Solicitante:	LUIS M. SANCHEZ CARRILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2024



OBSERVACIONES

- 1) Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCRETA E.I.R.L.
 MDO. Ing. José Luis Chávez Calvario
 CONSULTOR INDEPENDIENTE CONCRETO
 Reg. CIVIL. CIP. N° 14088

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCRETA E.I.R.L." S.R.L. Area N° 790 - Alameda - Apurímac - concreatea@gmail.com - Cel: 984428822

Figura 45 — Curva granulométrica de C-04

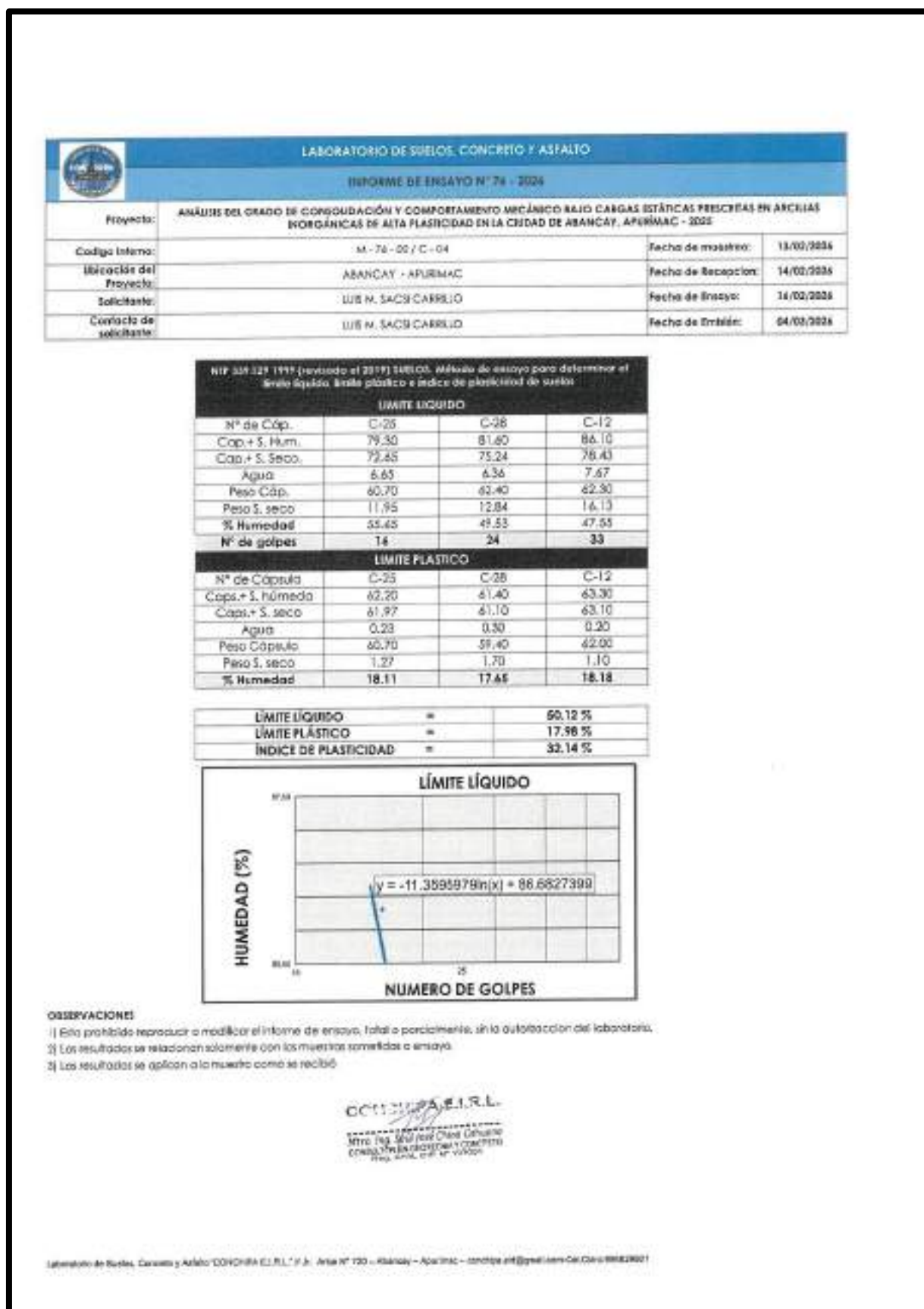


Figura 46 — Límites de consistencia de C-04

¹ Laboratório de Estatística, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", R. do Café, s/nº - Marília - SP - Brasil - e-mail: carlos@uef.br

Figura 47 — Contenido de humedad de C-04



Figura 48 — Parámetros geotécnicos de C-04

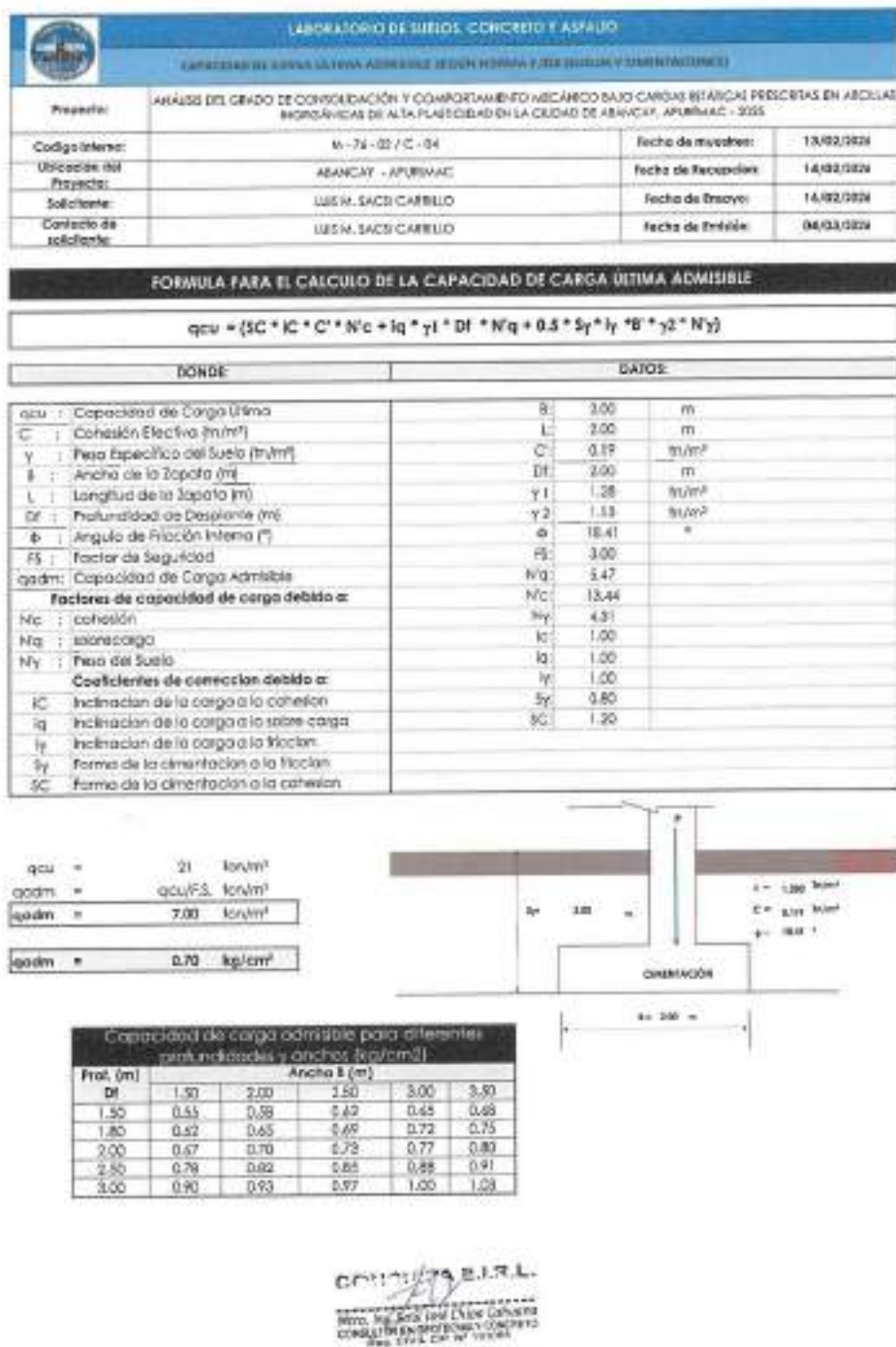


Figura 49 — Cálculo de capacidad de carga de C-04



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 78 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ASANCAFI, APURIMAC - 2024		
Código Interno:	AN - 78 - 02 / C - 03	Fecha de muestreo:	13/05/2024
Ubicación del Proyecto:	ASANCAFI - APURIMAC	Fecha de Recepción:	14/05/2024
Solicitante:	LUIS M. SACHS CARREÑO	Fecha de Ensayo:	14/05/2024
Contacto de solicitante:	LUIS M. SACHS CARREÑO	Fecha de Emisión:	04/05/2024

MTP 338.126.1111 (revisado al 20/05/2020) Método de ensayo para el análisis granulométrico					
Muestra Inicial	1336.00	Muestra lavada y retenida	3M 70 g	Peso Reten.	%
TAMÉ (Pulg.)	TAMÉ (mm)	PESO RET. (g)	PESO CORR. (g)	%RET.	%PASA
3"	76.200	0.0	0.0	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.0	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.00	100.00
1"	25.400	23.4	23.4	1.73	98.27
3/4"	19.000	5.1	5.1	0.37	97.90
3/8"	9.520	34.7	34.7	2.60	94.85
Nº4	4.750	34.6	34.6	2.60	92.46
Nº10	2.000	34.7	34.7	2.60	89.87
Nº20	0.850	40.6	40.6	3.06	86.77
Nº40	0.420	23.6	23.6	1.76	85.01
Nº60	0.250	34.6	34.6	2.59	82.42
Nº100	0.150	60.4	60.4	4.49	75.91
Nº200	0.075	8.9	8.9	0.67	75.24
Control		1.1	671.4	50.87	0.00
TOTAL		341.30	1236.00	100.00	

PORCENTAJE DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS	
% FINOS	70.57%
% ARENAS	19.61%
% GRAVAS	7.52%

CONTENIDO DE HUMEDAD	
w (%) Promedio	20.03

VALORES DE RESULTADOS	
Peso húmedo N° 4 (4.75mm) (W)	92.46
Peso húmedo N° 200 (0.075mm) (W)	75.87
D40	NO TIENE
D60	NO TIENE
D10	NO TIENE
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NO TIENE
Grado de curvatura (Cc)	NO TIENE

CLASIFICACIÓN AASHTO:	A-7.4 Suelo arcilloso	
CLASIFICACIÓN UIC:	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad

OBSERVACIONES

- 1) No se permitió reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de medición coinciden con los resultados obtenidos en el ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se indica.

COMETEC S.R.L.
 Representante legal: Mtro. Ing. José Luis Cárdenas
 COMITÉ TECNOLÓGICO DE CONCRETO
 Reg. C.O.T. N° 197001

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "COMETEC S.R.L." / P. A. 8144 N° 120 - Huancayo - Apurímac - contacto: 054 983333333

Figura 51 — Análisis granulométrico de C-05

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 76 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2024		
Código interno:	M-76-02 / C-05	Fecha de muestra:	13/03/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/03/2024
Solicitante:	LUD M. SACS CARILLO	Fecha de Ensayo:	14/03/2024
Contacto de solicitud:	LUD M. SACS CARILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2024



OBSERVACIONES

- 1) No es prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

COCHINCHA E.I.R.L.

MANO: Ing. GABRIEL CHAVEZ GARCIA
CONSULTOR EN SUELOS Y CONCRETO
REG. PROF. N° 171331

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "COCHINCHA E.I.R.L." S.R.L. - Abancay - Apurímac - contacto:info@cochincha.com.pe 050829921

Figura 52 — Curva granulométrica de C-05

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 75 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2024		
Código Interno:	M - 75 - 02 / C - 05	Fecha de muestreo:	13/02/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de Recepción:	14/02/2024
Solicitante:	UJE M. SACS CARRILLO	Fecha de Ensayo:	14/02/2024
Contacto de solicitante:	UJE M. SACS CARRILLO	Fecha de Emisión:	04/03/2024

NIT 335 127 1997 (revisado el 2011) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos			
LÍMITE LÍQUIDO			
N° de Cóp.	B-102	B-53	A-4
Cop.+ S. Hum.	61.80	65.30	58.20
Cop.+ S. Seco.	53.15	53.85	51.21
Agua	8.65	9.45	6.99
Peso Cóp.	37.90	38.00	37.40
Peso S. seco	15.25	17.85	13.81
% Humedad	56.72	52.94	50.23
N° de golpes	14	23	28
LÍMITE PLÁSTICO			
N° de Cópula	B-102	B-53	A-4
Cop.+ S. húmedo	39.41	38.12	40.21
Cop.+ S. seco	39.22	38.94	40.00
Agua	0.19	0.18	0.19
Peso Cópula	37.81	37.66	38.40
Peso S. seco	1.41	1.28	1.42
% Humedad	13.48	14.04	13.38
LÍMITE LÍQUIDO	=		51.52 %
LÍMITE PLÁSTICO	=		13.44 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	=		38.08 %



OBSERVACIONES:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONCEPASA E.I.R.L.
 Ing. Rocío José Díaz Cárdenas
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 Lima - Perú, 04/03/2024

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCEPASA E.I.R.L." P.º Jr. Arco N° 120 - Abancay - Apurímac - concepasa@gmail.com - Cel. 985029621

Figura 53 — Límites de consistencia de C-05



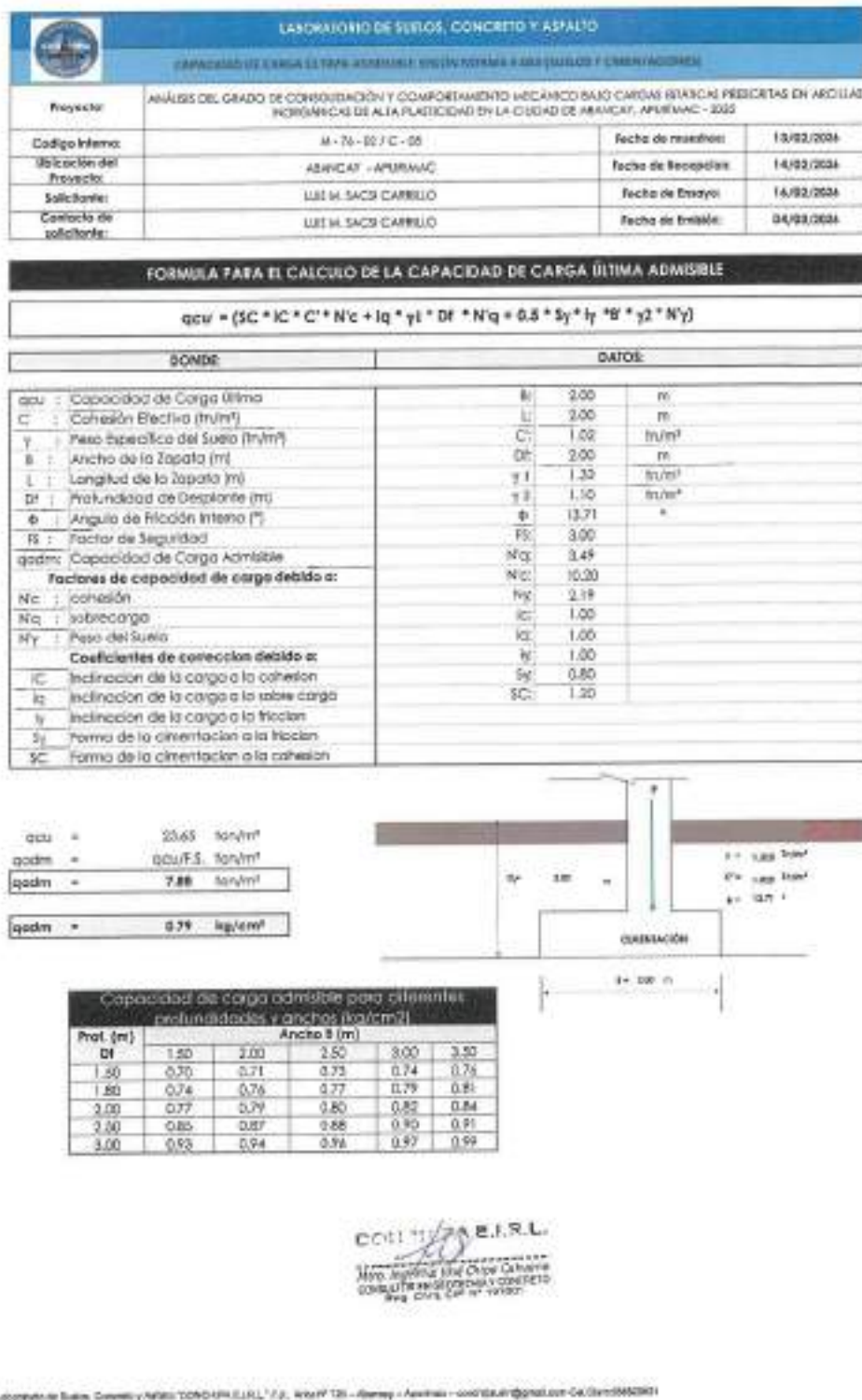


Figura 56 — Cálculo de capacidad de carga de C-05

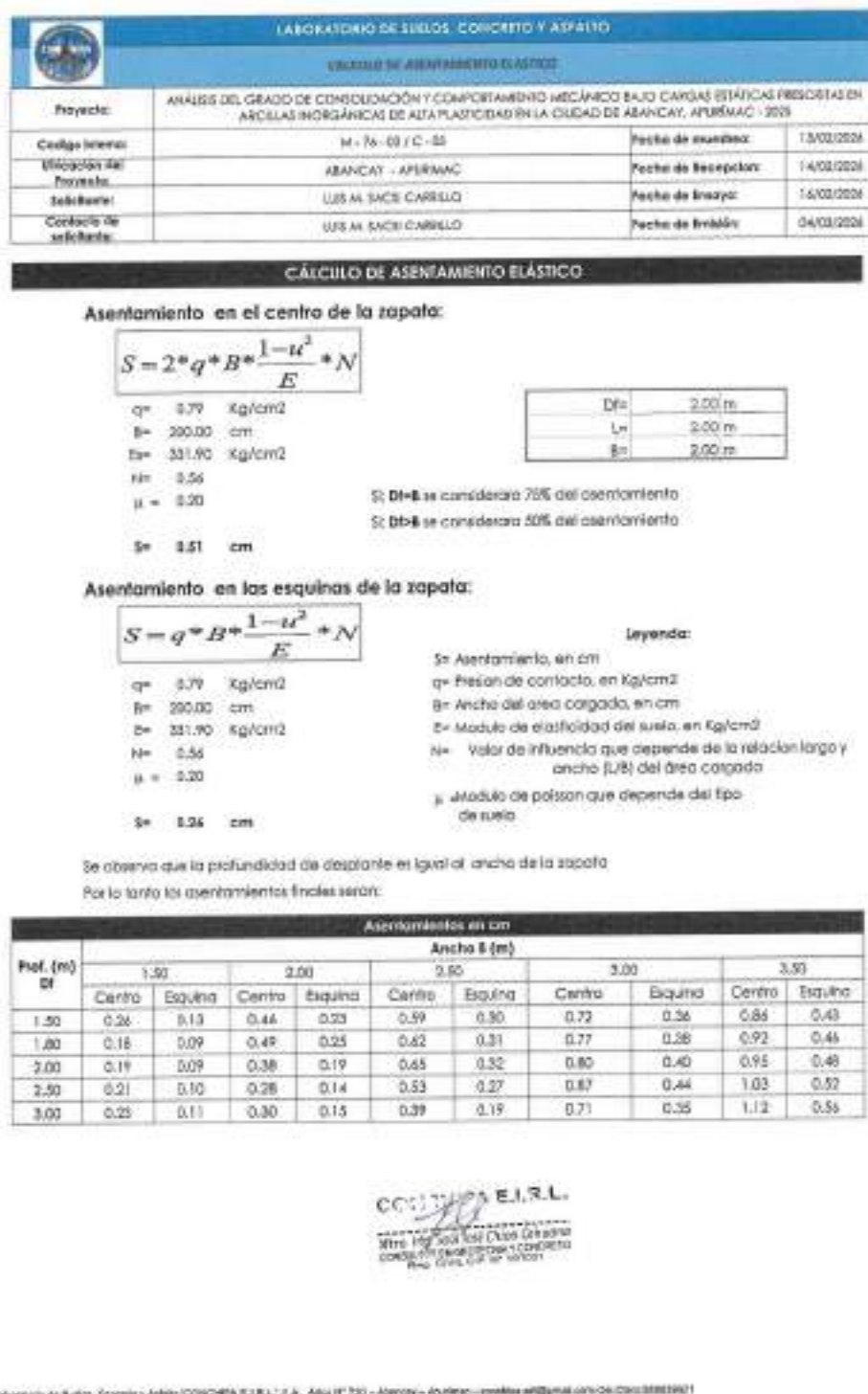


Figura 57 — Cálculo de asentamiento de C-05

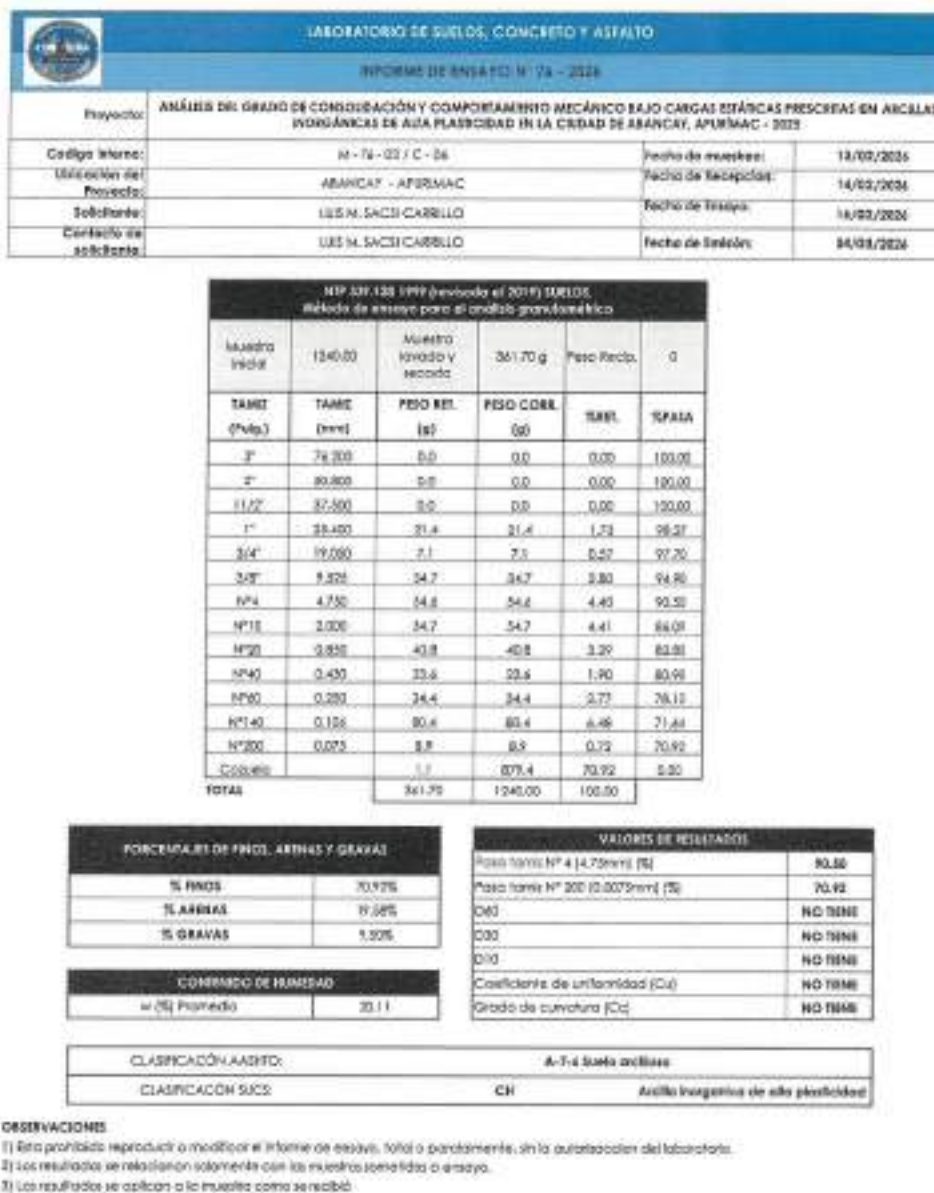


Figura 58 — Análisis granulométrico de C-06

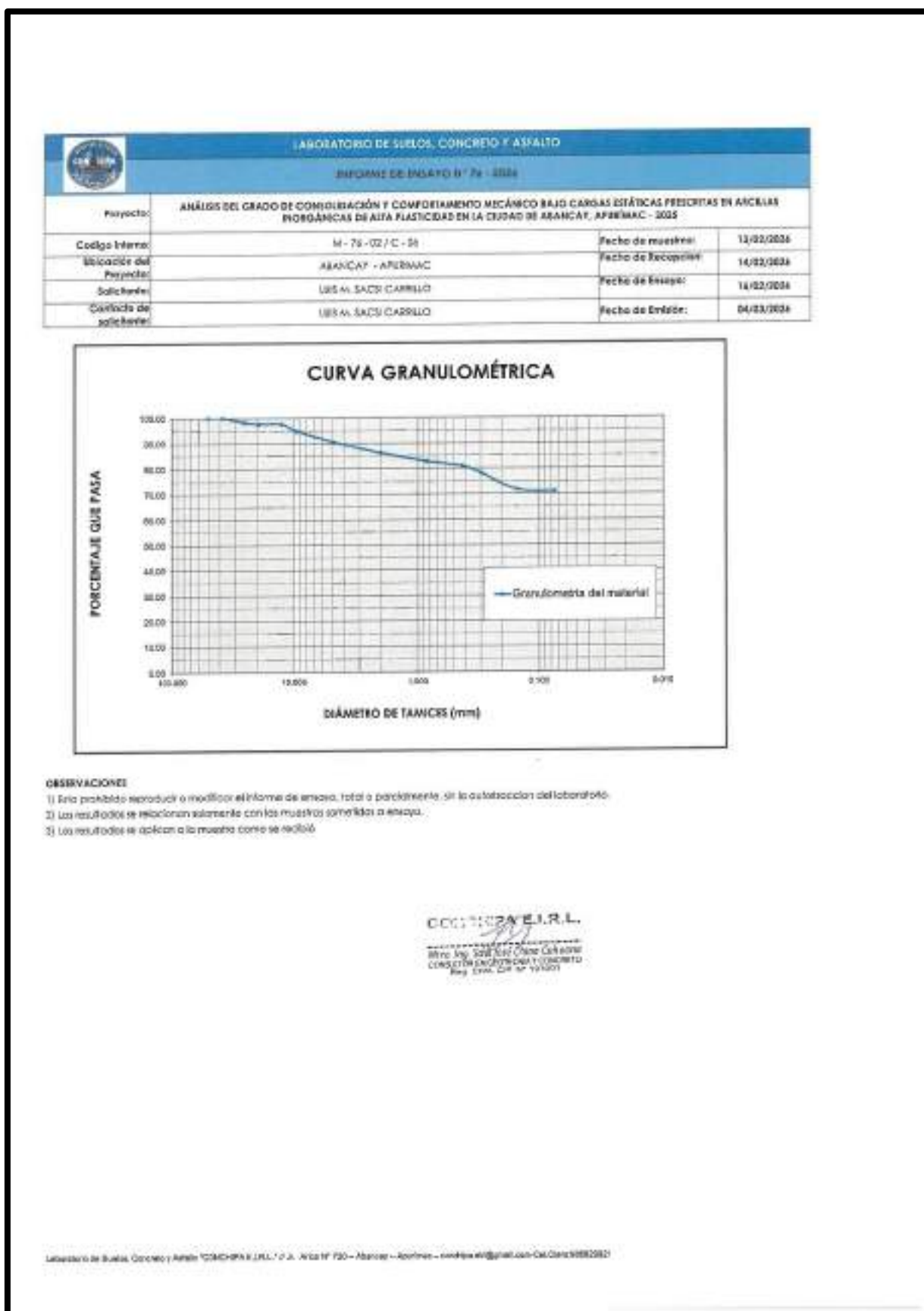


Figura 59 — Curva granulométrica de C-06

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 74 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCELAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC - 2024		
Código Interno:	M - 74 - 02 / C - 06	Fecha de muestreo:	13/02/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURIMAC	Fecha de Recepción:	14/02/2024
Solicitante:	URS M. SACS/CARRELO	Fecha de Ensayo:	14/02/2024
Contrato de solicitante:	URS M. SACS/CARRELO	Fecha de Emisión:	04/03/2024

NTP 338.129 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos			
LÍMITE LÍQUIDO			
N° de Cáp.	8-102	8-53	A-4
Cap.+ S. Hum.	61.82	45.51	58.22
Cap.+ S. Seco.	53.15	55.83	51.21
Agua	8.67	9.46	7.01
Peso Cáp.	37.90	36.00	57.40
Peso S. seco	16.25	17.65	13.81
% Humedad	56.65	53.00	50.74
N° de golpes	14	25	25
LÍMITE PLÁSTICO			
N° de Cápula	8-102	8-53	A-4
Cap.+ S. húmedo	39.41	38.12	40.21
Cap.+ S. seco	39.22	38.94	40.03
Agua	0.19	0.18	0.19
Peso Cápula	37.81	37.66	38.60
Peso S. seco	1.41	1.28	1.42
% Humedad	13.48	14.04	13.38
LÍMITE LÍQUIDO	=		52.83 %
LÍMITE PLÁSTICO	=		13.64 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	=		38.39 %



OBSERVACIONES:

- 1) Está prohibida reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONSTRUTORA S.R.L.
 Mtro. Ing. José Luis Chapa Córdova
 CONSULTOR EN GEOTECNIA (CONCRETO)
 Reg. CHA. CIP N° 143081

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONSTRUTORA S.R.L." P.A. Alca N° 130 - Abancay - Apurímac - correo: info@construtora.com.pe Cel: 986828621

Figura 60 — Límites de consistencia de C-06

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
INFORME DE ENSAYO N° 76 - 2024			
Proyecto:	ANÁLISIS DEL GRADO DE CONSOLIDACIÓN Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO BAJO CARGAS ESTÁTICAS PRESCRITAS EN ARCILLAS INORGÁNICAS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC - 2024		
Código interno:	M-76-02/C-06	Fecha de muestreo:	13/02/2024
Ubicación del Proyecto:	ABANCAY - APURÍMAC	Fecha de recepción:	14/02/2024
Solicitante:	LUIS M. SACS CARULLO	Fecha de ensayo:	14/02/2024
Contacto de solicitante:	LUIS M. SACS CARULLO	Fecha de emisión:	04/03/2024

NTP 319.127 (revisada al 2017) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad en el suelo	
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Recipiente N°	R - 5
Peso suelo húmedo + cápsula	1487.00
Peso suelo seco + cápsula	1238.00
Peso del agua	249.00
Peso del recipiente	0.00
Peso neto del suelo seco	1238.00
% de Humedad	20.11
w (%) Promedio = 20.11	

NTP 319.143 (revisada al 2017) SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ	
DENSIDAD IN SITU	
PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 2.00
PESO DEL FRASCO + ARENA (g)	6813
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA (g)	2058
PESO DE LA ARENA EMPLEADA (g)	4755
PESO DE ARENA EN EL CONO (g)	1720
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACIÓN (g)	3035
DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm³)	1.48
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO (cm³)	2051
PESO DEL SUELO + GRAYA (g)	2715
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1.32
HUMEDAD (%)	20.11
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.10
DENSIDAD NATURAL	
$\gamma_{natural} = \frac{w}{1+w}$	$\gamma_{natural} = 1.32 \text{ g/cm}^3$
$\gamma_d = \frac{\gamma_{natural}}{(1+w)}$	$\gamma_d = 1.10 \text{ g/cm}^3$

OBSERVACIONES

- 1) Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
- 3) Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

CONSTRUPA E.I.R.L.
 Mtro. Ing. MSc. Juan Carlos Gualtero
 INGENIERO EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 REG. CIVIL N° 141001

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONSTRUPA E.I.R.L." S.A. - Avda N° 126 - Huaral - Apurímac - contacto: info@construpa.com.pe Tel: 052 2822820

Figura 61 — Contenido de humedad de C-06



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

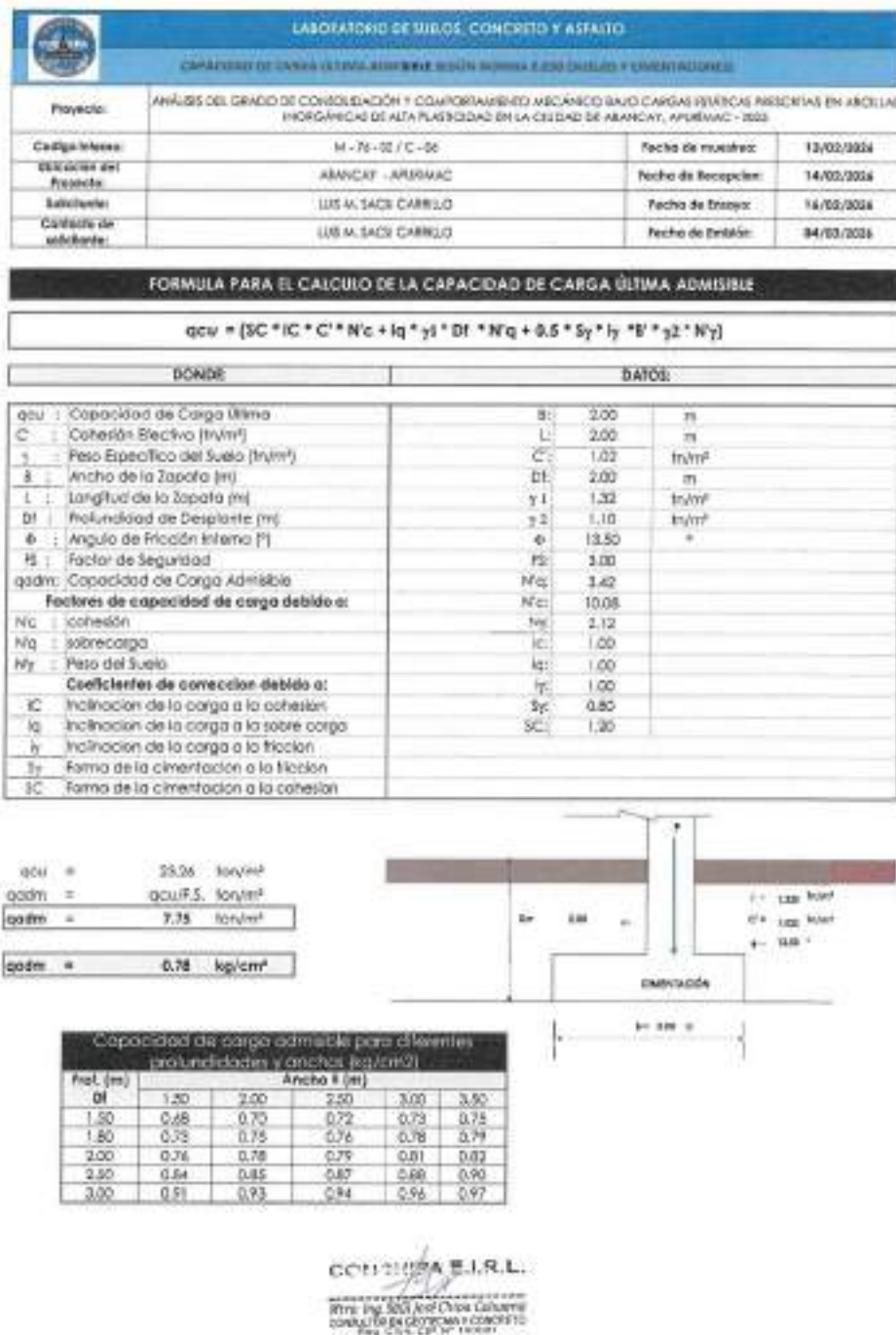


Figura 63 — Cálculo de capacidad de carga de C-06



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)																	
		PROYECTO: Estudio de mecánica de suelos de Tipo "A" Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas totales previstas en anillos marginales de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025															
		UBICACIÓN: Abancay - Abancay - Apurímac										REFERENCIA:		Bach. Deca			
		RESPONSABLE: Ing. Saul José Chipe Calvo										FECHA:		04/08/2026			
		REVISADO POR: Laboratorio de Mecánica de Suelos										CÁLCULO:		Hoja - I			
DESCARGA	1200.0	4954	0.076	2.045	60.74	10.904	0.219	0.0463	400.00	0.000	0.000	2.045	1.0418	31.82	0.0005	40.00	
	800.0		0.076	2.045	60.74	10.904		av: Coeficiente de compresibilidad		Mv: Módulo de compresibilidad volumétrica				Cc: Coeficiente de consolidación			
	400.0	4963	0.002	2.046	60.76	10.949	0.2197	fv: Coeficiente de Permeabilidad		Cv: Índice de compresión				Co: Índice de recombinación			
	200.0		0.002	2.046	60.76	10.949		Co: Índice de recombinación		e0: Presión de Preconsolidación							
	100.0	4754	0.022	2.068	61.48	11.567	0.2326										
	50.0		0.022	2.068	61.42	11.567											
	25.0	4634	0.006	2.074	61.60	11.765	0.2361										
	12.5		0.006	2.074	61.60	11.765											

2. Reporte de Resultados

Esfuerzo Aplicado, [kPa]				0	12.5
<div>Taylor</div>				<div>Aplicado</div>	
Método de análisis:				<div>Casagrande</div>	
				<div>No Aplicado</div>	
Tiempo					
Fecha	hora	t (min)	e	Deformación (mm)	
05/03/2025	15:28:00	0			
05/03/2025	15:30:07	0.1167	0.34	-0.012	
05/03/2025	15:30:16	0.25	0.50	-0.071 OK	
05/03/2025	15:30:28	0.5	0.71	-0.091 OK	
05/03/2025	15:31:00	1	1.00	-0.110 OK	
05/03/2025	15:32:00	2	1.41	-0.135 OK	
05/03/2025	15:34:00	4	2.00	-0.195 OK	
05/03/2025	15:36:00	6	2.63	-0.270 OK	
05/03/2025	15:38:00	8	3.83	-0.372 OK	
05/03/2025	15:40:00	10	5.48	-0.480 OK	
05/03/2025	15:42:00	12	7.75	-0.525 OK	
05/03/2025	15:44:00	14	10.85	-0.565 OK	
05/03/2025	15:46:00	16	15.49	-0.575 OK	
05/03/2025	15:48:00	18	21.91	-0.575 OK	
05/03/2025	15:50:00	20	27.25	-0.580 OK	

Esfuerzo Aplicado, [kPa]:				12.5	25
<div>Taylor</div>				<div>Aplicado</div>	
Método de análisis:				<div>Casagrande</div>	
				No Aplicado	
Tiempo					Deformación (mm)
Fecha	hora	t (min)	v _t		
05/03/2025	15:28:00	0			
05/03/2025	15:28:07	0.1167	0.34	-0.060	
05/03/2025	15:28:15	0.25	0.50	-0.030 OK	
05/03/2025	15:28:30	0.5	0.71	-0.010 OK	
05/03/2025	15:31:00	1	1.00	-0.030 OK	
05/03/2025	15:32:00	2	1.41	-0.047 OK	
05/03/2025	15:34:00	4	2.00	-0.060 OK	
05/03/2025	15:36:00	6	2.63	-0.120 OK	
05/03/2025	15:38:00	8	3.87	-0.175 OK	
05/03/2025	15:40:00	10	5.48	-0.270 OK	
05/03/2025	15:42:00	12	7.75	-0.370 OK	
05/03/2025	15:44:00	14	10.85	-0.510 OK	
05/03/2025	15:46:00	16	15.49	-0.510 OK	
05/03/2025	15:48:00	18	21.91	-0.510 OK	
05/03/2025	15:50:00	20	27.25	-0.520 OK	

Esfuerzo Aplicado, [kPa]:				25	50
<div><div>Taylor</div><div>Aplicado</div></div>					
Método de análisis:				<div><div>Casagrande</div><div>No Aplicado</div></div>	
Tiempo				Deformación (mm)	
Fecha	hora	t (min)	vt		
05/03/2025	15:28:00	0			
05/03/2025	15:28:07	0.1167	0.34	-0.021	
05/03/2025	15:28:15	0.25	0.50	-0.007	OK
05/03/2025	15:28:30	0.5	0.71	-0.050	OK
05/03/2025	15:31:00	1	1.00	-0.000	OK
05/03/2025	15:32:00	2	1.41	-0.041	OK
05/03/2025	15:34:00	4	2.00	-0.081	OK
05/03/2025	15:36:00	6	2.63	-0.118	OK
05/03/2025	15:38:00	8	3.67	-0.105	OK
05/03/2025	15:40:00	10	5.48	-0.105	OK
05/03/2025	15:42:00	12	7.75	-0.047	OK
05/03/2025	15:43:00	12.0	10.85	-0.050	OK
05/03/2025	15:43:00	24.0	15.49	-0.050	OK
05/03/2025	23:00:00	480	21.91	-0.071	OK
05/03/2025	23:00:00	1440	27.25	-0.071	NO DEF.

