



# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS DEL SECTOR EL CORTIJO BAJO – DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, CIUDAD DE TRUJILLO, EN EL AÑO 2018**

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Br. Richard Patrick, Julca Castillo.

**Asesor:**

Mg. Ing. Germán Sagástegui Vásquez.

Trujillo – Perú

2018

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Richard Patrick Julca Castillo**, denominada:

### **INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS DEL SECTOR EL CORTIJO BAJO – DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, CIUDAD DE TRUJILLO, EN EL AÑO 2018**

---

Mg. Ing. Germán Sagástegui Vásquez  
**ASESOR**

---

Ing. Josualdo, Villar Quiróz.  
**JURADO  
PRESIDENTE**

---

Ing. Juan Paúl, Henríquez Ulloa.  
**JURADO**

---

Ing. Carlos Humberto, Fernández Fernández.  
**JURADO**

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

*A mi madre **Aurora Julca Castillo**, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento. Asimismo, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

*A mi familia, entre ellos mis tíos por nunca dudar de todo lo que puedo conseguir hasta el momento.*

*Finalmente, a mis docentes, quiénes además de ser mis mentores en el camino hacia mis objetivos; fueron convirtiéndose en mis verdaderos amigos.*

## AGRADECIMIENTO

Dar gracias a Dios, ya que, con su bendición y sabiduría depositada en mi persona, ha sido posible culminar mi vida universitaria con éxito, contribuyendo con la elaboración de esta tesis, la cual es un gran aporte a la sociedad y a los futuros investigadores del mismo rubro.

Al mismo tiempo, agradecer a mi madre, Aurora Julca Castillo; que más que mi madre, fue mi fiel amiga durante toda mi Carrera.

Agradezco también el apoyo incondicional de mis demás familiares, entre ellos mis tíos; Iván Castillo, Karlin Castillo, Yesenia Castillo, Carmen Armas, Jorge López, Rosa Rodríguez, Lorenzo Arteaga; quienes estuvieron acompañándome desde un principio hasta la actualidad.

Así mismo, agradecer a mis verdaderos amigos: Antonella Carranza, Willian Arcaya y Jorge Chuquilín; quienes me brindaron su apoyo en los momentos más difíciles.

Agradezco a los ingenieros: Germán Sagástegui Vásquez, Roxana Milagros Aguilar Villena, Enrique Luján Silva e Iván Eugenio Vásquez Alfaro, quienes han sido piezas fundamentales para iniciar y finalizar la presente investigación.

Gracias por la paciencia, los conocimientos brindados, la orientación, la metodología de trabajar y la motivación durante el desarrollo de la tesis.

***El Autor.***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>1</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1. Realidad Problemática: .....	16
1.2. Formulación del Problema:.....	19
1.3. Justificación .....	19
1.4. Limitaciones.....	20
1.5. Objetivos.....	20
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	20
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	20
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.1. Antecedentes.....	22
2.1.1. <i>Internacionales</i> .....	22
2.1.2. <i>Nacionales</i> .....	24
2.2. Bases Teóricas.....	27
2.2.1. <i>La Mecánica de Suelos y su Importancia en la Ingeniería Civil</i> .....	27
2.2.2. <i>Los suelos</i> .....	27
2.2.3. <i>Cimentaciones Superficiales</i> .....	41
2.2.4. <i>Tipos de Fallas</i> .....	41
2.2.5. <i>Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi</i> .....	42
2.2.6. <i>Capacidad Portante:</i> .....	44
2.2.7. <i>Agua en el Suelo</i> .....	44
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS .....</b>	<b>48</b>
3.1 Formulación de la Hipótesis .....	48
3.1.1 <i>Hipótesis General</i> .....	48
3.1.2 <i>Hipótesis Específicas</i> .....	48
3.2 Operacionalización de Variables .....	51
3.2.1 <i>Variable Independiente</i> .....	51
3.2.2 <i>Variable Dependiente:</i> .....	51

<b>CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>53</b>
4.1 Diseño de Investigación .....	53
4.2 Material de Estudio .....	53
4.2.1 Unidad de Estudio: .....	53
4.2.2 Población.....	55
4.2.3 Muestra: .....	55
4.3 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos .....	58
4.3.1 Técnicas de recolección de datos.....	58
4.3.2 Instrumentos de recolección de datos .....	58
4.3.3 Procedimientos de recolección de datos .....	63
4.4 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos .....	67
4.4.1 Métodos.....	67
4.4.2 Instrumentos .....	67
4.4.3 Procedimiento de Análisis de Datos .....	68
<b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO .....</b>	<b>70</b>
5.1 Ubicación del material .....	70
5.2 Excavación de calicatas .....	70
5.3 Extracción de muestras .....	70
5.4 Realización de ensayos.....	70
5.4.1 Ensayos Físicos .....	70
5.4.2 Ensayos Químicos .....	73
5.4.3 Ensayos Mecánicos .....	73
<b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS.....</b>	<b>75</b>
6.1 Propiedades Físicas .....	75
6.1.1 Contenido de Humedad (ASTM D 2216): .....	75
6.1.2 Pesos Específico (ASTM D 854): .....	75
6.1.3 Análisis Granulométrico (ASTM D 422): .....	76
6.1.4 Clasificación de Suelos SUCS (ASTM D 422): .....	85
6.1.5 Límites de Atterberg.....	86
6.2 Propiedades Químicas .....	89
6.3 Propiedades Mecánicas .....	90
6.3.1 Ensayo de Corte Directo: .....	90
6.3.2 Ángulos de Fricción y Cohesión del Suelo: .....	99
6.3.3 Capacidad portante del Suelo sin influencia de la Nivel Freático:.....	100
6.3.4 Capacidad portante del Suelo con influencia de la Nivel Freático:.....	100
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN .....</b>	<b>101</b>
7.1 Propiedades Físicas .....	101
7.1.1 Contenido de Humedad (ASTM D 2216): .....	101
7.1.2 Peso Específico (ASTM D 854): .....	102
7.1.3 Análisis Granulométrico (ASTM D 422): .....	104
7.1.4 Clasificación S.U.C.S .....	109
7.1.5 Límites de Atterberg.....	113
7.2 Propiedades Químicas .....	114
7.2.1 Determinación de pH: .....	114

7.2.2	Contenido de Sulfatos .....	114
7.2.3	Contenido de Cloruros .....	114
7.2.4	Contenido de Sales Solubles .....	115
7.3	Propiedades Mecánicas .....	116
7.3.1	Ensayo de Corte Directo: .....	116
7.3.2	Capacidad Portante del Suelo: .....	120
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>122</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>129</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>130</b>
<b>ANEXO I: FIGURAS Y PLANOS .....</b>		<b>132</b>
<b>ANEXO II: CERTIFICADO DE ENSAYOS QUÍMICOS .....</b>		<b>171</b>
<b>ANEXO III: MEMORIA DE CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE SIN INFLUENCIA DE NIVEL FREÁTICO.....</b>		<b>211</b>
<b>ANEXO IV: MEMORIA DE CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE CON INFLUENCIA DE NIVEL FREÁTICO .....</b>		<b>221</b>
<b>ANEXO V: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS .....</b>		<b>240</b>
<b>ANEXO VI: CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....</b>		<b>252</b>
<b>ANEXO VII: NORMAS TÉCNICAS.....</b>		<b>254</b>
<b>ANEXO VIII: INFORME DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....</b>		<b>259</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Simbología de grupo .....	30
Tabla N° 02. Contenido de Sulfatos, Cloruros, Sales Solubles y Grado de Agresividad al concreto .....	36
Tabla N° 03. Matriz de Hipótesis General .....	49
Tabla N° 04. Matriz de Hipótesis Específicas .....	50
Tabla N° 05. Operacionalización de Variables.....	52
Tabla N° 06. Diseño de Investigación.....	53
Tabla N° 07. Unidad de Estudio .....	54
Tabla N° 08. Muestra de Estudio - Dimensiones .....	56
Tabla N° 09. Prueba de Normalidad.....	68
Tabla N° 10. Grado de Correlación entre Hipótesis .....	69
Tabla N° 11. Resultados de Contenido de Humedad.....	75
Tabla N° 12. Resultados de Pesos Específicos.....	75
Tabla N° 13. Resultados de Clasificación SUCS del Suelo .....	85
Tabla N° 14. Resultados de Límites de Atterberg – Zona 01.....	86
Tabla N° 15. Resultados de Límites de Atterber – Zona 02.....	87
Tabla N° 16. Resultados de Límites de Atterberg – Zona 03.....	88
Tabla N° 17. Resultados de Ensayos Químicos .....	89
Tabla N° 18. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 01 – C 101 .....	90
Tabla N° 19. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 01 – C 201 .....	91
Tabla N° 20. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 01 – C 301 .....	92
Tabla N° 21. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 02 – C 101 .....	93
Tabla N° 22. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 02 – C 201 .....	94
Tabla N° 23. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 02 – C 301 .....	95
Tabla N° 24. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 03 – C 101 .....	96
Tabla N° 25. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 03 – C 201 .....	97
Tabla N° 26. Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 03 – C 301 .....	98



Tabla N° 27. Valores de Ángulos de Fricción y Cohesión del Suelo – Zona 01.....	99
Tabla N° 28. Valores de Ángulos de Fricción y Cohesión del Suelo – Zona 02.....	99
Tabla N° 29. Valores de Ángulos de Fricción y Cohesión del Suelo – Zona 03.....	99
Tabla N° 30. Valores de Capacidad Portante sin Influencia de Nivel Freático.....	100
Tabla N° 31. Valores de Capacidad Portante con Influencia de Nivel Freático.....	100
Tabla N° 32. Valores Típicos de Peso Específico .....	103
Tabla N° 33. Análisis Granulométrico Zona 01 – Calicata C 101 .....	104
Tabla N° 34. Análisis Granulométrico Zona 01 – Calicata C 201 .....	104
Tabla N° 35. Análisis Granulométrico Zona 01 – Calicata C 301 .....	105
Tabla N° 36. Análisis Granulométrico Zona 02 – Calicata C 101 .....	105
Tabla N° 37. Análisis Granulométrico Zona 02 – Calicata C 201 .....	106
Tabla N° 38. Análisis Granulométrico Zona 02 – Calicata C 301 .....	106
Tabla N° 39. Análisis Granulométrico Zona 03 – Calicata C 101 .....	107
Tabla N° 40. Análisis Granulométrico Zona 03 – Calicata C 201 .....	107
Tabla N° 41. Análisis Granulométrico Zona 03 – Calicata C 301 .....	108

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 01. Contenido de Humedad .....	32
Ecuación N° 02. Peso Específico .....	32
Ecuación N° 03. Coeficiente de Uniformidad .....	33
Ecuación N° 04. Coeficiente de Curvatura .....	33
Ecuación N° 05. Límite Líquido .....	34
Ecuación N° 06. Límite Plástico .....	35
Ecuación N° 07. Índice de Plasticidad .....	35
Ecuación N° 08. Esfuerzo de Corte .....	38
Ecuación N° 09. Ley de Coulomb .....	38
Ecuación N° 10. Sobrecarga Efectiva .....	43
Ecuación N° 11. Capacidad de Carga Última / Cimiento Corrido .....	43
Ecuación N° 12. Capacidad de Carga Última / Cimiento Cuadrado .....	43
Ecuación N° 13. Capacidad de Carga Última / Cimiento Circular .....	43
Ecuación N° 14. Capacidad de Carga Última – Falla Local / Cimiento Corrido .....	43
Ecuación N° 15. Capacidad de Carga Última – Falla Local / Cimiento Cuadrado .....	43
Ecuación N° 16. Capacidad de Carga Última – Falla Local / Cimiento Circular .....	44
Ecuación N° 17. Sobrecarga Efectiva con Influencia de Nivel Freático .....	47
Ecuación N° 18. Capacidad Admisible .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Desmoronamiento de talud en suelo arenoso con baja cohesión .....	133
Figura N° 02. Ubicación del Proyecto CHAVIMOCHIC.....	134
Figura N° 03. Ubicación y área de influencia del Proyecto CHAVIMOCHIC.....	135
Figura N° 04. Contaminación de Totorales en Huanchaco .....	136
Figura N° 05. Vivienda afectada por el alto nivel freático .....	137
Figura N° 06. Resultados del ensayo de bombeo y ajuste del modelo empleado .....	138
Figura N° 07. Ubicación de los perfiles P1 y P2 y de los pozos de monitoreo .....	139
Figura N° 08. Variaciones de la profundidad del nivel freático (1996 - 2003) con respecto de la altura en el P1.....	140
Figura N° 09. Variaciones de la profundidad del nivel freático (1996 - 2003) con respecto de la altura en el P2.....	141
Figura N° 10. Fases del suelo – Sólido, líquido y gaseoso .....	142
Figura N° 11. Plasticidad en los suelos.....	143
Figura N° 12. Disgregamiento de partículas .....	144
Figura N° 13. Corte en líneas de fractura.....	145
Figura N° 14. Fluencia Plástica.....	146
Figura N° 15. Modelo de fricción del suelo.....	147
Figura N° 16. Ángulo de fricción interna.....	148
Figura N° 17. Esfuerzo Normal y de Corte.....	149
Figura N° 18. Cohesión en arenas húmedas.....	150
Figura N° 19. Cohesión en arenas secas .....	151
Figura N° 20. Falla por Corte General.....	152
Figura N° 21. Falla por punzonamiento .....	153
Figura N° 22. Falla por corte local .....	154
Figura N° 23. Falla por Capacidad de Carga en un suelo bajo cimentación rígida continua.....	155
Figura N° 24. Capacidad de Carga afectada por Nivel Freático.....	156
Figura N° 25. Esquema de Procedimiento de Recolección de Datos .....	64
Figura N° 26. Delimitación de las Zonas de Estudio.....	157

Figura N° 26.1. Delimitación - Zona 01 .....	158
Figura N° 26.2. Delimitación - Zona 02 .....	159
Figura N° 26.3. Delimitación - Zona 03 .....	160
Figura N° 27. Excavación de calicatas en los sectores de estudio .....	161
Figura N° 28. Extracción de muestras de Suelo – Zona de Estudio 01 .....	162
Figura N° 29. Extracción de muestras de Suelo – Zona de Estudio 02 .....	163
Figura N° 30. Extracción de muestras de Suelo – Zona de Estudio 03 .....	164
Figura N° 31. Desarrollo de ensayo de contenido de humedad .....	165
Figura N° 32. Desarrollo de ensayo de peso específico .....	166
Figura N° 33. Desarrollo de ensayo de análisis granulométrico .....	167
Figura N° 34. Ensayos de Límites de Atterberg – Equipo y muestra para desarrollar .....	168
Figura N° 35. Desarrollo del ensayo de límite líquido (LL) .....	169
Figura N° 36. Desarrollo del ensayo de límite plástico (LP) .....	170
Figura N° 37. Resultados de ensayos químicos .....	172
Figura N° 38. Reconocimiento del Equipo de Corte Directo .....	173
Figura N° 39. Desarrollo del Ensayo de Corte Directo .....	174
Figura N° 40. Curva Granulométrica – Zona 01 / Calicata 101 .....	76
Figura N° 41. Curva Granulométrica – Zona 01 / Calicata 201 .....	77
Figura N° 42. Curva Granulométrica – Zona 01 / Calicata 301 .....	78
Figura N° 43. Curva Granulométrica – Zona 02 / Calicata 101 .....	79
Figura N° 44. Curva Granulométrica – Zona 02 / Calicata 201 .....	80
Figura N° 45. Curva Granulométrica – Zona 02 / Calicata 301 .....	81
Figura N° 46. Curva Granulométrica – Zona 03 / Calicata 101 .....	82
Figura N° 47. Curva Granulométrica – Zona 03 / Calicata 201 .....	83
Figura N° 48. Curva Granulométrica – Zona 03 / Calicata 301 .....	84
Figura N° 49. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 101 – Estrato 01 .....	175
Figura N° 50. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 101 – Estrato 01 .....	176
Figura N° 51. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 101 – Estrato 02 .....	177

Figura N° 52. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 101 – Estrato 02 .....	178
Figura N° 53. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 201 – Estrato 01 .....	179
Figura N° 54. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 201 – Estrato 01 .....	180
Figura N° 55. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 201 – Estrato 02 .....	181
Figura N° 56. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 201 – Estrato 02 .....	182
Figura N° 57. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 301 – Estrato 01 .....	183
Figura N° 58. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 301 – Estrato 01 .....	184
Figura N° 59. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 301 – Estrato 02 .....	185
Figura N° 60. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 301 – Estrato 02 .....	186
Figura N° 61. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 101 – Estrato 01 .....	187
Figura N° 62. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 101 – Estrato 01 .....	188
Figura N° 63. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 101 – Estrato 02 .....	189
Figura N° 64. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 101 – Estrato 01 .....	190
Figura N° 65. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 201– Estrato 01 .....	191
Figura N° 66. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 201 – Estrato 01 .....	192
Figura N° 67. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 201– Estrato 02 .....	193
Figura N° 68. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 201 – Estrato 02 .....	194
Figura N° 69. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 301– Estrato 01 .....	195
Figura N° 70. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 301 – Estrato 01 .....	196

Figura N° 71. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 301– Estrato 02 .....	197
Figura N° 72. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 301 – Estrato 02 .....	198
Figura N° 73. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 101– Estrato 01 .....	199
Figura N° 74. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 101 – Estrato 01 .....	200
Figura N° 75. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 101– Estrato 02 .....	201
Figura N° 76. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 101 – Estrato 02 .....	202
Figura N° 77. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 201– Estrato 01 .....	203
Figura N° 78. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 201 – Estrato 01 .....	204
Figura N° 79. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 201– Estrato 02 .....	205
Figura N° 80. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 201 – Estrato 02 .....	206
Figura N° 81. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 301– Estrato 01 .....	207
Figura N° 82. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 301 – Estrato 01 .....	208
Figura N° 83. Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 301– Estrato 02 .....	209
Figura N° 84. Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 301 – Estrato 02 .....	210

## RESUMEN

La presente tesis de investigación se desarrolló con la finalidad de explicar la influencia del nivel freático en el comportamiento de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, en el año 2018.

Además de estudiar la influencia del nivel freático en la capacidad portante del suelo, también se desarrolló un estudio en el cual se detallan las propiedades físicas y químicas de la zona mencionada con anterioridad.

Para identificar y evaluar el Nivel Freático, fue necesario valerse de un sondeo en la zona de estudio, el cual se realizó por medio de la excavación de calicatas y la caracterización de las muestras recolectadas. Este proceso se basó teniendo en cuenta la Norma Técnica E 0.50 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Los niveles freáticos identificados en la zona de estudio 01, 02 y 03; fueron de 1.60 m., 1.50 m. y 1.20m. de profundidad, respectivamente.

Habiendo realizado lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que la clase de suelo predominante en el Sector El Cortijo Bajo - Norte, son las arenas. El contenido de humedad de estos suelos supera el 31%, llegando hasta un máximo de 40% de humedad.

Con respecto a los valores obtenidos luego de realizar los ensayos plásticos, se logró determinar que ninguna de las calicatas excavadas en cada zona de estudio presenta límite líquido (LL) y límite plástico (LP); logrando afirmar que los suelos analizados son no plásticos.

Los ensayos químicos realizados fueron: determinación de pH, contenido de sulfatos, contenido de cloruros y contenido de sales solubles; los cuales permitieron saber que ninguna de las zonas estudiadas se ve afectada por algún agente químico.

En cuanto a las propiedades mecánicas; el Ensayo de Corte Directo permitió determinar los valores del esfuerzo cortante, el ángulo de fricción y la cohesión del suelo. Partiendo de dichos resultados, se tomó como parámetro el ángulo de fricción, y se pasó a determinar la capacidad portante del suelo en el Sector El Cortijo Bajo – Norte; aplicando la Teoría de Terzaghi. Dicha teoría se aplicó para suelos con y sin influencia de nivel freático, dando como resultado que en suelos sin influencia de nivel freático; tanto en la Zona 01 – 02 – 03, los valores promedio de la capacidad portante fueron de 1.07 Kg/cm<sup>2</sup> - 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> – 0.93 Kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Mientras que, en suelos con influencia de nivel freático, los valores promedio obtenidos sufrieron un descenso a 0.95 Kg/cm<sup>2</sup> – 0.87 Kg/cm<sup>2</sup>

– 0.77 Kg/cm<sup>2</sup>, tanto para la Zona 01 – 02 – 03.

Finalmente, se concluye que el nivel freático influye de manera perjudicial en los suelos del Sector El Cortijo Bajo - Norte, alterando las propiedades físicas y mecánicas de los suelos; lo que conlleva a una afección en las estructuras de dicho sector; siendo estas a corto, mediano y/o largo plazo.

## ABSTRACT

This research thesis was developed with the purpose of explaining the influence of the phreatic level on the behavior of the soils of the Sector of The Cortijo Bajo - North, in the district of Victor Larco Herrera, in 2018.

In addition to studying the influence of the groundwater level on the bearing capacity of the soil, a study was also developed in which the physical and chemical properties of the area mentioned above are detailed.

To identify and evaluate the Water Level, it was necessary to use a survey in the study area, which was carried out by means of the excavation of pits and the characterization of the collected samples. This process was based on the consideration of Technical Standard E 0.50 of the National Building Regulations.

The groundwater levels identified in study areas 01, 02 and 03; They were 1.60 m., 1.50 m. and 1.20m. of depth, respectively.

Having done the aforementioned, it can be affirmed that the predominant soil class in The Cortijo Bajo Sector – North, are the sands. The moisture content of these soils exceeds 31%, reaching a maximum of 40% humidity.

Regarding the values obtained after carrying out the plastic tests, it was possible to determine that none of the pits excavated in each study area have liquid limit (LL) and plastic limit (LP); being able to affirm that the floors analyzed are not plastic.

The chemical tests carried out were: determination of pH, sulfate content, chloride content and content of soluble salts; which allowed to know that none of the areas studied is affected by any chemical agent.

As for the mechanical properties; The Direct Cutting Test allowed to determine the values of the shear stress, the angle of friction and the cohesion of the soil. Based on these results, the angle of friction was taken as parameter, and the bearing capacity of the soil in The Cortijo Bajo Sector – North; was determined, applying the Terzaghi Theory. This theory was applied to soils with and without the influence of water table, resulting in soil without influence of water table; In both Zone 01 - 02 - 03, the average values of the bearing capacity were 1.07 Kg/cm<sup>2</sup> - 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> - 0.93 Kg/cm<sup>2</sup>, respectively. While in soils with influence of water table, the average values obtained suffered a decrease to 0.95 Kg/cm<sup>2</sup> - 0.87 Kg/cm<sup>2</sup> - 0.77 Kg/cm<sup>2</sup>, both for Zone 01 - 02 - 03.

Finally, it is concluded that the phreatic level has a detrimental influence on the soils of The Cortijo Bajo Sector - North, altering the physical and mechanical properties of the soils; which leads to a condition in the structures of that sector; being these short, medium and / or long term.



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática:

La Geotecnia es la rama de la Ingeniería Civil, encargada del estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, las cuales sirven como base para la realización de obras de edificación y urbanismo. Terzaghi, considerado el padre de la Geotecnia, afirma que para la realización de cualquier tipo de obra de ingeniería no basta con conocer teorías fundamentales, métodos de ensayos o estimación de posibles errores, sino precisa que uno debe poseer la experiencia necesaria a través de las prácticas por medio de observaciones en las obras, para poder llevar a una realidad nuestros conocimientos teóricos y empíricos.

Shanghái y gran parte de Taiwán, se están hundiendo; esto debido a que están situados sobre grandes acuíferos subterráneos que han sido esquilados mediante pozos durante todo el siglo XX con el resultado de que el suelo se está hundiendo a un ritmo entre 1.00 y 2.00 centímetros al año. El hundimiento se empezó a notar en 1921, llegando a su punto álgido en las décadas de los 1950 y 1960, entonces la tierra se hundía unos cuatro centímetros al año. <sup>(2)</sup>

Otro claro ejemplo es la ciudad de Venecia, más conocido de subsidencia; en 1900 se inundaba una vez cada cinco años; en 1930, una vez al año; en los años 1970, ya eran tres veces al año. La razón de este enorme crecimiento de la frecuencia y severidad de las inundaciones está en la subsidencia. Otros ejemplos famosos son Londres, cuyo nivel freático fue deprimido 60 m entre 1865 y 1931, lo que provocó una subsidencia de hasta 15 cm debido a la consolidación de la arcilla.

En el año 2013, la Universidad de la Costa, en Colombia; realizó un estudio de Zonificación y Caracterización Geotécnica de los Suelos de la ciudad de Barranquilla, con el propósito de que las empresas de planeación y desarrollo urbano se orienten y ordenen para la realización de anteproyectos más económicos y ajustados a la realidad geotécnica de la ciudad. Entre otro, el Ing. Geólogo, José María Chávez Aguirre en el año 2008 realizó un Atlas Multidisciplinario y de Riesgo Geotécnico de la zona de Conurbada del Valle de México, debido a que el incremento poblacional estaba originando construcciones informales dentro de un área donde existía una gran cantidad de minas subterráneas que afectaban a la población provocando hundimientos y colapsos en las construcciones, motivo que obligó a realizar este estudio geotécnico para conocer el comportamiento de los suelos y sus problemáticas.

Los estudios geotécnicos son una base fundamental para la realización de diversos proyectos de ingeniería, razón por la cual, en el Perú el Laboratorio Geotécnico del SISMIID y el Instituto Geotécnico del Perú, hace años realizan este tipo de investigaciones. Este último en el año 2010, realizó un estudio de Zonificación Sísmico – Geotécnico para siete distritos de Lima Metropolitana, debido a los posibles efectos desastrosos ante sismos en zonas donde había poco conocimiento de

la calidad del suelo y sobre las cuáles habían emergido ciudades que tenían proyectos de expansión urbana. En el año 2011, el Ing. Enrique Luján Silva realizó un estudio de Microzonificación Geotécnica de la ciudad de Trujillo, con el propósito de evaluar y estudiar las propiedades del suelo de esta área para el diseño estructural de las edificaciones, así como para la planificación urbana.

(Fiestas, 2013), en su artículo periodístico, “Tres mil viviendas afectadas por el nivel freático”; informó que más de tres mil viviendas ubicadas en Trujillo son afectadas por la napa freática, ya que al humedecerse el terreno origina daños o debilita las estructuras de las cimentaciones; tal y como se puede observar en la Figura N° 01. <sup>(9)</sup>

Las zonas más perjudicadas por el alto nivel freático se ubican en el distrito de Víctor Larco Herrera, específicamente en la Urbanización El Golf. Así mismo, Fiestas explicó que las aguas en las partes altas de un determinado territorio van bajando y si no existe un sistema de drenaje adecuado, da lugar a que un área urbana tenga problemas, ya que la humedad provoca que las viviendas no tengan una estructura sólida.

(Rodríguez, 2015), en su artículo “Influencia de las propiedades del suelo en el diseño de cimentaciones”, hace referencia que el Estudio de Mecánica de Suelos es básico para realizar el diseño de cimentaciones. Van a afectar el diseño de cimentaciones: el tipo de suelo (cohesivo, granular, mixto, de alta o baja plasticidad), la variación de estratos, la consistencia (media, blanda o dura), las propiedades físicas y mecánicas (cohesión, ángulo de fricción e índice de compresión), la ubicación del nivel freático, la profundidad de cimentación, la capacidad portante por resistencia y por asentamiento, el esfuerzo neto, los asentamientos diferenciales y totales, los agentes agresivos (sulfatos, cloruros y sales), la expansibilidad del suelo, la estabilidad de taludes, las especificaciones de las Normas Peruanas de estructuras, etc. Sólo si conocemos esto, se procederá a diseñar la cimentación adecuada para cada tipo de suelo, en caso contrario, el diseñador se convierte en un peligro público. <sup>(15)</sup>

El nivel freático viene a ser el acuífero más cercano a la superficie del suelo. Cuando el acuífero deja de explotarse, el nivel freático se eleva, provocando consigo influencias en el comportamiento de los suelos de un sector.

En la Región La Libertad, existen humedades que han sido desecados o enterrados para ser urbanizados, tales son los casos de los distritos de Laredo, Huanchaco, Víctor Larco Herrera. En la presente investigación, el sector a estudiar es El Cortijo Bajo, ubicado en el Distrito de Víctor Larco Herrera.

En investigaciones y estudios realizados anteriormente, se concluyó que Laredo es un distrito que se ve afectado por aguas freáticas, debido a la presencia de las aguas del Proyecto CHAVIMOCHIC, el cuál abastece de agua industrial y doméstica a cuatro valles de la Región La Libertad, tales como: Chao, Virú, Moche y Chicama. (Figura N° 02 y Figura N° 03)

(Tantaleán, 2010); en el informe “Problemática de la Napa Freática en la Urbanización El Golf”, afirma que: El Proyecto Chavimochic, así como beneficios, también trae consigo negativas, las cuáles involucran a las viviendas de las zonas alrededor del proyecto. Al mismo tiempo, comenta que: “Chavimochic tiene 51 Km de longitud de drenes que evacúan al mar, pero se busca incentivar el uso de agua subterránea”. Esa será la solución futura debido al problema del calentamiento global, que está derritiendo los nevados que proveen de agua al río Santa con cifras alarmantes entre 35 y 25 m<sup>3</sup>, anteriormente proveía 100 m<sup>3</sup>, el que alimentaba al Proyecto Chavimochic.<sup>(17)</sup>

La desactivación de pozos más el trasvase de aguas da como resultado que la napa freática se eleve. En cuanto al distrito de Huanchaco, el factor que influye en la elevación del nivel freático son las aguas de la playa del mismo distrito, las que filtran de modo subterráneo por los suelos costeros del balneario de dicha zona, afectando no sólo a las edificaciones de la zona, sino también llegando incluso a la contaminación de los Totorales de Huanchaco. (Figura N° 04)

(Luján, 2013); en su estudio “*Ensayos Geofísicos para el Estudio de la Microzonificación Sísmica del Distrito de Trujillo*”, afirma que una problemática similar se observa en la Urbanización Santa María – V Etapa, debido a la influencia de su cercanía al Río Moche y el nivel freático de la zona; lo que genera consecuencias perjudiciales en las viviendas allegadas a esta zona, especialmente en los suelos y las estructuras; provocando fenómenos tales como: asentamientos, eflorescencia, fisuras en losas, entre otras.<sup>(10)</sup> (Figura N° 05)

En la presente investigación, el sector a estudiar es El Cortijo Bajo - Norte, ubicado en el Distrito de Víctor Larco Herrera. En mencionado sector; se procedió a seleccionar, estudiar y analizar el comportamiento de la Zona Norte del Cortijo Bajo, puesto que es un sector más factible para realizar investigaciones.

Al mismo tiempo, es válido mencionar que El Sector Cortijo Bajo - Norte, tiene una superficie de 163 211.91 m<sup>2</sup> y un perímetro de 45 678.19 m. En ella se delimitaron tres (03) zonas de estudio.

Es por tal razón que basándome en estudios similares, se optó por desarrollar un sondeo y posteriormente un estudio detallado del sector mencionado, cuya finalidad es evaluar la influencia del nivel freático en los suelos del mismo.

Los mismos estudios realizados con anterioridad, pueden afirmar que desde el año 2002, en la Región La Libertad, especialmente en la provincia de Trujillo, se han reportado problemas con respecto al nivel freático, lo cual ha traído consigo problemas, como los mencionados anteriormente. Cabe mencionar que los efectos que produce el nivel freático en un determinado sector dependen de la estratigrafía de la zona en donde se desarrolla este fenómeno.

Los estudios realizados con respecto al nivel freático no son precisos en cuanto a cifras, ya que el enfoque que se les brinda es desde un punto de vista cualitativo, mas no cuantitativo.

En la actualidad, desde el año 2015 al presente, una gran parte del sector de Trujillo, especialmente los más allegados a la costa marina, se ven afectados por problemas con el nivel freático.

Esta tesis tiene por objetivo estudiar y brindar alguna medida de solución a la problemática del nivel freático, especialmente en el Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera. Al mismo tiempo se pretende realizar un diseño de cimentaciones por cada zona de estudio, el cual será un aporte de gran importancia para futuras construcciones y edificaciones.

Finalmente, se espera que, a partir de la investigación a realizar, las autoridades de la Región, la Provincia y el mismo Distrito; puedan tomar las medidas necesarias para mitigar y/o controlar el fenómeno.

## **1.2. Formulación del Problema:**

¿Cómo influye el nivel freático en la capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, Ciudad de Trujillo, en el año 2018?

## **1.3. Justificación:**

La presente tesis pretende identificar, reconocer y analizar los diferentes aspectos por los cuales el nivel freático viene a ser un problema en la ciudad de Trujillo, específicamente en el Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera.

Así mismo, es importante mencionar que el estudio de investigación se llevó a cabo en el Sector El Cortijo Bajo - Norte, en la cual se delimitaron tres (03) sectores o zonas de estudio. Es por tal razón que las hipótesis planteadas sólo son válidas para el Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco.

Los motivos o razones por las cuáles se desea realizar dicha investigación, pasan a explicarse con detenimiento en los siguientes párrafos.

Desde el punto de vista de la ingeniería civil; el ascenso de la napa freática hasta la superficie de un terreno se convierte en un problema cuando el agua hace contacto con las cimentaciones de una edificación y ejerce influencias en las mismas; trayendo consigo consecuencias, tales como: asentamientos, fisuras, eflorescencia, entre otras. Este problema y estas consecuencias son desconocidas por la población del Sector El Cortijo Bajo - Norte, lo cual implica un grave riesgo, ya sea a corto, mediano o largo plazo; no sólo en edificaciones de la zona misma, sino también en los habitantes de la mencionada zona. La causa principal de este problema es la escases de información que se tiene en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas de los suelos del Sector

El Cortijo Bajo, es por ello que se iniciará la investigación y ejecución de la tesis *Influencia del Nivel Freático en la Capacidad Portante de los Suelos del Sector El Cortijo Bajo – Distrito de Víctor Larco Herrera, Ciudad de Trujillo, en el año 2018*.

Más que una tesis, ésta pretende en convertirse o ser considerada como un aporte técnico para futuros proyectos de la industria de la construcción en el Sector El Cortijo Bajo - Norte.

Finalmente; desde otro punto de vista, dicha tesis es un incentivo para estudiantes, bachilleres y demás ingenieros que se dedican a la investigación geotécnica; ya que su enfoque es casi único en su categoría, pues involucra estudios de propiedades físicas, químicas y mecánicas en una determinada zona.

#### **1.4. Limitaciones:**

Aprobación de la población y empresas privadas (Agroindustria Laredo) para la excavación de calicatas y extracción de muestras en el Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera.

*La solución para lograr obtener la aprobación de los pobladores y la empresa mencionada es brindar una charla informativa; en la cual se exponga la problemática de la zona a estudiar y al mismo tiempo brindar conocimiento de las consecuencias que trae consigo el aumento del nivel freático en las edificaciones de dicha zona y explicarles los beneficios y utilidad que pueden darle a la presente tesis.*

#### **1.5. Objetivos:**

##### **1.5.1. Objetivo General:**

- ✓ Determinar la influencia del nivel freático en la capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, en el año 2018

##### **1.5.2. Objetivos Específicos:**

- ✓ Caracterizar el suelo del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, Ciudad de Trujillo; mediante los ensayos de contenido de humedad, peso específico y clasificación de SUCS.
- ✓ Determinar las propiedades químicas del suelo del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, Ciudad de Trujillo.

- ✓ Determinar las propiedades mecánicas del suelo del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera; a partir del ensayo de corte directo (ASTM D 3080)
- ✓ Hallar la gráfica Deformación tangencial vs. Esfuerzo de corte, de los estratos de los suelos ensayados.
- ✓ Hallar la gráfica Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte, de los estratos de los suelos ensayados.
- ✓ Obtener el esfuerzo de corte ( $\sigma$ ) y la cohesión del suelo ( $c$ ) del suelo en el Sector El Cortijo Bajo - Norte.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes:

#### 2.1.1. Internacionales:

- (Mora, 2000); en su estudio denominado: “La Variación de la Posición del Nivel Freático y su Influencia en la Capacidad de Carga de Cimentaciones Superficiales”; realiza el modelaje de la capacidad de carga admisible de un suelo de origen volcánico, con la consideración de la influencia que ejerce la variación de la posición del nivel freático, la cual varía desde 4.50 m. a 0.00 m. Esta variación es contrastada con el ancho de las placas cuyas dimensiones van desde 0.00 m. a 2.00 m. de ancho.

Finalmente concluye que la variación del nivel freático tiene una influencia sumamente importante en la capacidad de carga admisible (CCA) de cimentaciones superficiales. En algunos casos, estructuras de cimentación de anchos menores pueden presentar CCA mayor que las que cuentan con anchos mayores, esto debido a la ubicación del nivel freático con respecto a la estructura misma. Es por ello que el diseño de estructuras de cimentaciones debe considerar las variaciones del nivel freático y sobre todo establecer cuál puede ser el nivel más cercano a la superficie que pueda alcanzar.

- (Silicani & Francile, 2009); en su estudio “Relevamiento de la Napa Freática en el Departamento San Martín”; caracterizaron y evaluaron la napa freática, sobre un total de 59 freatímetros, que cubren una superficie de 5 120 Ha.

A su vez, localizaron sectores donde hubo problemática, considerada la misma para niveles freáticos entre 0.00 m. y 1.50 m.; realizaron los mapas correspondientes en áreas y porcentual de áreas y se intentó determinar los orígenes de los niveles preocupantes de la napa freática con que están relacionados estos problemas, encontrando los niveles en valores preocupantes.

Las mediciones y análisis demostraron que un promedio de 45% de la napa freática se encontró en valores de entre 0.00 m. y 1.50 m. con respecto al nivel del terreno natural; es probable que esto se deba a un efecto local causado por bajas eficiencias de riego, o falta de mantenimiento en los drenes colectores de la zona.

Altimétricamente se observó que se sigue el patrón NO-SE, propio de la provincia; texturalmente se da que en los suelos que se consideraron de mal drenaje existen dificultades con respecto al nivel freático, así como en los sectores más cercanos a ellos, no se determinó en ningún caso un nivel freático alto en sectores denominados de buen drenaje.

- (Rinaldi, Zeballos, Rocca, abril, & Francisca, 2011); en su estudio “Ascenso del Nivel Freático en Suelos Colapsables de la Ciudad de Córdoba: Evaluación del Problema”; afirman que la capacidad de almacenamiento del terreno se relaciona con el volumen de vacíos libres de agua en condición inicial del suelo. En función de los estudios de suelo disponibles se ha considerado un perfil con el nivel freático originalmente a 10.00 m. de profundidad (antigüedad 5 años promedio). Los parámetros básicos asumidos para el suelo comprenden un perfil uniforme conformado por limos arcillosos y arenosos con un peso unitario de  $1.35 \text{ Tn/m}^3$  y una gravedad específica de  $2.64 \text{ gr/cm}^3$ . A partir de estos parámetros surgen por relaciones volumétricas y gravimétricas básicas, las siguiente variables: *relación de vacíos  $e=0.96$ , humedad de saturación  $w_s\%=36\%$  y porosidad  $n=0.49$*

La distribución de humedades típicas para estos suelos, en las condiciones mencionadas se muestra en la Figura N° 06. De acuerdo con estas hipótesis, el volumen resultante posible de almacenamiento es igual a  $1.71 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Este resultado, aceptando las condiciones iniciales de cálculo permite determinar que el máximo volumen de agua que puede ser absorbido por el suelo por metro cuadrado de superficie es  $1.71 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , asumiendo que la zona bajo análisis se comporta como una cuenca o depósito subterráneo, sin capacidad de evacuación de fluidos. Se entiende que esta hipótesis constituye una condición extrema, que a la luz de los estudios geomorfológicos y geológicos no se cumplen en forma estricta. Sin embargo, la misma es asumida a este nivel del estudio a los fines de establecer valores límites de acotación del problema.



### 2.1.2. Nacionales:

- (Morales & Zavala, 2008); afirman que las características del suelo tendrán una importancia preponderante según el nivel de daños producidos por un terremoto. El suelo de la zona central de Lima, conglomerado de canto rodado y grava en una matriz limo-arenosa y con una napa freática muy profunda, es sísmicamente adecuado para su compacidad y resistencia, mostrando capacidad de carga de  $3.00 \text{ Kg/cm}^2$ . En la parte central del Callao, los estratos superficiales de capas de arena limosas arcillosas y una napa freática a 2.00 m. ó 3.00 m., otorgan una presión admisible de 0.50 a  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ ; en la Molina el suelo es de sedimentos de limo – arena – arcilla con gravas y lodos, y la napa freática está a unos 13.00 m. de profundidad, la resistencia del terreno es de  $0.50 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ .

Se reconocen como suelos sísmicamente desfavorables los sedimentos de los aluviales arenosos en Chorrillos, los acantilados costeros y los depósitos de basura en las riberas del Río Rímac y San Martín de Porres.

- (Campos, Kruse, Tosi, Mazzoldi, & Teatini, 2009); en su informe “Evaluación Preliminar del Ascenso de los Niveles Freáticos en el Área de Trujillo”; afirman que las variaciones de los niveles freáticos en algunas perforaciones entre noviembre de 1993 y Octubre de 2003 se muestran mediante perfiles hidrogeológicos que se encuentran situados en la Figura N° 07.

En los pozos que presentan el nivel freático a una mayor profundidad, que son los que se ubican a mayor altura, se reconoce un rápido ascenso, alcanzando en algunos casos valores próximos a la superficie del terreno.

Estas variaciones de profundidad con respecto al nivel freático se presentan en el Anexo I – Figura N° 08.

En aquellos con niveles freáticos situados a una profundidad menor a 5.00 m., situados en la zona baja costera se registra una fuerte recuperación hasta diciembre de 1999 y luego se presenta un mantenimiento de la posición en niveles muy cercanos a la superficie. (Figura N° 09)

Los datos medidos indican que a partir de 1996 se produce un aumento significativo en la recarga de las aguas subterráneas.

En los sectores topográficamente más bajos el afloramiento de los niveles freáticos como consecuencia del ascenso no solo afecta a la infraestructura que se encuentra a poca profundidad, sino que dan lugar a inundaciones en la superficie que son persistentes en el tiempo.

- (Alva, Huamán, & Bustamante, 2011); en su proyecto libro digital “Estudio de Microzonificación Sísmica de Huaraz;” concluyen que el sismo del 31 de marzo de 1970 demostró la influencia de características del subsuelo de Huaraz en el daño a las edificaciones de adobe, ya que un mayor porcentaje de daños ocurrió en las áreas donde las características del subsuelo son más desfavorables. Una aplicación inmediata del estudio de las características del subsuelo y la evaluación de daños sísmicos en Huaraz es la elaboración de la microzonificación sísmica de la ciudad la cual consta de cuatro zonas; las cuales se pasan a describir a continuación:

**Zona I:** existe suelo granular gravoso en matriz limo-arenosa, medianamente compacto. El nivel freático está por debajo de los 6.00 m. de profundidad. La topografía es plana. No existe la posibilidad de ocurrencia de asentamientos o amplificación con un sismo. La capacidad portante es mayor que 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Zona II:** el subsuelo consiste de limos arenosos de baja plasticidad que están por encima de una capa dura de arcilla de baja plasticidad. El nivel freático está por debajo de 1.50 m. La topografía es plana. No existe posibilidad de asentamientos, sin embargo, puede ocurrir amplificación sísmica, La capacidad portante es inferior a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Zona III:** existen gravas y arenas poco cementadas de distinta gradación. El nivel freático está por debajo de los 3.00 m. La topografía tiene pendiente pronunciada, del orden del 15%. Se pueden esperar amplificaciones sísmicas. La capacidad portante es de 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Zona IV:** esta zona presenta las condiciones del subsuelo más desfavorable. La estratigrafía consiste en suelos limo-arcillosos poco consolidados o limos arenosos de baja plasticidad. El nivel freático es superficial, siendo en algunos lugares menores a 1.50 m. Con un sismo se esperan asentamientos del terreno y amplificación. La capacidad portante es inferior a 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>.

- (Fiestas, 2013); en su publicación “Tres mil viviendas afectadas por el nivel freático”, informó qué más de tres mil viviendas ubicadas en Trujillo son afectadas por la napa freática, ya que, al humedecerse el terreno, se originan daños o debilitan las estructuras de las cimentaciones. Las zonas más perjudiciales por el alto nivel freático se ubican en el distrito de Víctor Larco Herrera, específicamente en la Urbanización El Golf. “Las aguas en las partes altas de un determinado territorio van bajando y si no hay un sistema de drenaje adecuado, da lugar a que un área urbana tenga problemas porque la humedad provoca que las viviendas allí instaladas no tengan solidez en su estructura”, explico Fiestas.

De igual modo, refirió que una de las formas de paliar el daño de las construcciones a futuro, sería que las casas o edificios construidos no superen los tres pisos en altura.

Asimismo, subrayó que lo ideal sería construir drenajes de agua. “Según un empadronamiento en el año 2012, había 3 248 viviendas afectadas. Sin embargo, la dinámica de la construcción cada vez va en aumento”, indicó el funcionario con evidente preocupación por el problema.

## **2.2. Bases Teóricas:**

### **2.2.1. La Mecánica de Suelos y su Importancia en la Ingeniería Civil:**

La mecánica de suelos es la disciplina que se ocupa de la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas geotécnicos del terreno, estudia las propiedades, el comportamiento y la utilización del suelo como material estructural, de tal manera que las deformaciones y resistencia de éste ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad a las estructuras. Estudia, además la firmeza del suelo, su deformación y el flujo de agua hacia su interior y exterior a través de su masa, tomando en cuenta que resulte económicamente factible usarlo como material de construcción. <sup>(1)</sup>

Teniendo en cuenta que cualquier obra edificada por la Ingeniería Civil se sostiene inevitablemente sobre la corteza terrestre, es de vital importancia para la trascendencia de la misma el estudio de los parámetros de los suelos, necesarios para su ejecución, permanencia e integridad. La importancia de los estudios de la Mecánica de Suelos radica en el hecho de que si sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás tomados en consideración en el diseño, produciendo a su vez deformaciones importantes, fisuras, grietas, alabeo o desplomos que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono. <sup>(2)</sup>

### **2.2.2. Los suelos:**

(Zamora, & Cristancho, 2008); se refieren al suelo como un sistema natural que consta de una o más sustancias y de una mezcla de interacciones entre sus tres fases: fase sólida (las partículas del suelo), la fase líquida (agua) y la fase gaseosa (aire). (Figura N° 10)

A continuación, una breve descripción de las fases del suelo:

La fase sólida puede ser mineral u orgánica; la mineral está compuesta por distintos tamaños, formas y composición química; la orgánica está compuesta por residuos vegetales en diferentes etapas de descomposición y organismos en estado de vida.

La fase líquida está constituida por el agua en el suelo con sustancias en solución y ocupa una menor parte o la totalidad de los poros entre partículas sólidas.

La fase gaseosa corresponde al vapor o aire que ocupa aquel espacio entre poros no ocupados por el agua.

(Aguilar, 1988); menciona que los suelos constan de cuatro grandes componentes volumétricos: 45% materia mineral, 5% materia orgánica, 25% agua y 25% aire. Las cuatro clases más importantes de partículas inorgánicas son: grava, arena, limo y arcilla.

La materia orgánica del suelo representa la acumulación de las plantas destruidas y resintetizadas parcialmente y de los residuos animales. La materia orgánica del suelo se divide en dos grandes grupos: tejidos originales - descompuestos y el humus (descomposición de materia orgánica).

(Cruz, 2009); menciona que los tipos de suelo son los siguientes:

#### **Suelos No Cohesivos:**

Las partículas de suelo no tienden a juntarse ni a adherirse, sus partículas son relativamente grandes. Se les conoce también como suelos granulares o friccionantes (gravas, arenas y limos).

#### **Suelos Cohesivos:**

Son partículas muy pequeñas, predominan los efectos electroquímicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse (interacción agua - partícula).

#### **Suelos Orgánicos:**

Son suelos esponjosos, con grumos, compresibles. Prohibitivos para soporte de estructuras de ingeniería (turba, muskeg).

#### **2.2.2.1. Clasificación de los Suelos:**

(Santamaría, 2001); refiere que la clasificación de suelos consiste, pues, en incluir un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante. La correlación de unas ciertas propiedades con un grupo de un sistema de clasificación suele ser un proceso empírico puesto a punto a través de muchos años de experiencia.

(Bañón, & Beviá, 2000); con el objeto de poder dividir los suelos en grupos que posean características semejantes y con propiedades geotécnicas similares, han surgido un gran número de clasificaciones del suelo, las cuáles generalmente se basan en la distribución granulométrica, los límites de Atterberg y el contenido de materia orgánica entre otros. Actualmente los dos principios de clasificación son el Sistema A.A.S.H.T.O. y el S.U.C.S.

### **Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS):**

(Bañón, & Beviá, 2000); menciona que el S.U.C.S. fue propuesto inicialmente por Arthur Casagrande en 1942 y después revisado por la Oficina de Reclamación de EE.UU. Este sistema es el más utilizado para la amplia variedad de problemas geotécnicos en todo el mundo, siendo adoptado por la ASTM como parte de sus métodos normalizados.

(Kraemer, Pardillo, Rocci, Romana, Sánchez, & Del Val, 2009); nos dice que la clasificación emplea unos símbolos de grupo, que consisten en un prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades (Tabla N° 01). Los ensayos necesarios para poder clasificar un suelo son: granulometría, límites de Atterberg y contenido de material orgánico.

Tabla N° 01: Símbolos de grupo.

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Probablemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Manual de carreteras. Vol. 2 – Bañón et al. 2000

(Peña, 1948), señala la clasificación de acuerdo al tamaño de las partículas:

**Gravas:**

Son partículas formadas de cuarzo, feldespato y otros minerales. Las partículas mayores de 7.62 cm. (malla 3") se llaman piedras o cantos rodados.

**Arenas:**

Son todas aquellas partículas comprometidas entre 4.75 mm. (malla N° 4) y 75 um. (malla N° 200), formados principalmente de cuarzo, feldespato y otros minerales ahí presentes.

**Limos:**

Son suelos finos cuyas partículas individuales no pueden ser reconocidas a simple vista y que tienen por característica importante no poseer plasticidad (o una plasticidad muy baja). Consisten en granos de cuarzo muy finos y otros de forma de hojuela, que son fragmentos de minerales micáceos.

**Arcillas:**

Son hojuelas y partículas microscópicas de mica, minerales de arcilla y otros minerales.

**2.2.2.2. Propiedades de los Suelos:**

Sólo se está haciendo mención las propiedades estudiadas para la presente tesis, dentro de las cuales figuran:

**i. Propiedades Físicas:**

**Contenido de Humedad (%w):**

(Llano, 2016); define la humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Según la Norma ASTM D 2216; la humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas.



El contenido de humedad es la relación entre la masa del agua presente en los poros del suelo ( $W_w$ ), y la masa de los sólidos ( $W_s$ ). La fórmula para determinar el contenido de humedad de un suelo se muestra a continuación:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad \text{Ecuación N° 01}$$

#### **Peso Específico ( $\gamma$ ):**

(Yépez, 2015); el peso específico de un suelo viene a ser la relación entre el peso y su volumen, es un valor dependiente de la humedad, de los huecos de aire y del peso específico de las partículas sólidas. Así mismo, otros autores definen al peso específico como la relación del peso de la fase sólida entre el volumen de la fase sólida; el cuál se expresa de la siguiente manera:

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad \text{Ecuación N° 02}$$

#### **Granulometría:**

(Kraemer, Pardillo, Rocci, Romana, Sánchez, & Del Val, 2009); la granulometría es la propiedad más importante para clasificar un suelo, consiste en determinar la proporción de masa de un suelo seco, que pasa por cada tamiz de una serie normalizada y consecutiva, este valor se expresa como porcentaje y se puede representar gráficamente mediante una curva granulométrica. Además, se pueden obtener dos indicadores muy relevantes a partir de la granulometría: el coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ), definido como la relación entre las aberturas de tamices por donde pasa el 60% y el 10% en peso de la muestra total, y el coeficiente de curvatura ( $C_c$ ), que indica numéricamente la graduación de un suelo. Dentro de las propiedades del suelo que están directamente relacionadas con la granulometría se encuentran la porosidad, permeabilidad y resistencia al corte.

De acuerdo a las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con los tamices se puede efectuar sin previo lavado; caso contrario se debe de efectuar el lavado. (Análisis Granulométrico por tamizado – ASTM D 422)

- **Coefficiente de Uniformidad ( $C_u$ ):**

(Casagrande, 1948); menciona que la relación entre el diámetro correspondiente al tamiz por el que pasa un 60% de material y el diámetro correspondiente al tamiz por el que pasa un 10%. Si  $C_u$  es menor que 5, el suelo tiene granulometría uniforme. Si  $5 < C_u < 20$ , el suelo es poco uniforme; y si  $C_u > 20$ , se considera bien graduado. Cuanto más uniforme es el suelo, más uniforme es el tamaño de huecos y más difícil es su compactación, al no existir una cierta variación de tamaños que rellenen adecuadamente los huecos.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad \text{Ecuación N° 03}$$

- **Coefficiente de Curvatura ( $C_c$ ):**

(Casagrande, 1948); le llamó también graduación, ha de adoptar valores entre 1 y 3 para considerar al suelo bien graduado. Se determina dividiendo el cuadrado del diámetro correspondiente al tamiz por el que pasa un 30% de material, entre el producto de los diámetros correspondientes a los tamices por los que pasa un 60% y un 10% del material.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}} \qquad \text{Ecuación N° 04}$$

**Plasticidad:**

(Kraemer, Pardillo, Rocci, Romana, Sánchez, & Del Val, 2009); la plasticidad es la capacidad de un suelo para ser moldeado sin fracturarse, esto dependerá de su humedad y de la naturaleza de sus componentes arcillosos. La forma de medirla es mediante los límites de consistencia o de Atterberg, para poder obtener como resultado el índice de plasticidad. (Figura N° 11)

(Galindo, 2011); define a la plasticidad como un fenómeno inherente a los suelos de partículas muy finas, limos y arcillas. En la periferia de las partículas tiene efecto un fenómeno eléctrico superficial, ya que ésta posee carga negativa y por ende atrae los iones positivos del agua. Es por ello que debido a esas fuerzas electrostáticas el fenómeno produce una inalteración de las partículas, por lo que tienden a permanecer y moverse unidas.

- **Límites de Consistencia o de Atterberg:**

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de los suelos.

Los estados de consistencia son fases generales por las que pasa el suelo al irse secando y los límites de consistencia son las fronteras convencionales entre estos estados, y están definidos por un contenido de humedad.

Los límites de consistencia que se estudian para la ingeniería son: límite líquido, límite plástico y límite de contracción.

**Límite Líquido (LL):**

(Rinaldi, 2013); define como límite líquido al contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como material plástico. Es el contenido de humedad que corresponde a la frontera entre los estados de consistencia semilíquido y plástico de un suelo.

El límite líquido se determina cerrando una ranura practicada en una muestra de suelo en un dispositivo llamado “copa de Casagrande”, la cual se golpea con una manivela de manera constante.

Un golpe representa la resistencia al esfuerzo cortante de 1 gr/cm<sup>2</sup>, por consiguiente como el límite líquido corresponde al cierre de la ranura en 25 golpes, entonces el límite líquido indica el contenido de agua para el cual el suelo tiene una resistencia al corte de 25 gr/cm<sup>2</sup>. La ranura se realiza con un dispositivo de dimensiones estándar, sometidos a 25 golpes por caída de 8 mm. – 10 mm. de la copa a razón de 2 golpes/seg.; la ranura debe cerrarse en el fondo de la copa a lo largo de 13 mm.

$$LL = \%w * \left( \frac{N^{\circ} \text{ golpes}}{25} \right)^{0.121} \qquad \text{Ecuación N}^{\circ} 05$$

**Límite Plástico (LP):**

(Rinaldi, 2013); se refiere al límite plástico como el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

Viene a ser la frontera convencional entre los estados semisólido y plástico, que se determina alternativamente presionando y enrollando una pequeña porción de suelo plástico hasta obtener un diámetro de 3.00 mm., en el cual el pequeño cilindro se

desmorona, y no puede continuar siendo presionado ni enrollado. El contenido de agua que se encuentra se registra como límite plástico.

$$LP = \left( \frac{W_{agua}}{W_{ss}} \right) * 100 \qquad \text{Ecuación N° 06}$$

### **Índice de Plasticidad (IP):**

(Rinaldi, 2013); señala que el índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica, mientras que el índice de liquidez indica la proximidad de la humedad natural del suelo al límite líquido. El índice de plasticidad es resultado de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico para un suelo dado.

$$IP = LL - LP \qquad \text{Ecuación N° 07}$$

### **ii. Propiedades Químicas:**

(Baquerizo, 2015). Los ensayos químicos permiten determinar el grado de agresividad del suelo con la cimentación y otras estructuras que estarán en contacto con el suelo.

Como referencia a lo que afirmó Baquerizo, a continuación, se adjunta la Tabla N° 02., en la cual se muestra la presencia de químicos en el suelo, el grado de alteración de acuerdo a las partes por millón (p.p.m.) y las consecuencias que éstas tienen en las cimentaciones y/o estructuras que se encuentran en contacto con el suelo.

Los ensayos químicos que se llevaron a cabo fueron los siguientes: determinación de pH, contenido de sulfatos, contenido de cloruros y contenido de sales solubles totales.

Tabla N° 02: Contenido de Sulfatos, Cloruros y Sales Solubles y Grado de Agresividad al Concreto.

