	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	<u>Documento</u>	<u>Código</u>	<u>Fecha</u>	<u>Revisión</u>
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	<u>Dependencia</u>	<u>Aprobado</u>		<u>Pág.</u>
	DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(408)

RESUMEN - TESIS DE GRADO

AUTORES	YERALDIN LEON RUEDAS
FACULTAD	DE INGENIERIAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR	ROMEL JESÚS GALLARDO AMAYA
TÍTULO DE LA TESIS	DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS VERTICALES, GRAFICAS DE CIRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PRODUCIDOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EMPLEANDO LA TEORIA ELASTICA Y COMPARACIÓN CON LOS CALCULOS DEL SOFTWARE SIGMA/W

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EN LA DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS VERTICALES, GRÁFICAS DE CÍRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PRODUCIDOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES, SE REALIZAN LOS CÁLCULOS MANUALES EMPLEANDO LA TEORÍA ELÁSTICA Y DEBIDO AL DESCONOCIMIENTO EN EL USO DEL SOFTWARE SIGMA/W SE LLEVAN A CABO COMPARACIONES DE ESTOS CÁLCULOS CON LOS ARROJADOS POR EL SOFTWARE SIGMA/W DEL PAQUETE GEOSTUDIO® QUE EMPLEA EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS, DE ESTA FORMA SE REALIZA UNA GUÍA METODOLÓGICA DE USO PARA ESTUDIANTES Y DOCENTES DEL ÁREA DE INGENIERÍA CIVIL.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 408	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 139	CD-ROM: 1
--------------	---------	--------------------	-----------



DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS VERTICALES, GRAFICAS DE CIRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PRODUCIDOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EMPLEANDO LA TEORIA ELASTICA Y COMPARACIÓN CON LOS CALCULOS DEL SOFTWARE SIGMA/W

YERALDIN LEON RUEDAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

OCAÑA

2015

DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS VERTICALES, GRAFICAS DE CIRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PRODUCIDOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EMPLEANDO LA TEORIA ELASTICA Y COMPARACIÓN CON LOS CALCULOS DEL SOFTWARE SIGMA/W

YERALDIN LEON RUEDAS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el Título de Ingeniero Civil

DIRECTOR

Msc. ROMEL JESUS GALLARDO AMAYA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

OCAÑA

2015

DEDICATORIA

Dedicar este triunfo de manera primordial a Papito Dios y Mamita María, que son nuestro centro y motor de vida, a través de su gracia celestial hoy puedo subir este gratificante escalón para mi vida y la de mi familia, bajo la protección del manto de Mamita María y tomada de la mano celestial y regocijante de nuestro padre celestial.

A mi mamita, mi papito, mi hermanita y mi madrina, quienes son la bendición más grande y las piezas terrenales fundamentales en mi vida.

A todos mis familiares, quienes son luz de vida y acompañantes de este caminar por la vida terrenal.

A mis mejores amigos: Yolima Contreras Navarro y Luis Eduardo Daza Gonzalez.

A todos los docentes que han hecho parte de esta formación académica desde la educación primaria, secundaria y universitaria, gracias a sus enseñanzas que son granito de arena, hoy puedo decir que soy Ingeniera Civil.

A todas aquellas personas, amigos y compañeros que han formado parte de este trayecto de vida.

Yeraldin Leon Ruedas

AGRADECIMIENTOS

Agradecer este logro de manera principal a Papito Dios y Mamita María, porque sin ellos nuestra vida no tendría sentido, rumbo, ni dirección.

A toda mi familia, mi mamita, mi papito, mi hermana y mi madrina por siempre estar ahí.

A mi director de tesis, el Ingeniero Romel Jesús Gallardo Amaya, por sus orientaciones.

A los ingenieros que estuvieron dispuestos a brindar su conocimiento en el uso del software.

A mis amigos, compañeros y docentes que han hecho parte de este trayecto de vida.