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // R. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac

CONCHIPA E.I.R.L.
 RUC: 20509001234
 DNI: 78901234567890
 CUIT: 20509001234567890
 Reg. 01/01/2010

conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Dato: 986829521

Figura 66 — Resultado ensayo consolidación C-01 parte 2

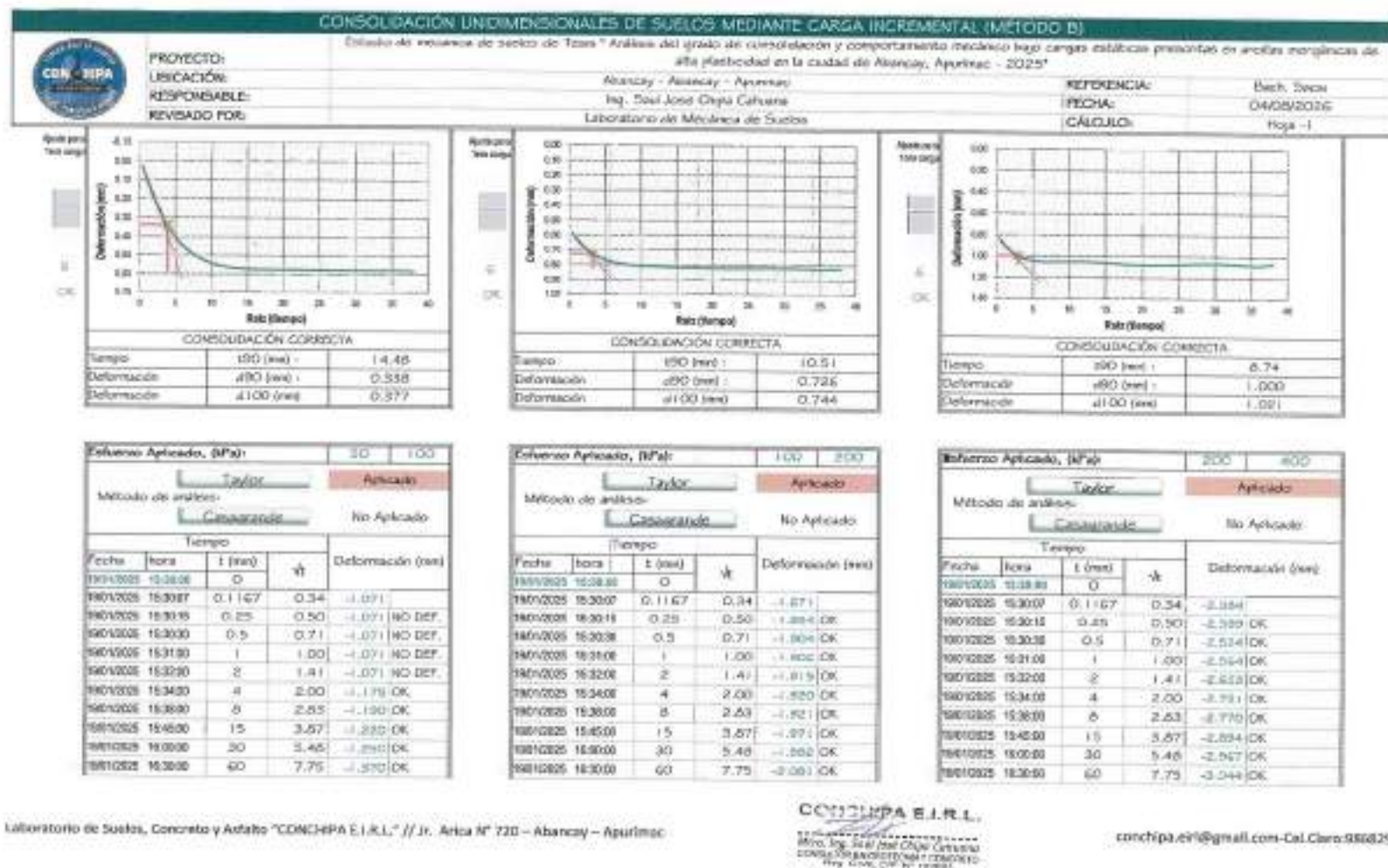
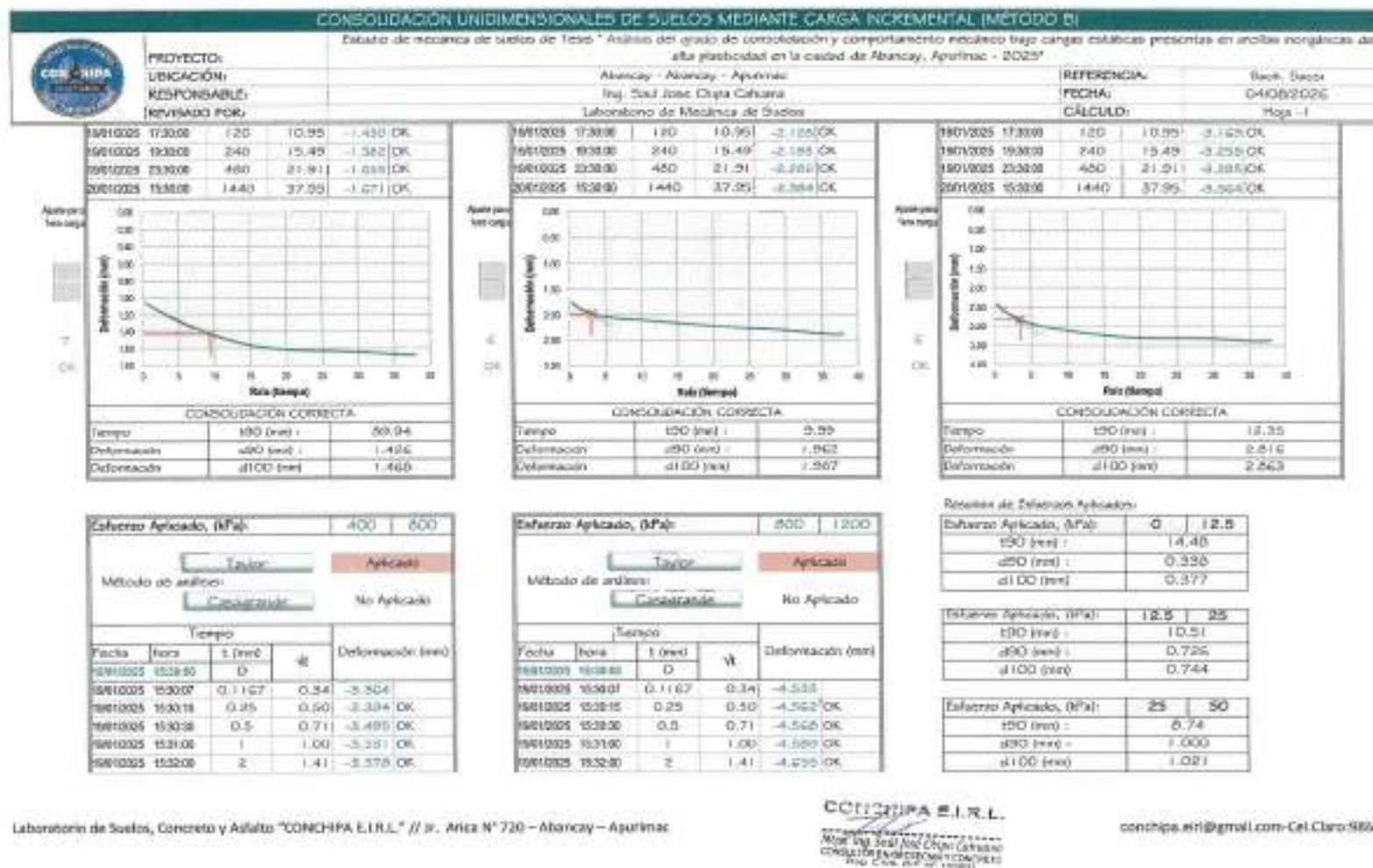


Figura 67 — Resultado ensayo consolidación C-01 parte 3



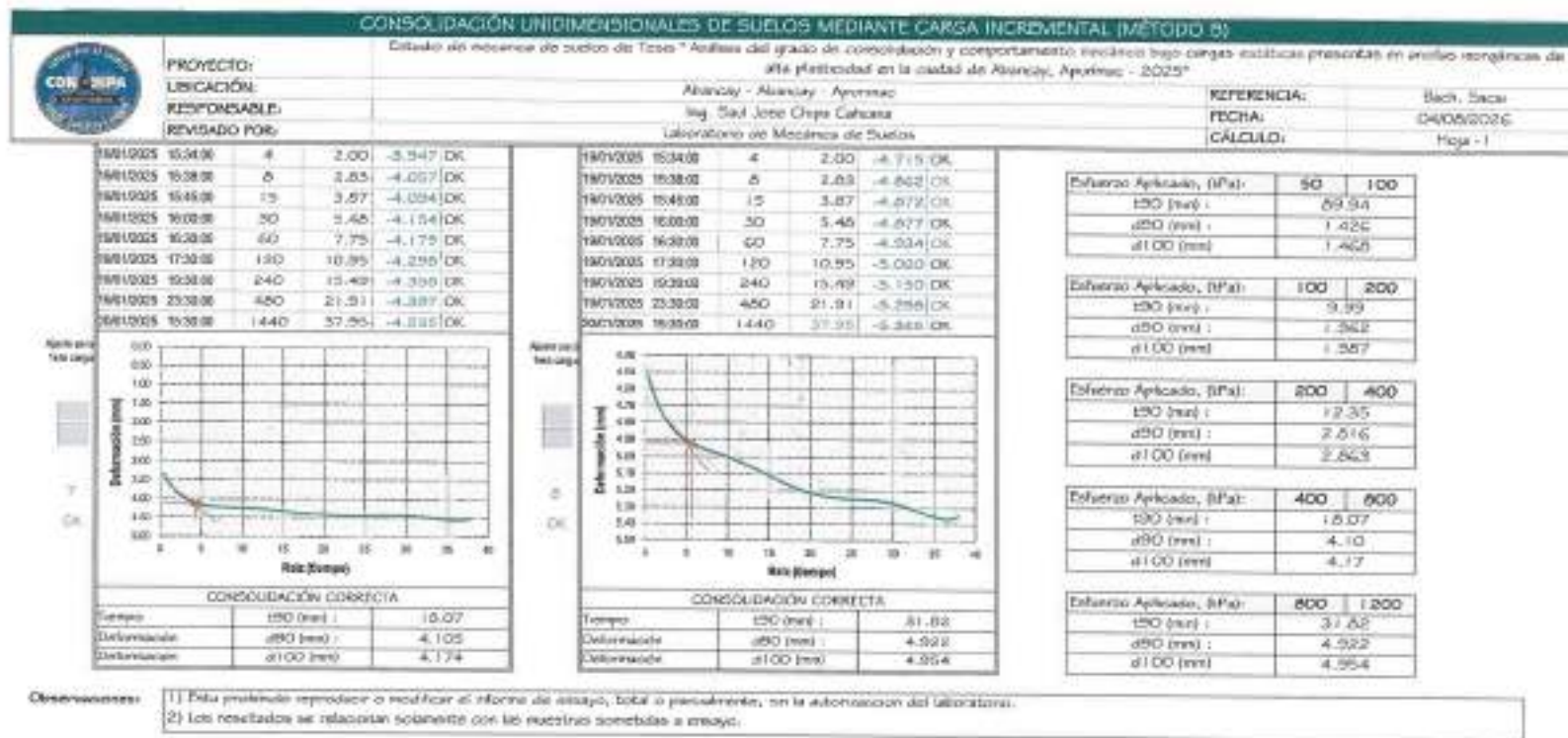


Figura 69 — Resultado ensayo consolidación C-01 parte 5

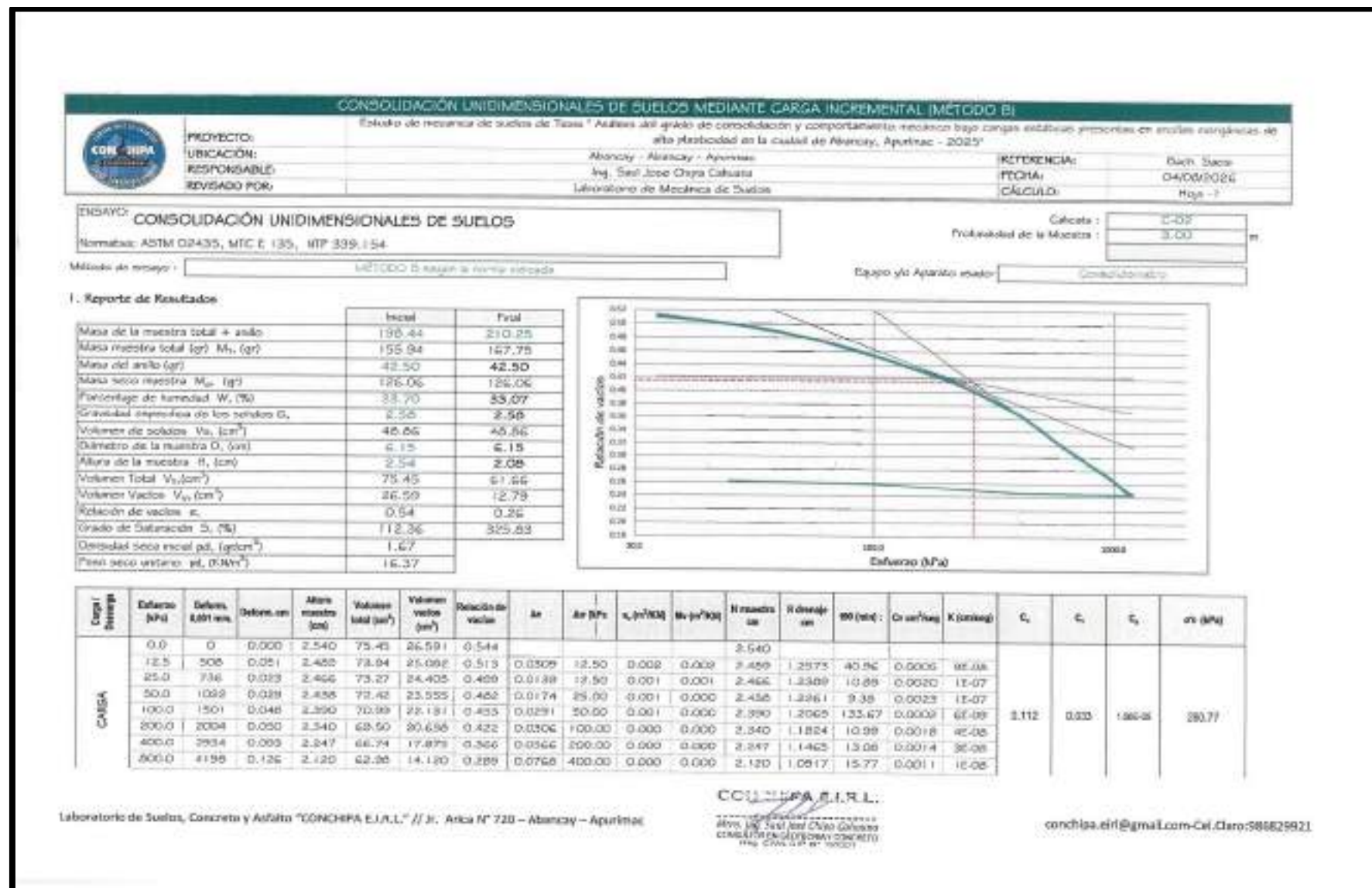


Figura 70 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 1

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)																
		Estado de necesidad de suelos de Tesis "Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas presurizadas en suelos orgánicos de alta plasticidad en la ciudad de Abascoy, Apurímac - 2025"														
		PROYECTO:										REFERENCIA:				
		UBICACIÓN:										FECHA:				
		RESPONSABLE:										CÁLCULO:				
		Revisado Por:										Hoja - 1				
CARGA	1300.0	4945	0.075	2.045	60.76	11.901	0.244	0.0454	400.00	0.000	0.000	2.045	1.0414	23.25	0.0007	62.09
	600.0		0.075	2.045	60.76	11.901		av: Coeficiente de compresibilidad		Mv: Módulo de compresibilidad volumétrica		Cv: Coeficiente de consolidación				
	400.0	4968	0.002	2.045	60.63	11.971	0.2450	fv: Coeficiente de Formabilidad		Cv: Índice de recomposición		Cv: Índice de recomposición				
	200.0		0.002	2.045	60.63	11.971		Cv: Índice de expansión		e0: Presión de Preconsolidación						
	100.0	4753	0.022	2.069	61.47	12.613	0.2581									
	50.0		0.022	2.069	61.47	12.613										
	25.0	4492	0.006	2.076	61.66	12.794	0.2618									
	12.5		0.006	2.076	61.66	12.794										

2. Reporte de Resultados

Esfuerzo Aplicado, (kPa):					0	12.5
Método de análisis:					<input type="button" value="Taylor"/>	<input checked="" type="button" value="Aplicado"/>
					<input type="button" value="Conejante"/>	<input type="button" value="No Aplicado"/>
Tiempo					Deformación (mm)	
Fecha	hora	t (min)	v	Δt		
08/03/2025	15:30:00	0				
08/03/2025	15:30:07	0.1167	0.34	-0.046		
08/03/2025	15:30:19	0.25	0.50	-0.056 OK		
08/03/2025	15:30:34	0.5	0.71	-0.065 OK		
08/03/2025	15:31:00	1	1.00	-0.115 OK		
08/03/2025	15:32:06	2	1.41	-0.126 OK		
08/03/2025	15:34:00	4	2.00	-0.201 OK		
08/03/2025	15:36:00	6	2.63	-0.275 OK		
08/03/2025	15:45:00	15	3.67	-0.421 OK		
08/03/2025	16:00:00	30	5.46	-0.503 OK		
08/03/2025	16:30:00	60	7.75	-0.535 OK		
08/03/2025	17:30:00	120	10.95	-0.568 OK		
08/03/2025	18:30:00	240	15.49	-0.572 OK		
08/03/2025	22:30:00	480	21.91	-0.579 OK		
08/03/2025	15:30:00	1440	37.95	-0.583 OK		

Esfuerzo Aplicado, (kPa):					12.5	25
Método de análisis:					<input type="button" value="Taylor"/>	<input checked="" type="button" value="Aplicado"/>
					<input type="button" value="Conejante"/>	<input type="button" value="No Aplicado"/>
Tiempo					Deformación (mm)	
Fecha	hora	t (min)	v	Δt		
08/03/2025	15:30:00	0				
08/03/2025	15:30:07	0.1167	0.34	-0.503		
08/03/2025	15:30:19	0.25	0.50	-0.550 OK		
08/03/2025	15:30:34	0.5	0.71	-0.611 OK		
08/03/2025	15:31:00	1	1.00	-0.629 OK		
08/03/2025	15:32:06	2	1.41	-0.638 OK		
08/03/2025	15:34:00	4	2.00	-0.664 OK		
08/03/2025	15:36:00	6	2.63	-0.719 OK		
08/03/2025	15:45:00	15	3.67	-0.749 OK		
08/03/2025	16:00:00	30	5.46	-0.759 OK		
08/03/2025	16:30:00	60	7.75	-0.784 OK		
08/03/2025	17:30:00	120	10.95	-0.801 OK		
08/03/2025	18:30:00	240	15.49	-0.810 OK		
08/03/2025	22:30:00	480	21.91	-0.829 OK		
08/03/2025	15:30:00	1440	37.95	-0.829 NO DEP.		

Esfuerzo Aplicado, (kPa):					25	50
Método de análisis:					<input type="button" value="Taylor"/>	<input checked="" type="button" value="Aplicado"/>
					<input type="button" value="Conejante"/>	<input type="button" value="No Aplicado"/>
Tiempo					Deformación (mm)	
Fecha	hora	t (min)	v	Δt		
08/03/2025	15:30:00	0				
08/03/2025	15:30:07	0.1167	0.34	-0.628		
08/03/2025	15:30:19	0.25	0.50	-0.635 OK		
08/03/2025	15:30:34	0.5	0.71	-0.668 OK		
08/03/2025	15:31:00	1	1.00	-0.686 OK		
08/03/2025	15:32:06	2	1.41	-0.713 OK		
08/03/2025	15:34:00	4	2.00	-0.761 OK		
08/03/2025	15:36:00	6	2.63	-0.795 OK		
08/03/2025	15:45:00	15	3.67	-0.828 OK		
08/03/2025	16:00:00	30	5.46	-0.858 OK		
08/03/2025	16:30:00	60	7.75	-0.858 OK		
08/03/2025	17:30:00	120	10.95	-0.857 OK		
08/03/2025	18:30:00	240	15.49	-0.872 OK		
08/03/2025	22:30:00	480	21.91	-0.879 OK		
08/03/2025	15:30:00	1440	37.95	-0.883 OK		

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abascoy - Apurímac

CONCHIPA E.I.R.L.
Mtro. Ing. Saul José Chayá Cahuana
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS
Versión 1.0 (2023)

conchipa.ari@gmail.com - Cel. Claro: 985825921

Figura 71 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 2

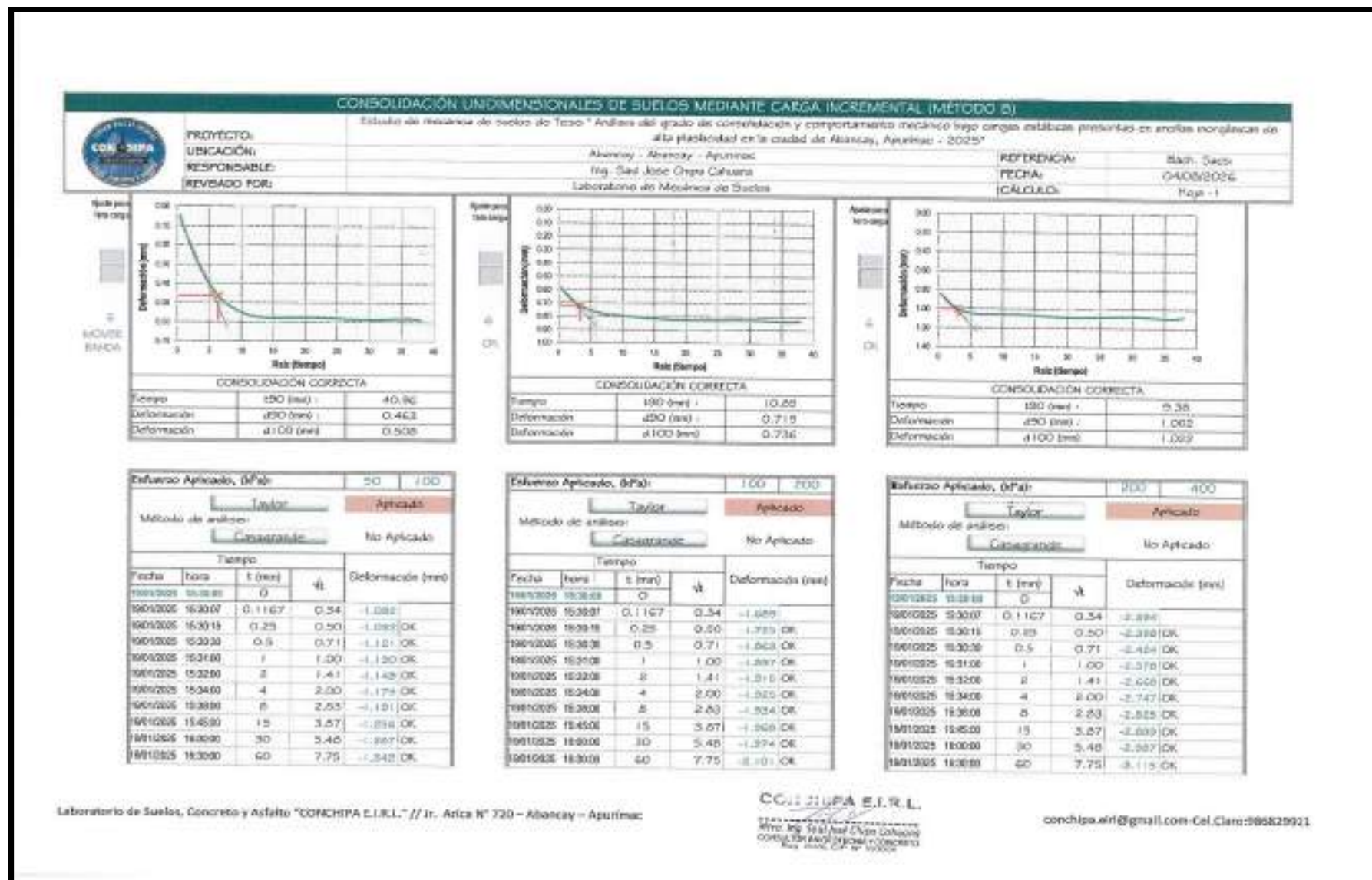


Figura 72 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 3

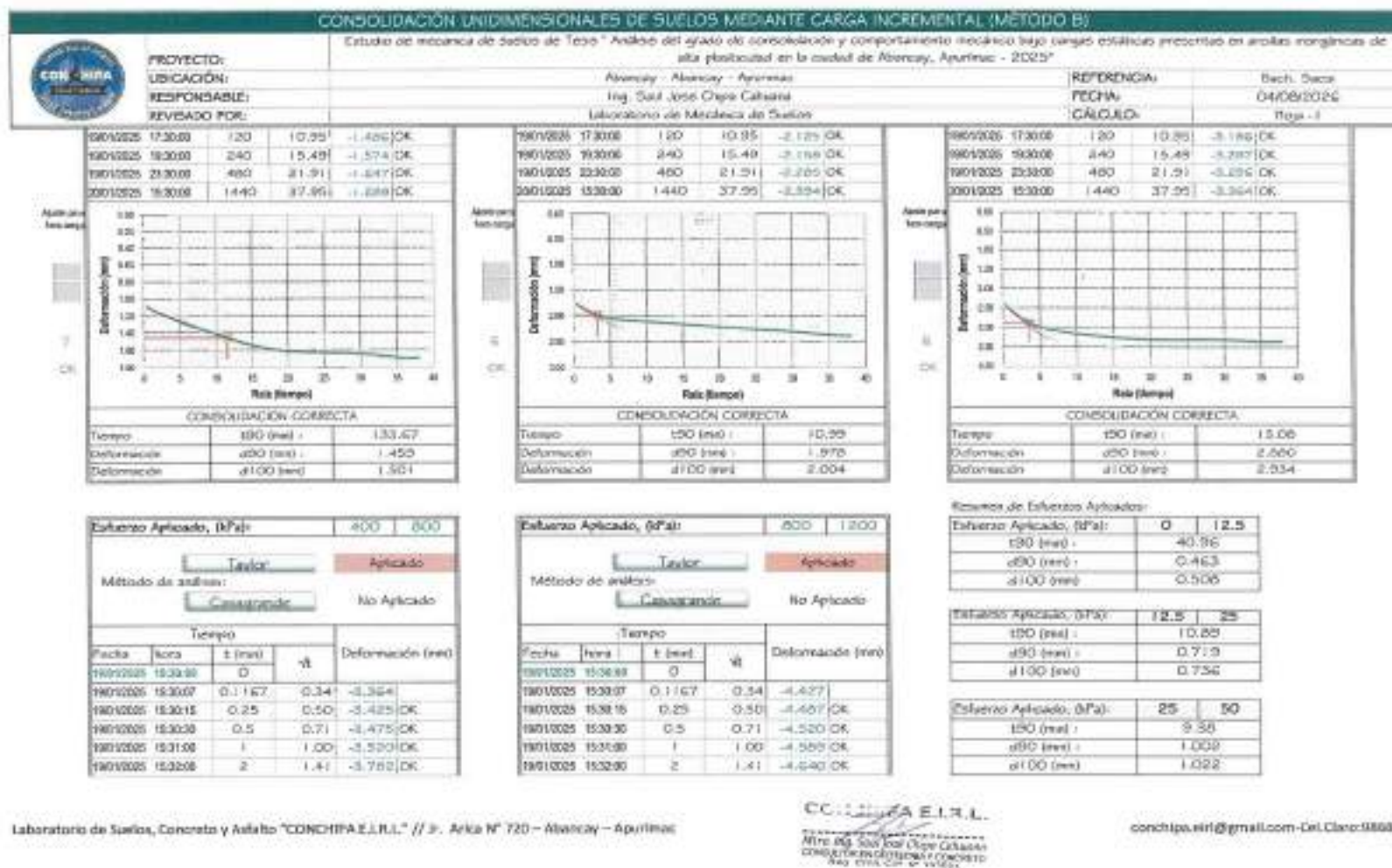
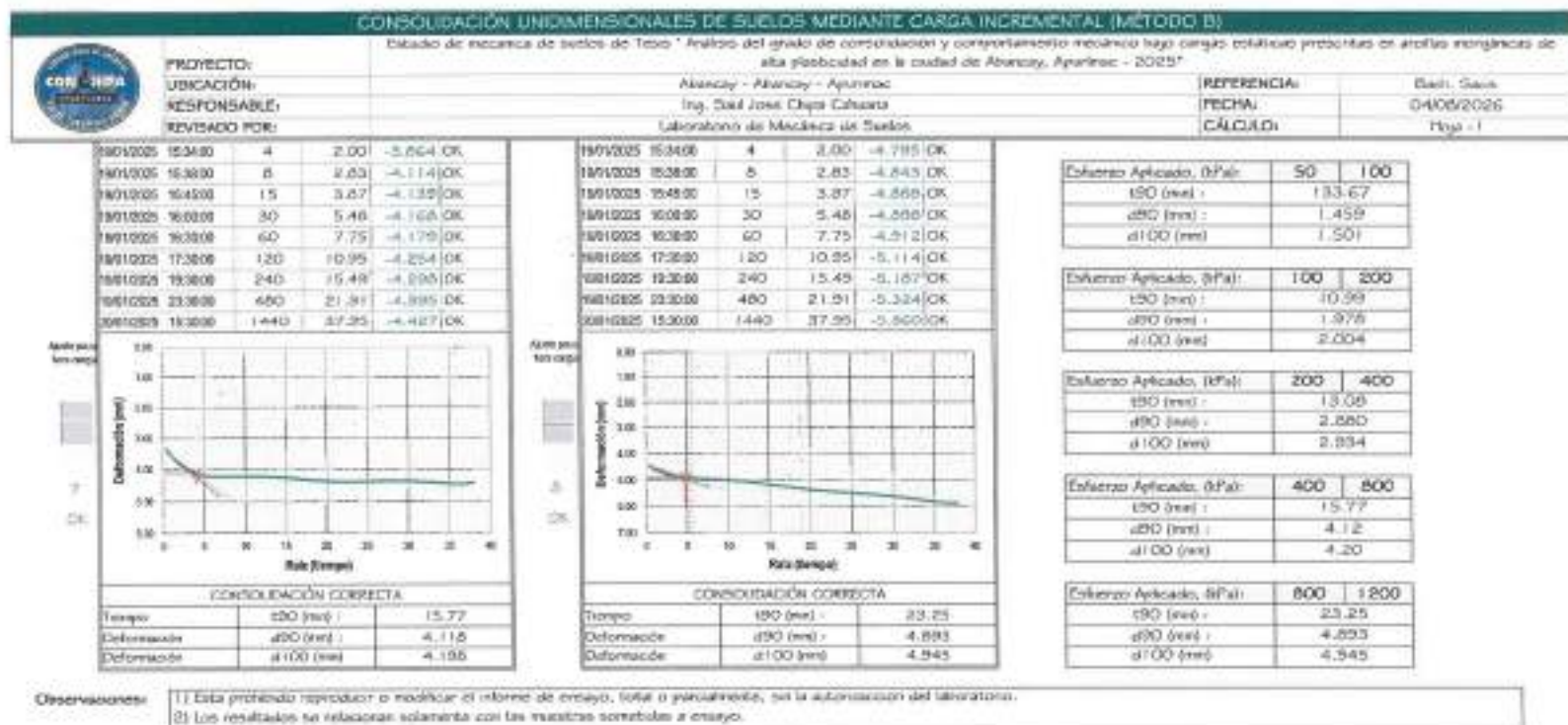


Figura 73 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 4



CONCHIPA E.I.R.L.

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Atta. Ing. Saul José Chapa Caluaga
Calle 10a N° 720 - Abancay - Apurímac
Ing. Chapa Caluaga

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac

conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Claro 986829921

Figura 74 — Resultado ensayo consolidación C-02 parte 5

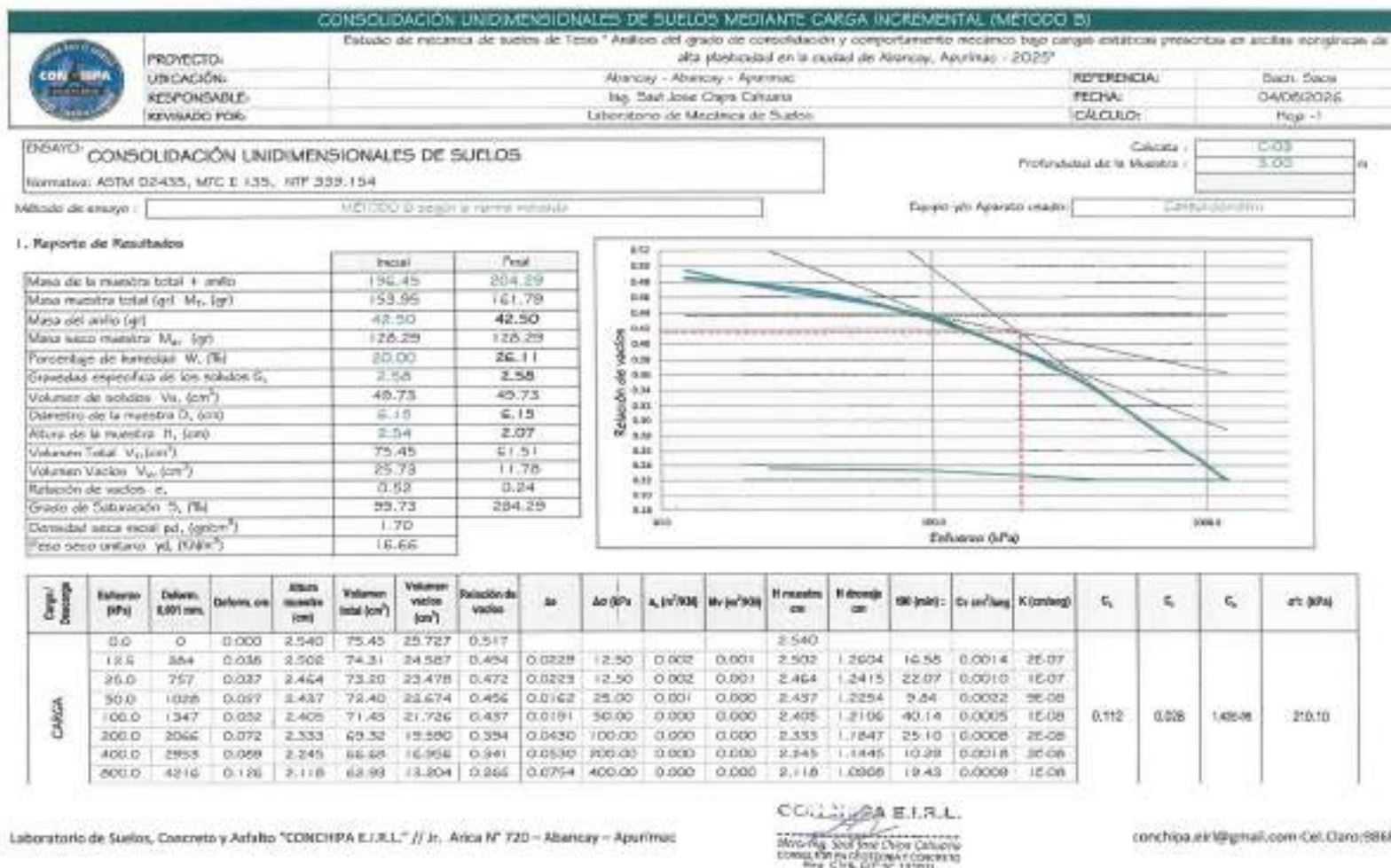
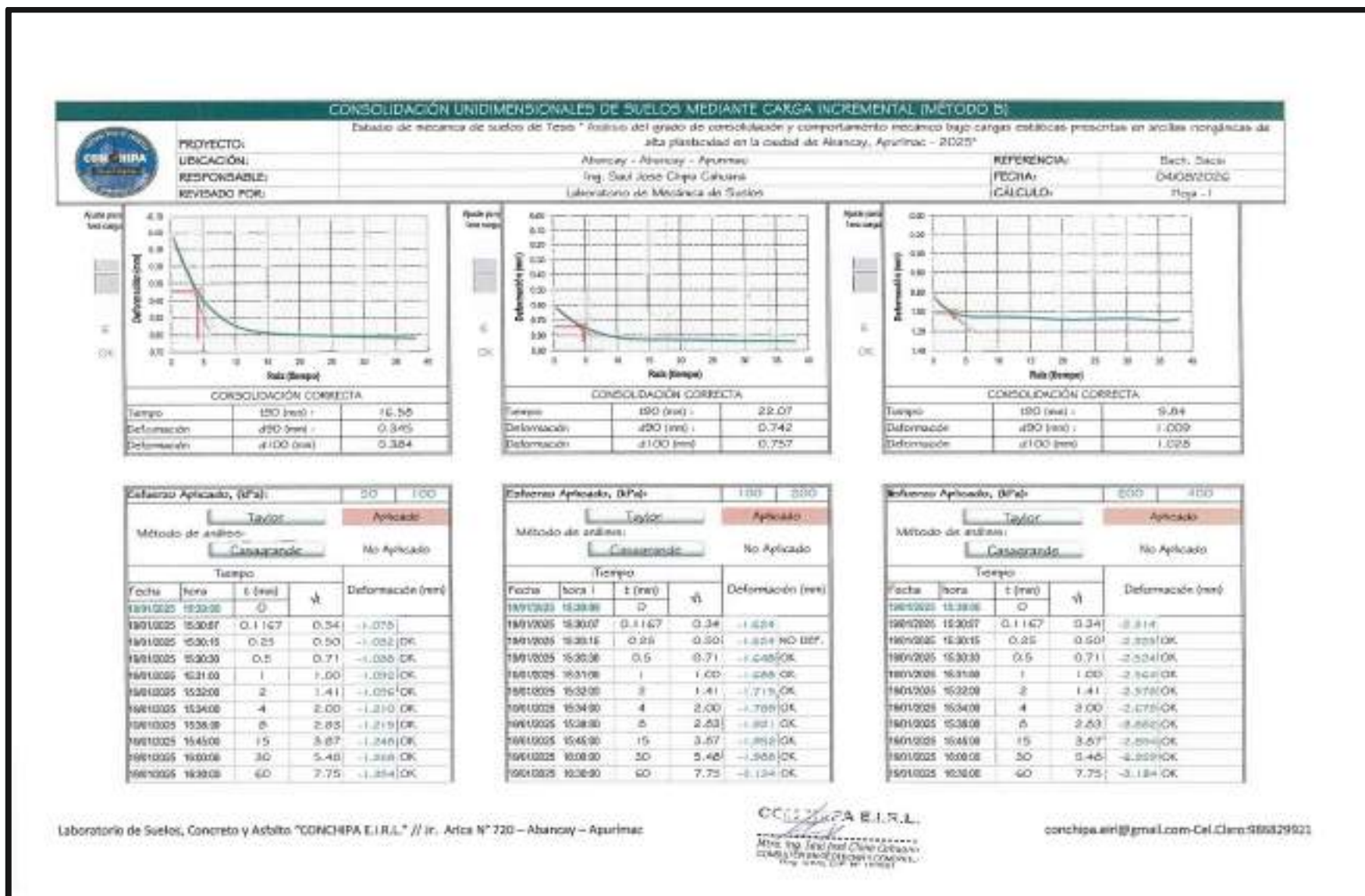


Figura 75 — Resultado ensayo consolidación C-03 parte 1



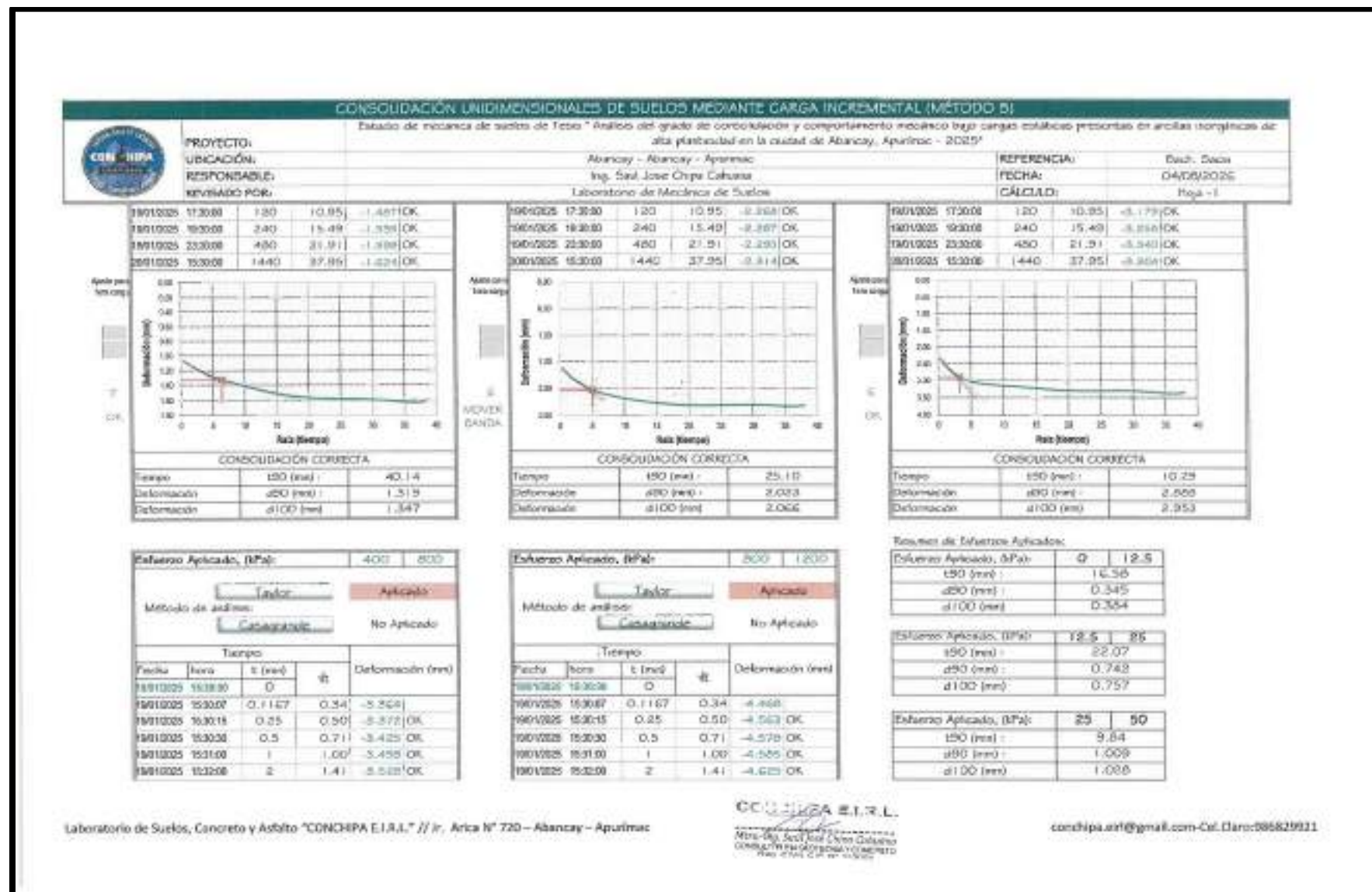
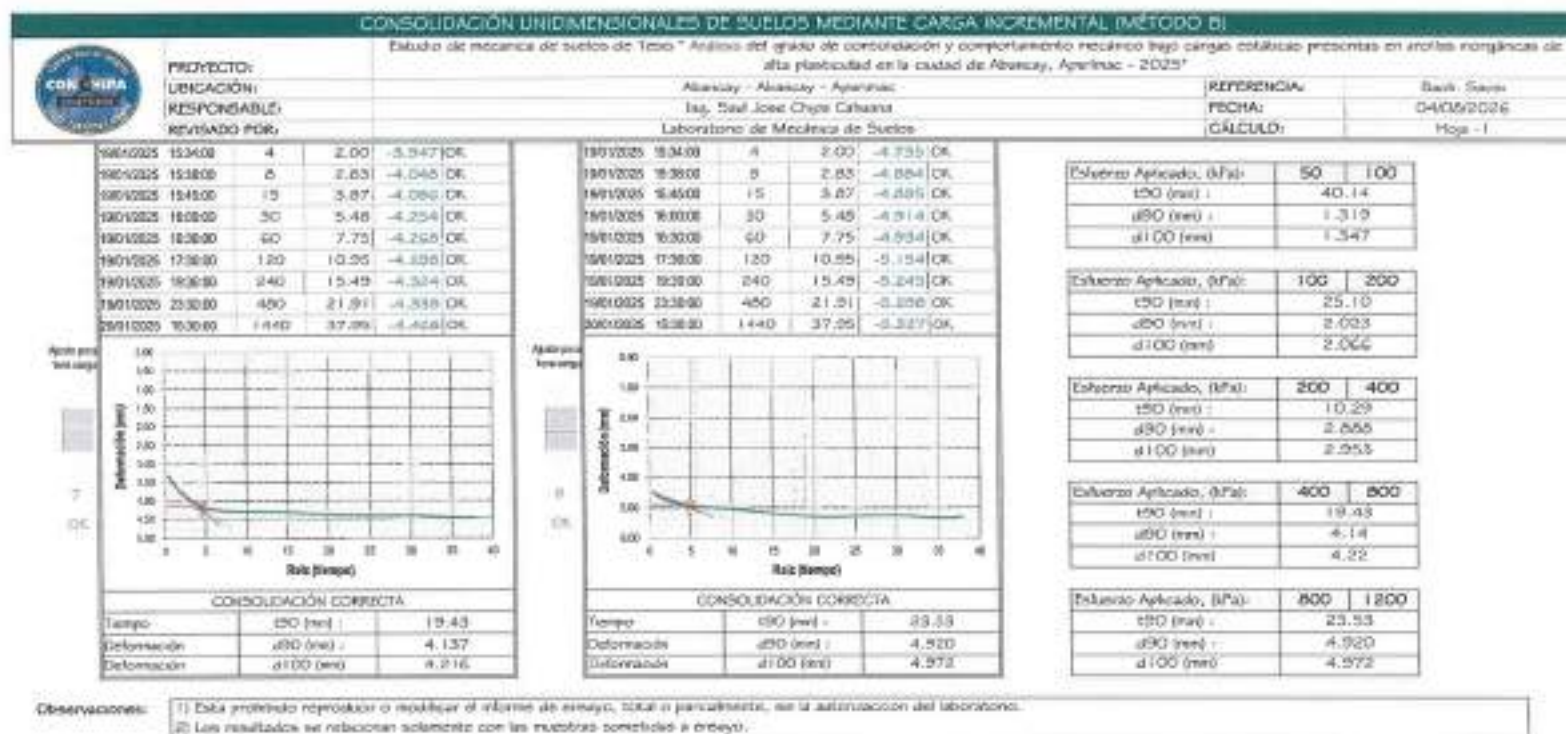


Figura 78 — Resultado ensayo consolidación C-03 parte 4



CONCHIPA E.I.R.L.
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 Av. Ing. Saul José Chipe Cárdena
 CONCHIPA E.I.R.L. (CALLE Y CHACABAY)
 P.O. BOX 1000

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac

conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Chipe 986829621

Figura 79 — Resultado ensayo consolidación C-03 parte 5

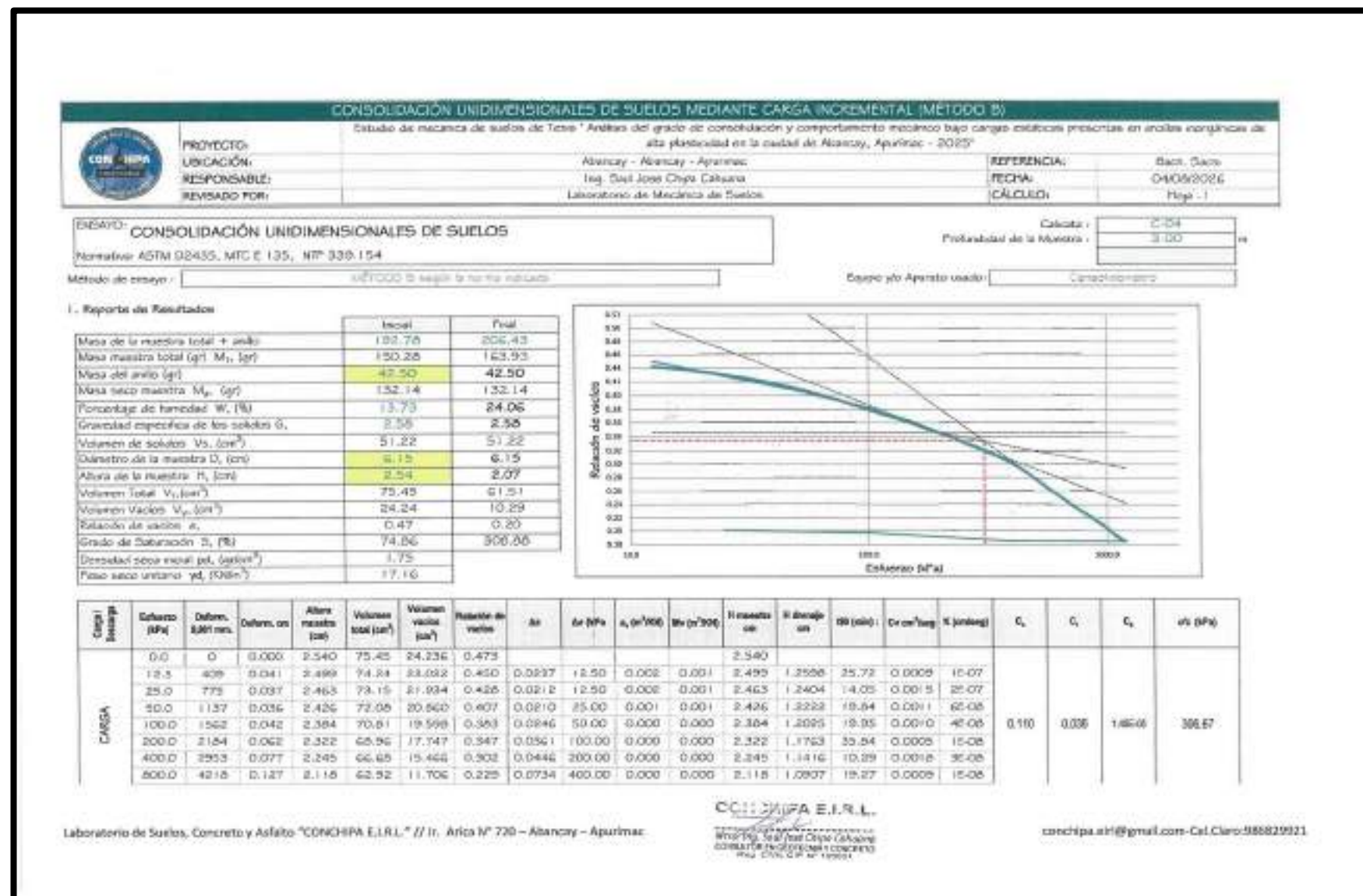


Figura 80 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 1

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)																
		Estado de mecánica de suelos de Tesis "Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas presuntas en suelos marginales de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025"														
		PROYECTO:										REFERENCIA:				
		UBICACIÓN:										Banco: Suroeste				
		RESPONSABLE:										FECHA:				
		REVISADO POR:										CÁLCULO:				
		Laboratorio de Mecánica de Suelos										Página: 1				
DESCARGA	1200.0	4558	0.077	2.041	60.64	8.420	0.184	0.0446	400.00	0.000	0.000	2.041	1.0209	23.16	0.0007	62.09
	800.0		0.077	2.041	60.64	8.420		a _v Coeficiente de compresibilidad		M _v Módulo de compresibilidad volumétrica		C _c Coeficiente de consolidación				
	400.0	4525	0.002	2.043	60.68	8.476	0.1650	K _v Coeficiente de permeabilidad		C _α Índice de compresión		C _α Índice de recompresión				
	200.0		0.002	2.043	60.68	8.476		C _α Índice de expansión		e ₀ Presión de Preconsolidación						
	100.0	4704	0.022	2.025	61.33	10.114	0.1975									
	50.0		0.022	2.025	61.33	10.114										
	25.0	4654	0.006	2.071	61.51	10.253	0.2010									
	12.5		0.006	2.071	61.51	10.253										