Presencia en el Suelo	p.p.m.	Grado de Saturación	Consecuencia
*Sulfatos	0 – 1000	Leve	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.
	1000 – 2000	Moderado	
	2000 – 20000	Severo	
	>20000	Muy severo	
**Cloruros	>6000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos.
**Sales solubles totales	>15000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Fuente: Comité ACI 318-83

### iii. Propiedades Mecánicas:

#### • Resistencia al Corte:

(Nij, 2009); en su tesis “Guía Práctica para el Cálculo de Capacidad de Carga en Cimentaciones Superficiales, Losas de Cimentación, Pilotes y Pilas Perforadas”; menciona que la resistencia al corte de un suelo no es más que la tensión de corte o cizallamiento sobre un plano determinado en el momento de falla.

El primero en estudiar la resistencia al corte de los suelos fue el ingeniero francés Coulomb, quien, en una primera aproximación al problema, atribuyó este fenómeno a la fricción producida entre las partículas de suelo.

La teoría de Coulomb menciona que un material falla cuando el esfuerzo cortante que actúa en un plano alcanza un valor límite máximo.

Los suelos en algunos casos bajo ciertos parámetros suelen comportarse como materiales elásticos, aunque a veces pueden producirse deformaciones mayores a las normales, debiendo realizarse cálculos que tomen en cuenta el comportamiento plástico.

Cuando una muestra de suelo se somete a una fuerza cortante, ésta causa el desplazamiento de partículas entre sí o de una parte del suelo con respecto al resto de la misma.

En ocasiones, cuando los suelos se encuentran sometidos a diferentes cargas; éstos suelen a presentar una serie de comportamientos, los cuales tienden a ser contrarrestados por la resistencia cortante del mismo.

Los comportamientos más comunes en un suelo son:

- Disgregamiento de partículas.
- Deslizamiento de la masa del suelo a lo largo de ciertas líneas de fractura.
- Fluencia plástica, cuando la masa del suelo es plástica.

Las imágenes referenciales a los comportamientos más comunes se visualizan en el Anexo I (Figuras N° 12 – N° 13 – N° 14)

(Nij, 2009); menciona que, en todos los casos, los movimientos que se dan dentro de la masa de suelo, se ven contrarrestados por la resistencia al corte del suelo.

Para determinar dichos parámetros de resistencia al corte, se utiliza el modelo de fricción: dada una masa de suelo y un plano potencial de falla (Figura N° 15)

La fuerza que se transmite por dos cuerpos en contacto estático puede resolverse en dos componentes, la componente normal ( $N$ ) y componente tangencial ( $\tau$ ). Al iniciar el deslizamiento, la relación  $\tau/N$  alcanza un valor máximo, el cual recibe el nombre de coeficiente de fricción ( $\mu$ ). (Figura N° 16)

Se puede afirmar que, el esfuerzo de corte que puede resistir la masa del suelo por unidad de área es proporcional al valor del esfuerzo ejercido perpendicularmente en el plano de falla. (Figura N° 17)

Dando como resultado:

$$\tau = \sigma \cdot \tan \varphi$$

*Ecuación N° 08*

La constante de proporcionalidad  $\tan \varphi$ , fue definida por Coulomb en términos de un ángulo, al cual denominó ángulo de fricción interna. Analizando la ecuación, se puede deducir que si  $\sigma = 0$ , entonces  $\tau = 0$ . Pero Coulomb, observó que existían materiales que, sin presiones normales aplicadas en el plano de corte, presentaban cierta resistencia. Para estos suelos se tomó en cuenta una nueva constante, a la cuál denominó cohesión ( $\tau = C$ ).

Al observar que los suelos presentan un comportamiento mixto; Coulomb, determinó que la resistencia de los suelos debía expresarse en función al comportamiento de ambos parámetros: la resistencia a la fricción interna y la resistencia a la cohesión. Siendo finalmente la suma de ambos comportamientos lo que actualmente se conoce como Ley de Coulomb:

$$\tau = C + \sigma \tan \varphi$$

*Ecuación N° 09*

Donde:

$\tau$  = Resistencia al corte (F/A)

$C$  = Cohesión del suelo (F/A)

$\sigma$  = Presión angular o esfuerzo normal (F/A)

$\varphi$  = Ángulo de fricción interna (valor constante)

Respecto a la cohesión en arenas, existen dos casos específicos; las arenas húmedas, las cuales tienen un valor de cohesión mínimo y diferente de 0.00 Kg/cm<sup>2</sup>. Esto debido a que la envolvente de falla de Mohr pasa cerca del origen. (Figura N° 18)

Mientras que el otro caso son las arenas secas que no poseen cohesión, en las que la carga de ruptura se produce cuando  $\tau = \sigma \tan \varphi$ . En este caso, la envolvente de falla de Mohr pasa por el origen. (Figura N° 19)

(Nij, 2009); define a la cohesión y el ángulo de fricción de las siguientes maneras:

***Cohesión:***

Es la adherencia existente entre las partículas de suelo debido a la atracción que ejercen unas con otras a causa de las fuerzas moleculares.

***Ángulo de fricción interna:***

Es un valor convencional utilizado para simplificar los cálculos, se le considera constante, aunque no lo es ya que depende de la granulometría del suelo, del tamaño y la forma de las partículas y de la presión normal ejercida en el plano de falla.

- **Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte:**

Los parámetros de resistencia al corte se pueden determinar por los siguientes ensayos: Ensayo de Corte Directo, Ensayo Triaxial y Ensayo de Compresión Simple. A continuación, se procede a resumir el ensayo de corte directo, el cual se aplicó en la ejecución de la presente investigación:

***Ensayo de Corte Directo:***

(Juárez, 2005) expone en su libro “Mecánica de Suelos”, que en el momento la mecánica de suelos en cuanto al tema de resistencia al esfuerzo cortante se encuentra en transición, pues en su momento con las teorías impuestas por Mohr Coulomb se tenía una certeza de haber resuelto el problema en forma satisfactoria, hoy en día no se piensa lo mismo y no se pueden considerar propiedades del suelo como la cohesión y el ángulo de fricción como apellidos del mismo. Así mismo expone que hoy en día las tecnologías o investigaciones actuales no han podido sustituir el cuerpo de doctrina, sistematizarlo y completarlo como antes se disponía.

El ensayo de corte directo consiste en inducir una falla en una muestra de suelo, a través de la imposición de dos esfuerzos: el primero de ellos un esfuerzo normal, que se da mediante la aplicación de una carga vertical y que está direccionado a inducir las condiciones de presión a las que está sometida dicha muestra en su entorno natural y un



esfuerzo cortante que se da mediante la aplicación de una carga horizontal y que cuyos valores de esfuerzos obtenidos a través del ensayo permiten obtener un plano de ejes coordinados y a través del cual se determinan los valores de cohesión y ángulo de fricción. Sus aplicaciones en la ingeniería con el tiempo han perdido aplicabilidad y han sido sustituidas en muchos casos por el ensayo de compresión triaxial, pero se debe decir que, por cuestiones de simplicidad, tiempos, economía, facilidad en la interpretación y últimamente con la mejoría al implementar las cajas cuadradas, el ensayo se ha mantenido vigente y al parecer seguirá siendo así.

La literatura expone que cuando el ensayo es efectuado en materiales no cohesivos, el valor de cohesión arrojado debería ser cero, pero que, por la inexactitud del ensayo y efectos como la tensión superficial de los materiales húmedos no cohesivos, se pueden presentar valores de cohesión. En tales casos y apelando a la experiencia del ingeniero encargado y su criterio se debe decidir si dicho valor se desprecia o se conserva.

#### ***Observaciones de la Prueba de Corte Directo:***

- La velocidad del ensayo debe ser la estipulada, ya que, si es muy rápida en ensayos drenados, la presión de poros no es capaz de disiparse.
- Es fundamental que, en ensayos consolidados, esta se realice completamente. Deben hacerse con especial cuidado las lecturas de los comparadores (diales), y de las fuerzas tangenciales aplicadas, al igual que el trazado de curvas. La ventaja de este tipo de ensayo es la simplicidad y velocidad de avance para suelos no cohesivos.
- Es conveniente recordar que el propósito de efectuar ensayos de corte en el laboratorio es reproducir las situaciones del terreno, pero como las condiciones in situ están en etapa de investigación, el mejor ensayo de laboratorio será aquel en que mejor se entiendan y controlen las condiciones de fatiga y deformación tal como ocurre en un ensayo triaxial.
- Las muestras de suelos cohesivos se deben moldear (en lo posible) dentro de una cámara húmeda.
- En arcillas muy blandas, el separar las mitades de la caja de corte se realizará cuidadosamente porque el material podría ser extruido fuera de la caja por la zona de separación, en estos casos se deben utilizar cargas verticales pequeñas.

### 2.2.3. Cimentaciones Superficiales:

(Carranza & Ponce, 2017); denomina cimentación, al conjunto de elementos estructurales cuyo objetivo es transmitir las cargas estructurales al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su esfuerzo admisible.

Cimentación superficial es aquella en la cual, el plano de contacto entre la estructura y el terreno está situado bajo el terreno que la rodea, a una profundidad que resulta pequeña cuando se compara con el ancho de cimentación. Se considera cimentación superficial cuando tienen entre 0.50 m. y 4.00 m. de profundidad, y cuando las tensiones admisibles de las diferentes capas del terreno que se hallan hasta esa cota permiten apoyar la estructura en forma directa sin provocar asentamientos excesivos de la estructura que puedan afectar la funcionalidad de la misma.

### 2.2.4. Tipos de Fallas:

Las fallas por capacidad de carga se presentan debido a la rotura por corte del suelo bajo la cimentación, existen tres tipos de falla, las cuales se detallan a continuación:

#### 2.2.4.1. Falla por Corte General:

Se tiene una cimentación corrida con un ancho  $B$ , la cual es soportada por un suelo denso o cohesivo firme; si la carga que soporta dicho suelo es incrementada de forma gradual, habrá un aumento en el asentamiento, llegando al punto en el cual la carga por unidad de área es igual a la capacidad de carga última, ocurrirá entonces una falla repentina en el suelo, esta falla es llamada falla por corte general. Se presentan en arenas densas y arcillas rígidas.

Su principal característica es una superficie de falla continua que inicia en el borde de la cimentación y llega a la superficie del terreno, es una falla frágil y súbita, llegando al punto de ser catastrófica, y si la estructura no permite la rotación zapatas, puede ocurrir con cierta inclinación visible de la cimentación, lo que provoca hinchamiento del suelo a los dos lados, el colapso final se presenta en un solo lado. (Figura N° 20)

#### 2.2.4.2. Falla por punzonamiento:

Ocurre en suelos bastante sueltos, la zona de falla no se extiende como en el corte general. La cimentación provoca la compresión inmediata del suelo en un movimiento vertical, el suelo presenta falla por corte alrededor de la cimentación y los

movimientos del suelo junto con la cimentación no son muy visibles por lo que el equilibrio vertical y horizontal de la misma se mantiene (Figura N° 21)

#### **2.2.4.3. Falla por corte local:**

Si la cimentación se encuentra sobre suelo arenoso o arcilloso con compactación media, al aumentar la carga, también ocurre un incremento en el asentamiento, pero la superficie de falla se extiende de forma gradual hasta la superficie o en algunos casos cuando el desplazamiento vertical es grande (la mitad del lado o diámetro de la zapata) termina dentro de la propia masa de suelo y no en el terreno. (Figura N° 22)

Cuando la carga por unidad de área es igual a  $q_u$ , conocida como carga primera de falla, ocurren sacudidas repentinas junto con el movimiento, por lo que se requiere de un movimiento considerable de la cimentación para que la superficie de falla llegue a la superficie, este movimiento ocurre cuando se alcanza la capacidad de carga última. Es una falla intermedia entre el corte general y el punzonamiento y compresión vertical del suelo bajo la cimentación.

Todas las fallas mencionadas pueden ser bien diferenciadas unas de otras, pero no hay parámetro numérico que permita predecir el tipo de falla a ocurrir; sin embargo, una forma de llegar a un estimado es basándose en la compresibilidad del suelo, debido a las condiciones de carga y geometría de la cimentación.

#### **2.2.5. Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi:**

Terzaghi, en 1943 fue el primero en presentar una teoría para evaluar la capacidad portante de cimentaciones superficiales, la cual dice que una cimentación es superficial si la profundidad ( $D_f$ ) de la cimentación es menor que o igual al ancho de la misma. Sin embargo, investigadores posteriores han sugerido que cimentaciones con ( $D_f$ ) igual a 3 ó 4 veces el ancho de la cimentación se definen como cimentaciones superficiales.

Terzaghi sugirió que para una cimentación continua o de franja (es decir, la razón de ancho a lo largo de la cimentación tiende a 0) la superficie de falla en un suelo bajo carga última, en el caso de falla cortante general. (Figura N° 23)

El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación se supone reemplazando por el efecto de una sobrecarga equivalente:

$$q = \gamma * Df$$

*Ecuación N° 10*

Aplicando un análisis de equilibrio, Terzaghi expresó la capacidad de carga última teniendo en cuenta la forma de la cimentación; las cuales se mencionan a continuación:

- Para cimiento corrido o continuo:

$$q_u = c'N_c + qN_q + 0.5\gamma BN_\gamma \quad \text{Ecuación N° 11}$$

- Para cimiento cuadrado:

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad \text{Ecuación N° 12}$$

- Para cimiento circular:

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \quad \text{Ecuación N° 13}$$

Donde:

$C$  = Cohesión del suelo.

En el caso de cimentaciones que presenten modos de fallas locales por corte en suelos, Terzaghi sugirió las modificaciones siguientes para las ecuaciones:

- Para cimiento corrido o continuo:

$$q_u = \frac{2}{3}c'N'_c + qN'_q + 0.5\gamma BN'_\gamma \quad \text{Ecuación N° 14}$$

- Para cimiento cuadrado:

$$q_u = 0.867c'N'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma \quad \text{Ecuación N° 15}$$

- Para cimiento circular:

$$q_u = 0.867c'N'_c + qN'_q + 0.3\gamma BN'_\gamma \quad \text{Ecuación N° 16}$$

$N'_c, N'_q, N'_\gamma$  = Factores de capacidad de carga modificados, se pueden calcular reemplazando  $\varphi$  por  $\varphi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3} \tan \varphi\right)$ .

Es válido mencionar que la variación de los factores  $N'_c, N'_q, N'_\gamma$ ; se presentan en la Tabla N° 03 (ver Anexos)

### 2.2.6. Capacidad Portante:

(Naranjo & Dranichnikov, 2012); denominan capacidad portante a la capacidad del suelo para soportar las cargas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el suelo, tal que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por tanto, la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

- Si la función del suelo de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denomina capacidad de hundimiento.
- Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al suelo y la deformación sufrida por este, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible.

### 2.2.7. Aguas en el Suelo:

(Rumario, 2017); menciona que el suelo es un material con arreglo variable de sus partículas que dejan entre ellas una serie de poros conectados unos con otros, para formar una compleja red de canales de diferentes tipos que se comunican tanto con la superficie del terreno como con las fisuras y grietas de la masa del mismo; de aquí que el agua cae sobre el suelo parte escurre y parte se infiltra por acción de la gravedad.

#### 2.2.7.1. Aguas Freáticas y su reconocimiento:

(Armijo, 2016); señala que cuando tenemos una masa de suelo, ésta estará constituida por una parte de material sólido, otra parte por líquidos y otra por gases. Pero

si empezamos a bajar de la superficie de la tierra, empezaremos a ver que cada vez va a ver mayor contenido de agua, hasta el punto de que el contenido de aire es totalmente ocupado por el agua, en este punto donde hallamos solo parte sólida, y parte de agua, la llamamos Nivel Freático.

Las aguas freáticas son las que se encuentran cuando el suelo está saturado y están por debajo del nivel freático.

Este nivel freático es muy variable, y encontramos que, en el verano, cuando el calor se hace más intenso, el nivel freático baja, por el proceso de evaporación. Así también encontramos que el nivel freático en los tiempos de lluvia sube, y puede llegar hasta niveles muy altos, es decir a muy poca profundidad. El sitio donde empiezan las aguas freáticas, pudiendo ser un factor importante en la construcción, al modificar los suelos en los que construimos.

(Gómez, 2011); menciona que en el campo podemos conocer el nivel del agua freática abriendo un hueco en la tierra, de tal manera que podamos ver dentro de él (50 x 50 centímetros), y esperar que el nivel del agua se estabilice. De esta forma podemos después de una hora más o menos, que el nivel donde tenemos el agua será el nivel freático. Esto también lo podemos saber en el laboratorio, después de sacar una muestra de Suelo, el cual lo podemos extraer con un cilindro, el cual hincamos en la tierra, y luego le damos un giro para poder cortar abajo, de donde se extrae luego un cilindro de tierra, el cual podemos analizar, y saber el punto donde el suelo está saturado, de esta forma, midiendo la distancia de la superficie de la tierra, al punto donde el suelo está saturado, hallamos el *Nivel Freático*.

#### **2.2.7.2. Nivel Freático:**

(Villacorta, 2014). El nivel superior de la zona freática a presión atmosférica se conoce como nivel freático. Este puede encontrarse a muy diferentes profundidades, dependiendo de las circunstancias geológicas y climáticas, desde sólo unos centímetros hasta decenas de metros por debajo de la superficie. En la mayoría de los casos la profundidad varía con las circunstancias meteorológicas de las que depende la recarga de los acuíferos. El nivel freático no es horizontal, a diferencia del nivel superior de los mares o lagos, sino que es irregular, con pendiente monótonamente decreciente desde el nivel fijo superior al nivel fijo inferior.

Muchas veces en la ingeniería civil, es necesario hacer excavaciones por debajo del nivel

freático, lo que puede generar varios problemas si se tiene un suelo permeable, el cual permita que la excavación que se haga se llene de agua, generando velocidades del agua freática, arrastrando material del suelo a la excavación también, estando sucio siempre la excavación.

Hay varias formas de abatir el nivel freático. La más común de ellas es hacer una zanja colectora del agua en la excavación, donde se coloca a bombear el agua hacia otra parte fuera de la excavación. Se debe tener en cuenta que los volúmenes de agua que se deben bombear son muy grandes, ya que el nivel freático siempre tratara de estar constante, lo que puede incrementar los costos de una obra determinada.

Otra de las formas para abatir el nivel freático es la de hacer una serie de pozos alrededor de la excavación, los cuales sacaran el agua de la tierra, bajando el nivel freático en esos puntos, y si tenemos la excavación en medio de estos puntos, el nivel freático de la excavación será abatido.

También podemos pensar en hacer una excavación, la cual después de realizada (bajo agua), se puede impermeabilizar, y luego si secar el contenido de agua que queda dentro de esta excavación. Cuando se utiliza este método se debe tener en cuenta la presión que genera el agua tanto lateral como inferior de la excavación, ya que se puede producir el colapso del suelo de la excavación por el levantamiento del mismo, o el colapso de uno de los muros de contención Se pueden generar muchas otras formas de abatimiento del nivel freático, pero esto realmente se debe determinar al tener el problema real en la obra, y ver todas las variables que esto implica.

### 2.2.7.3. Influencia Del Nivel Freático en la Capacidad de Carga:

Las ecuaciones anteriormente explicadas consideran que el Nivel Freático (N.F.) está muy profundo con respecto al fondo de cimentación. Sin embargo; si el nivel freático está cercano a la profundidad de cimentación, se considera necesario modificar las ecuaciones de capacidad de carga, de acuerdo a los casos que se exponen a continuación:

- **Caso I:** Cuando el nivel freático se lo caliza entre  $0 \leq D_0 \leq D_f$

Cuando se presenta esta situación, el segundo término de la capacidad de carga, que tiene como factor  $q$ , toma la forma:

$$q = \text{sobrecarga efectiva} = D_1 \gamma + D_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w) \quad \text{Ecuación N° 17}$$

Además, el valor de  $\gamma$  en el último término de la ecuación de capacidad tiene que ser  $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

La Figura N° 24 – Anexo I, hace referencia de la situación que se menciona en el **Caso I**

#### 2.2.7.4. Factor de Seguridad:

Para obtener la capacidad admisible ( $q_{adm}$ ) de cimentaciones superficiales, se requiere aplicar un factor de seguridad ( $F_s$ ) a la capacidad de carga última ( $q_u$ ), definido como:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F_s} \quad \text{Ecuación N° 18}$$

Independientemente del procedimiento por el cual se aplique el factor de seguridad, la magnitud depende de las incertidumbres y riesgos implicados en las condiciones encontradas para la cimentación; comúnmente el  $F_s$  en nuestro medio es de 3.00



## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1 Formulación de la Hipótesis:

#### 3.1.1 Hipótesis General:

**H<sub>1</sub>:** El nivel freático influye en el aumento o disminución de la capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo en el año 2018.

#### 3.1.2 Hipótesis Específicas:

**H<sub>2</sub>:** El aumento del nivel freático disminuye la capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo en el año 2018.

**H<sub>3</sub>:** La disminución del nivel freático aumenta la capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo en el año 2018.

Tabla N° 03: Matriz de Hipótesis General.

Hipótesis General	Componentes Metodológicas			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
El nivel freático influye en el aumento o disminución de la capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo en el año 2018.	Nivel Freático.  Capacidad Portante de los suelos.	Suelo del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo.	Influye.  El aumento o disminución.	Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo.	2018

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 04: Matriz de Hipótesis Específicas.

Hipótesis Específicas	Componentes Metodológicas			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
El aumento del nivel freático disminuye la capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo en el año 2018	Nivel Freático.		El aumento.		
	Capacidad Portante de los suelos.	Suelo del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo.	Disminuye.	Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo.	2018
La disminución del nivel freático aumenta la capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo en el año 2018	Nivel Freático.		La disminución.		
	Capacidad Portante de los suelos.		Aumenta.		

Fuente: Elaboración Propia.

### **3.2 Operacionalización de Variables:**

#### **3.2.1 Variable Independiente:**

Nivel freático.

#### **3.2.2 Variable Dependiente:**

Capacidad portante de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo en el año 2018

A continuación, en la Tabla N° 05; se procede realizar la operacionalización de variables.

Tabla N° 05: Operacionalización de Variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items
Nivel freático.	Es la acumulación de agua subterránea que se encuentra a una profundidad relativamente pequeña, bajo el nivel del suelo.	De acuerdo a la zona de estudio; se delimitarán tres sectores a estudiar, en los cuáles se realizarán sondeos para detectar el agua y medir la cota en base a la excavación de calicatas.	Zonas.	Zona 01, Zona 02, Zona 03	Registro de la zona de estudio. Registro de puntos de excavación.
			Calicatas.	C 101, C 201, C 301	Registro de nivel freático en cada punto de excavación.
Capacidad portante del suelo.	Es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.	La medición de la capacidad portante se realizará a través de la ejecución del ensayo de corte directo no consolidado – no drenado.	Muestras.	M 01, M 02, M 03 ... M “n”	Recolección de muestras en bolsas de polipropileno.
			Ensayos.	Ensayos físicos (*)	Ejecución de ensayos físicos.
				Ensayos químicos (**)	Ejecución de ensayos químicos.
Ensayos mecánicos (***)	Ejecución de ensayo mecánico.				
		Resultados.	Normas ASTM y NTP	Comparación de resultados de los sectores estudiados.	

Fuente: Elaboración Propia.

## CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Diseño de Investigación:

El tipo de investigación es No Experimental – Correlacional:

No Experimental, puesto que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Ésta se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad.

Correlacional, porque determina si dos variables están correlacionadas o no. Esto significa analizar si un aumento o disminución en una variable coincide con un aumento o disminución en la otra variable.

El diseño de la investigación es Transversal:

Transversal, pues en ella se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y su incidencia en un momento dado.

**Tabla N° 06: Diseño de Investigación.**

Estudio	T1
M: Suelo del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo.	O: Influencia del nivel freático en la capacidad portante del suelo.

**Fuente: Elaboración Propia.**

Donde:

**M:** Muestra.

**O:** Observación.

### 4.2 Material de Estudio:

#### 4.2.1 Unidad de Estudio:

La unidad de estudio está conformada por cada calicata excavada en cada zona de estudio. A continuación, en la Tabla N° 07, se presenta cada una de ellas:

**Tabla N° 07: Unidad de Estudio.**

Zona de Estudio	Unidades de Estudio
<p><b>Zona 01</b> Perímetro: 410 m. Superficie: 8 455 m<sup>2</sup></p>	<p>Calicata 01 (C101 – Z01) Calicata 02 (C201 – Z01) Calicata 03 (C301 – Z01)</p>
<p><b>Zona 02</b> Perímetro: 417 m. Superficie: 8 370 m<sup>2</sup></p>	<p>Calicata 01 (C101 – Z02) Calicata 02 (C201 – Z02) Calicata 03 (C301 – Z02)</p>
<p><b>Zona 03</b> Perímetro: 543 m. Superficie: 9 201 m<sup>2</sup></p>	<p>Calicata 01 (C101 – Z03) Calicata 02 (C201 – Z03) Calicata 03 (C301 – Z03)</p>

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.2.2 Población:

Los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, ciudad de Trujillo, en el año 2018

#### 4.2.3 Muestra:

La recolección de muestras en la presente investigación se realizó por medio de la excavación de calicatas; de las cuáles se extrajo el material correspondiente para los ensayos respectivos.

Para cada calicata  $C_{1...n}$ , se excavaron dos (02) estratos, ya que el nivel freático no supera los 2.00 m. de profundidad. La dimensión de las calicatas se especifica en la siguiente tabla:



Tabla N° 08: Muestras de Estudio - Dimensiones.

Dimensión de Calicatas			
Zona / Calicata	Largo (m.)	Ancho (m.)	Profundidad (m.) De acuerdo a NAF
<b>Zona 01</b>			
C 101	2.00	2.00	
C 201	2.00	2.00	1.60 m.
C 301	2.00	2.00	
<b>Zona 02</b>			
C 101	2.00	2.00	
C 201	2.00	2.00	1.50 m.
C 301	2.00	2.00	
<b>Zona 03</b>			
C 101	2.00	2.00	
C 201	2.00	2.00	1.20 m.
C 301	2.00	2.00	

Fuente: Elaboración Propia

El número de calicatas por zona de estudio se basa en la Norma E 0.50 – **Art. 11 – Inciso 11.2.b – Tabla N° 06**, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El número de ensayos para determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas; se basaron en las siguientes ecuaciones:

- **Propiedades Físicas:**

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos Totales} = \text{N}^\circ \text{ Zonas} * \text{N}^\circ \text{ Calicatas} * (\text{V.I.} * \text{N}^\circ \text{ Estratos} * \text{Ensayos físicos})$$

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos} = 3 * 3 * (1 * 2 * 5)$$

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos} = 45$$

- **Propiedades Químicas:**

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos} = \text{N}^\circ \text{ Zonas} * (\text{V.I.} * \text{N}^\circ \text{ Estratos} * \text{Ensayos químicos})$$

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos} = 3 * (1 * 1 * 4)$$

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos} = 12$$

- **Propiedades Mecánicas:**

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos} = \text{N}^\circ \text{ Zonas} * \text{N}^\circ \text{ Calicatas} * (\text{V.I.} * \text{N}^\circ \text{ Estratos} * \text{V.D.})$$

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos} = 3 * 3 * (1 * 1 * 1)$$

$$\text{N}^\circ \text{ Ensayos} = 9$$

### **4.3 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos:**

#### **4.3.1 Técnicas de recolección de datos:**

##### **4.3.1.1 Observación y sondeo:**

La finalidad de estas técnicas fue registrar las características y delimitar los sectores a estudiar, las cuales cumplieren con los parámetros adecuados para proceder a la excavación de las calicatas en cada zona de estudio.

##### **4.3.1.2 Experimentación:**

Esta técnica se usó para manipular la variable independiente y ver la influencia que tiene en la variable dependiente.

La experimentación inició con la excavación de las calicatas en cada zona de estudio, continuó la extracción de las muestras a estudiar y concluyó con los ensayos (físicos, químicos y mecánicos) que se realizaron durante el procedimiento, tanto para la recolección de datos como para el análisis de los mismos.

#### **4.3.2 Instrumentos de recolección de datos:**

##### **4.3.2.1 Observación y sondeo:**

Los instrumentos que se utilizaron para la observación y el sondeo de las zonas de estudio se detallan a continuación:

- Libreta de campo.
- Lapiceros.
- Cámara fotográfica.
- GPS

##### **4.3.2.2 Experimentación:**

La experimentación tiene que ver con tres etapas: la excavación de calicatas en cada zona de estudio, la extracción o recolección de las muestras y la ejecución de los ensayos de laboratorio.

Los instrumentos que se utilizaron en la experimentación se pasan a redactar a continuación:

**a) Excavación de calicatas:**

- Wincha.
- Picota.
- Barretas.
- Palanas.
- Equipo de protección personal (EPP).

**b) Extracción y/o recolección de muestras:**

- Baldes de plástico.
- Bolsas de polipropileno.
- Equipo de protección personal (EPP).

**c) Ensayos de Laboratorio:**

Es importante mencionar que, para todos los ensayos de laboratorio a realizar y ejecutar, se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).

**c.i. Ensayos Físicos:**

**Ensayo de Contenido de Humedad (ASTM D 2216):**

- Balanza (0.01 gr. de precisión)
- Taras.
- Horno de secado (110 +/- 5°C)

**Ensayo de Peso Específico (ASTM D 854):**

- Tamiz N°4 (4.75 mm.)
- Mortero.

- Embudo.
- Fiola.
- Pipeta.
- Balanza.

**Ensayo de Análisis Granulométrico (ASTM D 422):**

- Balanza (0.01 gr. de precisión)
- Horno de secado (110 +/- 5°C)
- Bandeja
- Serie de tamices:  
N°4 (4.75 mm.), N°10 (2.00 mm.), N°20 (0.84 mm.), N°40 (0.42 mm.), N°60 (0.25 mm.), N°100 (0.14 mm.) y N°200 (0.074 mm.)
- Cepillos y brochas.
- Vasijas.

**Ensayo de Límite Líquido (ASTM D 423):**

- Aparato de límite líquido (Copa de Casagrande)
- Acanalador.
- Plato de evaporación.
- Espátula.
- Horno de secado (110 +/- 5°C)
- Balanza (0.01 gr. de precisión)
- Placas de vidrio.
- Agua destilada.
- Recipientes herméticos.
- Tamiz N°40 (0.42 mm.)
- Probetas de 25 ml. de capacidad.

#### **Ensayo de Límite Plástico (ASTM D 424):**

- Patrón de comparación.
- Plato de evaporación.
- Espátula.
- Horno de secado (110 +/- 5°C)
- Balanza (0.01 gr. de precisión)
- Recipientes herméticos.
- Tamiz N°40 (0.42 mm.)
- Probetas de 25 ml. de capacidad.
- Agua destilada.

#### **c.ii. Ensayos Químicos:**

##### **Determinación de pH**

- pH metros.

##### **Ensayo de Sales Solubles (NTP 339.152)**

- Balanza analítica (0.10 mg. de precisión)
- Equipo de filtración al vacío compuesto de: bomba de vacío y presión (220 V.), y frasco de filtración al vacío de 500 ml.
- Embudo de filtración, tipo Buchner de 110 mm. de diámetro interior.
- Embudo de filtro de tres piezas, de 47 mm., con placa de vidrio y pieza de sujeción.
- Filtros de microfibras de vidrio de 110 mm. de diámetro.
- Filtros de microfibras de vidrio de 47 mm. de diámetro.
- Agitador magnético y barra agitadora recubierta de TFE, tamaño grande.
- Centrífuga con tubos de 50 ml. de capacidad mínima (uso opcional).
- Frasco Erlenmeyer de 500 ml.
- Pipetas volumétricas de 25 ml., 50 ml. y 100 ml. de capacidad.

- Cápsulas de evaporación: de 100 ml. de capacidad, pueden ser de porcelana hasta de 200 mm. de diámetro, vidrio de alta sílice o de platino.
- Plancha de calentamiento.
- Baño de vapor.
- Estufa de secado a 180°C.
- Desecador con sílica gel.

#### **Ensayo de Sulfatos (NTP 339.178)**

- Plancha de calentamiento.
- Vaso precipitado.
- Varilla de vidrio.
- Equipo de filtración al vacío compuesto de: bomba de vacío y presión (220 V.), y frasco de filtración al vacío de 500 ml.
- Rejilla de filtración.
- Horno mufla.
- Crisol de porcelana.
- Desecador.
- Balanza analítica (0.10 mg. de precisión)

#### **Ensayo de Cloruros (NTP 339.177)**

- Pipetas.
- Frasco de Erlenmeyer de 100 ml.
- Agitador magnético.
- Bureta de 50 ml.

**c.iii. Ensayos Mecánicos:**

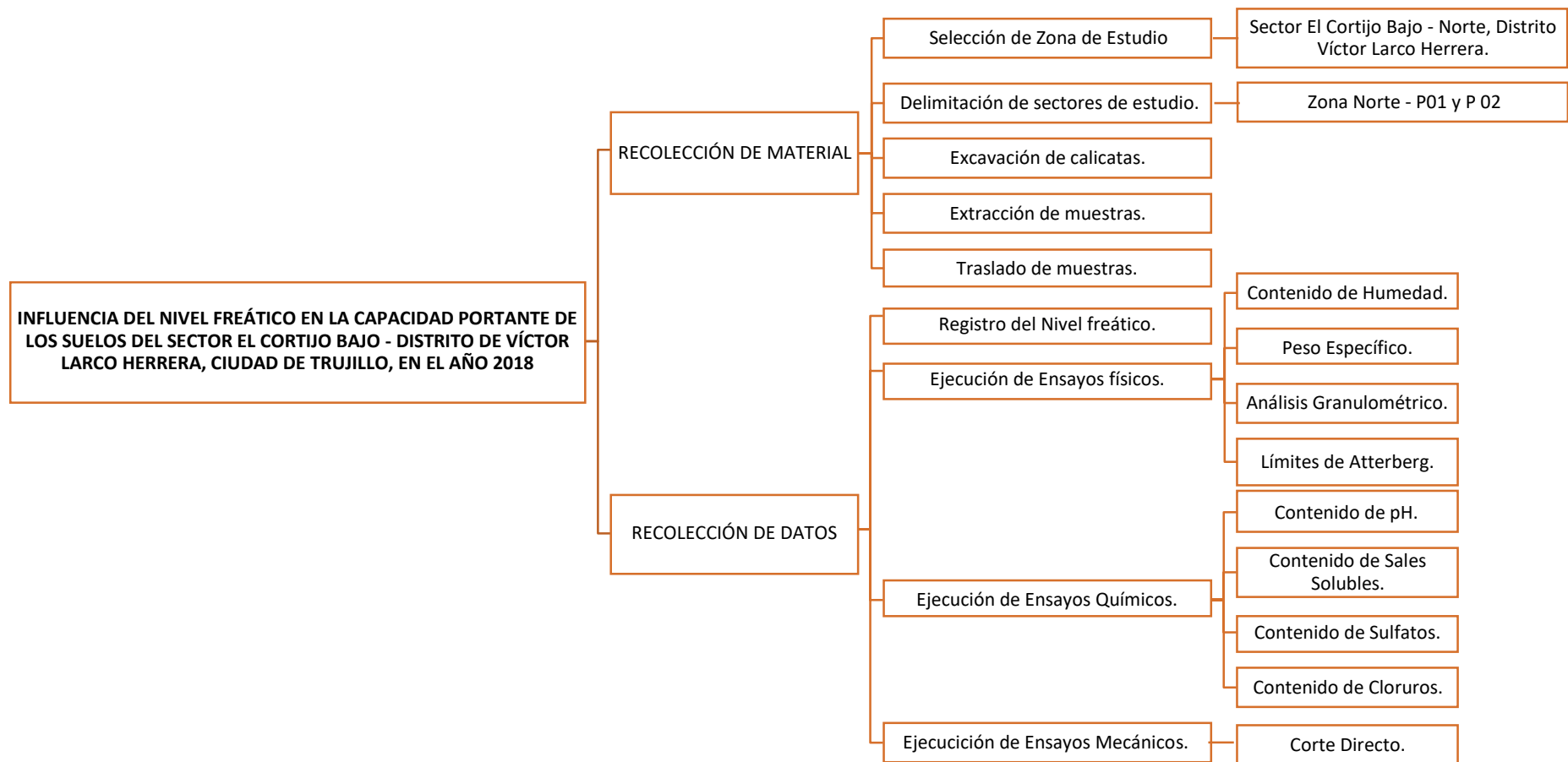
**Ensayo de Corte Directo (ASTM D 3080)**

- Indicador de deformación (tipo dial).
- Dispositivo para cortar la muestra.
- Dispositivo para medir la fuerza de corte (anillos de carga).
- Dispositivo para aplicar la fuerza normal.
- Caja de corte.
- Anillo cortante.
- Contenedor de caja de corte.
- Piedras porosas.
- Balanza (0.01 gr. de precisión).
- Cuchillo.
- Cronómetro.
- Calibrador.
- Agua destilada.

**4.3.3 Procedimientos de recolección de datos:**

El procedimiento de recolección de datos se pasa a describir de acuerdo a la Figura N° 12; la cual muestra de manera resumida el procedimiento de recolección de datos empleado en la siguiente tesis.





**Figura N° 25: Esquema de Procedimiento de Recolección de Datos.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

#### 4.3.3.1 Procedimientos para la recolección del material:

El procedimiento para recolectar el material de estudio se basó en la técnica y en el criterio del investigador, con el fin de obtener resultados más válidos para ejecutar la investigación y al mismo tiempo, éstos corroboren la hipótesis de la misma; dando una mayor validez a la presente tesis.

De acuerdo a las características geográficas y limitaciones existentes, el procedimiento para la recolección del material fue el siguiente:

- Se procedió a seccionar una zona la cual cumpla con los parámetros adecuados para el estudio a realizar. La zona seleccionada fue el Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito Víctor Larco Herrera. Esta zona fue seleccionada basándose en estudios de microzonificación de suelos de la Región La Libertad, y por medio de sondeos en el Distrito de Víctor Larco Herrera.

- Dentro del Sector El Cortijo Bajo - Norte, se delimitó tres (03) zonas de estudio, para las cuales se calculó el número de calicatas, teniendo en cuenta la Norma E 0.50 Art. 11.2 – Inciso 11.2.b – Tabla N° 06, del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

- Las dimensiones de las calicatas excavadas fueron de 2.00 m. x 2.00 m. x “n” m. (largo – ancho - profundidad). La profundidad de cada calicata en cada zona de estudio se hace referencia en la Tabla N° 06.

En la excavación de calicatas, las herramientas utilizadas fueron: palanas, picotas, barretas entre otras.

- Realizadas las excavaciones para cada calicata en cada zona de estudio, el siguiente paso ejecutado fue la extracción de muestras y/o material necesario para los ensayos físicos, químicos y mecánicos. Para trasladar las muestras y éstas se mantengan inalteradas (conserven sus propiedades), se utilizaron bolsas de polipropileno.

#### 4.3.3.2 Procedimiento para recolección de datos:

Luego de trasladar las muestras de suelo al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Privada del Norte – Sede San Isidro, se inició a ejecutar los ensayos respectivos:

- Se determinó el contenido de humedad del suelo según la Norma ASTM D 2216
- Se determinó el peso específico del suelo, según la Norma ASTM D 854

- Se determinó el análisis granulométrico del suelo, según la Norma ASTM D 422
- Se determinó los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), según la Norma ASTM D 423 – 424

Posteriormente, las muestras de suelo fueron derivadas al laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo – Facultad de Ingeniería Química, donde se procedió a ejecutar los ensayos químicos respectivos:

- Se determinó el contenido de pH de cada una de las zonas del Sector El Cortijo Bajo – Norte, del Distrito de Buenos Aires.
- Se determinó el contenido de sales solubles, según la Norma Técnica Peruana NTP 339.152
- Se determinó el contenido de sulfatos ( $SO_4$ ), según la Norma Técnica Peruana NTP 339.178
- Se determinó el contenido de cloruros (Cl), según la Norma Técnica Peruana NTP 339.177
- Se determinó el contenido de sales solubles, según la Norma Técnica Peruana NTP 339.152

Finalmente, se realizó el ensayo de Corte Directo No Consolidado No Drenado, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Privada del Norte – Sede Los Olivos - Lima:

- Se ejecutó el ensayo de Corte Directo, basándose en la Norma ASTM D 3080
- Se obtuvo el desplazamiento horizontal y el esfuerzo cortante con tres (03) cargas distintas: 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., para posteriormente evaluar y observar su comportamiento.

- Se realizó la gráfica Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte de las tres (03) muestras ensayadas, haciendo un contraste de los mismos puntos en una sola gráfica.
- Se realizó la gráfica Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo de las tres (03) muestras ensayadas, haciendo un contraste de los mismos en una sola gráfica.
- Se calculó las fallas por corte local, de cada calicata en cada zona de estudio, por medio de la Ecuación de Terzaghi.
- Luego se procedió a calcular la capacidad última ( $q_{ult.}$ ) y la capacidad admisible ( $q_{adm.}$ ) en cada zona, considerando diferentes parámetros para el diseño de cimentaciones, donde el ancho de cimiento (B) y niveles de desplante ( $D_f$ ), tanto para cimientos corridos, cuadrados y circulares.

#### **4.4 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos:**

##### **4.4.1 Métodos:**

El método aplicado en el desarrollo de la presente tesis es *hipotético – inductivo*, ya que en éste se consideran los siguientes aspectos:

- La investigación inicia en casos particulares, culminando con juicios y/o hipótesis generales.
- Se delinea teorías y de ellas se derivan hipótesis.
- Las hipótesis son sometidas a pruebas utilizando los diseños de investigación apropiados.
- Si los resultados corroboran las hipótesis o son consistentes con éstas, se aportará evidencia a favor del caso estudiado. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones o hipótesis.

##### **4.4.2 Instrumentos:**

Los instrumentos utilizados para el análisis de datos fueron:

- Normas técnicas para ejecutar los ensayos de laboratorio y para el análisis de los mismos.
- Fichas técnicas de registro de datos y resultados.
- Laptop y computadoras.
- Software adecuados para el procesamiento y análisis de datos, tales como: Microsoft Word, Excel, Adobe Reader XI, Autocad, entre otros.

#### 4.4.3 Procedimiento de Análisis de Datos:

El procedimiento de análisis de datos se basó en los parámetros establecidos que se mencionaron en las American Society of Testing Materials (ASTM), tanto para ensayos físicos como ensayos mecánicos; y en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para los ensayos químicos. El análisis de datos se basó en la interpretación de los resultados y una breve discusión de los mismos.

Es importante hacer mención que por tratarse de una Investigación No Experimental – Correlacional; para ejecutar el análisis estadístico de resultados, se aplicó la Prueba de Shapiro – Wilk, la cual brindó el nivel de significancia y correlación de la presente investigación. Posteriormente a la Prueba de Shapiro – Wilk, se procedió a determinar el grado de correlación entre las variables, aplicando la correlación de Pearson, y de esta manera comprobar el cumplimiento de la hipótesis planteada.

A continuación, se adjuntan las matrices de los análisis estadísticos:

**Tabla N° 09: Prueba de Normalidad.**

Prueba de Normalidad			
Situación	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Grados de Libertad	Nivel de Significancia
CON Nivel Freático	0.996	3	0.878
SIN Nivel Freático	1.000	3	1.000

**Fuente: Elaboración Propia.**

\*Si el Nivel de Significancia > 0.050, se puede afirmar que SÍ existe Distribución Normal, por lo tanto se procede a ejecutar la Prueba de Correlación de Pearson, para determinar el Grado de Correlación y la Relación Significativa de la hipótesis.

A continuación, en la Tabla N° 10 se muestra el Grado de correlación y la Relación significativa de la hipótesis.

**Tabla N° 10: Grado de Correlación entre hipótesis.**

Correlaciones			
		CON NAF	SIN NAF
CON NAF	Correlación de Pearson	1.000	0.998*
	Significancia (bilateral)		0.041 < <b>0.050</b>
	Grados de Libertad (N)	3.000	3.000
SIN NAF	Correlación de Pearson	0.998*	1.000
	Significancia (bilateral)	0.041	
	Grados de Libertad (N)	3.000	3.000

**Fuente: Elaboración Propia.**

\* La correlación de Pearson tiene un valor de 0.998; es por ello que se puede afirmar que el Grado de Relación es ALTO, ya que dicho valor tiende a ser 1.000

\* La correlación es significativa, puesto que la relación significativa es muy cercana a 0.050

## CAPÍTULO 5. DESARROLLO

### 5.1 Ubicación del material:

El material para desarrollar la presente tesis se obtuvo del Sector El Cortijo Bajo - Norte, perteneciente a Distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo, Región La Libertad. Geográficamente, los puntos P01 y P02 con coordenadas UTM: 91000906.250E – 714375.000N y 91000828.125N – 714562.500N, respectivamente, se ubican en la Zona UTM 17S

En el Anexo I – Figura N° 26, se puede observar la ubicación del Distrito de Víctor Larco Herrera y la ubicación de los planos de ubicación de cada una de las Zonas de Estudio.

### 5.2 Excavación de calicatas:

Teniendo en cuenta la cantidad de zonas a estudiar (03); para cada una de ellas, se consideró realizar una cantidad de calicatas determinadas, basándose en la Norma E 0.50 del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) – (Figura N° 27)

### 5.3 Extracción de muestras:

En la extracción de muestras de suelo, además de considerar la zona y las calicatas, la muestra extraída fue por cada estrato. Es importante mencionar que cada calicata tuvo como máximo dos (02) estratos, esto debido a que el nivel freático no sobrepasó los 2.00 m. de profundidad. (Anexo I – Figura N° 28 – 29 - 30)

### 5.4 Realización de ensayos:

#### 5.4.1 Ensayos Físicos:

##### 5.4.1.1 Contenido de Humedad (ASTM D 2216):

La determinación del contenido de humedad del suelo se realizó para las tres zonas estudiadas, en cada una de las calicatas y para cada uno de sus estratos. Inicialmente se pesaron las taras en donde se colocaron las muestras representativas ( $W_{tara}$ ). Luego se tomó una muestra representativa de cada estrato y se pesó, con la finalidad de obtener el peso del suelo saturado o húmedo ( $W_{sh}$ ). A continuación, se procedió a ingresar las muestras al horno de secado, por un período de 12 a 18 horas aproximadamente. Pasado ese lapso de tiempo, se retiró la muestra y nuevamente se pesó para obtener el peso del suelo seco ( $W_{ss}$ ).

Habiendo registrado los datos mencionados, finalmente se calculó el contenido de humedad. (Figura N° 31)

#### **5.4.1.2 Peso Específico (ASTM D 854):**

El ensayo de peso específico se realizó para las tres zonas estudiadas, en cada una de las calicatas y para cada uno de sus estratos.

Se inició pesando 150 gr. de suelo que pasa la malla N° 4. Luego se secó la muestra en el horno.

Se pesó la fiola vacía para luego llenarla con agua hasta el menisco y pesarla nuevamente. Después se bota el agua de la fiola y se ingresa la muestra de suelo, de manera cuidadosa sin dejar restos en las paredes de la fiola. Finalmente se introdujo agua hasta la mitad de la fiola y se registró el peso total, para proceder al cálculo respectivo. (Figura N° 32)

#### **5.4.1.3 Análisis Granulométrico (ASTMD 422):**

Previo al ensayo granulométrico se procedió a cuartear la muestra extraída de la calicata. Una porción de la muestra cuarteadada se pesó y colocó al horno a una temperatura de 110 °C +/- 5°C, por un tiempo aproximado de 24 horas. Luego del secado de la muestra y una vez pesada, se agregó agua en la tara y se colocó en el tamiz N° 200. Se lavó la muestra manipulándola ligeramente a mano hasta que el agua que pasa el tamiz sea clara. Finalizado el lavado, se colocó la muestra al horno, a una temperatura de 110 °C +/- 5°C, por un tiempo aproximado de 24 horas. Pasado el tiempo aproximado, se retiró la muestra del horno, se pesó para obtener el contenido de finos y se procedió a realizar el ensayo con los tamices correspondientes.

Lista la muestra y el grupo de tamices, se procedió a realizar el ensayo. Se vertió la muestra en los tamices, se zarandeó tapando la parte superior para no perder peso. Esto se realizó manualmente moviéndole de un lado al otro, recorriendo circunferencias de modo que la muestra se mantenga en movimiento sobre la superficie del tamiz, por 1 minuto aproximadamente.

Se sacó cuidadosamente el suelo retenido en cada tamiz y se procedió a pesarlo, no sin antes observar que no haya partículas de suelo atrapados en el tamiz.

Finalmente se calculó los porcentajes retenidos y porcentajes que pasaron por cada malla. (Figura N° 33)



#### 5.1.1.4. Límites de Atterberg (ASTM D 423 - 424):

Una vez realizado el análisis granulométrico, el cual permitió estudiar el tamaño de las partículas, fue necesario completar el estudio con el ensayo de Límites de Atterberg. Dentro de ellos se determinó el límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP). (Figura N° 34)

##### a. Límite Líquido (ASTM D 423):

La muestra a ensayar se pasó por la malla N° 40. Se dejó reposar la muestra pasante por un tiempo de 20 min. A continuación, se colocó la muestra en el plato de evaporación agregándole suficiente cantidad de agua destilada, mezclando con la espátula hasta lograr una pasta homogénea. Esta muestra debe curarse durante el tiempo que sea necesario para lograr una adecuada distribución de la humedad.

Se colocó la copa de Casagrande, sobre una base (firme, seca y limpia) y se depositó en ella unos 50.00 gr. – 70.00 gr. del material preparado y previamente, para luego alisar la superficie con la espátula, de modo que la altura obtenida en el centro sea de 10.00 mm. y la masa ocupe un volumen de 16.00 cm<sup>3</sup> aproximadamente. Enrasado, se pasa el acanalador para dividir la pasta en dos partes, a través de un surco de 63.00 mm. de longitud. Si se presentara desprendimientos de la pasta en el fondo de la taza, se debe retirar todo el material y reiniciar el procedimiento.

Cuando se tiene el surco, se gira la manivela del aparato con una frecuencia de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la ranura cierre en 10.00 mm. de longitud en el fondo de ella. Finalmente se tomó aproximadamente 10.00 gr. del material que se junta en el fondo del surco para determinar el contenido de humedad. (Figura N° 35)

##### b. Límite Plástico (ASTM D 424):

Para la realización de este ensayo se dejó reposando el material restante de cada una de las muestras del límite líquido de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad, enseguida se enrolló la muestra con la mano sobre la placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3.00 mm. de diámetro y que presenten agrietamientos, tal como lo indica la norma. (Figura N° 36)

##### c. Índice de Plasticidad:

Se calculó obteniendo la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) para el suelo dado.

#### 5.4.2 Ensayos Químicos:

Los ensayos químicos que se realizaron se mencionan a continuación:

Ensayo de Determinación de pH

Ensayo de Contenido de Sales Solubles

Ensayo de Contenido de Sulfatos

Ensayo de Contenido de Cloruros

Estos se ejecutaron en la Universidad Nacional de Trujillo, en el Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación – Facultad de ingeniería Química.

El Informe de Análisis Químico, se adjuntó en el Anexo II (Figura N° 37)

#### 5.4.3 Ensayos Mecánicos:

##### 5.4.3.1 Ensayo de Corte Directo:

El ensayo de corte directo consiste básicamente en someter una muestra de suelo de sección circular y 2.50 cm. De espesor, confinada lateralmente, dentro de una caja metálica, a una carga normal (N) y a un esfuerzo tangencial (T), los cuales se aumentan gradualmente hasta hacer fallar a la muestra por un plano preestablecido por la forma misma de la caja (consta de dos secciones, una de las cuales es móvil y se desliza respecto a la otra, que es fija, produciendo el esfuerzo de corte).

Para el desarrollo de este ensayo, se procedió a la preparación de la muestra:

- El ensayo se realizó sobre muestras de suelo inalteradas a fin de obtener resultados que se aproximen a las características que tiene el suelo en su estado natural.
- Antes de ensayar las probetas, éstas deben ser talladas y compactadas en la caja cilíndrica o molde, la cual debe contener piedras porosas y papel de filtro, tanto en la parte inferior como en la superior.

En cuanto al procedimiento del ensayo, el desarrollo fue de la siguiente manera:

- Se colocó la muestra en la caja de corte directo y con ayuda de los seguros se inmovilizó la muestra, con la finalidad que durante el proceso no existan errores en la recolección de datos.

- Posteriormente, se colocó la esfera de acero sobre la placa de reparto y se ajustó tanto al dial de carga vertical como al horizontal.
- Teniendo ajustados ambos diales de carga y con el equipo correctamente calibrado y en estado cero; la muestra fue ensayada tres veces, con tres cargas distintas: 1.56 Kg., 3.10 Kg. y 6.24 Kg.
- Conforme duró el ensayo, durante el proceso se registraron los datos correspondientes para realizar las gráficas correspondientes.

El proceso de ejecución del ensayo de corte directo se encuentra adjunto en el Anexo I – Figuras N° 38 – 39

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS

### 6.1 Propiedades Físicas:

#### 6.1.1 Contenido de Humedad (ASTM D 2216):

Tabla N° 11: Resultado de contenido de humedad.

Ensayo de Contenido de Humedad - ASTM D 2216			
Zona	01	02	03
Calicata / N.A.F.	1.60 m.	1.50 m.	1.20 m
C 101	35.22%	31.07%	36.27%
C 201	29.55%	33.05%	44.82%
C 301	31.17%	30.46%	41.64%
Promedio (%w)	31.98%	31.53%	40.90%

Fuente: Elaboración Propia.

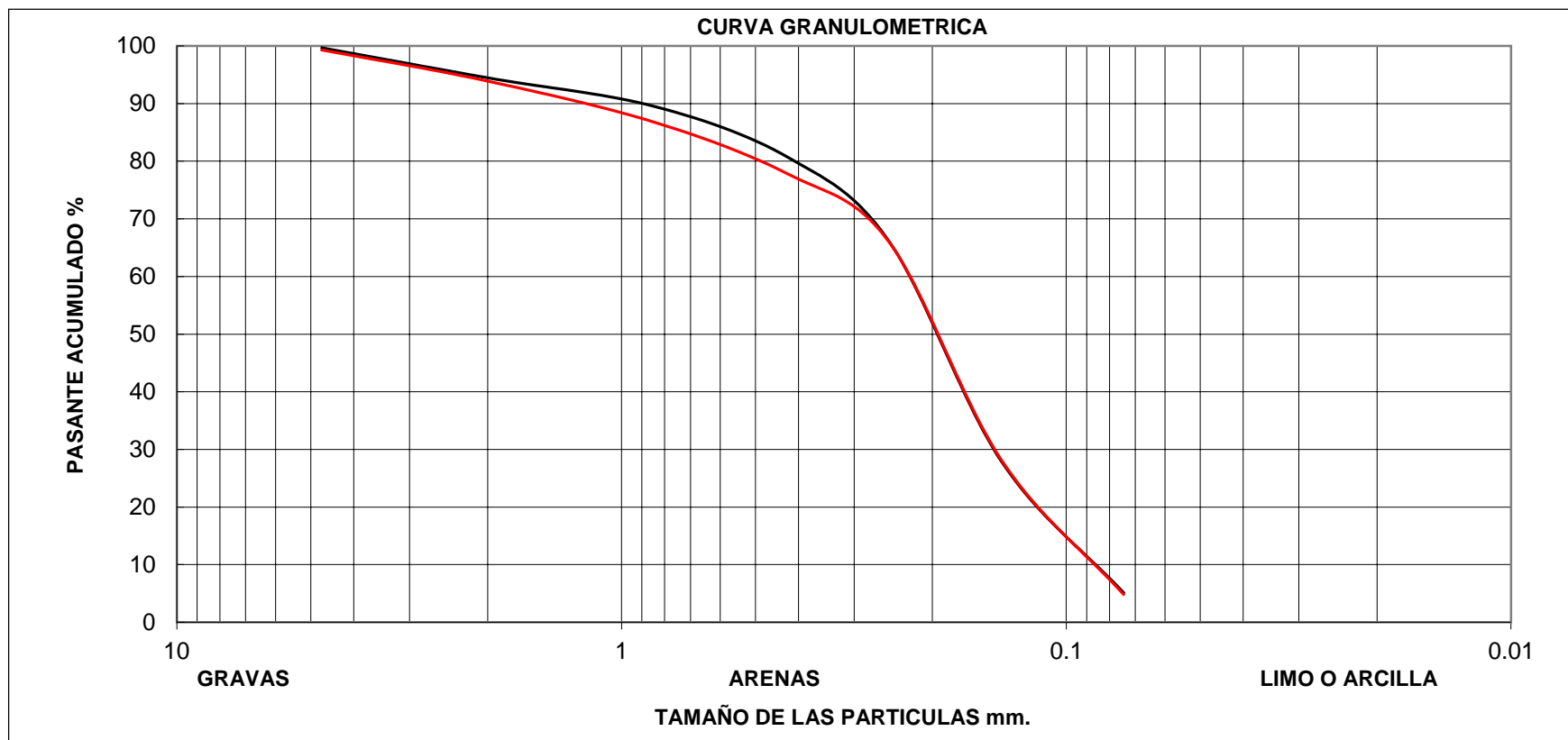
#### 6.1.2 Pesos Específico (ASTM D 854):

Tabla N° 12: Resultado de Pesos Específicos.

Ensayo de Peso Específico – ASTM D 854			
Zonas	01	02	03
Calicata / N.A.F.	1.60 m.	1.50 m.	1.20 m
C 101	2.63	2.54	2.54
C 201	2.54	2.40	2.56
C 301	2.62	2.58	2.58
Promedio ( $\rho$ )	2.60 gr/cm <sup>3</sup>	2.51 gr/cm <sup>3</sup>	2.56 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia.