Yeraldin Leon Ruedas

CONTENIDO

	Pág.
<u>INTRODUCCION</u>	44
1. <u>DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS VERTICALES, GRAFICAS DE CIRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PRODUCIDOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EMPLEANDO LA TEORIA ELASTICA Y COMPARACIÓN CON LOS CALCULOS DEL SOFTWARE SIGMA/W</u>	
1.1 <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	45
1.2 <u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	45
1.3 <u>OBJETIVOS</u>	45
1.3.1 Objetivo General	45
1.3.2 Objetivos Específicos	45
1.4 <u>JUSTIFICACION</u>	46
1.5 <u>DELIMITACIONES</u>	46
1.5.1 Geográficas	46
1.5.2 Temporales	46
1.5.3 Conceptuales	46
1.5.4 Operativas	46
2. <u>MARCO REFERENCIAL</u>	47
2.1 <u>MARCO HISTORICO</u>	47
2.1.1 Evolución a largo plazo de la Geotecnia	47
2.1.2 El vértice de la modelación numérica en la Geotecnia	49
2.1.3 Antecedentes de los elementos finitos	49
2.1.4 Origen, formación y constitución del suelo	50
2.2 <u>MARCO CONCEPTUAL</u>	51
2.3 <u>MARCO TEORICO</u>	52
2.3.1 Generalidades de asentamientos inmediatos	52
2.3.2 Ley generalizada de Hooke	52
2.3.3 Hipótesis de la teoría elástica aplicada en suelos	54
2.3.4 Parámetros elásticos	54
2.3.4.1 Módulo de elasticidad	54
2.3.4.2 Módulo de Poisson	55
2.3.5 Uso de la teoría elástica para el cálculo de asentamientos	56
2.3.5.1 Asentamiento elástico bajo una carga concentrada	56
2.3.5.2 Asentamiento elástico bajo cargas distribuidas en un área circular	58
2.3.5.3 Asentamientos elásticos bajo cargas distribuidas en una superficie rectangular	58
2.3.6 Principio de esfuerzo efectivo	59
2.3.7 Distribución de esfuerzos en el suelo debido a una carga puntual	60
2.3.8 Distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga circular	62
2.3.9 Distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga rectangular	64
2.3.10 Elementos finitos	67

2.3.11 Software SIGMA/W	68
2.3.11.1 Procedimiento de utilización	68
2.4 <u>MARCO LEGAL</u>	69
3. <u>DISEÑO METODOLOGICO</u>	
3.1 Tipo de investigación	70
3.2 Población y muestra	70
3.3 Técnicas de recolección de información	70
4. <u>PRESENTACION DE RESULTADOS</u>	
4.1 <u>CALCULAR ESFUERZOS VERTICALES, GRAFICAS DE CÍRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS, PRODUCIDOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES MEDIANTE EL USO DE LA TEORÍA ELÁSTICA, REALIZANDO COMPARACIONES CON LOS CÁLCULOS DEL SOFTWARE SIGMA/W</u>	71
4.1.1 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	72
4.1.2 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	75
4.1.3 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	79
4.1.4 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	82
4.1.5 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	85
4.1.6 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	86
4.1.7 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	87
4.1.8 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	87
4.1.9 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	88
4.1.10 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	89
4.1.11 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	89

4.1.12 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	90
4.1.13 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	91
4.1.14 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	91
4.1.15 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	92
4.1.16 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	93
<u>4.2 DETERMINAR ESFUERZOS VERTICALES, GRÁFICAS DE CIRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN SUELOS COHESIVOS Y GRANULARES MEDIANTE EL SOFTWARE SIGMA/W</u>	<u>93</u>
4.2.1 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	94
4.2.2 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	98
4.2.3 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	103
4.2.4 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	107
4.2.5 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	112
4.2.6 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	116
4.2.7 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	121
4.2.8 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	125
4.2.9 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	130
4.2.10 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	134
4.2.11 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	139

4.2.12 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	143
4.2.13 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	148
4.2.14 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	152
4.2.15 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	157
4.2.16 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	161
<u>4.3 COMPARAR RESULTADOS DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS, GRÁFICAS DE CÍRCULO DE MOHR Y ESFUERZOS VERTICALES, CALCULADOS POR LA TEORÍA ELÁSTICA Y POR EL SOFTWARE SIGMA/W</u>	166
4.3.1 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	166
4.3.2 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	169
4.3.3 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	176
4.3.4 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	179
4.3.5 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	184
4.3.6 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	187
4.3.7 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	192
4.3.8 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	195
4.3.9 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	200
4.3.10 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	203
4.3.11 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	209