2. Reporte de Resultados

Esfuerzo Aplicado, (kPa):					0		12.5	
Método de análisis:					Taylor		Aplicado	
					Casagrande		No Aplicado	
Tiempo					Deformación (mm)			
Fecha	hora	t (min)			↓			
08/03/2025	15:00:00	0						
08/03/2025	15:00:07	0.1167			0.34	-0.017		
08/03/2025	15:00:15	0.25			0.50	-0.034 OK		
08/03/2025	15:00:30	0.5			0.71	-0.054 OK		
08/03/2025	15:01:00	1			1.00	-0.075 OK		
08/03/2025	15:02:00	2			1.41	-0.115 OK		
08/03/2025	15:04:30	4			2.00	-0.168 OK		
08/03/2025	15:06:30	6			2.63	-0.225 OK		
08/03/2025	15:08:00	15			3.67	-0.324 OK		
08/03/2025	15:09:30	30			5.48	-0.464 OK		
08/03/2025	15:09:00	60			7.75	-0.615 OK		
08/03/2025	17:30:00	120			10.25	-0.817 OK		
08/03/2025	19:30:00	240			15.49	-0.615 OK		
08/03/2025	21:30:00	480			21.91	-0.645 OK		
08/03/2025	15:00:00	1440			37.93	-0.675 OK		

Esfuerzo Aplicado, (kPa):				12.5	25
Método de análisis:				Taylor	Aplicado
				Casagrande	No Aplicado
Tiempo					Deformación (mm)
Fecha	hora	t (min)			
08/03/2025	15:00:00	0			
08/03/2025	15:00:07	0.1167	0.34	-0.075	
08/03/2025	15:00:15	0.25	0.50	-0.088 OK	
08/03/2025	15:00:30	0.5	0.71	-0.098 OK	
08/03/2025	15:01:00	1	1.00	-0.115 OK	
08/03/2025	15:02:00	2	1.41	-0.170 OK	
08/03/2025	15:04:00	4	2.00	-0.281 OK	
08/03/2025	15:06:00	6	2.63	-0.398 OK	
08/03/2025	15:08:00	15	3.67	-0.505 OK	
08/03/2025	15:09:00	30	5.48	-0.704 OK	
08/03/2025	15:09:00	60	7.75	-0.815 OK	
08/03/2025	17:30:00	120	10.25	-0.810 OK	
08/03/2025	19:30:00	240	15.49	-0.838 OK	
08/03/2025	21:30:00	480	21.91	-0.845 OK	
08/03/2025	15:00:00	1440	37.93	-0.862 OK	

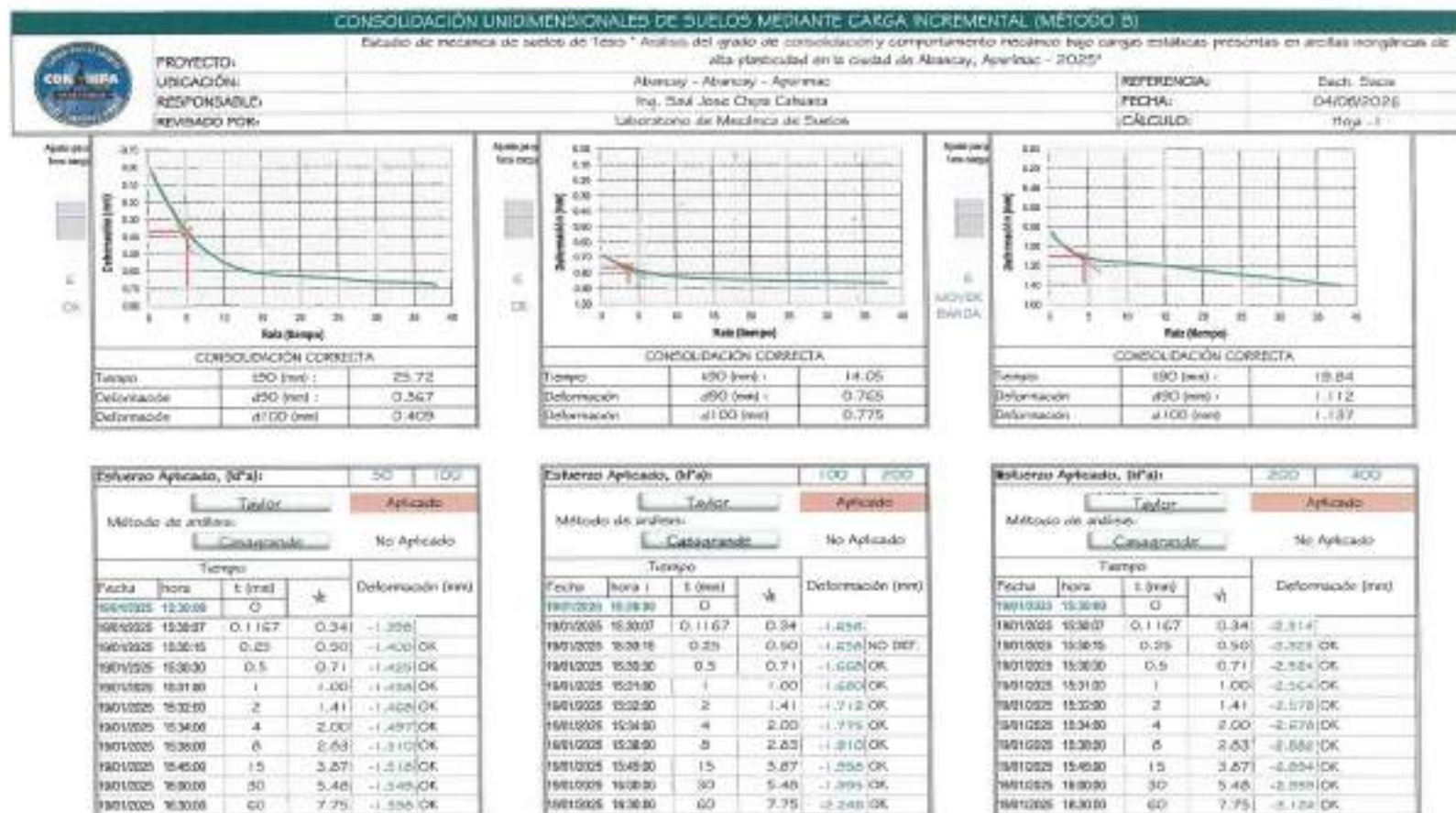
Esfuerzo Aplicado, (kPa):				25	50
Taylor				Aplicado	
Método de análisis:				No Aplicado	
Casagrande					
Tiempo					
Fecha	hora	t (min)		Deformación (mm)	
08/03/2025	15:00:00	0			
08/03/2025	15:00:07	0.1167	0.34	-0.068	
08/03/2025	15:00:15	0.25	0.50	-0.074 OK	
08/03/2025	15:00:30	0.5	0.71	-0.088 OK	
08/03/2025	15:01:00	1	1.00	-0.098 OK	
08/03/2025	15:02:00	2	1.41	-0.160 OK	
08/03/2025	15:04:00	4	2.00	-0.280 OK	
08/03/2025	15:06:00	6	2.63	-0.398 OK	
08/03/2025	15:08:00	15	3.67	-0.505 OK	
08/03/2025	15:09:00	30	5.48	-0.704 OK	
08/03/2025	15:09:00	60	7.75	-0.815 OK	
08/03/2025	17:30:00	120	10.25	-0.810 OK	
08/03/2025	19:30:00	240	15.49	-0.838 OK	
08/03/2025	21:30:00	480	21.91	-0.845 OK	
08/03/2025	15:00:00	1440	37.93	-0.862 OK	

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONDITPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abasco - Apurímac

CONDITPA E.I.R.L.
Mtro. Ing. Saul José Chapa Calzadilla
COORDINADOR GENERAL DE CONCRETO
Reg. CNEC N° 10000

conditpa.eirl@gmail.com - Cel. Claro 986829521

Figura 81 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 2

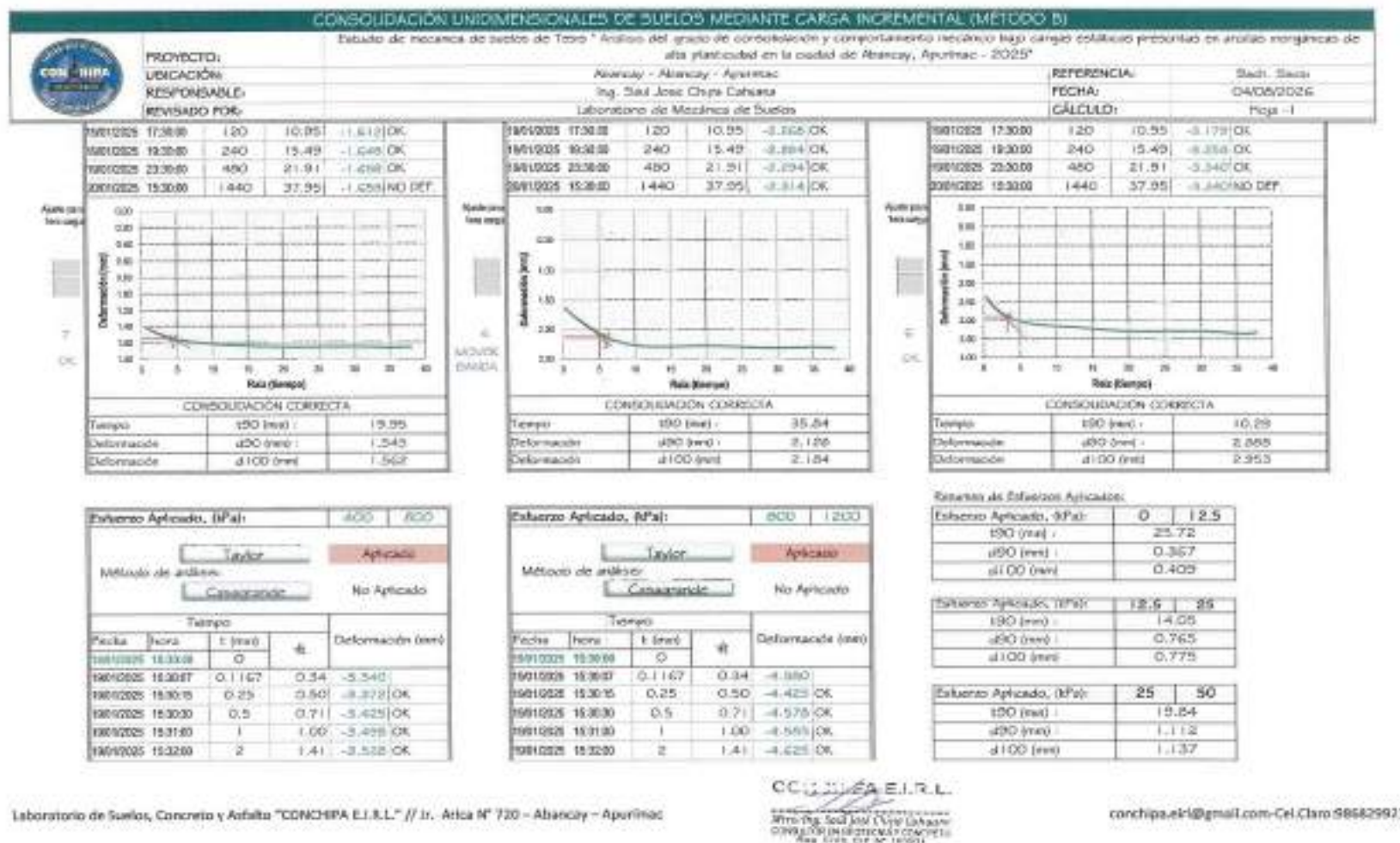


Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCIPEA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac

CONCIPEA E.I.R.L.
Mtro. Ing. San José Chapa Caluza
DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA Y COMERCIAL
RUC: 20501108001

conchapa.eirl@gmail.com Cel. Claro: 985829921

Figura 82 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 3



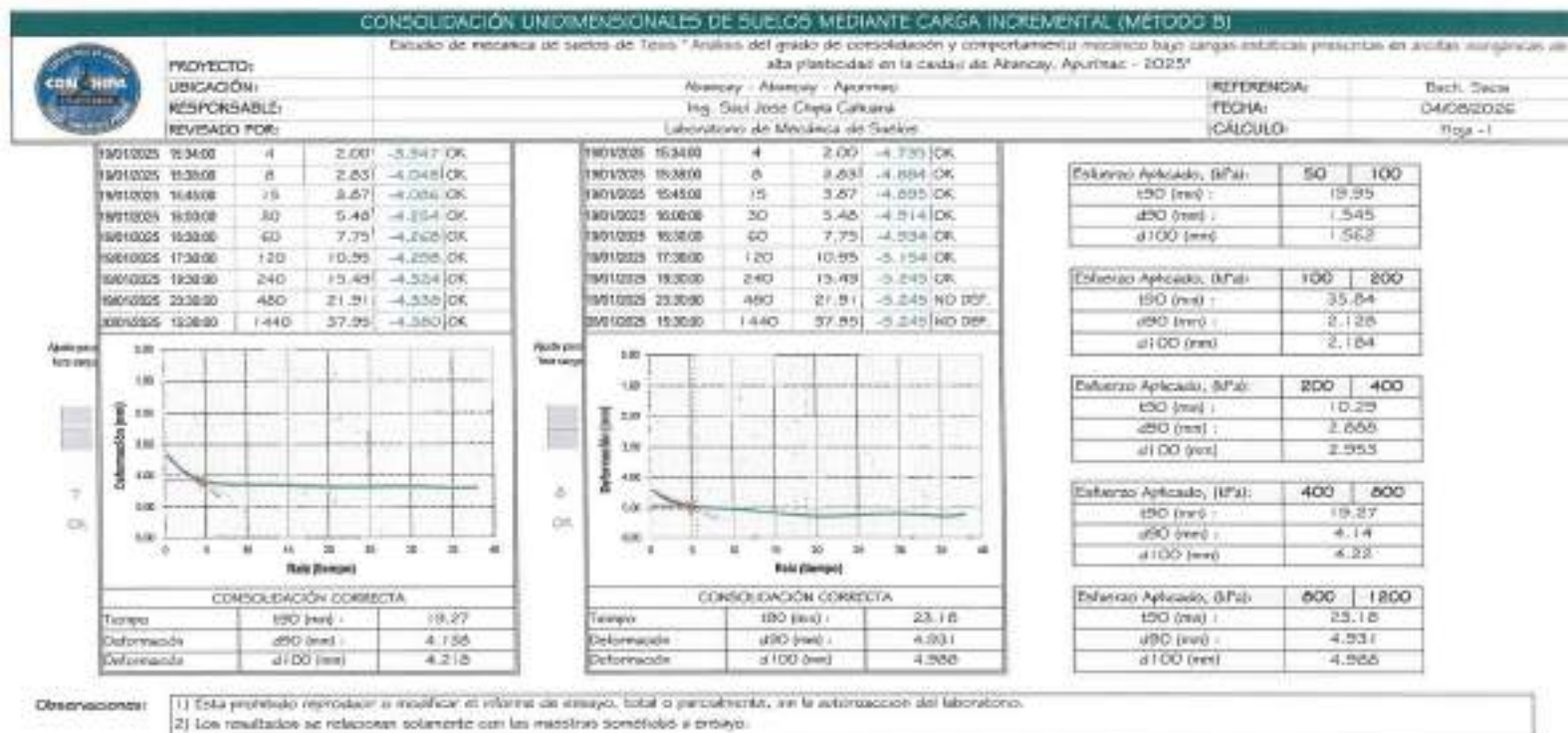


Figura 84 — Resultado ensayo consolidación C-04 parte 5

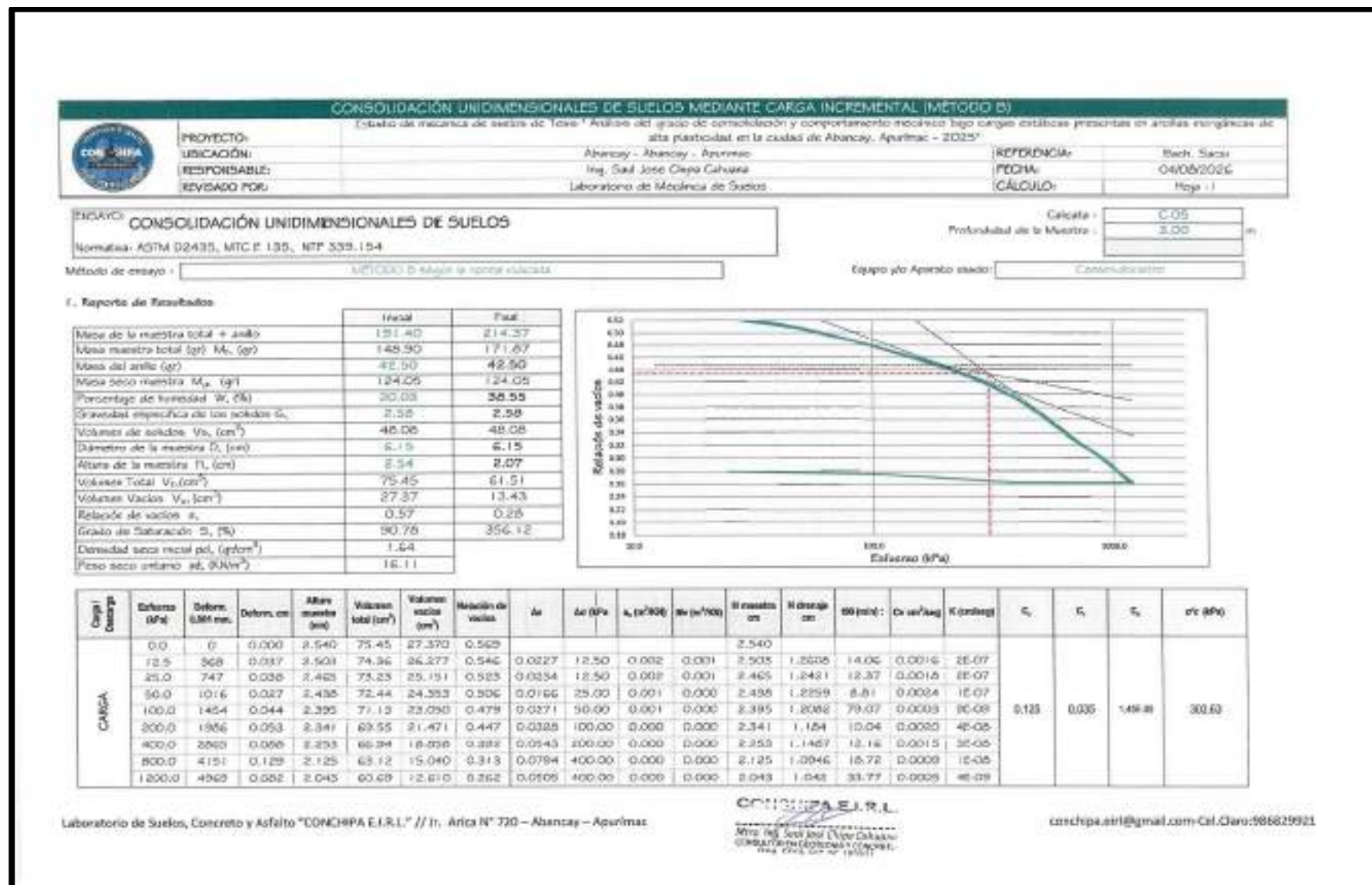


Figura 85 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 1

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)									
Estado de mecánica de suelos de tipo "Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas presentes en áreas marginales de alta plasticidad en la ciudad de Arequipa, Apurímac - 2025"									
PROYECTO:		Abancay - Abancay - Apurímac						REFERENCIA:	Bach. Sane
UBICACIÓN:		Ing. Saul José Chapa Cahuana						FECHA:	04/05/2026
RESPONSABLE:		Laboratorio de Mecánica de Suelos						CÁLCULO:	Página 1
REVISADO POR:									
DESCARGA	800.0		0.052	2.043	60.69	12.610			
	400.0	4069	0.030	2.043	60.69	12.610	0.7673		
	200.0		0.000	2.043	60.69	12.610			
	100.0	4794	0.022	2.065	61.33	13.249	0.2756		
	50.0		0.022	2.065	61.33	13.249			
	25.0	4604	0.006	2.071	61.51	13.427	0.2793		
	12.5		0.006	2.071	61.51	13.427			

2. Reporte de Resultados

Esfuerzo Aplicado, (kPa):		0		12.5	
Método de análisis:		Taylor		Aplicado	
Método de análisis:		Casagrande		No Aplicado	
Tiempo		Tiempo		Tiempo	
Fecha	Hora	t (min)	e	t (min)	e
15/03/2025	15:30:00	0	0.34	0.010	
15/03/2025	15:30:07	0.1167	0.34	0.010	
15/03/2025	15:30:16	0.25	0.50	0.070 OK	
15/03/2025	15:30:30	0.5	0.71	0.090 OK	
15/03/2025	15:31:00	1	1.00	0.100 OK	
15/03/2025	15:32:00	2	1.41	0.120 OK	
15/03/2025	15:34:00	4	2.00	0.130 OK	
15/03/2025	15:36:00	6	2.83	0.175 OK	
15/03/2025	15:45:00	15	3.87	0.300 OK	
15/03/2025	16:00:00	30	5.46	0.470 OK	
15/03/2025	16:30:00	60	7.75	0.518 OK	
15/03/2025	17:30:00	120	10.95	0.560 OK	
15/03/2025	18:30:00	240	15.49	0.571 OK	
15/03/2025	23:30:00	480	21.91	0.576 OK	
15/03/2025	15:38:00	1440	37.95	0.560 OK	

Esfuerzo Aplicado, (kPa):		12.5		25	
Método de análisis:		Taylor		Aplicado	
Método de análisis:		Casagrande		No Aplicado	
Tiempo		Tiempo		Tiempo	
Fecha	Hora	t (min)	e	t (min)	e
15/03/2025	15:30:00	0	0.34	0.010	
15/03/2025	15:30:07	0.1167	0.34	0.010	
15/03/2025	15:30:16	0.25	0.50	0.070 OK	
15/03/2025	15:30:30	0.5	0.71	0.090 OK	
15/03/2025	15:31:00	1	1.00	0.100 OK	
15/03/2025	15:32:00	2	1.41	0.120 OK	
15/03/2025	15:34:00	4	2.00	0.130 OK	
15/03/2025	15:36:00	6	2.83	0.175 OK	
15/03/2025	15:45:00	15	3.87	0.300 OK	
15/03/2025	16:00:00	30	5.46	0.470 OK	
15/03/2025	16:30:00	60	7.75	0.518 OK	
15/03/2025	17:30:00	120	10.95	0.560 OK	
15/03/2025	18:30:00	240	15.49	0.571 OK	
15/03/2025	23:30:00	480	21.91	0.576 OK	
15/03/2025	15:38:00	1440	37.95	0.560 OK	

Esfuerzo Aplicado, (kPa):		25		50	
Método de análisis:		Taylor		Aplicado	
Método de análisis:		Casagrande		No Aplicado	
Tiempo		Tiempo		Tiempo	
Fecha	Hora	t (min)	e	t (min)	e
15/03/2025	15:30:00	0	0.34	0.010	
15/03/2025	15:30:07	0.1167	0.34	0.010	
15/03/2025	15:30:16	0.25	0.50	0.070 OK	
15/03/2025	15:30:30	0.5	0.71	0.090 OK	
15/03/2025	15:31:00	1	1.00	0.100 OK	
15/03/2025	15:32:00	2	1.41	0.120 OK	
15/03/2025	15:34:00	4	2.00	0.130 OK	
15/03/2025	15:36:00	6	2.83	0.175 OK	
15/03/2025	15:45:00	15	3.87	0.300 OK	
15/03/2025	16:00:00	30	5.46	0.470 OK	
15/03/2025	16:30:00	60	7.75	0.518 OK	
15/03/2025	17:30:00	120	10.95	0.560 OK	
15/03/2025	18:30:00	240	15.49	0.571 OK	
15/03/2025	23:30:00	480	21.91	0.576 OK	
15/03/2025	15:38:00	1440	37.95	0.560 OK	

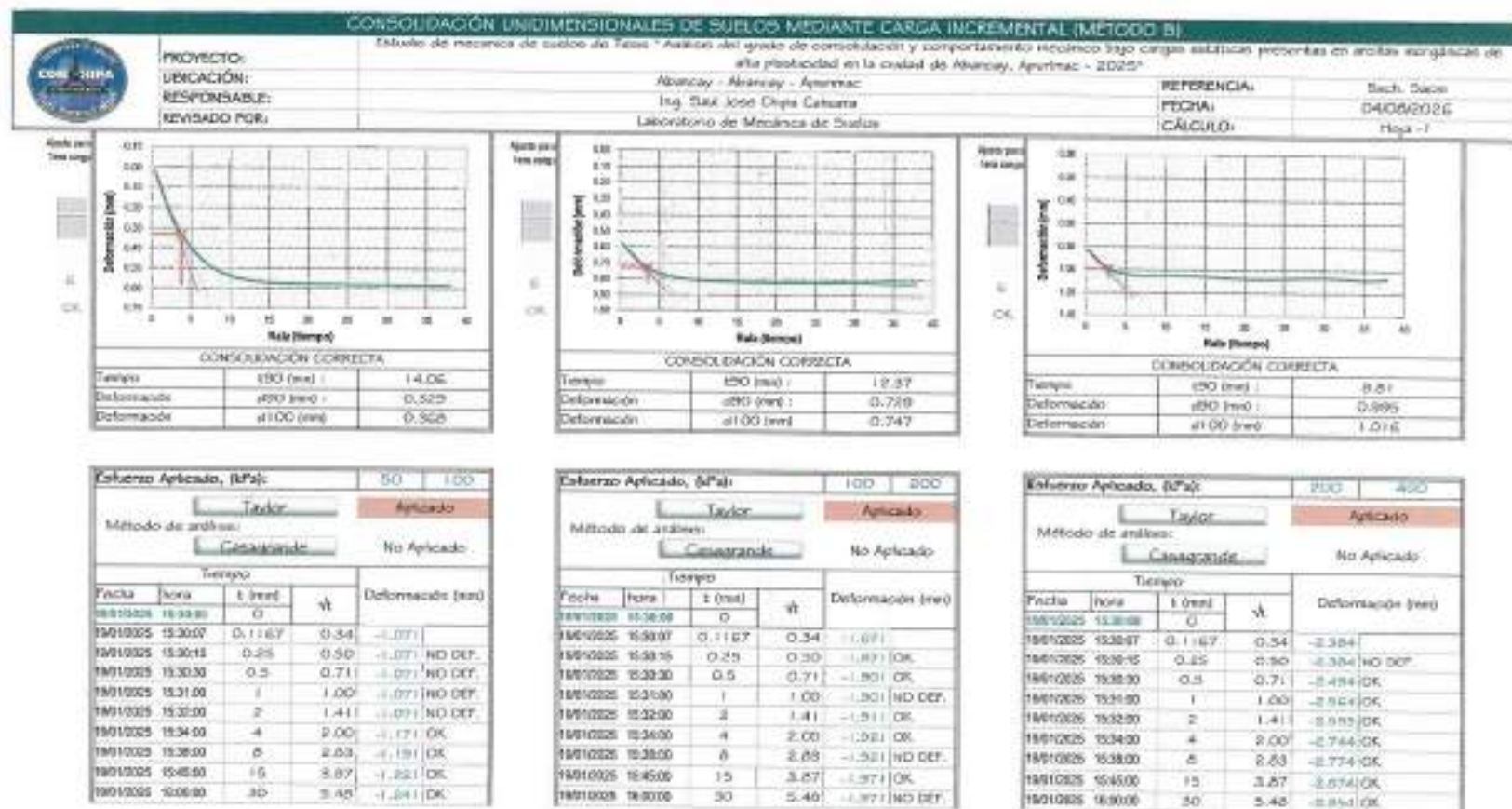
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac

CONCHIPA E.I.R.L.

Mrg. Ing. Saul José Chapa Cahuana
Cuenta: 00000000000000000000
RUC: 206012345678901234

conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Claro: 986829921

Figura 86 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 2



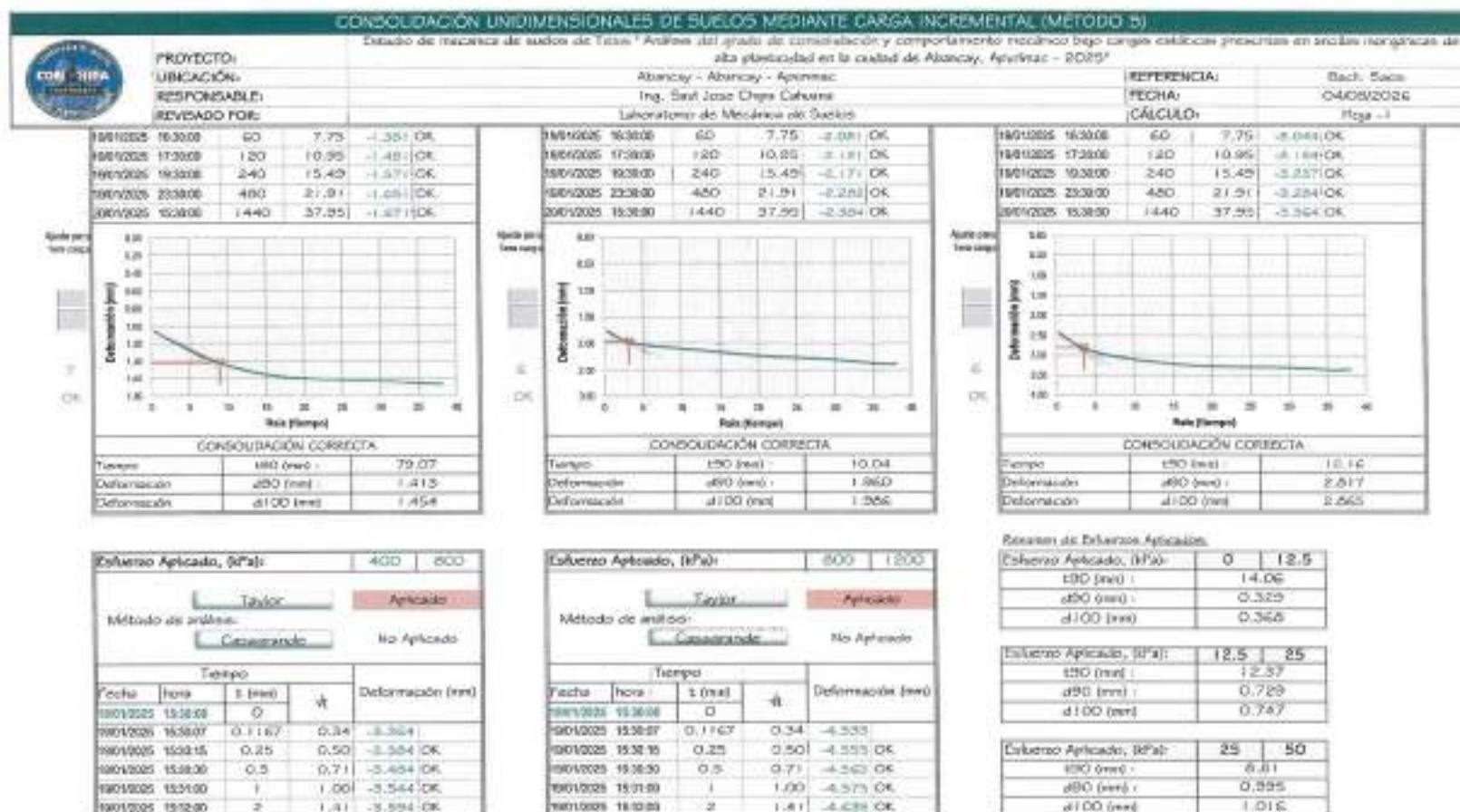
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Alancay - Apurímac

CONCHIPA E.I.R.L.
 RUC: 205090123456789
 CUIT: 205090123456789
 CUIT: 205090123456789

conchipa.eirl@gmail.com - Cel. Claro: 986829921

Figura 87 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 3

Figura 88 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 4



Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 – Abancay – Apurímac

CORRENTA E.R.L.

corchile.wri@gmail.com-Cal Clapp 386.529921

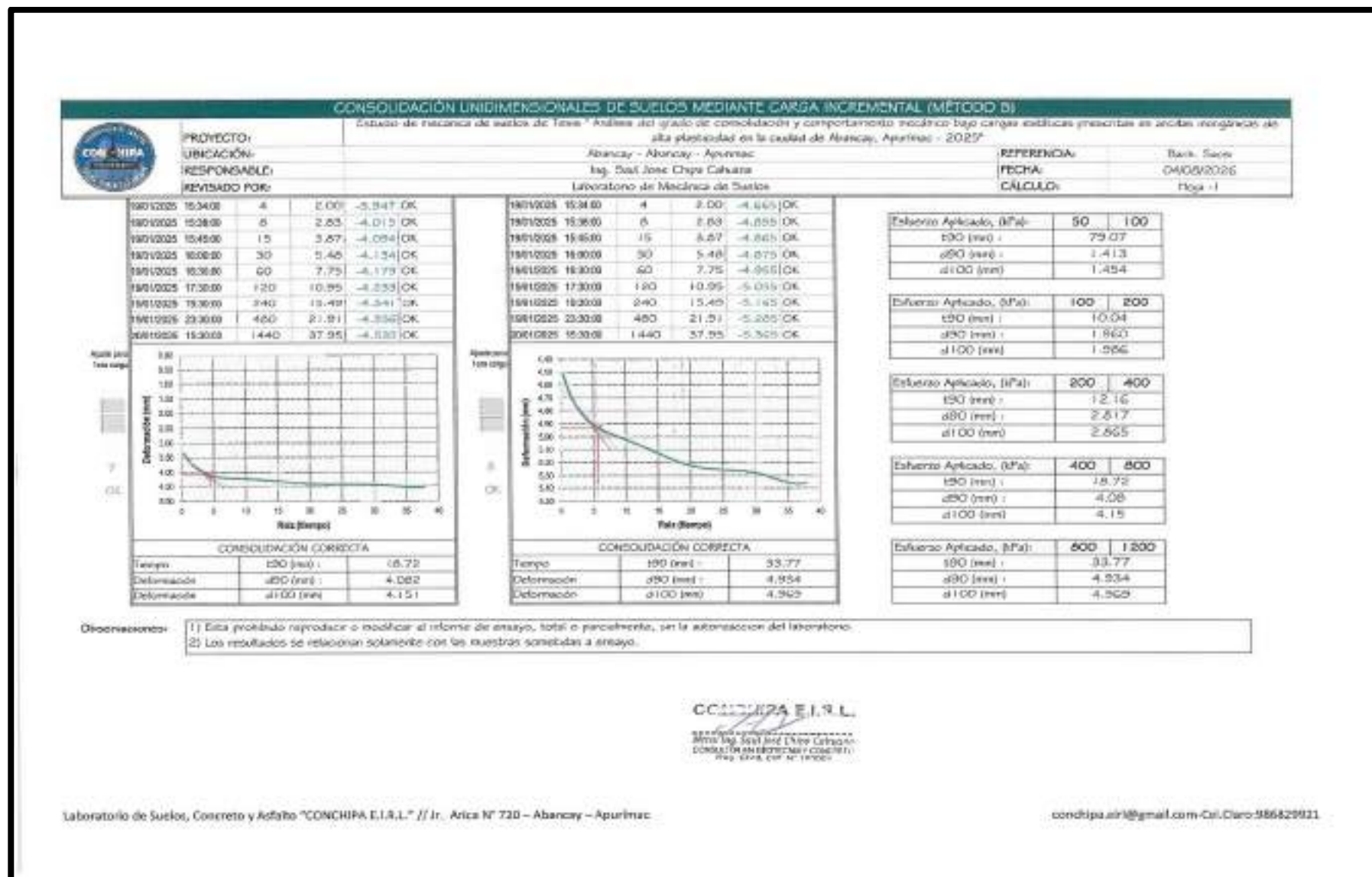


Figura 89 — Resultado ensayo consolidación C-05 parte 5

CONSTRUCTION S.R.L.
Attn. Ing. Luigi Chioia Calzavara
CONCESSIONE STRADA N. 1 COME FO
VIA. CIVILE, 100 - 40138 BOLOGNA

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCRETA E.L.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac

conchita.eiri@gmail.com-Cel.Claro 986829921

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)											
		PROYECTO: Estudio de mecánica de suelos de Tesis "Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas cíclicas presurizadas en arcillas marginales de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025"									
		UBICACIÓN: Abancay - Abancay - Apurímac									
		RESPONSABLE: Ing. Saul José Ojeda Cahuana									
		REVISADO POR: Laboratorio de Mecánica de Suelos									
							REFERENCIA: Bach. Sacsa		FECHA: 04/08/2025		
							CÁLCULO:		Hoja - 1		
DESCARGA	800.0	0.076	2.045	60.75	10.176		C_c Coeficiente de compresibilidad	Ver Método de compresibilidad volumétrica	C_c Coeficiente de consolidación		
	400.0	0.002	2.047	60.81	10.237	0.2024	C_r Coeficiente de permeabilidad	Ver índice de compresión	C_r Índice de recompresión		
	200.0	0.002	2.047	60.81	10.237		C_u Índice de liquidez	Ver Índice de Preconsolidación			
	100.0	0.022	2.069	61.45	10.576	0.2150					
	50.0	0.022	2.069	61.45	10.576						
	25.0	0.006	2.075	61.63	11.054	0.2156					
	12.5	0.006	2.075	61.63	11.054						

2. Reporte de Resultados

Esfuerzo Aplicado, (kPa):					
Método de análisis:					
Caso grande					
No Aplicado					
Tiempo					
Fecha	hora	t (min)	q	Δt	Deformación (mm)
05/08/2025	15:04:30	0	0		
06/08/2025	15:30:07	0.1167	0.34	-0.052	
06/08/2025	15:30:18	0.25	0.50	-0.042 OK	
06/08/2025	15:30:38	0.5	0.71	-0.055 OK	
06/08/2025	15:31:03	1	1.00	-0.058 OK	
06/08/2025	15:32:03	2	1.41	-0.124 OK	
06/08/2025	15:34:03	4	2.00	-0.175 OK	
06/08/2025	15:39:03	5	2.83	-0.225 OK	
06/08/2025	15:45:03	15	3.87	-0.342 OK	
06/08/2025	16:00:03	30	5.46	-0.462 OK	
06/08/2025	16:30:03	60	7.75	-0.508 OK	
06/08/2025	17:30:03	120	10.55	-0.548 OK	
06/08/2025	18:30:03	240	15.45	-0.554 OK	
06/08/2025	22:30:03	480	21.31	-0.568 OK	
06/08/2025	15:30:03	1440	37.95	-0.560 NO DEF.	

Esfuerzo Aplicado, (kPa):					
Método de análisis:					
Caso grande					
No Aplicado					
Tiempo					
Fecha	hora	t (min)	q	Δt	Deformación (mm)
06/08/2025	15:30:03	0	0		
06/08/2025	15:30:07	0.116667	0.34	-0.050	
06/08/2025	15:30:18	0.25	0.50	-0.050 OK	
06/08/2025	15:30:38	0.5	0.71	-0.054 OK	
06/08/2025	15:31:03	1	1.00	-0.055 OK	
06/08/2025	15:32:03	2	1.41	-0.094 OK	
06/08/2025	15:34:03	4	2.00	-0.159 OK	
06/08/2025	15:38:03	5	2.83	-0.235 OK	
06/08/2025	15:45:03	15	3.87	-0.358 OK	
06/08/2025	16:00:03	30	5.46	-0.454 OK	
06/08/2025	16:30:03	60	7.75	-0.495 OK	
06/08/2025	17:30:03	120	10.55	-0.535 OK	
06/08/2025	18:30:03	240	15.45	-0.542 OK	
06/08/2025	22:30:03	480	21.31	-0.550 OK	
06/08/2025	15:30:03	1440	37.95	-0.550 NO DEF.	

Esfuerzo Aplicado, (kPa):					
Método de análisis:					
Caso grande					
No Aplicado					
Tiempo					
Fecha	hora	t (min)	q	Δt	Deformación (mm)
06/08/2025	15:30:03	0	0		
06/08/2025	15:30:07	0.1167	0.34	-0.050	
06/08/2025	15:30:18	0.25	0.50	-0.054 OK	
06/08/2025	15:30:38	0.5	0.71	-0.073 OK	
06/08/2025	15:31:03	1	1.00	-0.088 OK	
06/08/2025	15:32:03	2	1.41	-0.094 OK	
06/08/2025	15:34:03	4	2.00	-0.150 OK	
06/08/2025	15:38:03	5	2.83	-0.210 OK	
06/08/2025	15:45:03	15	3.87	-0.340 OK	
06/08/2025	16:00:03	30	5.46	-0.450 OK	
06/08/2025	16:30:03	60	7.75	-0.510 OK	
06/08/2025	17:30:03	120	10.55	-0.530 OK	
06/08/2025	18:30:03	240	15.45	-0.540 OK	
06/08/2025	22:30:03	480	21.31	-0.550 OK	
06/08/2025	15:30:03	1440	37.95	-0.554 OK	

CONCHIPA E.I.R.L.
 Ing. Saul José Ojeda Cahuana
 Consultor en Geotecnia y Suelos
 Hija, Cuzco, Perú 15001

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto "CONCHIPA E.I.R.L." // Jr. Arica N° 720 - Abancay - Apurímac

conchipa.eirl@gmail.com Cel: 986829921

Figura 91 — Resultado ensayo consolidación C-06 parte 2

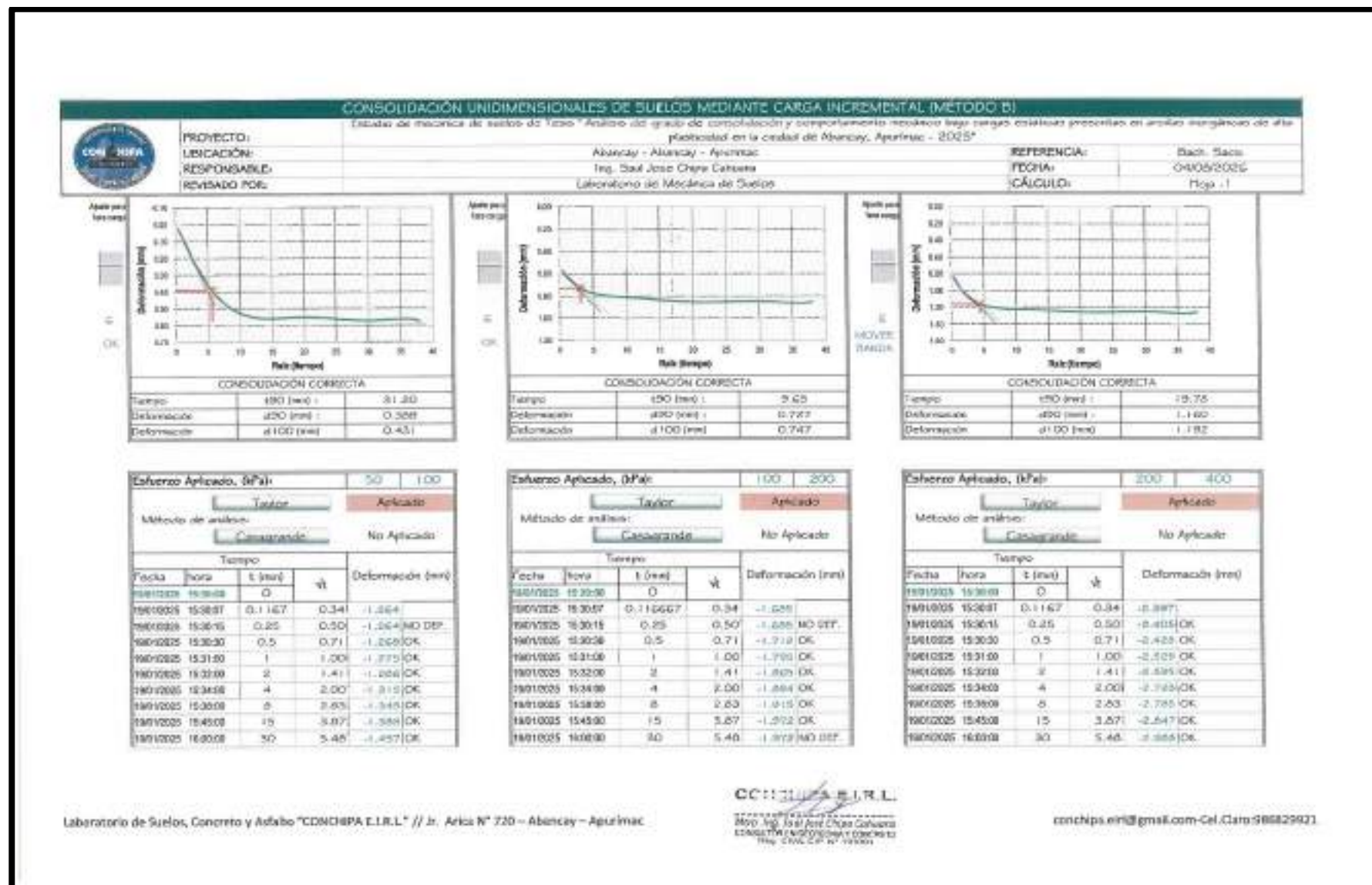
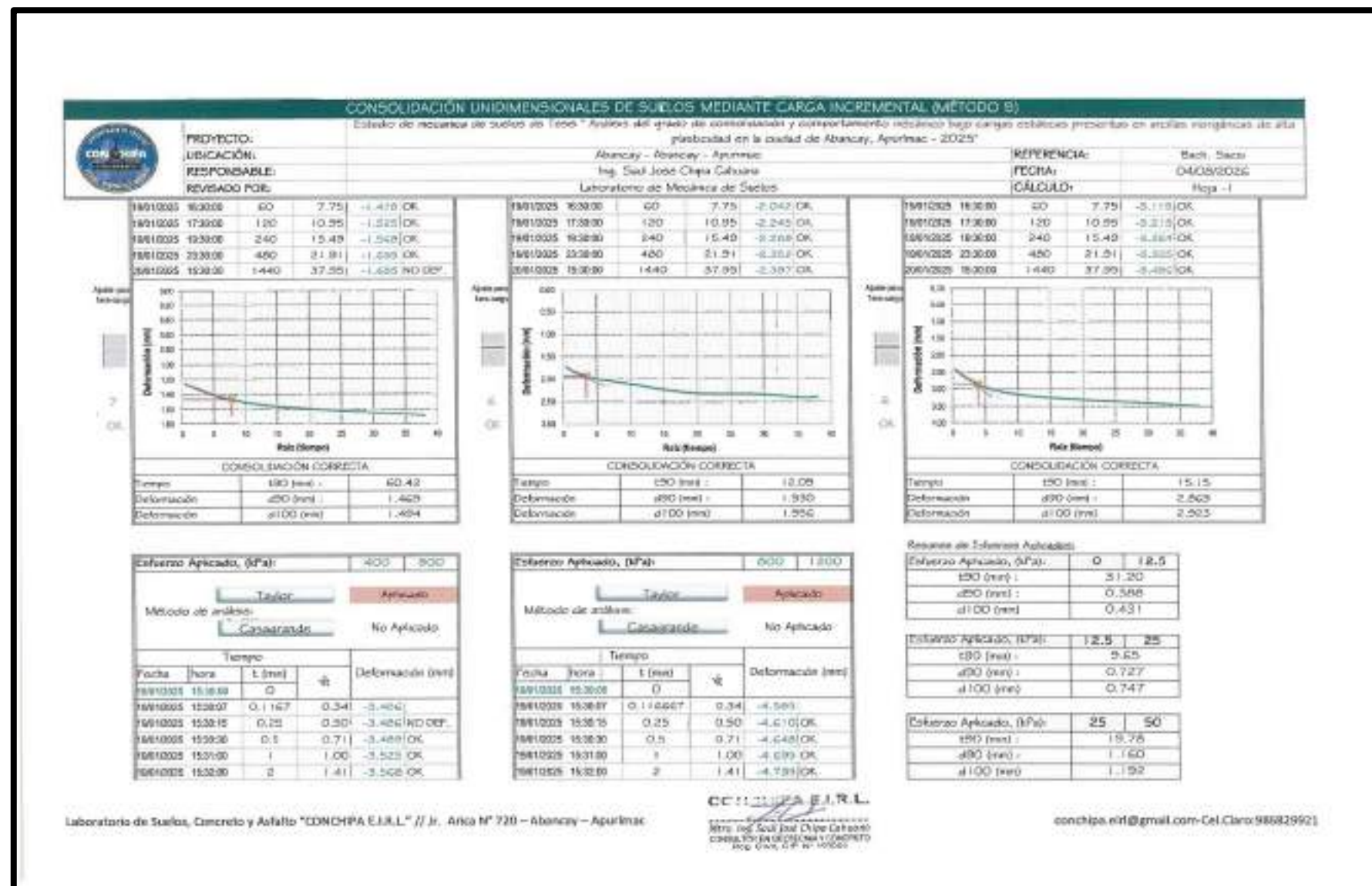