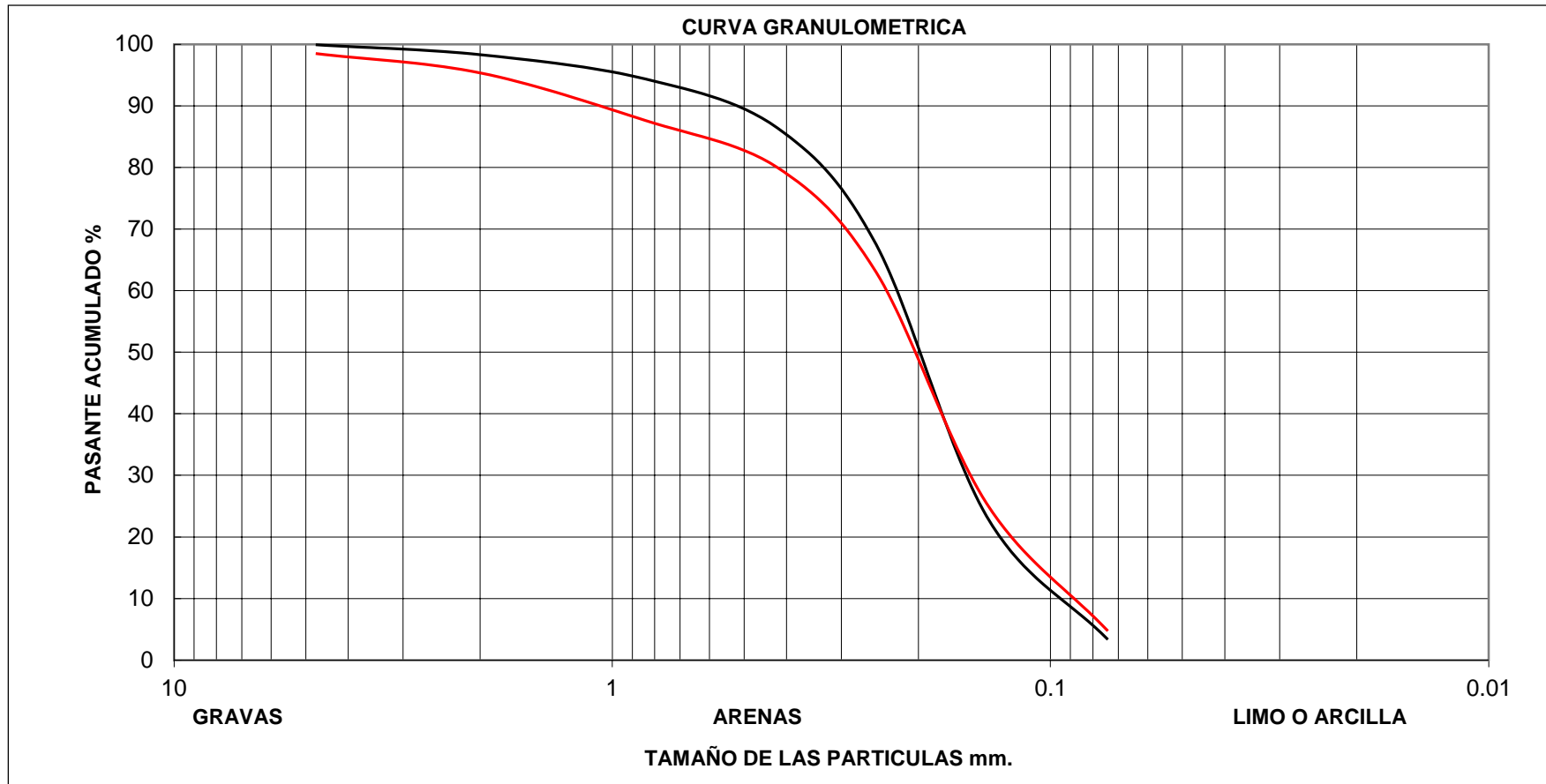
**6.1.3 Análisis Granulométrico (ASTM D 422):**



Estrato 01
  Estrato 02

**Figura N° 40: Curva Granulométrica - Zona 01 / Calicata 101.**

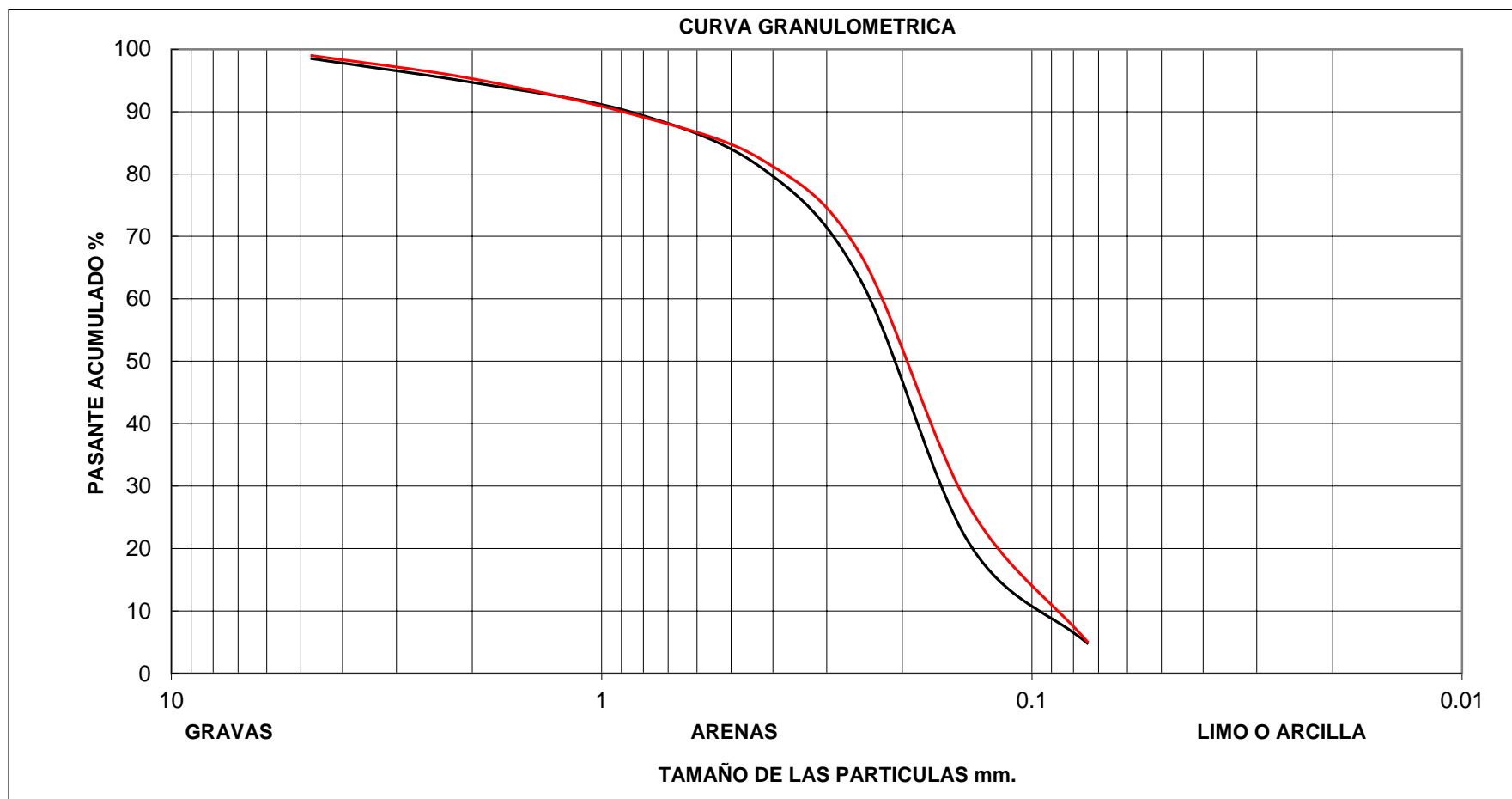
**Fuente: Elaboración Propia.**



Estrato 01
  Estrato 02

**Figura N° 41: Curva Granulométrica - Zona 01 / Calicata 201.**

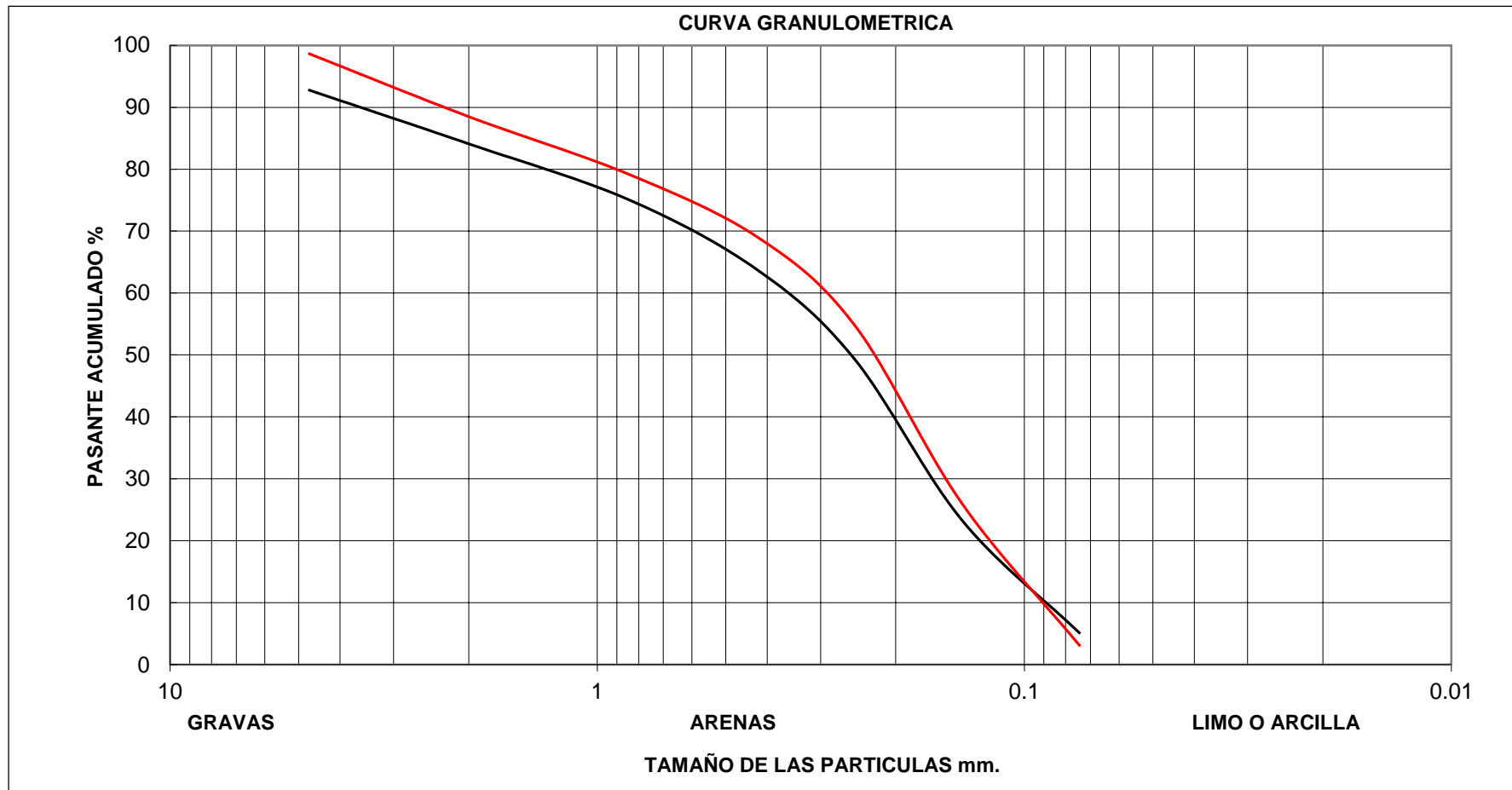
**Fuente: Elaboración Propia.**



Estrato 01
  Estrato 02

**Figura N° 42: Curva Granulométrica - Zona 01 / Calicata 301.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

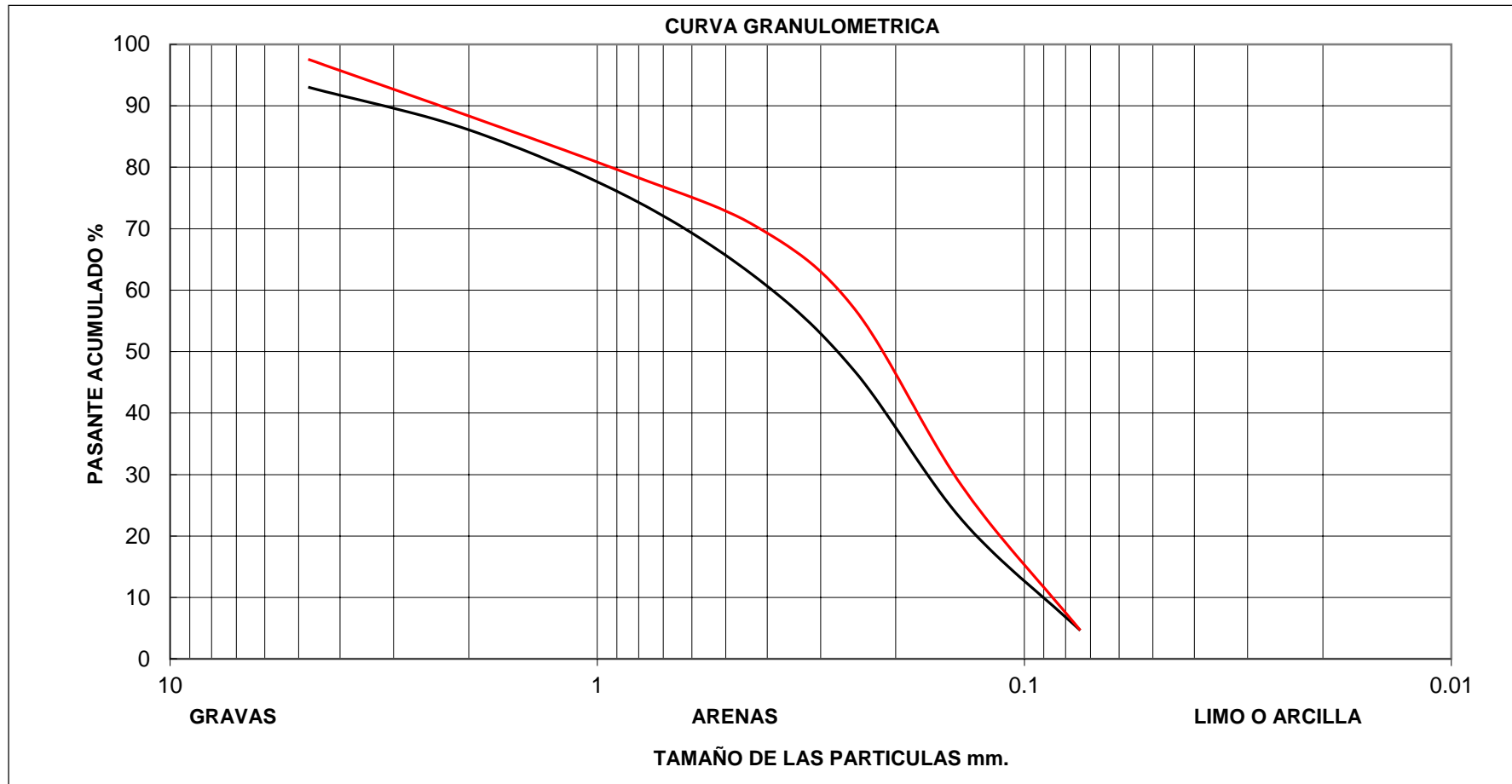


Estrato 01
  Estrato 02

**Figura N° 43: Curva Granulométrica - Zona 02 / Calicata 101.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

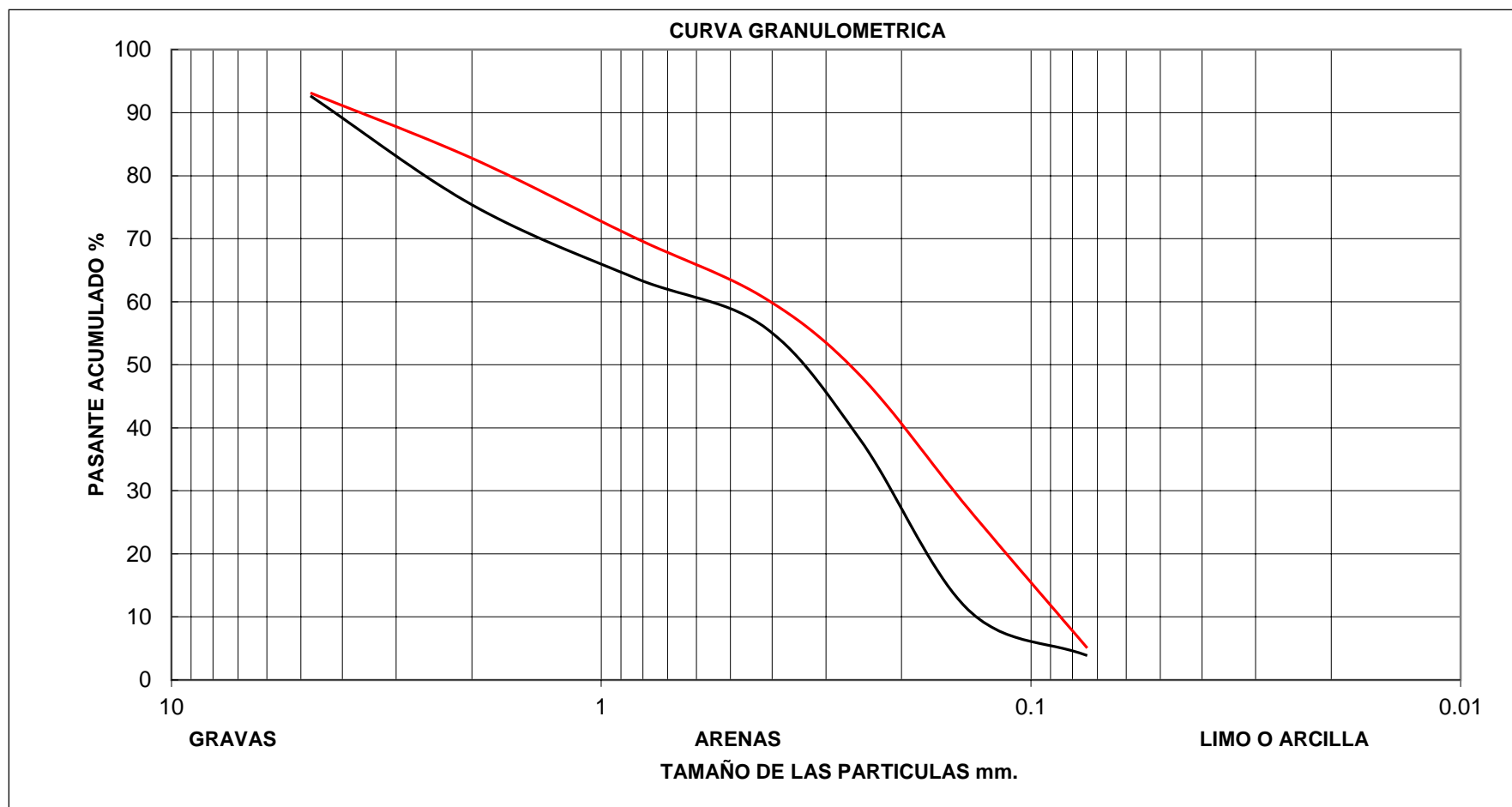




Estrato 01
  Estrato 02

**Figura N° 44: Curva Granulométrica - Zona 02 / Calicata 201.**

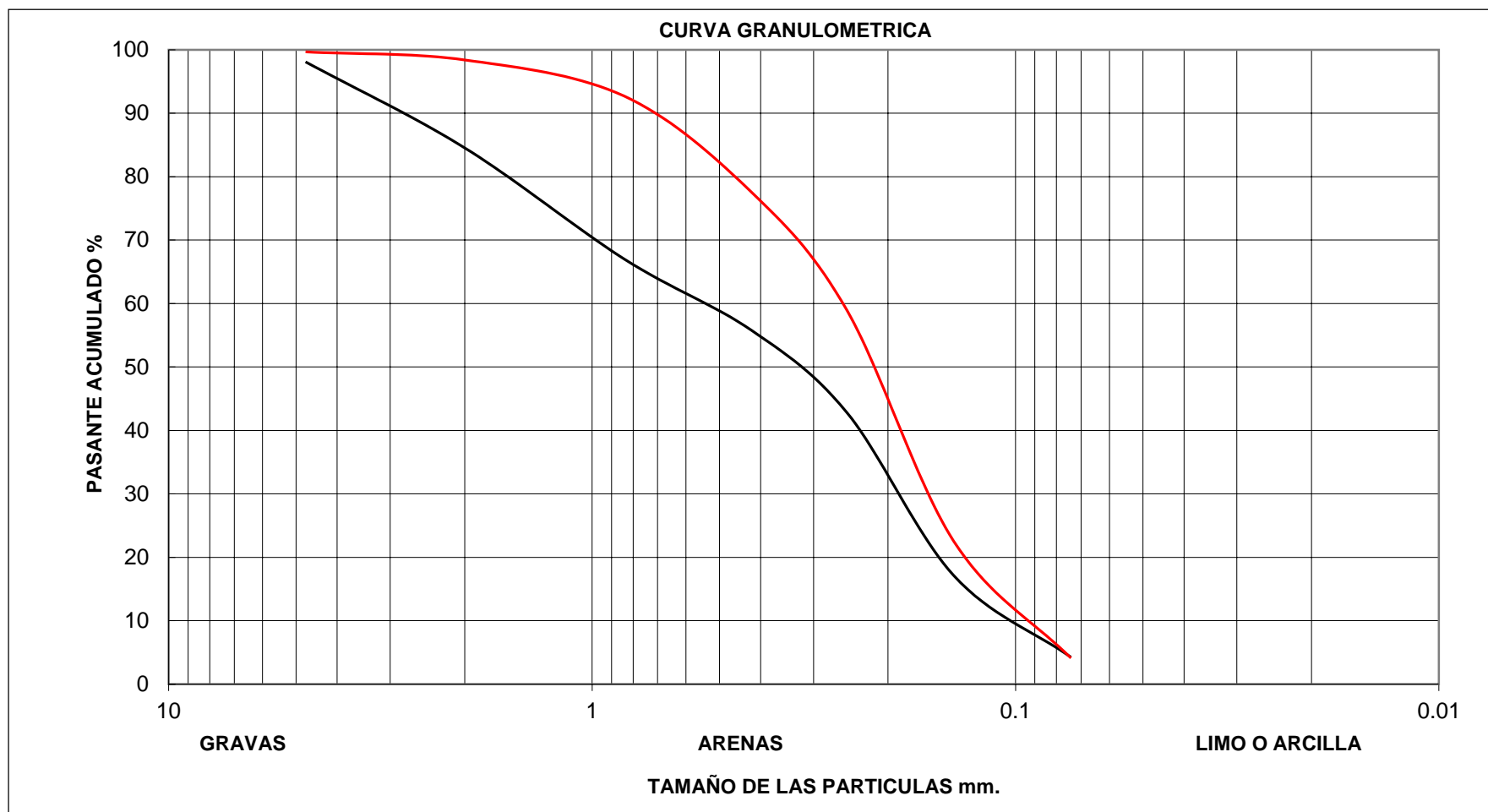
**Fuente: Elaboración Propia.**



Estrato 01
  Estrato 02

**Figura N° 45: Curva Granulométrica - Zona 02 / Calicata 301.**

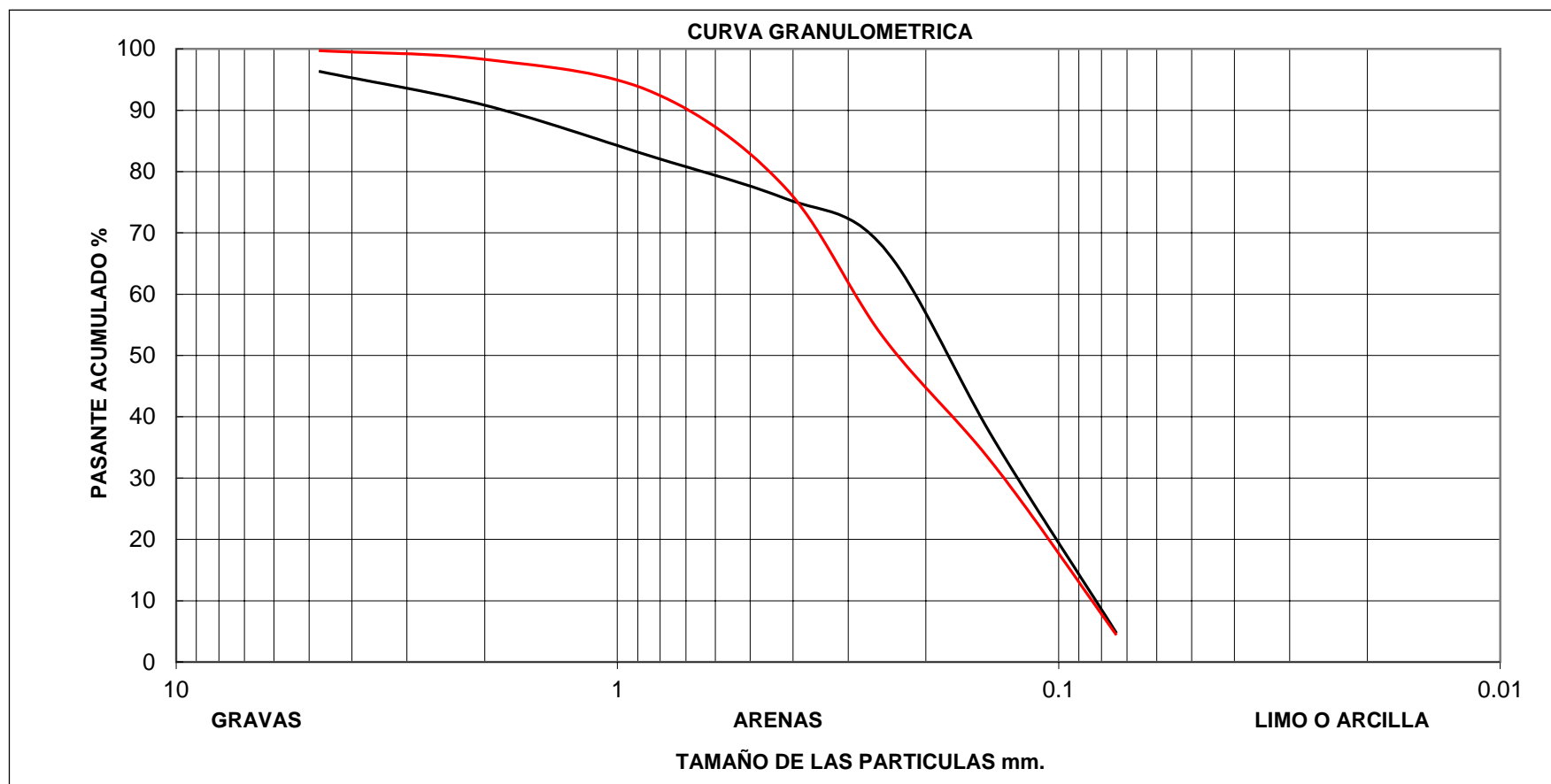
**Fuente: Elaboración Propia.**



————— Estrato 01                                      ————— Estrato 02

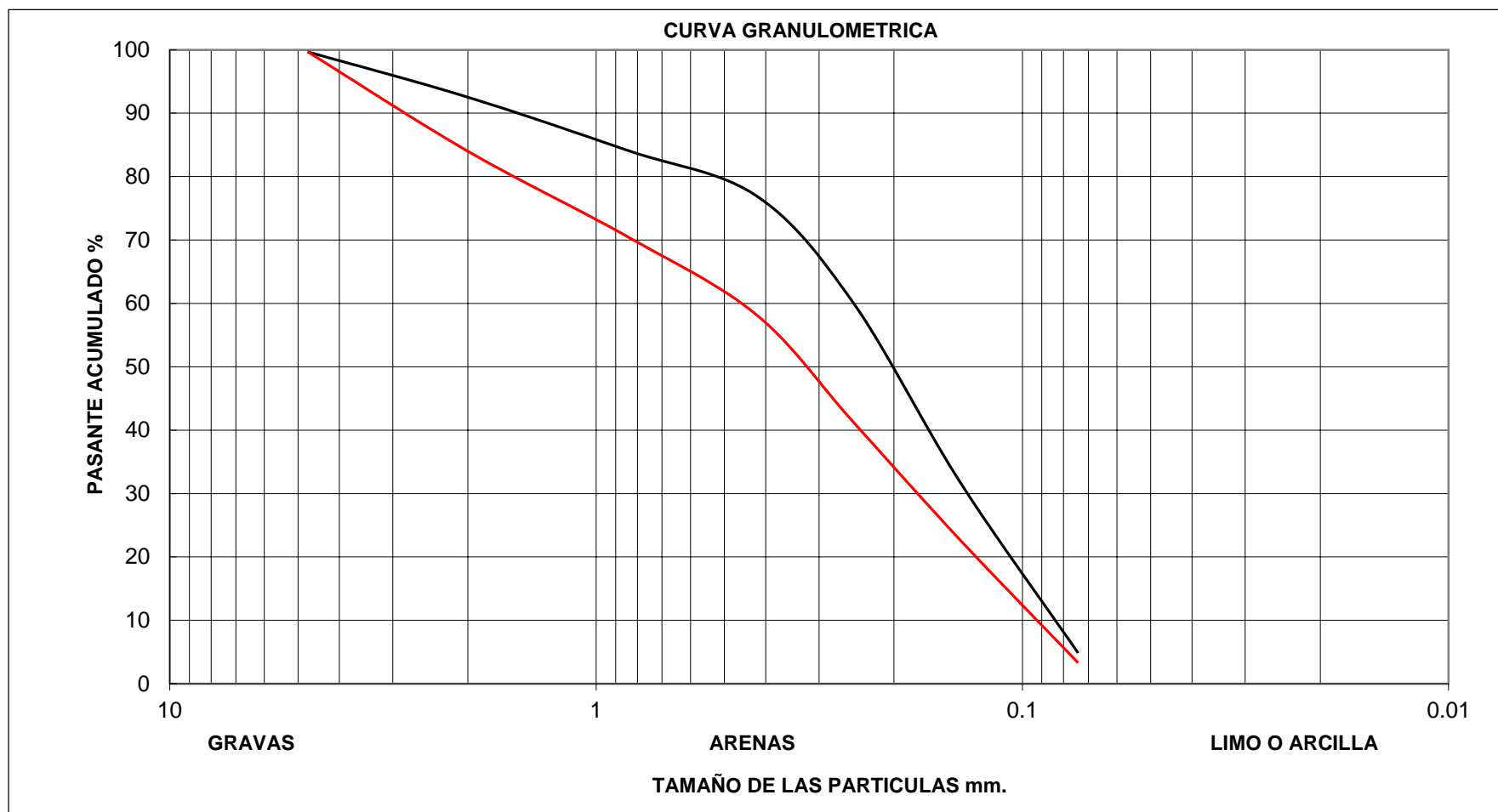
**Figura N° 46: Curva Granulométrica - Zona 03 / Calicata 101.**

**Fuente: Elaboración Propia.**



Estrato 01
  Estrato 02

**Figura N° 47: Curva Granulométrica - Zona 03 / Calicata 201.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**



Estrato 01
  Estrato 02

**Figura N° 48: Curva Granulométrica - Zona 03 / Calicata 301.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

6.1.4 Clasificación de Suelos SUCS (ASTM D 422):

Tabla N° 13: Resultados de clasificación SUCS del suelo.

Clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS							
Zonas	01		02		03		
Calicata / N.A.F.	1.60 m.		1.50 m.		1.20 m		
C 101	SP	SP	SP	SP	SP	SP	
C 201	SP	SP	SP	SP	SP	SP	
C 301	SP	SP	SP	SP	SP	SP	
Estratos	E01	E02	E01	E02	E01	E02	

Fuente: Elaboración Propia.

Observaciones:

SP: Arenas mal graduadas; arenas con grava, con poco o nada de finos.

6.1.5 Límites de Atterberg:

Tabla N° 14: Resultados de Límites de Atterberg – Zona 01.

Ensayo de Límites de Atterberg – ASTM D 422 – 423			
Zona 01 / C 101			
Parámetros	L.L.	L.P.	I.P.
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP
Zona 01 / C 201			
Parámetros	L.L.	L.P.	I.P.
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP
Zona 01 / C 301			
Parámetros	L.L.	L.P.	I.P.
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración Propia.

Observaciones:

NP: No Presenta

Tabla N° 15: Resultados de Límites de Atterberg – Zona 02.

Ensayo de Límites de Atterberg – ASTM D 422 – 423			
<b>Zona 02 / C 101</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP
<b>Zona 02 / C 201</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP
<b>Zona 02 / C 301</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración Propia.

Observaciones:

NP: No Presenta



Tabla N° 16: Resultados de Límites de Atterberg – Zona 03

Ensayo de Límites de Atterberg – ASTM D 422 – 423			
<b>Zona 03 / C 101</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP
<b>Zona 03 / C 201</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP
<b>Zona 03 / C 301</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
Estrato 01	NP	NP	NP
Estrato 02	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración Propia.

Observaciones:

NP: No Presenta

## 6.2 Propiedades Químicas:

La Tabla N° 17; a diferencia de las demás, muestra en conjunto el resultado de cada una de las propiedades químicas realizadas a las muestras de suelo.

Tabla N° 17: Resultados de Ensayos Químicos.

Ensayos Químicos			
Zonas	01	02	03
<b>Determinación de pH</b>			
pH	10.09	8.82	7.08
<b>Contenidos de Sales – NTP 339.152</b>			
Sales (mg/Kg)	1568.00	1325.00	989.00
<b>Contenidos de Sales – NTP 339.152</b>			
Sulfatos (mg/Kg)	475.00	725.00	483.00
<b>Contenidos de Sales – NTP 339.152</b>			
Cloruros (mg/Kg)	760.00	638.00	697.00

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3 Propiedades Mecánicas:

#### 6.3.1 Ensayo de Corte Directo:

Tabla N° 18: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 01 – C 101

Zona 01 – Calicata 101 – Estrato 01			
Muestra	Carga (Kg)	Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	1.56	0.048	0.074
2	3.10	0.095	0.103
3	6.24	0.192	0.170
Zona 01 – Calicata 101 – Estrato 02			
Muestra	Carga (Kg)	Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	1.56	0.048	0.079
2	3.10	0.095	0.113
3	6.24	0.192	0.174

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 19: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 01 – C 201

<b>Zona 01 – Calicata 201 – Estrato 01</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.064
2	3.10	0.095	0.101
3	6.24	0.192	0.162
<b>Zona 01 – Calicata 201 – Estrato 02</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.071
2	3.10	0.095	0.103
3	6.24	0.192	0.165

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 20: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 01 – C 301

<b>Zona 01 – Calicata 301 – Estrato 01</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.064
2	3.10	0.095	0.101
3	6.24	0.192	0.167

<b>Zona 01 – Calicata 301 – Estrato 02</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.066
2	3.10	0.095	0.108
3	6.24	0.192	0.167

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 21: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 02 – C 101

Zona 02 – Calicata 101 – Estrato 01			
Muestra	Carga (Kg)	Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	1.56	0.048	0.069
2	3.10	0.095	0.098
3	6.24	0.192	0.170
Zona 02 – Calicata 101 – Estrato 02			
Muestra	Carga (Kg)	Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	1.56	0.048	0.059
2	3.10	0.095	0.098
3	6.24	0.192	0.155

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 22: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 02 – C 201

<b>Zona 02 – Calicata 201 – Estrato 01</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.061
2	3.10	0.095	0.093
3	6.24	0.192	0.162
<b>Zona 02 – Calicata 201 – Estrato 02</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.054
2	3.10	0.095	0.101
3	6.24	0.192	0.152

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 23: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 02 – C 301

<b>Zona 02 – Calicata 301 – Estrato 01</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.061
2	3.10	0.095	0.096
3	6.24	0.192	0.165
<b>Zona 02 – Calicata 301 – Estrato 02</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.061
2	3.10	0.095	0.093
3	6.24	0.192	0.160

Fuente: Elaboración Propia



Tabla N° 24: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 03 – C 101

<b>Zona 03 – Calicata 101 – Estrato 01</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.066
2	3.10	0.095	0.098
3	6.24	0.192	0.170
<b>Zona 03 – Calicata 101 – Estrato 02</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.044
2	3.10	0.095	0.076
3	6.24	0.192	0.135

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 25: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 03 – C 201

<b>Zona 03 – Calicata 201 – Estrato 01</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.059
2	3.10	0.095	0.098
3	6.24	0.192	0.162
<b>Zona 03 – Calicata 201 – Estrato 02</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.064
2	3.10	0.095	0.098
3	6.24	0.192	0.155

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 26: Resultados de Ensayo de Corte Directo – Zona 03 – C 301

<b>Zona 03 – Calicata 301 – Estrato 01</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.061
2	3.10	0.095	0.096
3	6.24	0.192	0.165
<b>Zona 03 – Calicata 301 – Estrato 02</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Esfuerzo normal (N) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo de corte (T) – (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	1.56	0.048	0.061
2	3.10	0.095	0.086
3	6.24	0.192	0.147

Fuente: Elaboración Propia

### 6.3.2 Ángulos de Fricción y Cohesión del Suelo:

Tabla N° 27: Valores de Ángulo de Fricción y Cohesión del Suelo – Zona 01

ZONA 01	Calicata 101	Calicata 201	Calicata 301
Ángulo Fricción ( $\varphi$ )	33.52°	32.94°	34.52°
Cohesión (c)	0.0481	0.0407	0.0371

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 28: Valores de Ángulo de Fricción y Cohesión del Suelo – Zona 02

ZONA 02	Calicata 101	Calicata 201	Calicata 301
Ángulo Fricción ( $\varphi$ )	33.22°	33.80°	34.39°
Cohesión (c)	0.039	0.0260	0.0285

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 29: Valores de Ángulo de Fricción y Cohesión del Suelo – Zona 03

ZONA 03	Calicata 101	Calicata 201	Calicata 301
Ángulo Fricción ( $\varphi$ )	32.19°	32.03°	32.50°
Cohesión (c)	0.0149	0.0358	0.0247

Fuente: Elaboración Propia

### 6.3.3 Capacidad portante del Suelo sin influencia de la Nivel Freático:

Tabla N° 30: Valores de Capacidad Portante sin influencia de Nivel Freático

CALICATA	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO (Kg/cm <sup>2</sup> )		
C 101	1.09	0.99	0.90
C 201	1.00	0.96	0.95
C 301	1.11	1.05	0.90
<b>N.A.F. / ZONA</b>	--- / Z01	--- / Z02	--- / Z03

Fuente: Elaboración Propia

### 6.3.4 Capacidad portante del Suelo con influencia de la Nivel Freático:

Tabla N° 31: Valores de Capacidad Portante con influencia de Nivel Freático

CALICATA	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO (Kg/cm <sup>2</sup> )		
C 101	0.97	0.87	0.74
C 201	0.89	0.83	0.79
C 301	0.98	0.91	0.78
<b>N.A.F. / ZONA</b>	1.60 m. / Z01	1.50 m. / Z02	1.20 m. / Z03

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN**

### **7.1 Propiedades Físicas:**

#### **7.1.1 Contenido de Humedad (ASTM D 2216):**

La Zona 01 presenta un nivel freático de 1.60 m. de profundidad, alcanzando un contenido de humedad de 31.98%.

Es importante mencionar que el contenido de humedad de las calicatas: C 101, C 201 y C 301 de esta zona, responden a los siguientes valores: 35.22%, 29.55% y 31.17%, respectivamente.

La Zona 02 presenta un nivel freático de 1.50 m. de profundidad, alcanzando un contenido de humedad de 31.53%.

Así mismo, es válido mencionar que el contenido de humedad de las calicatas C 101, C 201 y C 301 de esta zona, responden a los siguientes valores respectivamente: 31.07%, 33.05% y 30.46%

La Zona 03 presenta un nivel freático de 1.20 m. de profundidad, alcanzando un contenido de humedad de 40.90%; lo cual quiere decir que es el más desfavorable para cualquier tipo de edificación.

Al igual que en las dos zonas anteriores, es importante mencionar que: el contenido de humedad de las calicatas C 101, C 201 y C 301 de esta zona, responden a los siguientes valores: 36.27%, 44.82% y 41.64%, respectivamente.

Finalmente, se puede observar que la zona con mayor contenido de humedad es la Zona 03, con 40.90% y un nivel freático de 1.20 m. de profundidad. Mientras que la zona con menor contenido es la Zona 02, con 31.53% de humedad y un nivel freático de 1.50 m. de profundidad.

### 7.1.2 Peso Específico (ASTM D 854):

En la Tabla N° 12, se puede verificar los valores de los pesos específicos de cada calicata, de acuerdo a cada zona de estudio.

En la Zona N° 01, el valor mínimo y máximo que se obtuvo fue de 2.54 gr/cm<sup>3</sup> y 2.63 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente. El valor de 2.54 gr/cm<sup>3</sup> corresponde a la calicata 01 (C101), mientras que 2.63 gr/cm<sup>3</sup> es corresponde a la calicata 03 (C301).

Teniendo en cuenta los valores de los pesos específicos de las tres calicatas estudiadas, se puede decir que el peso específico promedio del suelo de la zona 01 (Z01) tiene un valor de 2.60 gr/cm<sup>3</sup>.

Los valores de peso específico en la Zona 02 son 2.54 gr/cm<sup>3</sup>, 2.40 gr/cm<sup>3</sup> y 2.58 gr/cm<sup>3</sup>, para las calicatas C101, C201 y C301 respectivamente.

Se puede observar que la calicata C201 presenta un peso específico de 2.40 gr/cm<sup>3</sup>, siendo éste el menor de la zona; mientras que por el contrario en la calicata 301 se obtuvo el mayor valor, el cual fue de 2.58 gr/cm<sup>3</sup>.

El valor promedio del peso específico en la zona 02 fue de 2.51 gr/cm<sup>3</sup>.

Los pesos específicos de las calicatas de la Zona 03; son de 2.54 gr/cm<sup>3</sup>, 2.56 gr/cm<sup>3</sup> y 2.58 gr/cm<sup>3</sup>.

El valor promedio del peso específico en la Zona 03 fue de 2.56 gr/cm<sup>3</sup>.

Es válido mencionar que, basándose en el valor de los pesos específicos de cada zona de estudio, se logró calcular un valor promedio para los suelos del Sector El Cortijo Bajo - Norte, el cual llega a 2.56 gr/cm<sup>3</sup>.

A continuación, en la Tabla N° 32 se muestran los valores estándar del peso específico, de acuerdo al tipo de suelo a estudiar:

**Tabla N° 32: Valores típicos de peso específico en suelos.**

Tipo de Suelo	Peso Específico
Arena	2.65 - 2.67
Arena limosa	2.67 - 2.70
Arcilla inorgánica	2.70 - 2.80
Suelos con mica o hierro	2.75 - 3.00
Suelos orgánicos	Variable, puede ser inferior a 2.00

**Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil – J. Bowles.**

Teniendo como referencia la Tabla N° 32; y comparando la misma con la Tabla N° 12 y con el valor promedio obtenido; se puede decir que nuestro material no cumple con ningún parámetro establecido por el autor. Esto tiene una explicación sencilla; nuestro material no llega a ninguno de esos valores debido a que presenta un alto porcentaje o contenido de humedad. Al mismo tiempo, se puede afirmar que el peso específico, tiende a ser el de una arena; lo cual es válido pues en la Tabla N° 11, de acuerdo a la clasificación SUCS, se observa que el material estudiado son arenas.



### 7.1.3 Análisis Granulométrico (ASTM D 422):

De acuerdo a los ensayos granulométricos realizados, se puede afirmar que en la:

- **Zona 01 – Calicata C 101:**

#### Estrato 01:

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1750.00 gr. de suelo; del cual: 0.28% es grava, 94.75% arena y 4.97% finos.

#### Estrato 02:

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1400.00 gr. de suelo; del cual: 0.68% es grava, 94.66% arena y 4.66% finos.

**Tabla N° 33: Análisis granulométrico Zona 01 – Calicata C 101**

Material	C 101 – E01	C 101 – E02
Grava	0.28	0.68
Arena	94.75	94.66
Finos	4.97	4.66
Suelo	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

- **Zona 01 – Calicata C 201:**

#### Estrato 01:

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1500.00 gr. de suelo; del cual: 0.06% es grava, 96.60% arena y 3.34% finos.

#### Estrato 02:

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1600.00 gr. de suelo; del cual: 1.51% es grava, 93.78% arena y 4.71% finos.

**Tabla N° 34: Análisis granulométrico Zona 01 – Calicata C 201**

Material	C 201 – E01	C 201 – E02
Grava	0.06	1.51
Arena	96.60	93.78
Finos	3.34	4.71
Suelo	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

- **Zona 01 – Calicata C 301:**

**Estrato 01:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1500.00 gr. de suelo; del cual: 1.48% es grava, 93.82% arena y 4.70% finos.

**Estrato 02:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1400.00 gr. de suelo; del cual: 0.98% es grava, 94.09% arena y 4.93% finos.

**Tabla N° 35: Análisis granulométrico Zona 01 – Calicata C 301**

Material	C 301 – E01	C 301 – E02
Grava	1.48	0.98
Arena	93.82	94.09
Finos	4.70	4.93
Suelo	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

- **Zona 02 – Calicata C 101:**

**Estrato 01:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1400.00 gr. de suelo; del cual: 7.16% es grava, 87.86% arena y 4.98% finos.

**Estrato 02:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1500.00 gr. de suelo; del cual: 1.27% es grava, 95.76% arena y 2.97% finos.

**Tabla N° 36: Análisis granulométrico Zona 02 – Calicata C 101**

Material	C 101 – E01	C 101 – E02
Grava	7.16	1.27
Arena	87.86	95.76
Finos	4.98	2.97
Suelo	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

- **Zona 02 – Calicata C 201:**

**Estrato 01:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1500.00 gr. de suelo; del cual: 6.96% es grava, 88.38% arena y 4.66% finos.

**Estrato 02:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1500.00 gr. de suelo; del cual: 2.42% es grava, 92.89% arena y 4.69% finos.

**Tabla N° 37: Análisis granulométrico Zona 02 – Calicata C 201**

Material	C 201 – E01	C 201 – E02
Grava	6.96	2.42
Arena	88.38	92.89
Finos	4.66	4.69
Suelo	100.00%	100.00%

**Fuente: Elaboración Propia.**

- **Zona 02 – Calicata C 301:**

**Estrato 01:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1300.00 gr. de suelo; del cual: 7.33% es grava, 88.80% arena y 3.87% finos.

**Estrato 02:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1200.00 gr. de suelo; del cual: 6.86 % es grava, 88.08% arena y 5.06% finos.

**Tabla N° 38: Análisis granulométrico Zona 02 – Calicata C 301**

Material	C 301 – E01	C 301 – E02
Grava	7.33	6.86
Arena	88.80	88.08
Finos	3.87	5.06
Suelo	100.00%	100.00%

**Fuente: Elaboración Propia.**

- **Zona 03 – Calicata C101:**

**Estrato 01:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1400.00 gr. de suelo; del cual: 1.93% es grava, 93.84% arena y 4.23% finos.

**Estrato 02:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1400.00 gr. de suelo; del cual: 0.34% es grava, 95.55% arena y 4.11% finos.

**Tabla N° 39: Análisis granulométrico Zona 03– Calicata C 101**

Material	C 101 – E01	C 101 – E02
Grava	1.93	0.34
Arena	93.84	95.55
Finos	4.23	4.11
Suelo	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

- **Zona 03 – Calicata C 201:**

**Estrato 01:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1500.00 gr. de suelo; del cual: 3.65% es grava, 91.63% arena y 4.72% finos.

**Estrato 02:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1500.00 gr. de suelo; del cual: 0.27% es grava, 95.34% arena y 4.39% finos.

**Tabla N° 40: Análisis granulométrico Zona 03– Calicata C 201**

Material	C 201 – E01	C 201 – E02
Grava	3.65	0.27
Arena	91.63	95.34
Finos	4.72	4.39
Suelo	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

- **Zona 03 – Calicata C 301:**

**Estrato 01:**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1500.00 gr. de suelo; del cual: 0.33% es grava, 94.84% arena y 4.83% finos.

**Estrato 02**

La cantidad de material utilizada para analizar dicha zona fue 1400.00 gr. de suelo; del cual: 0.30% es grava, 96.40% arena y 3.30% finos.

**Tabla N° 41: Análisis granulométrico Zona 03– Calicata C 301**

Material	C 301 – E01	C 301 – E02
Grava	0.33	0.30
Arena	94.84	96.40
Fino	4.83	3.30
Suelo	100.00%	100.00%

**Fuente: Elaboración Propia.**

#### 7.1.4 Clasificación S.U.C.S.:

De acuerdo a los ensayos granulométricos, se logró determinar que los suelos ensayados fueron arenas. Estas se clasifican en arenas bien graduadas (SW) y arenas pobremente graduadas (SP); ambas con poco o nada de finos.

Para lograr distinguir y clasificar correctamente este tipo de arenas, se tomó en cuenta el coeficiente de curvatura (Cc) y el coeficiente de uniformidad (Cu).

La condición para diferenciar un suelo del otro es:

$$Cc > 6.00 \quad \text{y} \quad 1.00 < Cu < 3.00 \quad \text{Fórmula N° 20}$$

Si el suelo cumple dicha condición se trata de un suelo arenoso bien graduado, es decir un suelo SW; por el contrario, si el suelo no llega a cumplir dicha condición, éste se trataría de un suelo arenoso mal graduado (SP).

Partiendo de esto y basándose en la Tabla N° 13, se puede afirmar que en las Zonas 01 – 02 y 03, el tipo de suelo predominante son las arenas mal graduadas (SP).

A continuación, un análisis de cada una de las Zonas de estudio:

**Zona 01:** El suelo encontrado en esta zona, se clasificó como Arena pobremente graduada (SP)

#### **Calicata C 101:**

En esta calicata, el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (finos) no supera el 5.00%; obteniendo como valores los siguientes porcentajes: 4.97% y 4.66%, tanto para el Estrato 01 y Estrato 02, respectivamente.

En el Estrato 01; el Coeficiente de Curvatura (Cc) y el Coeficiente de Uniformidad (Cu) tienen valores de 1.04 y 2.63; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 1.02 y 2.62.

Como se puede observar en ambos estratos, el valor del Coeficiente de Uniformidad (Cu) no supera la condición mencionada con anterioridad, lo cual nos lleva a decir que nuestra muestra se encuentra dentro del rango definido para ser clasificada como SP.

Por otro lado, si analizamos el valor de los Coeficientes de Curvatura (Cc), éste supera a 1.00; es por tal razón que para definir su clasificación se tuvo que analizar la curva granulométrica y al mismo tiempo, se tomó en cuenta el criterio del autor.

#### **Calicata C 201:**

En la calicata C 201, el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (finos) no supera el 5.00%; obteniendo como valores los siguientes porcentajes: 3.34% y 4.71%, tanto para el Estrato 01 y Estrato 02, respectivamente.

En el Estrato 01; el Coeficiente de Curvatura (Cc) y el Coeficiente de Uniformidad (Cu) tienen valores de 1.10 y 2.41; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 1.07 y 2.66.

Al igual que en la Calicata C 101, el valor del Coeficiente de Uniformidad (Cu) no supera la condición mencionada con anterioridad, lo cual nos lleva a decir que nuestra muestra se encuentra dentro del rango definido para ser clasificada como SP.

Por otro lado, si analizamos el valor de los Coeficientes de Curvatura (Cc), éste supera a 1.00; es por tal razón que para definir su clasificación se optó por analizar la curva granulométrica y al mismo tiempo, se tomó en cuenta el criterio del autor.

#### **Calicata C 301:**

Finalmente, en la Calicata C 301, el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (finos) tampoco supera el 5.00%; obteniendo como valores los siguientes porcentajes: 4.70% y 4.93%, tanto para el Estrato 01 y Estrato 02, respectivamente.

En el Estrato 01; el Coeficiente de Curvatura (Cc) y el Coeficiente de Uniformidad (Cu) tienen valores de 1.16 y 2.53; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 1.08 y 2.58.

Al igual que en la Calicata C 101 y C 201, el valor del Coeficiente de Uniformidad (Cu) no supera la condición mencionada con anterioridad, clasificando nuestro suelo como SP.

Por otro lado, si analizamos el valor de los Coeficientes de Curvatura (Cc), éste supera a 1.00; es por tal razón que para definir su clasificación se optó por analizar la curva granulométrica y al mismo tiempo, se tomó en cuenta el criterio del autor.

**Zona 02:** El suelo encontrado en esta zona, se clasificó como Arena pobremente graduada (SP)

#### **Calicata C 101:**

En la Calicata C 101 – Zona 02, el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (finos) no supera el 5.00%; obteniendo como valores los siguientes porcentajes: 4.98% y 2.97%, tanto para el Estrato 01 y Estrato 02, respectivamente.

En el Estrato 01; el Coeficiente de Curvatura (Cc) y el Coeficiente de Uniformidad (Cu) tienen valores de 0.82 y 4.09; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 0.82 y 3.31

En ambos estratos, tanto los valores del Coeficiente de Uniformidad (Cu) son menores a 6.00 y los valores del Coeficiente de Curvatura (Cc), no llegan a 1.00

#### **Calicata C 201:**

Al igual que en la Calicata C 101 – Zona 02; los porcentajes de finos que pasan la Calicata C 201 tiene valores inferiores al 5.00%, siendo estos de 4.66% en el Estrato 01 y 4.69% en el Estrato 02

En el Estrato 01; el Coeficiente de Curvatura (Cc) y el Coeficiente de Uniformidad (Cu) tienen valores de 0.80 y 4.27; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 0.84 y 3.25

En ambos estratos, tanto los valores del Coeficiente de Uniformidad (Cu) son menores a 6.00 y los valores del Coeficiente de Curvatura (Cc), no llegan a 1.00

#### **Calicata C 301:**

Finalmente, en la Calicata C 301, el porcentaje de finos que pasa la malla N° 200 es de 3.87% en el Estrato 01 y 5.06% en el Estrato 02

Es válido mencionar que el Estrato 02 se analizó teniendo en cuenta el Coeficiente de Curvatura y el Coeficiente de Uniformidad, así como la forma de la curva granulométrica; debido a que el porcentaje que pasa la malla N° 200 es mayor a 5.00%

El Estrato 01; cuenta con un Coeficiente de Curvatura (Cc) igual a 0.58 y un Coeficiente de Uniformidad (Cu) igual a 4.85; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 0.66 y 4.62, respectivamente.

Al igual que en la Calicata C 101 y C 201, el valor del Coeficiente de Uniformidad (Cu) no supera a 6.00, mientras que los valores del Coeficiente de Curvatura son inferiores a 1.00; clasificando nuestro suelo como SP.

#### **Zona 03:**

El suelo encontrado en esta zona se clasificó como un Arena pobremente graduada (SP)

#### **Calicata C 101:**

En esta calicata, el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (finos) no supera el 5.00%; obteniendo como valores los siguientes porcentajes: 4.23% y 4.11%, tanto para el Estrato 01 y Estrato 02, respectivamente.



En el Estrato 01; el Coeficiente de Curvatura (Cc) y el Coeficiente de Uniformidad (Cu) tienen valores de 5.59 y 0.64; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 2.73 y 1.07

Como se puede observar en ambos estratos, el valor del Coeficiente de Uniformidad (Cu) no supera la condición mencionada con anterioridad, lo cual nos lleva a decir que nuestra muestra se encuentra dentro del rango definido para ser clasificada como SP.

Por otro lado, si analizamos el valor del Coeficiente de Curvatura (Cc) del Estrato 02 supera a 1.00; es por tal razón que para definir su clasificación se tuvo que analizar la curva granulométrica y al mismo tiempo, se tomó en cuenta el criterio del autor.

#### **Calicata C 201:**

En la calicata C 201, el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (finos) no supera el 5.00%; obteniendo como valores los siguientes porcentajes: 4.72% en el Estrato 01 y 4.39% para el Estrato 02

En el Estrato 01; el Coeficiente de Curvatura (Cc) y el Coeficiente de Uniformidad (Cu) tienen valores de 0.85 y 2.62; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 0.70 y 3.41

Analizando los valores obtenidos, se puede decir que la muestra de suelo es una Arena pobremente graduada (SP).

#### **Calicata C 301:**

Finalmente, en la Calicata C 301, el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (finos) tampoco supera el 5.00%; obteniendo como valores los siguientes porcentajes: 4.83% y 3.30%, tanto para el Estrato 01 y Estrato 02, respectivamente.

En el Estrato 01; el Coeficiente de Curvatura (Cc) y el Coeficiente de Uniformidad (Cu) tienen valores de 0.85 y 2.88; mientras que en el Estrato 02, los valores de Cc y Cu fueron de 0.72 y 4.98

Analizando los valores obtenidos, se puede decir que la muestra de suelo es una Arena pobremente graduada (SP).

#### **7.1.5 Límites de Atterberg:**

De acuerdo a las Tablas N° 14 – N° 15 y N° 16; se puede afirmar que ninguna zona de estudio presenta propiedades plásticas. Esto debido a que nuestro material de estudio es un material granular y no cohesivo, el cual al hacer contacto con el agua pierde sus propiedades plásticas fácilmente.

## 7.2 Propiedades Químicas:

En la siguiente Tabla N° 02, se presentan los límites permisibles recomendados por el Comité ACI 318-83 y valores recopilados de la literatura existente sobre las cantidades en partes por millón (p.p.m) de los sulfatos, cloruros y sales solubles totales, así como el grado de alteración y las observaciones del ataque a las armaduras y al concreto, se da las recomendaciones necesarias para la protección ante el ataque químico.

Basándose en la Tabla N° 02, se pasa a discutir los resultados de los ensayos químicos en cada una de las zonas estudiadas.

### 7.2.1 Determinación de pH:

En la Tabla N° 10, se observa que los valores de pH de la Zona 01, 02 y 03 son 10.09, 8.82 y 7.08 respectivamente.