4.3.12 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	213
4.3.13 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	219
4.3.14 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	222
4.3.15 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)	228
4.3.16 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)	230
4.4 <u>ELABORAR UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA EL USO DEL SOFTWARE SIGMA/W, EN EL ANÁLISIS DE ESFUERZOS VERTICALES, GRÁFICAS DE CÍRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES</u>	237
5. <u>CONCLUSIONES</u>	238
6. <u>RECOMENDACIONES</u>	240
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	241
<u>REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRONICAS</u>	242
<u>ANEXOS</u>	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Triangulo geotécnico de Burland	47
Figura 2. Tetraedro geotécnico	48
Figura 3. Muestra de suelo sometida a carga triaxial	53
Figura 4. Cilindro de suelo sometido a esfuerzo uniaxial	55
Figura 5. Curva esfuerzo-deformación para un suelo bajo la acción de una carga	56
Figura 6. Masa de suelo saturado con una superficie horizontal	59
Figura 7. Modelo de Boussinesq, de carga puntual (P) sobre un medio elástico semi-infinito y sistema de ejes utilizado	61
Figura 8. Distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga puntual	62
Figura 9. Modelo de carga circular (q) sobre un medio elástico semi-infinito, y sistema de ejes utilizado	63
Figura 10. Modelo de carga rectangular (q) sobre un medio elástico semi-infinito, y sistema de ejes utilizado	64
Figura 11. Valor del factor de influencia para diferentes valores de m y n	66
Figura 12. Gráfica de círculo de Mohr calculado mediante el software SIGMA/W Profundidad de 1m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	94
Figura 13. Gráfica de círculo de Mohr calculado mediante el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	95
Figura 14. Gráfica de círculo de Mohr calculado mediante el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento rectangular de dimensiones $3 \times 6m$	95
Figura 15. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	96
Figura 16. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 5m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	96
Figura 17. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	97

Figura 18. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 7m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	97
Figura 19. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 8,5m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	98
Figura 20. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	99
Figura 21. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	99
Figura 22. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	100
Figura 23. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	101
Figura 24. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	101
Figura 25. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	101
Figura 26. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	102
Figura 27. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	102
Figura 28. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	103
Figura 29. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	104
Figura 30. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	104
Figura 31. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	105
Figura 32. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	105

- Figura 33.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$ 106
- Figura 34.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$ 106
- Figura 35.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$ 107
- Figura 36.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$ 108
- Figura 37.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$ 108
- Figura 38.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$ 109
- Figura 39.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$ 109
- Figura 40.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$ 110
- Figura 41.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$ 110
- Figura 42.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$ 111
- Figura 43.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$ 111
- Figura 44.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento circular de diámetro $3m$ 112
- Figura 45.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento circular de diámetro $3m$ 113
- Figura 46.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento circular de diámetro $3m$ 113
- Figura 47.** Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento circular de diámetro $3m$ 114

Figura 48. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento circular de diámetro 3m	114
Figura 49. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento circular de diámetro 3m	115
Figura 50. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento circular de diámetro 3m	115
Figura 51. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento circular de diámetro 3m	116
Figura 52. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento circular de diámetro 3,5m	117
Figura 53. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento circular de diámetro 3,5m	117
Figura 54. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento circular de diámetro 3,5m	118
Figura 55. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento circular de diámetro 3,5m	118
Figura 56. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento circular de diámetro 3,5m	119
Figura 57. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento circular de diámetro 3,5m	119
Figura 58. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento circular de diámetro 3,5m	120
Figura 59. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento circular de diámetro 3,5m	120
Figura 60. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento circular de diámetro 4m	121
Figura 61. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento circular de diámetro 4m	122
Figura 62. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento circular de diámetro 4m	122