Figura 92 — Resultado ensayo consolidación C-06 parte 3



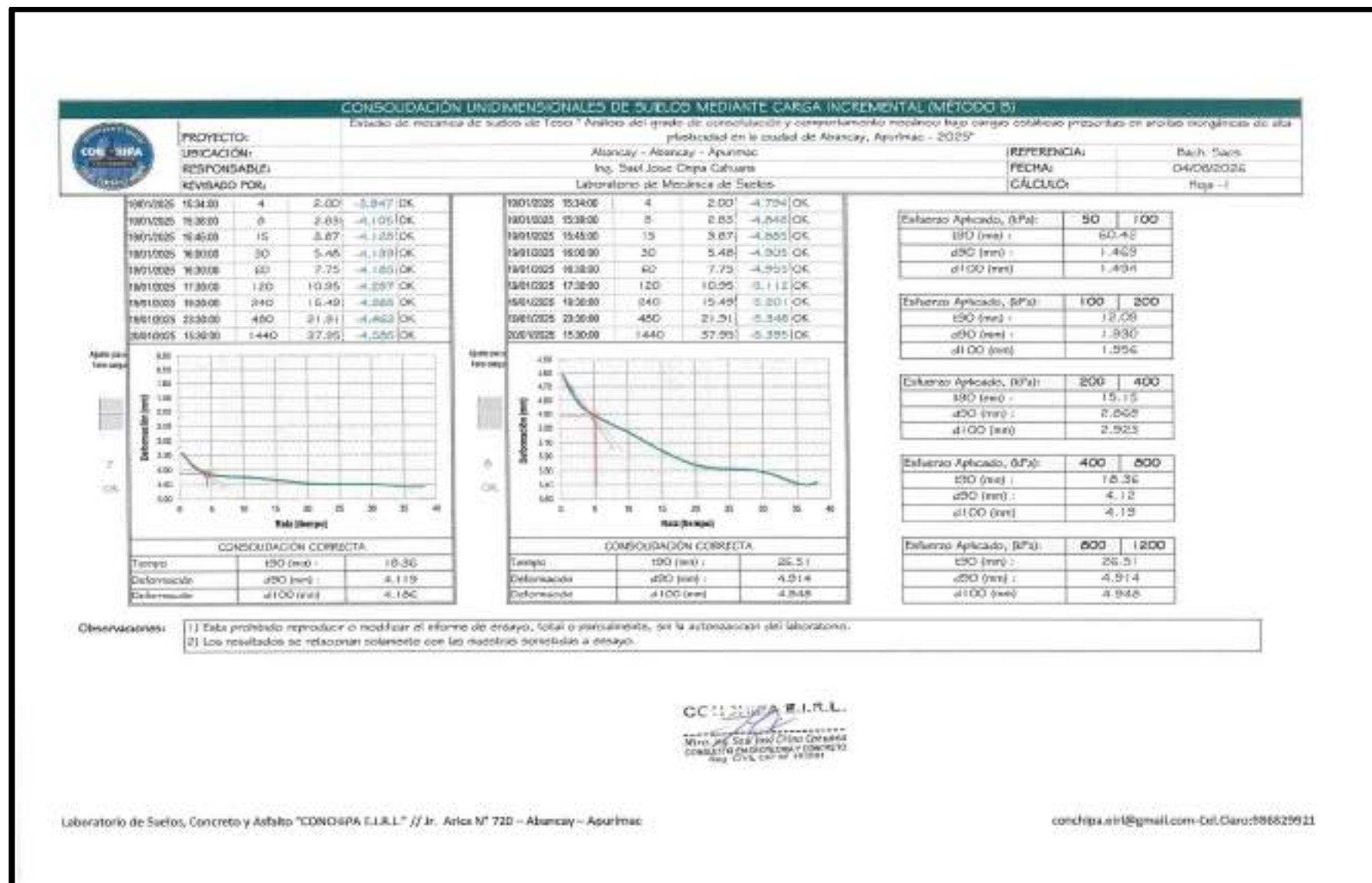


Figura 94 — Resultado ensayo consolidación C-06 parte 5

Anexo C
PANEL FOTOGRAFICO



Figura 95 — Inspección visual de muestra para calicata C-01



Figura 96 — Inspección visual de muestra para calicata C-02



Figura 97 — Inspección visual de muestra para calicata C-03



Figura 98 — Inspección visual de muestra para calicata C-04



Figura 99 — Inspección visual de muestra para calicata C-05 y C-06



Figura 100 — Excavación de calicata C-01



Figura 101 — Excavación de calicata C-02



Figura 102 — Excavación de calicata C-03



Figura 103 — Excavación de calicata C-04



Figura 104 — Excavación de calicata C-05



Figura 105 — Excavación de calicata C-06



Figura 106 — Cuarteo de muestra para la calicata 01



Figura 107 — Cuarteo de muestra para la calicata 02



Figura 108 — Cuarteo de muestra para la calicata 03



Figura 109 — Cuarteo de muestra para la calicata 04



Figura 110 — Cuarteo de muestra para la calicata 05



Figura 111 — Cuarteo de muestra para la calicata 06



Figura 112 — Colocación de muestra en horno para cálculo de contenido de humedad de calicatas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06



Figura 113 — Contenido de humedad de muestras según NTP 339.127



Figura 114 — Análisis granulométrico C-01



Figura 115 — Análisis granulométrico C-02



Figura 116 — Análisis granulométrico C-03



Figura 117 — Análisis granulométrico calicata C-04



Figura 118 — Análisis granulométrico calicata C-05



Figura 119 — Análisis granulométrico calicata C-06



Figura 120 — Limites de Atterberg para la calicata C-01



Figura 121 — Limites de Atterberg para la calicata C-02



Figura 122 — Limites de Atterberg para la calicata C-03



Figura 123 — Limites de Atterberg para la calicata C-04



Figura 124 — Limites de Atterberg para la calicata C-05



Figura 125 — Limites de Atterberg para la calicata C-06



Figura 126 — Muestras para ensayo de corte directo de calitas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06



Figura 127 — Ensayo de corte directo para calicata C-01



Figura 128 — Ensayo de corte directo para calicata C-02



Figura 129 — Ensayo de corte directo para calicata C-03



Figura 130 — Ensayo de corte directo para calicata C-04



Figura 131 — Ensayo de corte directo para calicata C-05



Figura 132 — Ensayo de corte directo para calicata C-06



Figura 133 — Ensayo de consolidación para determinar el grado de consolidación

Anexo D

VALIDACION DE INSTRUMENTO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES
 Tesis titulada: Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025
 Presentado por: Bach. Luis Miguel Sacsi Carrillo

2. DATOS DEL EXPERTO
 Nombre y apellidos: Saul Jose Chipa Cahuana.
 Especialidad: Consultor en Geotecnia y concreto
 Cargo e institución donde labora: Gerente General – Laboratorio de ensayos, suelos, concreto y asfalto CONCHIPA INGENIEROS

3. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
 Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación del especialista eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el cuestionario.

1. Deficiente	2. Regular	3. Buena	4. Muy buena	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componentes	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Esta redactado considerando elementos necesarios				X	
	2. Claridad	Esta formulado con el lenguaje correcto					X
	3. Objetividad	Esta expresada en conducta observable				X	
Contenido	4. Actualidad	Esta con el avance de la ciencia y tecnología					X
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad					X
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación					X
Estructura	7. Organización	Existe una expresión lógica y secuencial				X	
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación				X	
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones					X
	10. Metodología	La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico				X	

4. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
 LA PRESENTE INVESTIGACIÓN DE TESIS CUMPLE CON LA APLICABILIDAD DE ACUERDO A LO OPERACIONALIZADO Y DE ACUERDO CON LOS OBJETIVOS PROPUESTOS EN LA MATRIZ DE CONSISTENCIA
 Y QUE GUARDA RELACION CON LAS FICHA DE RECOLECCION DE DATOS.

LUEGO DE REVISADO EL ESPECIALISTA

Procede su Aplicación (X)

Saul Jose Chipa Cahuana
INGENIERO CIVIL
RUC. C. N° 103661

Debe corregirse ()

Figura 134 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 1

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable X: Grado de consolidación	El grado de consolidación se define proporción del cambio de volumen de vacíos que ha ocurrido en un tiempo determinado, en relación con el cambio total de vacíos necesario para alcanzar el 100% de la consolidación primaria bajo una carga dada, expresado en términos de la reducción de volumen. (Braja M, 2013)	Para determinar el grado de consolidación del suelo, se utilizan varios indicadores que se centran en el coeficiente de consolidación, el factor tiempo, su longitud de drenaje y su módulo de compresibilidad volumétrica y el comportamiento de consolidación del suelo al aplicar cargas estáticas y/o pseudo estáticas sobre este.	Consolidación unidimensional de suelo	Coficiente de consolidación vertical	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Factor tiempo de consolidación	Ficha de laboratorio estandarizado según la NTP 339.154
				Longitud de drenaje de consolidación	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Módulo de compresibilidad volumétrica	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
Variable Y: Comportamiento mecánico	El comportamiento mecánico del suelo es su respuesta ante la aplicación de fuerzas o cargas externas, evaluando su deformabilidad y capacidad de carga. Es fundamental para diseñar cimientos seguros y prevenir deslizamientos, hundimientos o fallas estructurales en cualquier terreno. (Berry y Reid, 2003; Juárez y Rico, 2005)	El comportamiento mecánico del suelo aborda su comportamiento frente a cargas o esfuerzo, evidenciando sus parámetros geotécnicos, capacidad de carga y asentamiento del suelo. Estas propiedades son fundamentales para comprender la estabilidad y el asentamiento del suelo.	Parámetros geotécnicos	Angulo de fricción Cohesión	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.171
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic
		Asentamiento del suelo		Variación de volumen	Ficha de recolección de datos según la E.050 suelos y cimentaciones



 Mtro. Ing. Saul Jose Chipa Cahuana

 INGENIERO CIVIL

 REG. CIR N° 183001

Figura 135 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable X: Grado de consolidación		Metodología 1. Diseño metodológico Enfoque: Cuantitativo Nivel: Correlacional Diseño: No experimental de corte transversal 2. Tipo de investigación Aplicado. 3. Población Superficie: donde predominan los suelos de grano fino de la ciudad de Abancay, Apurímac 4. Muestra La muestra está conformada por 06 calicatas de suelo arcillosos de alta plasticidad 5. muestreo Muestreo no probabilístico de tipo intencional 6. Descripción de los métodos, técnicas e instrumentos Técnica: observación Instrumento: Ficha de recolección de datos de los ensayos de laboratorio 7. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información: hojas de cálculo (EXCEL) y SPSS
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones	Indicadores	
¿Cuál es la relación entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	Analizar la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Existe relación significativa entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Consolidación unidimensional de suelo	Coefficiente de consolidación vertical	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Factor tiempo de consolidación	
				Longitud de drenaje de consolidación	
			Módulo de compresibilidad volumétrica		
			Variable Y: Comportamiento mecánico		
• ¿Cuál es la relación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación de los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Parámetros geotécnicos	Angulo de fricción	
				Cohesión	
• ¿Cuál es la relación entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación de la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	
• ¿Cuál es la relación entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación del asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Asentamiento del suelo	Variación de volumen	



 Mtro. J. J. Saul Jose Chipa Cahuana

 INGENIERO CIVIL

 REG. CIP. N° 193884

Figura 136 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 3

MATRIZ DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

Autor del Estudio:	Bach. Luis Miguel Sacsi Camillo
Enfoque y Diseño:	Cuantitativo, Correlacional, No experimental de corte transversal
Técnica de Recolección:	Observación directa (Ensayos de laboratorio)
Validador del Instrumento:	Ing. Saul Jose Chipa Cahuana (Consultor en Geotecnia - CONCHIPA INGENIEROS)

1. Matriz de Operacionalización e Instrumentos de Recolección de Datos

Variable	Dimensión	Indicador	Fuente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítem / Parámetros a Registrar
Variable X: Grado de Consolidación	Consolidación unidimensional del suelo	Coefficiente de consolidación vertical (Cv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Curva tiempo-deformación • Tiempo para 90% de consolidación (t₉₀) • Altura media de la muestra
		Factor tiempo de consolidación (Tv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Relación tiempo-grado de consolidación (U%)
		Longitud de drenaje de consolidación (Hdr)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria de drenaje (doble) • Espesor efectivo del estrato comprimible
		Módulo de compresibilidad volumétrica (mv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Variación del índice de vacíos (Δe) • Incrementos de esfuerzo efectivo (Δσ')


 Ing. Saul Jose Chipa Cahuana
 CONSULTOR EN GEOTECNIA
 REG. C.O.P. 11000

Figura 137 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 4

Variable	Dimensión	Indicador	Fuente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable Y: Comportamiento Mecánico	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción interna (ϕ)	NTP 339.171 / ASTM D3080	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Esfuerzo cortante último/pico • Esfuerzo normal aplicado (σ_n)
		Cohesión (c)	NTP 339.171	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Envolvente de falla Mohr-Coulomb (intercepto con eje de corte)
	Capacidad de carga	Capacidad portante admisible (q_{adm})	Ecuación geotécnica de Vesic	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic	• Factores de capacidad de carga (N_c, N_q, N_γ) • Profundidad de cimentación (Df) • Ancho de cimentación (B) • Factor de seguridad
	Asentamiento del suelo	Variación de volumen ($\Delta V/V_0$)	Norma E.050 Suelos y Cimentaciones	Ficha de recolección de datos	• Asentamiento inmediato y por consolidación (ΔH) • Deformación unitaria vertical (ϵ_v)

2. Síntesis de Ficha Técnica y Validación por Juicio de Expertos

• **Población y Muestra:** La muestra está conformada por 06 calcatas de suelos arcillosos de alta plasticidad (CH) localizadas en la superficie donde predominan suelos de grano fino en la ciudad de Abancay, Apurímac.

• **Validación por Juicio de Expertos:** Evaluado por el especialista Saul Jose Chipa Cahuana (Gerente General de CONCHIPA INGENIEROS). El dictamen concluyó que PROCEDE SU APLICACIÓN, obteniendo valoraciones cuantitativas máximas (4: Muy Buena / 5: Excelente) en claridad, objetividad, actualidad, suficiencia, intencionalidad y coherencia metodológica.

• **Procesamiento e Instrumentación:** Las técnicas de procesamiento combinan fichas estandarizadas de ensayo de laboratorio registradas mediante hojas de cálculo (Excel) y análisis estadístico inferencial en el programa SPSS.

Figura 138 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 5

HOJA DE REGISTRO DE DATOS - CORTE DIRECTO			
Proyecto:			
Código interno:		Fecha de muestreo:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Emisión:	
Contacto de solicitante:		Fecha de Emisión:	

DATOS PARA EL REGISTRO DE CORTE DIRECTO			
P - 01	P - 02	P - 03	P - 04
Alcance de la muestra (mm)			
Diámetro (mm)			
Área (mm²)			
Alcance de la muestra (mm)			

DATOS PARA EL REGISTRO DE CORTE DIRECTO			
P - 01	P - 02	P - 03	P - 04
Presión nominal de la muestra (kg/cm²)			
Presión nominal (kg)			
Presión nominal (kg/cm²)			
Presión nominal (kg/cm²)			
Presión nominal (kg/cm²)			
Presión nominal (kg/cm²)			
Presión nominal (kg/cm²)			
Presión nominal (kg/cm²)			

Especificaciones		Especificaciones		Especificaciones	
Especificaciones	Especificaciones	Especificaciones	Especificaciones	Especificaciones	Especificaciones
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)
Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)	Presión nominal (kg/cm²)

Cohesión =	
Ángulo de fricción interna =	
Cohesión =	
Ángulo de fricción interna =	

Figura 139 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 6

FICHA DE REDUCCIÓN DE CARGA - CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE SEGUN RELACION DE VERE

Proyecto:			
Código Interno:		Fecha de muestra:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Emisión:	
Confite de solicitante:		Fecha de Validación:	

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE

$$q_{cu} = (5C * IC * C' * N'c + iq * y1 * Df * N'q + 0.5 * Sy * ly * B' * y2 * N'y)$$

DONDE:	DATOS:
q_{cu} : Capacidad de Carga Última	B : m
C' : Cohesión Efectiva (tn/m ²)	L : m
γ : Peso Específico del Suelo (tn/m ³)	$q1$: tn/m ²
B : Ancho de la Zapata (m)	Df : m
L : Longitud de la Zapata (m)	$y1$: tn/m ²
Df : Profundidad de Desplante (m)	$y2$: tn/m ²
ϕ : Angulo de Fricción Interna (°)	ϕ : °
FS : Factor de Seguridad	FS :
q_{adm} : Capacidad de Carga Admisible	Nq :
Factores de capacidad de carga debido a:	
Nc : cohesión	Nq :
Nq : sobrecarga	ic :
Ny : Peso del Suelo	iq :
Coefficientes de corrección debido a:	
IC : inclinación de la carga a la cohesión	yc :
iq : inclinación de la carga a la sobrecarga	iq :
ly : inclinación de la carga a la fricción	yc :
Sy : Forma de la cimentación a la fricción	
SC : Forma de la cimentación a la cohesión	

q_{cu} = tn/m²
 q_{adm} = tn/m²
 q_{adm} = tn/m²
 q_{adm} = kg/cm²

Prof. (m) Df	Ancho B (m)				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1.50					
1.80					
2.00					
2.50					
3.00					

Figura 140 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 7

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - ASENTAMIENTO ELÁSTICO			
Proyecto:			
Código interno:		Fecha de revisión:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de recepción:	
Solicitante:		Fecha de ensayo:	
Contacto de solicitante:		Fecha de emisión:	

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO ELÁSTICO	
Asentamiento en el centro de la zapata:	
$S = 2 \cdot q \cdot B \cdot \frac{1 - \mu^2}{E} \cdot N$	
q=	Kg/cm ²
B=	cm
E=	Kg/cm ²
N=	
μ=	
S=	cm

D=	0.00 m
L=	0.00 m
B=	0.00 m

Si D > B se considerará 75% del asentamiento
 Si D < B se considerará 30% del asentamiento

Asentamiento en las esquinas de la zapata:	
$S = q \cdot B \cdot \frac{1 - \mu^2}{E} \cdot N$	
q=	0.00 Kg/cm ²
B=	0.00 cm
E=	0.00 Kg/cm ²
N=	0.00
μ=	0.00
S=	0.00 cm

Legenda:
 S= Asentamiento, en cm
 q= Presión de contacto, en Kg/cm²
 B= Ancho del área cargada, en cm
 E= Módulo de elasticidad del suelo, en Kg/cm²
 N= Valor de influencia que depende de la relación largo y ancho (L/B) del área cargada
 μ= Módulo de poisson que depende del tipo de suelo

Se observa que la profundidad de desplante es igual al ancho de la zapata
 Por lo tanto los asentamientos finales serán:

Asentamientos en cm										
Prof. (m) Df	Ancho B (m)									
	1.50		2.00		2.50		3.00		3.50	
	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina
1.50										
1.80										
2.00										
2.50										
3.00										



Figura 141 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 8

[illegible]

Ministry of Education and Higher Education
REPUBLIC OF TURKEY
REG. CIR. N° 180001

Figura 143 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 10

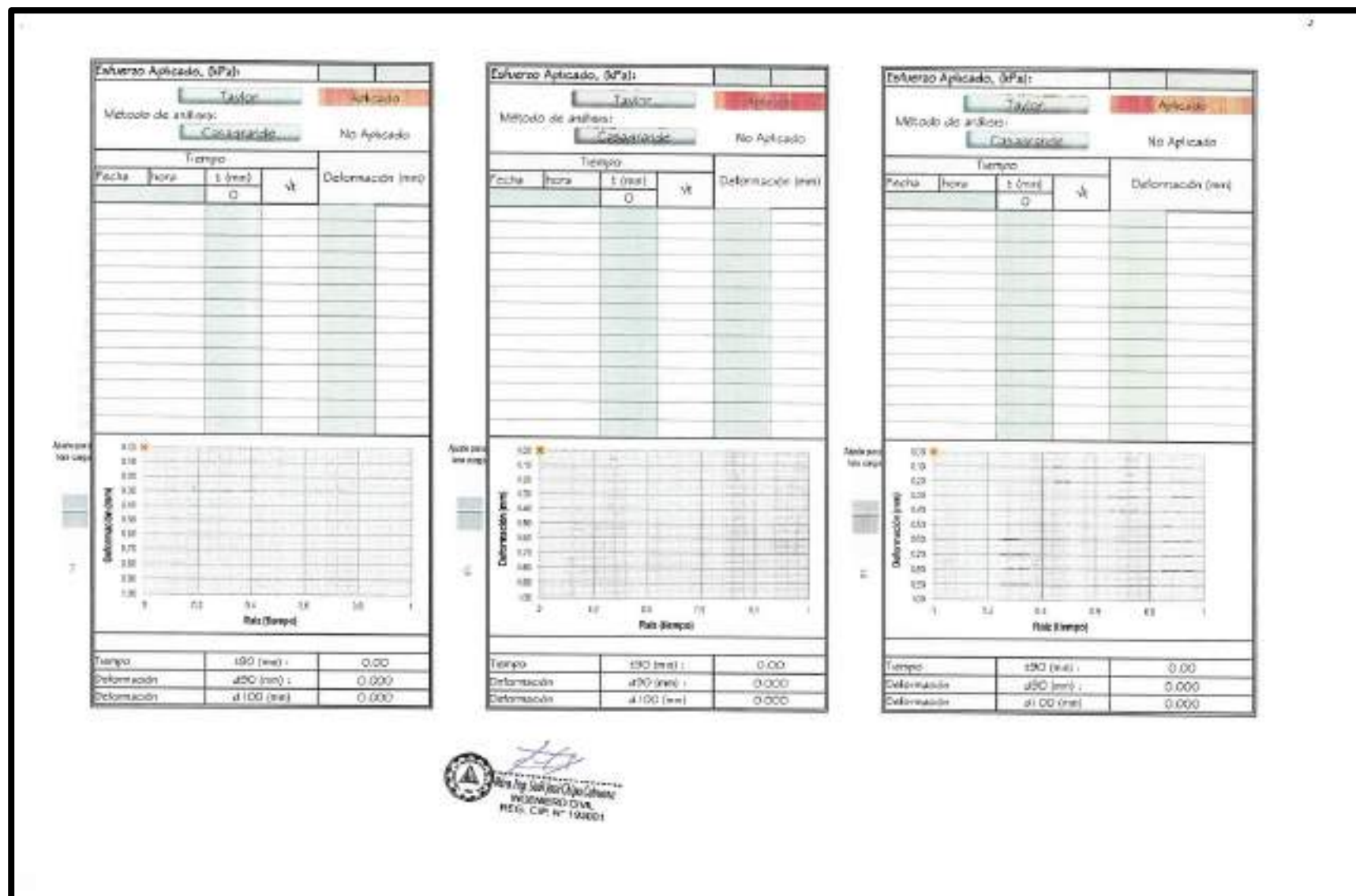


Figura 144 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 11

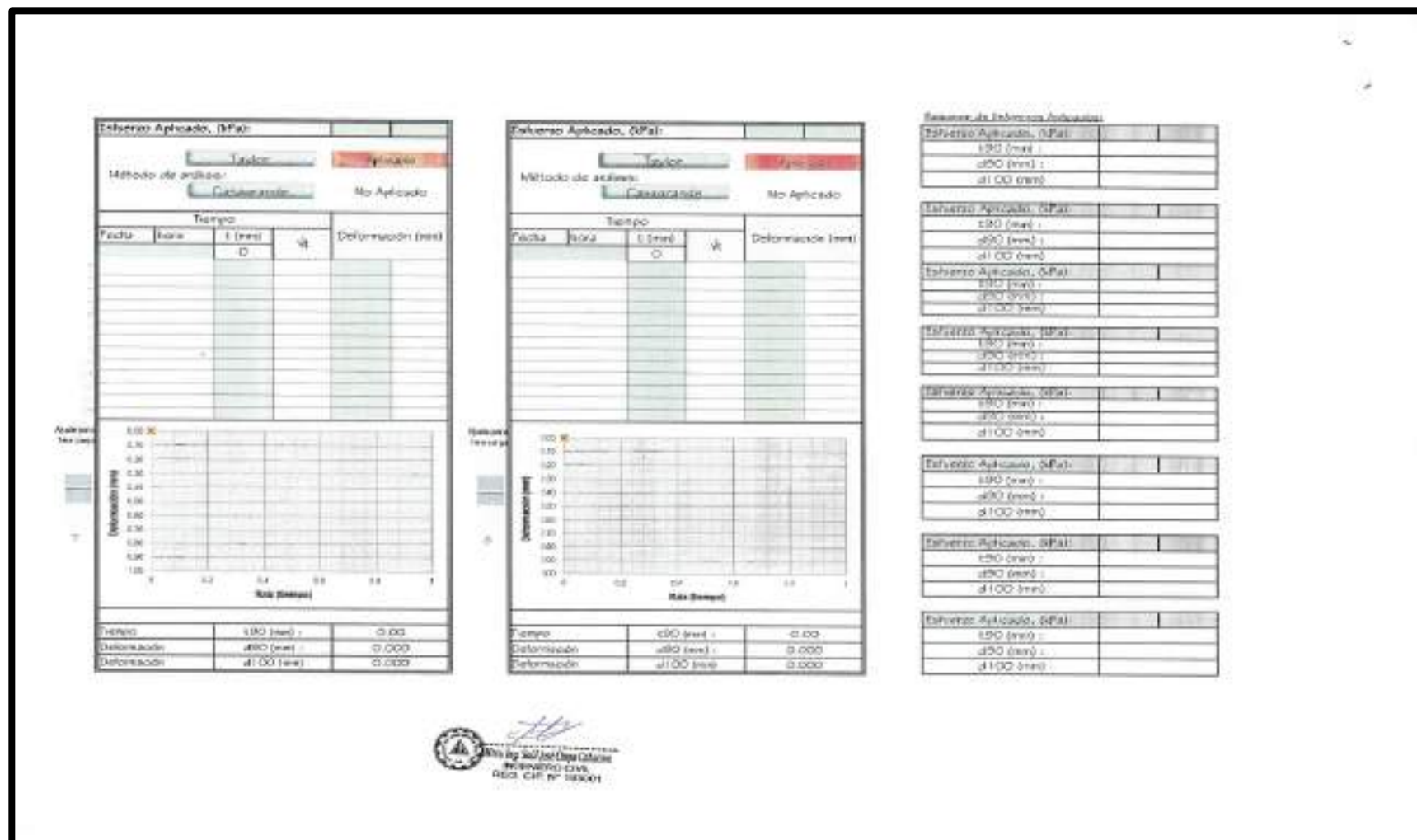


Figura 145 — Validación de instrumento Mtro. Saul Jose Chipa Cahuana, parte 12

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES
 Tesis titulada: Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025
 Presentado por: Bach. Luis Miguel Sacsi Carrillo

2. DATOS DEL EXPERTO
 Nombre y apellidos: Edison Ponce Torres
 Especialidad: Geotecnia y vías terrestres
 Cargo e institución donde labora: Docente universitario – Universidad Nacional Micaela Bastidas

3. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
 Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación del especialista eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el cuestionario.

1. Deficiente	2. Regular	3. Buena	4. Muy buena	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componentes	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Esta redactado considerando elementos necesarios				X	
	2. Claridad	Esta formulado con el lenguaje correcto					X
	3. Objetividad	Esta expresada en conducta observable					X
Contenido	4. Actualidad	Esta con el avance de la ciencia y tecnología				X	
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación					X
Estructura	7. Organización	Existe una expresión lógica y secuencial					X
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación					X
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones					X
	10. Metodología	La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico				X	

4. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
 LA PRESENTE INVESTIGACION DE TESIS CUMPLE CON LA APLICABILIDAD DE ACUERDO A LO OPERACIONALIZADO Y DE ACUERDO CON LOS OBJETIVOS PROPUESTOS EN LA MATRIZ DE CONSISTENCIA Y QUE GUARDA RELACION CON LAS FICHA DE RECOLECCION DE DATOS PROPUESTOS.

•

LUEGO DE REVISADO EL ESPECIALISTA

Procede su Aplicación (X) Debe corregirse ()





Edison Ponce Torres
ING. CIVIL
Docente

Abancay 31 de julio del 2026

Figura 146 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 01

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable X: Grado de consolidación	El grado de consolidación se define proporción del cambio de volumen de vacíos que ha ocurrido en un tiempo determinado, en relación con el cambio total de vacíos necesario para alcanzar el 100% de la consolidación primaria bajo una carga dada, expresado en términos de la reducción de volumen. (Braja M, 2015)	Para determinar el grado de consolidación del suelo, se utilizan varios indicadores que se centran en el coeficiente de consolidación, el factor tiempo, su longitud de drenaje y su módulo de compresibilidad volumétrica y el comportamiento de consolidación del suelo al aplicar cargas estáticas y/o sendo estáticas sobre este.	Consolidación unidimensional de suelo	Coefficiente de consolidación vertical	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Factor tiempo de consolidación	Ficha de laboratorio estandarizado según la NTP 339.154
				Longitud de drenaje de consolidación	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Módulo de compresibilidad volumétrica	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
Variable Y: Comportamiento mecánico	El comportamiento mecánico del suelo es su respuesta ante la aplicación de fuerzas o cargas externas, evaluando su deformabilidad y capacidad de carga. Es fundamental para diseñar cimientos seguros y prevenir deslizamientos, hundimientos o fallas estructurales en cualquier terreno. (Berry y Reid, 2003; Juárez y Rico, 2005)	El comportamiento mecánico del suelo aborda su comportamiento frente a cargas o esfuerzo, evidenciando sus parámetros geotécnicos, capacidad de carga y asentamiento del suelo. Estas propiedades son fundamentales para comprender la estabilidad y el asentamiento del suelo.	Parámetros geotécnicos	Angulo de fricción Cohesión	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.171
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic
			Asentamiento del suelo	Variación de volumen	Ficha de recolección de datos según la E.050 suelos y cimentaciones

Figura 147 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 02

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable X: Grado de consolidación		Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones	Indicadores	
¿Cuál es la relación entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	Analizar la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Existe relación significativa entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Consolidación unidimensional de suelo	Coefficiente de consolidación vertical	1. Diseño metodológico Enfoque: Cuantitativo Nivel: Correlacional Diseño: No experimental de corte transversal 2. Tipo de investigación Aplicado. 3. Población Superficie donde predominan los suelos de grano fino de la ciudad de Abancay, Apurímac 4. Muestra La muestra está conformada por 06 calientes de suelo arcillosos de alta plasticidad 5. muestreo Muestreo no probabilístico de tipo intencional 6. Descripción de los métodos, técnicas o instrumentos Técnica: observación Instrumento: Ficha de recolección de datos de los ensayos de laboratorio 7. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información: hojas de cálculo (EXCEL) y SPSS
				Factor tiempo de consolidación	
				Longitud de drenaje de consolidación	
				Módulo de compresibilidad volumétrica	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Y: Comportamiento mecánico		
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la relación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025? ¿Cuál es la relación entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025? ¿Cuál es la relación entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la relación de los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025. Determinar la relación de la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025. Determinar la relación del asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025 Existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025 Existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025 	Parámetros geotécnicos	Angulo de fricción Cohesión	
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	
			Asentamiento del suelo	Variación de volumen	

Figura 148 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 03

MATRIZ DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

Autor del Estudio:	Bach. Luis Miguel Sacsi Camillo
Enfoque y Diseño:	Cuantitativo, Correlacional, No experimental de corte transversal
Técnica de Recolección:	Observación directa (Ensayos de laboratorio)
Validador del Instrumento:	Ing. Edison Ponce Torres (Docente universitario, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac)

1. Matriz de Operacionalización e Instrumentos de Recolección de Datos

Variable	Dimensión	Indicador	Fuente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable X: Grado de Consolidación	Consolidación unidimensional del suelo	Coefficiente de consolidación vertical (Cv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Curva tiempo-deformación • Tiempo para 90% de consolidación (t₉₀) • Altura media de la muestra
		Factor tiempo de consolidación (Tv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Relación tiempo-grado de consolidación (U%)
		Longitud de drenaje de consolidación (Hdr)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria de drenaje (doble) • Espesor efectivo del estrato comprimible
		Módulo de compresibilidad volumétrica (mv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Variación del índice de vacíos (Δe) • Incrementos de esfuerzo efectivo ($\Delta \sigma'$)



Figura 149 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 04

Variable	Dimensión	Indicador	Puente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable Y: Comportamiento Mecánico	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción interna (ϕ)	NTP 339.171 / ASTM D3080	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Esfuerzo cortante último/pico • Esfuerzo normal aplicado (on)
		Cohesión (c)	NTP 339.171	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Envolvente de falla Mohr-Coulomb (intercepto con eje de corte)
	Capacidad de carga	Capacidad portante admisible (q_{adm})	Ecuación geotécnica de Vesic	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic	• Factores de capacidad de carga (N_c, N_q, N_γ) • Profundidad de cimentación (Df) • Ancho de cimentación (B) • Factor de seguridad
	Asentamiento del suelo	Variación de volumen ($\Delta V/V_0$)	Norma E.050 Suelos y Cimentaciones	Ficha de recolección de datos	• Asentamiento inmediato y por consolidación (ΔH) • Deformación unitaria vertical (cv)

2. Síntesis de Ficha Técnica y Validación por Juicio de Expertos

• **Población y Muestra:** La muestra está conformada por 06 calcatas de suelos arcillosos de alta plasticidad (CH) localizadas en la superficie donde predominan suelos de grano fino en la ciudad de Abancay, Apurímac.

• **Validación por Juicio de Expertos:** Evaluado por el especialista Edison Ponce Torres (Docente Universitario de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac). El dictamen concluyó que **PROCEDE SU APLICACIÓN**, obteniendo valoraciones cuantitativas máximas (4: Muy Buena / 5: Excelente) en claridad, objetividad, actualidad, suficiencia, intencionalidad y coherencia metodológica.

• **Procesamiento e Instrumentación:** Las técnicas de procesamiento combinan fichas estandarizadas de ensayo de laboratorio registradas mediante hojas de cálculo (Excel) y análisis estadístico inferencial en el programa SPSS.

Figura 150 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 5



Figura 151 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 6

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE SEGÚN ECUACION DE VESIC			
Proyecto:			
Código Interno:		Fecha de muestreo:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Ensayo:	
Contacto de solicitante:		Fecha de Emisión:	

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE
$q_{cu} = (SC * IC * C' * N'c + Iq * \gamma_1 * Df * N'q + 0.5 * S_y * \gamma_2 * B' * \gamma_2 * N'y)$

DONDE:	DATOS:
qcu : Capacidad de Carga Última	B: m
C' : Cohesión Efectiva (tn/m²)	L: m
γ : Peso Específico del Suelo (tn/m³)	C: tn/m²
B : Ancho de la zapata (m)	Df: m
L : Longitud de la zapata (m)	γ1: tn/m³
Df : Profundidad de Desplante (m)	γ2: tn/m³
φ : Angulo de Fricción Interna (°)	φ: °
FS : Factor de Seguridad	FS:
qadm: Capacidad de Carga Admisible	Nq:
Factores de capacidad de carga debido a:	Nc:
Nc : cohesión	Nq:
Nq : sobrecarga	Iq:
Ny : Peso del Suelo	Iq:
Coefficientes de corrección debido a:	Iy:
IC: Inclinación de la carga a la cohesión	Sy:
Iq: Inclinación de la carga a la sobre carga	SC:
Iy: Inclinación de la carga a la fricción	
Sy: Forma de la cimentación a la fricción	
SC: Forma de la cimentación a la cohesión	

qcu = tn/m²

qadm = tn/m²

qadm = tn/m²

qadm = kg/cm²

Capacidad de carga admisible para diferentes profundidades y anchos (kg/cm²)					
Prof. (m) Df	Ancho B (m)				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1.50					
1.80					
2.00					
2.50					
3.00					

Figura 152 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 7

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - ASENTAMIENTO ELÁSTICO			
Propósito:			
Código interno:		Fecha de muestra:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Ensayo:	
Contacto de solicitante:		Fecha de Emisión:	

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO ELÁSTICO	
Asentamiento en el centro de la zapata:	
$S = 2 * q * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$	
q=	Kg/cm ²
B=	cm
E=	Kg/cm ²
N=	
μ=	
S=	cm

Df=	0.00 m
Le=	0.00 m
l=	0.00 m

Si Df=0 se considerará 75% del asentamiento
Si Df=0 se considerará 50% del asentamiento

Asentamiento en las esquinas de la zapata:	
$S = q * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$	
q=	0.00 Kg/cm ²
B=	0.00 cm
E=	0.00 Kg/cm ²
N=	0.00
μ=	0.00
S=	0.00 cm

leyenda:
 S= Asentamiento, en cm
 q= Presión de contacto, en Kg/cm²
 B= Ancho del área cargada, en cm
 E= Módulo de elasticidad del suelo, en Kg/cm²
 N= Valor de influencia que depende de la relación largo y ancho (L/B) del área cargada
 μ= Módulo de poisson que depende del tipo de suelo

Se observa que la profundidad de desplante es igual al ancho de la zapata.
 Por lo tanto los asentamientos finales serán:

Asentamientos en cm										
Prof. (m) Df	Ancho B (m)									
	1.50		2.00		2.50		3.00		3.50	
	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina
1.50										
1.80										
2.00										
2.50										
3.00										

Figura 153 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 8

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONALES DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)																					
PROYECTO:																		REFERENCIA:			
UBICACIÓN:																		FECHA:			
RESPONSABLE:																		CÁLCULO:			
REVISADO POR:																					
DESAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONALES DE SUELOS Normativa: ASTM D2435, NTC E 135, NTP 339.1 y 4																				Cálculo: <input type="text"/> Profundidad de la Muestra: <input type="text"/> Equipo y/o Aparato usado: <input type="text"/>	
Método de ensayo:		MÉTODO B según la norma indicada																			
I. Reporte de Resultados																					
		Inicial		Final																	
Masa de la muestra total + anillo																					
Masa muestra sola (gr): M_s (gr)																					
Masa del anillo (gr)																					
Masa seco muestra M_{se} (gr)																					
Porcentaje de humedad W (%)																					
Gravedad específica de los sólidos G_s																					
Volumen de sólidos V_s (cm ³)																					
Diámetro de la muestra D (cm)																					
Altura de la muestra H (cm)																					
Volumen Total V_t (cm ³)																					
Volumen Vacío V_v (cm ³)																					
Relación de vacíos e																					
Grado de Saturación S_r (%)																					
Densidad seca inicial (gd./cm ³)																					
Peso seco unitario (gd./cm ³)																					

Carga / Descarga	Esfuerzo (kPa)	Deform. 0.001 mm	Deform. cm	Altura muestra (cm)	Volumen total (cm ³)	Volumen vacío (cm ³)	Relación de vacíos	Δe	Δe (kPa)	e_s (m ³ /100)	M_v (g ³ /100)	H muestra cm	H drenaje cm	ΔH (mm)	C_c cm/sec	K (cm/sec)	C_c	C_c	C_c	e_0 (kPa)
CARGA																				
DESCARGA																				

Esfuerzo (kPa)

e_s : Coeficiente de compresibilidad
 C_c : Coeficiente de recompresibilidad
 C_r : Índice de expansión

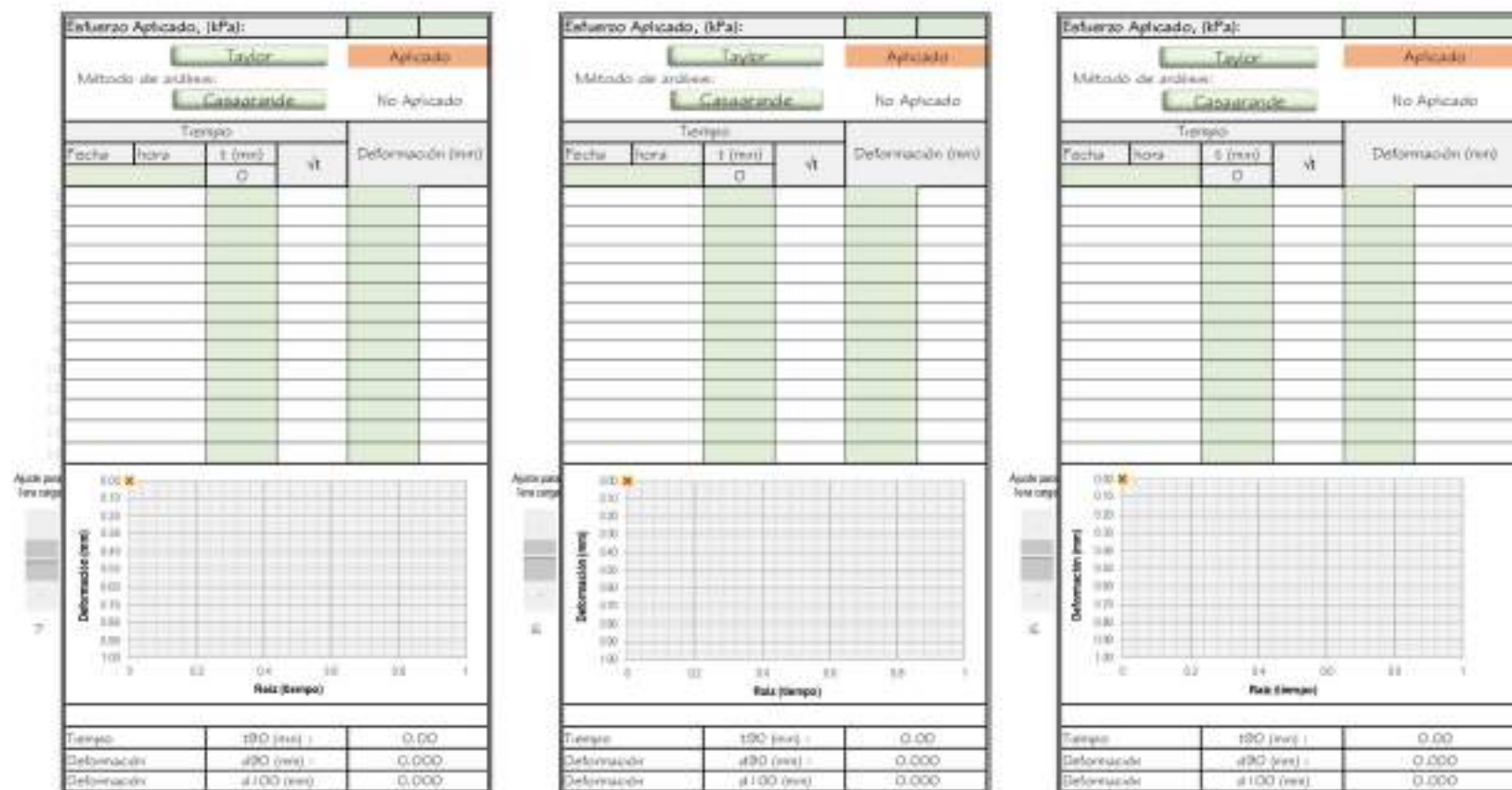
M_v : Módulo de compresibilidad volumétrica
 C_c : Índice de compresión
 ΔH : Presión de preconsolidación

C_c : Coeficiente de consolidación
 C_r : Índice de recompresión

Edison Ponce Torres
Ing. Civil

Figura 154 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 09






David P. Jones
403 E. 1st
PO Box 1000

Figura 156 — Validación de instrumento Ing. Edison Ponce Torres, parte 11

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES
Tesis titulada: Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025
Presentado por: Bach. Luis Miguel Sacsi Carrillo

2. DATOS DEL EXPERTO
Nombre y apellidos: Percy Bravo Oscco
Especialidad: Geotecnia y vías terrestres
Cargo e institución donde labora: Inspector de Obra – Municipalidad Provincial de Cotabambas

3. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación del especialista eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el cuestionario.

1. Deficiente	2. Regular	3. Buena	4. Muy buena	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componentes	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Esta redactado considerando elementos necesarios					X
	2. Claridad	Esta formulado con el lenguaje correcto				X	
	3. Objetividad	Esta expresada en conducta observable				X	
Contenido	4. Actualidad	Esta con el avance de la ciencia y tecnología					X
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación				X	
Estructura	7. Organización	Existe una expresión lógica y secuencial					X
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación				X	
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones					X
	10. Metodología	La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico				X	

4. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
LA PRESENTE INVESTIGACIÓN DE TESIS DEMUESTRA SU APLICABILIDAD EN LA ESPECIALIDAD DE LA MECÁNICA DE SUELOS Y EN EL TEMA SOBRE EL GRADO DE CONSOLIDACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS, APORTANDO CRITERIOS TÉCNICOS PARA SU DESARROLLO.