De acuerdo a la Norma E 0.50 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el inciso **6.2.3.1** menciona que cuando el contenido de pH es menor a 4.00, se deberá proponer medidas de protección adecuadas para proteger el concreto del ataque ácido.

Basándose en lo mencionado anteriormente se puede afirmar que el suelo estudiado del Sector El Cortijo Bajo - Norte, contiene un pH adecuado (mayor a 4.00), por lo tanto, no es necesario tomar medidas para proteger el concreto del ataque ácido.

### 7.2.2 Contenido de Sulfatos:

Tal como se visualiza en la Tabla N° 10, el contenido de sulfatos ( $SO_4$ ) en la Zona 01, 02 y 03, son 475.00 ppm, 725.00 ppm y 483.00 ppm, respectivamente.

Teniendo como referencia estos datos, y basándonos en la Norma ACI 318-83; se puede decir que el suelo del estudiado del Sector El Cortijo Bajo - Norte, presenta un grado de alteración leve.

### 7.2.3 Contenido de Cloruros:

La Tabla N° 10, muestra el contenido de cloruros (Cl) presentes en las Zona 01, 02 y 03. En ella se observa que la Zona 01 cuenta con 760.00 ppm., la Zona 02 con 638.00 ppm. y finalmente la Zona 03 con 697.00 ppm.

Contrastando estos resultados con los de la Tabla N° 02, se puede afirmar que el contenido de cloruros en las tres zonas no es perjudicial para éstas.

#### **7.2.4 Contenido de Sales Solubles:**

El valor de los contenidos de sales solubles para las Zonas 01, 02 y 03 son 1568.00 ppm., 1325.00 ppm. y 989.00 ppm., respectivamente. Contrastando estos valores con la Tabla N° 02 del Comité ACI 318-83 con los valores de la Tabla N° 10, se puede afirmar que ninguna de las Zonas mencionadas anteriormente se encuentra en un estado perjudicial, por lo tanto, no hay pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

### 7.3 Propiedades Mecánicas:

#### 7.3.1 Ensayo de Corte Directo:

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en el Capítulo 6. Inciso 6.3 – 6.3.1, se puede afirmar que: “a mayor carga sometida, mayor será el esfuerzo normal (N) y el esfuerzo cortante (T)”.

Cada una de las muestras ensayadas fueron sometidas a cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f.; dando como resultado los siguientes esfuerzos normales: 0.048 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.095 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.192 Kg/cm<sup>2</sup>. Lo único que varía en cada una de las Zonas de estudio, así como en las Calicatas y cada uno de sus estratos, vienen a ser los valores de los esfuerzos de corte, ángulo de fricción y cohesión del suelo. A continuación, se detalla cada uno de ellos:

- **Zona 01:**

##### **Calicata C 101 – Estrato 01:**

Los valores de esfuerzo cortante son de 0.074 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.103 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.170 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 33.82°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0407 Kg/cm<sup>2</sup>

##### **Calicata C 101 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de 0.079 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.113 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.174 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 33.52°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0481 Kg/cm<sup>2</sup>

##### **Calicata C 201 – Estrato 01:**

A diferencia de la Calicata C 101, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de 0.064 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.101 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.162 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 34.10°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0334 Kg/cm<sup>2</sup>

##### **Calicata C 201 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de 0.071 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.103 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.165 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $32.94^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0407 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 301 – Estrato 01:**

En la Calicata C 301 – Estrato 01; los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de  $0.064 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.101 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.167 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.51^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0309 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 301 – Estrato 02:**

Finalmente, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en la Calicata C 301 – Estrato 02, fueron de  $0.066 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.108 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.167 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $34.52^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0371 \text{ Kg/cm}^2$

- **Zona 02:**

**Calicata C 101 – Estrato 01:**

Los valores de esfuerzo cortante son de  $0.069 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.098 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.170 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.24^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0334 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 101 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de  $0.059 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.098 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.155 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $33.22^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0309 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 201 – Estrato 01:**

A diferencia de la Calicata C 101, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de  $0.061 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.093 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.162 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.10^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0272 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 201 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de  $0.054 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.101 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.152 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $33.80^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0285 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 301 – Estrato 01:**

En la Calicata C 301 – Estrato 01; los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de  $0.061 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.096 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.165 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.66^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0272 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 301 – Estrato 02:**

Finalmente, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en la Calicata C 301 – Estrato 02, fueron de  $0.061 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.093 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.160 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $34.39^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0285 \text{ Kg/cm}^2$

- **Zona 03:**

**Calicata C 101 – Estrato 01:**

Los valores de esfuerzo cortante son de  $0.066 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.098 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.170 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.80^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0309 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 101 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de  $0.044 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.076 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.135 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $32.19^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0149 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 201 – Estrato 01:**

A diferencia de la Calicata C 101, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de  $0.059 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.098 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.162 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.37^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0273 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 201 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de  $0.064 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.098 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.155 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $32.03^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0358 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 301 – Estrato 01:**

En la Calicata C 301 – Estrato 01; los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de  $0.061 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.096 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.165 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.66^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0272 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 301 – Estrato 02:**

Finalmente, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en la Calicata C 301 – Estrato 02, fueron de  $0.057 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.086 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.147 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $32.50^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0260 \text{ Kg/cm}^2$



### 7.3.2 Capacidad Portante del Suelo:

Los valores de la capacidad portante del suelo se visualizan en el Capítulo 6 – inciso 6.3.3 y 6.3.4.

A continuación, una breve explicación para estos resultados.

Al mismo tiempo es importante detallar que los resultados de capacidad portante se obtuvieron basándose en la Fórmula de Terzaghi, teniendo como contexto una cimentación corrida que falla por local corte, lo que implicó utilizar la Ecuación N° 14. Esta fórmula no se utilizó de igual manera para ambos casos; pues cuando el suelo no presenta Nivel Freático, la fórmula no sufre modificación alguna; por el contrario, si el suelo presentase Nivel Freático, esta sufre una ligera variación en uno de sus factores.

#### Capacidad Portante del Suelo sin Influencia del Nivel Freático:

Para lograr determinar la capacidad admisible en este contexto, tal y como se mencionó con anterioridad, sólo fue necesario utilizar la Ecuación N° 14; la cual brindó los siguientes resultados.

Los desplantes que se tomaron en cuenta para el cálculo de la capacidad admisible en cada una de las Zonas de estudio fueron 2.00 m.

- **Zona 01:**

El análisis de la capacidad admisible en los cimientos de la Zona 01 (Calicata C 101 – C 201 – C 301), se realizó teniendo en cuenta un desplante de terreno de 2.00 m.

Los valores de capacidad portante obtenidos en la Zona 01, son de 1.09 Kg/cm<sup>2</sup>, 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> y 1.11 Kg/cm<sup>2</sup>; tanto para las Calicatas C 101 – C 201 y C 301, respectivamente.

- **Zona 02:**

La capacidad admisible en los cimientos corridos de la Zona 02 (Calicata C 101 – C 201 – C 301), al igual que en la Zona 01, se basó teniendo en cuenta un desplante de 2.00 m.

Los valores de capacidad portante obtenidos en la Zona 02, fueron de 0.99 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.96 Kg/cm<sup>2</sup> y 1.05 Kg/cm<sup>2</sup>; tanto para las Calicatas C 101 – C 201 y C 301, respectivamente.

- **Zona 03:**

La capacidad admisible en los cimientos corridos de la Zona 03 (Calicata C 101 – C 201 – C 301), al igual que en la Zona 01 y 02, se basó teniendo en cuenta un desplante de 2.00 m.

Los valores de capacidad portante, que se obtuvieron en la Zona 03, fueron de 0.90 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.90 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.90 Kg/cm<sup>2</sup>; tanto para las Calicatas C 101 – C 201 y C 301, respectivamente.

Aunque ninguna de las Zonas se ve influenciada por Nivel Freático y el nivel de desplante es el mismo, es necesario explicar por qué la variación en dichos resultados.

Estos resultados oscilan desde 0.90 Kg/cm<sup>2</sup> – 1.11 Kg/cm<sup>2</sup>, debido al peso específico del suelo.

### **Capacidad Portante del Suelo con Influencia del Nivel Freático:**

Igual que en el caso anterior, la capacidad portante de se determinó por la fórmula de Terzaghi, haciendo una modificación en el factor " $q$ " de la Ecuación N° 14.

Esta modificación se basa en que el factor  $q = \gamma D_f$ , adopta un valor equivalente a " $q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$ ", donde:

$$D_1 = \text{nivel freático (m.)}$$

$$D_2 = \text{nivel de fondo de cimentación – nivel freático (m.)}$$

- **Zona 01:**

La Zona 01, con un nivel freático de 1.60 m., adopta los siguientes valores en cuanto a capacidad admisible de cimientos corridos: 0.97 Kg/cm<sup>2</sup> – 0.89 Kg/cm<sup>2</sup> – 0.98 Kg/cm<sup>2</sup>; tanto para las Calicatas C 101 – C 201 – C 301, respectivamente.

- **Zona 02:**

A diferencia de la Zona 01; la Zona 02 cuenta con un nivel freático de 1.50 m., y adopta los siguientes valores en cuanto a capacidad admisible de cimientos corridos: 0.87 Kg/cm<sup>2</sup> – 0.83 Kg/cm<sup>2</sup> – 0.91 Kg/cm<sup>2</sup>; tanto para las Calicatas C 101 – C 201 – C 301, respectivamente.

- **Zona 03:**

Finalmente, la Zona 03, con un nivel freático de 1.20 m., adopta los siguientes valores en cuanto a capacidad admisible de cimientos corridos: 0.74 Kg/cm<sup>2</sup> – 0.79 Kg/cm<sup>2</sup> – 0.78 Kg/cm<sup>2</sup>; tanto para las Calicatas C 101 – C 201 – C 301, respectivamente.

Como se observa, los valores de capacidad portante varían de acuerdo al nivel freático. Mientras el nivel freático se encuentre más cercano a la superficie del terreno a excavar, menor será la capacidad admisible del suelo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación ejecutada; la cual implica: ubicación e identificación de la zona de estudio, excavación de calicatas, extracción de muestras, ensayos de laboratorio (físicos, químicos y mecánicos), cálculo, obtención y análisis de resultados; se logró explicar, determinar y concluir que:

- ✓ La zona de estudio en la presente tesis de investigación se ubicada en el Sector El Cortijo Bajo – Norte, Distrito de Víctor Larco Herrera; la cual se encuentra entre los Puntos P01 y P02, con Coordenadas UTM, 91000906.250E – 714375.000N y 91000828.125N – 714562.500N, respectivamente. Así mismo; la superficie y el perímetro del Sector El Cortijo Bajo - Norte, son de 163 211.91 m<sup>2</sup> y 45 678.19 m., respectivamente.  
Finalmente; los resultados de la presente tesis sólo son válidos para las zonas estudiadas, dentro de la Zona Central del Sector El Cortijo Bajo - Norte; en este caso la Zona 01, Zona 02 y Zona 03
- ✓ EL nivel freático identificado en las zonas de estudio del Sector El Cortijo Bajo - Norte, es diferente en cada una de ellas; obteniendo así un nivel freático (NAF) de 1.60 m., 1.50 m. y 1.20 m.; para las Zonas 01 - 02 - 03, respectivamente.
- ✓ De acuerdo a la posición del nivel freático que existe en cada zona de estudiada, ésta influye de una manera perjudicial en los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, disminuyendo la capacidad portante de dicho suelo; la cual se corrobora a continuación:

### **Capacidad Portante Sin influencia de Nivel Freático:**

#### **Zona 01 – sin NAF:**

La capacidad portante tiene un valor máximo de 1.11 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mínima tiene un valor de 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **Zona 02 – sin NAF:**

La capacidad portante tiene un valor máximo de 1.05 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mínima tiene un valor de 0.96 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **Zona 03 – sin NAF:**

La capacidad portante tiene un valor máximo de 0.95 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mínima tiene un valor de 0.90 Kg/cm<sup>2</sup>

### **Capacidad Portante con influencia de Nivel Freático:**

#### **Zona 01 – NAF 1.60 m.:**

La capacidad portante tiene un valor máximo de 0.98 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mínima tiene un valor de 0.89 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **Zona 02 – NAF 1.50 m.:**

La capacidad portante tiene un valor máximo de 0.91 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mínima tiene un valor de 0.83 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **Zona 03 – NAF 1.20 m.:**

La capacidad portante tiene un valor máximo de 0.79 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mínima tiene un valor de 0.74 Kg/cm<sup>2</sup>

- ✓ Dicha investigación es aplicable sólo al diseño de cimentaciones superficiales; pues la relación de profundidad / ancho ( $D_f / B$ ) es menor o igual a 5; siendo  $D_f$  la profundidad de la cimentación y B el ancho de la misma.  
Este criterio se encuentra en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) – Norma E.050: Suelos y Cimentaciones. - Capítulo 4 – Art. 18
- ✓ La caracterización de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera; se basó en la delimitación de tres (03) zonas de estudios y en los ensayos de contenido de humedad, peso específico y clasificación SUCS:

#### **Zona 01:**

El contenido de humedad (%w) tiene un valor no mayor a 31.98%, mientras que el peso específico de esta zona es de 2.60 gr/cm<sup>3</sup>.

Así mismo, de acuerdo a la clasificación SUCS, la clase de suelo que predomina en esta zona son arenas SP (arenas mal graduadas, con un poco de gravas y finos).

#### **Zona 02:**

El contenido de humedad (%w) tiene un valor no mayor a 31.53%, mientras que el peso específico de esta zona es de 2.51 gr/cm<sup>3</sup>.

Al igual que en la zona 01, la clase de suelo que predomina en esta zona son arenas SP (arenas mal graduadas, con un poco de gravas y finos).

#### **Zona 03:**

El contenido de humedad (%w) tiene un valor no mayor a 40.90%, mientras que el peso específico de esta zona es de 2.56 gr/cm<sup>3</sup>.

Con respecto a la clasificación SUCS, la clase de suelo que predomina en esta zona, también son arenas mal graduadas con poco o nada de gravas y finos, en otras palabras, arenas SP.

- ✓ De acuerdo a los ensayos químicos ejecutados, se puede afirmar que:

**Zona 01:**

La proporcionalidad de hidrógeno (pH) es adecuada, pues se obtuvo un valor de 10.09 (mayor que 4.00).

Los contenidos de sulfatos, cloruros y sales solubles son 475.00 p.p.m., 760.00 p.p.m. y 1568.00 p.p.m., respectivamente.

**Zona 02:**

La proporcionalidad de hidrógeno (pH) es adecuada, pues se obtuvo un valor de 8.82 (mayor que 4.00). Mientras que, los contenidos de sulfatos, cloruros y sales solubles son 725.00 p.p.m., 638.00 p.p.m. y 1325.00 p.p.m., respectivamente.

**Zona 03:**

La proporcionalidad de hidrógeno (pH) es adecuada, pues se obtuvo un valor de 7.08 (mayor que 4.00).

Los contenidos de sulfatos, cloruros y sales solubles son 483.00 p.p.m., 697.00 p.p.m. y 989.00 p.p.m., respectivamente.

Teniendo en cuenta estos datos, se concluye que el pH de los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera; es adecuado, ya que su valor oscila entre un pH neutro – básico.

En cuanto al contenido de sulfatos, la agresividad que éstos ejercen en los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, es leve.

Finalmente, el contenido de cloruros y sales solubles en los suelos del Sector El Cortijo Bajo – Norte, Distrito de Víctor Larco Herrera; presenta un grado de agresividad no perjudicial.

- ✓ De acuerdo al Ensayo de Corte Directo, los esfuerzos normales a los que están sometidas cada una de las muestras son de 0.048 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.095 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.192 Kg/cm<sup>2</sup>. Mientras que los esfuerzos cortantes, varían de acuerdo a la Zona de estudio y a la muestra de calicata ensayada, puesto que éstas son sometidas a diversas cargas:

**Zona 01:**

**Calicata C 101 – Estrato 01:**

Los valores de esfuerzo cortante son de 0.074 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.103 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.170 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 33.82°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0407 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 101 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de 0.079 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.113 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.174 kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 33.52°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0481 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 201 – Estrato 01:**

A diferencia de la Calicata C 101, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de 0.064 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.101 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.162 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 34.10°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0334 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 201 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de 0.071 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.103 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.165 kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 32.94°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0407 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 301 – Estrato 01:**

En la Calicata C 301 – Estrato 01; los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de 0.064 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.101 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.167 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 35.51°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0309 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 301 – Estrato 02:**

Finalmente, los valores de esfuerzo cortante obtenidos en la Calicata C 301 – Estrato 02, fueron de 0.066 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.108 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.167 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $34.52^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0371 \text{ Kg/cm}^2$

#### **Zona 02:**

##### **Calicata C 101 – Estrato 01:**

Los valores de esfuerzo cortante son de  $0.069 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.098 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.170 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.24^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0334 \text{ Kg/cm}^2$

##### **Calicata C 101 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de  $0.059 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.098 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.155 \text{ kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $33.22^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0309 \text{ Kg/cm}^2$

##### **Calicata C 201 – Estrato 01:**

A diferencia de la Calicata C 101, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de  $0.061 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.093 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.162 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.10^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0272 \text{ Kg/cm}^2$

##### **Calicata C 201 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de  $0.054 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.101 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.152 \text{ kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $33.80^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0285 \text{ Kg/cm}^2$

##### **Calicata C 301 – Estrato 01:**

En la Calicata C 301 – Estrato 01; los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de  $0.061 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.096 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.165 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.66^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0272 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 301 – Estrato 02:**

Finalmente, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en la Calicata C 301 – Estrato 02, fueron de 0.061 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.093 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.160 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 34.39°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0285 Kg/cm<sup>2</sup>

**Zona 03:**

**Calicata C 101 – Estrato 01:**

Los valores de esfuerzo cortante son de 0.066 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.098 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.170 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 35.80°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0309 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 101 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de 0.044 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.076 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.135 kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 32.19°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0149 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 201 – Estrato 01:**

A diferencia de la Calicata C 101, los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de 0.059 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.098 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.162 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 35.37°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0273 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 201 – Estrato 02:**

Los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron fueron de 0.064 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.098 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.155 kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de 32.03°, mientras que la cohesión del suelo es de 0.0358 Kg/cm<sup>2</sup>

**Calicata C 301 – Estrato 01:**

En la Calicata C 301 – Estrato 01; los valores de esfuerzo cortante que se obtuvieron en esta calicata fueron de 0.061 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.096 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.165 Kg/cm<sup>2</sup>; para cargas de 1.56 Kg-f., 3.10 Kg-f. y 6.24 Kg-f., respectivamente.



El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $35.66^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0272 \text{ Kg/cm}^2$

**Calicata C 301 – Estrato 02:**

Finalmente, los valores de esfuerzo cortante que obtenidos en la Calicata C 301 – Estrato 02, fueron de  $0.057 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $0.086 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.147 \text{ Kg/cm}^2$ ; para cargas de  $1.56 \text{ Kg-f.}$ ,  $3.10 \text{ Kg-f.}$  y  $6.24 \text{ Kg-f.}$ , respectivamente.

El ángulo de fricción en dicho contexto adopta un valor de  $32.50^\circ$ , mientras que la cohesión del suelo es de  $0.0260 \text{ Kg/cm}^2$

## RECOMENDACIONES

Tomando como punto de partida y referencia la presente tesis; y con el único fin de aportar más al conocimiento geotécnico dentro de la ingeniería civil, se recomienda a estudiantes, bachilleres y futuros tesisistas y profesionales de la carrera; lo siguiente:

- ✓ Realizar un diseño de cimentaciones para cada zona de estudio, de tal manera que se logre determinar qué zona es la más adecuada y óptima para la construcción de viviendas.
- ✓ Construir viviendas y/o edificaciones no mayores a dos niveles, puesto que el material que se encuentra en el Sector del Cortijo Bajo – Norte, Distrito de Víctor Larco Herrera, no presenta las características adecuadas para un sistema estructural más amplio.
- ✓ Monitorear constantemente el nivel freático de la zona; ya que, por tratarse de suelos arenosos, estos tienden a hacer que el nivel freático aumente y al mismo tiempo ocasionar fenómenos, tales como la licuefacción de los suelos.
- ✓ Ejecutar Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) periódicamente en el Sector del Cortijo Bajo – Norte, Distrito de Víctor Larco Herrera; con la finalidad de obtener un control más correcto y preciso en todo el distrito.
- ✓ Idealizar e implementar un sistema de sifonaje en el Sector del Cortijo Bajo – Norte, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, de tal manera que el nivel freático tenga un canal de salida y éste no afecte a las cimentaciones existentes en la zona.
- ✓ Realizar un tratamiento de suelos, de tal modo que las propiedades físicas y mecánicas de los suelos del Sector El Cortijo Bajo - Norte, puedan mejorar y así obtener mejores resultados ante fenómenos físicos, químicos y mecánicos en las cimentaciones.
- ✓ Utilizar concreto impermeabilizante, con la finalidad de que las cimentaciones no se vean afectadas por el ascenso del nivel freático.

## REFERENCIAS

- (1) (Alva, 2011). *Estudio de Microzonificación Sísmica de Huaraz*. Pp. 12 – 13
- (2) (Carranza & Ponce, 2017). *Estudio de Zonificación Geotécnica en el Sector III del Centro Poblado El Milagro para el Diseño de Cimentaciones Superficiales*. Pp. 15 - 17
- (3) (Campos H., V. et all., 2009). *Evaluación preliminar del ascenso de los niveles freáticos en el área de Trujillo (Perú)*. Pp. 10 - 12
- (4) (Caselles, Pitarch & Caselles;2011) *Determinación del nivel freático del agua subterránea de una isla mediante imágenes del altímetro ASTER*. Pp. 02 – 04
- (5) (Cruz; 2007) *¿Qué sucede cuando colocamos esfuerzos en una masa de suelo?* [En línea] Recuperado el 20 de agosto de 2016, de [ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Clases%20actualizadas%20II-2007/Clase%2003\\_Fundaciones.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Clases%20actualizadas%20II-2007/Clase%2003_Fundaciones.pdf)
- (6) (Cruz; 2007) *Tipos de suelos desde el punto de vista de la mecánica de suelos*. [En línea] Recuperado el 25 de agosto de 2016, de [ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Clases%20actualizadas%20II-2007/Clase%2003\\_Fundaciones.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Clases%20actualizadas%20II-2007/Clase%2003_Fundaciones.pdf)
- (7) (Chong; 2010). *Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor La Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín – Perú*.
- (8) (Duque & Escobar;2010). *Geomecánica para ingenieros – Cap. I – Pp. 03 – 04* [En línea] Recuperado el 12 de enero 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/53252/85/introduccion.pdf>
- (9) (Duque & Escobar;2010). *Geomecánica para ingenieros – Cap. I – Pp. 09 – 10*. [En línea] Recuperado el 12 de enero 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/53252/85/introduccion.pdf>
- (10) (Fiestas; 2013). *Tres mil viviendas afectadas por nivel freático*. [En línea] Recuperado el 20 de abril de 2016, de <http://larepublica.pe/archivo/721037-tres-mil-viviendas-afectadas-por-nivel-freatico>.
- (11) (Luján; 2013). *Microzonificación de Sísmica de la Ciudad de Trujillo*. [En línea] Recuperado el 27 de noviembre de 2016, de

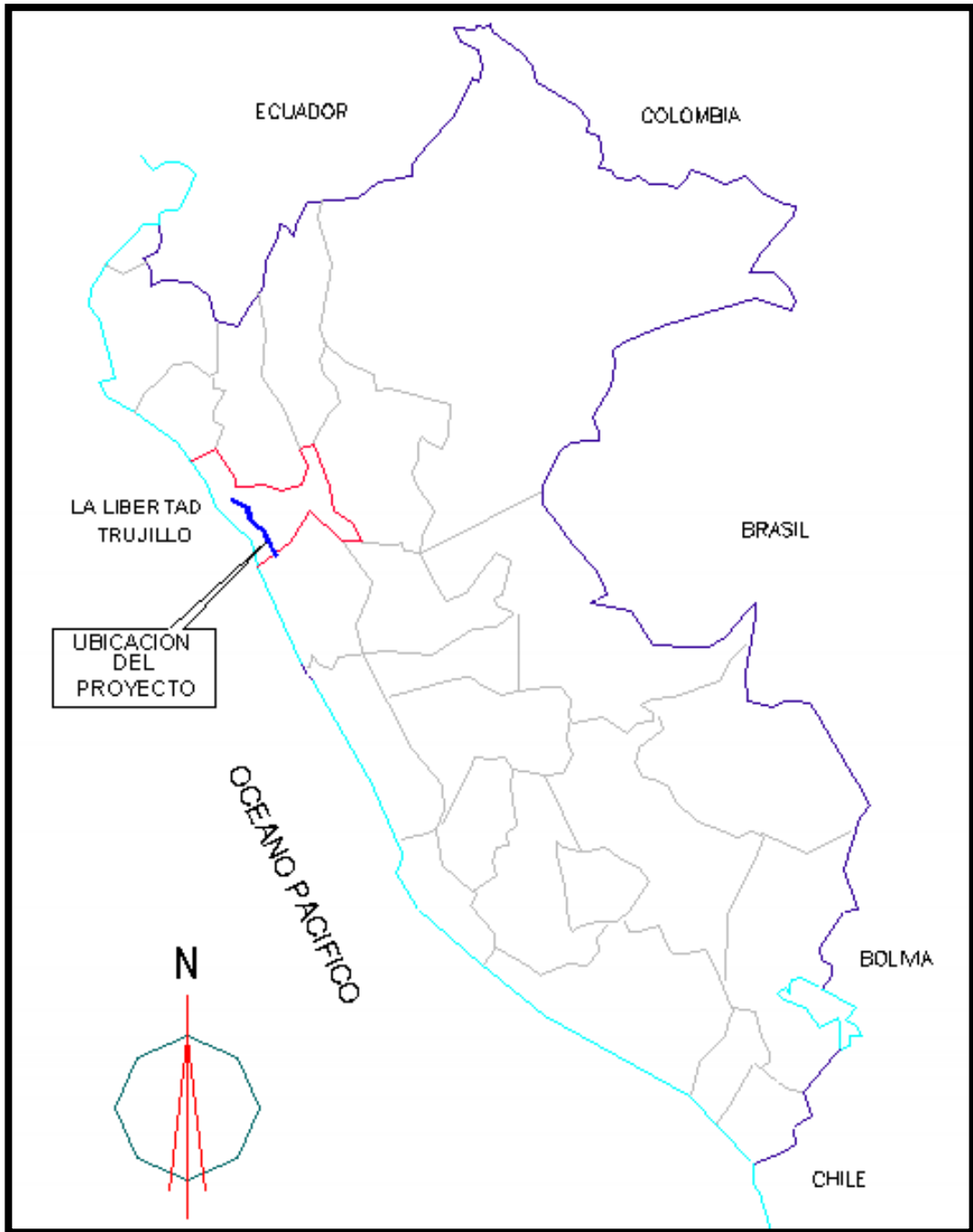
[https://es.scribd.com/presentation/182670642/Microzonificacion-Sismica-de-la-Ciudad-de-Trujillo.](https://es.scribd.com/presentation/182670642/Microzonificacion-Sismica-de-la-Ciudad-de-Trujillo)

- (12) Mecánica de Suelos Tomo I. *Ensayo de compresión simple*. [En línea] Recuperado el 10 de marzo 2017, de <https://mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com/ensayo-compresion-simple/>
- (13) (Mora;2000). *La Variación de la Posición del nivel freático y su influencia en la capacidad de carga de cimentaciones superficiales: Caso zapata corrida infinita en un suelo de origen volcánico*, Juan Viñas, Cartago, Costa Rica. Pp. 04 - 06
- (14) (Morales & Zavala; 2008). *Terremotos en el litoral central del Perú: ¿podría ser Lima el escenario de un futuro desastre?* [En línea] Recuperado el 14 de mayo de 2016, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342008000200011](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000200011)
- (15) (Rinaldi et al;2011). *Efecto del ascenso del nivel freático en los suelos loessicos colapsables*. Pp. 09
- (16) (Rodríguez; 2011). *Influencia de las propiedades del suelo en el diseño de cimentaciones*. [En línea] Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://larepublica.pe/archivo/721037-tres-mil-viviendas-afectadas-por-nivel-freatico>.
- (17) (Rumario; 2017). *El agua en el suelo*. [En línea] Recuperado el 02 de abril de 2017, de <https://es.scribd.com/presentation/343554700/PERMEABILIDAD-pptx>
- (18) (Sánchez; 2010). *Problemática de la Napa Freática en la Urbanización El Golf*. [En línea] Recuperado el 24 de noviembre de 2015, de <https://es.scribd.com/doc/31172866/ProblematICA-de-la-Napa-Freatica-en-la-Urbanizacion-El-Golf>.
- (19) (Silicani & Francile; 2009). *Relevamiento de la Napa Freática en el Departamento de San Martín*. Pp. 03 - 10
- (20) (Villacorta; 2014). *¿Nivel freático y nivel piezométrico?* [En línea] Recuperado el 18 de mayo de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/216010719/Nivel-freatico-y-nivel-piezometrico>

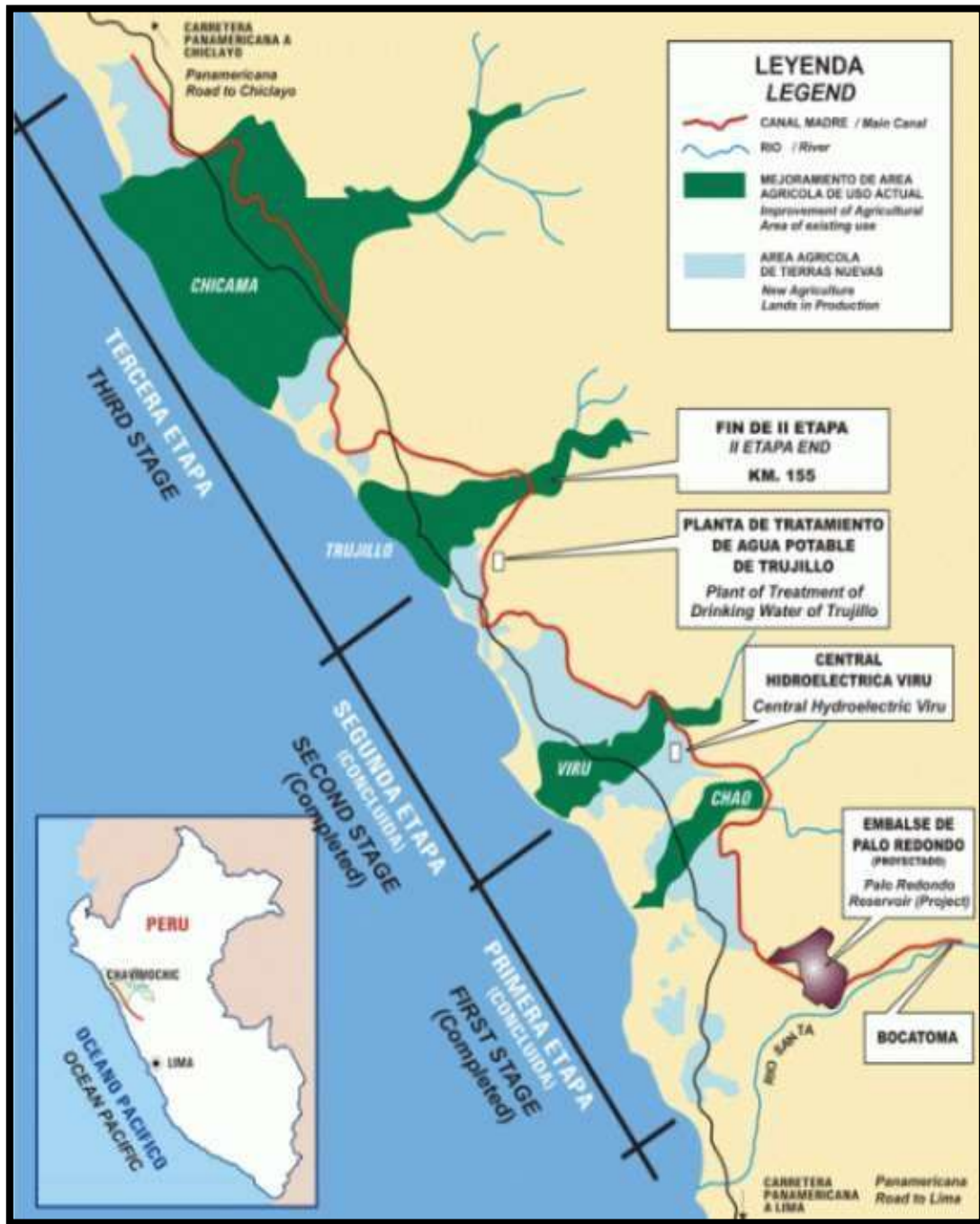
## ANEXO I: FIGURAS Y PLANOS



**Figura N° 01: Desmoronamiento de talud en suelo arenoso con baja cohesión.  
Fuente: Influencia de las propiedades del suelo en el diseño de cimentaciones -  
Rodríguez S. William**



**Figura N° 02: Ubicación del Proyecto CHAVIMOCHIC.  
Fuente: Proyecto Especial CHAVIMOCHIC – Vidal Soles.**



**Figura N° 03: Ubicación y área de influencia del Proyecto CHAVIMOCHIC**

**Fuente: Proyecto Especial CHAVIMOCHIC – Vidal Soles.**





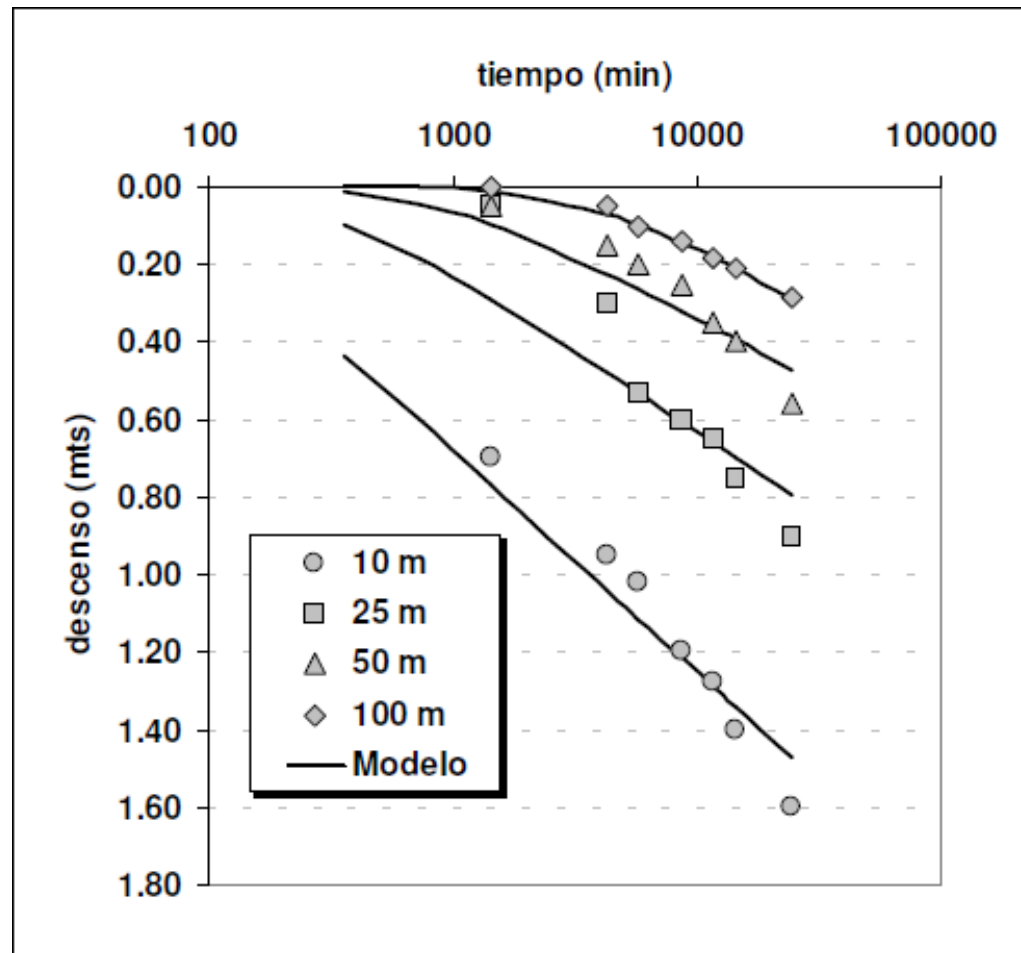
**Figura N° 04: Contaminación de Totorales en Huanchaco.**

**Fuente propia.**



**Figura N° 05: Vivienda afectada por el alto nivel freático.**

**Fuente propia**



**Figura N° 06: Resultados del ensayo de bombeo y ajuste del modelo empleado.**

Fuente: ResearchGate – URL: <https://www.researchgate.net/publication/276295037>

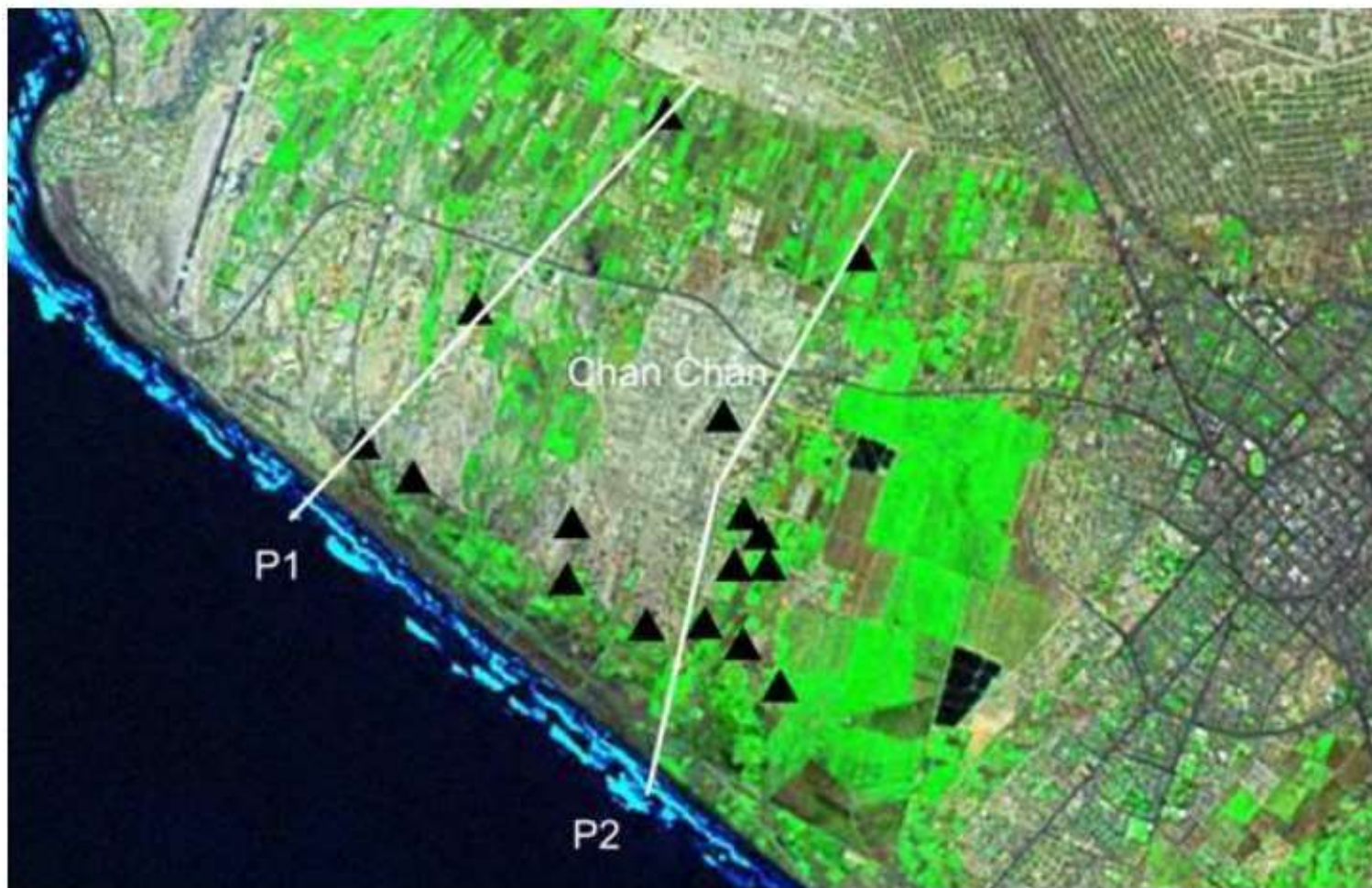


Figura N° 07: Ubicación de los perfiles P1 y P2 y de los pozos de monitoreo.

Fuente: Base Landsat GeoCover, courtesy of NASA

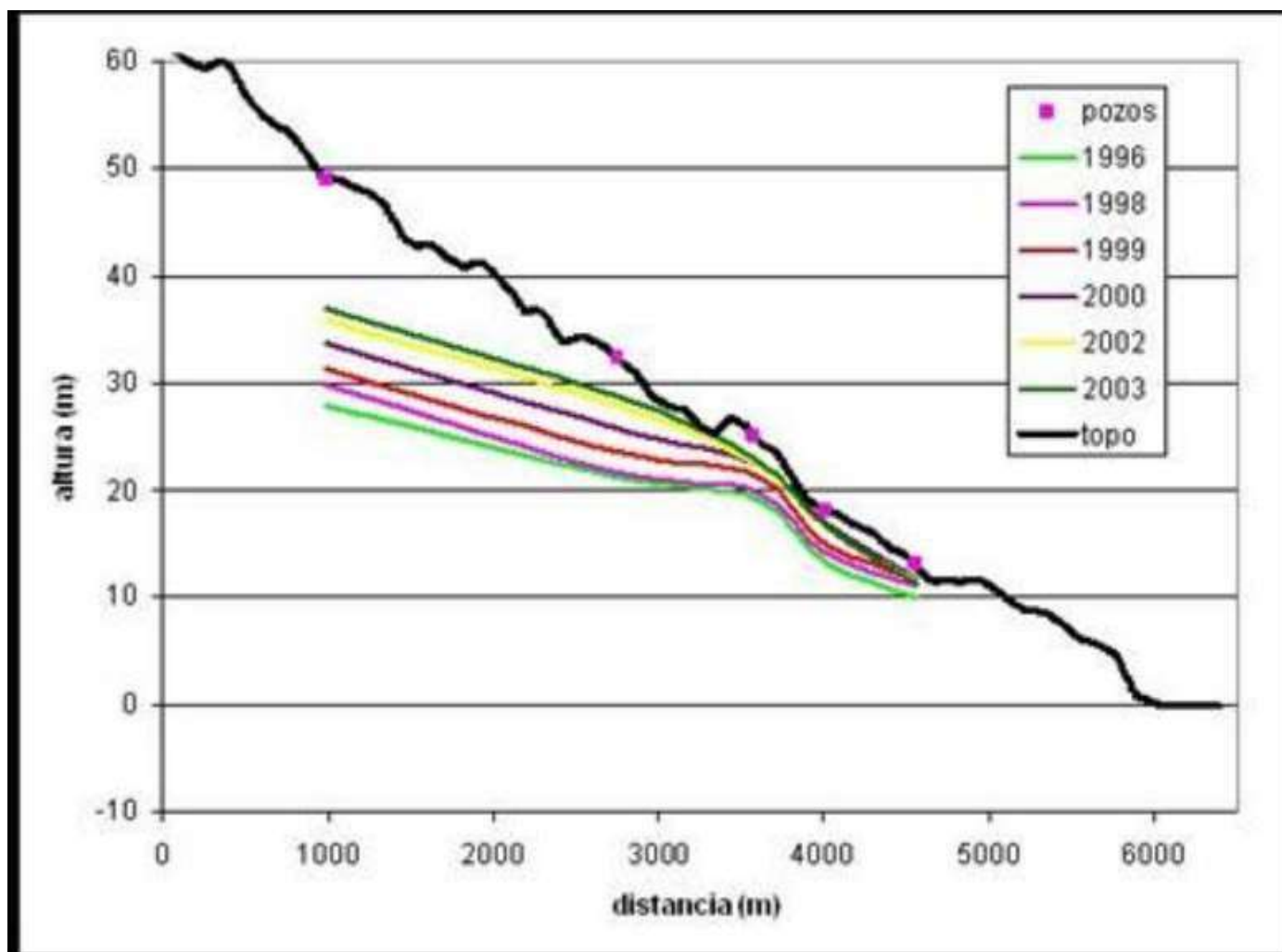
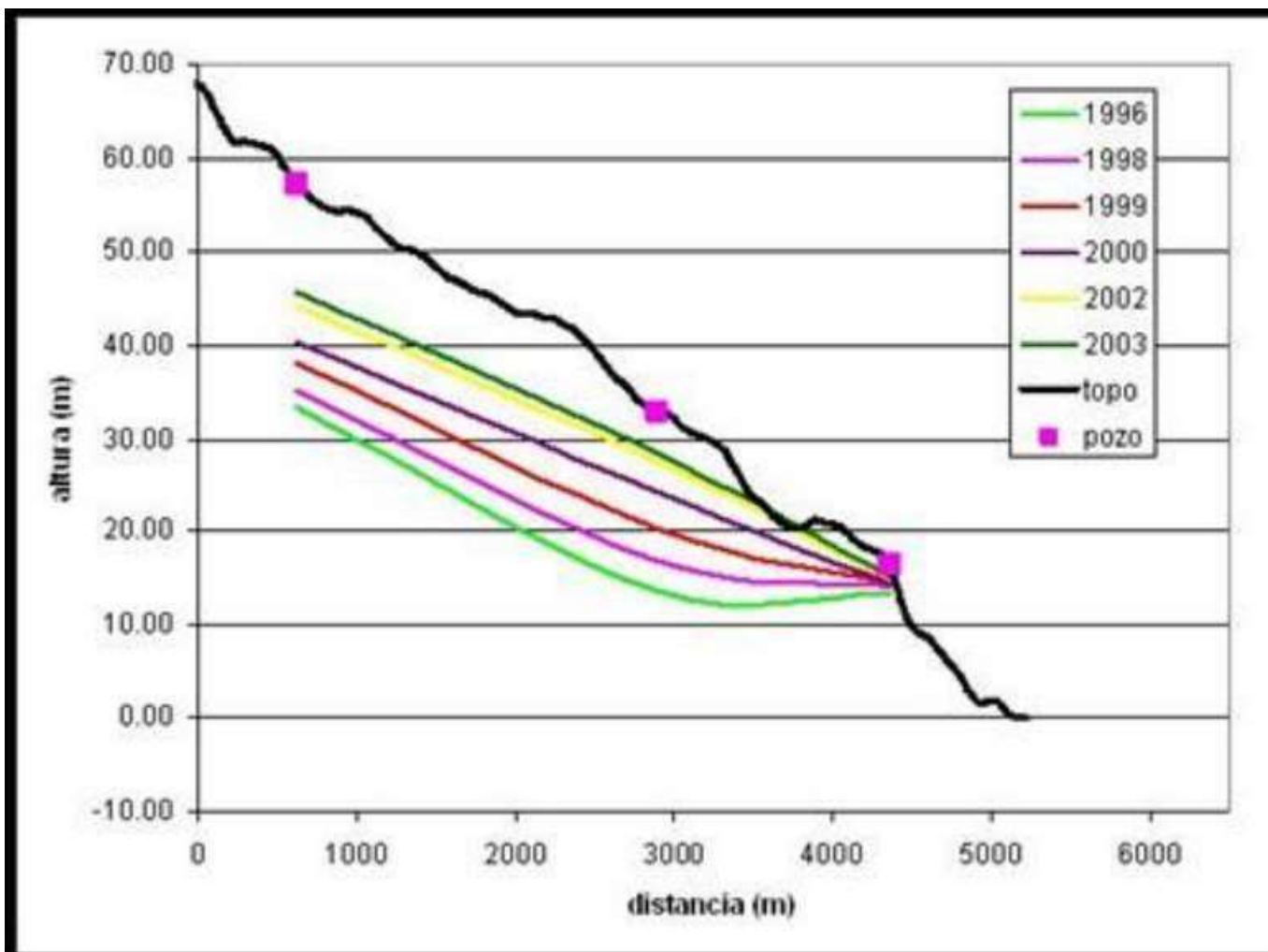


Figura N° 08: Variaciones de la profundidad del nivel freático (1996 - 2003) con respecto de la altura en el P1.

Fuente: I° Congreso Nacional del Agua – Lima, 2009



**Figura N° 09: Variaciones de la profundidad del nivel freático (1996 - 2003) con respecto de la altura en el P2.**

**Fuente: I° Congreso Nacional del Agua – Lima, 2009**

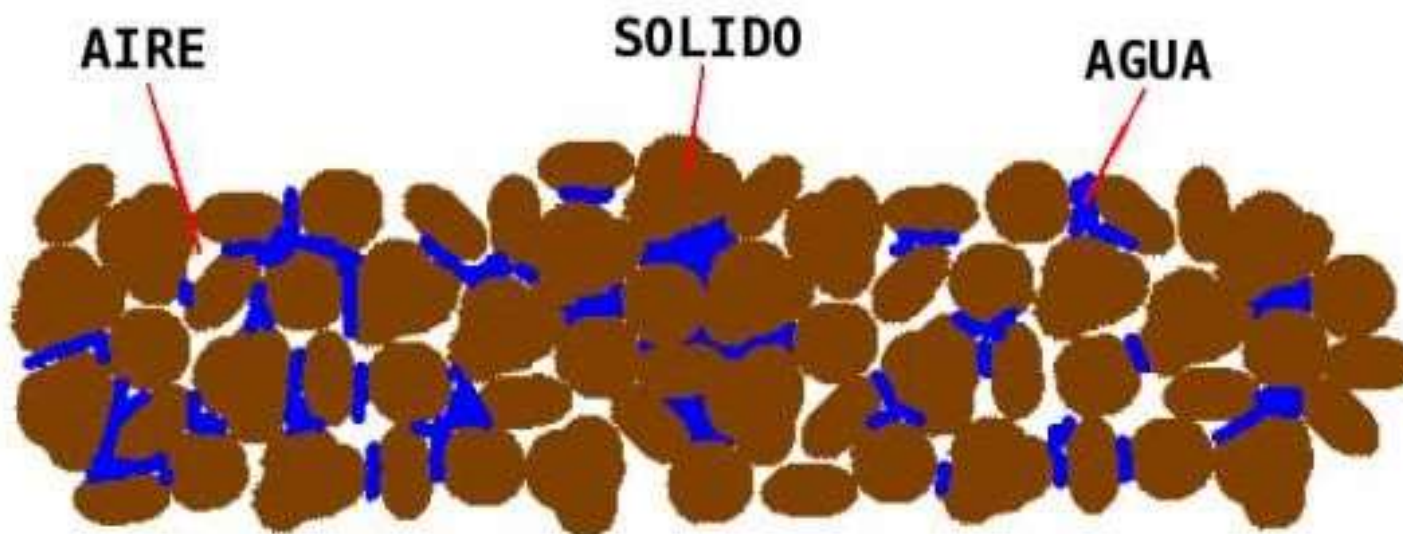


Figura N° 10: Fases del suelo – Sólido, líquido y gaseoso.

Fuente: D. Malagón H. Montenegro. – Propiedades físicas de los suelos.



**Figura N° 11: Plasticidad en los suelos.**

**Fuente Propia**



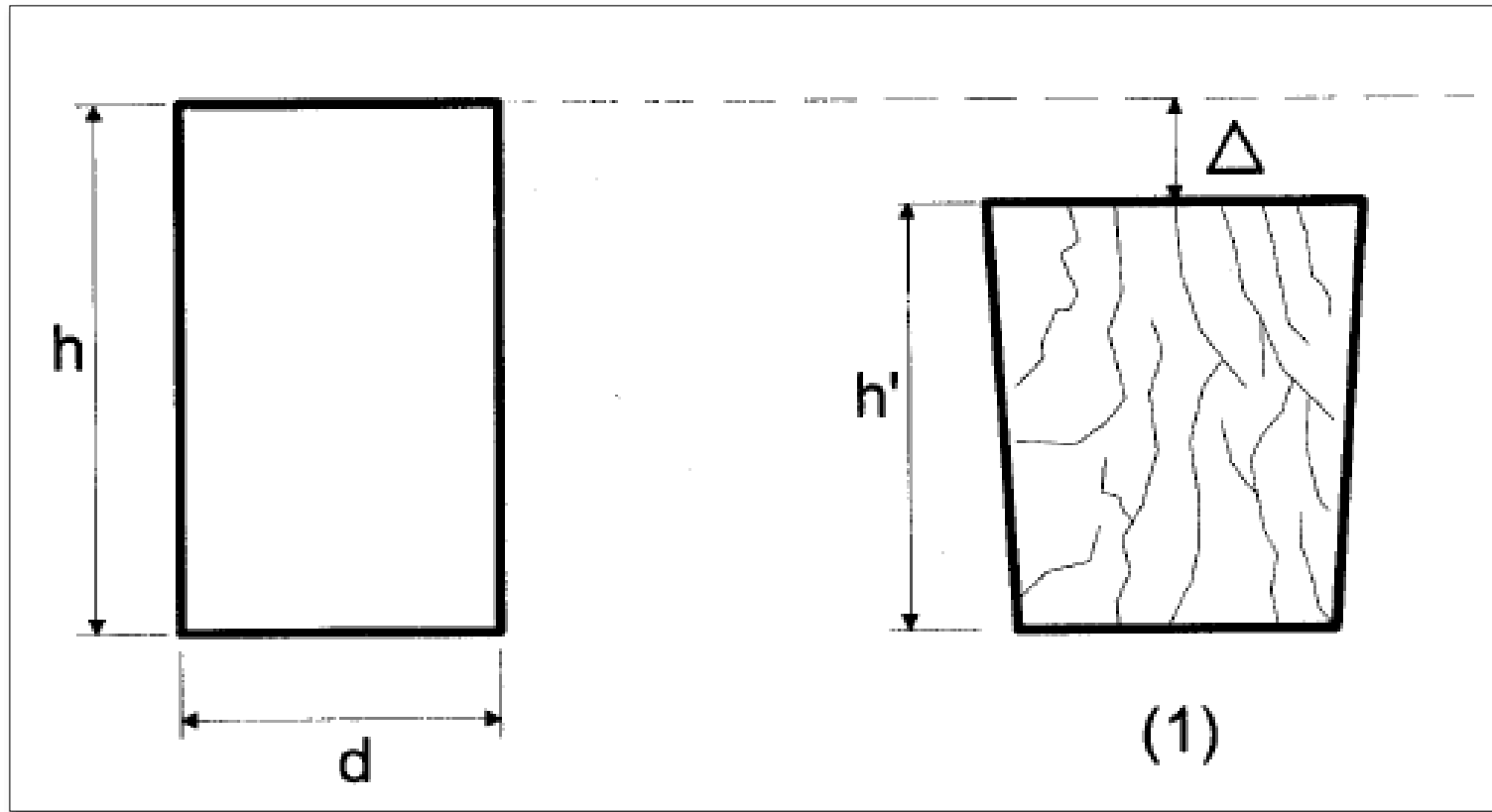


Figura N° 12: Disgregamiento de partículas.

Fuente: Crespo Villalaz, Carlo; Mecánica de Suelos y cimentaciones.

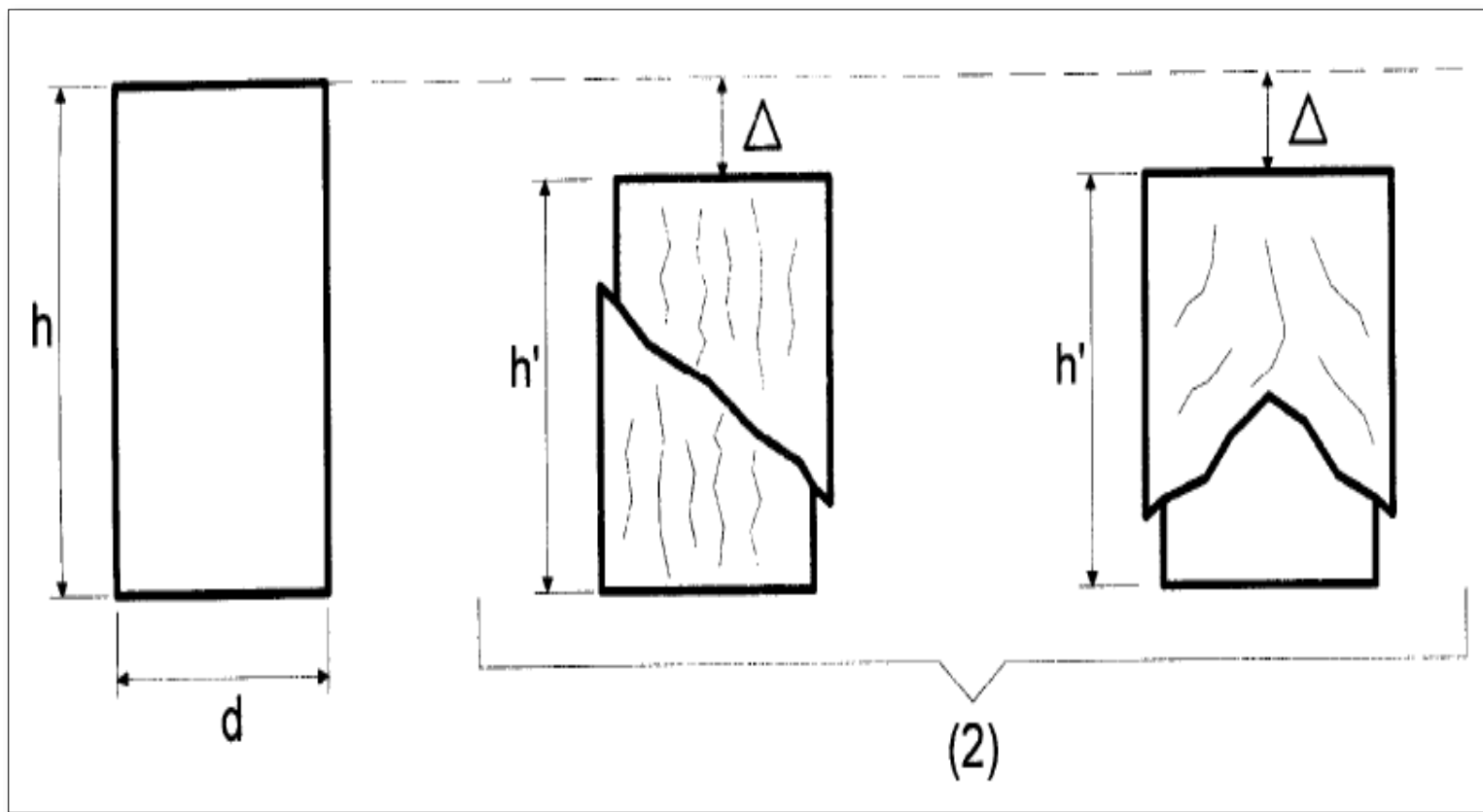


Figura N° 13: Corte en líneas de fractura.