Figura 63. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento circular de diámetro 4m	123
Figura 64. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento circular de diámetro 4m	123
Figura 65. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento circular de diámetro 4m	124
Figura 66. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento circular de diámetro 4m	124
Figura 67. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento circular de diámetro 4m	125
Figura 68. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento circular de diámetro 4,5m	126
Figura 69. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento circular de diámetro 4,5m	126
Figura 70. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento circular de diámetro 4,5m	127
Figura 71. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento circular de diámetro 4,5m	127
Figura 72. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento circular de diámetro 4,5m	128
Figura 73. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento circular de diámetro 4,5m	128
Figura 74. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento circular de diámetro 4,5m	129
Figura 75. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento circular de diámetro 4,5m	129
Figura 76. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m	130
Figura 77. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m	131

Figura 78. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$	131
Figura 79. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$	132
Figura 80. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$	132
Figura 81. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$	133
Figura 82. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$	133
Figura 83. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$	134
Figura 84. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	135
Figura 85. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	135
Figura 86. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	136
Figura 87. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	136
Figura 88. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	137
Figura 89. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	137
Figura 90. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	138
Figura 91. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	138
Figura 92. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	139

Figura 93. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	140
Figura 94. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	140
Figura 95. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	141
Figura 96. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	141
Figura 97. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	142
Figura 98. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	142
Figura 99. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	143
Figura 100. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	144
Figura 101. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	144
Figura 102. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	145
Figura 103. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	145
Figura 104. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	146
Figura 105. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	146
Figura 106. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	147
Figura 107. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	147

Figura 108. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m	148
Figura 109. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m	149
Figura 110. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m	149
Figura 111. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para losa superficial de dimensiones 15 m x 30m	150
Figura 112. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para losa superficial de dimensiones 15 m x 30m	150
Figura 113. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m	151
Figura 114. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m	151
Figura 115. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m	152
Figura 116. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para losa superficial de dimensiones 19mx 19m	153
Figura 117. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m	153
Figura 118. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m	154
Figura 119. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m	154
Figura 120. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m	155
Figura 121. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m	155
Figura 122. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m	156

Figura 123. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m	157
Figura 124. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m	157
Figura 125. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m	158
Figura 126. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m	158
Figura 127. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m	159
Figura 128. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m	159
Figura 129. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m	160
Figura 130. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m	160
Figura 131. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m	161
Figura 132. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m	162
Figura 133. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m	162
Figura 134. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m	163
Figura 135. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m	163
Figura 136. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m	164
Figura 137. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m	164

Figura 138. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$ 165

Figura 139. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$ 165

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Gráfica de Circulo de Mohr mediante cálculos basados en la teoría elástica – Profundidad de 1m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	72
Gráfica 2. Gráfica de Circulo de Mohr mediante cálculos basados en la teoría elástica – Profundidad de 2m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	72
Gráfica 3. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 3m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	73
Gráfica 4. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 4m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	73
Gráfica 5. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 5m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	73
Gráfica 6. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 6m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	74
Gráfica 7. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 7m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	74
Gráfica 8. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 8,5m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	74
Gráfica 9. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 1m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	75
Gráfica 10. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 2m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	76
Gráfica 11. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 3m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	76
Gráfica 12. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 4m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	77
Gráfica 13. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 5m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	77
Gráfica 14. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 6m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	77

Gráfica 15. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 7m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	78
Gráfica 16. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 8,5m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	78
Gráfica 17. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 1m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	79
Gráfica 18. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 2m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	79
Gráfica 19. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 3m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	80
Gráfica 20. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 4m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	80
Gráfica 21. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 5m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	80
Gráfica 22. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 6m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	81
Gráfica 23. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 7m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	81
Gráfica 24. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 8,5m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	81
Gráfica 25. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 1m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	82
Gráfica 26. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 2m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	83
Gráfica 27. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 3m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	83
Gráfica 28. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 4m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	83