LUEGO DE REVISADO EL ESPECIALISTA

Procede su Aplicación (X) Debe corregirse ()



Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco
CIP 88881

Abancay 31 de julio del 2025

Figura 158 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 1

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable X: Grado de consolidación	El grado de consolidación se define proporción del cambio de volumen de vacíos que ha ocurrido en un tiempo determinado, en relación con el cambio total de vacíos necesario para alcanzar el 100% de la consolidación primaria bajo una carga dada, expresado en términos de la reducción de volumen. (Brga M, 2013)	Para determinar el grado de consolidación del suelo, se utilizan varios indicadores que se centran en el coeficiente de consolidación, el factor tiempo, su longitud de drenaje y su módulo de compresibilidad volumétrica y el comportamiento de consolidación del suelo al aplicar cargas estáticas y/o sendo estáticas sobre este.	Consolidación unidimensional de suelo	Coeficiente de consolidación vertical	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Factor tiempo de consolidación	Ficha de laboratorio estandarizado según la NTP 339.154
				Longitud de drenaje de consolidación	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Módulo de compresibilidad volumétrica	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
Variable Y: Comportamiento mecánico	El comportamiento mecánico del suelo es su respuesta ante la aplicación de fuerzas o cargas externas, evaluando su deformabilidad y capacidad de carga. Es fundamental para diseñar cimientos seguros y prevenir deslizamientos, hundimientos o fallas estructurales en cualquier terreno. (Berry y Reid, 2003; Juárez y Rico, 2005)	El comportamiento mecánico del suelo aborda su comportamiento frente a cargas o esfuerzo, evidenciando sus parámetros geotécnicos, capacidad de carga y asentamiento del suelo. Estas propiedades son fundamentales para comprender la estabilidad y el asentamiento del suelo.	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción Cohesión	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.171
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic
			Asentamiento del suelo	Variación de volumen	Ficha de recolección de datos según la E.050 suelos y cimentaciones


Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco
(Grado)

Figura 159 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable X: Grado de consolidación		Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones	Indicadores	
¿Cuál es la relación entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	Analizar la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Existe relación significativa entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Consolidación unidimensional de suelo	Coefficiente de consolidación vertical	
				Factor tiempo de consolidación	
				Longitud de drenaje de consolidación	
				Módulo de compresibilidad volumétrica	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Y: Comportamiento mecánico		
• ¿Cuál es la relación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación de los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción	
				Cohesión	
				Capacidad de carga	
				Capacidad portante admisible	
• ¿Cuál es la relación entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación de la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	
				Asentamiento del suelo	
				Variación de volumen	
				Asentamiento del suelo	
• ¿Cuál es la relación entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación del asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Asentamiento del suelo	Variación de volumen	
				Variación de volumen	
				Variación de volumen	
				Variación de volumen	


Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco
CP 00421

Figura 160 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 3

MATRIZ DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

Autor del Estudio:	Bach. Luis Miguel Sacsi Camillo
Enfoque y Diseño:	Cuantitativo, Correlacional, No experimental de corte transversal
Técnica de Recolección:	Observación directa (Ensayos de laboratorio)
Validador del Instrumento:	Magister Percy Bravo Oscco (Inspector de Obra – Municipalidad Provincial de Cotabambas)

1. Matriz de Operacionalización e Instrumentos de Recolección de Datos

Variable	Dimensión	Indicador	Fuente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable X: Grado de Consolidación	Consolidación unidimensional del suelo	Coefficiente de consolidación vertical (Cv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Curva tiempo-deformación • Tiempo para 90% de consolidación (t_{90}) • Altura media de la muestra
		Factor tiempo de consolidación (Tv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Relación tiempo-grado de consolidación (U%)
		Longitud de drenaje de consolidación (Hdr)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria de drenaje (doble) • Espesor efectivo del estrato comprimible
		Módulo de compresibilidad volumétrica (mv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Variación del índice de vacíos (Δe) • Incrementos de esfuerzo efectivo ($\Delta \sigma'$)

Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco
CI 10411

Figura 161 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 4

Variable	Dimensión	Indicador	Fuente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable Y: Comportamiento Mecánico	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción interna (ϕ)	NTP 339.171 / ASTM D3080	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Esfuerzo cortante último/pico • Esfuerzo normal aplicado (σ_n)
		Cohesión (c)	NTP 339.171	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Envolvente de falla Mohr-Coulomb (intercepto con eje de corte)
	Capacidad de carga	Capacidad portante admisible (q_{adm})	Ecuación geotécnica de Vesic	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic	• Factores de capacidad de carga (N_c, N_q, N_γ) • Profundidad de cimentación (D_f) • Ancho de cimentación (B) • Factor de seguridad
	Asentamiento del suelo	Variación de volumen ($\Delta V/V_0$)	Norma E.050 Suelos y Cimentaciones	Ficha de recolección de datos	• Asentamiento inmediato y por consolidación (ΔH) • Deformación unitaria vertical (ϵ_v)

2. Síntesis de Ficha Técnica y Validación por Juicio de Expertos

- **Población y Muestra:** La muestra está conformada por 06 calcatas de suelos arcillosos de alta plasticidad (CH) localizadas en la superficie donde predominan suelos de grano fino en la ciudad de Abancay, Apurímac.
- **Validación por Juicio de Expertos:** Evaluado por el especialista en Geotecnia y Vías terrestres Magister Ingeniero Percy Bravo Oscco (Inspector de Obra – Municipalidad Provincial de Cotabambas). El dictamen concluyó que PROCEDE SU APLICACIÓN, obteniendo valoraciones cuantitativas máximas (4: Muy Buena / 5: Excelente) en claridad, objetividad, actualidad, suficiencia, intencionalidad y coherencia metodológica.
- **Procesamiento e Instrumentación:** Las técnicas de procesamiento combinan fichas estandarizadas de ensayo de laboratorio registradas mediante hojas de cálculo (Excel) y análisis estadístico inferencial en el programa SPSS.


Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco
C. de obra

Figura 162 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 5

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - CORTE DIRECTO			
Proyecto:			
Código Interno:		Fecha de muestreo:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Envío:	
Contacto de solicitante:		Fecha de Emisión:	

DATOS PARA EL RELATO DE CORTE DIRECTO			
	1 - 01	2 - 01	3 - 01
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			

DATOS PARA EL RELATO DE CORTE DIRECTO			
	1 - 01	2 - 01	3 - 01
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			
Altera de la muestra por el			

Peso nominal (kg)	ESPECIMEN 1 10.1 R.D.V. 1		ESPECIMEN 2 10.2 R.D.V. 2		ESPECIMEN 3 10.3 R.D.V. 3	
	Altera de la muestra por el	Altera de la muestra por el	Altera de la muestra por el	Altera de la muestra por el	Altera de la muestra por el	Altera de la muestra por el
Altera de la muestra por el						
Altera de la muestra por el						
Altera de la muestra por el						
Altera de la muestra por el						
Altera de la muestra por el						
Altera de la muestra por el						
Altera de la muestra por el						
Altera de la muestra por el						

Altera de la muestra por el (kg/m²)

Altera de la muestra por el (kg/m²)

● Especimen 1 ▲ Especimen 2 ■ Especimen 3

Altera de la muestra por el (kg/m²)

Altera de la muestra por el (kg/m²)

● Especimen 1 ▲ Especimen 2 ■ Especimen 3

Colección:	0	0	
Altera de la muestra por el:	0	0	
Colección:	0	0	
Altera de la muestra por el:	0	0	

Mgt. Percy Bravo Oscco

OP-0001

Figura 163 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 6

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE SEGÚN ECUACION DE VESIC			
Proyecto:			
Código Interno:		Fecha de muestreo:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Ensayo:	
Contacto de solicitante:		Fecha de Emisión:	

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE
$q_{cu} = (SC * IC * C' * N'c + iq * \gamma_1 * Df * N'q + 0.5 * \gamma_2 * \gamma_2' * B' * \gamma_2' * N'\gamma)$

DONDE:	DATOS:
qcu : Capacidad de Carga Última	B: m
C' : Cohesión Efectiva (tn/m²)	L: m
γ : Peso Específico del Suelo (tn/m³)	C: tn/m²
B : Ancho de la Zapata (m)	Df: m
L : Longitud de la Zapata (m)	γ1: tn/m³
Df : Profundidad de Desplante (m)	γ2: tn/m³
φ : Angulo de Fricción Interna (°)	φ: °
FS : Factor de Seguridad	FS:
qadm: Capacidad de Carga Admisible	N'q:
Factores de capacidad de carga debido a:	
Nc : cohesión	Nc:
Nq : sobrecarga	Nq:
Nγ : Peso del Suelo	Nγ:
Coefficientes de conexión debido a:	
IC : inclinación de la carga a la cohesión	IC:
iq : inclinación de la carga a la sobre carga	iq:
γ : inclinación de la carga a la fricción	γ:
γ2 : forma de la cimentación a la fricción	γ2:
SC : forma de la cimentación a la cohesión	SC:

qcu = tn/m²

qadm = tn/m²

qadm = tn/m²

qadm = kg/cm²

Capacidad de carga admisible para diferentes profundidades y anchos (kg/cm²)						
Prof. (m) Df	Ancho B (m)					
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	
1.50						
1.80						
2.00						
2.50						
3.00						

Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco
DIP. BASO

Figura 164 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 7

FICHA DE RECUPERACION DE DATOS - ASENTAMIENTO ELÁSTICO			
Proyecto:			
Código interno:		Fecha de muestreo:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Emisión:	
Contacto de solicitante:		Fecha de Inicio:	

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Asentamiento en el centro de la zapata:

$$S = 2 * q * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$$

q= Kg/cm²

B= cm

E= Kg/cm²

N=

μ=

S= cm

Df=	0.00 m
L=	0.00 m
B=	0.00 m

Si Df=0 se considerará 75% del asentamiento

Si Df>0 se considerará 50% del asentamiento

Asentamiento en las esquinas de la zapata:

$$S = q * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$$

q= 0.00 Kg/cm²

B= 0.00 cm

E= 0.00 Kg/cm²

N= 0.00

μ= 0.00

S= 0.00 cm

leyenda:

S= Asentamiento, en cm

q= Presión de contacto, en Kg/cm²

B= Ancho del área cargada, en cm

E= Módulo de elasticidad del suelo, en Kg/cm²

N= Valor de influencia que depende de la relación largo y ancho (L/B) del área cargada

μ= Módulo de poisson que depende del tipo de suelo

Se observa que la profundidad de desplante es igual al ancho de la zapata.

Por lo tanto los asentamientos finales serán:

Asentamientos en cm										
Prof. (m) Df	Ancho B (m)									
	1.50		2.00		2.50		3.00		3.50	
	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina
1.50										
1.80										
2.00										
2.50										
3.00										



Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco

Figura 165 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 8

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)									
PROYECTO:							REFERENCIA:		
UBICACIÓN:							FECHA:		
RESPONSABLE:							CÁLCULO:		
REVISADO POR:									

INSAPD
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS
 Normativa: ASIM D2435, MID E 135, NIP 338.154

Método de ensayo: MÉTODO B según la norma nacional

I. Reporte de Resultados

	Inicial	Final
Masa de la muestra total + anillo		
Masa muestra total (gr) M_{11} (gr)		
Masa del anillo (gr)		
Masa seco muestra M_{12} (gr)		
Porcentaje de humedad W (%)		
Gravedad específica de los sólidos G_s		
Volumen de sólidos V_s (cm ³)		
Diámetro de la muestra D (cm)		
Altura de la muestra H (cm)		
Volumen Total V_t (cm ³)		
Volumen Vaciado V_v (cm ³)		
Relación de vacíos e		
Grado de Saturación S_r (%)		
Densidad seca inicial ρ_d (kg/cm ³)		
Peso seco unitario γ_d (kN/m ³)		

Calcula:

Profundidad de la Muestra:

Equipo y/o Aparato usado:

Carga/Desarga	Esfuerzo (kPa)	Deform. 0.001 mm	Deform. cm	Altura muestra (cm)	Volumen total (cm ³)	Volumen vacíos (cm ³)	Relación de vacíos	Δe	Δe (kPa)	α (m ² /kN)	M_v (x'000)	H muestra cm	H drenaje cm	θ (min)	C_v cm ² /seg	K (cm/seg)	C_c	C_e	C_u	n_v (kPa)
CARGA																				
DESCARGA																				

α : Coeficiente de compresibilidad
 K : Coeficiente de Permeabilidad
 C_c : Índice de expansión

M_v : Módulo de compresibilidad volumétrica
 C_v : Índice de compresión
 θ : Presión de Preconsolidación

C_c : Coeficiente de consolidación
 C_u : Índice de recuperación

Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco
CIP 6681

Figura 166 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 9

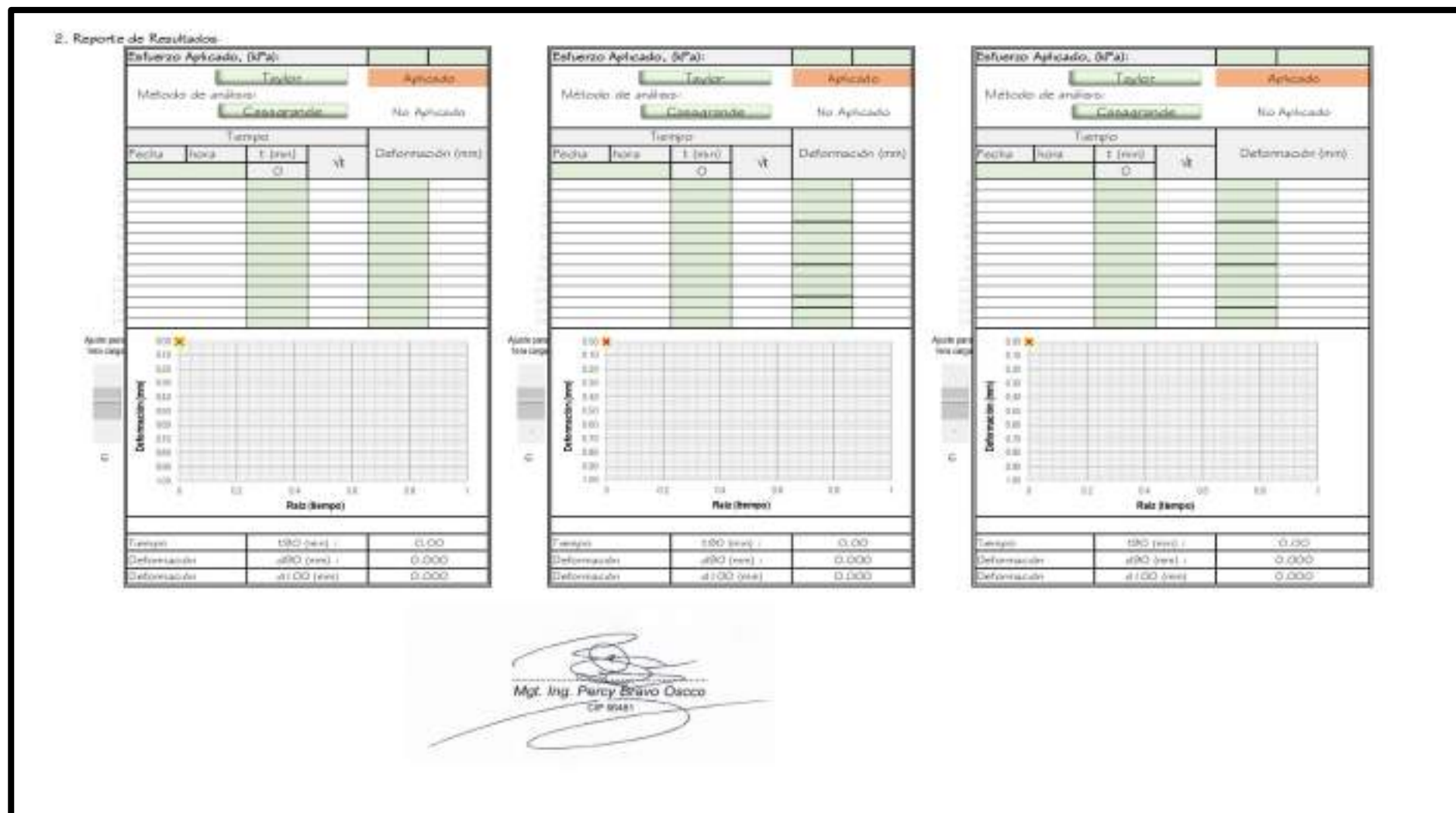


Figura 167 — Validación de instrumento Mgt. Percy Bravo Oscco, parte 10



MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable X: Grado de consolidación	El grado de consolidación se define proporción del cambio de volumen de vacíos que ha ocurrido en un tiempo determinado, en relación con el cambio total de vacíos necesario para alcanzar el 100% de la consolidación primaria bajo una carga dada, expresado en términos de la reducción de volumen. (Braja M, 2013)	Para determinar el grado de consolidación del suelo, se utilizan varios indicadores que se centran en el coeficiente de consolidación, el factor tiempo, su longitud de drenaje y su módulo de compresibilidad volumétrica y el comportamiento de consolidación del suelo al aplicar cargas estáticas y/o pseudo estáticas sobre este.	Consolidación unidimensional de suelo	Coeficiente de consolidación vertical	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Factor tiempo de consolidación	Ficha de laboratorio estandarizado según la NTP 339.154
				Longitud de drenaje de consolidación	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Módulo de compresibilidad volumétrica	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
Variable Y: Comportamiento mecánico	El comportamiento mecánico del suelo es su respuesta ante la aplicación de fuerzas o cargas externas, evaluando su deformabilidad y capacidad de carga. Es fundamental para diseñar cimientos seguros y prevenir deslizamientos, hundimientos o fallas estructurales en cualquier terreno. (Berry y Reid, 2003; Juárez y Rico, 2005)	El comportamiento mecánico del suelo aborda su comportamiento frente a cargas o esfuerzo, evidenciando sus parámetros geotécnicos, capacidad de carga y asentamiento del suelo. Estas propiedades son fundamentales para comprender la estabilidad y el asentamiento del suelo.	Parámetros geotécnicos	Angulo de fricción Cohesión	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.171
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic
		Asentamiento del suelo	Variación de volumen		Ficha de recolección de datos según la E.050 suelos y cimentaciones


 UNIVERSIDAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Mg. Jinmer Bravo Apaza
 DOCENTE

Figura 171 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable X: Grado de consolidación		Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones	Indicadores	
¿Cuál es la relación entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	Análisis la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Existe relación significativa entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Consolidación unidimensional de suelo	Coefficiente de consolidación vertical	1. Diseño metodológico Enfoque: Cuantitativo Nivel: Correlacional Diseño: No experimental de corte transversal 2. Tipo de investigación Aplicado. 3. Población Superficie donde predominan los suelos de grano fino de la ciudad de Abancay, Apurímac 4. Muestra La muestra está conformada por 06 calicatas de suelo arcillosos de alta plasticidad 5. muestreo Muestreo no probabilístico de tipo intencional 6. Descripción de los métodos, técnicas e instrumentos Técnica: observación Instrumento: Ficha de recolección de datos de los ensayos de laboratorio 7. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información: hojas de cálculo (EXCEL) y SPSS
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Factor tiempo de consolidación	
				Longitud de drenaje de consolidación	
				Módulo de compresibilidad volumétrica	
			Variable Y: Comportamiento mecánico		
• ¿Cuál es la relación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación de los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Parámetros geotécnicos	Angulo de fricción	
				Cohesión	
• ¿Cuál es la relación entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación de la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	
• ¿Cuál es la relación entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	• Determinar la relación del asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	• Existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Asentamiento del suelo	Variación de volumen	


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Jinmer Bravo Apaza
DOCENTE

Figura 172 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 3

MATRIZ DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

Autor del Estudio:	Bach. Luis Miguel Sacsi Camillo
Enfoque y Diseño:	Cuantitativo, Correlacional, No experimental de corte transversal
Técnica de Recolección:	Observación directa (Ensayos de laboratorio)
Validador del Instrumento:	Mg. Jinmer Bravo Apaza (Docente universitario, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac)

1. Matriz de Operacionalización e Instrumentos de Recolección de Datos

Variable	Dimensión	Indicador	Fuente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable X: Grado de Consolidación	Consolidación unidimensional del suelo	Coefficiente de consolidación vertical (Cv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Curva tiempo-deformación • Tiempo para 90% de consolidación (t₉₀) • Altura media de la muestra
		Factor tiempo de consolidación (Tv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Relación tiempo-grado de consolidación (U%)
		Longitud de drenaje de consolidación (H _{dr})	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria de drenaje (doble) • Espesor efectivo del estrato comprimible
		Módulo de compresibilidad volumétrica (mv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Variación del índice de vacíos (Δe) • Incrementos de esfuerzo efectivo (Δσ')


Mg. Jinmer Bravo Apaza
Docente

Figura 173 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 4

Variable	Dimensión	Indicador	Fuente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable Y: Comportamiento Mecánico	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción interna (ϕ)	NTP 339.171 / ASTM D3080	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Esfuerzo cortante último/pico • Esfuerzo normal aplicado (σ_v)
		Cohesión (c)	NTP 339.171	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Envolvente de falla Mohr-Coulomb (intercepto con eje de corte)
	Capacidad de carga	Capacidad portante admisible (q_{adm})	Ecuación geotécnica de Vesic	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic	• Factores de capacidad de carga (N_c, N_q, N_γ) • Profundidad de cimentación (Df) • Ancho de cimentación (B) • Factor de seguridad
	Asentamiento del suelo	Variación de volumen ($\Delta V/V_0$)	Norma E.050 Suelos y Cimentaciones	Ficha de recolección de datos	• Asentamiento inmediato y por consolidación (ΔH) • Deformación unitaria vertical (ϵ_v)

2. Síntesis de Ficha Técnica y Validación por Juicio de Expertos

- **Población y Muestra:** La muestra está conformada por 06 calcatas de suelos arcillosos de alta plasticidad (CH) localizadas en la superficie donde predominan suelos de grano fino en la ciudad de Abancay, Apurímac.
- **Validación por Juicio de Expertos:** Evaluado por el especialista Jinmer Bravo Apaza (Docente Universitario de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac). El dictamen concluyó que PROCEDE SU APLICACIÓN, obteniendo valoraciones cuantitativas máximas (4: Muy Buena / 5: Excelente) en claridad, objetividad, actualidad, suficiencia, intencionalidad y coherencia metodológica.
- **Procesamiento e Instrumentación:** Las técnicas de procesamiento combinan fichas estandarizadas de ensayo de laboratorio registradas mediante hojas de cálculo (Excel) y análisis estadístico inferencial en el programa SPSS.


Mg. Jinmer Bravo Apaza
DOCENTE

Figura 174 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 5


 UNIVERSIDAD DE CUENCA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Ing. Jhimer Bravo Apaza
 DOCENTE

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

FICHA DE REGISTRO DE DATOS - CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE SEGUN ECUACION DE VESIC			
Proyecto:			
Código Interno:		Fecha de estudio:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Emisión:	
Carácter de estudio:		Fecha de Emisión:	

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE

$$q_{cu} = (5C \cdot IC \cdot C^* \cdot N_c + I_q \cdot \gamma_1 \cdot Df \cdot N_q + 0.5 \cdot S_y \cdot I_y \cdot B^* \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma)$$

DONDE:	DATOS:
qcu : Capacidad de Carga Última	B : m
C* : Cohesión Efectiva (tn/m²)	L : m
γ : Peso Específico del Suelo (tn/m³)	C : tn/m²
B : Ancho de la Zapata (m)	Df : m
L : Longitud de la Zapata (m)	γ1 : tn/m³
Df : Profundidad de Desplante (m)	γ2 : tn/m³
α : Angulo de Fricción Interna (°)	α : °
FS : Factor de Seguridad	FS :
qadm : Capacidad de Carga Admisible	Nq :
Factores de capacidad de carga debido a:	
Nc : cohesión	Nγ :
Nq : sobrecarga	ic :
Nγ : Peso del Suelo	iq :
Coefficientes de corrección debido a:	
IC : inclinación de la carga a la cohesión	iy :
Iq : inclinación de la carga a la sobrecarga	iy :
Iγ : inclinación de la carga a la fricción	iy :
Sy : Forma de la cimentación a la fricción	SC :
SC : Forma de la cimentación a la cohesión	

qcu = tn/m²

qadm = tn/m²

qadm = tn/m²

qadm = kg/cm²

Prof. (m) Df	Ancho B (m)				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1.50					
1.80					
2.00					
2.50					
3.00					

Mg. Jinmer Bravo Apaza
DOCENTE

Figura 176 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 7

TITULA DE REGISTRO DE DATOS - ASENTAMIENTO ELÁSTICO			
Proyecto:			
Código interno:		Fecha de registro:	
Ubicación del proyecto:		Fecha de recepción:	
Solicitante:		Fecha de ensayo:	
Contacto de solicitante:		Fecha de emisión:	

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO ELÁSTICO	
Asentamiento en el centro de la zapata:	
$S = 2 * q * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$	
q=	Kg/cm ²
B=	cm
E=	Kg/cm ²
N=	
μ=	
S=	cm

Df=	0.00 m
L=	0.00 m
B=	0.00 m

Si: Df > B se considerará 75% del asentamiento
Si: Df > B se considerará 50% del asentamiento

Asentamiento en las esquinas de la zapata:	
$S = q * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$	
q=	0.00 Kg/cm ²
B=	0.00 cm
E=	0.00 Kg/cm ²
N=	0.00
μ=	0.00
S=	0.00 cm

Leyenda:

S= Asentamiento, en cm
q= Presión de contacto, en Kg/cm²
B= Ancho del área cargada, en cm
E= Módulo de elasticidad del suelo, en Kg/cm²
N= Valor de influencia que depende de la relación largo y ancho (L/B) del área cargada
μ= Módulo de poisson que depende del tipo de suelo

Se observa que la profundidad de desplante es igual al ancho de la zapata
Por lo tanto los asentamientos finales serán:

Asentamientos en cm										
Prof. (m) Df	Ancho B (m)									
	1.50		2.00		2.50		3.00		3.50	
	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina
1.50										
1.80										
2.00										
2.50										
3.00										

Mg. Jinmer Bravo Apaza
DOCENTE

Figura 177 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 8

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)																			
PROYECTO: UBICACIÓN: RESPONSABLE: REVISADO POR:										REFERENCIA: FECHA: CÁLCULO:									
OBJETO: CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS Normativa: ASTM D2435, MTC E 135, NTP 339.154										Carga: _____ Probabilidad de la Muestra: _____ Equipo y/o Aparato usado: _____									
Método de ensayo: _____ MÉTODO B según la norma indicada																			
I. Reporte de Resultados																			
		Inicial		Final															
Masa de la muestra total m (g)																			
Masa muestra total (gr) M_t (gr)																			
Masa del anillo (gr)																			
Masa seco muestra M_s (gr)																			
Porcentaje de humedad W (%)																			
Gravedad específica de los sólidos G_s																			
Volumen de sólidos V_s (cm ³)																			
Diámetro de la muestra D (cm)																			
Altura de la muestra H (cm)																			
Volumen Total V_t (cm ³)																			
Volumen Vaciado V_v (cm ³)																			
Relación de vacíos e																			
Grado de Saturación S (%)																			
Densidad seca inicial ρ_d (gr/cm ³)																			
Peso seco unitario γ_d (kN/m ³)																			

Carga Descarga	Carga (kPa)	Deform. 0.001 mm	Deform. cm	Altura muestra (cm)	Volumen total (cm ³)	Volumen vacíos (cm ³)	Relación de vacíos	e	σ_v (kPa)	σ_v (gr/cm ²)	M_v (gr/cm ³)	H muestra (cm)	H drenaje (cm)	σ_v (gr/cm ²)	C_c (gr/seg)	S (gr/seg)	C_u	C_c	C_u	σ_v (kPa)
CARGA																				
DESCARGA																				

Esfuerzo (kPa)

C_c : Coeficiente de compresibilidad

C_u : Coeficiente de permeabilidad

C_r : Índice de recompresión

M_v : Módulo de compresibilidad volumétrica

C_c : Índice de compresión

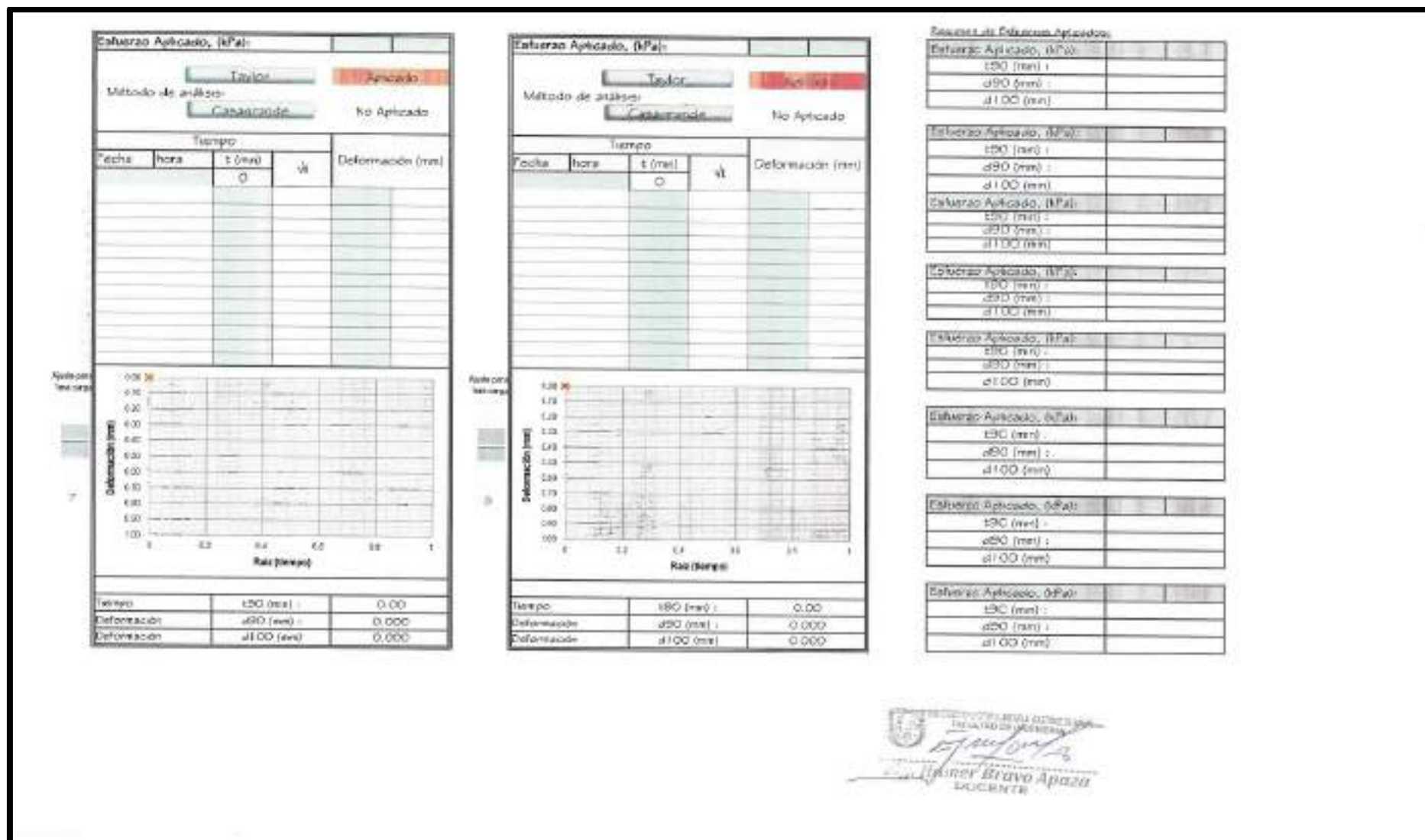
σ_v : Presión de Preconsolidación

C_c : Coeficiente de consolidación

C_r : Índice de recompresión

Mg. Jinmer Bravo Apaza
DOCENTE

Figura 178 — Validación de instrumento Mg. Jinmer Bravo Apaza, parte 9



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES
Tesis titulada: Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025
Presentado por: Bach. Luis Miguel Sacsi Camillo

2. DATOS DEL EXPERTO
Nombre y apellidos: Segundo Eloy Soto Abanto
Especialidad: Estadístico
Cargo e institución donde labora: Docente universitario – Universidad Tecnológica del Perú

3. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación del especialista eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el cuestionario.

1. Deficiente	2. Regular	3. Buena	4. Muy buena	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componentes	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Esta redactado considerando elementos necesarios				X	
	2. Claridad	Esta formulado con el lenguaje correcto					X
	3. Objetividad	Esta expresada en conducta observable				X	
Contenido	4. Actualidad	Esta con el avance de la ciencia y tecnología				X	
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación				X	
Estructura	7. Organización	Existe una expresión lógica y secuencial					X
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación					X
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones					X
	10. Metodología	La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico				X	

4. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
El presente instrumento cumple con la aplicabilidad en la especialidad de la mecánica de suelos.

LUEGO DE REVISADO EL ESPECIALISTA

Procede su Aplicación (X) Debe corregirse ()



Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
CIP. 96754

Abancay 31 de julio del 2026

Figura 182 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 1

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable X: Grado de consolidación	El grado de consolidación se define proporción del cambio de volumen de vacíos que ha ocurrido en un tiempo determinado, en relación con el cambio total de vacíos necesario para alcanzar el 100% de la consolidación primaria bajo una carga dada, expresado en términos de la reducción de volumen. (Baja M, 2013)	Para determinar el grado de consolidación del suelo, se utilizan varios indicadores que se centran en el coeficiente de consolidación, el factor tiempo, su longitud de drenaje y su módulo de compresibilidad volumétrica y el comportamiento de consolidación del suelo al aplicar cargas estáticas y/o pseudo estáticas sobre este.	Consolidación unidimensional de suelo	Coeficiente de consolidación vertical	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Factor tiempo de consolidación	Ficha de laboratorio estandarizado según la NTP 339.154
				Longitud de drenaje de consolidación	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
				Módulo de compresibilidad volumétrica	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.154
Variable Y: Comportamiento mecánico	El comportamiento mecánico del suelo es su respuesta ante la aplicación de fuerzas o cargas externas, evaluando su deformabilidad y capacidad de carga. Es fundamental para diseñar cimientos seguros y prevenir deslizamientos, hundimientos o fallas estructurales en cualquier terreno. (Berry y Reid, 2003; Juárez y Rico, 2005)	El comportamiento mecánico del suelo aborda su comportamiento frente a cargas o esfuerzo, evidenciando sus parámetros geotécnicos, capacidad de carga y asentamiento del suelo. Estas propiedades son fundamentales para comprender la estabilidad y el asentamiento del suelo.	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción Cohesión	Ficha de recolección de datos según la NTP 339.171
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic
			Asentamiento del suelo	Variación de volumen	Ficha de recolección de datos según la E.050 suelos y cimentaciones


Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
CIP. 90754

Figura 183 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable X: Grado de consolidación		Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones	Indicadores	
¿Cuál es la relación entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	Análisis de la relación del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Existe relación significativa entre el grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	Consolidación unidimensional de suelo	Coefficiente de consolidación vertical	1. Diseño metodológico Enfoque: Cuantitativo Nivel: Correlacional Diseño: No experimental de corte transversal 2. Tipo de investigación Aplicado. 3. Población Superficie donde predominan los suelos de grano fino de la ciudad de Abancay, Apurímac 4. Muestra La muestra está conformada por 06 calicatas de suelo arcillosos de alta plasticidad 5. muestreo Muestreo no probabilístico de tipo intencional 6. Descripción de los métodos, técnicas e instrumentos Técnica: observación Instrumento: Ficha de recolección de datos de los ensayos de laboratorio 7. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información: hojas de cálculo (EXCEL) y SPSS
				Factor tiempo de consolidación	
				Longitud de drenaje de consolidación	
			Módulo de compresibilidad volumétrica		
			Variable Y: Comportamiento mecánico		
			Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción	
				Cohesión	
			Capacidad de carga	Capacidad portante admisible	
			Asentamiento del suelo	Variación de volumen	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
<ul style="list-style-type: none">¿Cuál es la relación entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	<ul style="list-style-type: none">Determinar la relación de los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	<ul style="list-style-type: none">Existe relación significativa entre los parámetros geotécnicos y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025			
<ul style="list-style-type: none">¿Cuál es la relación entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	<ul style="list-style-type: none">Determinar la relación de la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	<ul style="list-style-type: none">Existe relación significativa entre la capacidad de carga y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025			
<ul style="list-style-type: none">¿Cuál es la relación entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?	<ul style="list-style-type: none">Determinar la relación del asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025	<ul style="list-style-type: none">Existe relación significativa entre el asentamiento del suelo y el grado de consolidación en arcillas inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025			


 Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
 CIP. 96754

Figura 184 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 3

MATRIZ DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Análisis del grado de consolidación y comportamiento mecánico bajo cargas estáticas prescritas en arcillas Inorgánicas de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

Autor del Estudio:	Bach. Luis Miguel Sacsí Camillo
Enfoque y Diseño:	Cuantitativo, Correlacional, No experimental de corte transversal
Técnica de Recolección:	Observación directa (Ensayos de laboratorio)
Validador del Instrumento:	Dr. Segundo Eloy Soto Abanto (Docente universitario, Universidad Tecnológica del Perú - UTP)

1. Matriz de Operacionalización e Instrumentos de Recolección de Datos

Variable	Dimensión	Indicador	Fuente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable X: Grado de Consolidación	Consolidación unidimensional del suelo	Coefficiente de consolidación vertical (Cv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Curva tiempo-deformación • Tiempo para 90% de consolidación (t₉₀) • Altura media de la muestra
		Factor tiempo de consolidación (Tv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Relación tiempo-grado de consolidación (U%)
		Longitud de drenaje de consolidación (H _{dr})	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria de drenaje (doble) • Espesor efectivo del estrato comprimible
		Módulo de compresibilidad volumétrica (mv)	NTP 339.154 / ASTM D2435	Ficha de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Variación del índice de vacíos (Δe) • Incrementos de esfuerzo efectivo (Δσ')


Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
CIP. 90754

Figura 185 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 4

Variable	Dimensión	Indicador	Puente / Norma Técnica	Instrumento / Ficha	Ítems / Parámetros a Registrar
Variable Y: Comportamiento Mecánico	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción interna (ϕ)	NTP 339.171 / ASTM D3080	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Esfuerzo cortante último/pico • Esfuerzo normal aplicado (σ_n)
		Cohesión (c)	NTP 339.171	Ficha de recolección de datos de ensayo de corte directo	• Envolvente de falla Mohr-Coulomb (intercepto con eje de corte)
	Capacidad de carga	Capacidad portante admisible (q_{adm})	Ecuación geotécnica de Vesic	Ficha de recolección de datos según la ecuación de Vesic	• Factores de capacidad de carga (N_c, N_q, N_γ) • Profundidad de cimentación (D_f) • Ancho de cimentación (B) • Factor de seguridad
	Asentamiento del suelo	Variación de volumen ($\Delta V/V_0$)	Norma E.050 Suelos y Cimentaciones	Ficha de recolección de datos	• Asentamiento inmediato y por consolidación (ΔH) • Deformación unitaria vertical (ϵ_v)

2. Síntesis de Ficha Técnica y Validación por Juicio de Expertos

- **Población y Muestra:** La muestra está conformada por 06 calicatas de suelos arcillosos de alta plasticidad (CH) localizadas en la superficie donde predominan suelos de grano fino en la ciudad de Abancay, Apurímac.
- **Validación por Juicio de Expertos:** Evaluado por el especialista Segundo Eloy Soto Abanto (Docente Universitario de la Universidad Tecnológica del Perú). El dictamen concluyó que PROCEDE SU APLICACIÓN, obteniendo valoraciones cuantitativas máximas (4: Muy Buena / 5: Excelente) en claridad, objetividad, actualidad, suficiencia, intencionalidad y coherencia metodológica.
- **Procesamiento e Instrumentación:** Las técnicas de procesamiento combinan fichas estandarizadas de ensayo de laboratorio registradas mediante hojas de cálculo (Excel) y análisis estadístico inferencial en el programa SPSS.


Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
CIP. 95754

Figura 186 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 5

FICHA DE REGISTRO DE DATOS - CORTE DIRECTO			
Proyecto:			
Código interno:		Fecha de muestreo:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Sello Bordo:		Fecha de Envío:	
Contacto de solicitante:		Fecha de Emisión:	

DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CORTE DIRECTO			
	1 - 01	2 - 02	3 - 03
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			

DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CORTE DIRECTO			
	1 - 01	2 - 02	3 - 03
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			
Almuerzo (kg)			

Peso normal (kg)	EJEMPLO 01		EJEMPLO 02		EJEMPLO 03	
	10.3	20.4	41.3	41.3	41.3	41.3
Columna normal (kg/m²)	Columna normal (kg/m²)	Columna normal (kg/m²)	Columna normal (kg/m²)	Columna normal (kg/m²)	Columna normal (kg/m²)	Columna normal (kg/m²)
Columna normal (kg/m²)						
Columna normal (kg/m²)						
Columna normal (kg/m²)						
Columna normal (kg/m²)						
Columna normal (kg/m²)						
Columna normal (kg/m²)						
Columna normal (kg/m²)						
Columna normal (kg/m²)						
Columna normal (kg/m²)						

Columna	
Almuerzo (kg/m²)	
Columna	
Almuerzo (kg/m²)	

Segundo Eloy Soto Abanto
 CIP. 95754

Figura 187 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 6

FICHA DE RECOPILACION DE DATOS - CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE SEGUN ECUACION DE VEME			
Proyecto:			
Código Interno:		Fecha de muestreo:	
Dirección del Proyecto:		Fecha de Recepción:	
Solicitante:		Fecha de Ensayo:	
Contacto de solicitante:		Fecha de Emisión:	

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE
$q_{cu} = (3C * iC * C' * N'c + i_q * \gamma_1 * Df * N'q + 0.5 * S_y * \gamma_2 * B' * \gamma_2 * N'y)$

DONDE	DATOS
q_{cu} : Capacidad de Carga Última	B : m
C : Cohesión Efectiva (tn/m ²)	i : m
γ : Peso Especifico del Suelo (tn/m ³)	C : tn/m ²
B : Ancho de la Zapata (m)	Df : m
L : Longitud de la Zapata (m)	γ_1 : tn/m ³
Df : Profundidad de Desplante (m)	γ_2 : tn/m ³
ϕ : Angulo de Fricción Interna (°)	ϕ : °
FS : Factor de Seguridad	FS :
q_{adm} : Capacidad de Carga Admisible	$N'q$:
Factores de capacidad de carga debido a:	
$N'c$: cohesión	$N'c$:
$N'q$: sobrecarga	i :
$N'y$: Peso del Suelo	i :
Coefficientes de corrección debido a:	
iC : Inclinación de la carga a la cohesión	i :
i_q : Inclinación de la carga a la sobre carga	S_y :
i : Inclinación de la carga a la fricción	S_y :
S_y : Forma de la cimentación a la fricción	S_y :
S_y : Forma de la cimentación a la cohesión	S_y :

q_{cu} = tn/m²

q_{adm} = tn/m²

q_{adm} = tn/m²

q_{adm} = kg/cm²

Capacidad de carga admisible para diferentes profundidades y anchos (kg/cm ²)					
Prof. (m) Df	Ancho B (m)				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1.50					
1.80					
2.00					
2.50					
3.00					

Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
CIP. 06754

Figura 189 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 7

FORMA DE RECOLECCION DE DATOS - ASENTAMIENTO ELASTICO			
Proyecto:			
Código Interno:		Fecha de muestra:	
Ubicación del Proyecto:		Fecha de Recogida:	
Subcontrato:		Fecha de Ensayo:	
Contexto de recolección:		Fecha de Emisión:	

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO ELÁSTICO	
Asentamiento en el centro de la zapata:	
$S = 2 * q * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$	
q=	Kg/cm ²
B=	cm
E=	Kg/cm ²
N=	
μ=	
S=	cm

Si 0.00 se considera 75% del asentamiento	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Df=</td> <td>0.00 m</td> </tr> <tr> <td>L=</td> <td>0.00 m</td> </tr> <tr> <td>B=</td> <td>0.00 m</td> </tr> </table>	Df=	0.00 m	L=	0.00 m	B=	0.00 m
Df=	0.00 m						
L=	0.00 m						
B=	0.00 m						

Si **0.00** se considera 50% del asentamiento

Asentamiento en las esquinas de la zapata:	
$S = q * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$	
q=	0.00 Kg/cm ²
B=	0.00 cm
E=	0.00 Kg/cm ²
N=	0.00
μ=	0.00
S=	0.00 cm

Leyenda:

- S= Asentamiento, en cm
- q= Presión de contacto, en kg/cm²
- B= Ancho del área cargada, en cm
- E= Módulo de elasticidad del suelo, en kg/cm²
- N= Valor de influencia que depende de la relación largo y ancho (L/B) del área cargada
- μ= Módulo de poisson que depende del tipo de suelo

Se observa que la profundidad de desplante es igual al ancho de la zapata

Por lo tanto los asentamientos finales serán:

Asentamientos en cm										
Prof. (m) Df	Ancho B (m)									
	1.50		2.00		2.50		3.00		3.50	
	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina	Centro	Esquina
1.50										
1.80										
2.00										
2.50										
3.00										



Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
CIP: 98754

Figura 190 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 8

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONALES DE SUELOS MEDIANTE CARGA INCREMENTAL (MÉTODO B)														
PROYECTO:												REFERENCIA:		
UBICACIÓN:												FECHA:		
RESPONSABLE:												CÁLCULO:		
REVISADO POR:														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ENSAYO: CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONALES DE SUELOS Normativa: ASTM D2485, MIG E 135, NTP 339.134 </div> <div> Cálculo: <input type="text"/> Profundidad de la Muestra: <input type="text"/> Espesor y/o Apertura usado: <input type="text"/> </div> </div>														
Método de ensayo: MÉTODO B según la norma indicada														
1. Reporte de Resultados														
		Inicial		Final										
Masa de la muestra total + anillo														
Masa muestra total (gr) M_{11} (gr)														
Masa del anillo (gr)														
Masa seco muestra M_{d1} (gr)														
Porcentaje de humedad W (%)														
Gravedad específica de los sólidos G_s														
Volumen de sólidos V_s (cm ³)														
Diámetro de la muestra D (cm)														
Altura de la muestra H (cm)														
Volumen Total V_{11} (cm ³)														
Volumen Vacíos V_v (cm ³)														
Relación de vacíos e														
Grado de Saturación S (%)														
Densidad masa inicial sat. (g/cm ³)														
Peso seco unitario sat. (kN/m ³)														

Carga Barrera	Esfuerzo (kPa)	Deform. 0.001 mm	Deform. cm	Altura muestra (cm)	Volumen total (cm ³)	Volumen vacíos (cm ³)	Relación de vacíos	e_0	Δe (kPa)	Δe (kN/m ³)	M_d (gr)	M_d (gr)	H (cm)	H (cm)	H (cm)	C_v (cm/s)	K (cm/s)	C_c	C_c	C_c	σ'_v (kPa)
CARGA																					
DESCARGA																					

Relación de vacíos

Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
CIP. 96794

Figura 191 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 9





Segundo Eloy Soto Abanto
 Ing. Segundo Eloy Soto Abanto
 CIP. 96754

Figura 193 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 11



Figura 194 — Validación de instrumento del Ing. Segundo Eloy Soto Abanto, parte 12

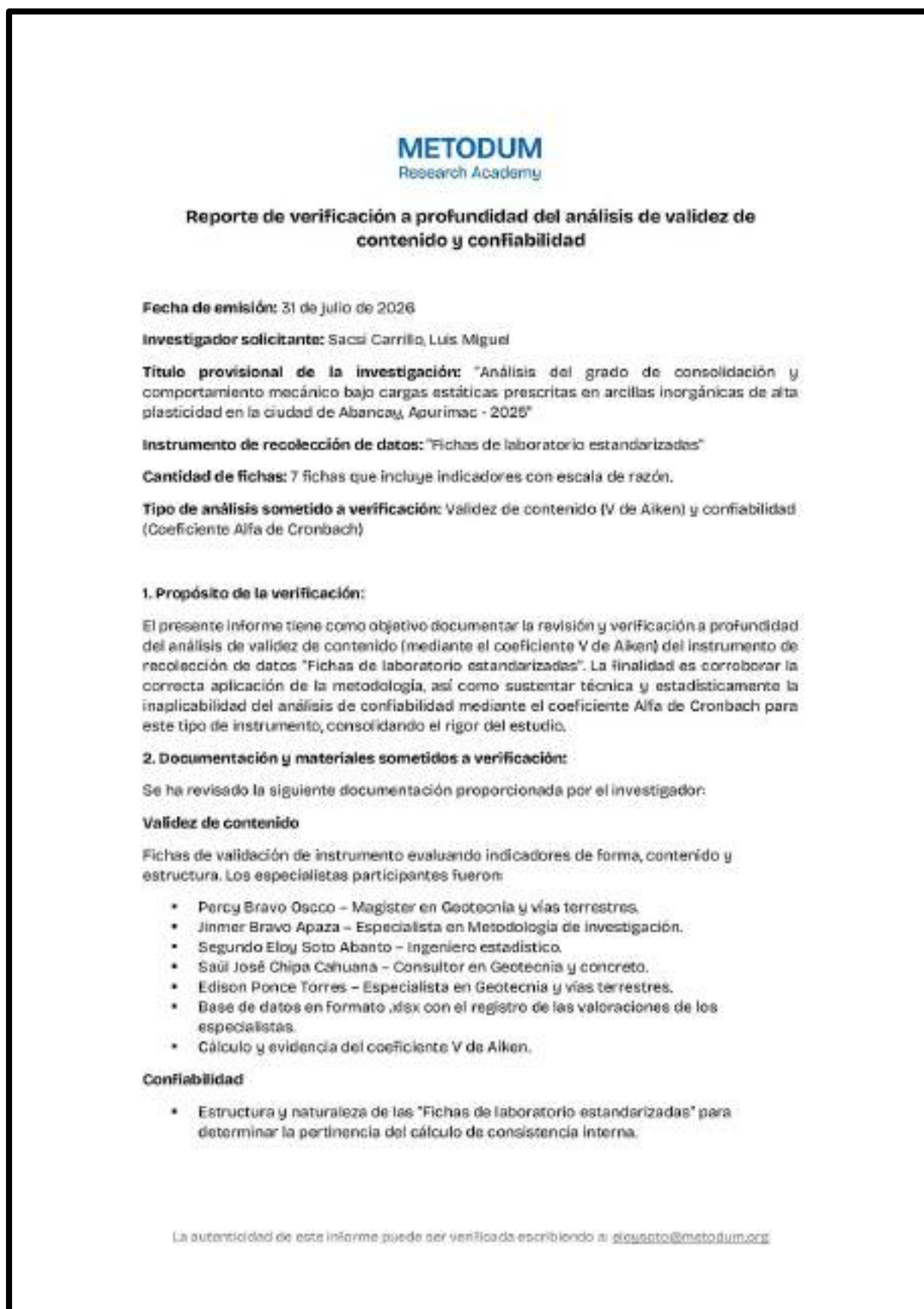


Figura 195 — Verificación de validez de contenido y confiabilidad parte 01

3. Metodología de verificación aplicada:

La verificación se realizó siguiendo los siguientes pasos:

Verificación de la validez de contenido (V de Aiken)

- **Revisión de fichas de expertos:** Se inspeccionó la idoneidad de los perfiles de los especialistas y se verificó la correcta aplicación del formato de evaluación del instrumento.
- **Corroboración del cálculo del coeficiente:** Se re-calculó el coeficiente de V de Aiken utilizando las valoraciones de los especialistas para cada ítem, asegurando la concordancia con el valor reportado.
 - Coeficiente V de Aiken reportado por la investigadora: 0,87
 - Coeficiente V de Aiken verificado por METODUM (Promedio): 0,87
- **Análisis de la Interpretación:** Se evaluó si el valor promedio de V de Aiken es coherente con el estándar de aceptación en la literatura científica ($V \geq 0,70$ o $V \geq 0,80$), que sustenta la alta representatividad de los ítems.