Fuente: Crespo Villalaz, Carlos; Mecánica de Suelos y cimentaciones.

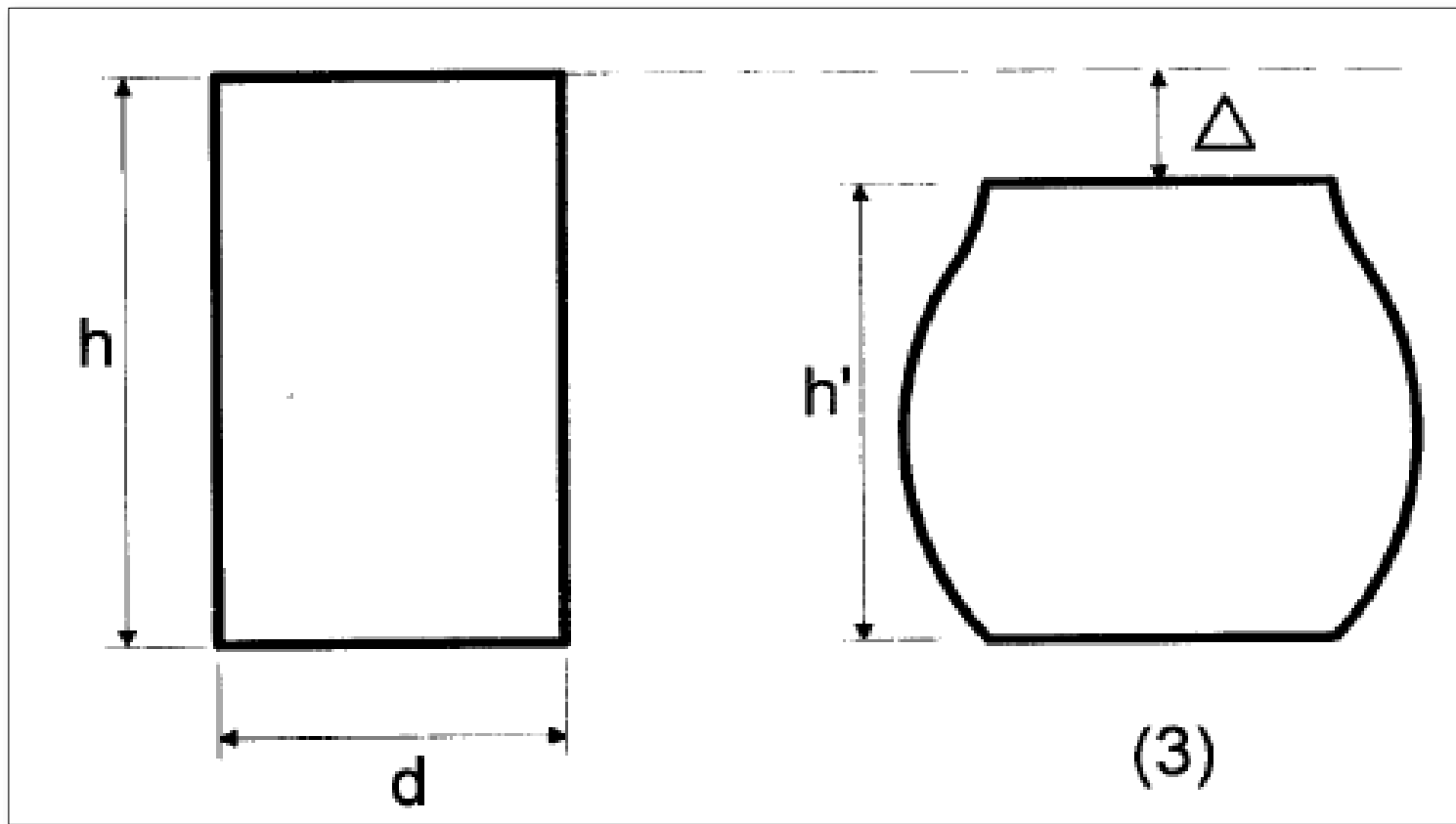


Figura N° 14: Fluencia Plástica.

Fuente: Crespo Villalaz, Carlos; Mecánica de Suelos y cimentaciones.

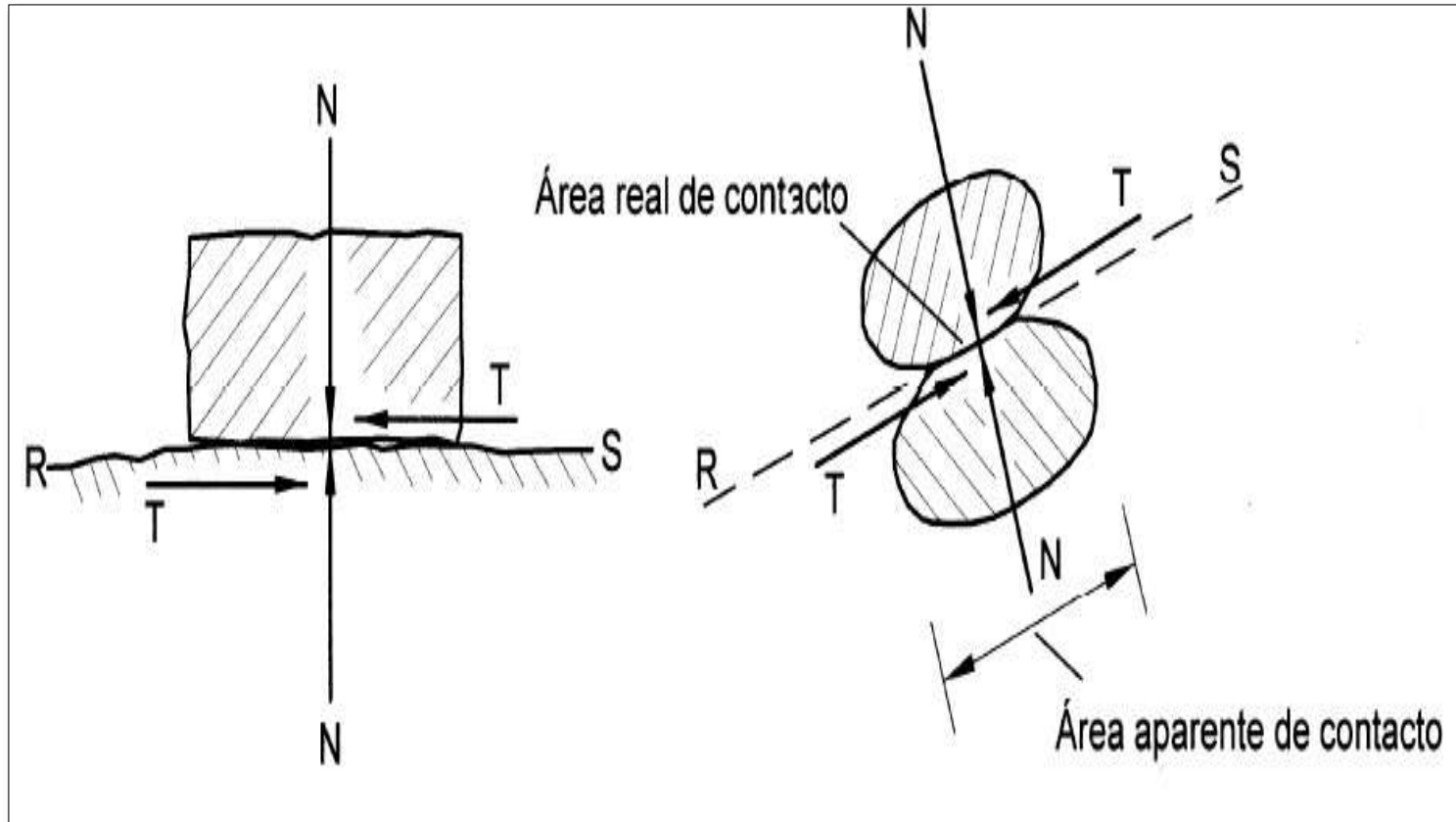


Figura N° 15: Modelo de fricción del suelo.

Fuente: Whitlow, Roy. Fundamentos de mecánica de suelos.

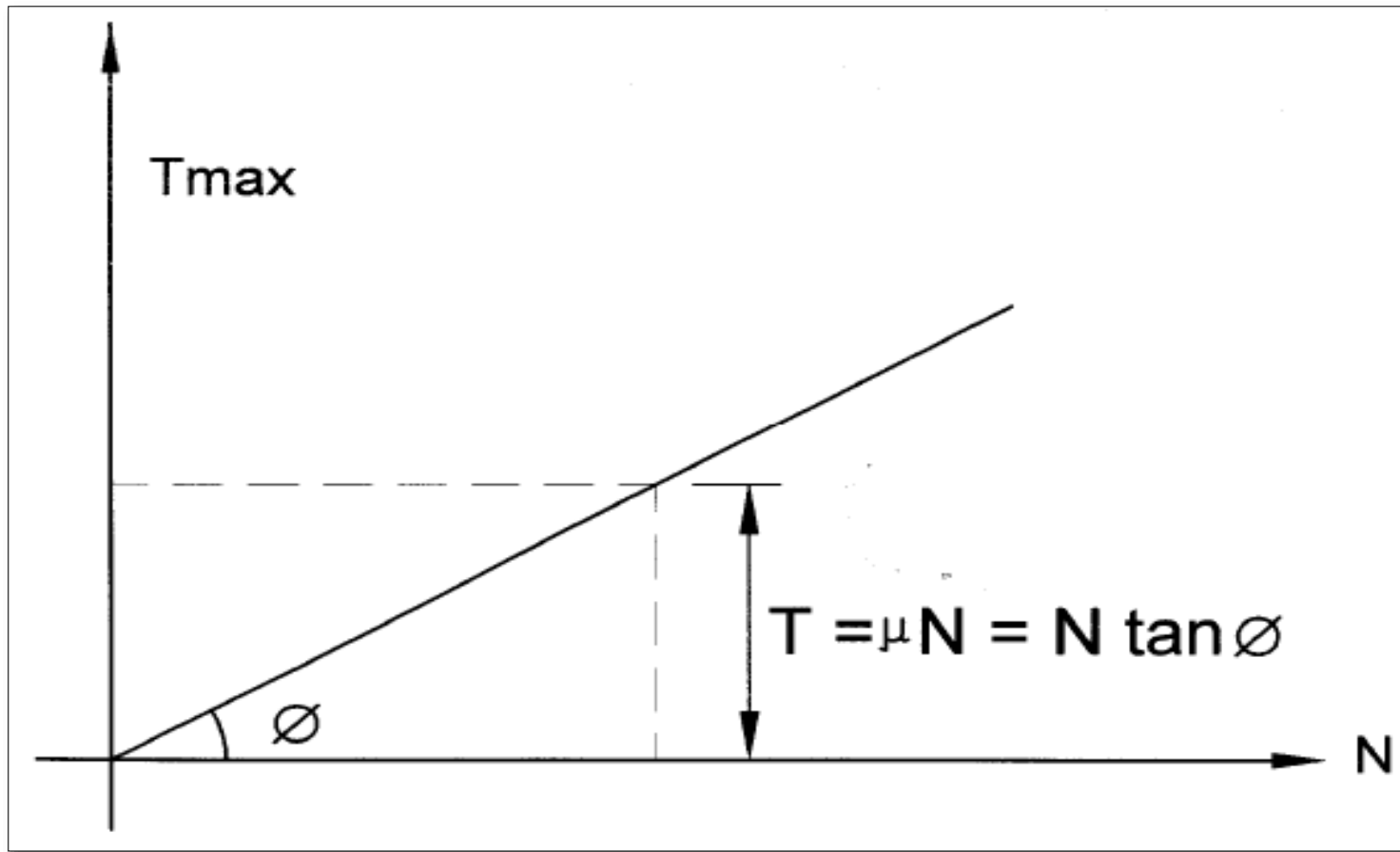


Figura N° 16: Ángulo de fricción interna.

Fuente: Whitlow, Roy. Fundamentos de mecánica de suelos.

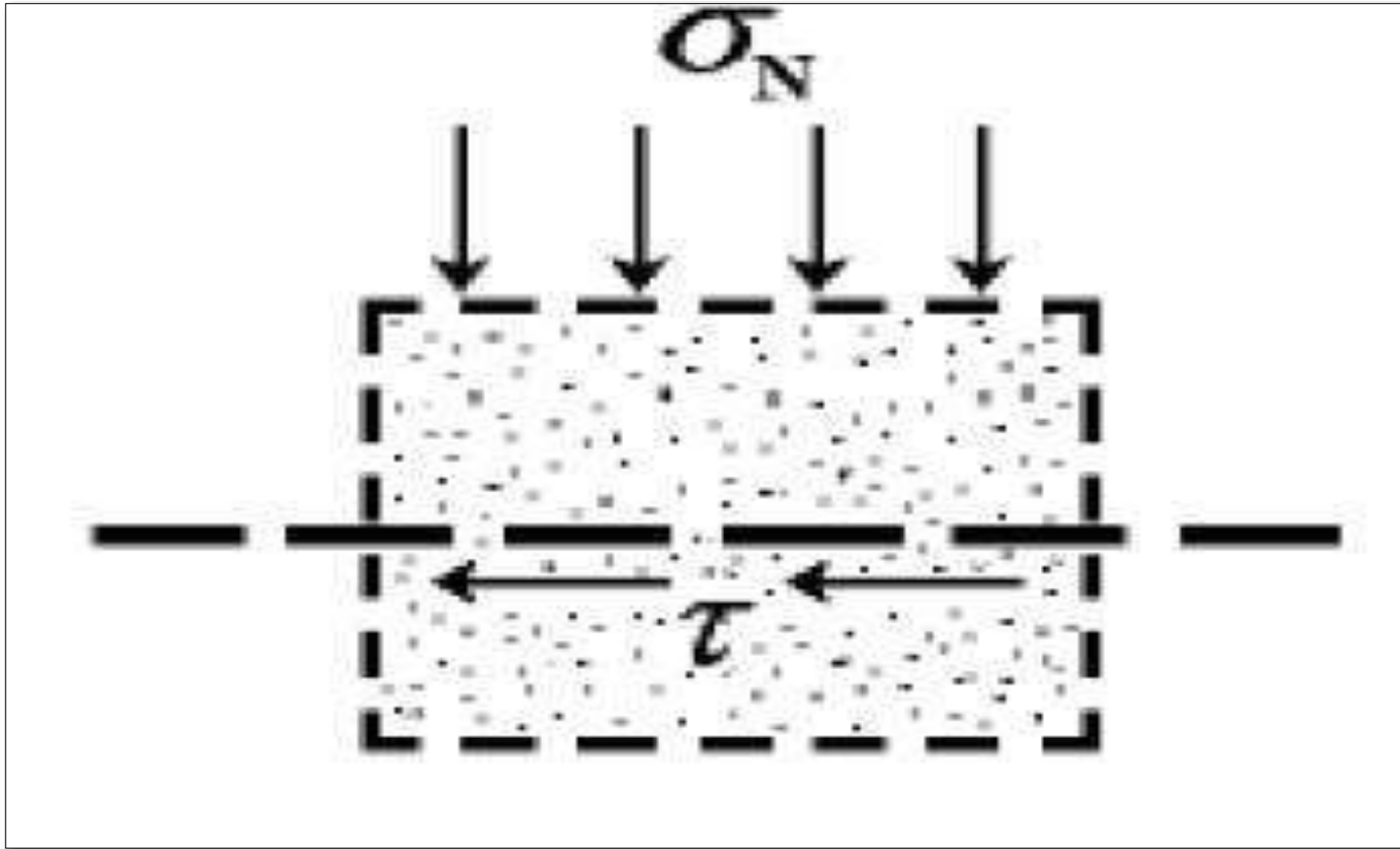


Figura N° 17: Esfuerzo Normal y de Corte

Fuente: Whitlow, Roy. Fundamentos de mecánica de suelos.

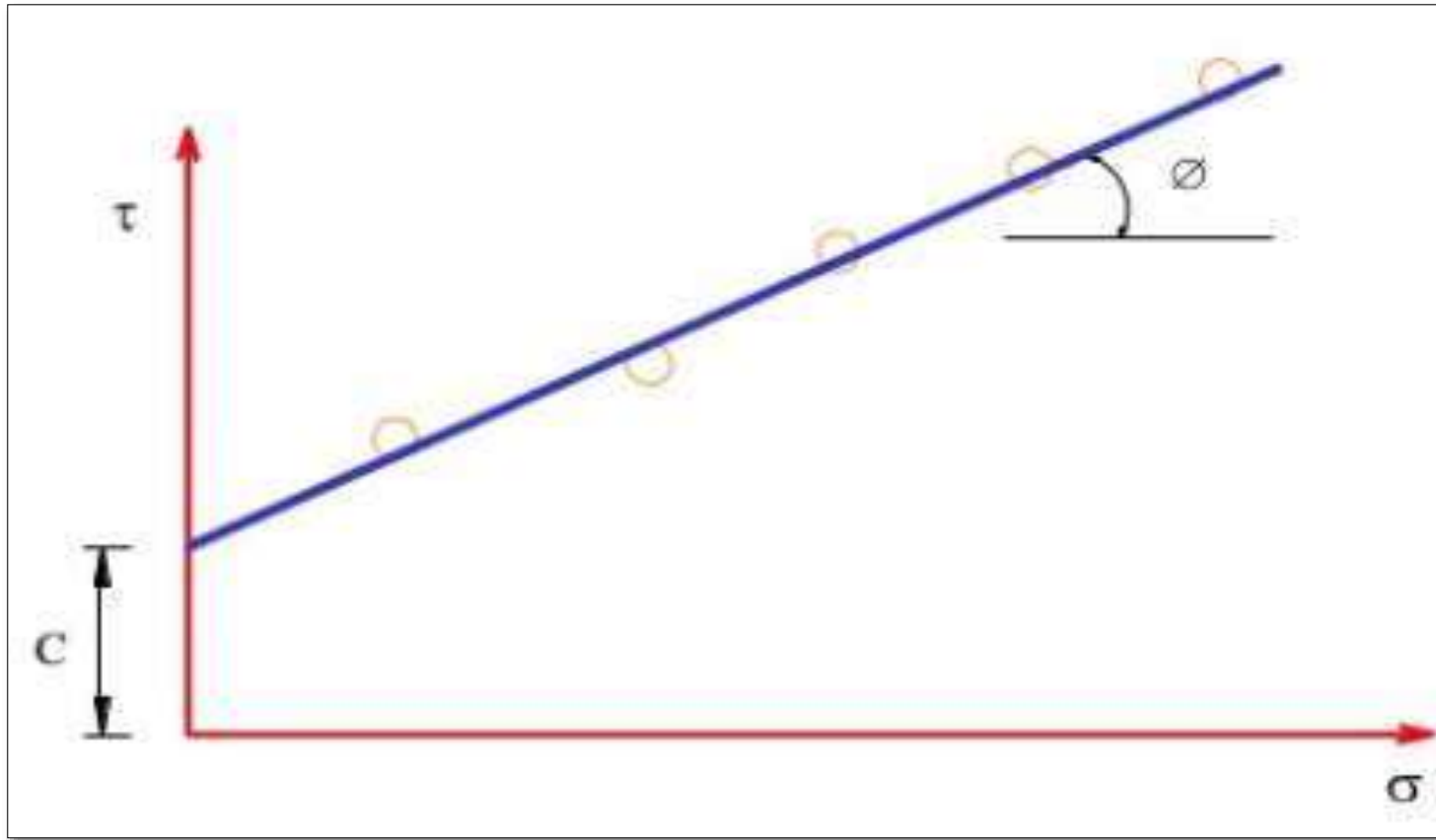


Figura N° 18: Cohesión en arenas húmedas.

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería – Dr. Jorge E. Alva Hurtado

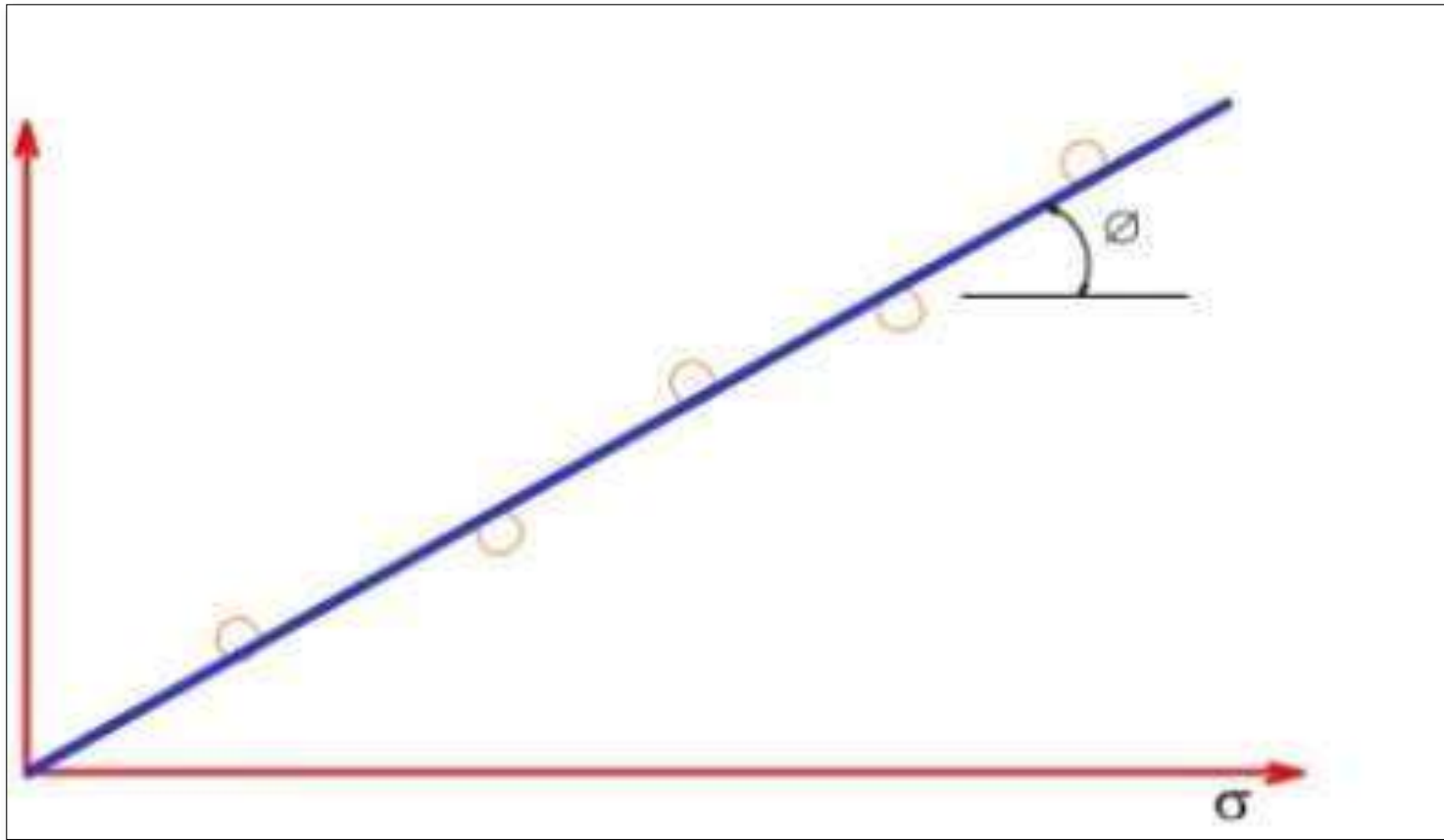


Figura N° 19: Cohesión en arenas secas.

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería – Dr. Jorge E. Alva Hurtado



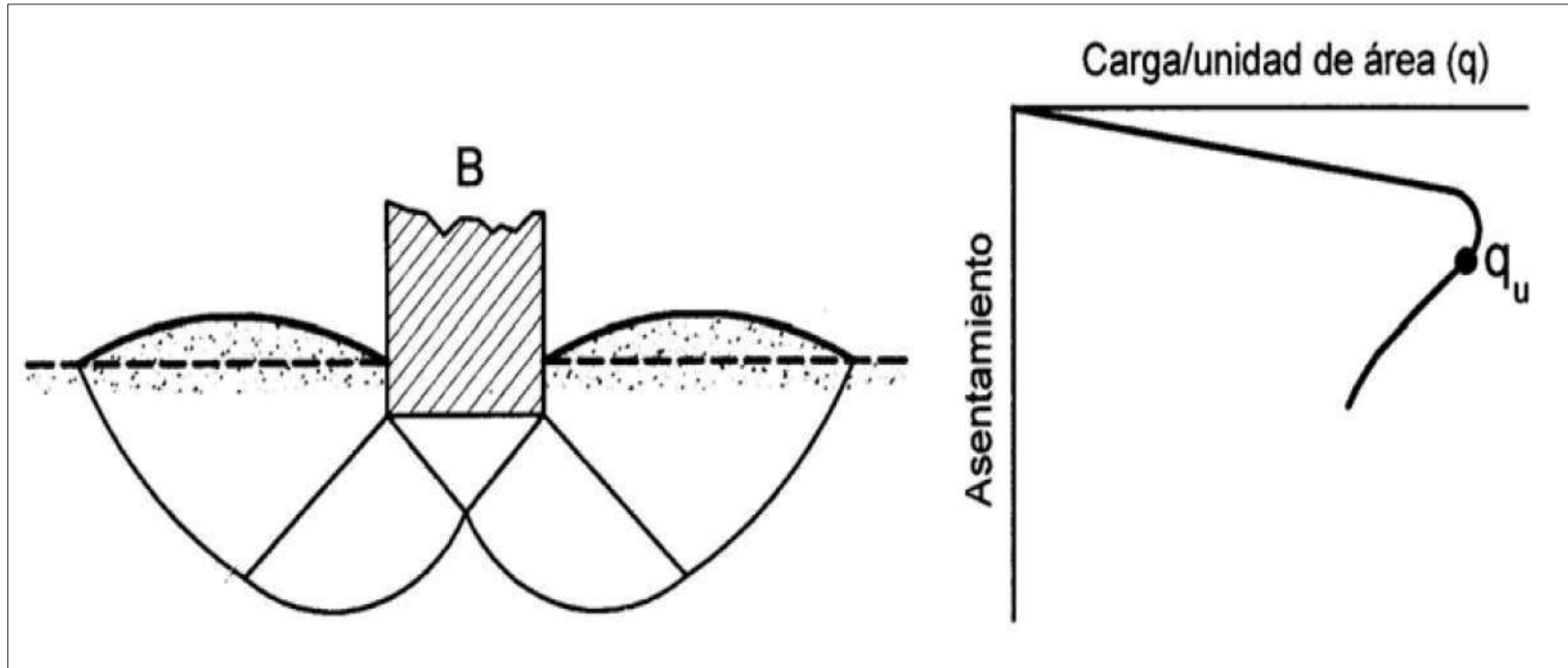


Figura N° 20: Falla por corte general.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (Braja Das)

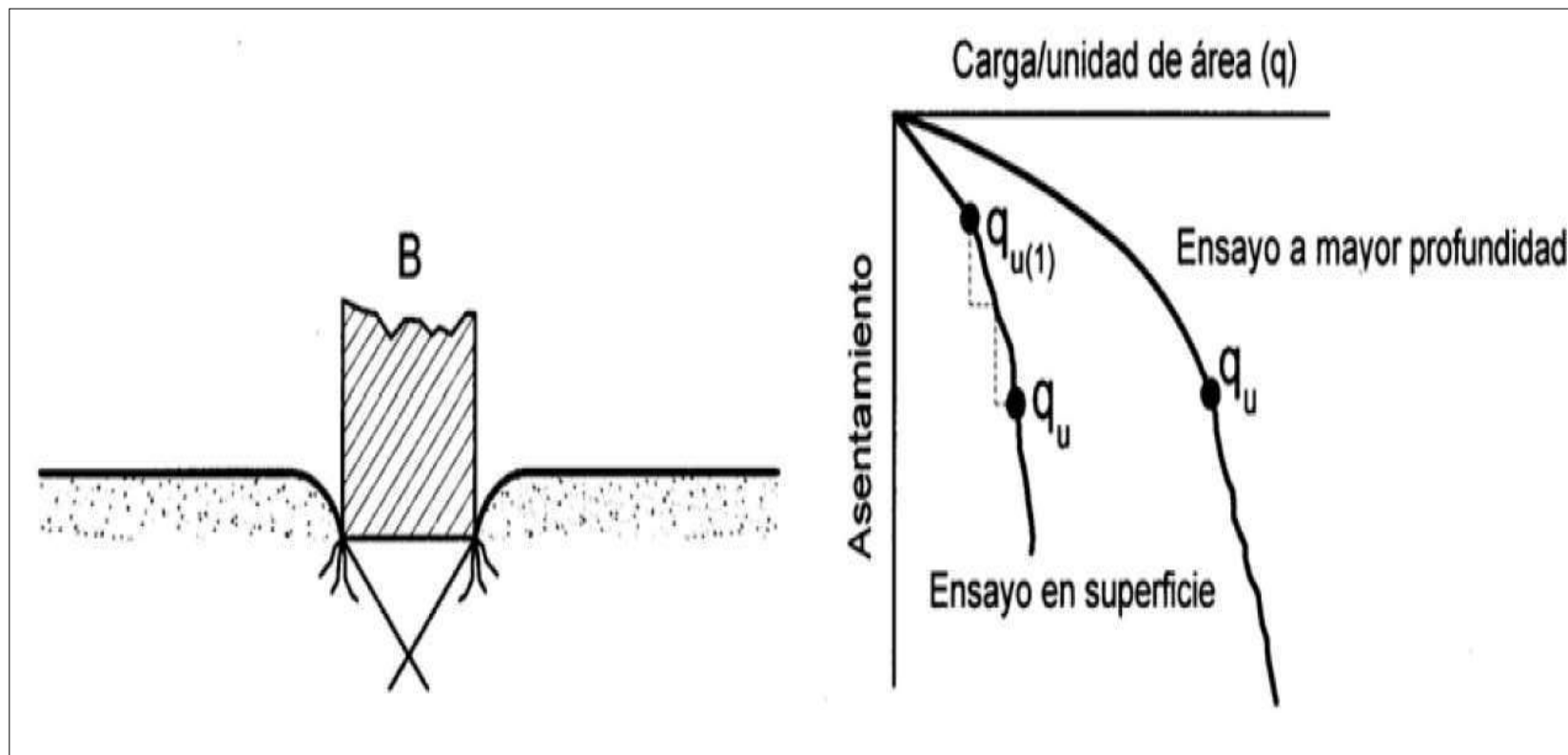


Figura N° 21: Falla por punzonamiento.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (Braja Das)

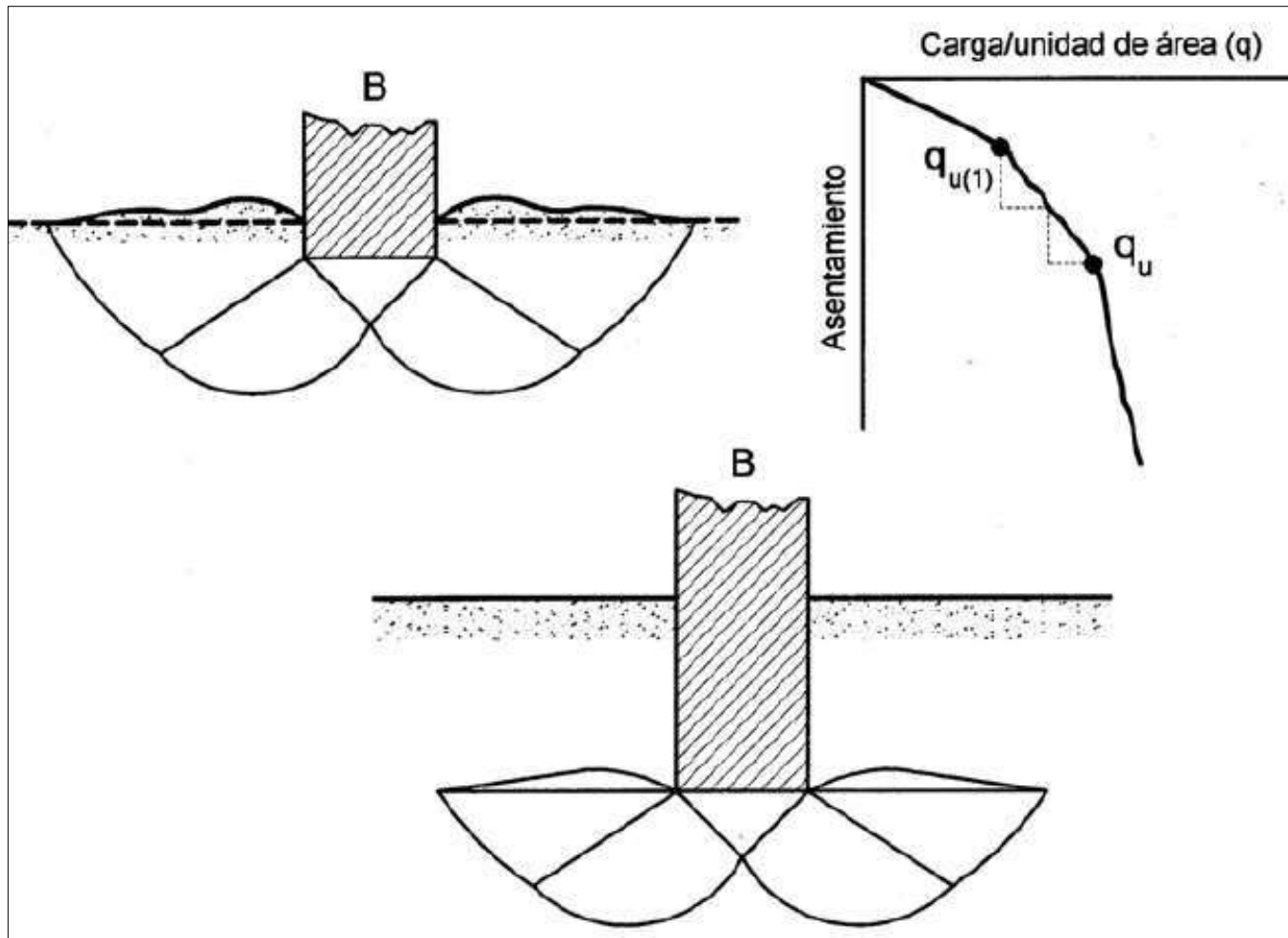
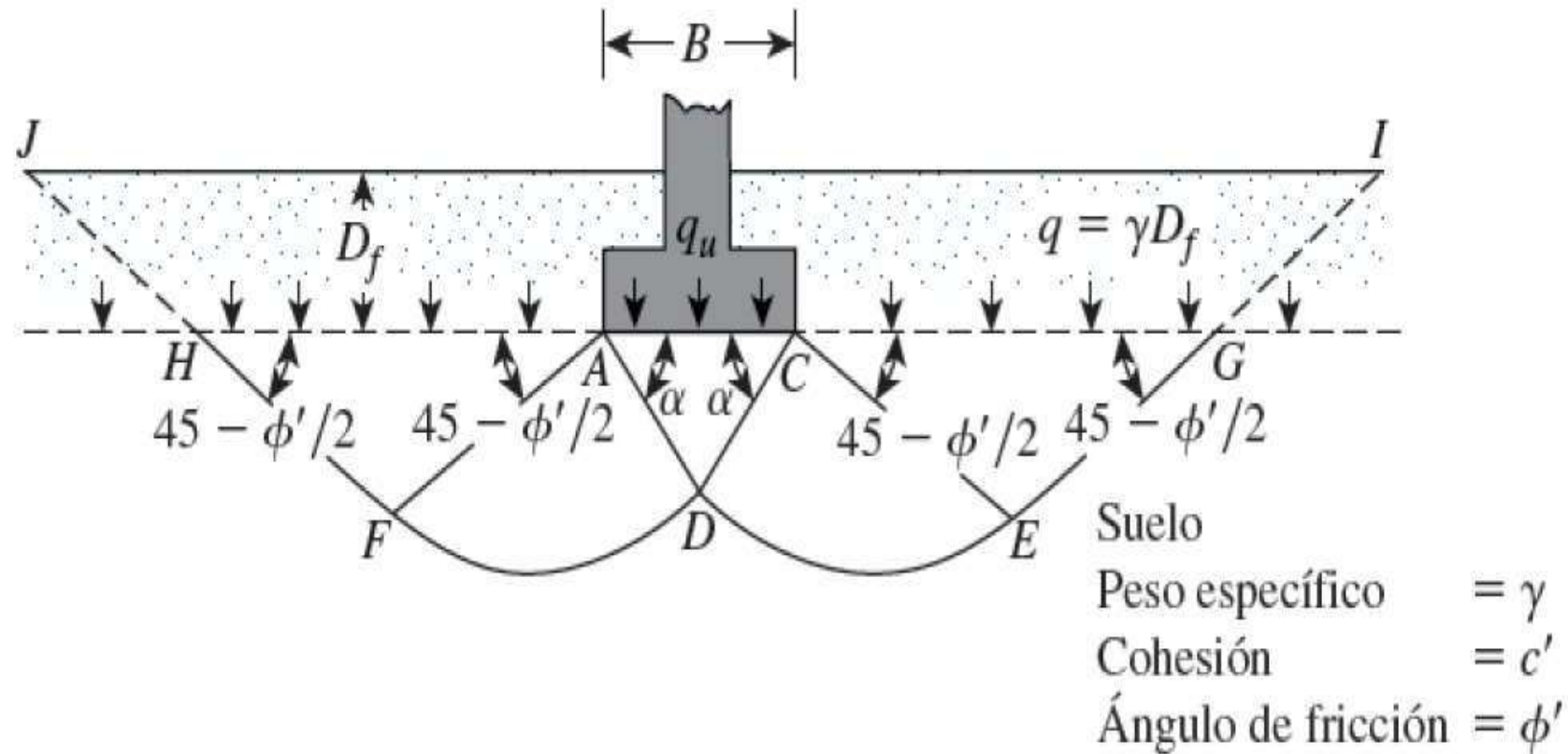


Figura N° 22: Falla por corte Local.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (Braja Das)



**Figura N° 23: Falla por Capacidad de Carga en un Suelo bajo cimentación rígida continua.**

Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (Braja Das)

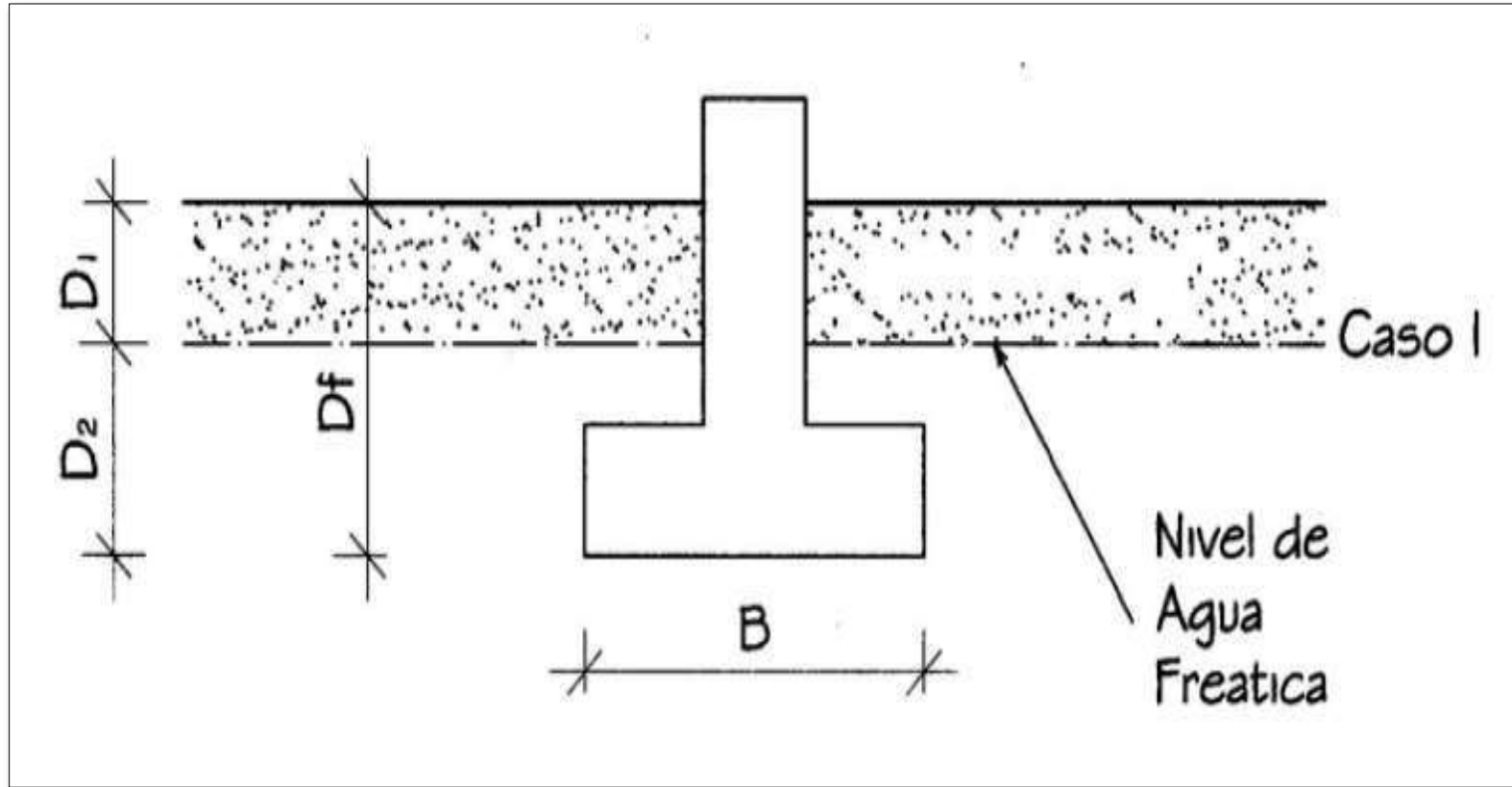


Figura N° 24: Capacidad de Carga afectada por Nivel Freático.  
Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Crespo Villalaz

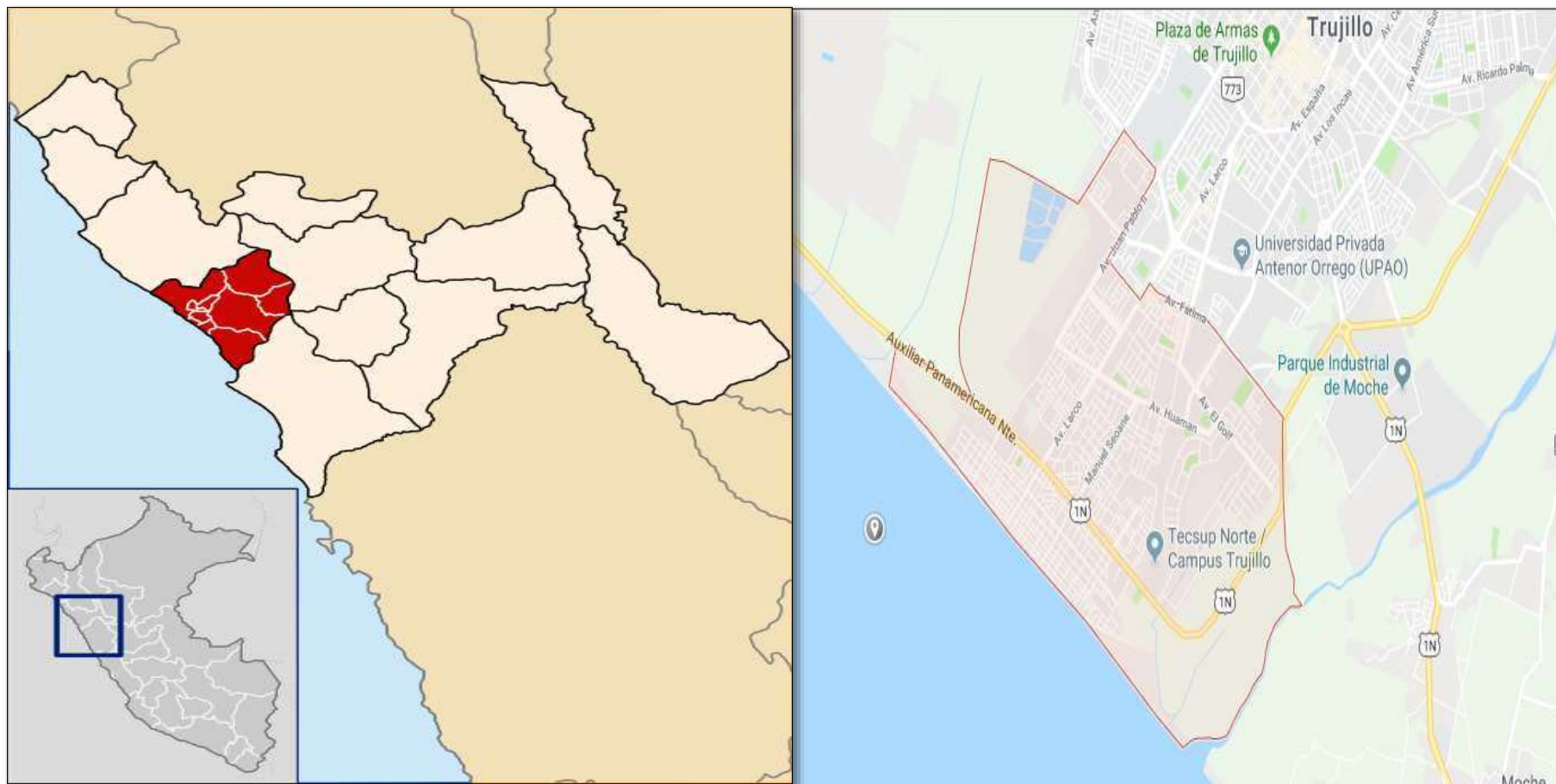


Figura N° 26: Delimitación de las Zonas de Estudio.  
Fuente: Elaboración Propia.











**Figura N° 27: Excavación de calicatas en los sectores de estudio.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

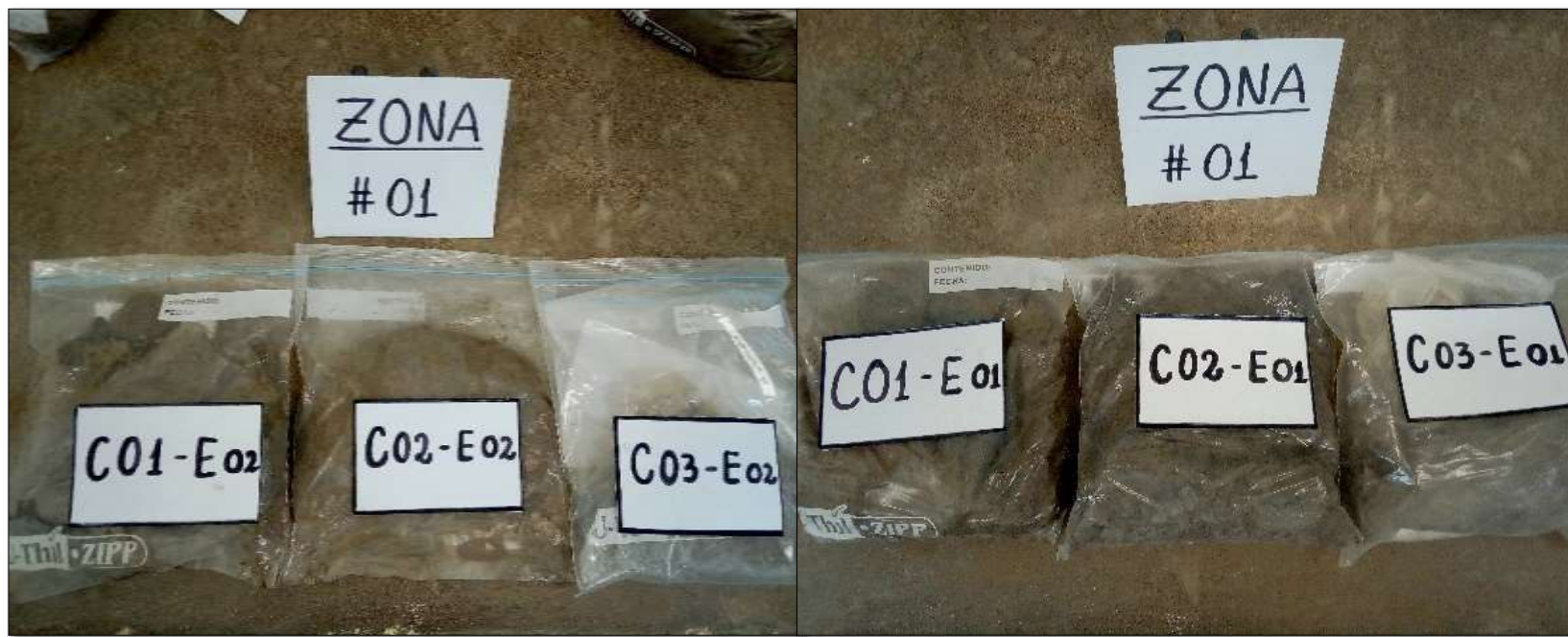


Figura N° 28: Extracción de muestras de suelo – Zona de Estudio 01.

Fuente: Elaboración Propia.

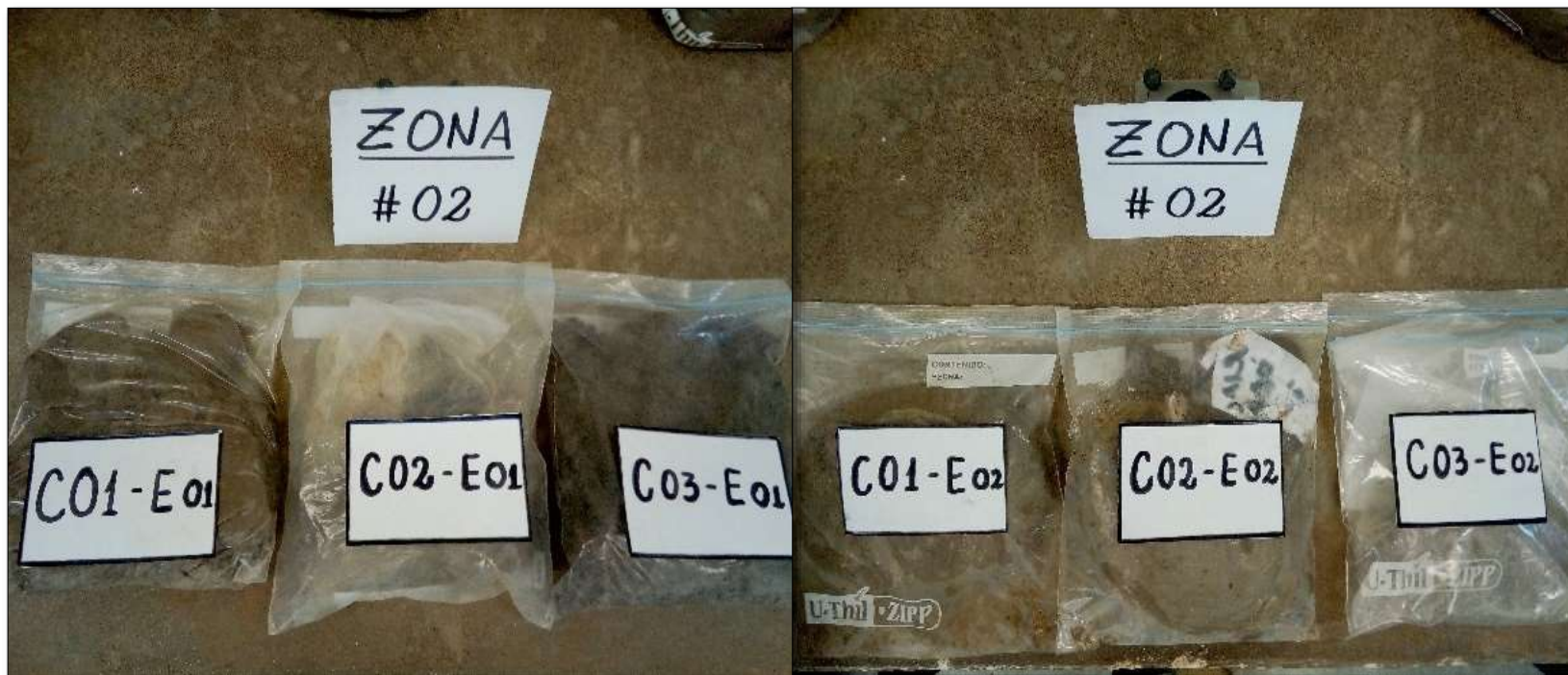


Figura N° 29: Extracción de muestras de suelo – Zona de Estudio 02.

Fuente: Elaboración Propia.

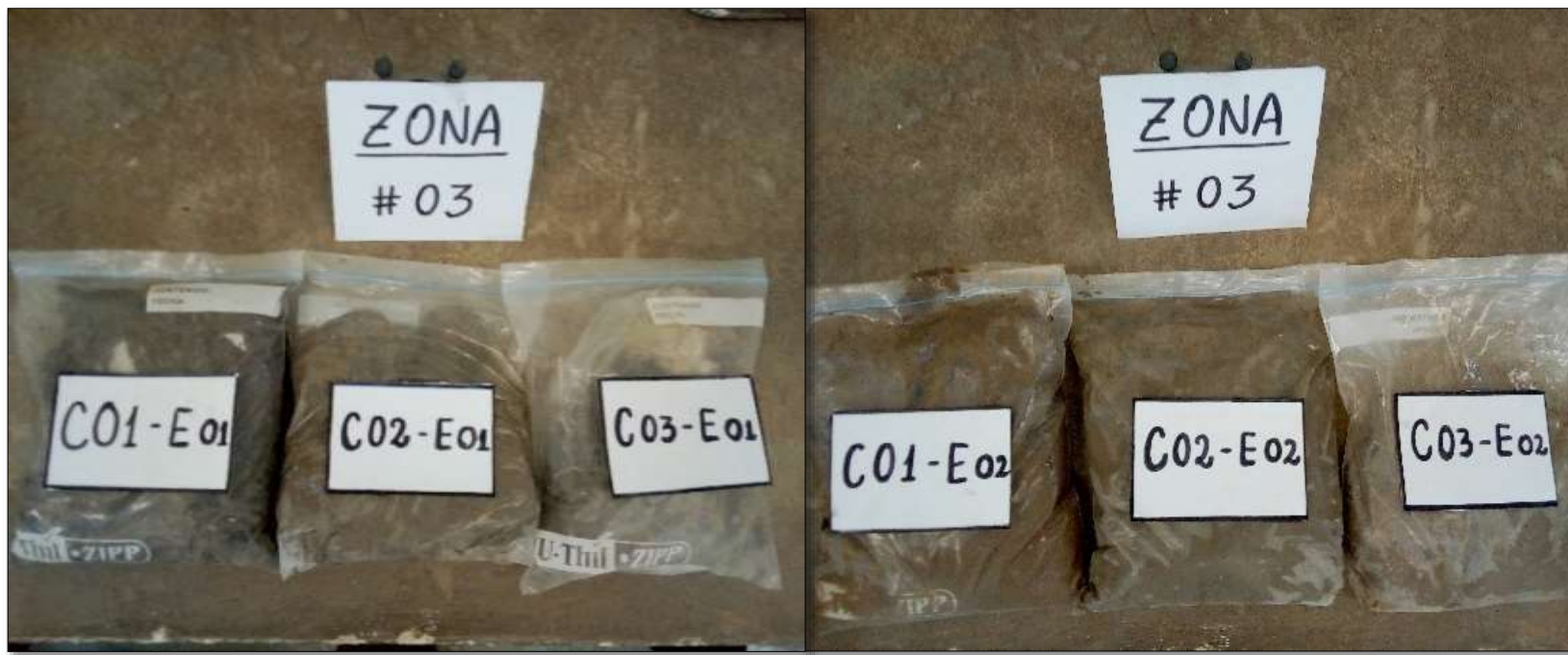


Figura N° 30: Extracción de muestras de suelo – Zona de Estudio 03.

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura N° 31: Desarrollo de ensayo de contenido de humedad.**

**Fuente: Elaboración Propia.**



**Figura N° 32: Desarrollo de ensayo de peso específico.**

**Fuente: Elaboración Propia.**



**Figura N° 33: Desarrollo de ensayo de análisis granulométrico.**

**Fuente: Elaboración Propia.**





Figura N° 34: Ensayo de límites de Atterberg - Equipo y muestra para desarrollar.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 35: Desarrollo del ensayo de límite líquido (LL).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 36: Desarrollo del ensayo de límite plástico (LP).

Fuente: Elaboración Propia.

## **ANEXO II: CERTIFICADO DE ENSAYOS QUÍMICOS**





Figura N° 38: Reconocimiento del Equipo de Corte Directo.

Fuente: Elaboración Propia.

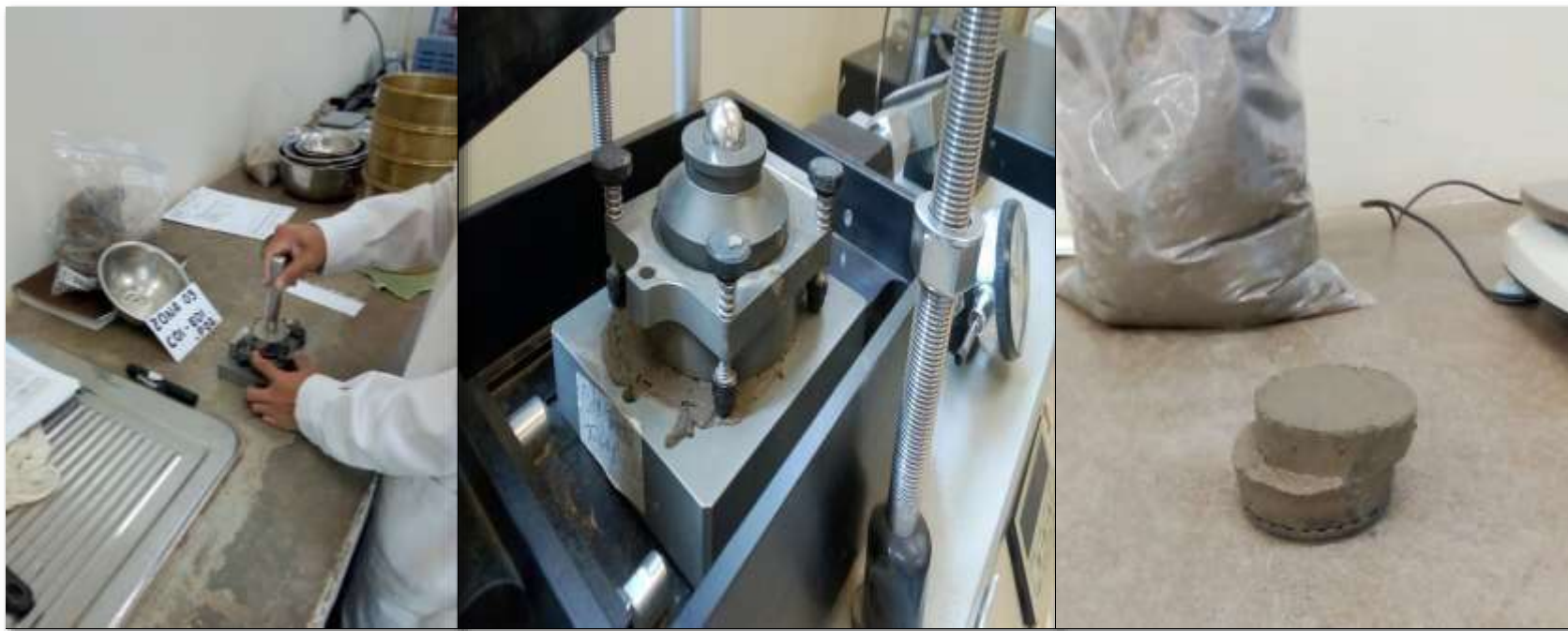


Figura N° 39: Desarrollo del ensayo de Corte Directo.

Fuente: Elaboración Propia.

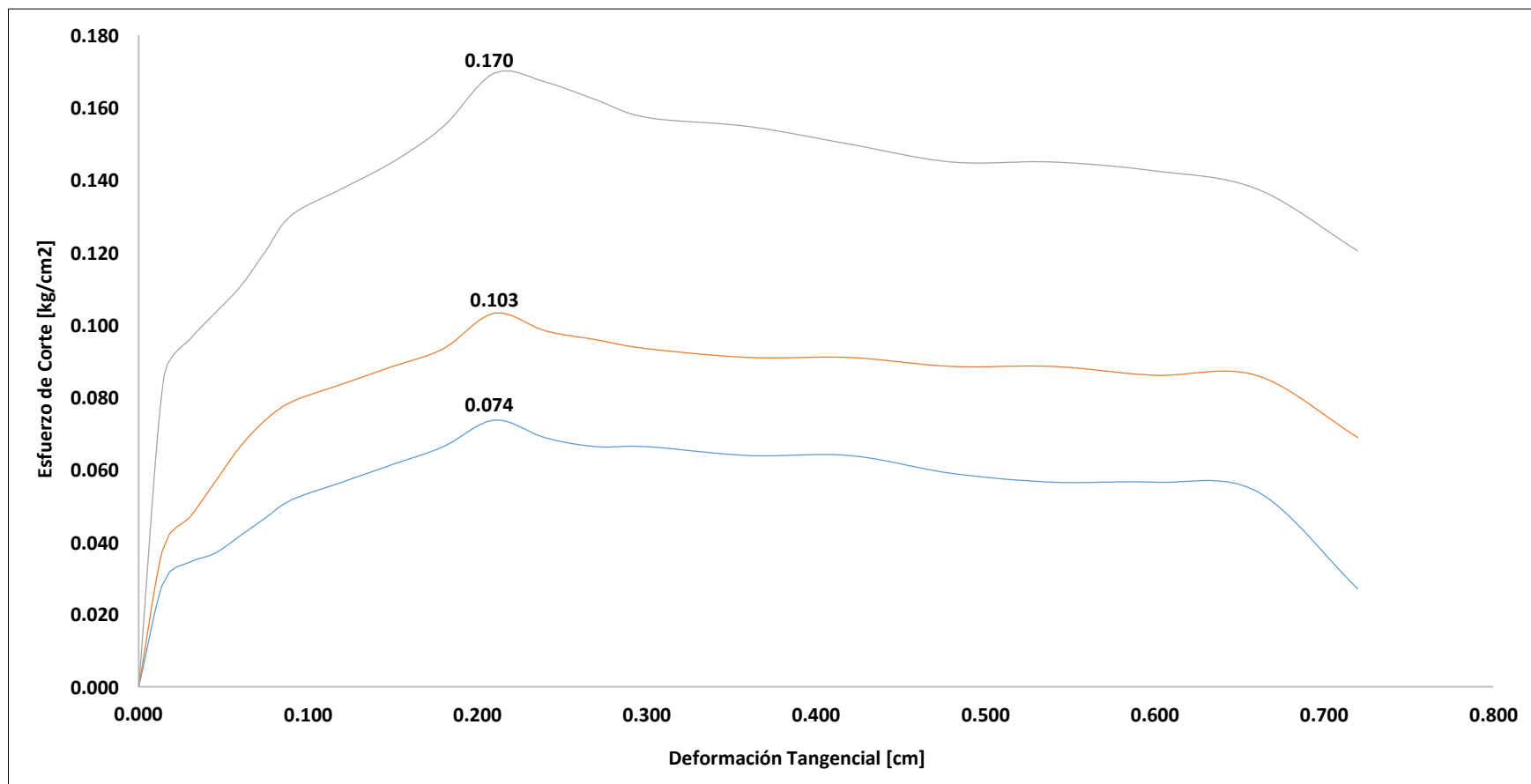


Figura N° 49: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 101 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia



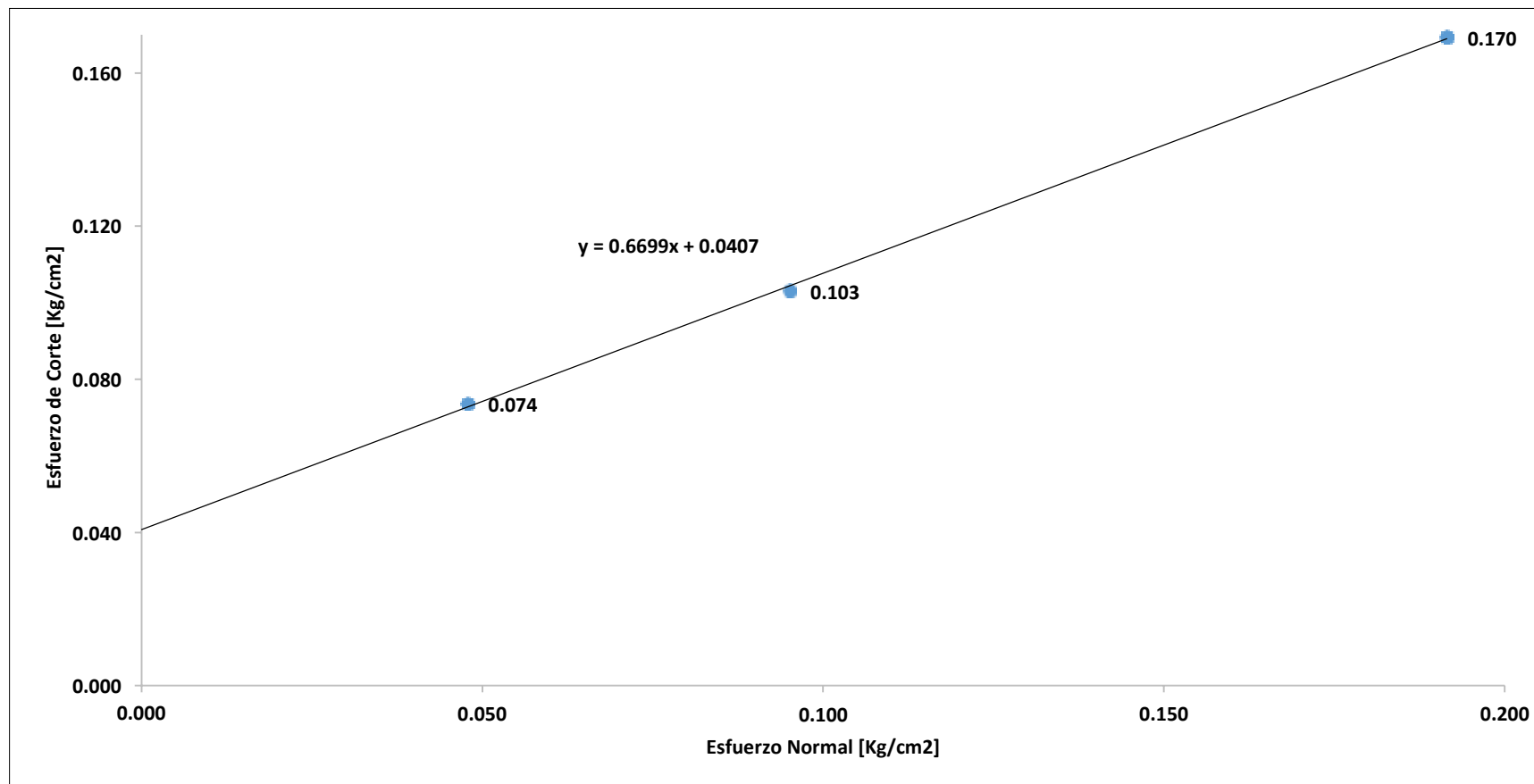


Figura N° 50: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 101 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

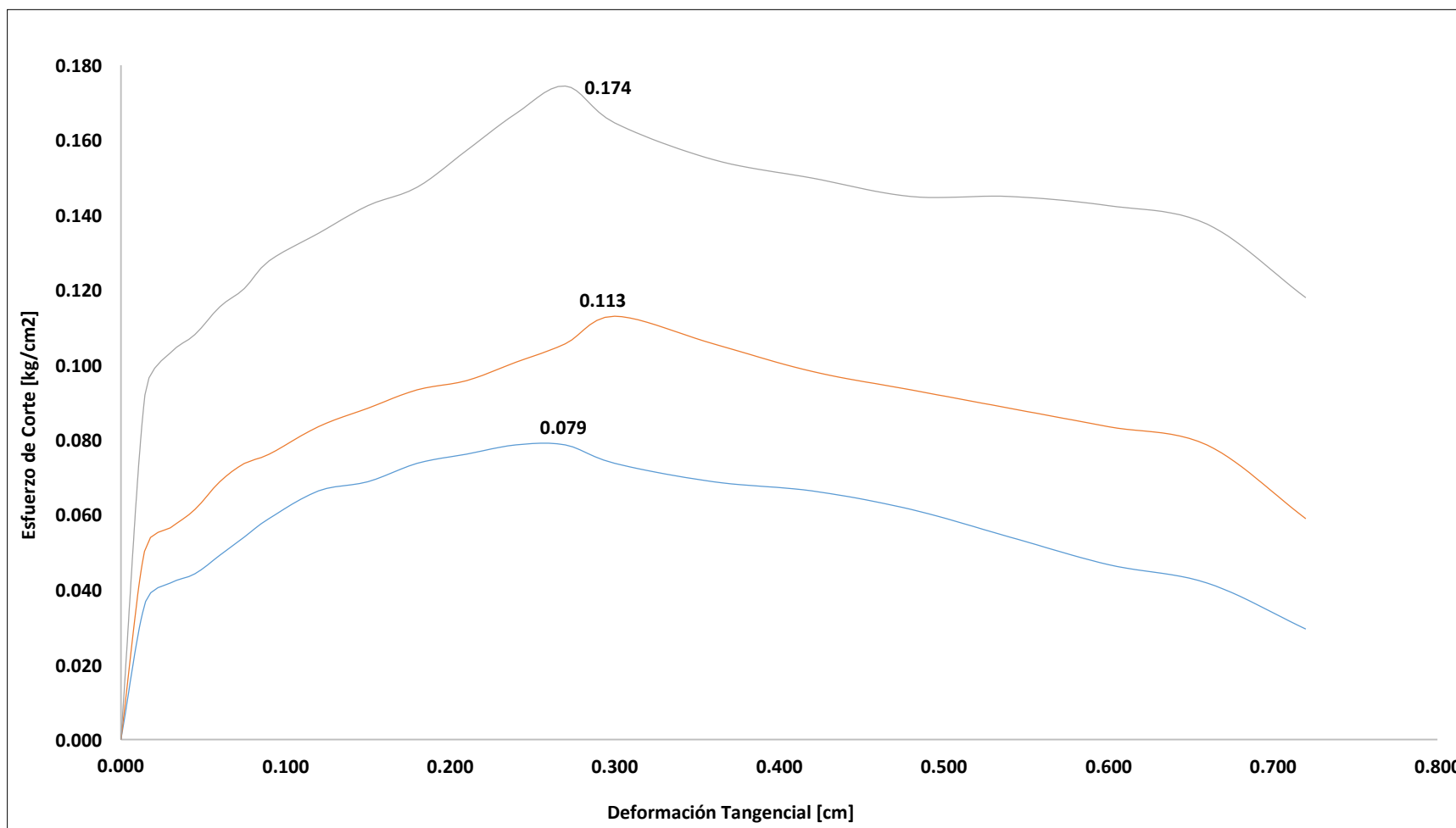
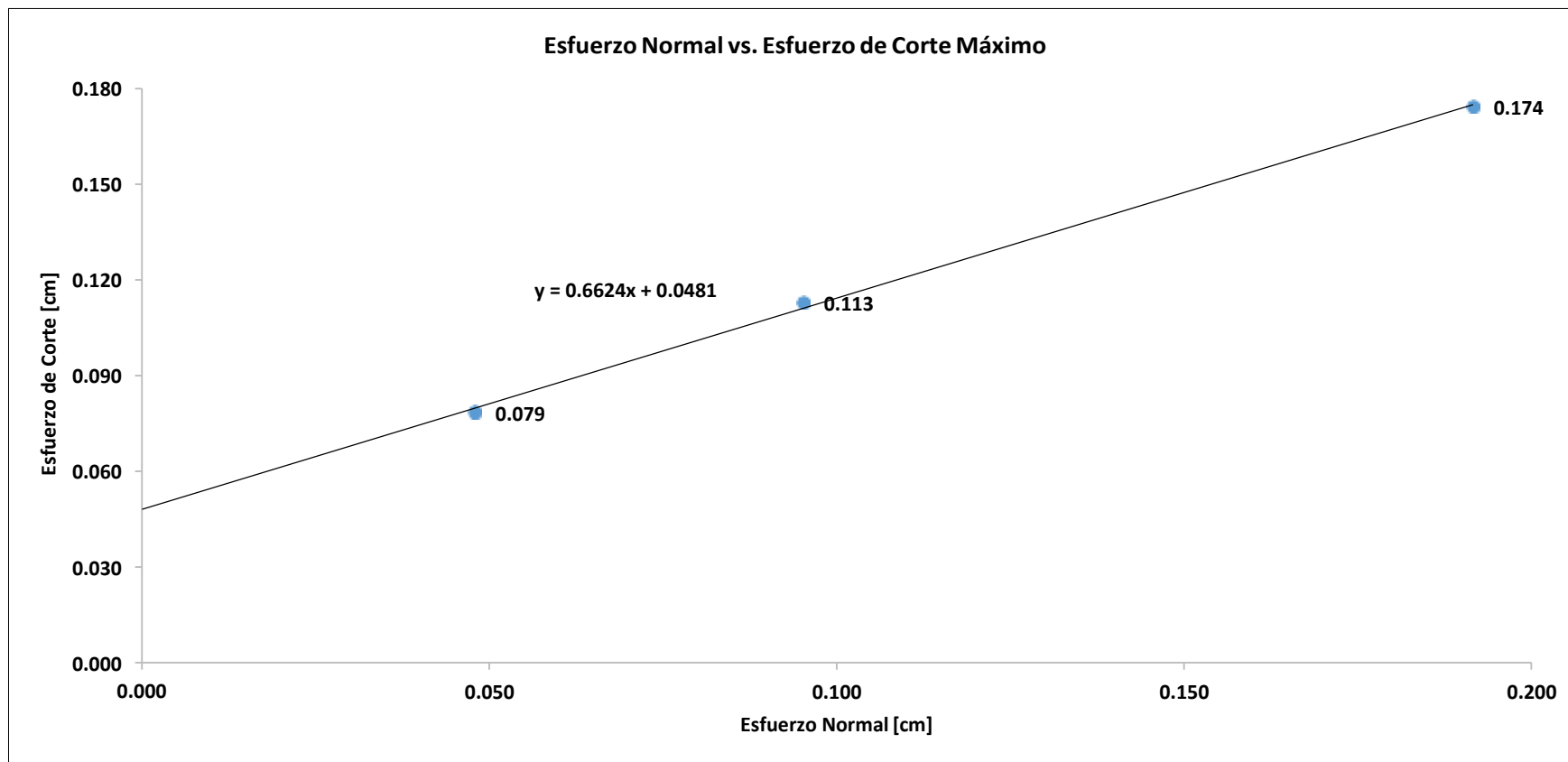


Figura N° 51: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 101 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 52: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 101 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia**

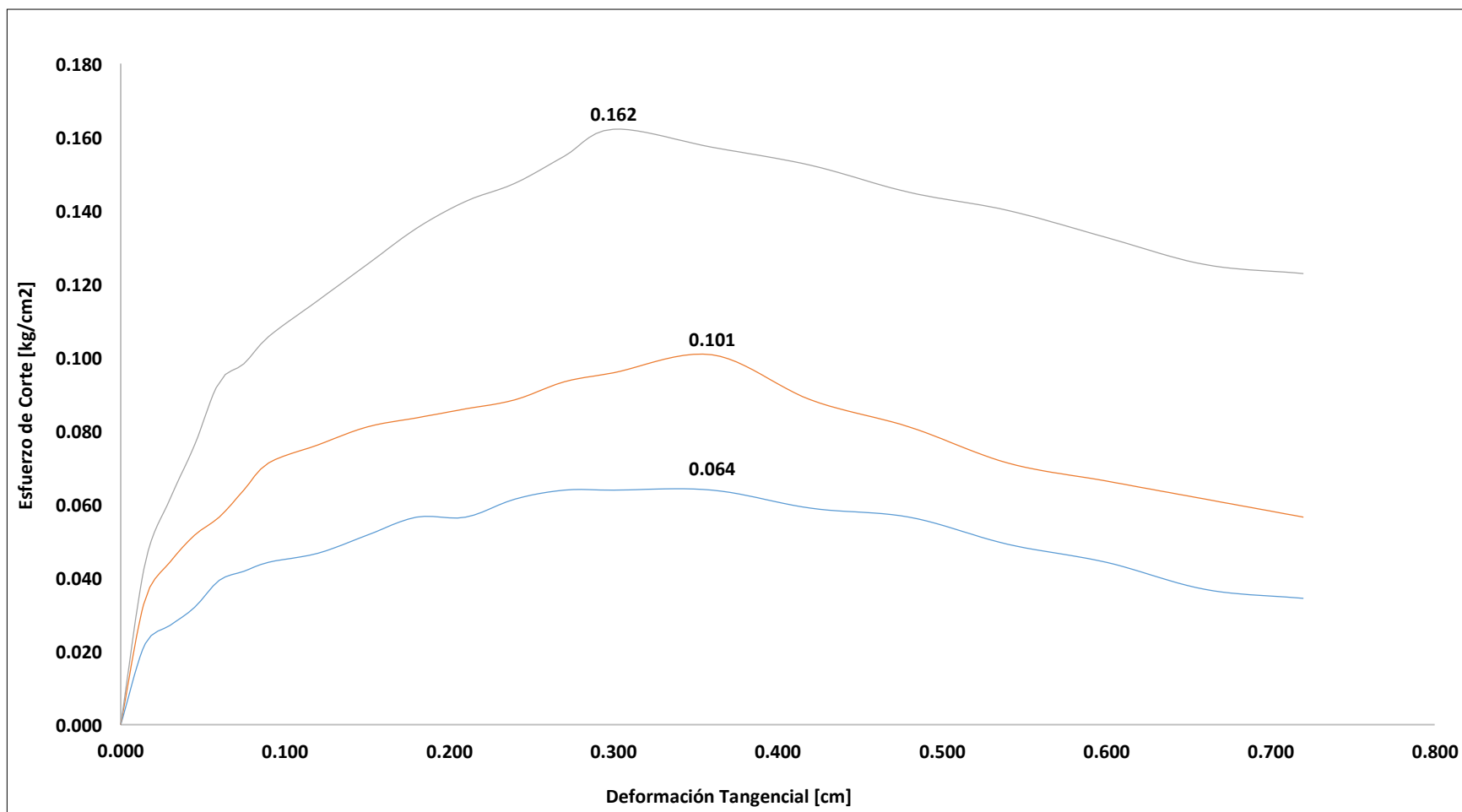


Figura N° 53: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 201 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

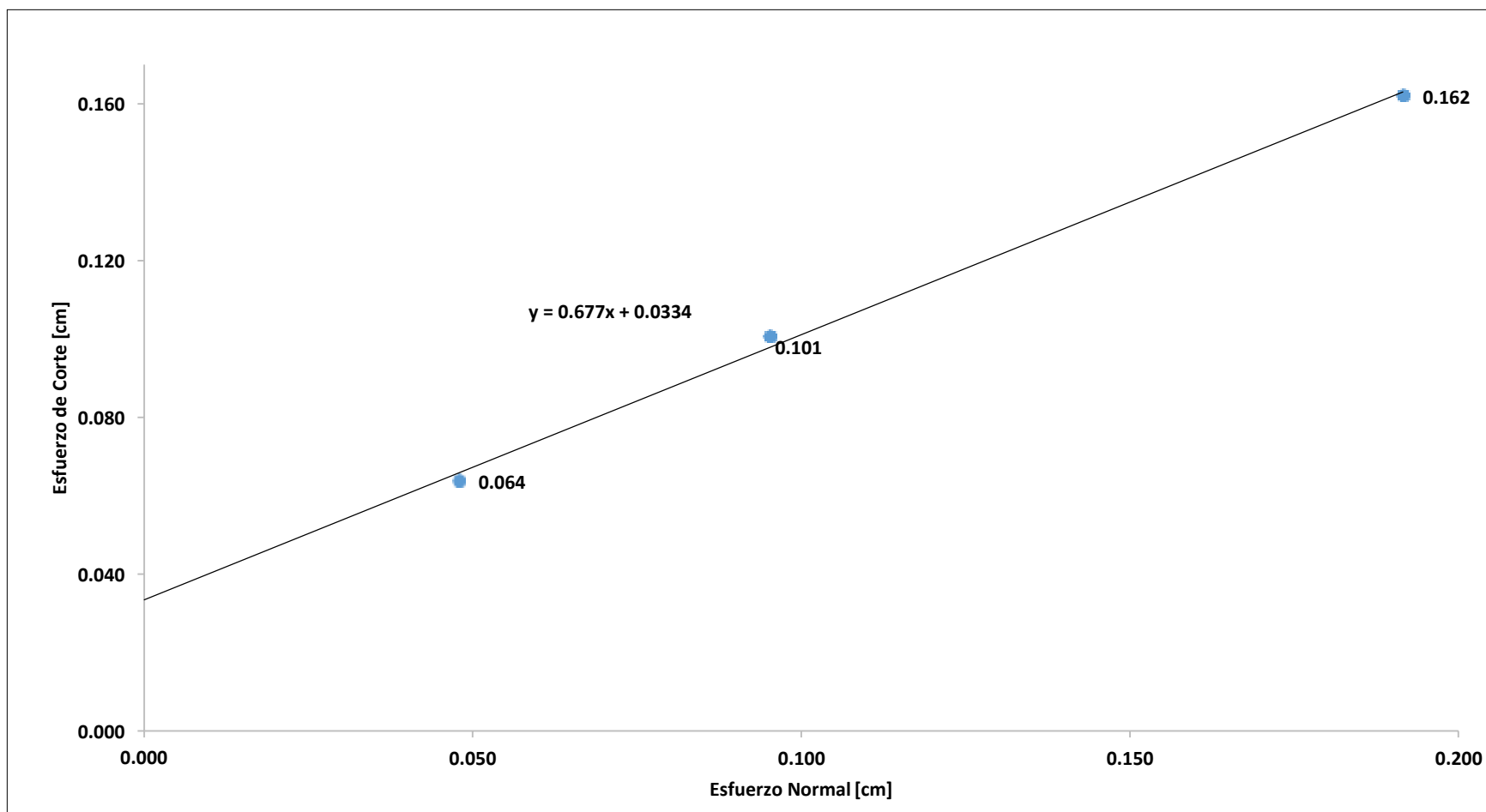
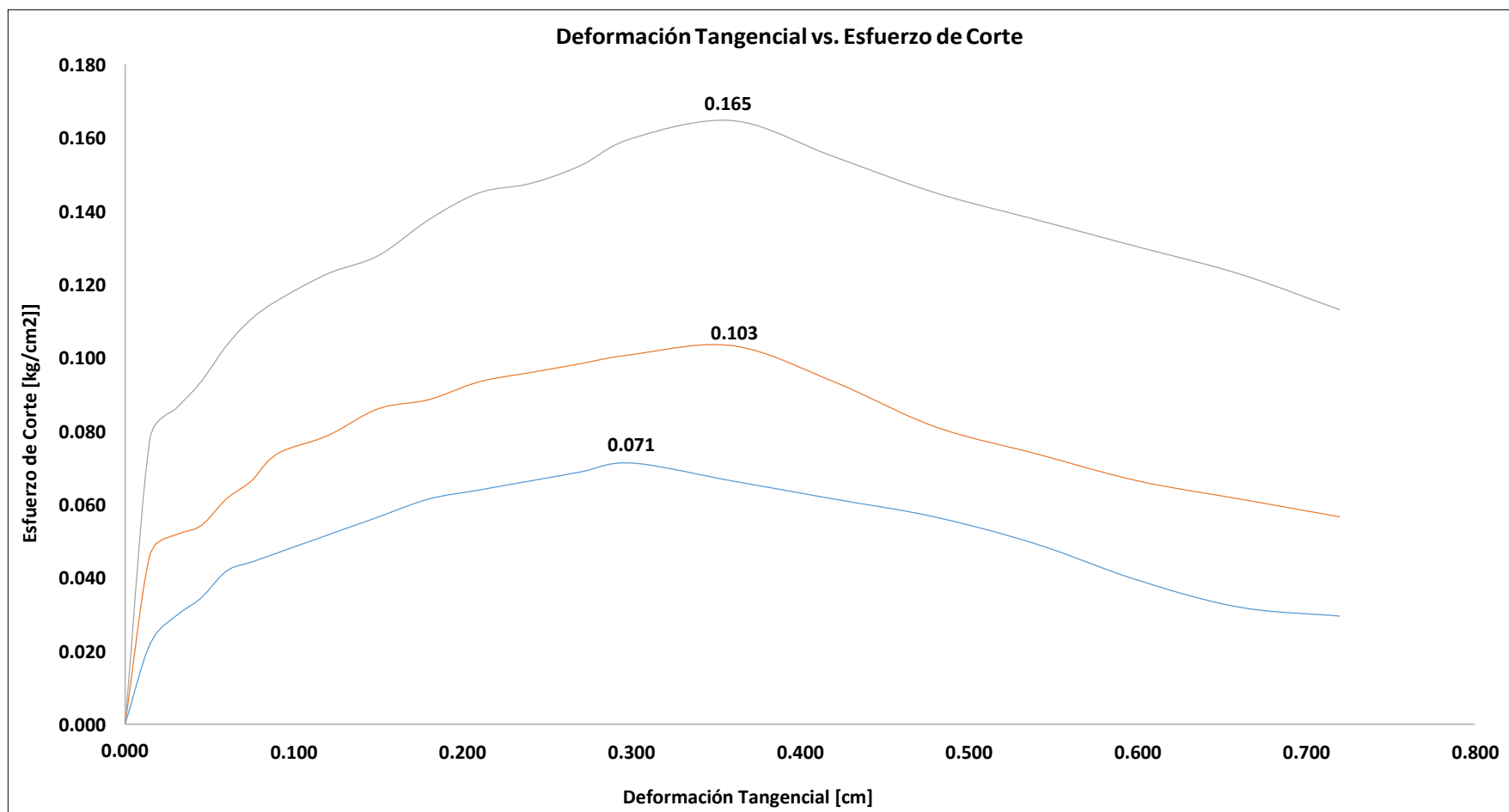


Figura N° 54: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 201 – Estrato 01

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 55: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 201 – Estrato 02**

**Fuente: Elaboración Propia**

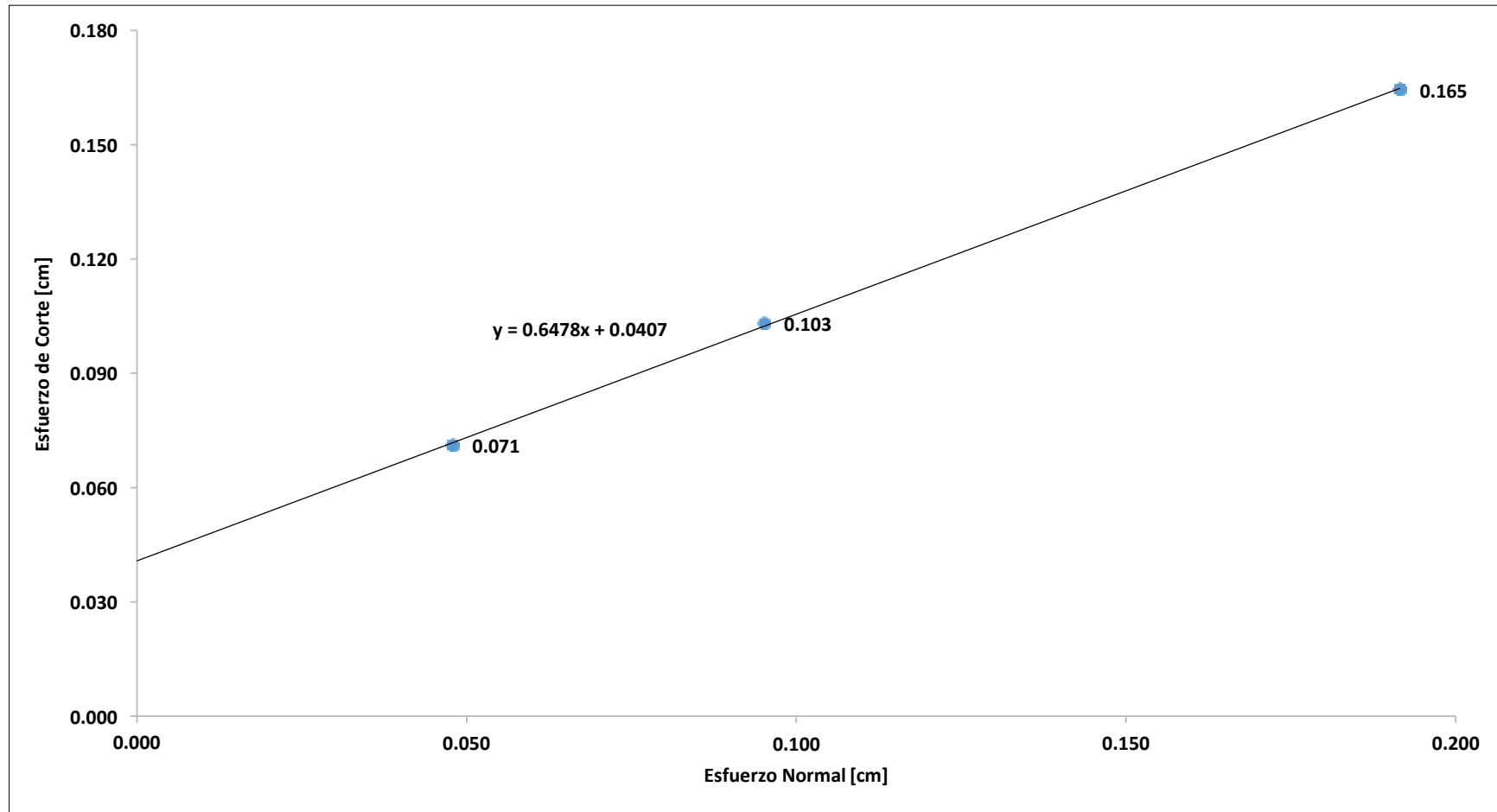


Figura N° 56: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 201 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

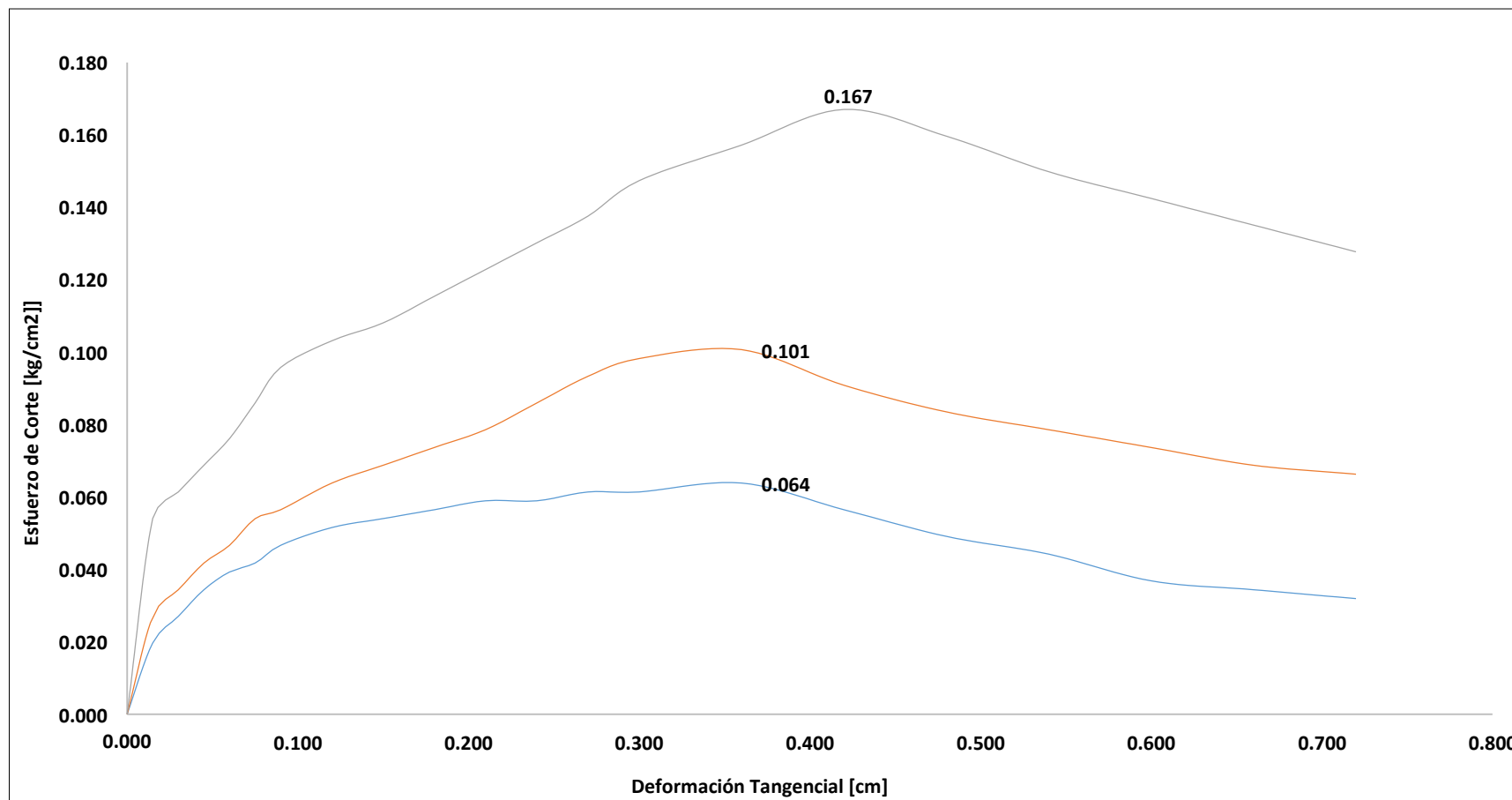


Figura N° 57: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 301 – Estrato 01

Fuente: Elaboración Propia



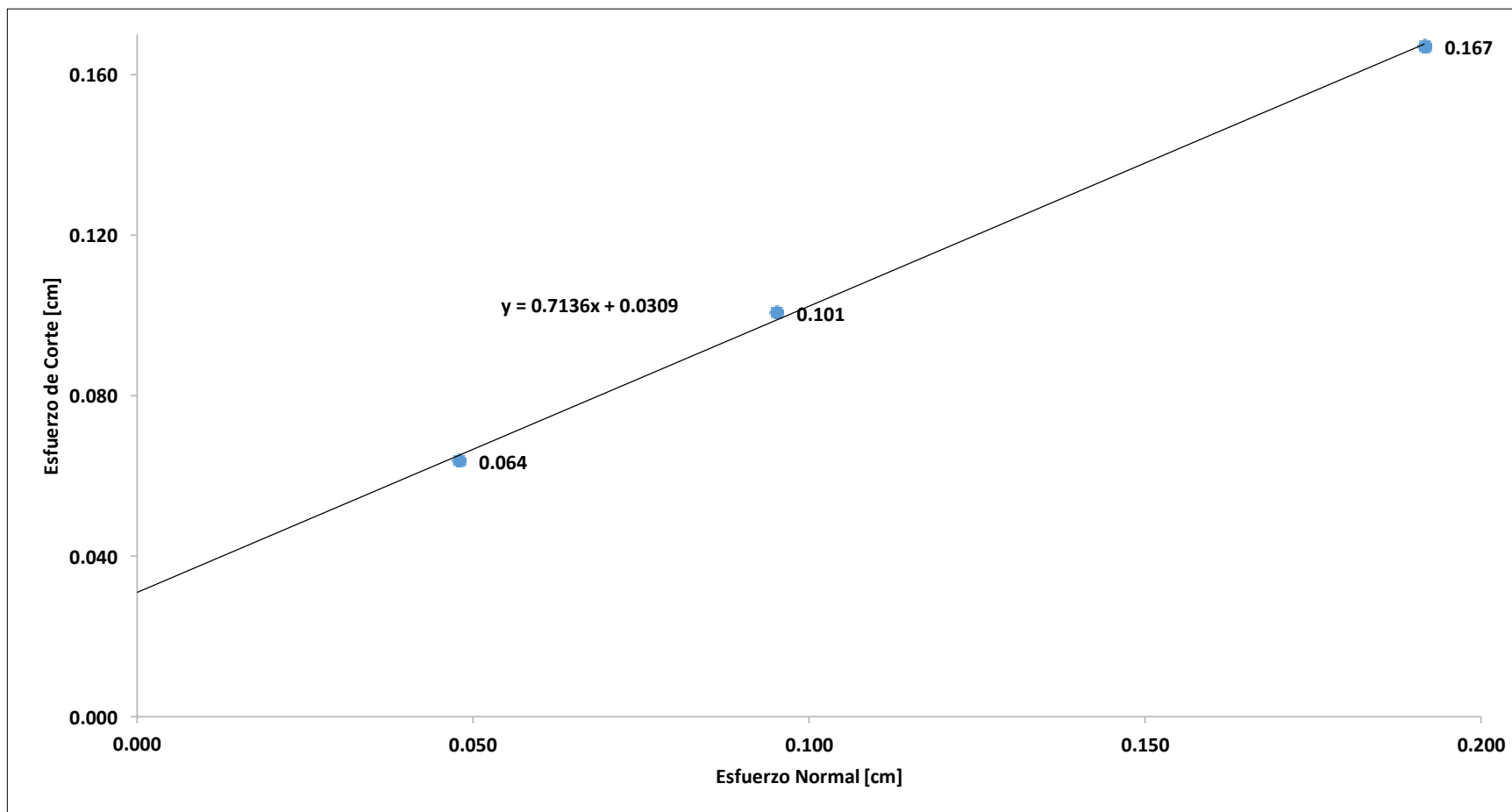


Figura N° 58: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 301 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

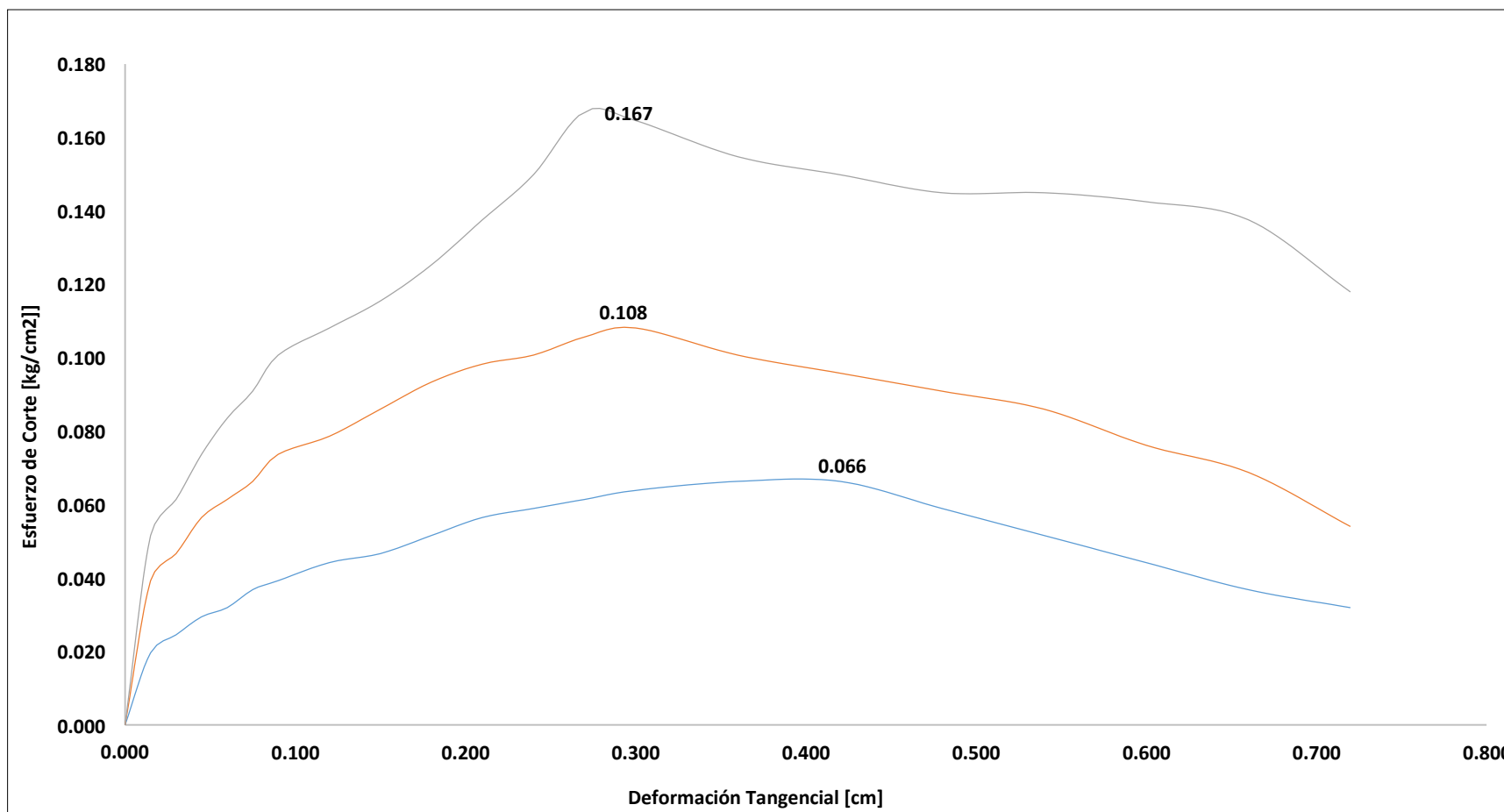


Figura N° 59: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 01 – Calicata C 301 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

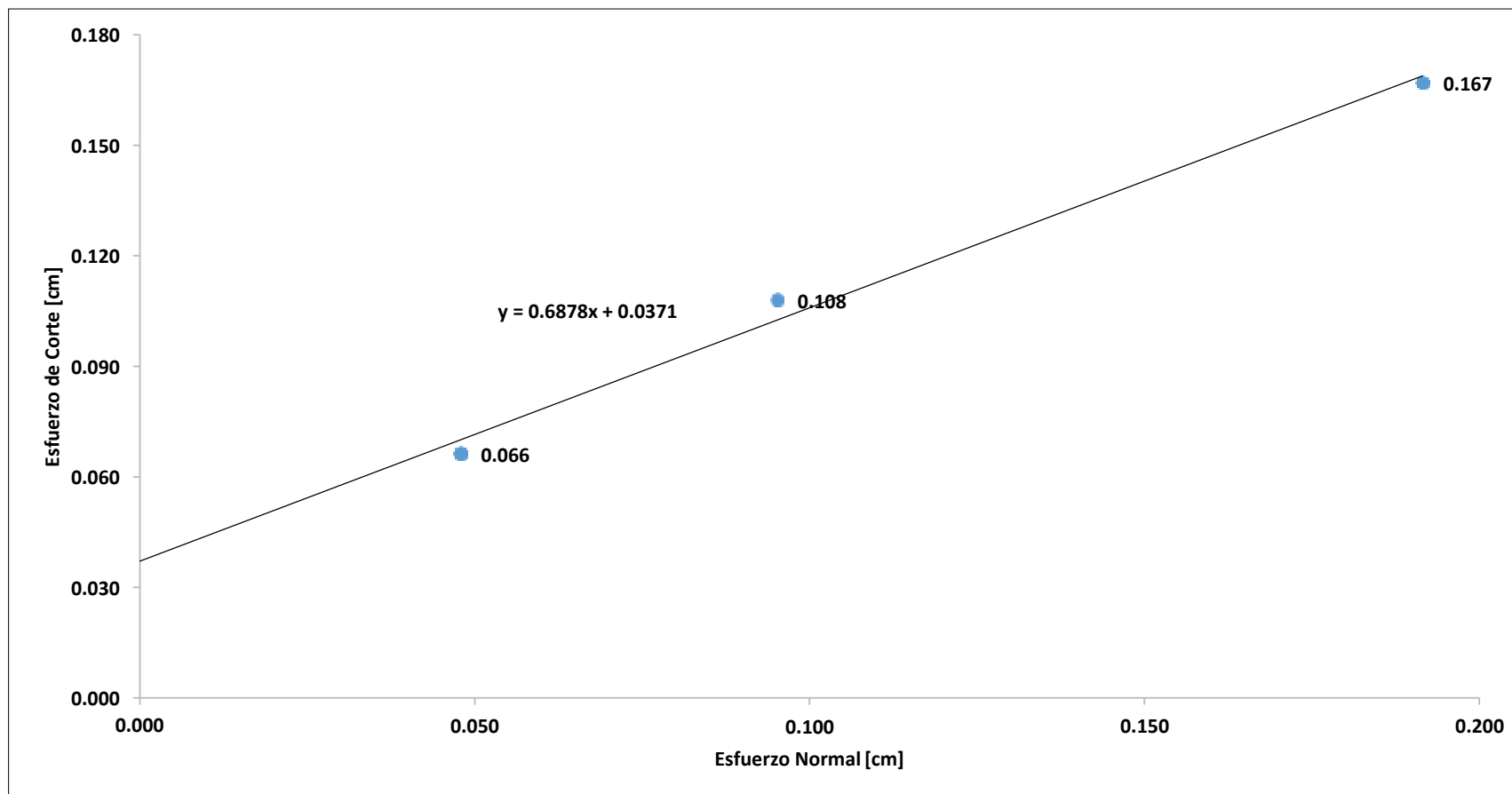


Figura N° 60: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 01 - Calicata C 301 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

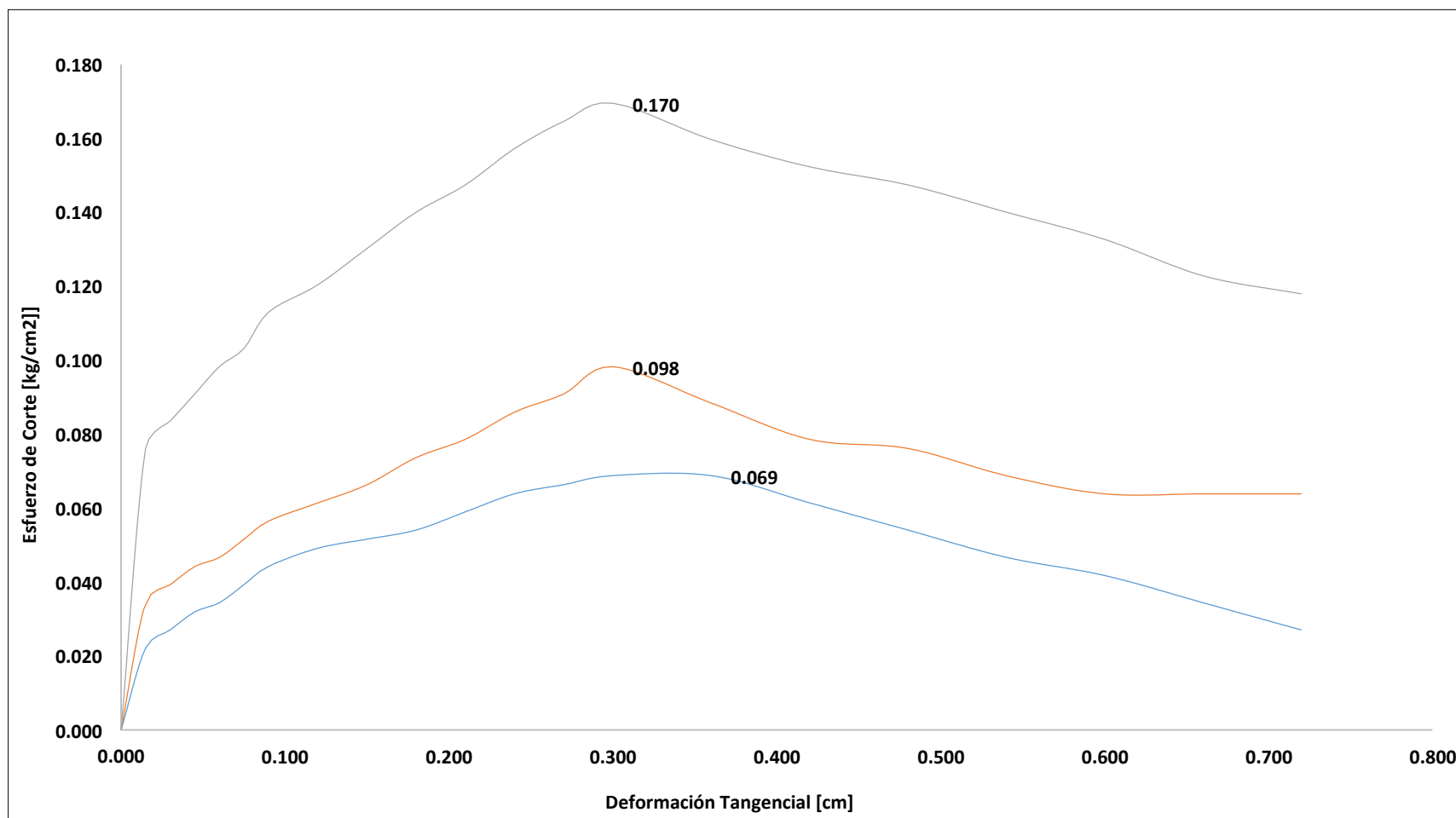


Figura N° 61: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 101 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