Verificación del análisis de confiabilidad (Alfa de Cronbach)

- **Revisión de la naturaleza del instrumento:** Se inspeccionó el tipo de datos recolectados. Las fichas de registro de laboratorio capturan datos objetivos y mediciones físicas directas organizadas en una escala de razón.
- **Corroboración metodológica:** Se evaluó la viabilidad estadística de aplicar el coeficiente Alfa de Cronbach. Este estadístico mide la consistencia interna en instrumentos diseñados para evaluar constructos latentes, como cuestionarios de actitudes o escalas psicométricas.
- **Análisis de la interpretación:** Se determinó que exigir el cálculo de Alfa de Cronbach para una ficha de registro técnico o de laboratorio constituye un error metodológico. Los ítems de una ficha de laboratorio documentan propiedades físicas independientes y no buscan correlacionarse entre sí para explicar un rasgo subyacente.

4. Resultados de la verificación:

Tras la revisión exhaustiva de los materiales proporcionados, se ha determinado lo siguiente:

Validez de contenido (V de Aiken):

El cálculo del coeficiente V de Aiken fue ejecutado correctamente. El valor promedio verificado es 0,87, el cual es estadísticamente significativo y superior a los criterios de aceptación estándar, lo que garantiza que los ítems del instrumento son altamente pertinentes y relevantes para medir el grado de consolidación y respuesta dinámica de arcillas. La interpretación presentada por el investigador es adecuada y conforme a los lineamientos metodológicos.

Confiabilidad (Alfa de Cronbach):

El análisis de confiabilidad mediante el coeficiente Alfa de Cronbach no es metodológicamente aplicable para este estudio. El instrumento validado corresponde a "Fichas de laboratorio estandarizadas", cuyas variables operan en escala de razón y registran propiedades físicas objetivas. La consistencia interna asume que los ítems son paralelos y miden un mismo constructo subjetivo (típico en cuestionarios). Exigir este coeficiente para registros documentales o de laboratorio carece de sustento estadístico.

La autenticidad de este informe puede ser verificada escribiendo a: pluquesto@metodum.org

Figura 196 — Verificación de validez de contenido y confiabilidad parte 02

5. Conclusión y aval de verificación:

Basado en la metodología de verificación aplicada, METHODUM Research Academy, a través de su especialista, AVALA la correcta ejecución del análisis de Validez de Contenido (V de Aiken) y respalda técnicamente la decisión de prescindir del cálculo del Coeficiente Alfa de Cronbach para el instrumento "Fichas de laboratorio estandarizadas".

Este informe certifica que el proceso de validación y la sustentación metodológica presentados por el investigador han sido sometidos a los más altos estándares de rigor científico para su uso en la investigación.

Atentamente,



Dr. Segundo Eloy Soto Abanto
CIP. 99754

Dr. Segundo Eloy Soto Abanto
Investigador CONCYTEC P0069219
METHODUM Research Academy®
METHODUM EIRL

La autenticidad de este informe puede ser verificada escribiendo a: gsosoto@methodum.org

Figura 197 — Verificación de validez de contenido y confiabilidad parte 03

ANEXOS

V de Aiken – Fichas de laboratorios estandarizadas

Cálculo por especialista – MÉTODUM

Fórmula:

$$V = \frac{\sum X - n.t}{n(c - 1)}$$

Indicador	Juez 1 (Chipaz)	Juez 2 (Ponce)	Juez 3 (Browo O.)	Juez 4 (Browo A.)	Juez 5 (Browo)	Coefficiente V-Aiken
1. Redacción	5	4	4	4	4	0.8
2. Claridad	5	5	5	5	5	1
3. Objetividad	4	4	4	4	4	0.75
4. Actualidad	5	5	5	5	4	0.95
5. SuFiciencia	5	4	4	4	4	0.8
6. Intencionalidad	5	5	5	5	4	0.95
7. Organización	4	5	4	4	5	0.85
8. Coherencia	4	5	5	5	5	0.95
9. Coherencia	5	5	4	4	5	0.9
10. Metodología	4	4	4	4	4	0.75

Escala Aiken's V

V-Aiken	Escala
0.87	Fuerte

La autenticidad de este informe puede ser verificada escribiendo a: plausito@metodum.org

Figura 198 — Cálculo de V de Aiken por el especialista en estadística

Anexo E

CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS



PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079**



INACAL
206 - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro # LC-079

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza
Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-01317-001 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <small>Instrument</small>	MÁQUINA PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p>
Fabricante <small>Manufacturer</small>	TECNICAS CP	<p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments, and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which makes the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Modelo <small>Model</small>	TSTZY-6 DIGITAL ELECTRIC	
Número de Serie <small>Serial Number</small>	201009	
Identificación interna <small>Internal Identification</small>	PCOR-01	
Capacidad Máxima <small>Maximum Capacity</small>	2000 N	
Solicitante <small>Customer</small>	CONCHPAEIRL	
Dirección <small>Address</small>	JR. LA VICTORIA Nº 311	
Ciudad <small>City</small>	ABANCAY	
Fecha de Calibración <small>Date of Calibration</small>	2026 - 03 - 04	
Fecha de Emisión <small>Date of Issue</small>	2026 - 03 - 10	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <small>Number of pages of the certificate and documents attached</small>	04	

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not done out of context. Unapproved calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado (Certificado Firmado Digitalmente)
Signature Authorizing the Certificate (Digitally Signed Certificate)



Ing. Sergio Alan Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Br. Paredarmino Castillo
Asistente de Laboratorio de Metrología



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 398 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 199 — Certificado de calibración - máquina de ensayo de corte directo parte 01

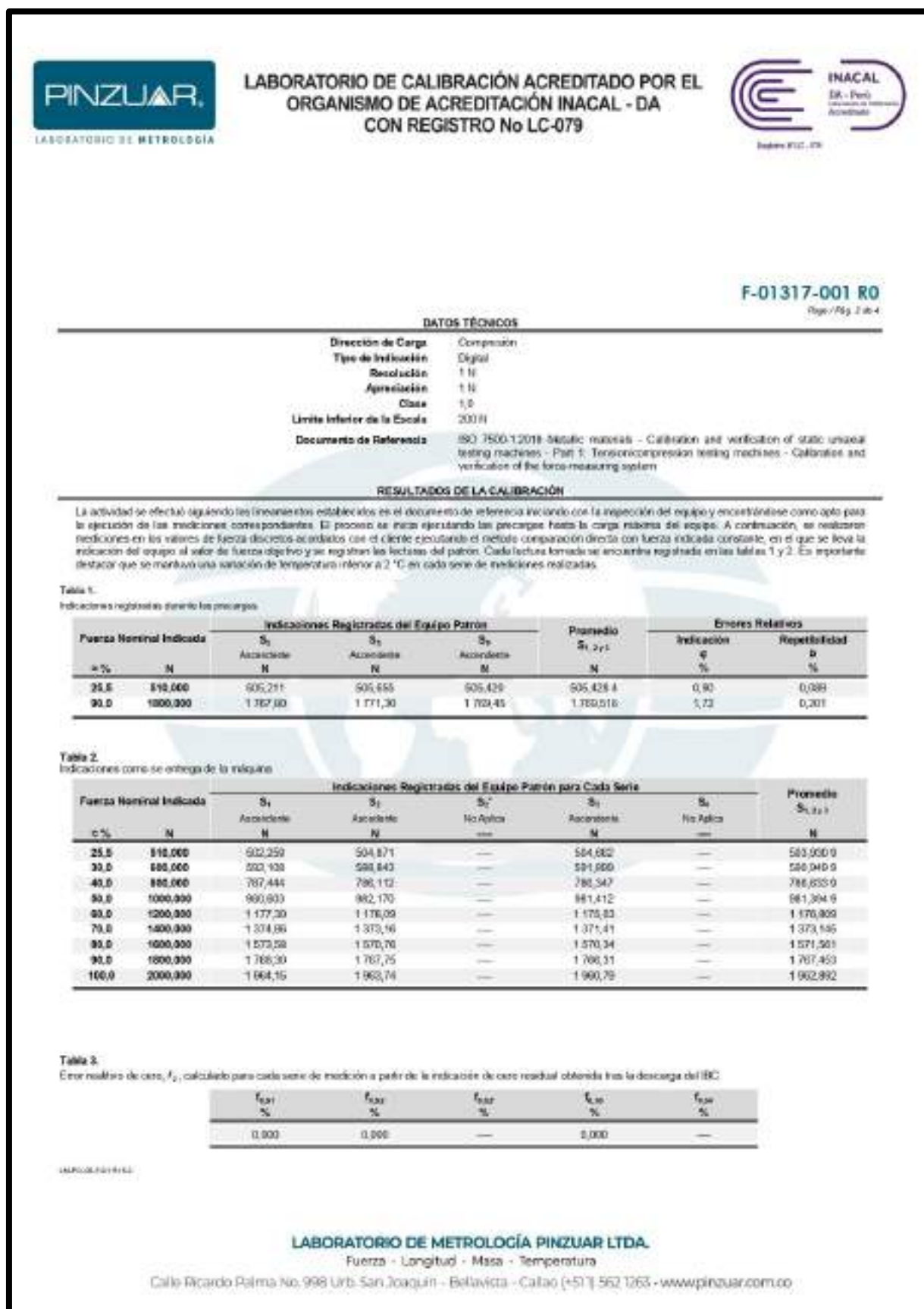


Figura 200 — Certificado de calibración - máquina de ensayo de corte directo parte 02

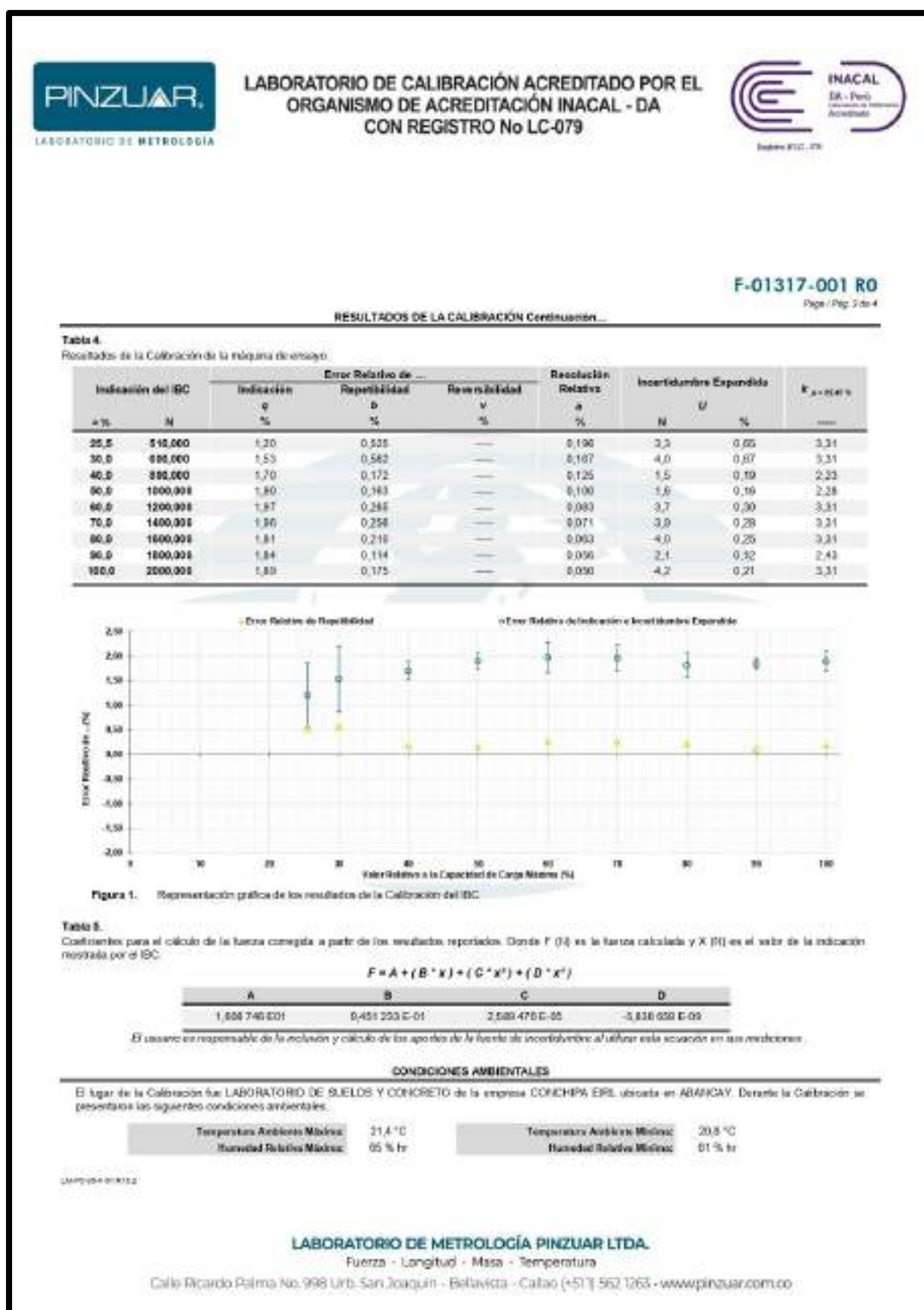


Figura 201 — Certificado de calibración - máquina de ensayo de corte directo parte 03



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079**



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación

F-01317-001 RO
Página 1 de 2

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de medición declarada se expresa como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k , de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente el 95%. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement, First Edition, September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante es la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/los certificado(s) de calibración de estos patrones(s) usados(s) como referencia para la calibración en cuestión, se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Cosa	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 5 kN	TCSTM	500037	0.5	ONM CC-720-136/2020 de CENAM	2027-07

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracterizan la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static universal testing machines - Part 1; Testen en pressen testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0.5	0.5	0.5	0.7%	0.05	0.25
1	1.0	1.0	1.5%	0.10	0.50
2	2.0	2.0	3.0%	0.20	1.00
3	3.0	3.0	4.5%	0.30	1.50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usó la coma (,) como separador decimal.
2. Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
3. En cualquier caso, la máquina de ensayo debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Norma 0. ISO 7500-1:2018.
4. Se adjunta etiqueta de calibración No: **F-01317-001**

Hoja del Certificado

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 202 — Certificado de calibración - máquina de ensayo de corte directo parte 04



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LFP - 571 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Orden de trabajo	OT 0797-25	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p>
2. Solicitante	CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO	
3. Dirección	Jr. La Victoria Nro. 311, Abancay - Abancay - APURIMAC	
4. Equipo	CONSOLIDÓMETRO	
Cantidad de cámaras	3	<p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde depositar en su momento la ejecución de una renovación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, tampoco de los datos proporcionados por el cliente y ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
Marca	TECNICAS	
Modelo	WG-3B	
Número de Serie	B304 (*)	
Procedencia	CHINA	
Identificación	ECU-01 (**)	<p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p>
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de calibración	2025-09-26	<p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2025-09-30	 <p>Firmado digitalmente por Sebastian F. Tello Manama Fecha: 2025.09.30 16:20:57 -05'00'</p>	

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. E1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA.
Tel: (511) 809 1342
CRA: (511) 981 232 199 / 977 488 282

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinacion@metrologiatecnicas.pe
gerencia@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 203 — Certificado de calibración - consolidometro parte 01


METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LFP - 571 - 2025

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La verificación se realizó determinando el valor real del factor de aplicación de carga al utilizar el brazo multiplicador empleando cargas de prueba (pesas propias del consolidómetro), la fuerza real aplicada se mide sobre una celda calibrada.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
 Av. Santa Ana N° H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	64 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2022-1 95857	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0.27 %	LEDI-PUCP MS-LE 186-25 A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (*) Serie grabado en el equipo.
- (**) Número de identificación indicado en una etiqueta añadida al equipo

Metrología & Técnicas S.A.C.
 Av. San Diego de Alcalá Mz. E7 lote 24 Urb. San Diego, SMP - LIMA
 Tel: (511) 809 1342
 Cel: (511) 981 232 199 / 977 488 282

ventas@metrologiatecnicas.pe
 coordinacion@metrologiatecnicas.pe
 gerencia@metrologiatecnicas.pe
 www.metrologiatecnicas.pe

Figura 204 — Certificado de calibración - consolidometro parte 02



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LFP - 571 - 2025

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

Método de calibración
Método: Cargas de prueba.
Se mide la fuerza real aplicada sobre una carga calibrada.

CAMARA 1

Factor de Multiplicación 1 : 12

Carga (kg)	Lectura 1 (kg)	Lectura 2 (kg)	Lectura 3 (kg)	Factor
0,319	3,85	3,85	3,9	12,1
0,637	7,75	7,75	7,8	12,2
1,275	14,50	14,50	14,5	11,4
2,550	30,35	30,35	30,4	11,9
5,100	60,35	60,35	60,4	11,8
9,235	109,25	109,25	109,3	11,8
20,400	243,90	243,85	243,9	12,0
Promedio				11,9

CAMARA 2

Factor de Multiplicación 1 : 12

Carga (kg)	Lectura 1 (kg)	Lectura 2 (kg)	Lectura 3 (kg)	Factor
0,319	3,85	3,85	3,85	12,1
0,637	7,75	7,75	7,75	12,2
1,275	14,50	14,50	14,55	11,4
2,550	30,30	30,30	30,35	11,9
5,100	60,35	60,35	60,40	11,8
9,235	109,25	109,25	109,30	11,8
20,400	244,15	244,20	244,15	12,0
Promedio				11,9

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. E7 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA.
Tel: (511) 809 1342
Cel: (511) 981 232 159 / 972 488 282

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinacion@metrologiatecnicas.pe
gerencia@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 205 — Certificado de calibración - consolidometro parte 03



METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LFP - 571 - 2025

Página 4 de 4

CÁMARA 3

Factor de Multiplicación 1 : 12

Carga (kg)	Lectura 1 (kg)	Lectura 2 (kg)	Lectura 3 (kg)	Factor
0,375	3,85	3,85	3,90	12,1
0,637	7,75	7,75	7,80	12,2
1,275	14,90	14,95	14,90	11,7
2,550	30,35	30,35	30,40	11,8
5,100	60,35	60,40	60,40	11,8
9,235	109,30	109,35	109,35	11,8
20,400	243,80	243,75	243,85	12,0
			Promedio	11,9

Metrologia & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. E7 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 809 1342
Cel: (511) 981 232 199 / 977 488 282

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinacion@metrologiatecnicas.pe
gerencia@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 206 — Certificado de calibración – consolidometro parte 04



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicio de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LL - 343 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 1

1. Orden de trabajo	OT 0797-25	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realicen las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p>
2. Solicitante	CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO	<p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puede ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, tampoco por los datos proporcionados por el cliente y ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
3. Dirección	Jr. La Victoria Nro. 311, Abancay - Abancay - APURIMAC	
4. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)	
Alcance de indicación	1 mm a 10 mm	
División de Escala / Resolución	0.01 mm	
Marca	NEUTER	
Modelo	VAR111	
Número de Serie	2562444 (*)	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Tipo de indicación	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	2025-09-25	

<p>Fecha de Emisión</p> <p>2025-09-30</p>	<p>Responsable de laboratorio</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Firmado digitalmente por Sebastian F. Tello Manama Fecha: 2025.09.30 12:29:01 -05'00'</p>	<p>Sello</p> <div style="text-align: center;">  </div>
--	--	--

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 Lote 28 Urb. San Diego, AWP, LIMA
Tel: (511) 509 1242
Cel: (511) 981 253 106 / 971 439 202

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinacion@metrologiatecnicas.pe
gestion@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 207 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-343-2025 parte 01



METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 343 - 2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del DM - INACAL, Tercera Edición, 2019.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mza. H lote. 2 Urb. San Diego Vipol - San Martín de Porres - LIMA.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22.9 °C	22.9 °C
Humedad Relativa	49 %	48 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/informe de calibración
Patrones de la DM-INACAL Bloques patrón (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	<u>DM / INACAL</u> <u>LLA-C-084-2023</u>
Patrones de la DM-INACAL Comparador de bloques patrón		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (I) Serie grabado en el instrumento.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 Lote 28 Urb. San Diego, ADF, LIMA
Tel: (511) 509 1242
Cel: (511) 981 253 106 / 971 439 202

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinacion@metrologiatecnicas.pe
gestion@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 208 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-343-2025 parte 02



Figura 209 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-343-2025 parte 03



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicio de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 344 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Figura 1 de 3

1. Orden de trabajo	OT 0797-25	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO	<p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, tampoco por los datos proporcionados por el cliente y ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
3. Dirección	Jr. La Victoria Nro. 311, Abancay - Abancay - APURIMAC	
4. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)	
Alcance de indicación	1 mm a 10 mm	
División de Escala / Resolución	0,01 mm	
Marca	NEUTER	
Modelo	VAR111	
Número de Serie	2581988 (*)	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Tipo de indicación	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	2025-09-25	

Fecha de Emisión

2025-09-30

Responsable de laboratorio



Firmado digitalmente por
Sebastian F. Tello
Manama
Fecha: 2025.09.30
12:34:31 -05'00'

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá 86a. 13 box 24 Urb. San Diego, SMP - LIMA
Tel: 011 2908 1303
Cel: 011 981 213 100 / 971 439 202

ventas@metrologiatecnicas.pe
calibraciones@metrologiatecnicas.pe
gestion@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 210 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-344-2025 parte 01



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicio de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 344 - 2025

Página 2 de 2

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del DM - INACAL Tercera Edición, 2019.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mza. H lote 2 Urb. San Diego Vipol - San Martín de Porres - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,9 °C	22,9 °C
Humedad Relativa	49 %	48 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/informe de calibración
Patrones de la DM-INACAL Bloques patrón (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	<u>DM / INACAL</u> <u>LLA-C-084-2023</u>
Patrones de la DM-INACAL Comparador de bloques patrón		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**
- (*) Serie grabado en el instrumento.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá 865, 1° piso 24 Urb. San Diego, SMP - LIMA
Tel: 011 220 1303
Cel: 011 220 213 100 / 971 439 202

ventas@metrologiatecnicas.pe
operaciones@metrologiatecnicas.pe
gestion@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 211 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-344-2025 parte 02

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 344 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

11. Resultados de Medición

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μ m)
1,0	1,007	7
2,0	2,000	0
3,0	3,009	9
4,0	4,010	10
5,0	5,009	9
6,0	6,011	11
7,0	7,012	12
8,0	8,009	9
9,0	9,007	7
10,0	10,010	10

Alcance del error de indicación (f_e) : 12 μ m

Incertidumbre del error de indicación : ± 137 μ m para ($k=2$)

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_r)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μ m)
10,0	10,010	10
	10,010	10
	10,010	10
	10,010	10
	10,010	10

Error de Repetibilidad (f_r) : 0 μ m

Incertidumbre del error de indicación : ± 137 μ m para ($k=2$)

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá 86a. 13 box 24 Urb. San Diego, SMP - LIMA
Tel: 011 220 1300
Cel: 011 220 1300 / 011 439 200

ventas@metrologiatecnicas.pe
operaciones@metrologiatecnicas.pe
gestion@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 212 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-344-2025 parte 03



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicio de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 345 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Figura 1 de 3

1. Orden de trabajo	OT 0797-25	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO	
3. Dirección	Jr. La Victoria Nro. 311, Abancay - Abancay - APURIMAC	
4. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Alcance de indicación	1 mm a 10 mm	
División de Escala / Resolución	0,01 mm	
Marca	NEUTER	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, tampoco por los datos proporcionados por el cliente y ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Modelo	VAR111	
Número de Serie	153817 (*)	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Tipo de indicación	ANALÓGICO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Calibración	2025-09-26	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión	Responsable de laboratorio	Sello
2025-09-30	 Firmado digitalmente por Sebastian F. Tello Manama Fecha: 2025.09.30 12:37:31 -05'00'	

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá 86a. 13 box 24 Urb. San Diego, SMP - LIMA
Tel: 011 2908 1303
Cel: 011 981 213 100 / 971 439 202

ventas@metrologiatecnicas.pe
calibraciones@metrologiatecnicas.pe
gestion@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 213 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-345-2025 parte 01



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicio de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 345 - 2025

Página 2 de 2

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del DM - INACAL Tercera Edición, 2019.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mza. H lote 2 Urb. San Diego Vipol - San Martín de Porres - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,8 °C	21,8 °C
Humedad Relativa	54 %	51 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/informe de calibración
Patrones de la DM-INACAL Bloques patrón (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	<u>DM / INACAL</u> <u>LLA-C-084-2023</u>
Patrones de la DM-INACAL Comparador de bloques patrón		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**
- (*) Serie grabado en el instrumento.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá 865, 13 box 24 Urb. San Diego, SMP - LIMA
Tel: 011 229 008 1303
Cel: (011) 985 213 100 / 971 439 202

ventas@metrologiatecnicas.pe
operaciones@metrologiatecnicas.pe
gestion@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 214 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-345-2025 parte 02

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 345 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

11. Resultados de Medición

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μ m)
1,0	1,008	8
2,0	2,015	15
3,0	3,010	10
4,0	4,003	3
5,0	5,006	6
6,0	6,020	20
7,0	7,021	21
8,0	8,010	10
9,0	9,010	10
10,0	10,008	8

Alcance del error de indicación (f_e) : 18 μ m

Incertidumbre del error de indicación : ± 137 μ m para ($k=2$)

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_r)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μ m)
10,0	10,009	9
	10,009	9
	10,009	9
	10,009	9
	10,009	9

Error de Repetibilidad (f_r) : 0 μ m

Incertidumbre del error de indicación : ± 137 μ m para ($k=2$)

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Figura 215 — Certificado de calibración - Dial MT-LL-345-2025 parte 03



Laboratorio de Metrología

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079**



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación

Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

T-01301-008 R0

Page / Pág. 1 de 5

Equipo <small>Instrument</small>	HORNO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los prejuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante. Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p>
Fabricante <small>Manufacturer</small>	PINZUAR	
Modelo <small>Model</small>	G080403	
Número de Serie <small>Serial Number</small>	186	
Identificación Interna <small>Internal Identification</small>	HOR-01	
Intervalo de Indicación <small>Indication Range</small>	30 °C a 200 °C	<p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p>
Intervalo del Controlador <small>Control Range</small>	30 °C a 200 °C	
Solicitante <small>Customer</small>	CONCHIPA E.I.R.L.	<p>The results issued in this certificate refers to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer. This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p>
Dirección <small>Address</small>	JR. LA VICTORIA Nº 311	
Ciudad <small>City</small>	ABANCAY	
Ubicación del Equipo <small>Place of the instrument</small>	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
Fecha de Calibración <small>Date of calibration</small>	2026-03-03	
Fecha de Emisión <small>Date of issue</small>	2026-03-12	<p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached

06

For the accreditation of Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. no se puede reproducir el mismo, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se usen de manera incorrecta. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the result can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Un signed calibration certificate are not valid.

Firmas Autorizadas
Authorized signatures



Srg. Sergio Martinez
Director del Laboratorio Pinzuar Ltda. Sucre del Perú



Felix Jaramillo Castillo
Metrología Pinzuar Ltda. Sucre del Perú



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 216 — Certificado de calibración - horno parte 01

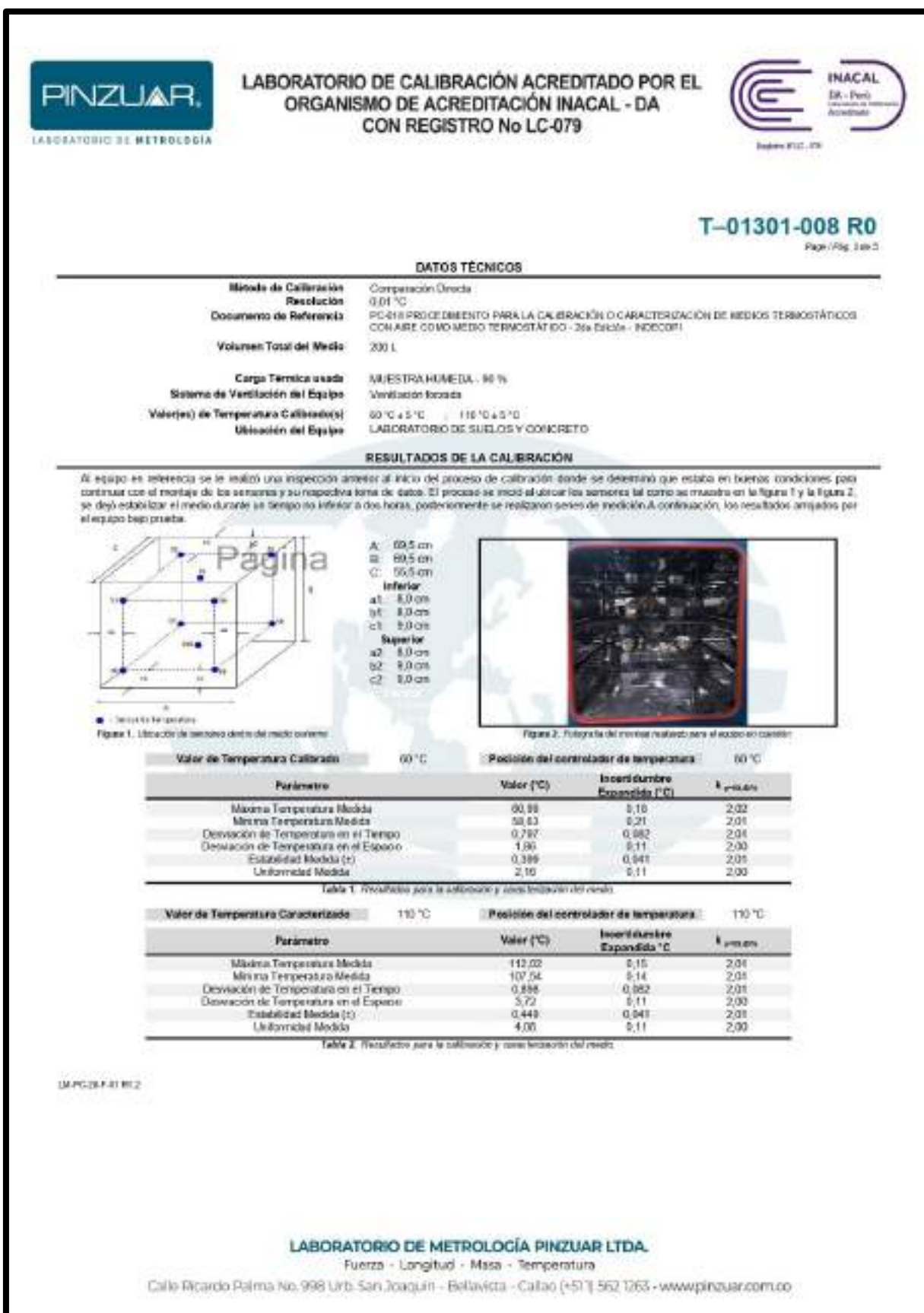


Figura 217 — Certificado de calibración - horno parte 02

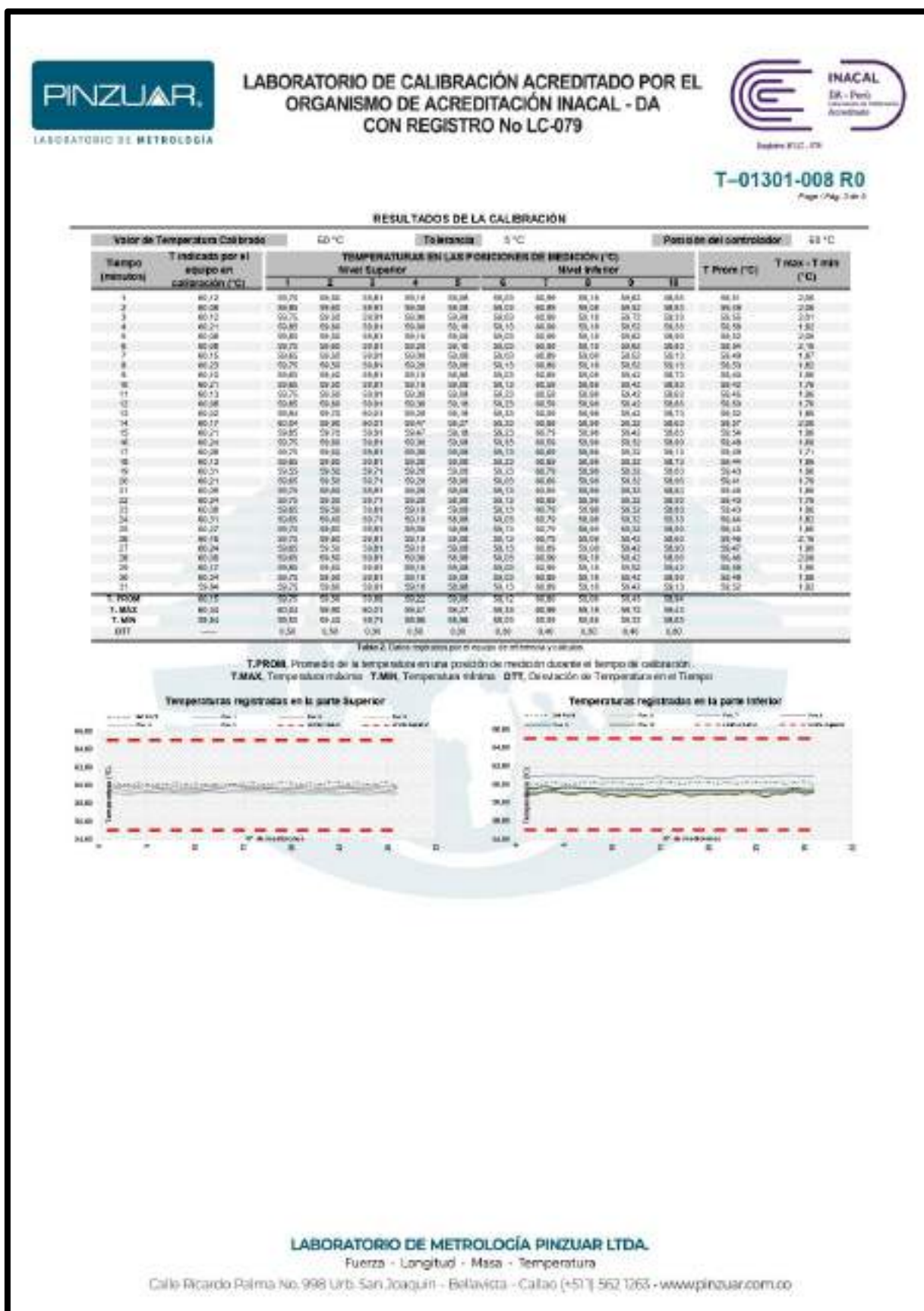


Figura 218 — Certificado de calibración - horno parte 03

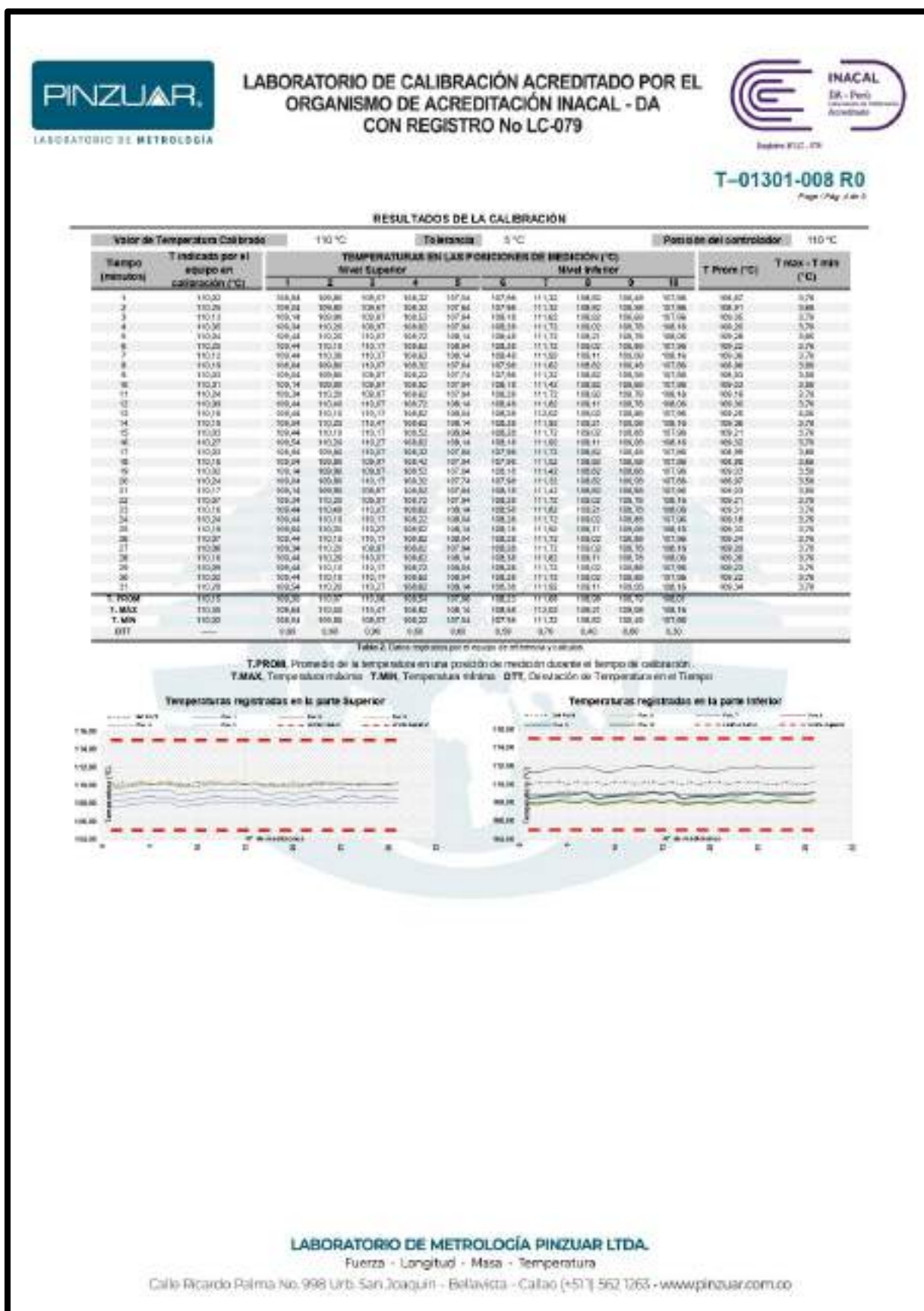


Figura 219 — Certificado de calibración - horno parte 04



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079**



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación

T-01301-008 R0
Página / Pág. 0 de 0

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de calibración fue en el LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO ; CONCHIPA EIRL Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	21,8 °C	Humedad Máxima:	63,5 %
Temperatura Mínima:	20,3 °C	Humedad Mínima:	55,5 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados); se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "K" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95 % y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008 - GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los resultado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado (s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Modelo	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
D13183P	Lutron	BTM-4208SD	T-35113-001 AL T-35113-012	2025-06-13

DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO

El Medio Interno, Cumple con las desviaciones máximas permitibles de temperatura solicitadas por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y su ubicación son acordados y aceptados por el cliente.
3. El volumen útil o Zona de trabajo donde es válida la caracterización es acordada con el cliente.
4. Se adjunta la estampilla de calibración. No. **T-01301-008**

[IMPRESIÓN R0]

Fin de Certificado

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 220 — Certificado de calibración - horno parte 05



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-01301-001 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo <small>Instrument</small>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
Fabricante <small>Manufacturer</small>	OHAUS	
Modelo <small>Model</small>	NH-213	
Número de serie <small>Serial Number</small>	8342157005	
Identificación interna <small>Internal Identifier</small>	BAL-01	
Carga máxima <small>Maximum load</small>	620 g	
Solicitante <small>Customer</small>	CONCHIPA EIRL	
Dirección <small>Address</small>	JR. LA VICTORIA N° 311	
Ciudad <small>City</small>	ABANCAY	
Fecha de calibración <small>Date of calibration</small>	2026-03-03	
Fecha de emisión <small>Date of issue</small>	2026-03-10	

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of this certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA. no se podrá reproducir el informe, excepto cuando se reproduzca en su totalidad, para lo cual se debe la seguridad que los datos del certificado no se estén de contexto. Los certificados de calibración en tinta no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Designed calibration certificates are not valid.