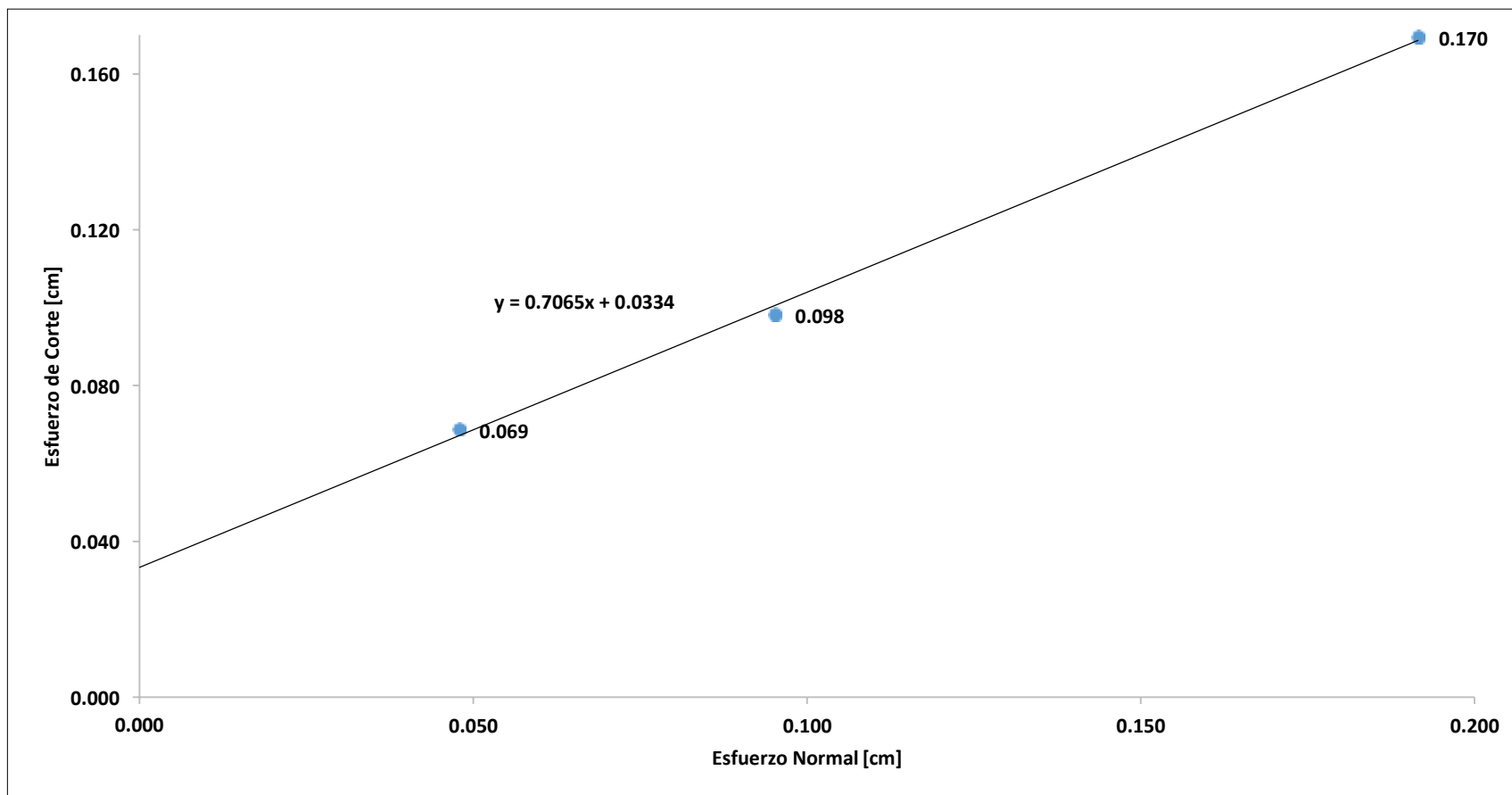
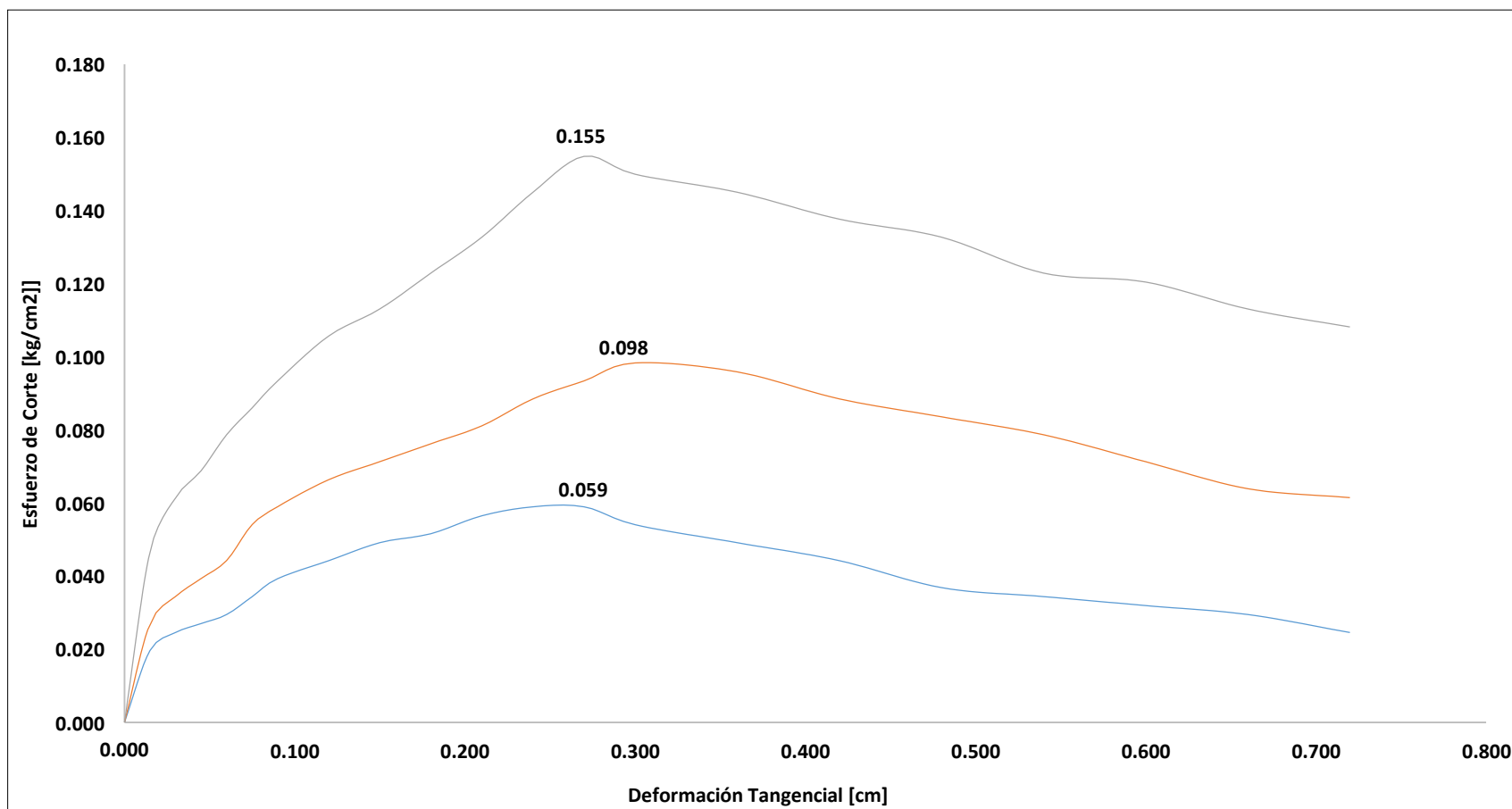
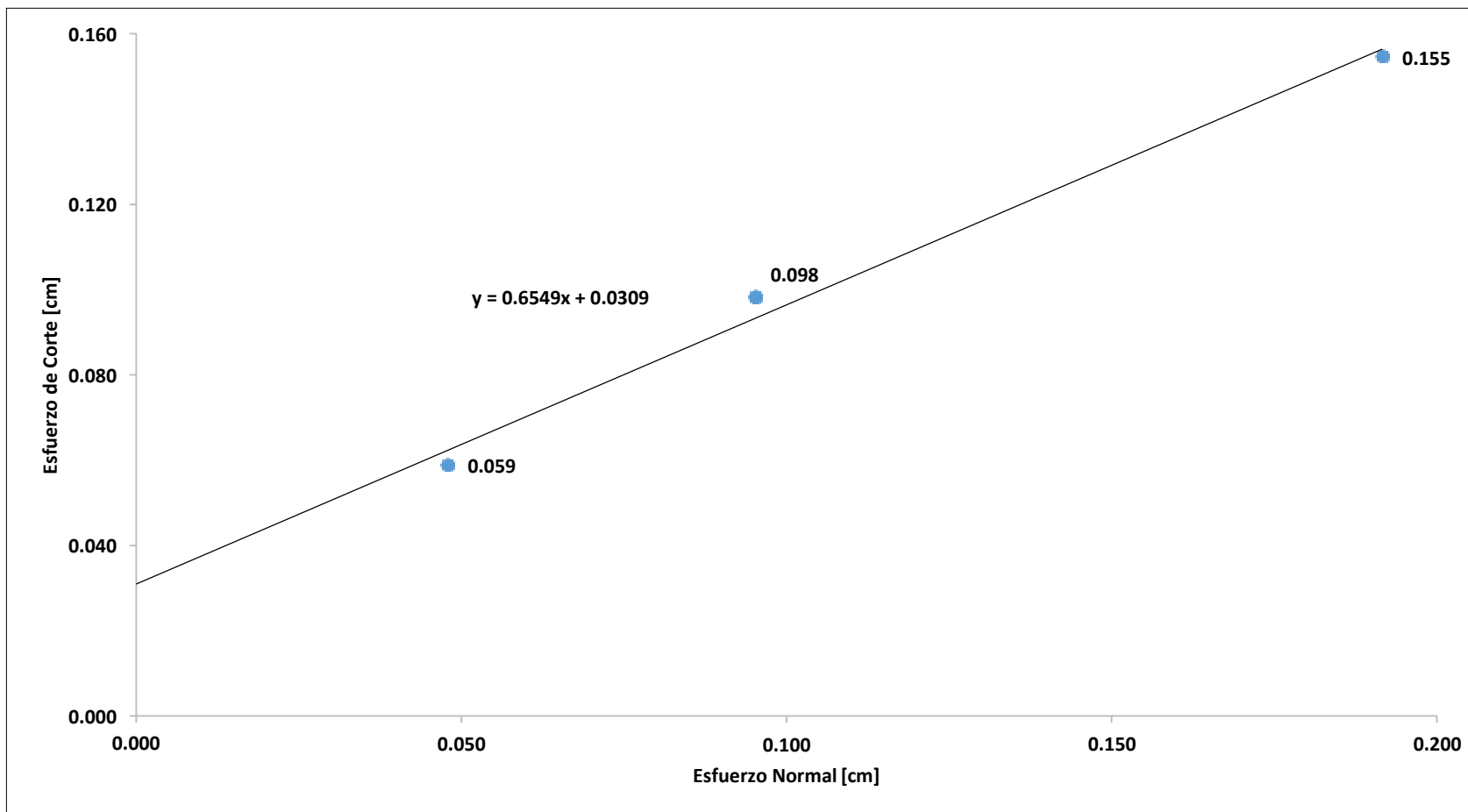


Figura N° 62: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 101 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 63: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 101 – Estrato 02**  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 64: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 101 – Estrato 01**  
**Fuente: Elaboración Propia**

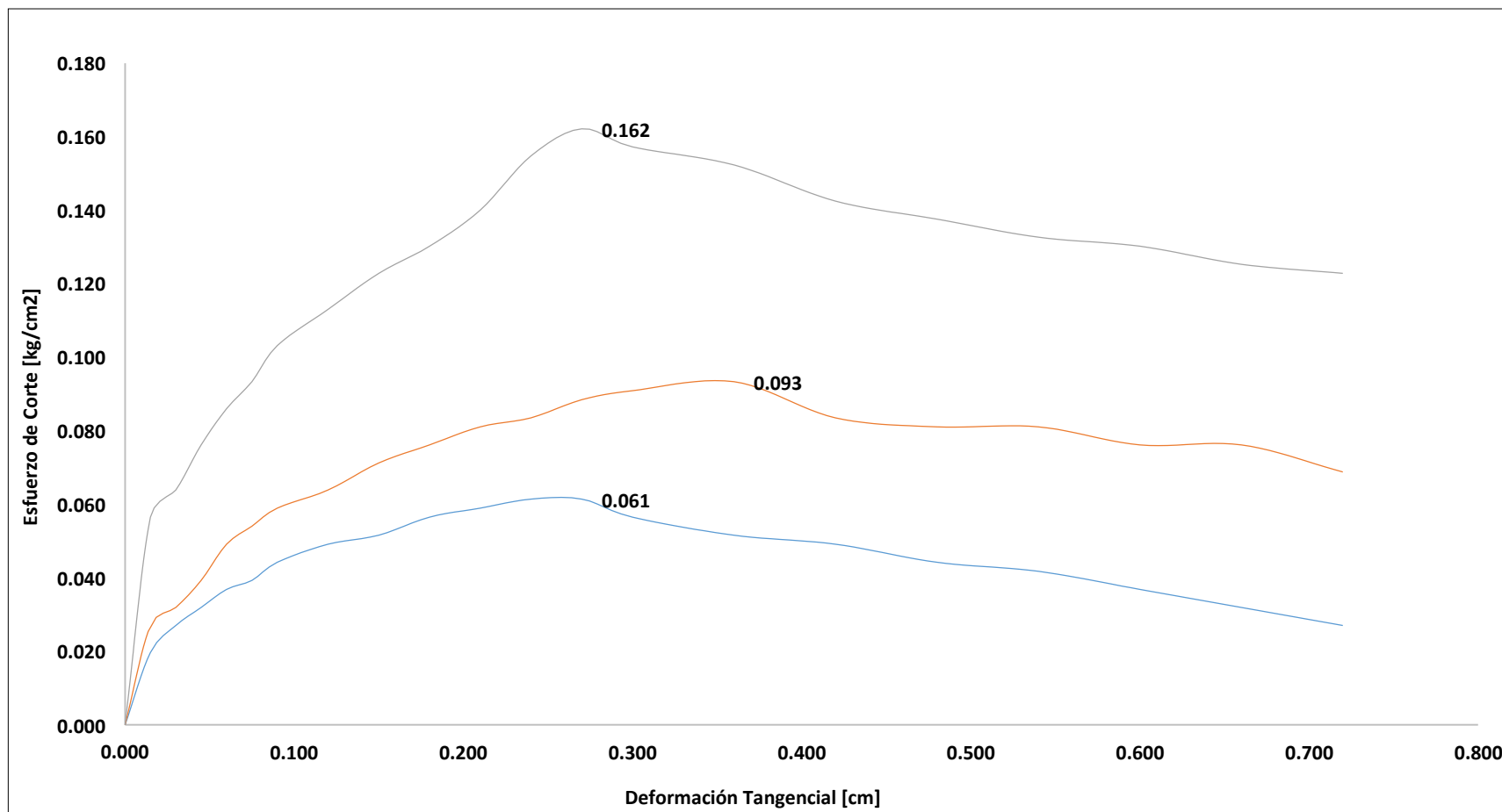


Figura N° 65: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 201– Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia



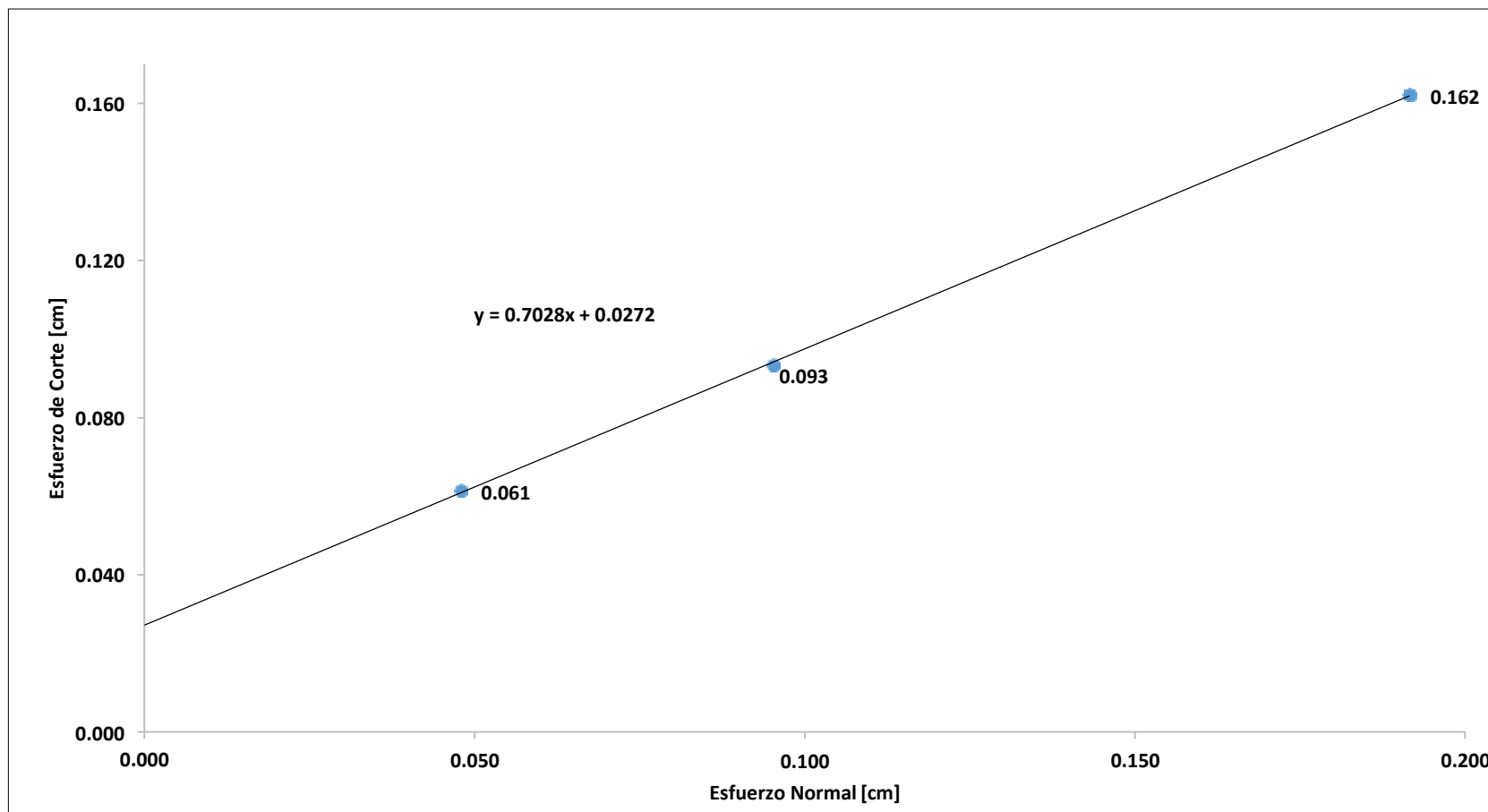
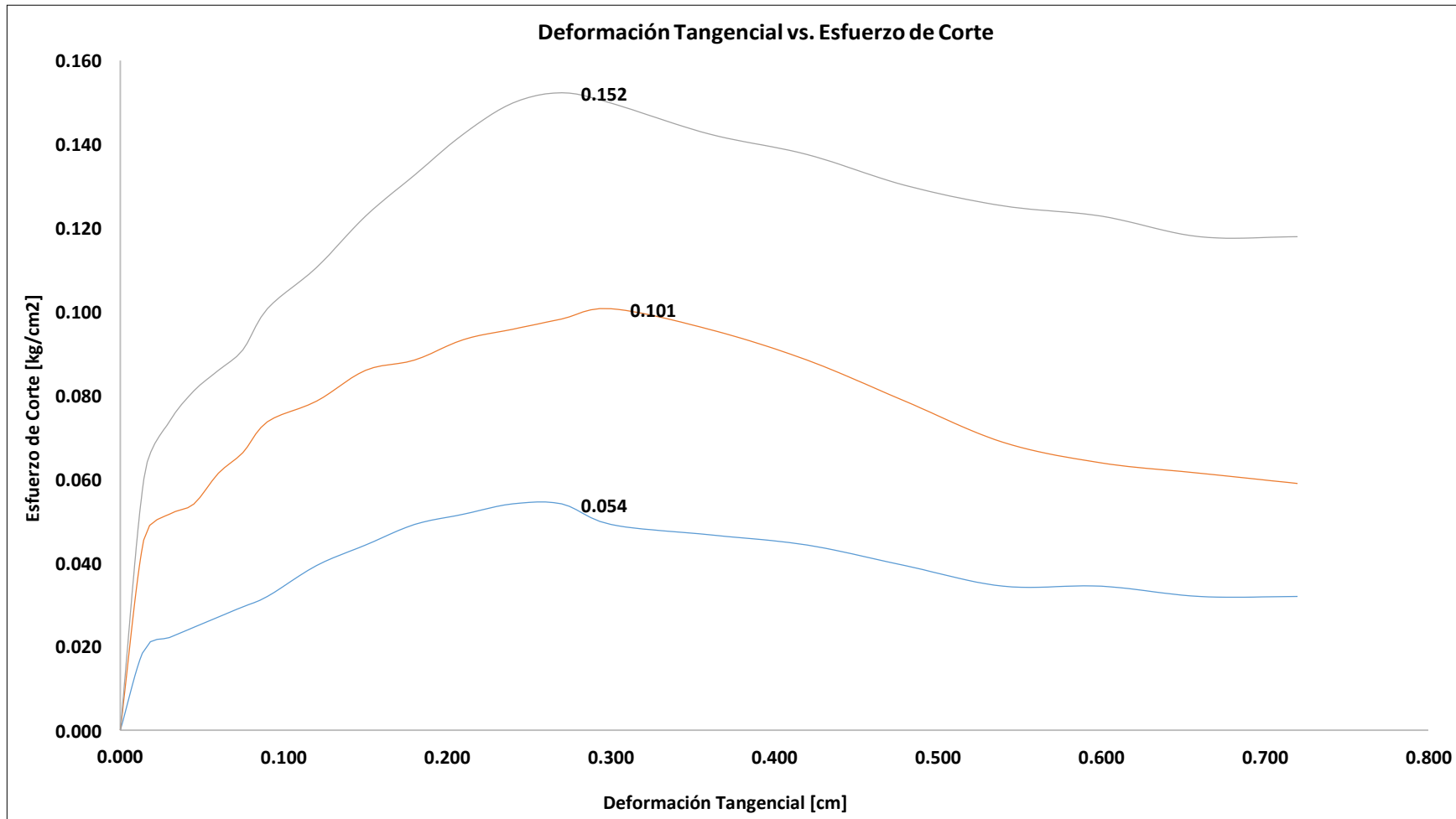


Figura N° 66: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 201 – Estrato 01

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 67: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 201– Estrato 02**  
Fuente: Elaboración Propia

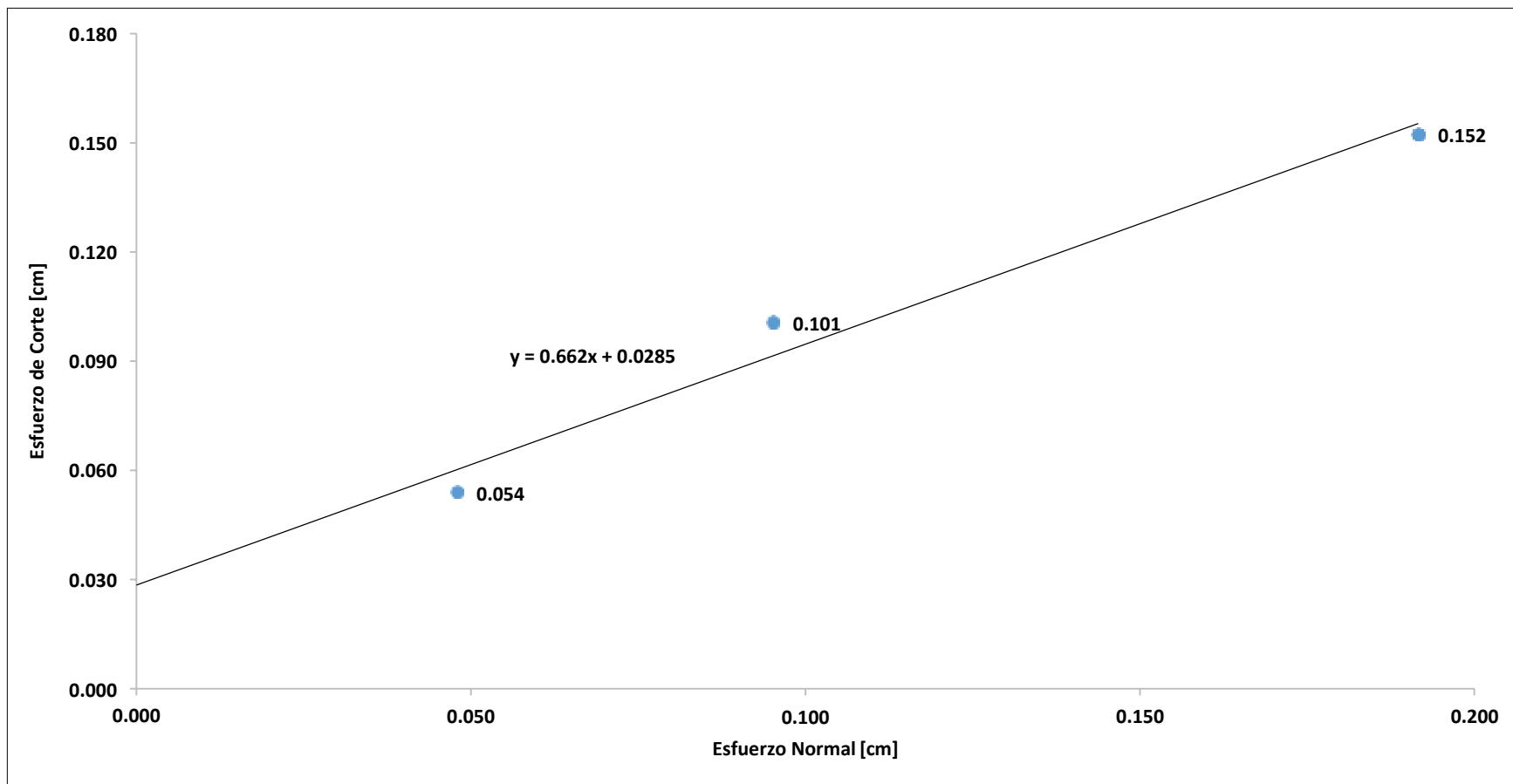


Figura N° 68: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 201 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

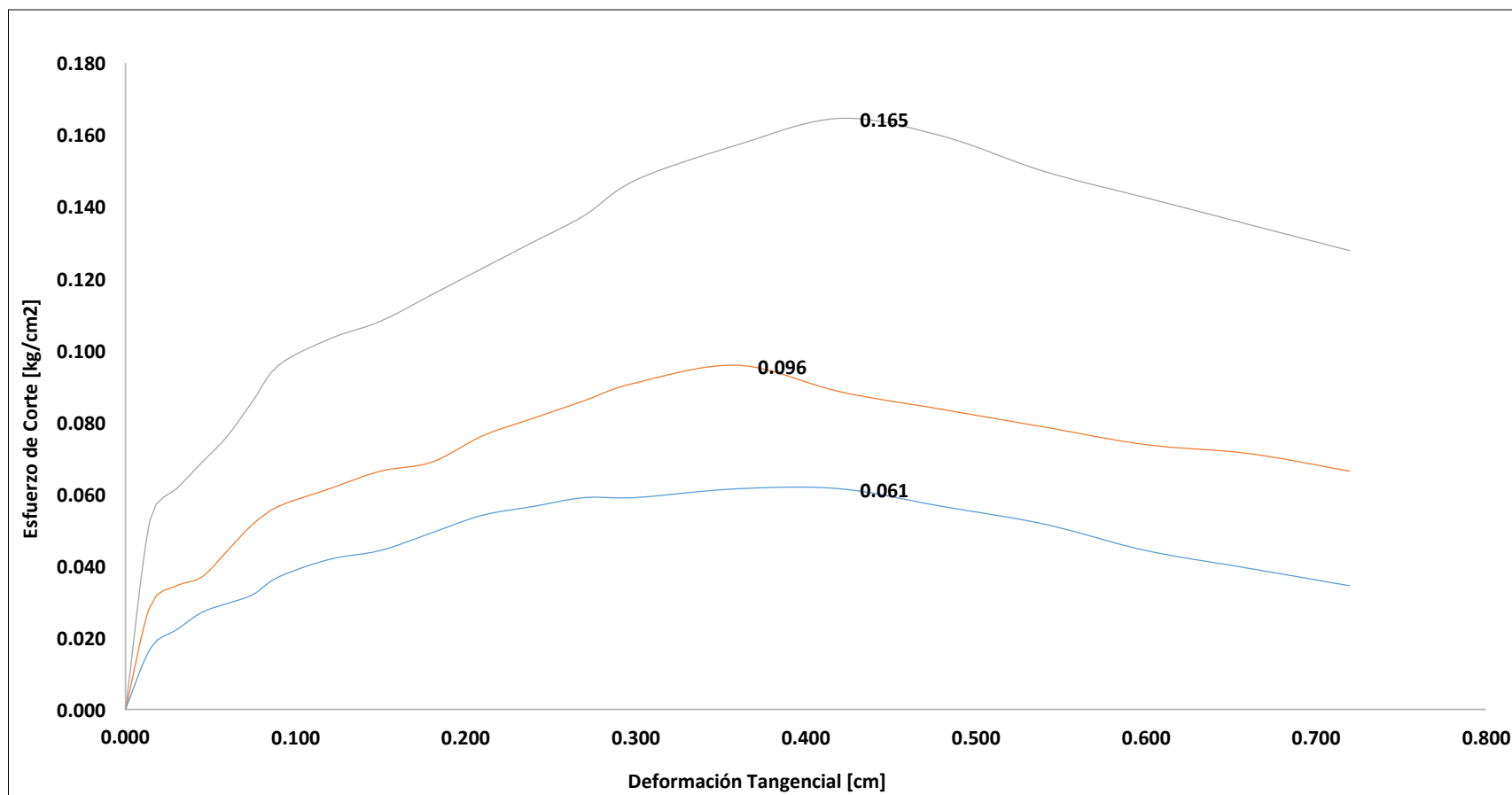


Figura N° 69: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 301– Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

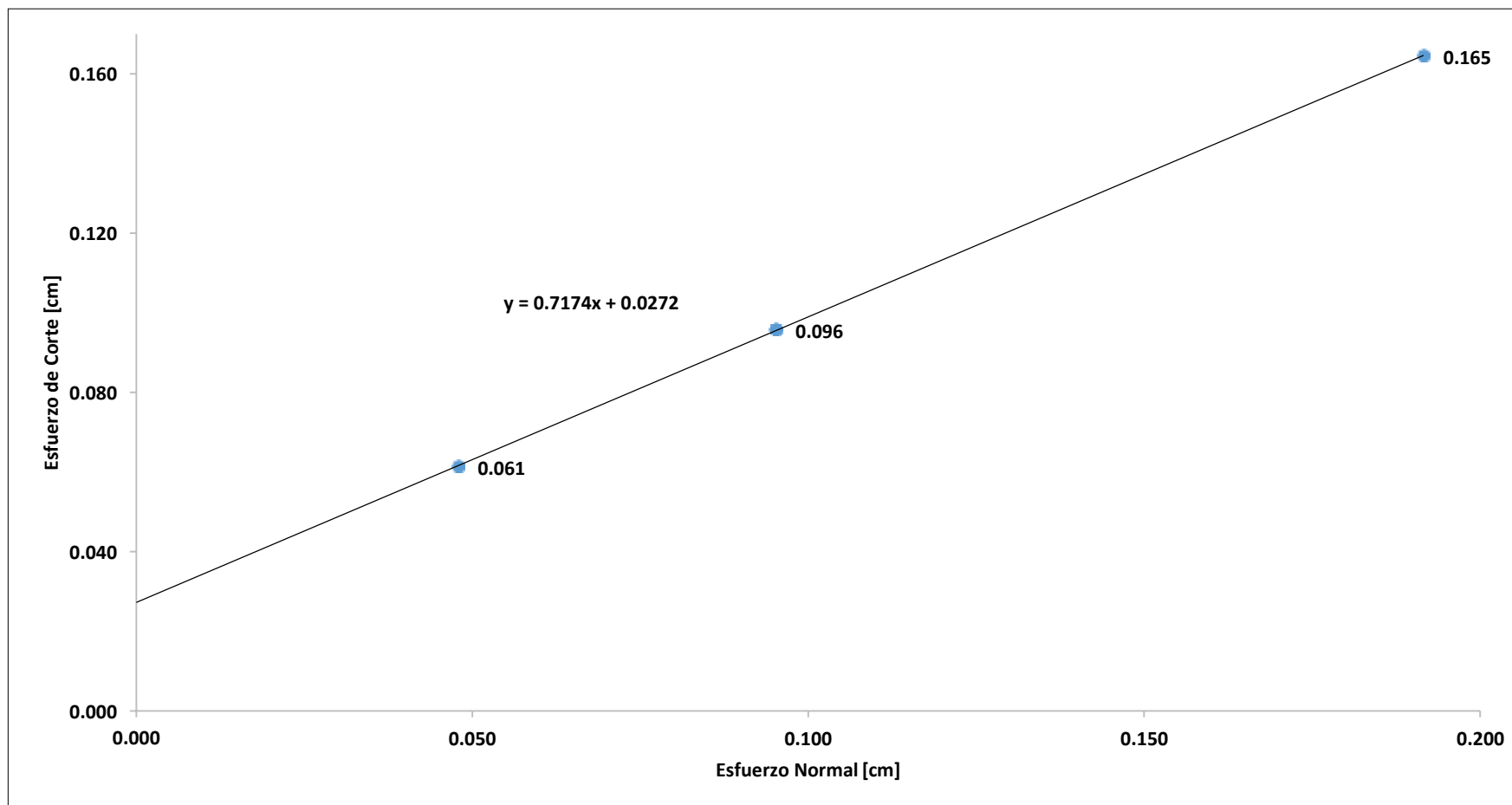


Figura N° 70: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 301 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

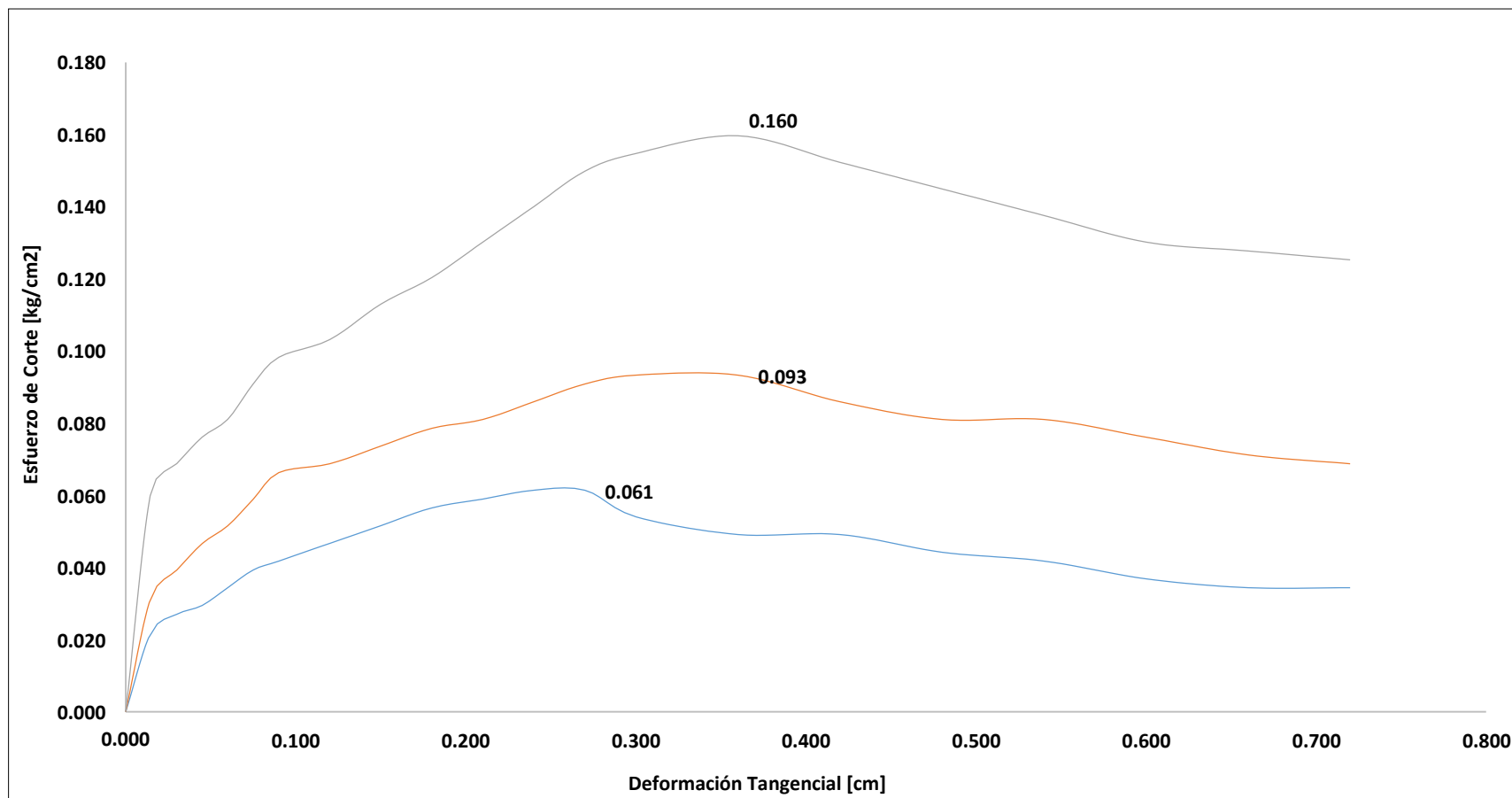


Figura N° 71: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 02 – Calicata C 301– Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

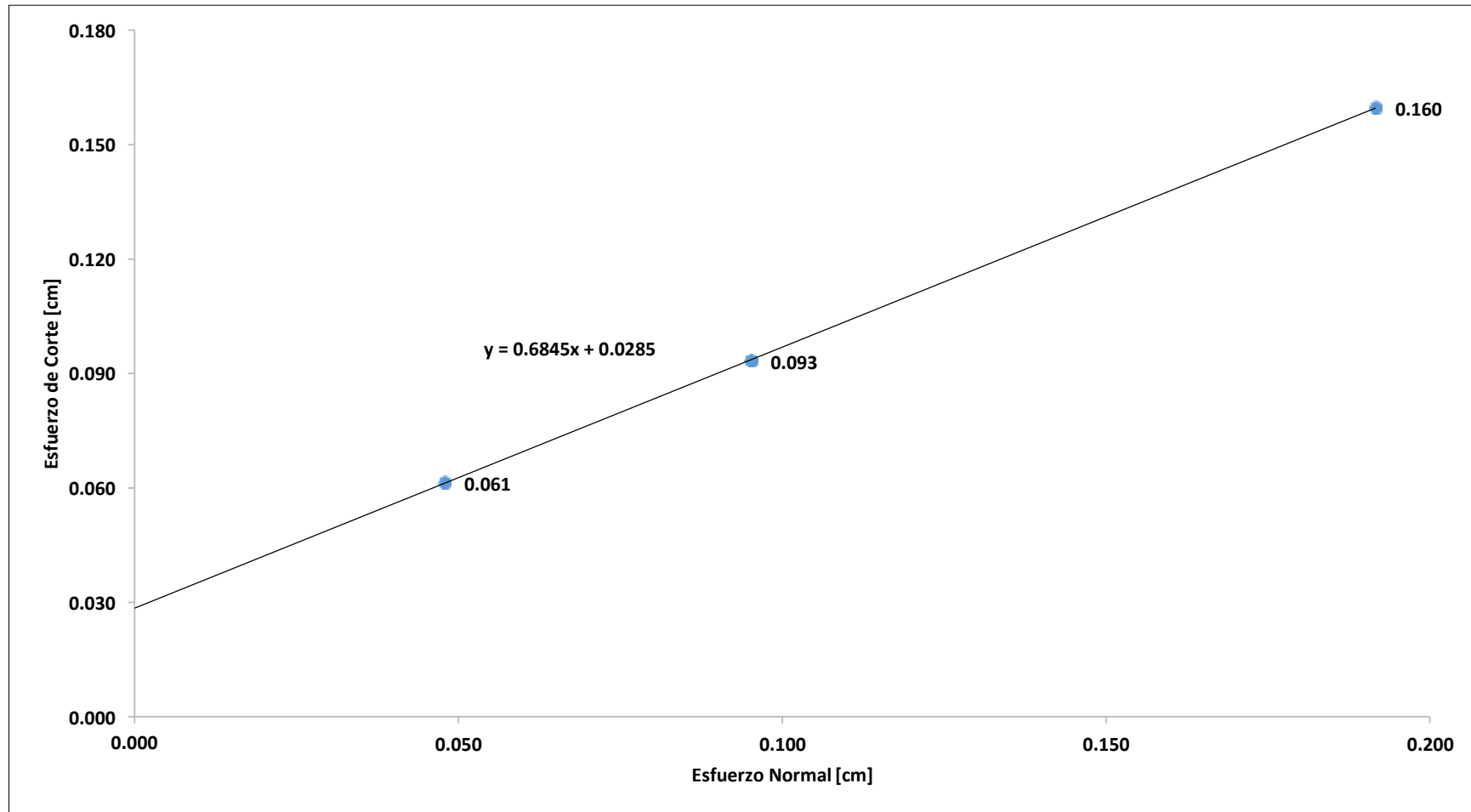


Figura N° 72: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 02 - Calicata C 301 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

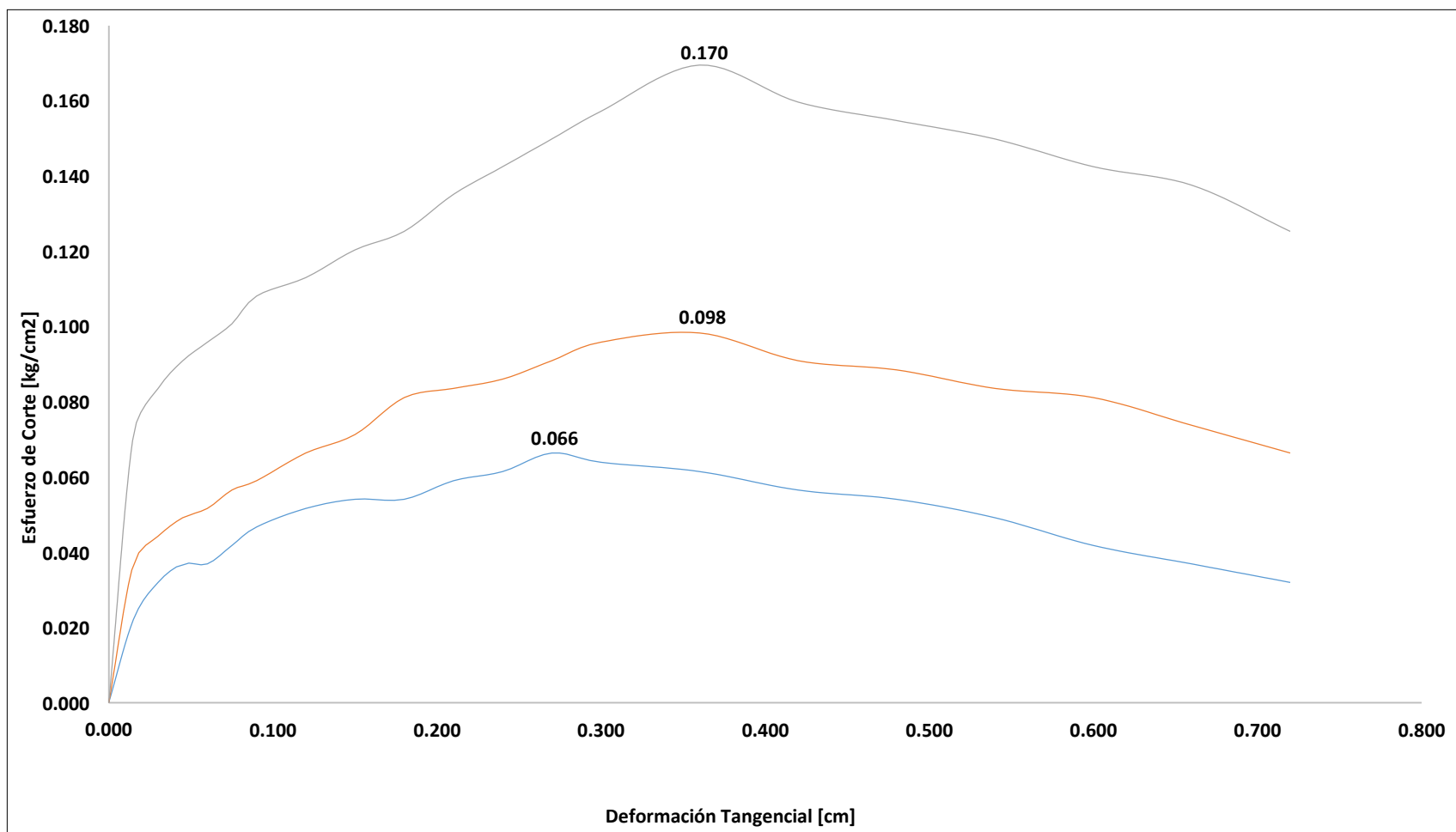
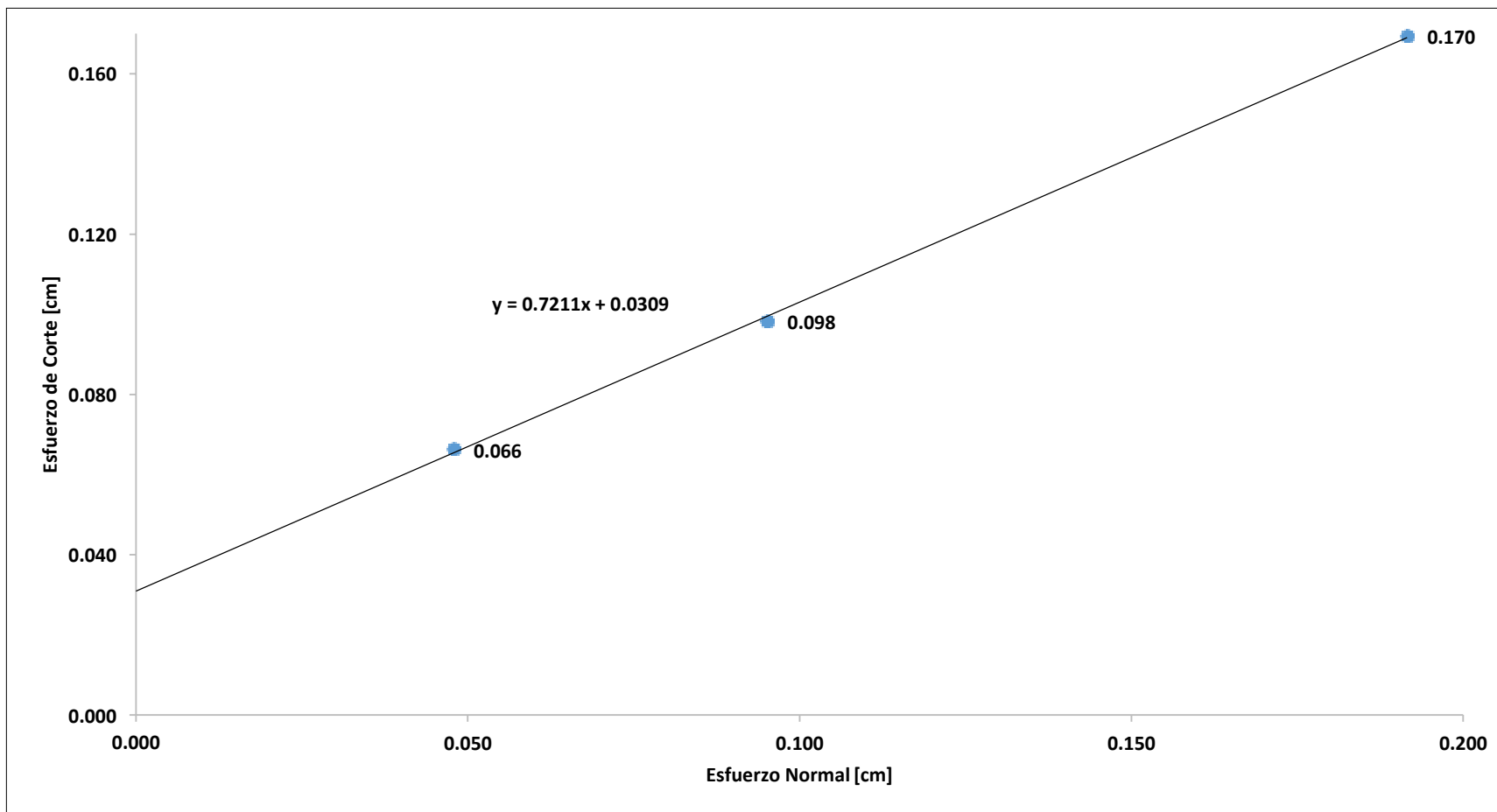


Figura N° 73: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 101– Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia





**Figura N° 74: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 101 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia**

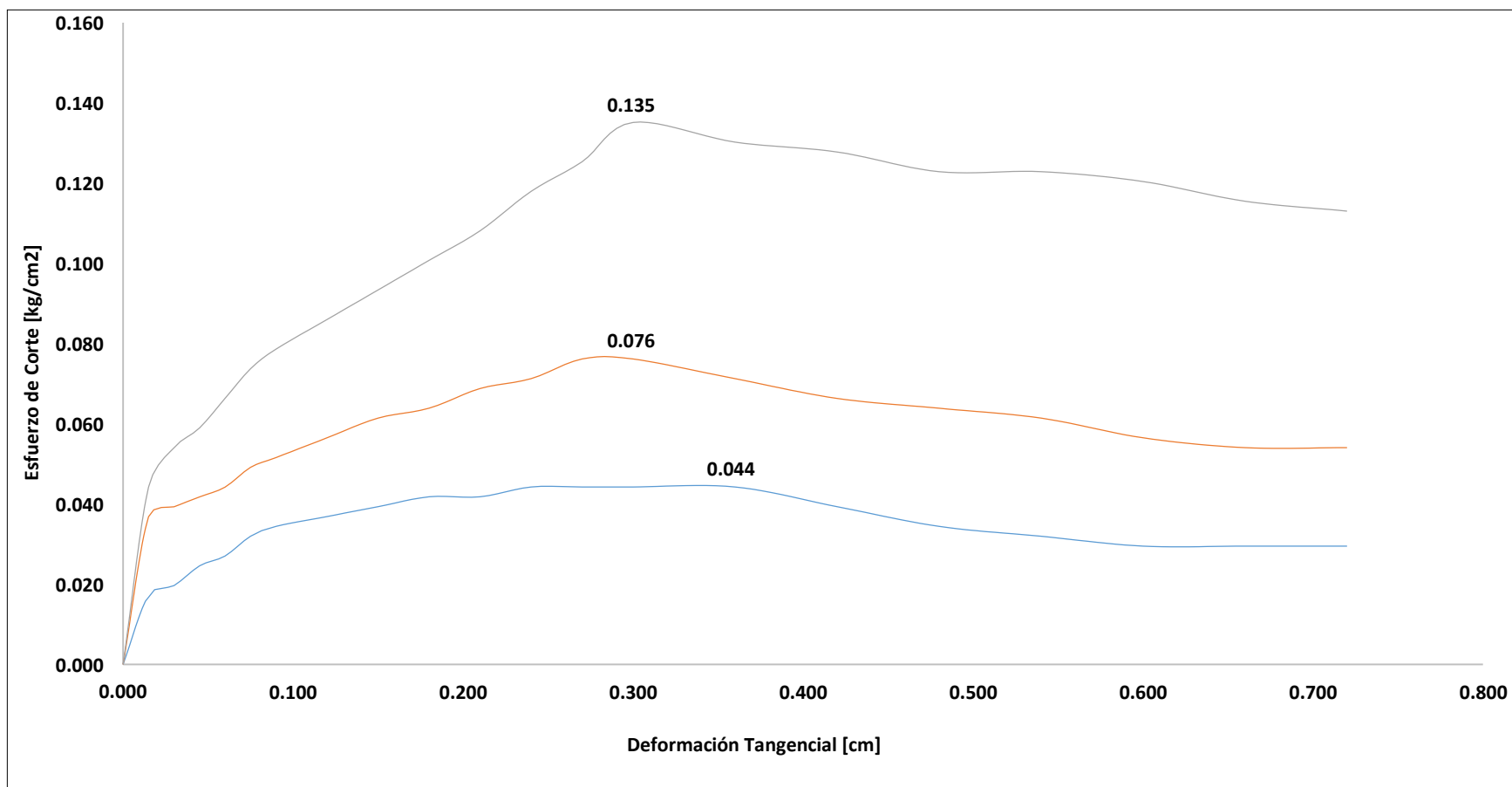


Figura N° 75: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 101– Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

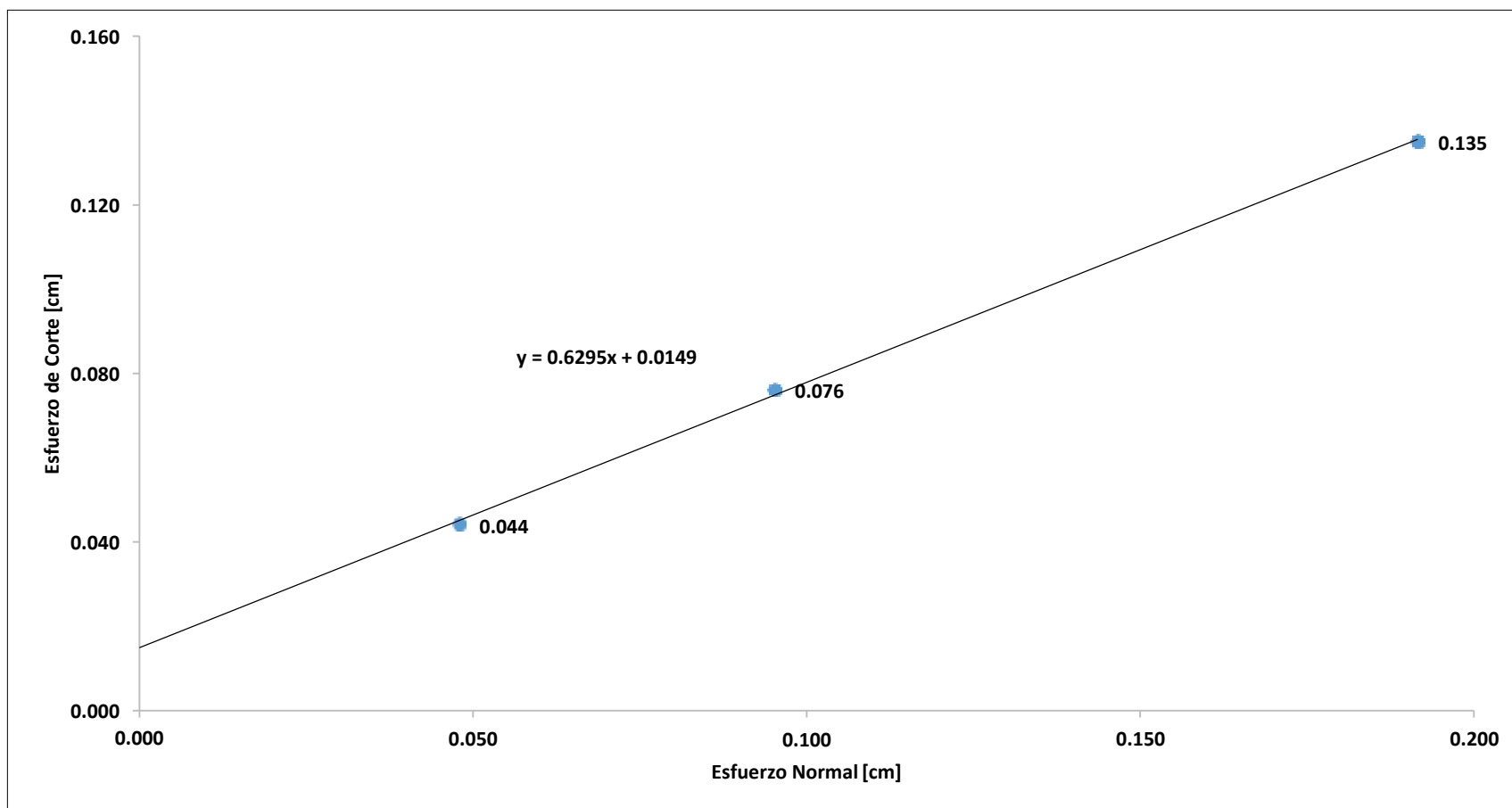


Figura N° 76: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 101 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

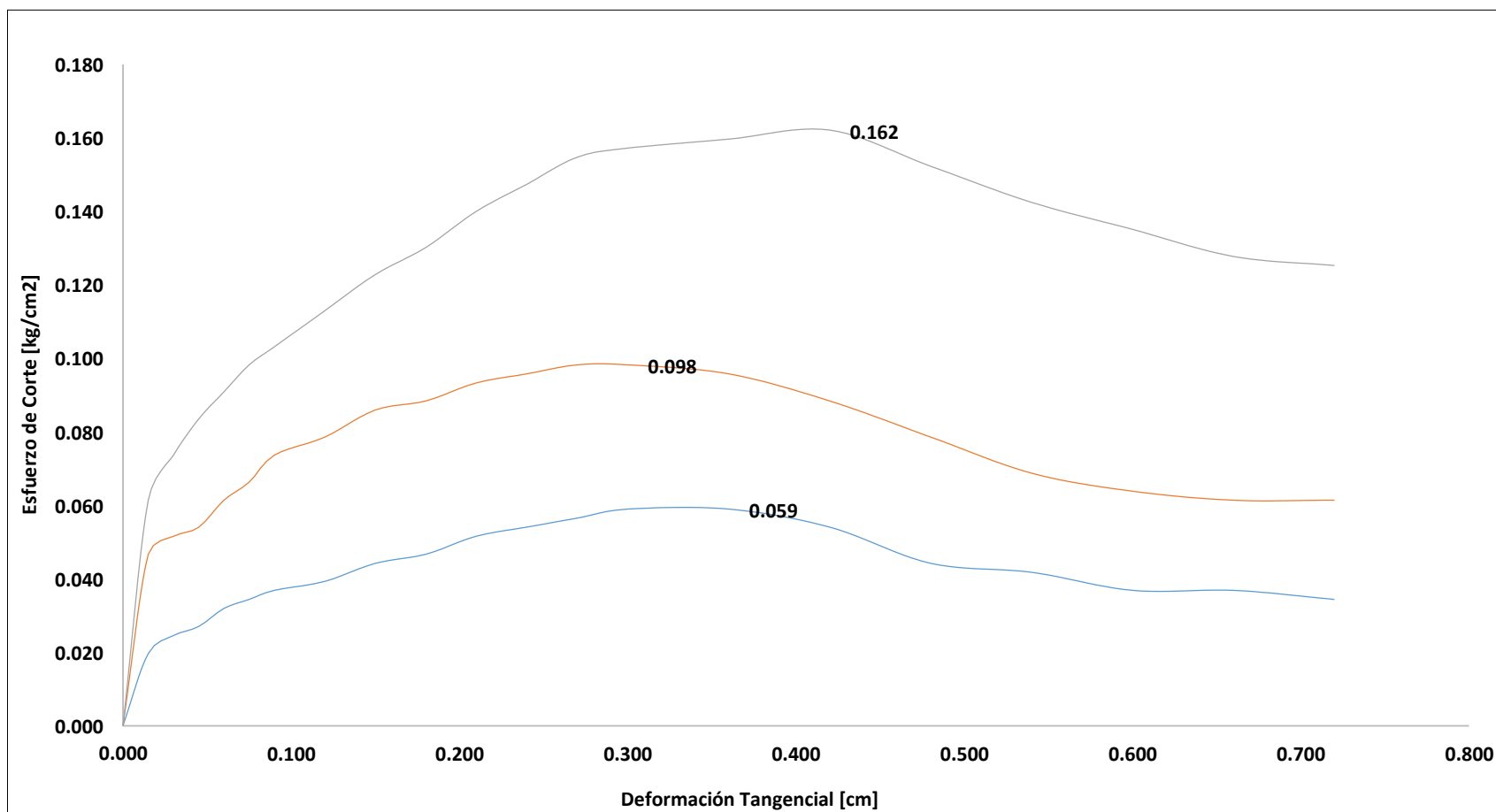


Figura N° 77: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 201– Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