Firmas que autorizan el certificado (aprobado/ firmado digitalmente)
Signatures authorizing the Certificate (digitally signed/ certified)



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Felipe Jaramillo Castillo
Métrico Laboratorio de Metrología



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 221 — Certificado de calibración - balanza (Bal-01) parte 01

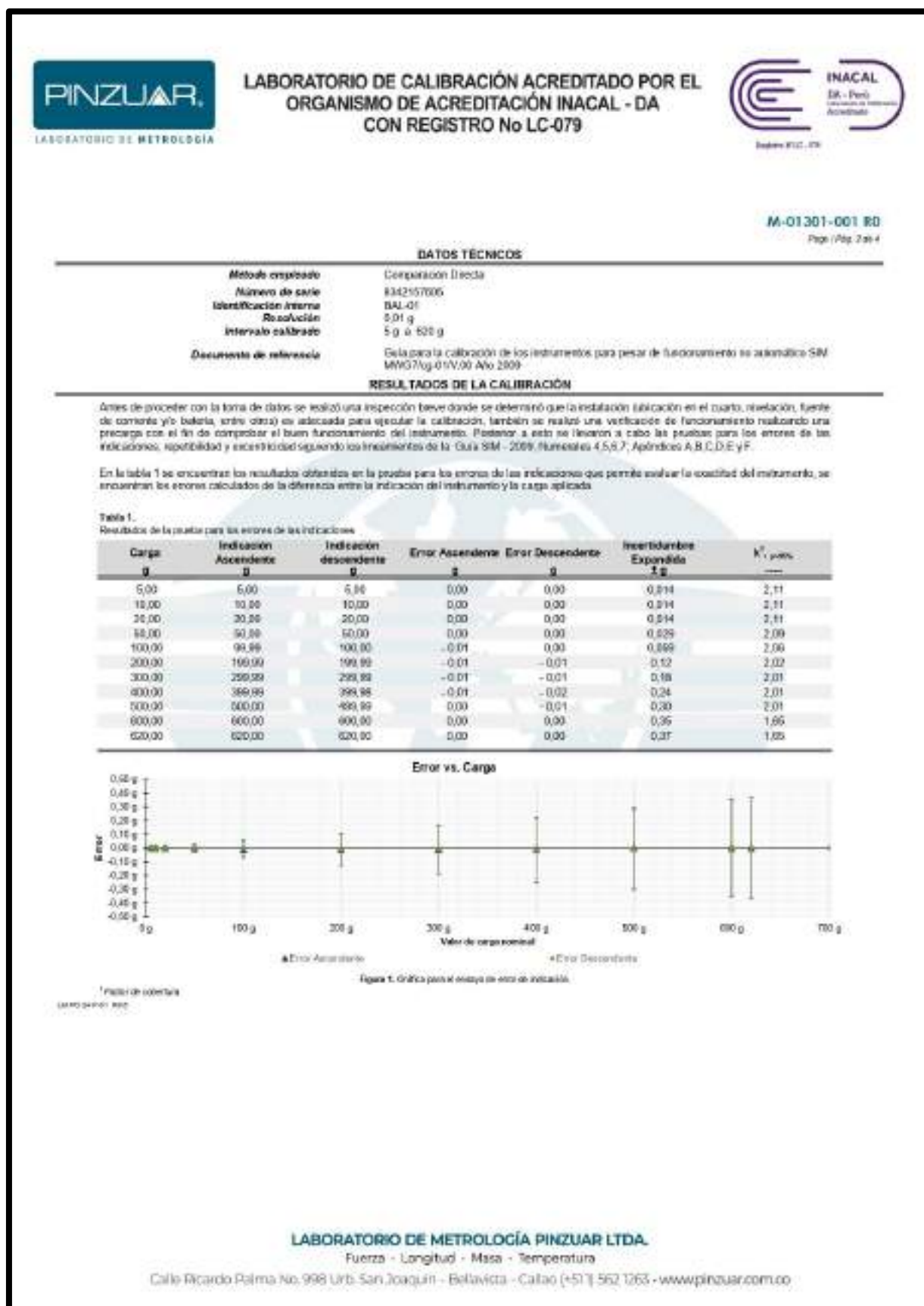


Figura 222 — Certificado de calibración - balanza (Bal-01) parte 02

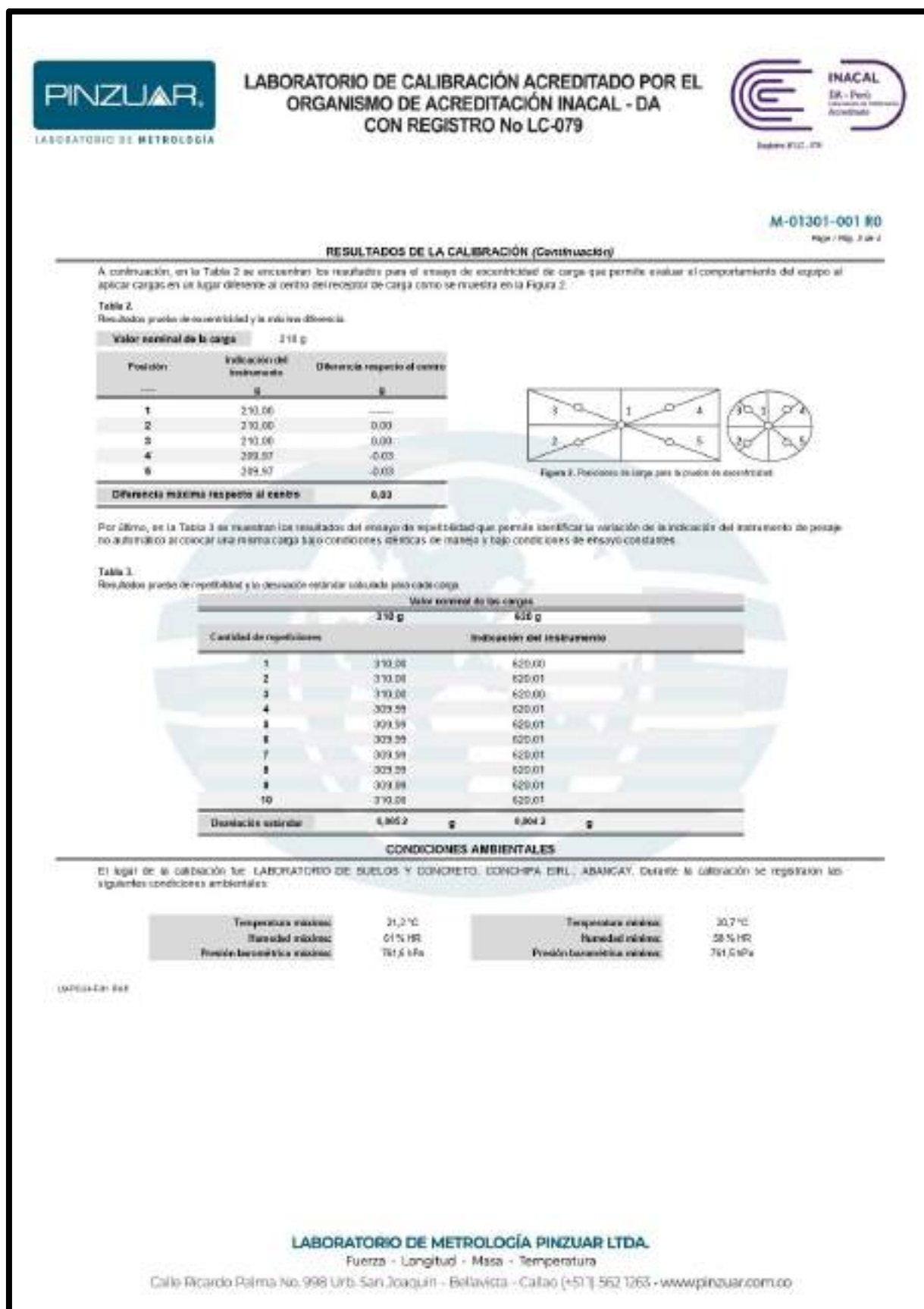


Figura 223 — Certificado de calibración - balanza (Bal-01) parte 03



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



M-01301-001 RO
Página: Pág. 1 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se estimó como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "K" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections). Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reporten los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso la declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{correctada} = R - E_{aprox} \quad E_{aprox} = -1.99 E-05 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar:

$$u^2(W) = 4.33 E-05 + 1.44 E-06 \cdot W^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussian) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SMI MPM/rgo-019/00.2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesaje de Funcionamiento no Automático.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

En los certificado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

En los certificado(s) de calibración de otros patrones(s) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	No presenta	M-01686-002 Pinzuar / 0015JAPES-C-2024 Pesaje	2024-04-25 2024-06-14

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de la condiciones ambientales en la calibración (temperatura, humedad de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las a que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
- Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
- Los cargos de prueba utilizados en los ensayos de exactitud, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron aceptados y aprobados por el cliente.
- La calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-01301-001**

LABRO-04-01-001



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 224 — Certificado de calibración - balanza (Bal-01) parte 04



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-01301-007 R0

Page / Pág 1 de 4

<p>Equipo <i>Instrument</i></p> <p>Fabricante <i>Manufacturer</i></p> <p>Modelo <i>Model</i></p> <p>Número de serie <i>Serial Number</i></p> <p>Identificación interna <i>Internal Identifier</i></p> <p>Carga máxima <i>Maximum Load</i></p> <p>Solicitante <i>Customer</i></p> <p>Dirección <i>Address</i></p> <p>Ciudad <i>City</i></p> <p>Fecha de calibración <i>Date of Calibration</i></p> <p>Fecha de emisión <i>Date of Issue</i></p>	<p>INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO</p> <p>OHAUS</p> <p>NO PRESENTA</p> <p>8345671932</p> <p>BAL-02</p> <p>6200 g</p> <p>OCHICHA EIRL</p> <p>JR. LA VICTORIA N° 311</p> <p>ABANCAY</p> <p>2026-03-03</p> <p>2026-03-10</p>	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
---	--	--

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of this certificate and documents attached

En la impresión del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA. no se podrá reproducir el ítem, excepto cuando se reproduzca en su totalidad, y se va a proporcionar la seguridad que los datos del certificado no se están de control. Los certificados de calibración en tinta no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not kept out of control. Designed calibration and features are not valid.

04

Firmas que autorizan el certificado (aprobado / firmado digitalmente)
Signatures authorizing the Certificate (digitally signed/validated)



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Félix Jaramillo Castillo
Métrico Laboratorio de Metrología

Certificado firmado digitalmente
(SAR-044-01) 8.8.3

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe



Figura 225 — Certificado de calibración - balanza (Bal-02) parte 01

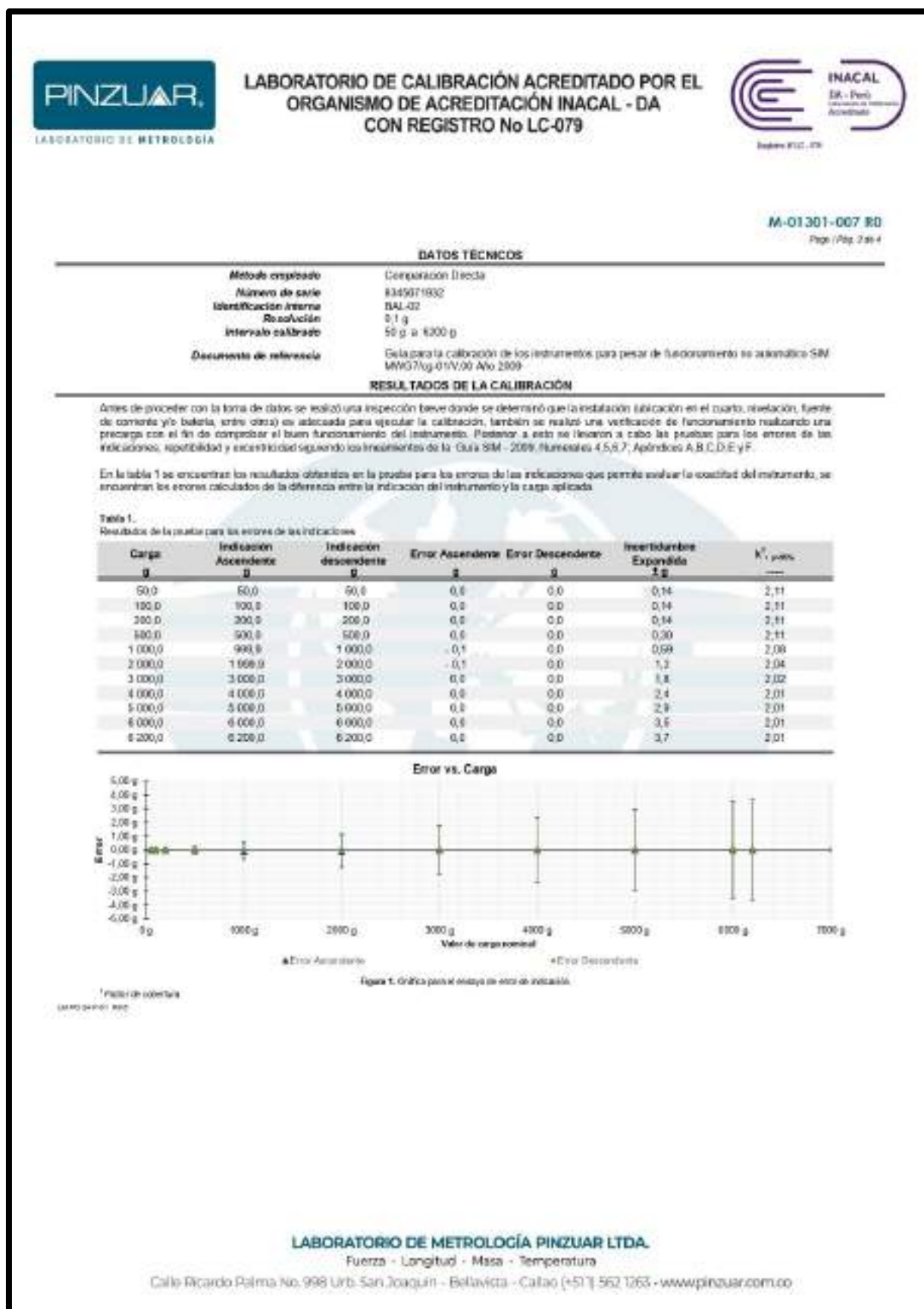


Figura 226 — Certificado de calibración - balanza (Bal-02) parte 02

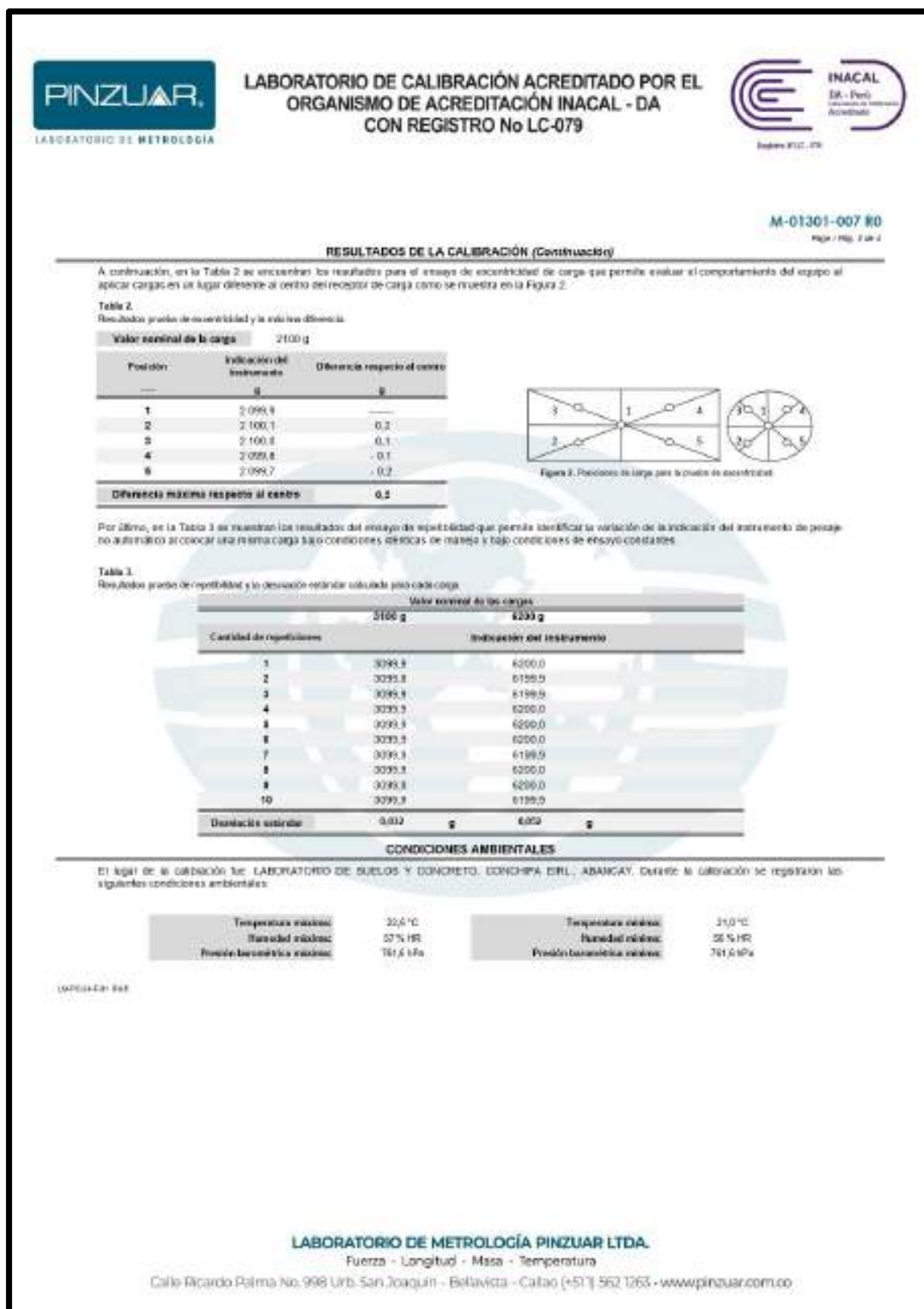


Figura 227 — Certificado de calibración - balanza (Bal-02) parte 03



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación

M-01301-007 RO
Página Pág. 1 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se estimó como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections). Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_{exp} .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reporten los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{correctada} = R - R_{ajuste} \quad R_{ajuste} = -7.72 E-06 - R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar:

$$u^2(W) = 4.33 E-03 + 1.05 E-06 \cdot W^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_k = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussian) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SMI MWS/rgo-019/00.2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesaje de Funcionamiento no Automático.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

En los certificado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

En los certificado(s) de calibración de otros patrones(s) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	No presenta	M-01686-882 Pinzuar / 0015JAPES-C-2024 Pesaje	2024-04-25 2024-06-14

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de la condiciones ambientales en la calibración (temperatura, humedad de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las a que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
- Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
- Los cargos de prueba utilizados en los ensayos de exactitud, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron aceptados y aprobados por el cliente.
- La calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-01301-007**

LABRO-04-01-001

Firma del emisor

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 228 — Certificado de calibración – balanza (Bal-02) parte 04



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-01301-002 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo <small>Instrument</small>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <small>Manufacturer</small>	OHAUS	
Modelo <small>Model</small>	R21PE302H	
Número de serie <small>Serial Number</small>	NO PRESENTA	
Identificación interna <small>Internal Identifier</small>	BAL-03	
Carga máxima <small>Maximum load</small>	30000 g	
Solicitante <small>Customer</small>	CONCHIPA EIRL	
Dirección <small>Address</small>	JR. LA VICTORIA N° 311	
Ciudad <small>City</small>	ABANCAY	
Fecha de calibración <small>Date of calibration</small>	2026-03-04	
Fecha de emisión <small>Date of issue</small>	2026-03-10	

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of this certificate and documents attached

04

En la impresión del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA. no se podrá reproducir el ítem, excepto cuando se reproduzca en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que los datos del certificado no se están de control. Los certificados de calibración en tinta no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not kept out of control. Designed calibration and testing are not valid.

Firmas que autorizan el certificado (aprobado / firmado digitalmente)

Signatures authorizing the Certificate (digitally signed/validated)



Ing. Sergio Ivan Martinez
Director Laboratorio de Metrología



Felix Jaramillo Castillo
Métrico Laboratorio de Metrología

Certificado firmado digitalmente

(SAR-044-01) 003

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe



Figura 229 — Certificado de calibración - balanza (Bal-03) parte 01

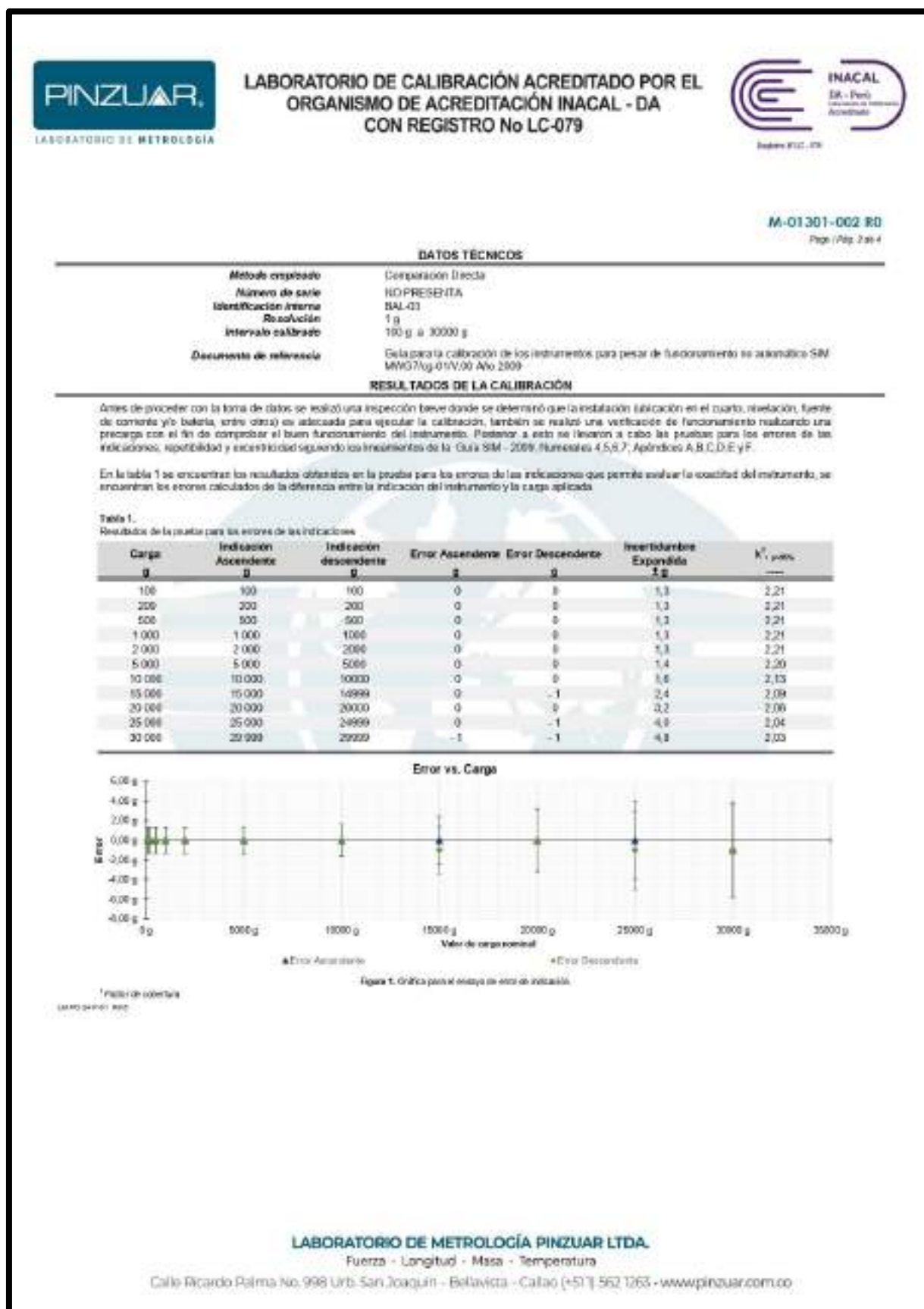


Figura 230 — Certificado de calibración - balanza (Bal-03) parte 02

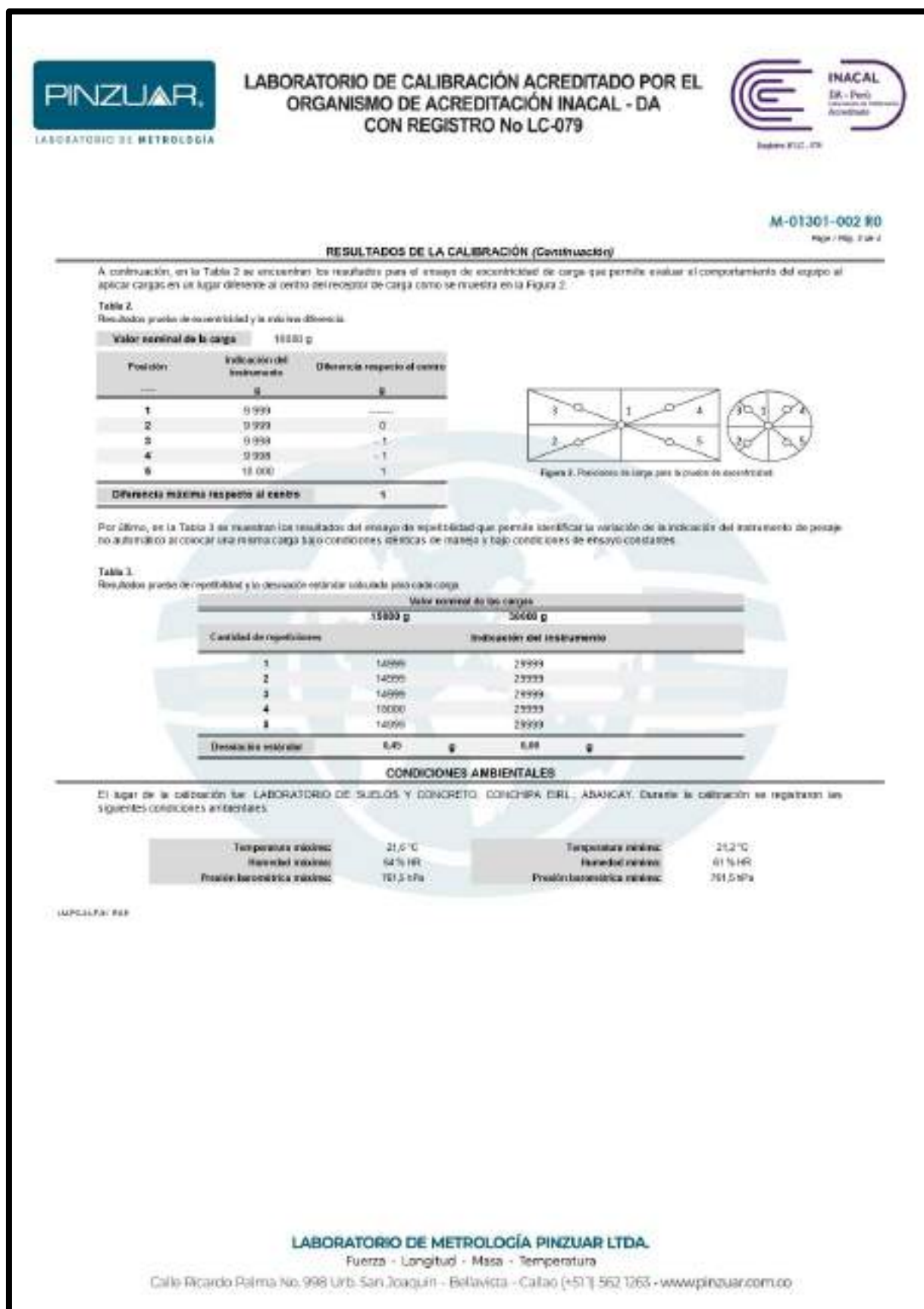


Figura 231 — Certificado de calibración - balanza (Bal-03) parte 03



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación

M-01301-002.80
Página: Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se estimó como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections). Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reporten los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{correctada} = R - E_{aprox} \quad E_{aprox} = -9.93 E-06 - R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar:

$$u^2(W) = 3.87 E-01 + 6.75 E-06 \cdot W^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la medición. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SMI MWSG/IGC-017/00.2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesaje de Funcionamiento no Automático.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

En los certificado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

En los certificado(s) de calibración de otros patrones(s) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	No presenta	M-31656-002 Pinzuar / 0013A/PES.C 2024 Pesaje	2024-04-26 2024-06-14
Pesas clase F1	Pinzuar	M-31656-001 Pinzuar / 0073A/PES.C 2024 Pesaje	2024-04-26 2024-06-11

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de la condiciones indicadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las, al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
- Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
- Los cargos de prueba utilizados en los ensayos de exactitud, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente.
- La calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-01301-002**

Fin del certificado

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 232 — Certificado de calibración - balanza (Bal-03) parte 04



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-01301-003 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo <small>Instrument</small>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <small>Manufacturer</small>	OHAUS	
Modelo <small>Model</small>	FA2204N	
Número de serie <small>Serial Number</small>	1012012123	
Identificación interna <small>Internal Identifier</small>	BAL-04	
Carga máxima <small>Maximum load</small>	220 g	
Solicitante <small>Customer</small>	CONCHIPA EIRL	
Dirección <small>Address</small>	JR. LA VICTORIA N° 311	
Ciudad <small>City</small>	ABANCAY	
Fecha de calibración <small>Date of calibration</small>	2026-03-03	
Fecha de emisión <small>Date of issue</small>	2026-03-10	

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of this certificate and documents attached

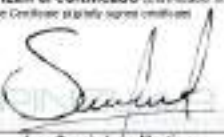
04

En la impresión del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA. no se puede reproducir el ítem, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que los datos del certificado no se están de contexto. Los certificados de calibración en tinta no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Designed calibration and testing are not valid.

Firmas que autorizan el certificado (aprobado / firmado digitalmente)

Signatures authorizing the Certificate (digitally signed/ certified)



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Félix Jerónimo Castillo
Métrico Laboratorio de Metrología

Certificado firmado digitalmente

(SAR-044-01) 003

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe





Figura 233 — Certificado de calibración - balanza (Bal-04) parte 01

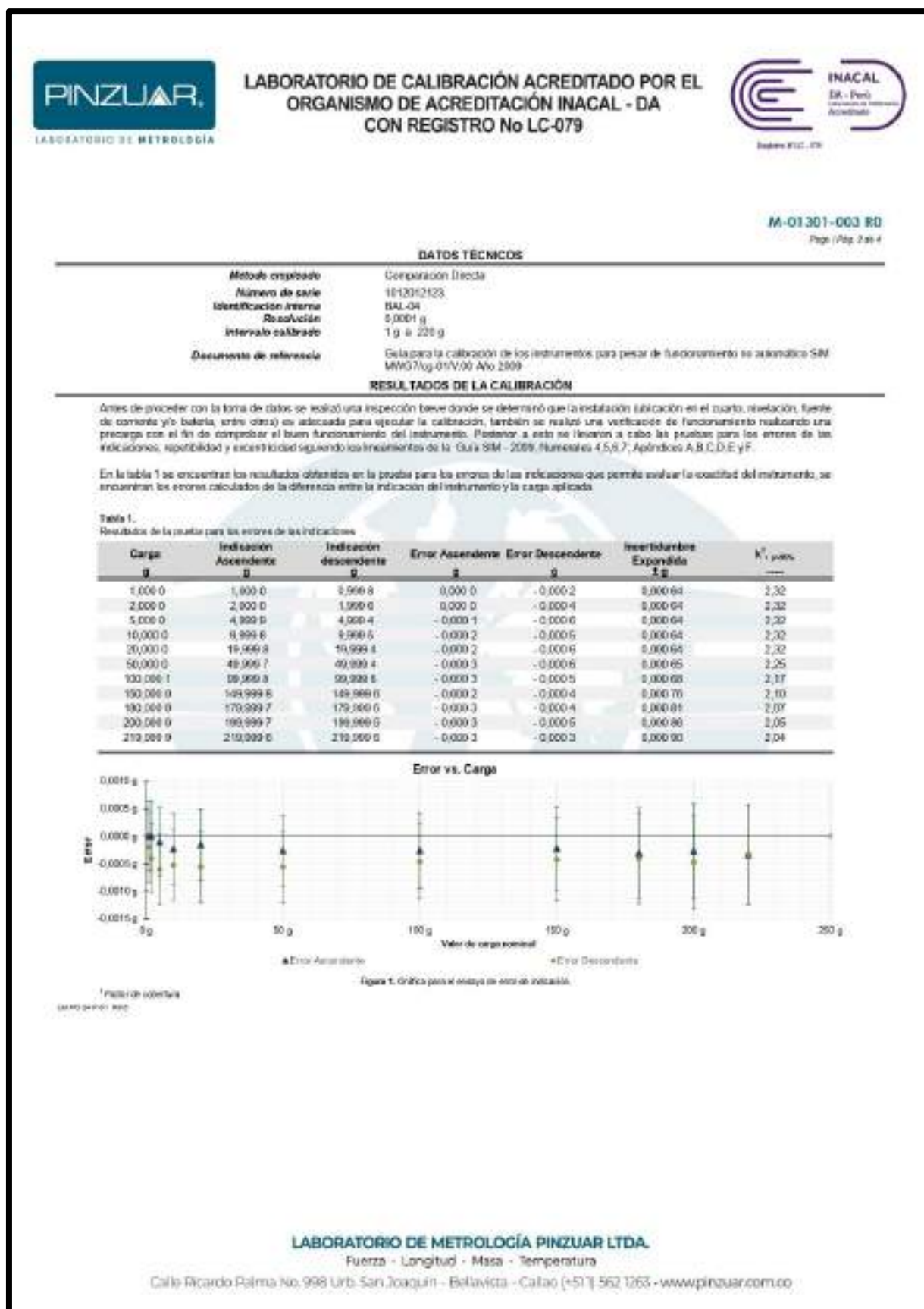


Figura 234 — Certificado de calibración - balanza (Bal-04) parte 02

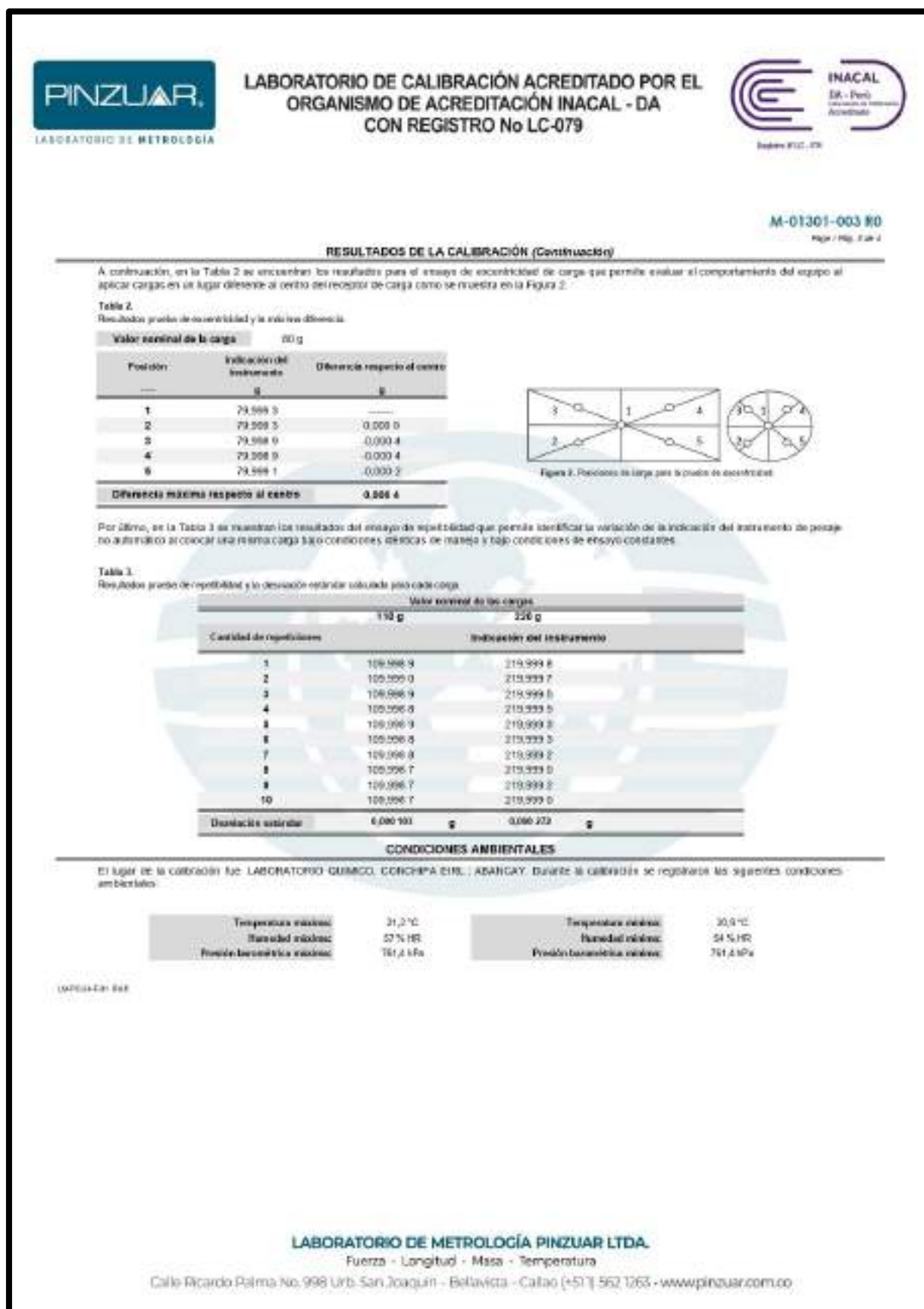


Figura 235 — Certificado de calibración - balanza (Bal-04) parte 03



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



M-01301-003 RO
Página: Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se estimó como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections). Evaluation of measurement data: Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reporten los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso la declaración por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{correctada} = R - E_{aprox} \quad E_{aprox} = -1.79 E-05 - R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar:

$$u^2(W) = 7.55 E-08 + 1.48 E-10 \cdot W^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussian) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SMI MWS/rgc-017/00.2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesaje de Funcionamiento no Automático.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

En los certificado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

En los certificado(s) de calibración de otros patrones(s) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase E2	TRUEMANNKERN	ML11168 Unión Metrologica	2025-07-18

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de la condiciones ambientales en la calibración: temperatura, humedad de condiciones ambientales, corriente eléctrica. Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las a que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
- Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
- Los cargos de prueba utilizados en los ensayos de exactitud, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron aceptados y aprobados por el cliente.
- La calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-01301-003**

LABRO-04-01-003

Firma del responsable

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

Figura 236 — Certificado de calibración - balanza (Bal-04) parte 04



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Toluca

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LVF - 550 - 2025

Página 1 de 3

1. Expediente	QT 0799-25	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que miden las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CONCHIPA EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADO	
3. Dirección	Jr. La Victoria Nro. 311, Abancay - Abancay - APURIMAC	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de medición	PROBETA	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Tipo / Material	EX / VIDRIO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad Nominal	1000 mL	
División de escala	10 mL	
Temp. de Referencia	20 °C	
Marca	GIARDINO	
N° de serie	PG2025 (*)	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	LABORATORIO	
5. Fecha de Calibración	2025-09-28	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2025-09-30

Jefe del Laboratorio de Metrología



Firmado digitalmente por
Sebastian F. Tello
Manama
Fecha: 2025.09.30
17:26:12 -05'00'

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Nro. 11, Edif. 24 Urb. San Diego, ASP, LIMA
Tel: (011) 909 1342
Cel: (011) 981 253 166 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinacion@metrologiatecnicas.pe
genera@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 237 — Certificado de calibración - Probeta parte 01



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Volúmen

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LVF - 550 - 2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La Calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en el PC-015: "Procedimiento para la calibración de material volumétrico de vidrio y plástico", Quinta Edición – Enero 2017 de DM / INACAL.

7. Lugar de Calibración

Laboratorio de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego - San Martín de Porres - LIMA

8. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia del laboratorio de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.	Balanza con 10 mg de precisión de Clase II	MT-C-UM-213-2025
Patrones de referencia de PESATEC PERU S.A.C.	Termómetro Digital con dos sensores PT-100 con incertidumbre del orden de: 0,023 °C a 0,034 °C	0055-TPES-C-2025

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	59 %HR	59 %HR

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (*) Número de serie indicado en una etiqueta adherido en el instrumento.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 Lote 24 Urb. San Diego, ASP, LIMA
Tel: (011) 909 1342
Cel: (011) 981 253 166 / 971 479 282

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinacion@metrologiatecnicas.pe
gestion@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 238 — Certificado de calibración - Probeta parte 02



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Volumen

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LVF - 550 - 2025

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Volumen Nominal (mL)	Volumen Vertido (mL)	Desviación (mL)	Incertidumbre (mL)	EMP (mL)
1000.0	990.6	-9.4	3.3	10.0
700.0	693.1	-6.9	3.3	10.0
500.0	493.7	-6.3	3.3	10.0
100.0	92.7	-7.3	3.3	10.0

Nota 1: El volumen convencionalmente verdadero (volumen vertido) es igual al volumen nominal más la desviación correspondiente.

Nota 2: El error máximo permisible para PROBETA de 1000 mL a 20 °C es de ± 10 mL según fabricante.

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la verificación. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá No. 11 And. 24 Urb. San Diego, LIMA
Tel: (011) 959 1342
Cel: (011) 001 253 166 / 371 439 282

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinacion@metrologiatecnicas.pe
gerencia@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

Figura 239 — Certificado de calibración - Probeta parte 03

Anexo F

ANALISIS ESTADISTICO SPSS

Descriptivos

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Coefficiente de consolidación vertical	6	,0010	,0014	,001200	,0001673
Factor tiempo de consolidación	6	,848	,848	,84800	,000000
Longitud de drenaje de consolidación	6	1,1717	1,1758	1,174233	,0014962
Módulo de compresibilidad volumétrica	6	,000477	,000607	,00048550	,000012890
N válido (por lista)	6				

```
DESCRIPTIVES VARIABLES=Cohesión_kg Angulo_friccion Asentamiento Capacidad_carga
  .
  /STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.
```

Descriptivos

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Valor de cohesión	6	,01	,21	,0833	,07285
Ángulo de fricción	6	13,50	18,41	15,8267	1,97063
Varación de volumen	6	,19	,39	,2433	,07312
Capacidad portante admisible	6	,77	1,59	,9967	,29609
N válido (por lista)	6				

```
EXAMINE VARIABLES=Consolidacion_vertical Tiempo consolidacion Longitud drenaje
  Compresibilidad_volum Cohesión_kg Angulo_friccion Asentamiento Capacidad_carga
  .
  /PLOT HPDLOT
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /CINTERVAL 95
  /MISSING LISTWISE
  /NOTOTAL.
```

Explorar

Página 1

Figura 240 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 01

Resumen de procesamiento de casos

	Valido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Coefficiente de consolidación vertical	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Factor tiempo de consolidación	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Longitud de drenaje de consolidación	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Módulo de compresibilidad volumétrica	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Valor de cohesión	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Ángulo de fricción	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Variación de volumen	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Capacidad portante admisible	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Descriptivos

			Estadístico	Desv. Error
Coefficiente de consolidación vertical	Media		,001200	,0000683
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,001024	
		Límite superior	,001376	
	Media recortada al 5%		,001200	
	Mediana		,001150	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,0001673	
	Mínimo		,0010	
	Máximo		,0014	
	Rango		,0004	
	Rango intercuartil		,0003	
	Asimetría		,384	,845
	Curtosis		-1,788	1,741
Factor tiempo de consolidación	Media		,84800	,000000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,84800	
		Límite superior	,84800	
	Media recortada al 5%		,84800	
	Mediana		,84800	

Página 2

Figura 241 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 02

Descriptivos				Estadístico	Desv. Error
	Varianza			,000	
	Desv. Desviación			,000000	
	Mínimo			,848	
	Máximo			,848	
	Rango			,000	
	Rango intercuartil			,000	
	Asimetría			-	-
	Curtosis			-	-
Longitud de drenaje de consolidación	Media			1,174233	,0006106
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		1,172663	
		Límite superior		1,175804	
	Media recortada al 5%			1,174287	
	Mediana			1,174350	
	Varianza			,000	
	Desv. Desviación			,0014962	
	Mínimo			1,1717	
	Máximo			1,1758	
	Rango			,0041	
	Rango intercuartil			,0024	
	Asimetría			-,930	,845
	Curtosis			,731	1,741
Módulo de compresibilidad volumétrica	Media			,00048560	,000005258
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		,00047198	
		Límite superior		,00049902	
	Media recortada al 5%			,00048478	
	Mediana			,00047800	
	Varianza			,000	
	Desv. Desviación			,000012080	
	Mínimo			,000477	
	Máximo			,000507	
	Rango			,000030	
	Rango intercuartil			,000022	
	Asimetría			1,267	,845
	Curtosis			-,080	1,741
Valor de cohesión	Media			,0833	,02974

Página 3

Figura 242 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 03

Descriptivos				Estadísticos	Desv. Error
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		,0069	
		Límite superior		,1598	
	Media recortada al 5%			,0804	
	Mediana			,0800	
	Varianza			,005	
	Desv. Desviación			,07285	
	Mínimo			,01	
	Máximo			,21	
	Rango			,20	
	Rango intercuartil			,11	
	Asimetría			1,071	,845
	Curtosis			1,279	1,741
Ángulo de fricción	Media			15,8267	,80451
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		13,7586	
		Límite superior		17,8947	
	Media recortada al 5%			15,8124	
	Mediana			15,9150	
	Varianza			3,883	
	Desv. Desviación			1,97063	
	Mínimo			13,50	
	Máximo			18,41	
	Rango			4,91	
	Rango intercuartil			4,08	
	Asimetría			-,003	,845
	Curtosis			-1,518	1,741
Variación de volumen	Media			,2433	,02985
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		,1888	
		Límite superior		,3201	
	Media recortada al 5%			,2381	
	Mediana			,2200	
	Varianza			,005	
	Desv. Desviación			,07312	
	Mínimo			,19	
	Máximo			,38	
	Rango			,20	

Página 4

Figura 243 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 04

Descriptivos						
			Estadístico	Desv. Error		
Capacidad portante admisible	Rango intercuartil		,07			
	Asimetría		2,255	,845		
	Curtosis		5,324	1,741		
	Media		,9967	,12088		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,8859			
		Límite superior	1,3074			
	Media recortada al 5%		,9763			
	Mediana		,9050			
	Varianza		,088			
	Desv. Desviación		,29609			
	Mínimo		,77			
	Máximo		1,59			
	Rango		,82			
	Rango intercuartil		,24			
	Asimetría		2,240	,845		
	Curtosis		5,310	1,741		

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coefficiente de consolidación vertical	,225	6	,200 [*]	,876	6	,252
Factor tiempo de consolidación	.	6	.	.	6	.
Longitud de drenaje de consolidación	,194	6	,200 [*]	,927	6	,558
Módulo de compresibilidad volumétrica	,386	6	,005	,731	6	,013
Valor de cohesión	,243	6	,200 [*]	,901	6	,377
Ángulo de fricción	,192	6	,200 [*]	,920	6	,505
Variación de volumen	,406	6	,003	,674	6	,003
Capacidad portante admisible	,422	6	,001	,671	6	,003

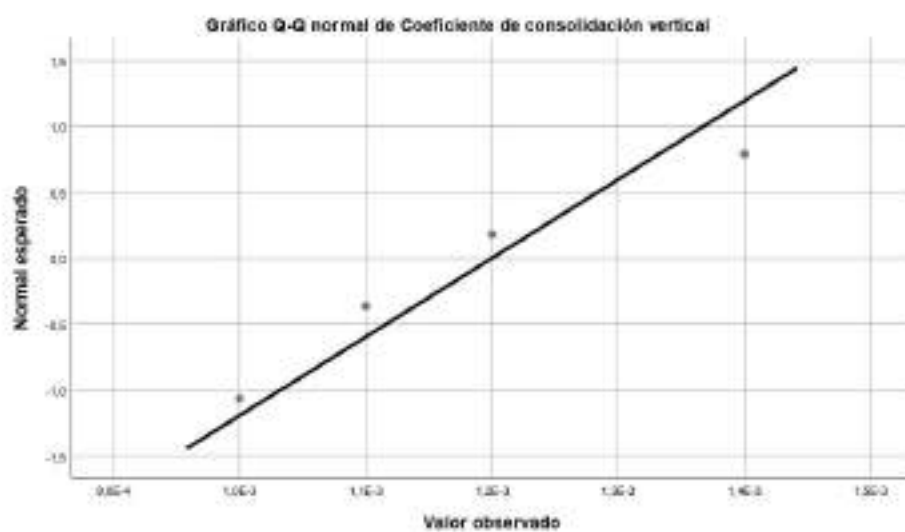
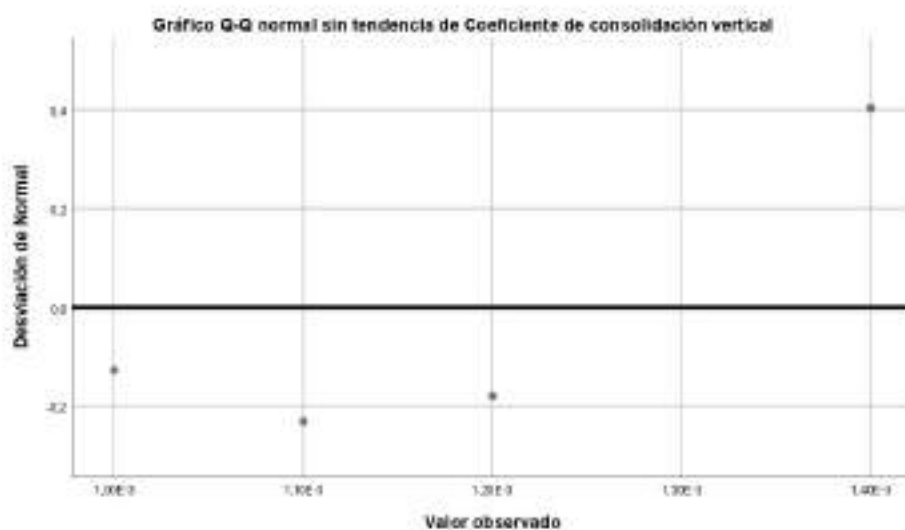
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Página 5