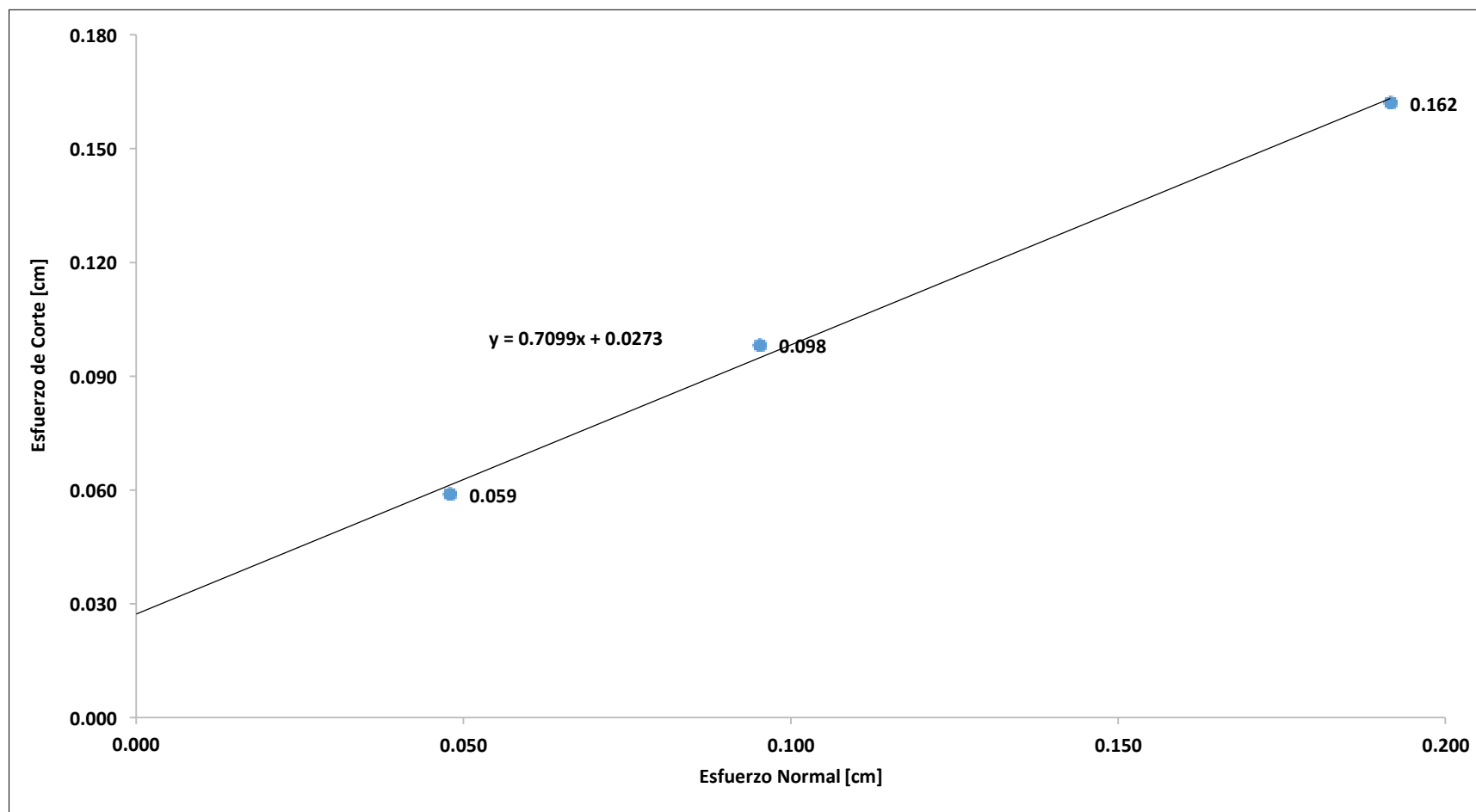


Figura N° 78: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 201 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

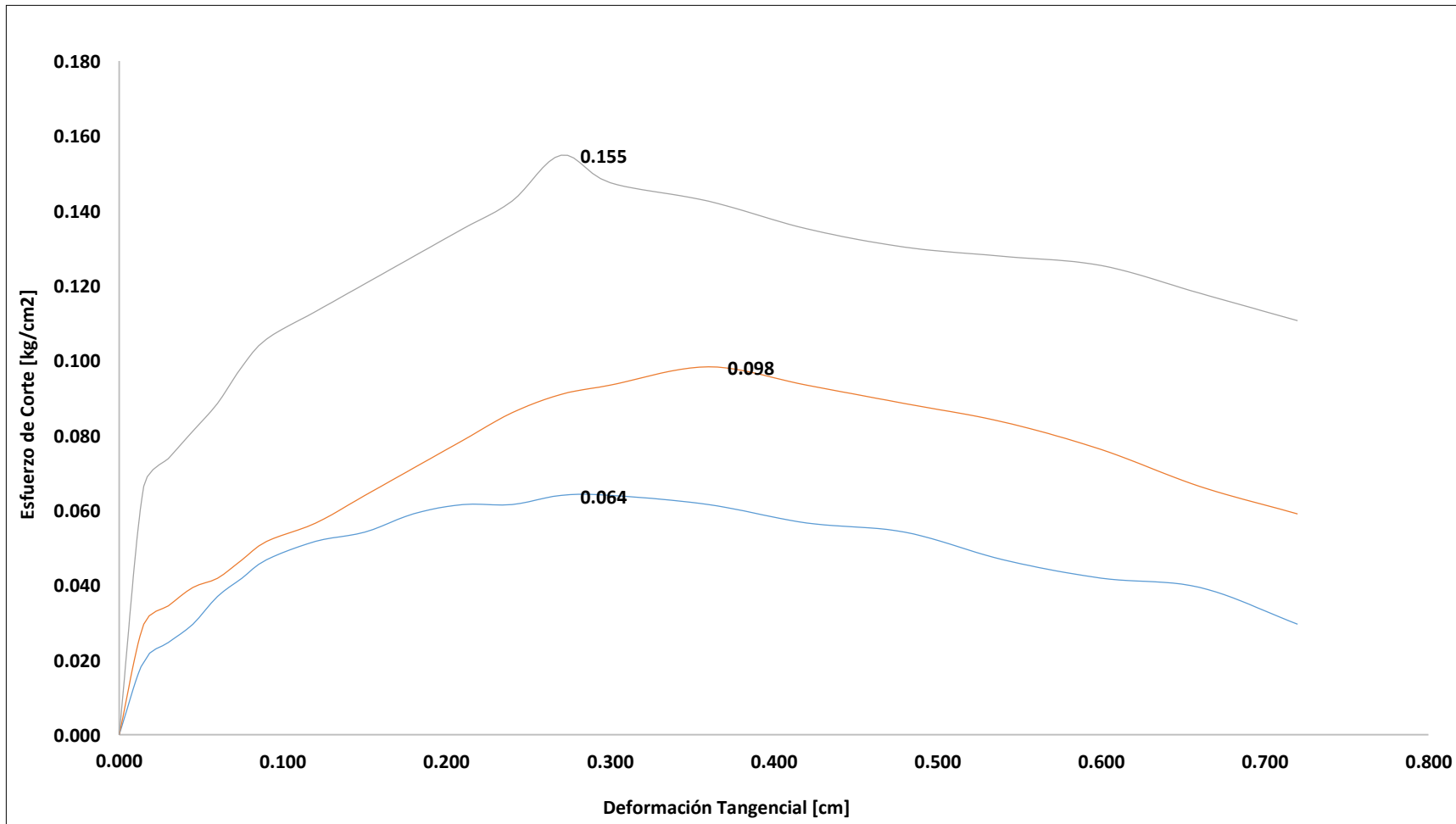


Figura N° 79: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 201– Estrato 02

Fuente: Elaboración Propia

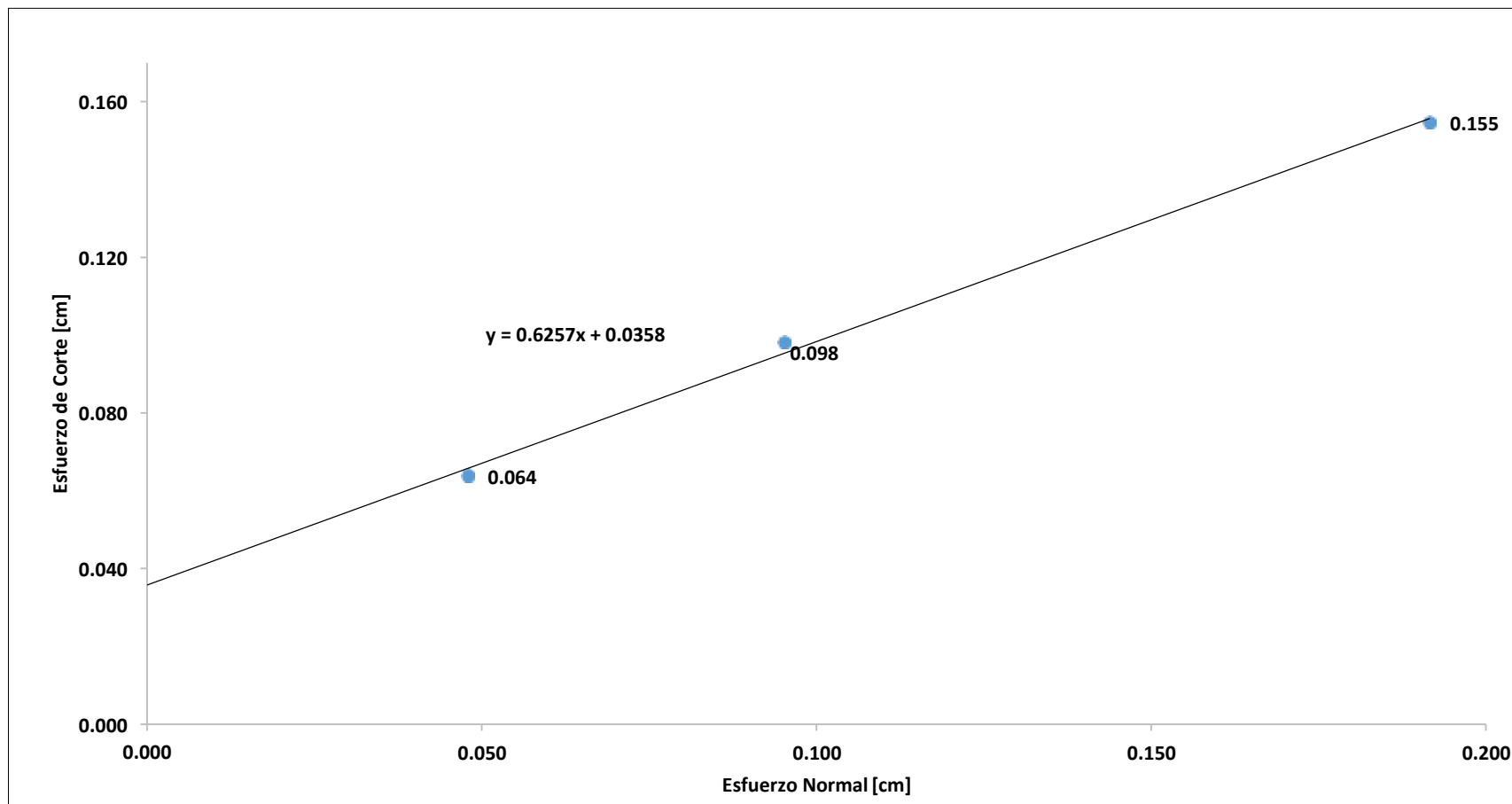


Figura N° 80: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 201 – Estrato 02  
Fuente: Elaboración Propia

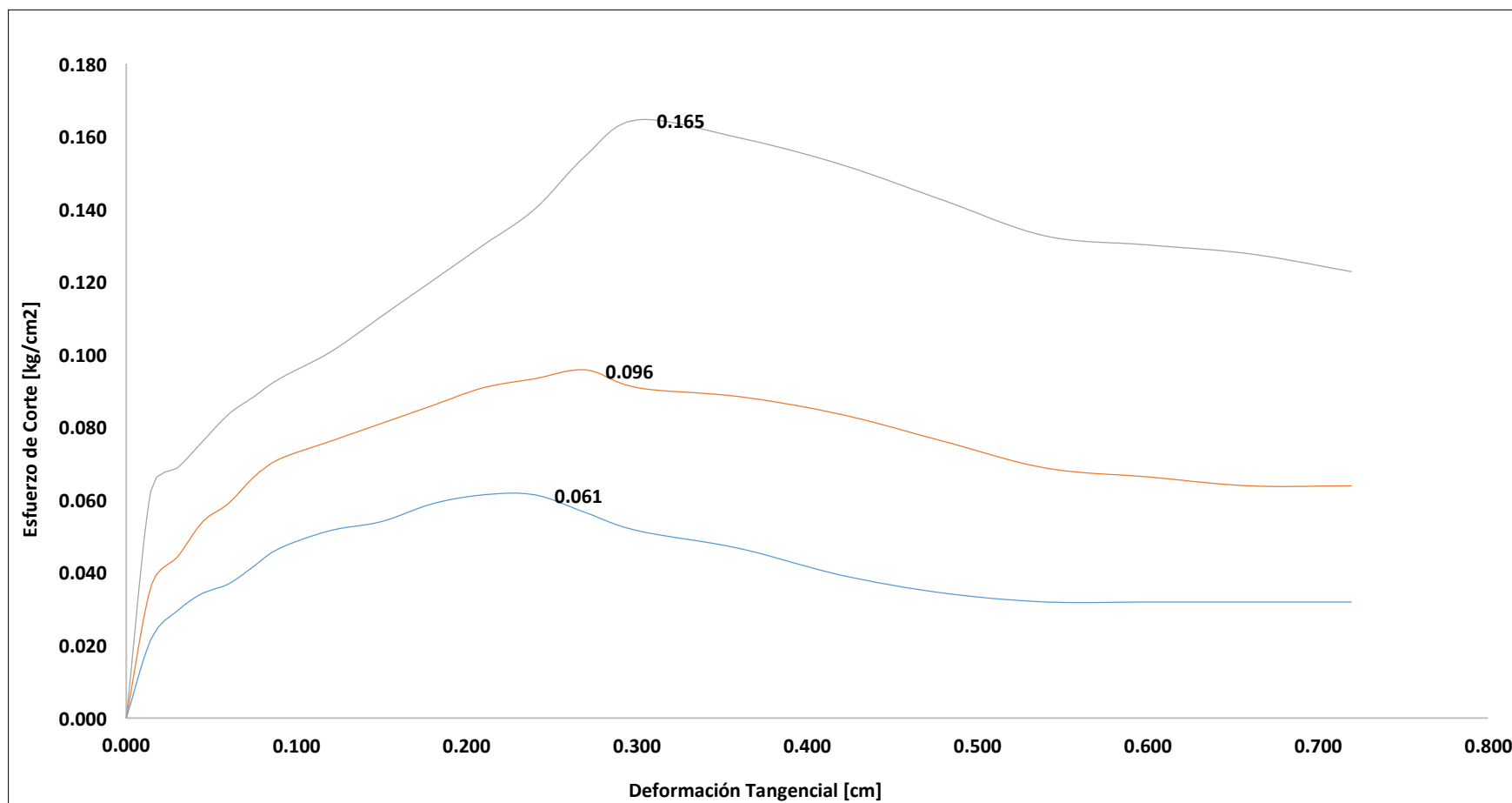


Figura N° 81: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 301– Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia



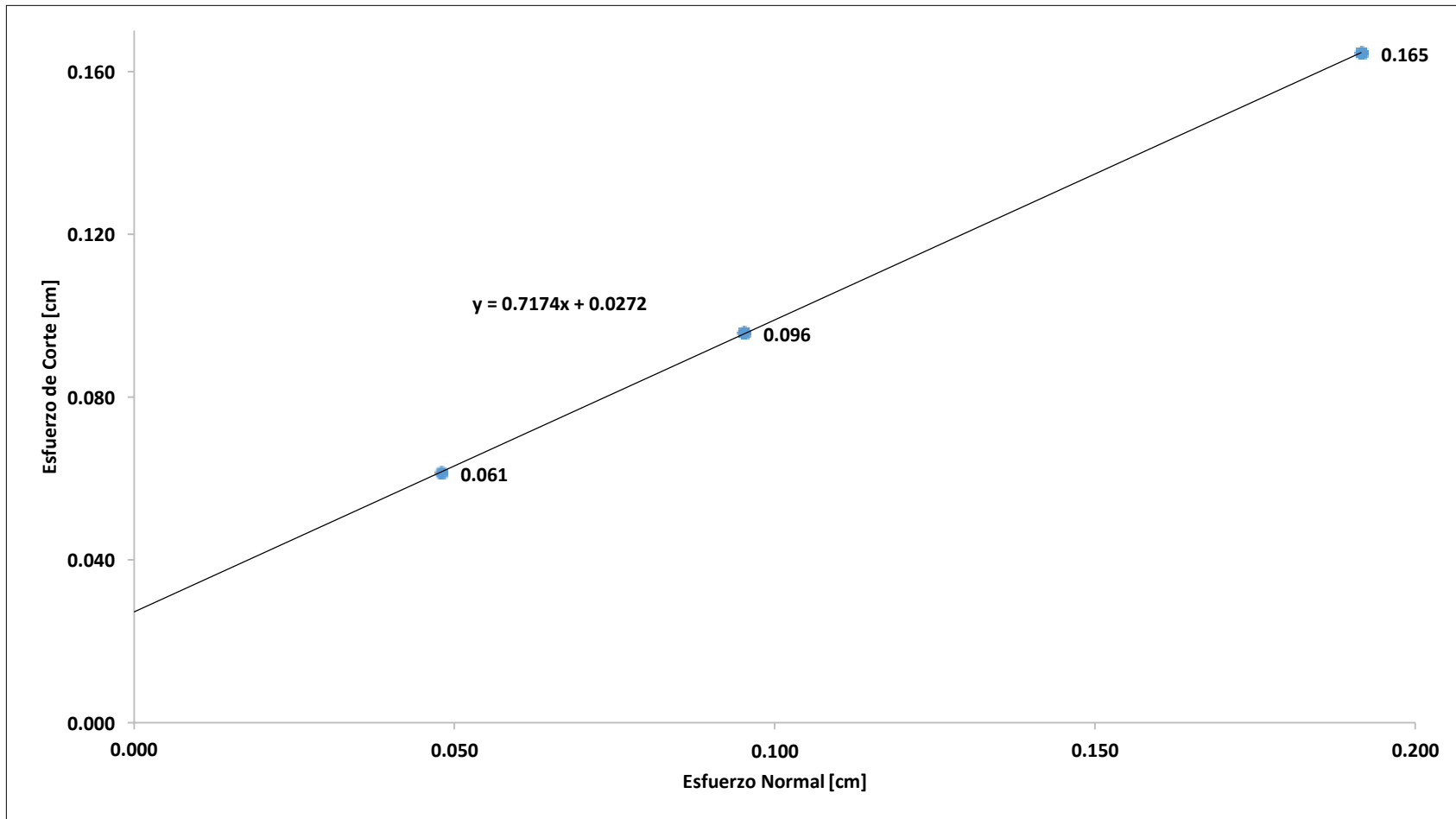


Figura N° 82: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 301 – Estrato 01  
Fuente: Elaboración Propia

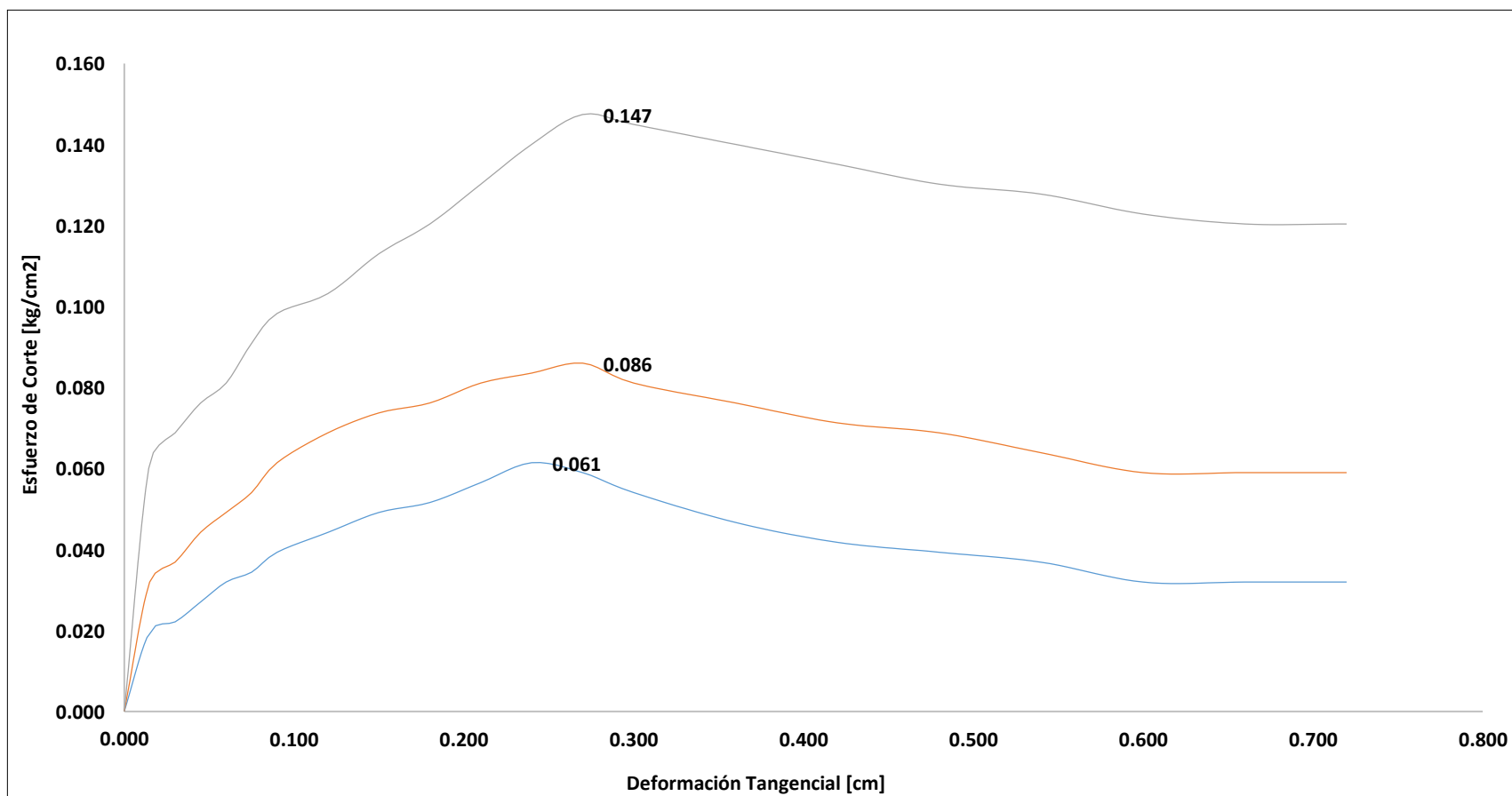


Figura N° 83: Deformación Tangencial vs. Esfuerzo de Corte – Zona 03 – Calicata C 301– Estrato 02

Fuente: Elaboración Propia

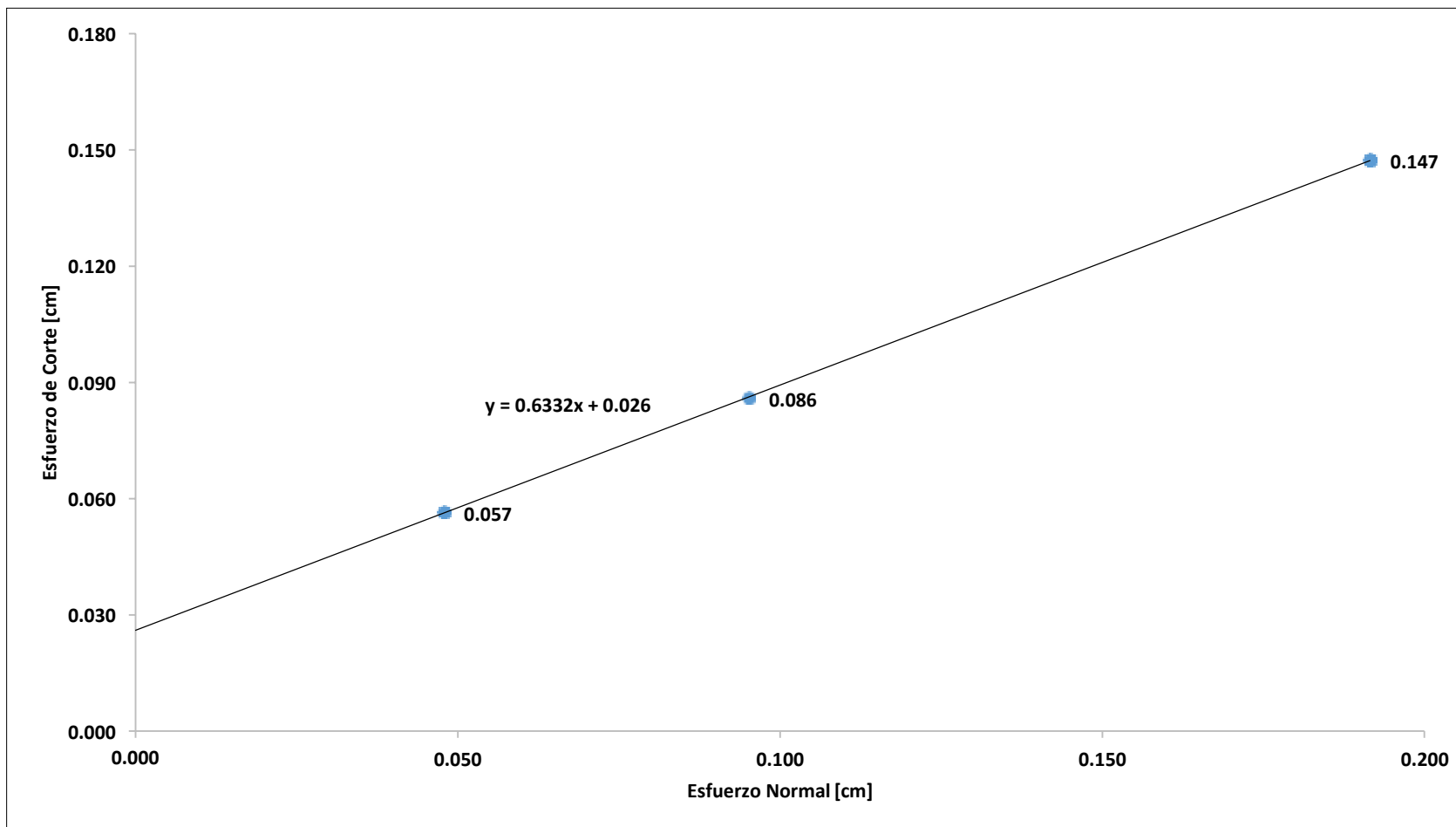


Figura N° 84: Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo de Corte Máximo – Zona 03 - Calicata C 301 – Estrato 02

Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO III: MEMORIA DE CÁLCULO DE CAPACIDAD  
PORTANTE SIN INFLUENCIA DE NIVEL  
FREÁTICO**

**ZONA 01 – CALICATA C101**

Datos:

$$\gamma = 0.00263 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 33.52^\circ$$

$$\varphi' = -\frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 22.35^\circ$$

$$c' = 0.0481 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.13$$

$$N'q = 4.60$$

$$N'\gamma = 1.62$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0481)(13.13) + (0.00263)(200)(4.60) + \frac{1}{2}(0.00263)(200)(1.62)$$

$$q_u = 3.27 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{3.27}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 1.09 \text{ Kg/cm}^2$$

**ZONA 01 – CALICATA C201**

Datos:

$$\gamma = 0.00254 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 32.94^\circ$$

$$\varphi' = \frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 21.96^\circ$$

$$c' = 0.0407 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 12.90$$

$$N'q = 4.47$$

$$N'\gamma = 1.54$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2}{3} c' N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0407)(12.90) + (0.00254)(200)(4.47) + \frac{1}{2}(0.00254)(200)(1.54)$$

$$q_u = 3.01 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{3.01}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 1.00 \text{ Kg/cm}^2$$

**ZONA 01 – CALICATA C301**

Datos:

$$\gamma = 0.00262 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 34.52^\circ$$

$$\varphi' = -\frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 23.01^\circ$$

$$c' = 0.0371 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.52$$

$$N'q = 4.82$$

$$N'\gamma = 1.74$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0371)(13.52) + (0.00262)(200)(4.82) + \frac{1}{2}(0.00262)(200)(1.74)$$

$$q_u = 3.32 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{3.32}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 1.11 \text{ Kg/cm}^2$$

**ZONA 02 – CALICATA C101**

Datos:

$$\gamma = 0.00253 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 33.22^\circ$$

$$\varphi' = \frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 22.15^\circ$$

$$c' = 0.0309 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.01$$

$$N'q = 4.53$$

$$N'\gamma = 1.58$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2}{3} c' N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0309)(13.01) + (0.00253)(200)(4.53) + \frac{1}{2}(0.00253)(200)(1.58)$$

$$q_u = 2.96 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.96}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.99 \text{ Kg/cm}^2$$



**ZONA 02 – CALICATA C201**

Datos:

$$\gamma = 0.00241 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 33.80^\circ$$

$$\varphi' = -\frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 22.53^\circ$$

$$c' = 0.0260 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.23$$

$$N'q = 4.66$$

$$N'\gamma = 1.65$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0260)(13.23) + (0.00241)(200)(4.66) + \frac{1}{2}(0.00241)(200)(1.65)$$

$$q_u = 2.87 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.87}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.96 \text{ Kg/cm}^2$$

**ZONA 02 – CALICATA C301**

Datos:

$$\gamma = 0.00255 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 34.39^\circ$$

$$\varphi' = \frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 22.93^\circ$$

$$c' = 0.0285 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.47$$

$$N'q = 4.80$$

$$N'\gamma = 1.73$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2}{3} c' N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0285)(13.47) + (0.00255)(200)(4.80) + \frac{1}{2}(0.00255)(200)(1.73)$$

$$q_u = 3.15 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{3.15}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 1.05 \text{ Kg/cm}^2$$

**ZONA 03 – CALICATA C101**

Datos:

$$\gamma = 0.00257 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 32.19^\circ$$

$$\varphi' = -\frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 21.46^\circ$$

$$c' = 0.0149 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 12.63$$

$$N'q = 4.31$$

$$N'\gamma = 1.44$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0149)(12.63) + (0.00257)(200)(4.31) + \frac{1}{2}(0.00257)(200)(1.44)$$

$$q_u = 2.71 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.71}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.90 \text{ Kg/cm}^2$$

**ZONA 03 – CALICATA C201**

Datos:

$$\gamma = 0.00255 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 32.03^\circ$$

$$\varphi' = \frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 21.35^\circ$$

$$c' = 0.0358 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 12.56$$

$$N'q = 4.28$$

$$N'\gamma = 1.42$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2}{3} c' N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0358)(12.56) + (0.00255)(200)(4.28) + \frac{1}{2}(0.00255)(200)(1.42)$$

$$q_u = 2.84 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.84}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.95 \text{ Kg/cm}^2$$

**ZONA 03 – CALICATA C301**

Datos:

$$\gamma = 0.00257 \text{ Kg/cm}^3$$

$$Df = 200 \text{ cm.}$$

$$\varphi = 32.50^\circ$$

$$\varphi' = -\frac{2}{3}\varphi$$

$$\varphi' = 21.67^\circ$$

$$c' = 0.0297 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 12.74$$

$$N'q = 4.37$$

$$N'\gamma = 1.48$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando la fórmula, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0297)(12.74) + (0.00257)(200)(4.37) + \frac{1}{2}(0.00257)(200)(1.48)$$

$$q_u = 2.84 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.84}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.95 \text{ Kg/cm}^2$$

**ANEXO IV: MEMORIA DE CÁLCULO DE CAPACIDAD  
PORTANTE CON INFLUENCIA DE NIVEL  
FREÁTICO**

### ZONA 01 – CALICATA C101

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00263 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 160 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 40 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 33.52^\circ$$

$$\phi' = -\frac{2}{\phi}$$

$$\phi' = 22.35^\circ$$

$$c' = 0.0481 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.13$$

$$N'q = 4.60$$

$$N'\gamma = 1.62$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 160(0.00263) + 40(0.00263 - 0.00100)$$

$$q = 0.486$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0481) (13.13) + (0.486) (4.60) + \frac{1}{2}(0.00163) (100) (1.62)$$

$$q_u = 2.92 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.92}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.97 \text{ Kg/cm}^2$$



### ZONA 01 – CALICATA C201

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00254 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 160 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 40 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 32.94^\circ$$

$$\phi' = -\frac{2}{\phi}$$

$$\phi' = 21.96^\circ$$

$$c' = 0.0407 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 12.90$$

$$N'q = 4.47$$

$$N'\gamma = 1.54$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 160(0.00254) + 40(0.00254 - 0.00100)$$

$$q = 0.468$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0407)(12.90) + (0.468)(4.47) + \frac{1}{2}(0.00154)(100)(1.54)$$

$$q_u = 2.68 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.68}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.89 \text{ Kg/cm}^2$$

### ZONA 01 – CALICATA C301

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00262 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 160 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 40 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 34.52^\circ$$

$$\phi' = -\phi$$

$$\phi' = 23.01^\circ$$

$$c' = 0.0371 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.52$$

$$N'q = 4.82$$

$$N'\gamma = 1.74$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 160(0.00262) + 40(0.00262 - 0.00100)$$

$$q = 0.484$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0371)(13.52) + (0.484)(4.82) + \frac{1}{2}(0.00162)(100)(1.74)$$

$$q_u = 2.95 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.95}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.98 \text{ Kg/cm}^2$$

### ZONA 02 – CALICATA C101

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00253 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 160 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 40 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 33.22^\circ$$

$$\phi' = -\phi$$

$$\phi' = 22.15^\circ$$

$$c' = 0.0309 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.01$$

$$N'q = 4.53$$

$$N'\gamma = 1.58$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 160(0.00253) + 40(0.00253 - 0.00100)$$

$$q = 0.466$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0309)(13.01) + (0.466)(4.53) + \frac{1}{2}(0.00153)(100)(1.58)$$

$$q_u = 2.62 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.62}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.87 \text{ Kg/cm}^2$$

### ZONA 02 – CALICATA C201

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00241 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 150 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 50 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 33.80^\circ$$

$$\phi' = -\frac{2}{\phi}$$

$$\phi' = 22.53^\circ$$

$$c' = 0.0260 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.23$$

$$N'q = 4.66$$

$$N'\gamma = 1.65$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 150(0.00241) + 50(0.00241 - 0.00100)$$

$$q = 0.432$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0260) (13.23) + (0.432) (4.66) + \frac{1}{2}(0.00141) (100) (1.65)$$

$$q_u = 2.48 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.48}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.83 \text{ Kg/cm}^2$$



### ZONA 02 – CALICATA C301

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00255 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 150 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 50 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 34.39^\circ$$

$$\phi' = -\phi$$

$$\phi' = 22.93^\circ$$

$$c' = 0.0285 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 13.47$$

$$N'q = 4.80$$

$$N'\gamma = 1.73$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 150(0.00255) + 50(0.00255 - 0.00100)$$

$$q = 0.460$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0285)(13.47) + (0.460)(4.80) + \frac{1}{2}(0.00155)(100)(1.73)$$

$$q_u = 2.73 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.73}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.91 \text{ Kg/cm}^2$$

### ZONA 03 – CALICATA C101

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00257 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 120 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 80 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 32.19^\circ$$

$$\phi' = -\phi$$

$$\phi' = 21.46^\circ$$

$$c' = 0.0149 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 12.63$$

$$N'q = 4.31$$

$$N'\gamma = 1.44$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 120(0.00257) + 80(0.00257 - 0.00100)$$

$$q = 0.434$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0149)(12.63) + (0.434)(4.31) + \frac{1}{2}(0.00157)(100)(1.44)$$

$$q_u = 2.22 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.22}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.74 \text{ Kg/cm}^2$$

### ZONA 03 – CALICATA C201

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00255 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 120 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 80 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 32.03^\circ$$

$$\phi' = -\frac{2}{\phi}$$

$$\phi' = 21.35^\circ$$

$$c' = 0.0358 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 12.56$$

$$N'q = 4.28$$

$$N'\gamma = 1.42$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 120(0.00255) + 80(0.00255 - 0.00100)$$

$$q = 0.430$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0358)(12.56) + (0.430)(4.28) + \frac{1}{2}(0.00155)(100)(1.42)$$

$$q_u = 2.36 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.36}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.79 \text{ Kg/cm}^2$$

### ZONA 03 – CALICATA C301

Datos:

$$\gamma_{sat} = 0.00257 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\gamma_w = 0.00100 \text{ Kg/cm}^3$$

$$D_1 = 120 \text{ cm.}$$

$$D_2 = 80 \text{ cm.}$$

$$B = 100 \text{ cm.}$$

$$\phi = 32.50^\circ$$

$$\phi' = -\frac{2}{\phi}$$

$$\phi' = 21.67^\circ$$

$$c' = 0.0247 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N'c = 12.74$$

$$N'q = 4.37$$

$$N'\gamma = 1.48$$

$$\text{Factor de Seguridad (F. S.)} = 3.00$$

Aplicando el criterio de modificación de Fórmula de Terzaghi, para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$q = 120(0.00257) + 80(0.00257 - 0.00100)$$

$$q = 0.434$$

Aplicando la fórmula para cimientos con influencia de nivel freático, se tiene que:

$$q_u = \frac{2c}{3} N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma B N'\gamma$$

$$q_u = \frac{2}{3}(0.0247)(12.74) + (0.434)(4.37) + \frac{1}{2}(0.00157)(100)(1.48)$$

$$q_u = 2.34 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F.S.}$$

$$q_{adm.} = \frac{2.34}{3.00}$$

$$q_{adm.} = 0.78 \text{ Kg/cm}^2$$



## **ANEXO V: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS**

























## **ANEXO VI: CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO**



## **ANEXO VII:    NORMAS TÉCNICAS**











## **ANEXO VIII: INFORME DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

## INFORME DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### 1. ANTECEDENTES GENERALES

- PROYECTO** : INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS DEL SECTOR EL CORTIJO BAJO – DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, CIUDAD DE TRUJILLO, EN EL AÑO 2018
- AUTOR** : RICHARD PATRICK, JULCA CASTILLO
- SOLICITA** : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE – SAN ISIDRO
- ENSAYO(S)** : GRANULOMETRÍA, CONTENIDO DE HUMEDAD, PESO ESPECÍFICO RELATIVO, LÍMITES DE ATTERBERG, ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO, DETERMINACIÓN DEL pH, CONTENIDO DE SULFATOS, CONTENIDO DE CLORUROS, CONTENIDO DE SALES SOLUBLES, CORTE DIRECTO

### 2. ANTECEDENTES TÉCNICOS

*Se informa (n) el (los) resultados de ensayo (s) realizado (s) o muestra (s) de suelo (s), de acuerdo a método (s) normado (s) y vigente (s).*

*\*\*\*Muestreo realizado por Tesista.*

### 3. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN / UBICACIÓN
M – 01	Calicata C 101 – E 01 / Zona 01
M – 02	Calicata C 101 – E 02 / Zona 01
M – 03	Calicata C 201 – E 01 / Zona 01
M – 04	Calicata C 201 – E 02 / Zona 01
M – 05	Calicata C 301 – E 01 / Zona 01
M – 06	Calicata C 301 – E 02 / Zona 01
M – 07	Calicata C 101 – E 01 / Zona 02
M – 08	Calicata C 101 – E 02 / Zona 02
M – 09	Calicata C 201 – E 01 / Zona 02
M – 10	Calicata C 201 – E 02 / Zona 02
M – 11	Calicata C 301 – E 01 / Zona 02
M – 12	Calicata C 301 – E 02 / Zona 02
M – 13	Calicata C 101 – E 01 / Zona 03
M – 14	Calicata C 101 – E 02 / Zona 03
M – 15	Calicata C 201 – E 01 / Zona 03
M – 16	Calicata C 201 – E 02 / Zona 03
M – 17	Calicata C 301 – E 01 / Zona 03
M – 18	Calicata C 301 – E 02 / Zona 03

#### 4. RESULTADOS

---

##### 4.1. ENSAYOS FÍSICOS

##### 4.1.1. GRANULOMETRÍA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			01	C101	01
Nº TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	4.92	0.28	0.28	99.72
10	2.00	91.86	5.25	5.53	94.47
20	0.84	87.36	4.99	10.52	89.48
40	0.42	156.03	8.92	19.44	80.56
60	0.25	254.19	14.53	33.96	66.04
100	0.14	666.63	38.09	72.06	27.94
200	0.074	402.01	22.97	95.03	4.97
<b>FONDO</b>		87.00	4.97	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1750.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			ASTM D 422		
			Zona	Calicata	Estrato
			01	C 101	02
N° TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	9.46	0.68	0.68	99.32
10	2.00	76.25	5.45	6.12	93.88
20	0.84	100.43	7.17	13.30	86.70
40	0.42	126.50	9.04	22.33	77.67
60	0.25	164.50	11.75	34.08	65.92
100	0.14	528.60	37.76	71.84	28.16
200	0.074	329.01	23.50	95.34	4.66
<b>FONDO</b>		65.25	4.66	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1400.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			01	C 201	01
N° TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	0.98	0.07	0.07	99.93
10	2.00	24.26	1.62	1.68	98.32
20	0.84	59.12	3.94	5.62	94.38
40	0.42	119.44	7.96	13.59	86.41
60	0.25	283.72	18.91	32.50	67.50
100	0.14	661.50	44.10	76.60	23.40
200	0.074	300.92	20.06	96.66	3.34
<b>FONDO</b>		50.06	3.34	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1500.00</b>	<b>100.00</b>		



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			ASTM D 422		
			Zona	Calicata	Estrato
			01	C 201	02
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	24.09	1.51	1.51	98.49
10	2.00	50.45	3.15	4.66	95.34
20	0.84	123.55	7.72	12.38	87.62
40	0.42	122.35	7.65	20.03	79.97
60	0.25	272.00	17.00	37.03	62.97
100	0.14	600.26	37.52	74.54	25.46
200	0.074	331.82	20.74	95.28	4.72
<b>FONDO</b>		75.48	4.72	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1600.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			01	C 301	01
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	22.18	1.48	1.48	98.52
10	2.00	57.66	3.84	5.32	94.68
20	0.84	73.21	4.88	10.20	89.80
40	0.42	135.78	9.05	19.26	80.74
60	0.25	266.69	17.78	37.03	62.97
100	0.14	631.40	42.09	79.13	20.87
200	0.074	242.56	16.17	95.30	4.70
<b>FONDO</b>		70.52	4.70	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1500.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			01	C 301	02
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	13.75	0.98	0.98	99.02
10	2.00	52.42	3.74	4.73	95.27
20	0.84	80.90	5.78	10.51	89.50
40	0.42	103.24	7.37	17.88	82.12
60	0.25	211.06	15.08	32.96	67.05
100	0.14	564.24	40.30	73.26	26.74
200	0.074	305.42	21.82	95.07	4.93
<b>FONDO</b>		68.97	4.93	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1400.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			02	C 101	01
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	100.16	7.15	7.15	92.85
10	2.00	122.10	8.72	15.88	84.12
20	0.84	127.20	9.09	24.96	75.04
40	0.42	159.14	11.37	36.33	63.67
60	0.25	200.14	14.30	50.62	49.38
100	0.14	364.52	26.04	76.66	23.34
200	0.074	256.86	18.35	95.01	4.99
<b>FONDO</b>		69.88	4.99	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1400.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			ASTM D 422		
			Zona	Calicata	Estrato
			02	C 101	02
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	19.02	1.27	1.27	98.73
10	2.00	153.21	10.21	11.48	88.52
20	0.84	140.62	9.37	20.86	79.14
40	0.42	152.56	10.17	31.03	68.97
60	0.25	211.46	14.10	45.12	54.88
100	0.14	432.60	28.84	73.96	26.04
200	0.074	346.00	23.07	97.03	2.97
<b>FONDO</b>		44.53	2.97	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1500.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			02	C 201	01
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	104.36	6.96	6.96	93.04
10	2.00	104.08	6.94	13.90	86.10
20	0.84	165.56	11.04	24.93	75.07
40	0.42	198.69	13.25	38.18	61.82
60	0.25	224.04	14.94	53.12	46.88
100	0.14	363.70	24.25	77.36	22.64
200	0.074	269.67	17.98	95.34	4.66
<b>FONDO</b>		69.90	4.66	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1500.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			02	C 201	02
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	36.35	2.42	2.42	97.58
10	2.00	138.15	9.21	11.63	88.37
20	0.84	142.65	9.51	21.14	78.86
40	0.42	129.96	8.66	29.81	70.19
60	0.25	197.87	13.19	43.00	57.00
100	0.14	432.97	28.86	71.86	28.14
200	0.074	351.72	23.45	95.31	4.69
<b>FONDO</b>		70.33	4.69	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1500.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			02	C 301	01
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	95.25	7.33	7.33	92.67
10	2.00	224.50	17.27	24.60	75.40
20	0.84	150.00	11.54	36.13	63.87
40	0.42	100.23	7.71	43.84	56.16
60	0.25	233.52	17.96	61.81	38.19
100	0.14	351.78	27.06	88.87	11.13
200	0.074	94.35	7.26	96.13	3.87
<b>FONDO</b>		50.37	3.87	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1300.00</b>	<b>100.00</b>		



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			ASTM D 422		
			Zona	Calicata	Estrato
			02	C 301	01
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	95.25	7.33	7.33	92.67
10	2.00	224.50	17.27	24.60	75.40
20	0.84	150.00	11.54	36.13	63.87
40	0.42	100.23	7.71	43.84	56.16
60	0.25	233.52	17.96	61.81	38.19
100	0.14	351.78	27.06	88.87	11.13
200	0.074	94.35	7.26	96.13	3.87
<b>FONDO</b>		50.37	3.87	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1300.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			02	C 301	02
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	82.34	5.88	5.88	94.12
10	2.00	124.36	8.88	14.76	85.24
20	0.84	250.42	17.89	32.65	67.35
40	0.42	314.24	22.45	55.10	44.90
60	0.25	125.63	8.97	64.07	35.93
100	0.14	230.99	16.50	80.57	19.43
200	0.074	55.67	3.98	84.55	15.45
<b>FONDO</b>		216.35	15.45	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1400.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			ASTM D 422		
			Zona	Calicata	Estrato
			03	C 101	01
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	26.96	1.93	1.93	98.07
10	2.00	189.84	13.56	15.49	84.51
20	0.84	225.28	16.09	31.58	68.42
40	0.42	157.56	11.25	42.83	57.17
60	0.25	181.77	12.98	55.82	44.19
100	0.14	359.07	25.65	81.46	18.54
200	0.074	80.28	5.73	87.20	12.80
<b>FONDO</b>		179.24	12.80	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1400.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			03	C 101	02
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	4.77	0.34	0.34	99.66
10	2.00	17.70	1.26	1.61	98.40
20	0.84	79.82	5.70	7.31	92.69
40	0.42	212.43	15.17	22.48	77.52
60	0.25	260.69	18.62	41.10	58.90
100	0.14	509.06	36.36	77.46	22.54
200	0.074	258.00	18.43	95.89	4.11
<b>FONDO</b>		57.53	4.11	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1400.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			ASTM D 422		
			Zona	Calicata	Estrato
			03	C 201	01
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	54.80	3.65	3.65	96.35
10	2.00	82.72	5.51	9.17	90.83
20	0.84	124.80	8.32	17.49	82.51
40	0.42	102.32	6.82	24.31	75.69
60	0.25	119.76	7.98	32.29	67.71
100	0.14	473.20	31.55	63.84	36.16
200	0.074	471.60	31.44	95.28	4.72
<b>FONDO</b>		70.80	4.72	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1500.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			03	C 201	02
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	4.10	0.29	0.29	99.71
10	2.00	21.33	1.52	1.82	98.18
20	0.84	78.58	5.61	7.43	92.57
40	0.42	131.34	9.38	16.81	83.19
60	0.25	109.64	7.83	24.64	75.36
100	0.14	214.22	15.30	39.94	60.06
200	0.074	184.96	13.21	53.16	46.85
<b>FONDO</b>		655.83	46.85	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1400.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			ASTM D 422		
			Zona	Calicata	Estrato
			03	C 301	01
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	4.88	0.33	0.33	99.67
10	2.00	107.36	7.16	7.48	92.52
20	0.84	126.54	8.44	15.92	84.08
40	0.42	107.44	7.16	23.08	76.92
60	0.25	140.77	9.38	32.47	67.53
100	0.14	376.14	25.08	57.54	42.46
200	0.074	454.35	30.29	87.83	12.17
<b>FONDO</b>		182.52	12.17	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1500.00</b>	<b>100.00</b>		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	Zona	Calicata	Estrato
			03	C 301	02
N TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	4.25	0.30	0.30	99.70
10	2.00	19.52	1.36	1.66	98.34
20	0.84	74.33	5.18	6.84	93.16
40	0.42	171.89	11.98	18.82	81.18
60	0.25	185.17	12.91	31.73	68.27
100	0.14	361.64	25.21	56.94	43.06
200	0.074	221.48	15.44	72.38	27.62
<b>FONDO</b>		396.18	27.62	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1434.46</b>	<b>100.00</b>		



4.1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD - DATOS						
Zona 01		Zona 02		Zona 03		
Prof. (m.)	%w	Prof. (m.)	%w	Prof. (m.)	%w	
<b>C101</b>	1.00	28.01	1.00	24.64	1.00	34.76
	2.00	38.16	2.00	33.19	2.00	35.21
	3.00	39.49	3.00	35.39	3.00	38.83
<b>C201</b>	1.00	20.47	1.00	27.24	1.00	40.37
	2.00	33.85	2.00	34.55	2.00	46.60
	3.00	34.34	3.00	37.36	3.00	47.50
<b>C301</b>	1.00	24.78	1.00	26.98	1.00	39.40
	2.00	32.98	2.00	31.20	2.00	40.80
	3.00	35.74	3.00	33.19	3.00	44.73

#### 4.1.3. PESO ESPECÍFICO RELATIVO

Ensayo	PESO ESPECÍFICO		
Norma	ASTM D 854		
Sector N°	# 01 - Zona 01		
Calicata	C 101		
Estrato	1	2	3
Peso Específico - Calicata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.62	2.62
Peso Específico - Zona (gr/cm <sup>3</sup> )	2.63		

Ensayo	PESO ESPECÍFICO		
Norma	ASTM D 854		
Sector N°	# 01 - Zona 01		
Calicata	C 201		
Estrato	1	2	3
Peso Específico - Calicata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.56	2.54	2.53
Peso Específico - Zona (gr/cm <sup>3</sup> )	2.54		

Ensayo	PESO ESPECÍFICO		
Norma	ASTM D 854		
Sector N°	# 01 - Zona 01		
Calicata	C 301		
Estrato	1	2	3
Peso Específico - Calicata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.63	2.62	2.61
Peso Específico - Zona (gr/cm <sup>3</sup> )	2.62		

Ensayo	PESO ESPECÍFICO		
Norma	ASTM D 854		
Sector N°	# 02 - Zona 02		
Calicata	C 101		
Estrato	1.00	2.00	3.00
Peso Específico - Calicata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.54	2.53	2.53
Peso Específico - Zona (gr/cm <sup>3</sup> )	2.54		

Ensayo	PESO ESPECÍFICO		
Norma	ASTM D 854		
Sector N°	# 02 - Zona 02		
Calicata	C 201		
Estrato	1.00	2.00	3.00
Peso Específico - Calicata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.39	2.41	2.40
Peso Específico - Zona (gr/cm <sup>3</sup> )	2.40		

Ensayo	PESO ESPECÍFICO		
Norma	ASTM D 854		
Sector N°	# 02 - Zona 02		
Calicata	C 301		
Estrato	1.00	2.00	3.00
Peso Específico - Calicata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.62	2.55	2.58
Peso Específico - Zona (gr/cm <sup>3</sup> )	2.58		

<b>Ensayo</b>	<b>PESO ESPECÍFICO</b>		
<b>Norma</b>	<b>ASTM D 854</b>		
<b>Sector N°</b>	<b># 03 - Zona 03</b>		
<b>Calicata</b>	<b>C 101</b>		
<b>Estrato</b>	1.00	2.00	3.00
<b>Peso Específico - Calicata (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.49</b>	<b>2.57</b>	<b>2.57</b>
<b>Peso Específico - Zona (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.54</b>		

<b>Ensayo</b>	<b>PESO ESPECÍFICO</b>		
<b>Norma</b>	<b>ASTM D 854</b>		
<b>Sector N°</b>	<b># 03 - Zona 03</b>		
<b>Calicata</b>	<b>C 201</b>		
<b>Estrato</b>	1.00	2.00	3.00
<b>Peso Específico - Calicata (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.57</b>	<b>2.55</b>	<b>2.56</b>
<b>Peso Específico - Zona (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.56</b>		

<b>Ensayo</b>	<b>PESO ESPECÍFICO</b>		
<b>Norma</b>	<b>ASTM D 854</b>		
<b>Sector N°</b>	<b># 03 - Zona 03</b>		
<b>Calicata</b>	<b>C 301</b>		
<b>Estrato</b>	1.00	2.00	3.00
<b>Peso Específico - Calicata (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.58</b>	<b>2.57</b>	<b>2.58</b>
<b>Peso Específico - Zona (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.58</b>		

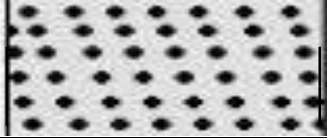
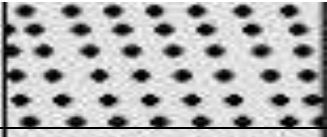
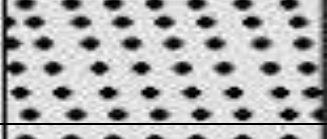
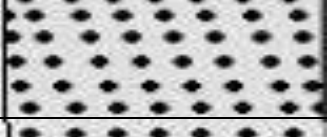
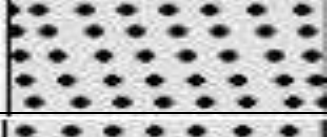
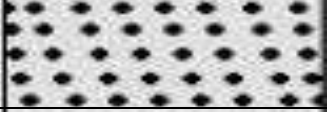
#### 4.1.4. LÍMITES DE ATTERBERG

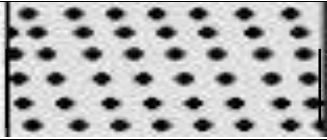
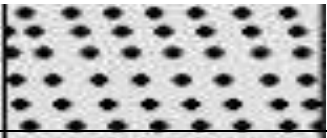
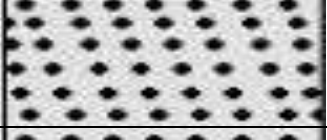
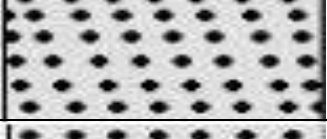
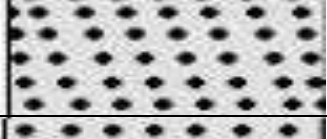
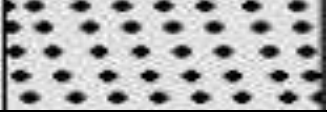
Ensayo de Límites de Atterberg – ASTM D 422 – 423			
<b>Zona 01 / C 101</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP
<b>Zona 01 / C 201</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP
<b>Zona 01 / C 301</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP

Ensayo de Límites de Atterberg – ASTM D 422 – 423			
<b>Zona 02 / C 101</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP
<b>Zona 02 / C 201</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP
<b>Zona 02 / C 301</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP

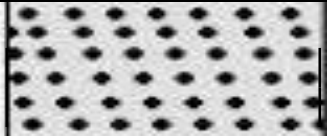
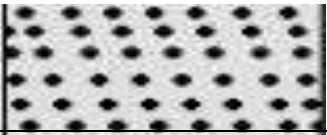
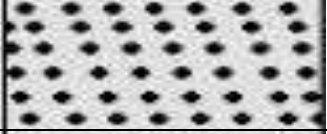
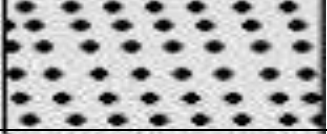
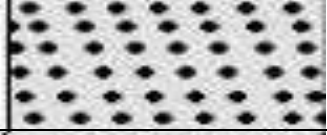
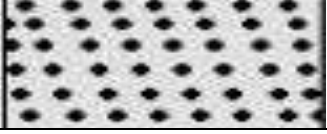
<b>Ensayo de Límites de Atterberg – ASTM D 422 – 423</b>			
<b>Zona 03 / C 101</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP
<b>Zona 03 / C 201</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP
<b>Zona 03 / C 301</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>L.L.</b>	<b>L.P.</b>	<b>I.P.</b>
<b>Estrato 01</b>	NP	NP	NP
<b>Estrato 02</b>	NP	NP	NP

#### 4.1.5. ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO

Zona	Muestra	Profundidad		Símbolo		Descripción
		Desde	Hasta	SUCS	Gráfico	
ZONA 01	M - 01	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 02	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.60 m.)
	M - 03	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 04	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.60 m.)
	M - 05	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 06	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.60 m.)

Zona	Muestra	Profundidad		Símbolo		Descripción
		Desde	Hasta	SUCS	Gráfico	
ZONA 02	M - 01	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 02	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.50 m.)
	M - 03	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 04	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.50 m.)
	M - 05	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 06	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.50 m.)



Zona	Muestra	Profundidad		Símbolo		Descripción
		Desde	Hasta	SUCS	Gráfico	
ZONA 03	M - 01	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 02	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.20 m.)
	M - 03	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 04	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.20 m.)
	M - 05	0.00	1.00	SP		Arena mal graduada
	M - 06	1.00	2.00	SP		Arena mal graduada, con presencia de Nivel Freático. (1.50 m.)

## 4.2. ENSAYOS QUÍMICOS

### 4.2.1. DETERMINACIÓN DE pH

PARÁMETROS	UNIDADES	M01	M02	M03
pH	-	10.09	8.82	7.08

### 4.2.2. CONTENIDO DE SULFATOS (SO<sub>4</sub>)

PARÁMETROS	UNIDADES	M01	M02	M03
Sulfatos como ión SO <sub>4</sub>	mg/Kg	475	725	483

### 4.2.3. CONTENIDO DE CLORUROS (Cl)

PARAMETROS	UNIDADES	M01	M02	M03
Cloruros como ión Cl	mg/Kg	760	638	697

### 4.2.4. CONTENIDO DE SALES SOLUBLES

PARAMETROS	UNIDADES	M01	M02	M03
Sales	mg/Kg	1568	1325	989

### 4.3. ENSAYOS MECÁNICOS

#### 4.3.1. ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ZONA 01	Calicata 101	Calicata 201	Calicata 301
Ángulo Fricción ( $\varphi$ )	33.52°	32.94°	34.52°
Cohesión (c)	0.0481	0.0407	0.0371

ZONA 02	Calicata 101	Calicata 201	Calicata 301
Ángulo Fricción ( $\varphi$ )	33.22°	33.80°	34.39°
Cohesión (c)	0.039	0.0260	0.0285

ZONA 03	Calicata 101	Calicata 201	Calicata 301
Ángulo Fricción ( $\varphi$ )	32.19°	32.03°	32.50°
Cohesión (c)	0.0149	0.0358	0.0247