Figura 244 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 05

Coefficiente de consolidación vertical



Factor tiempo de consolidación

Página 6

Figura 245 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 06

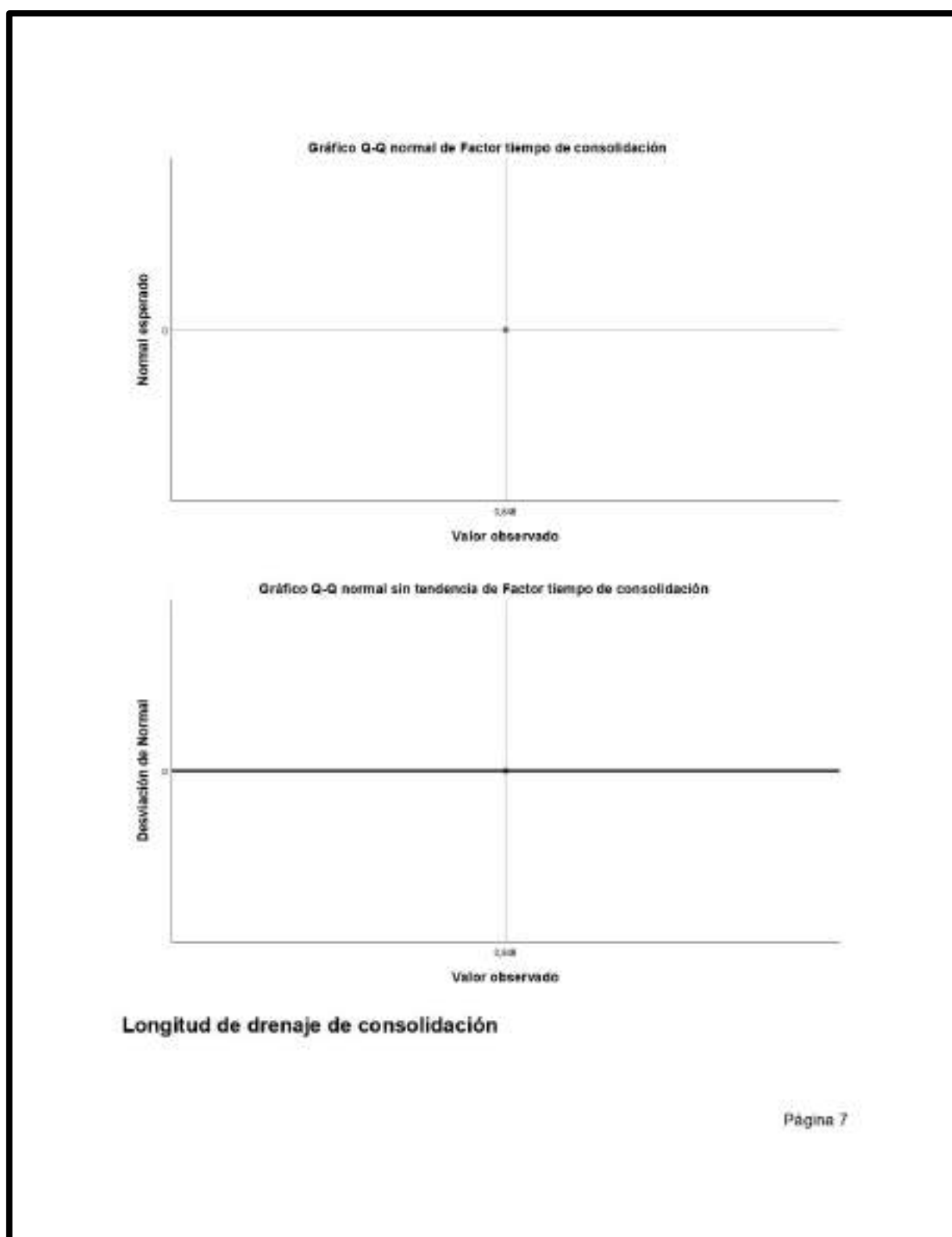
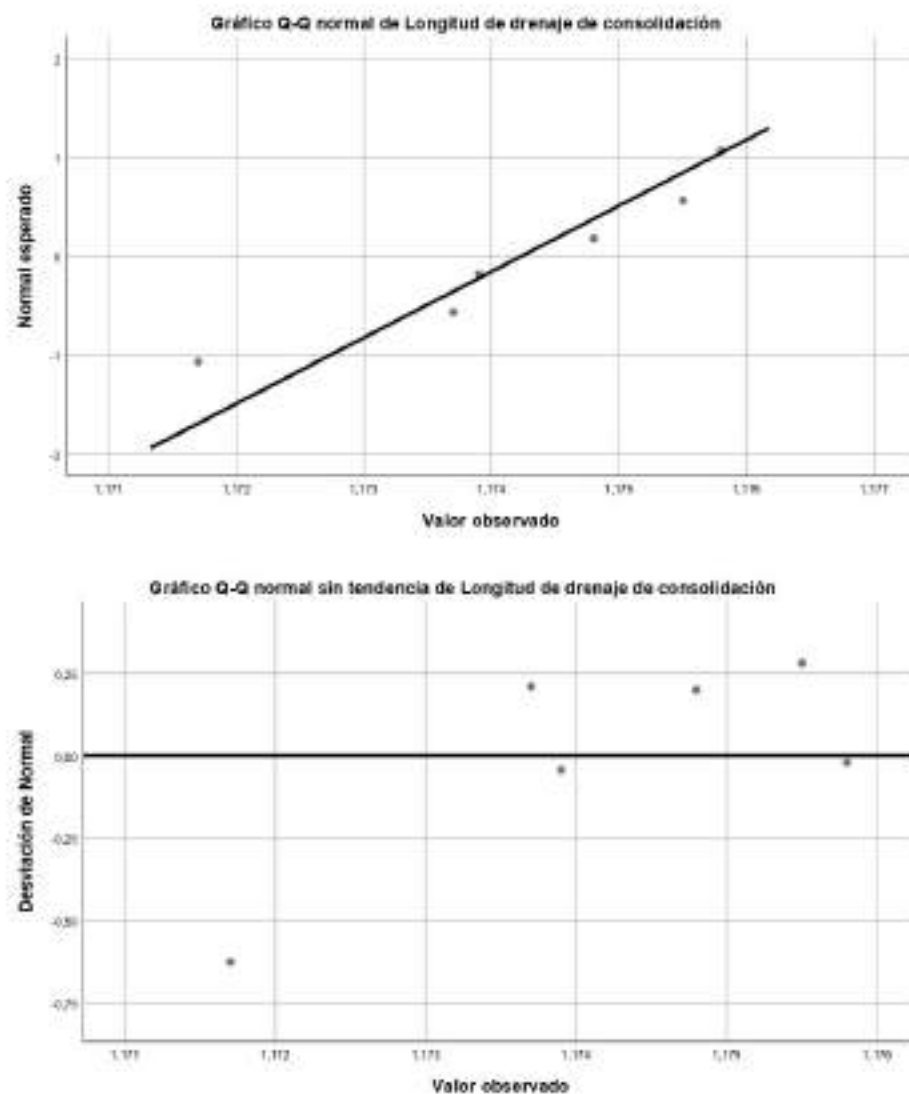


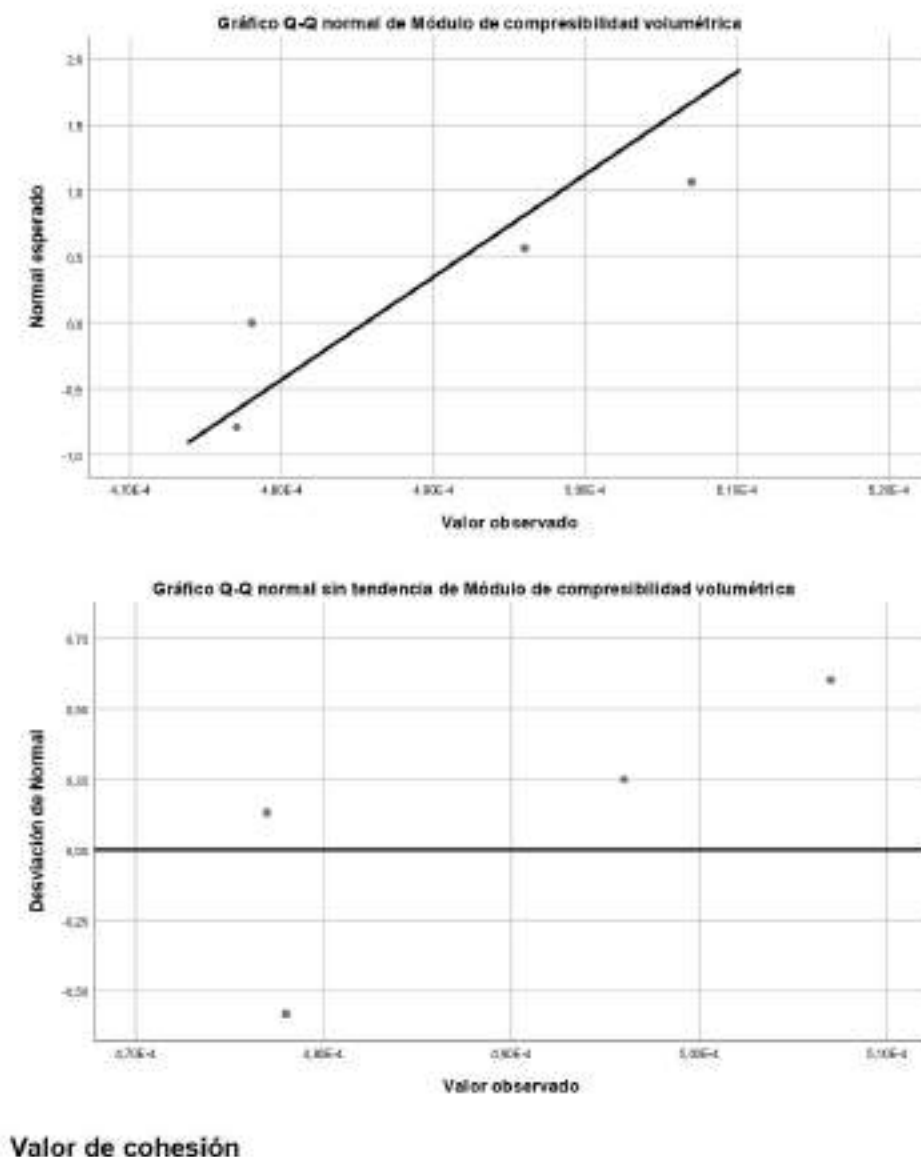
Figura 246 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 07



Módulo de compresibilidad volumétrica

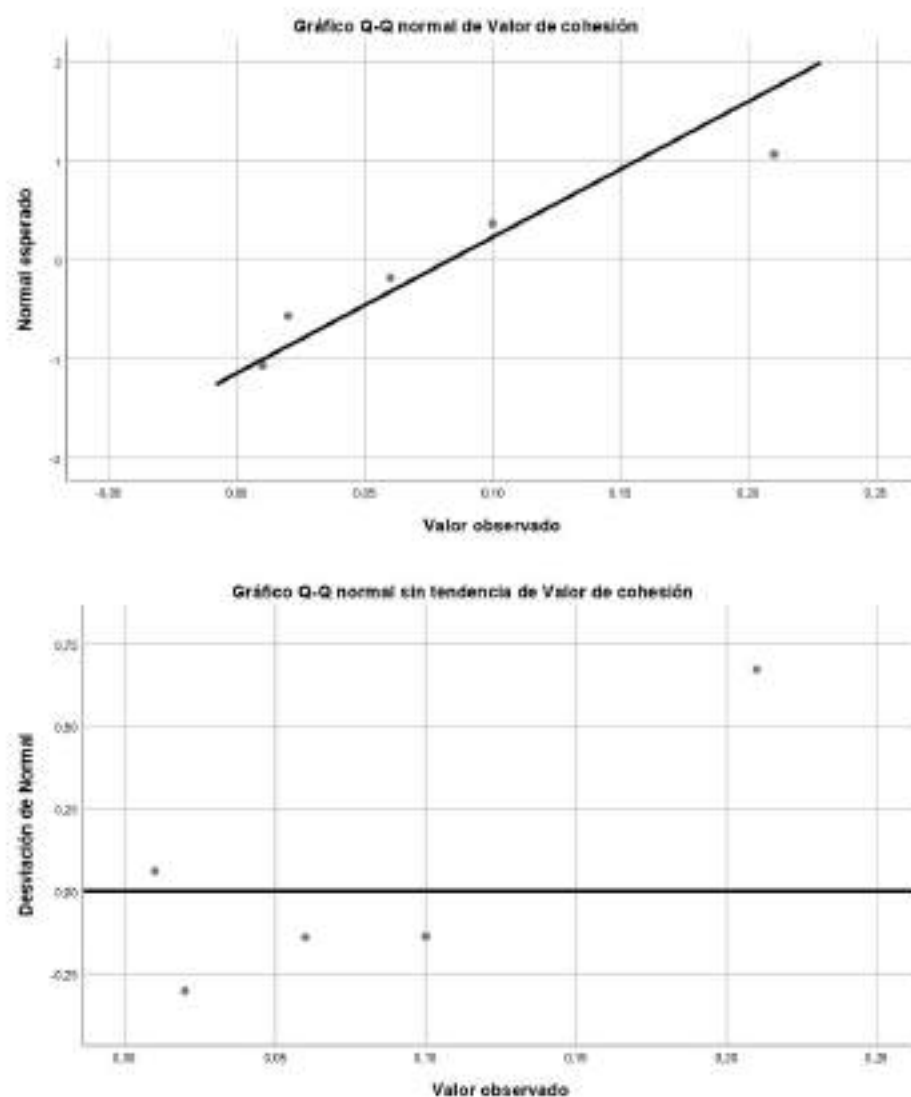
Página 8

Figura 247 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 08



Página 9

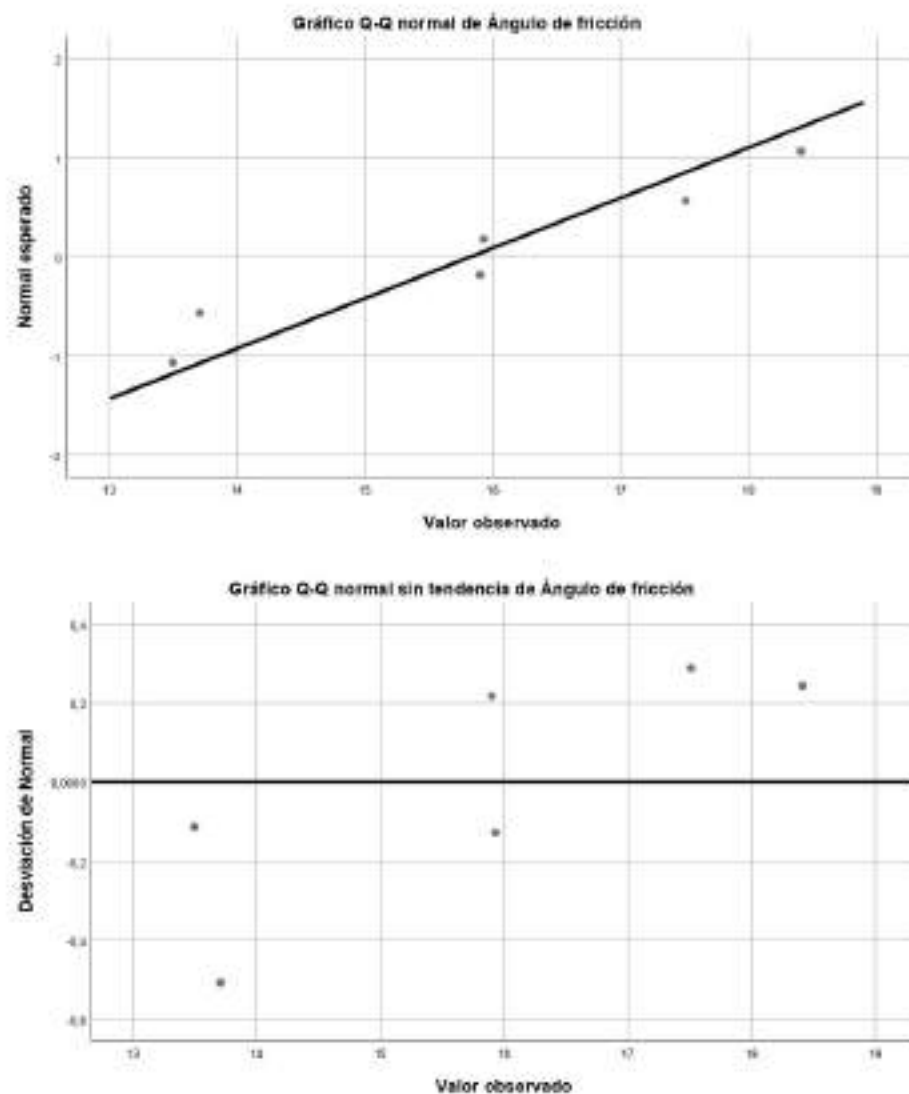
Figura 248 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 09



Ángulo de fricción

Página 10

Figura 249 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 10



Variación de volumen

Página 11

Figura 250 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 11

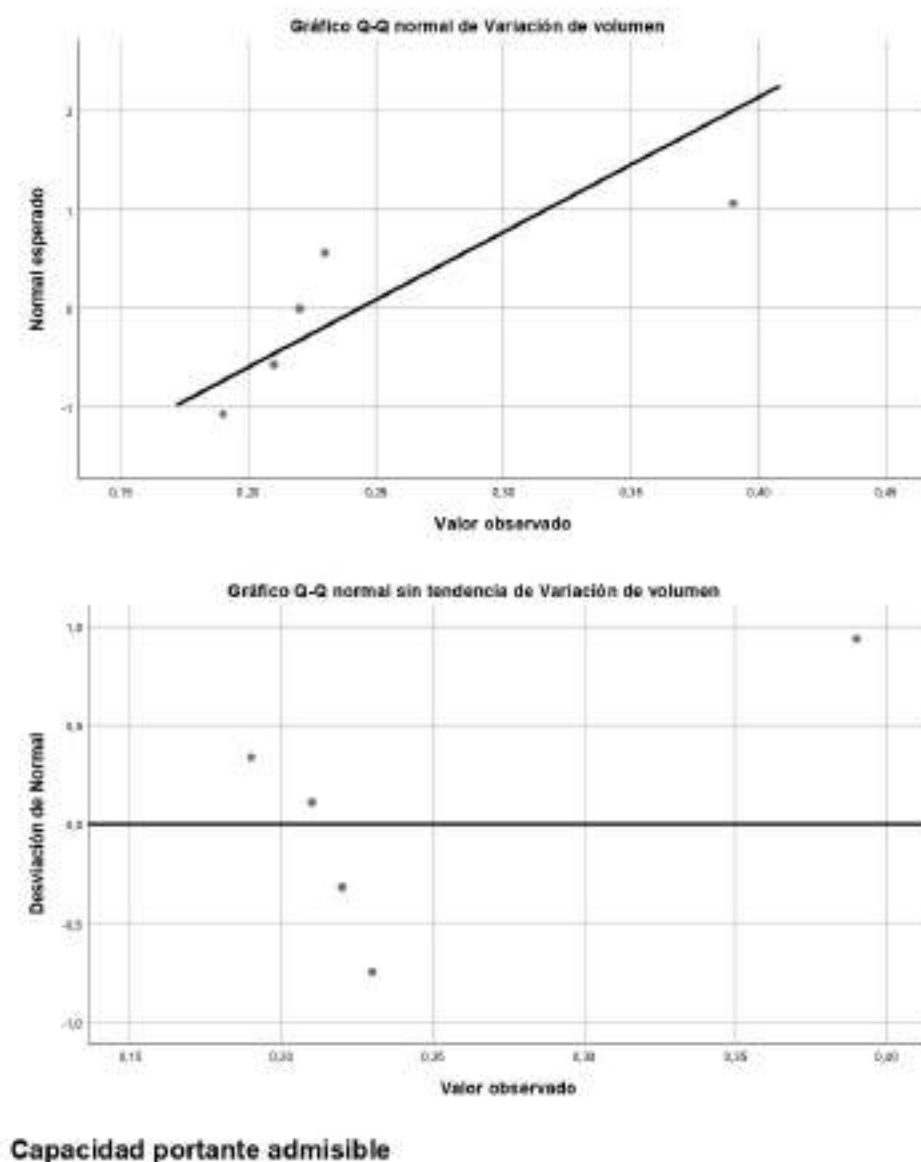
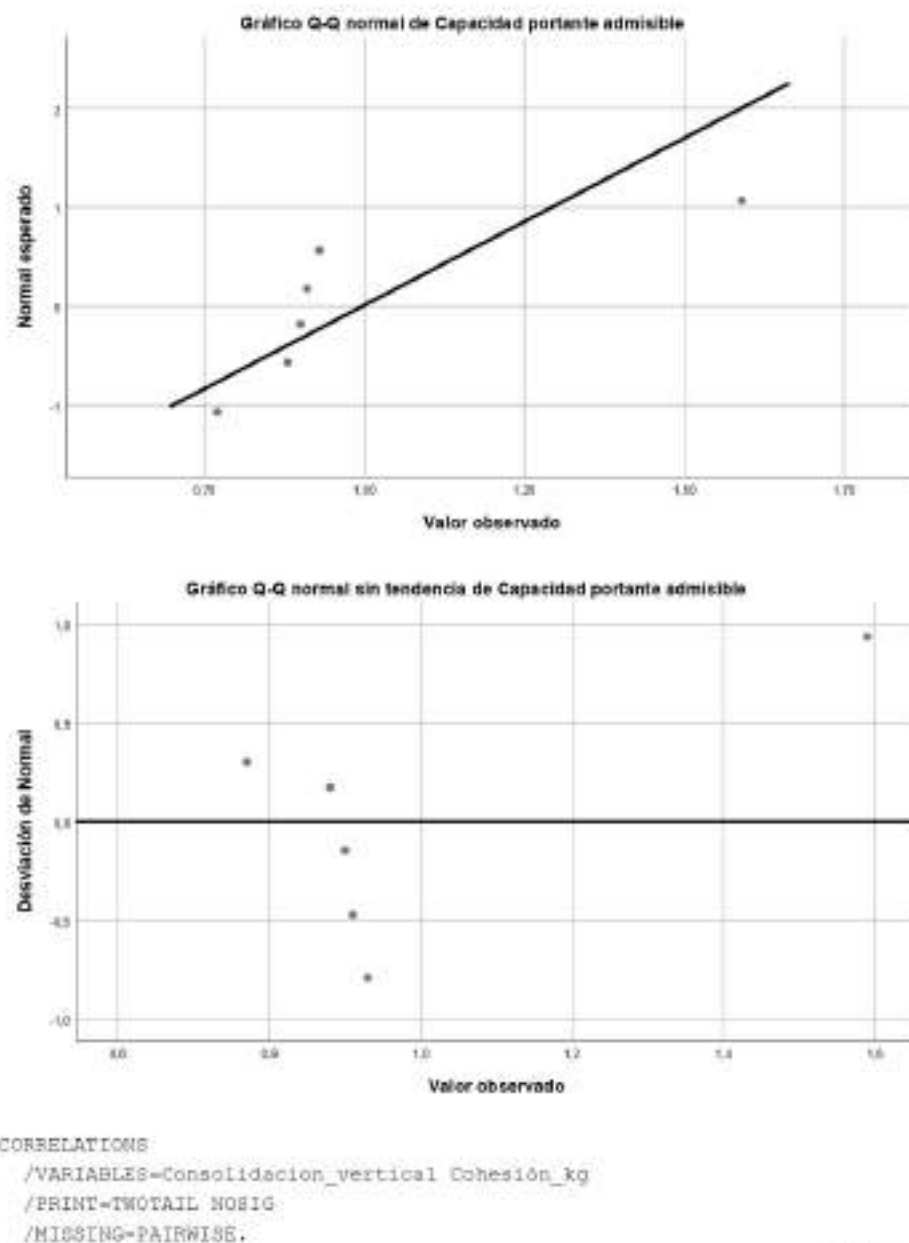


Figura 251 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 12



Página 13

Figura 252 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 13

Correlaciones

Correlaciones

		Coefficiente de consolidación vertical	Valor de cohesión
Coefficiente de consolidación vertical	Correlación de Pearson	1	,033
	Sig. (bilateral)		,951
	N	8	8
Valor de cohesión	Correlación de Pearson	,033	1
	Sig. (bilateral)	,951	
	N	8	8

CORRELATIONS

```

/VARIABLES=Consolidacion_vertical Angulo_friccion
/PRINT=TWOTAIL NOSIG
/MISSING=PAIRWISE.

```

Correlaciones

Correlaciones

		Coefficiente de consolidación vertical	Ángulo de fricción
Coefficiente de consolidación vertical	Correlación de Pearson	1	-,231
	Sig. (bilateral)		,660
	N	8	8
Ángulo de fricción	Correlación de Pearson	-,231	1
	Sig. (bilateral)	,660	
	N	8	8

NONPAR CORR

```

/VARIABLES=Compresibilidad_velum Cohesión_kg
/PRINT=SPEARMAN TWOTAIL NOSIG
/MISSING=PAIRWISE.

```

Correlaciones no paramétricas

Figura 253 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 14

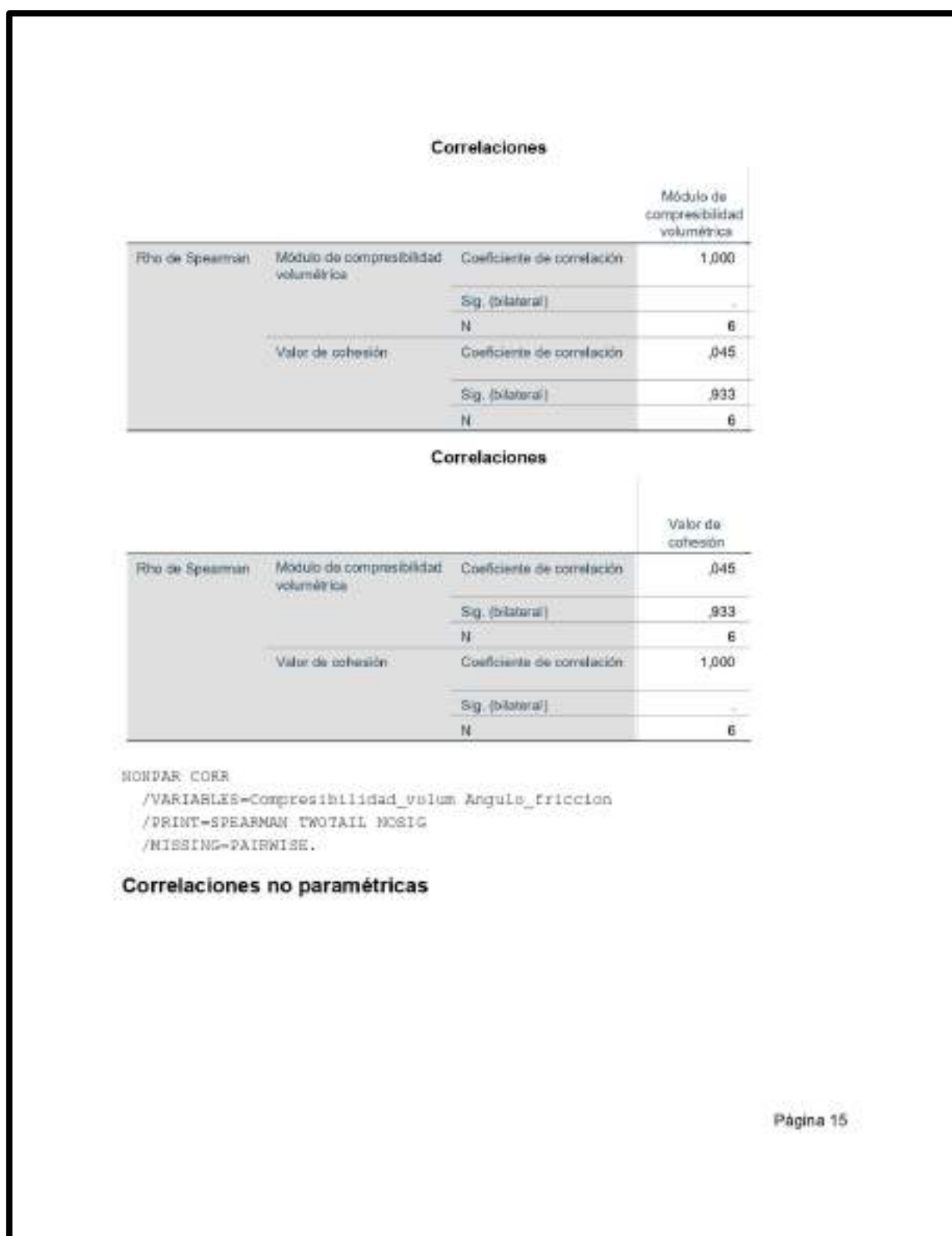


Figura 254 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 15

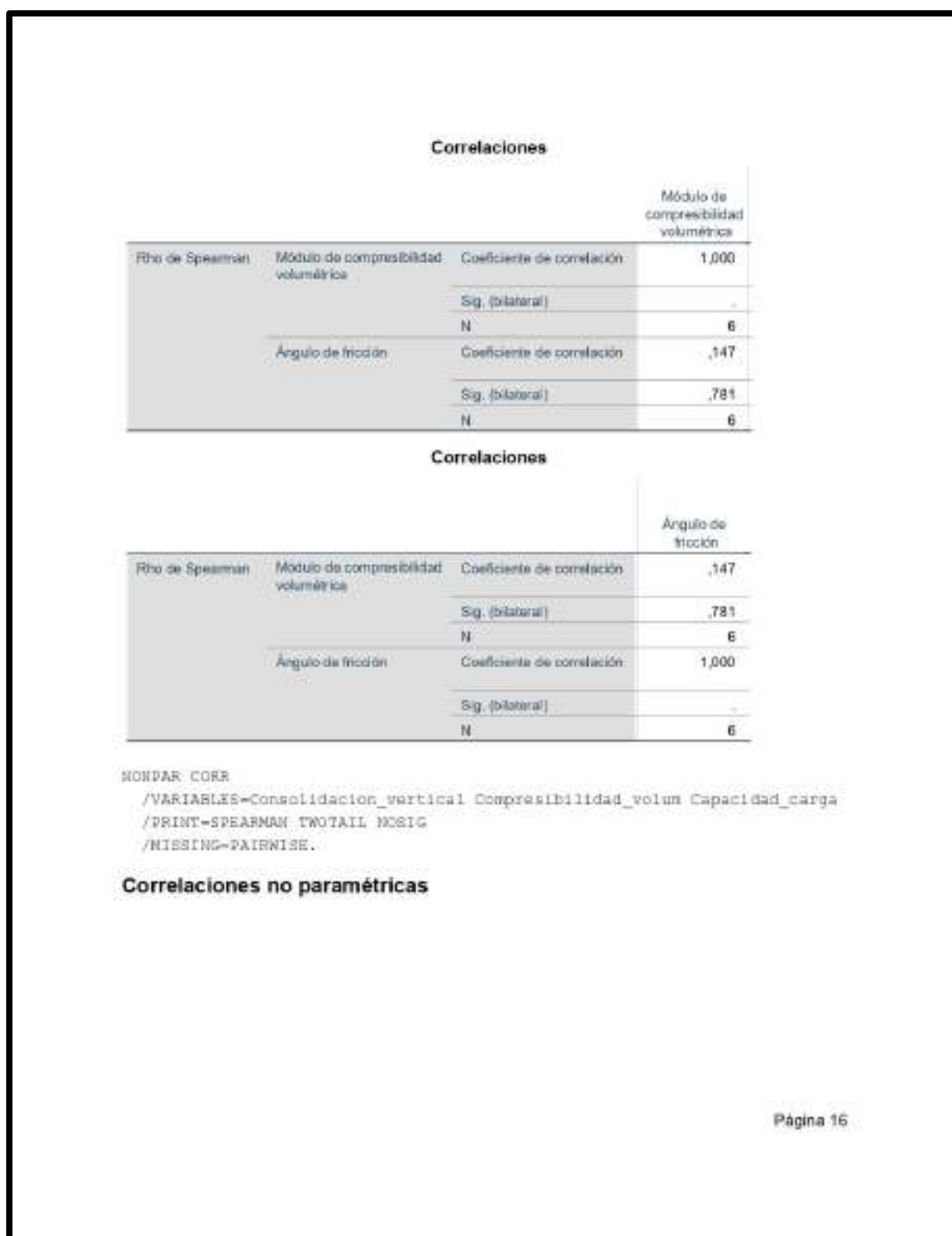


Figura 255 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 16

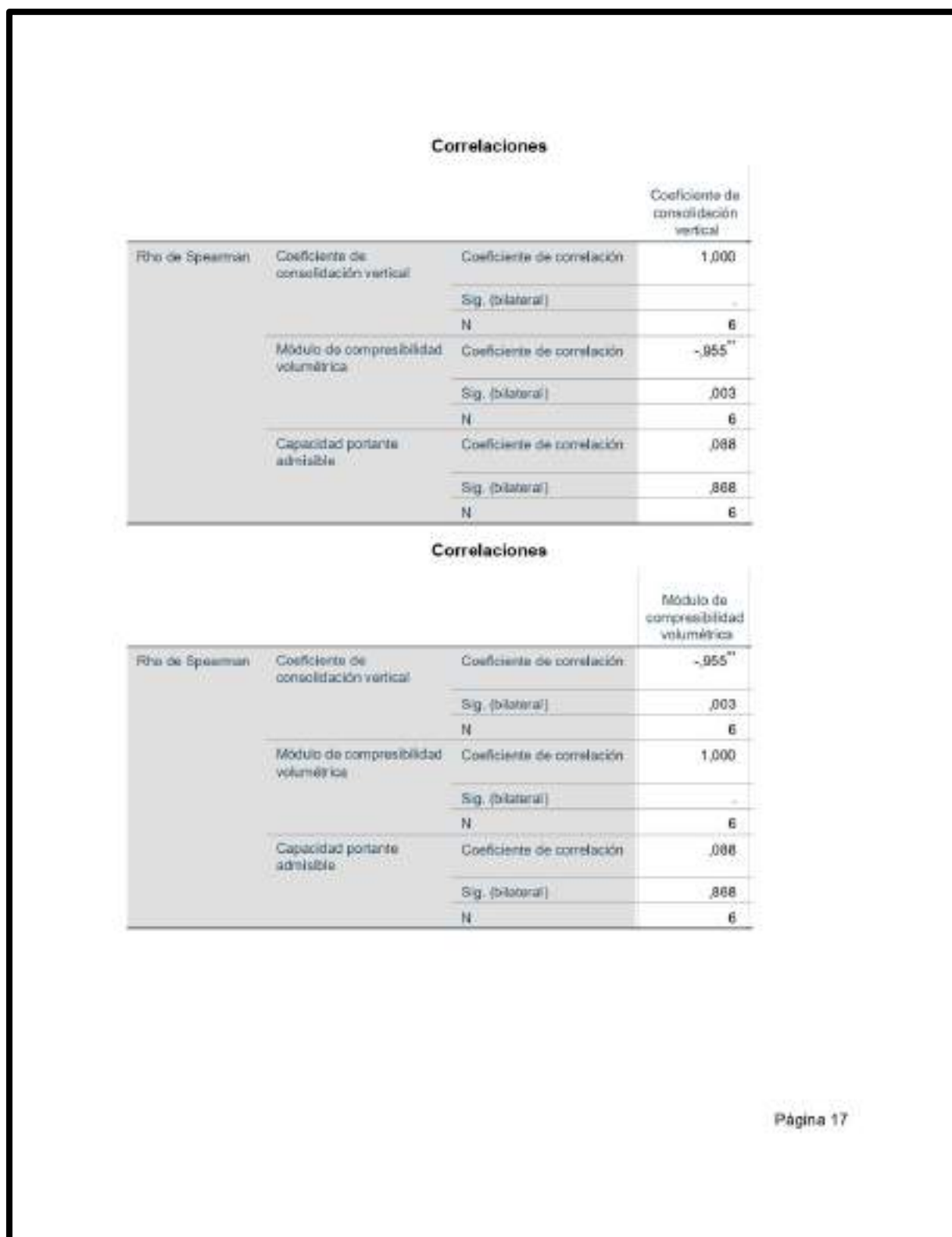


Figura 256 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 17

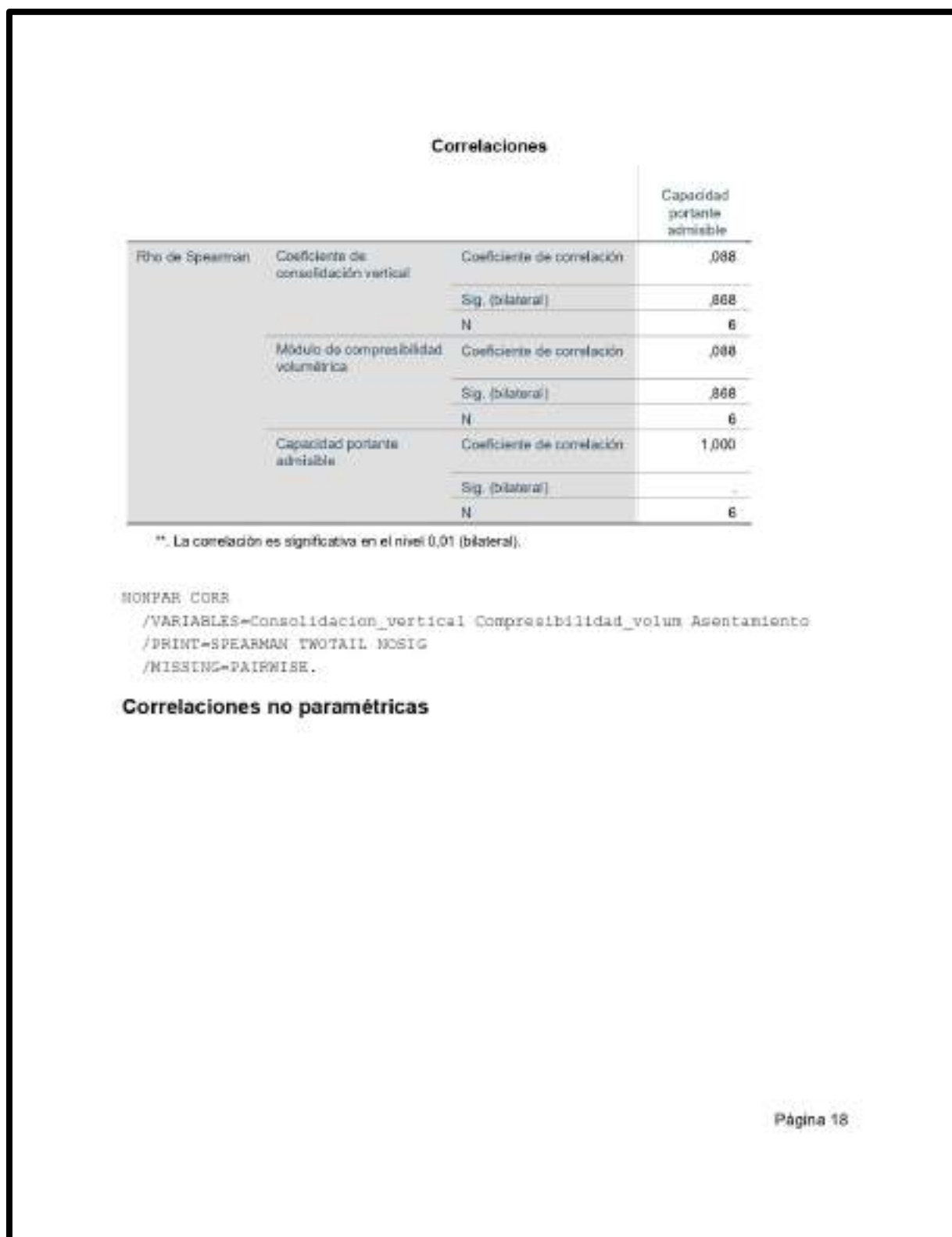


Figura 257 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 18

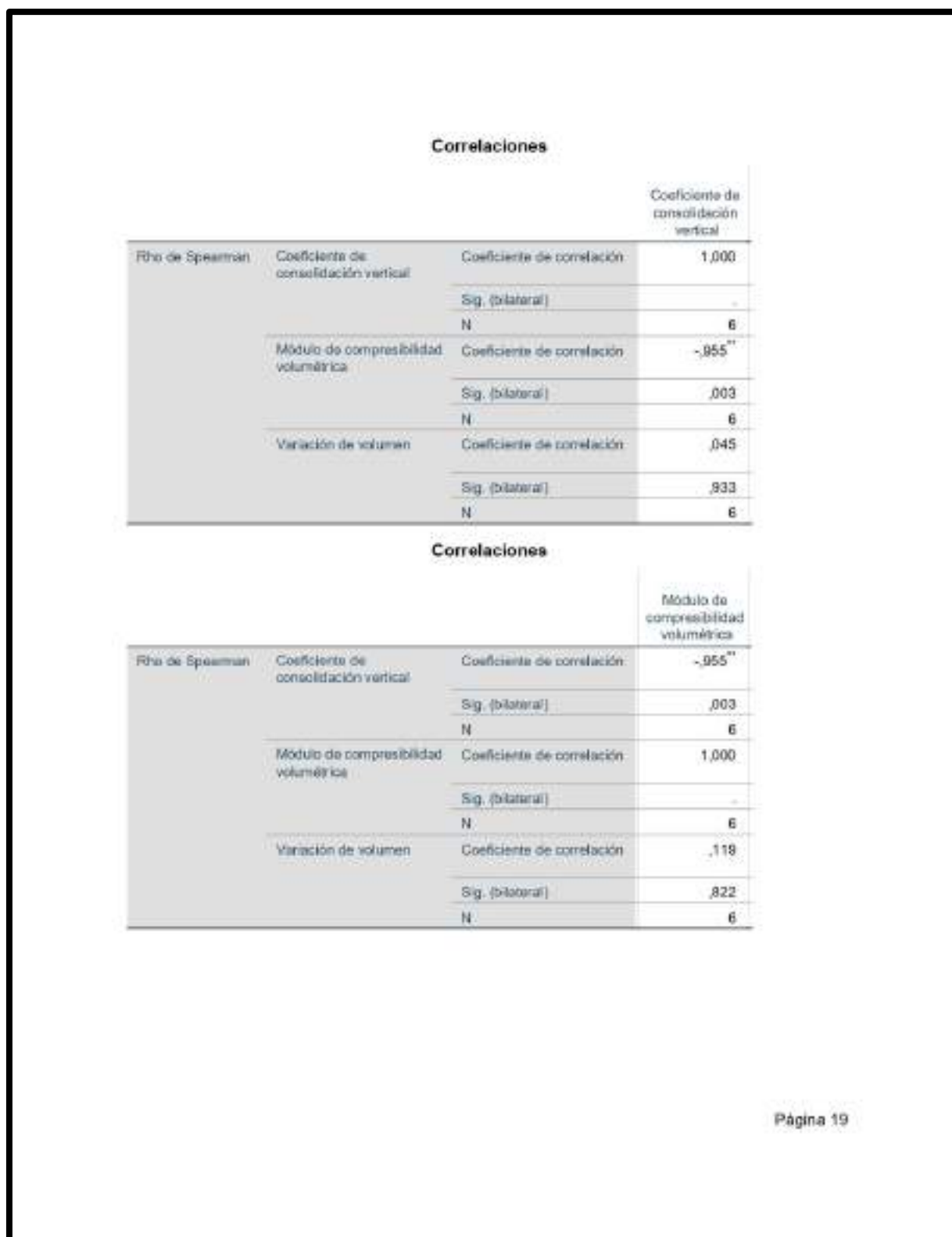


Figura 258 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 19

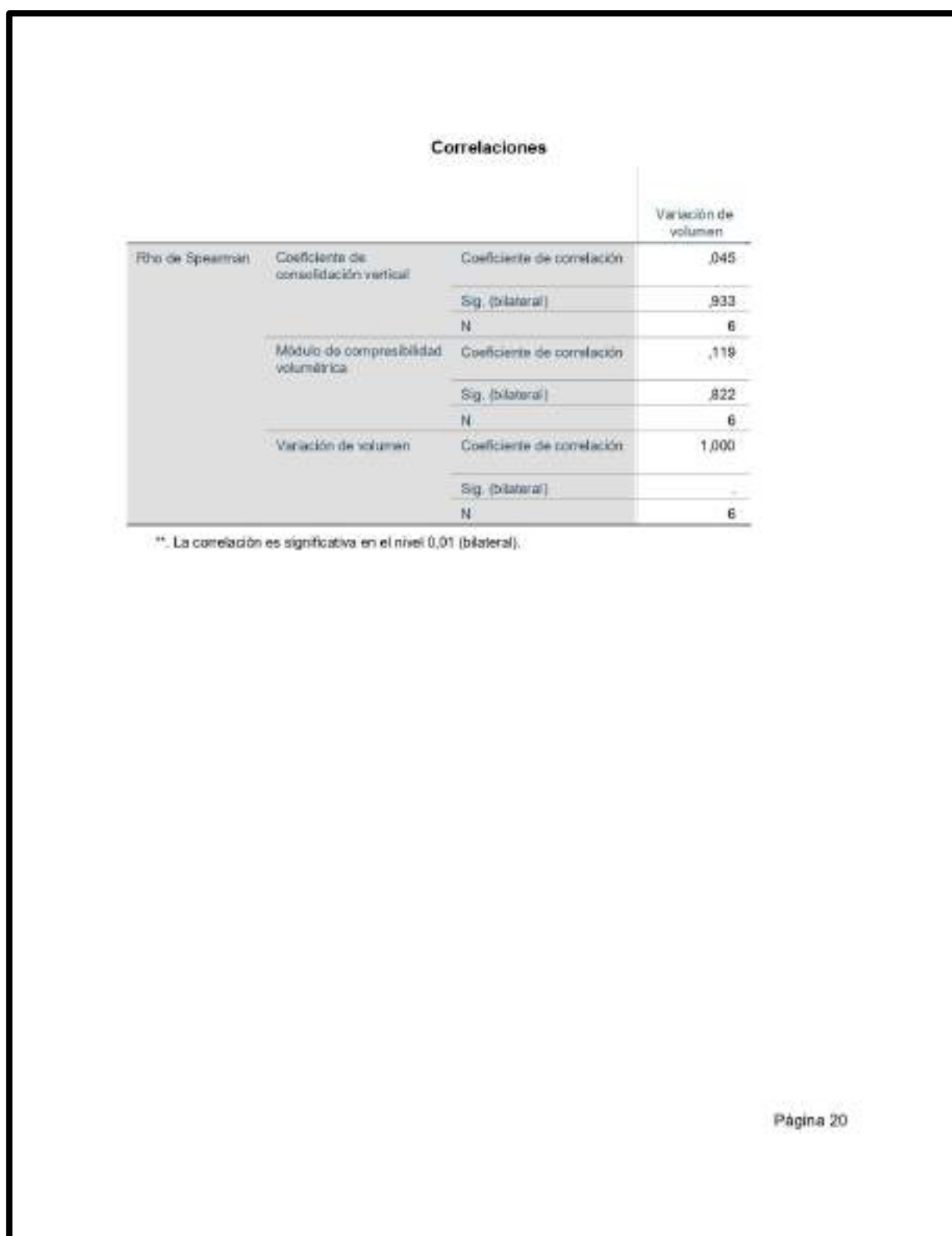


Figura 259 — Reporte SPSS análisis estadístico parte 20