Gráfica 29. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 5m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	84
Gráfica 30. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 6m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	84
Gráfica 31. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 7m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	84
Gráfica 32. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 8,5m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	85
Gráfica 33. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para un cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	167
Gráfica 34. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para un cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	168
Gráfica 35. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para un cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	169
Gráfica 36. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para un cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	171
Gráfica 37. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos mediante la teoría elástica y el software para un cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	172
Gráfica 38. Análisis comparativo de presión de poros mediante la teoría elástica y el software para un cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	173
Gráfica 39. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro mediante la teoría elástica y el software para un cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	174
Gráfica 40. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde mediante la teoría elástica y el software para un cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	175
Gráfica 41. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $3,0m \times 3,0m$	176
Gráfica 42. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $3,0m \times 3,0m$	177
Gráfica 43. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $3,0 m \times 3,0m$	178

Gráfica 44. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $4,0\text{ m} \times 4,0\text{ m}$	179
Gráfica 45. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $4,0\text{ m} \times 4,0\text{ m}$	180
Gráfica 46. Análisis comparativo de presión de poros calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $4,0\text{ m} \times 4,0\text{ m}$	181
Gráfica 47. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $4,0\text{ m} \times 4,0\text{ m}$	182
Gráfica 48. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $4,0\text{ m} \times 4,0\text{ m}$	183
Gráfica 49. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $3,0\text{ m}$	184
Gráfica 50. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $3,0\text{ m}$	185
Gráfica 51. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $3,0\text{ m}$	186
Gráfica 52. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $3,5\text{ m}$	187
Gráfica 53. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $3,5\text{ m}$	188
Gráfica 54. Análisis comparativo de presión de poros calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $3,5\text{ m}$	189
Gráfica 55. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $3,5\text{ m}$	190
Gráfica 56. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $3,5\text{ m}$	191
Gráfica 57. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro $4,0\text{ m}$	192

Gráfica 58. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,0 m	193
Gráfica 59. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,0 m	194
Gráfica 60. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5 m	195
Gráfica 61. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5 m	196
Gráfica 62. Análisis comparativo de presión de poros calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5 m	197
Gráfica 63. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5 m	198
Gráfica 64. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5 m	199
Gráfica 65. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m	200
Gráfica 66. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m	201
Gráfica 67. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m	202
Gráfica 68. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m	204
Gráfica 69. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m	205
Gráfica 70. Análisis comparativo de presión de poros calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m	206
Gráfica 71. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m	207

Gráfica 72. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	208
Gráfica 73. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	210
Gráfica 74. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	211
Gráfica 75. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	212
Gráfica 76. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	214
Gráfica 77. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	215
Gráfica 78. Análisis comparativo de presión de poros calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	216
Gráfica 79. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	217
Gráfica 80. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	218
Gráfica 81. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	219
Gráfica 82. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	220
Gráfica 83. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	221
Gráfica 84. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	223
Gráfica 85. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	224

Gráfica 86. Análisis comparativo de presión de poros calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $19m \times 19 m$	225
Gráfica 87. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro calculado mediante la teoría elástica para losa superficial de dimensiones $19m \times 19 m$	226
Gráfica 88. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $19m \times 19 m$	227
Gráfica 89. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $26m \times 26 m$	228
Gráfica 90. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $26m \times 26 m$	229
Gráfica 91. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $26m \times 26 m$	230
Gráfica 92. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $18m \times 36 m$	232
Gráfica 93. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $18m \times 36 m$	233
Gráfica 94. Análisis comparativo de presión de poros calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $18m \times 36 m$	234
Gráfica 95. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $18m \times 36 m$	235
Gráfica 96. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $18m \times 36 m$	236
Gráfica 97. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	246
Gráfica 98. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	248
Gráfica 99. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	261

Gráfica 100. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	263
Gráfica 101. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata cuadrada de dimensiones $3m \times 3m$	277
Gráfica 102. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata cuadrada de dimensiones $3m \times 3m$	280
Gráfica 103. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata cuadrada de dimensiones $4m \times 4m$	293
Gráfica 104. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata cuadrada de dimensiones $4m \times 4m$	296
Gráfica 105. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata circular de diámetro $3m$	312
Gráfica 106. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata circular de diámetro $3m$	314
Gráfica 107. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata circular de diámetro $3,5m$	321
Gráfica 108. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata circular de diámetro $3m$	323
Gráfica 109. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata circular de diámetro $4m$	330
Gráfica 110. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata circular de diámetro $4m$	333
Gráfica 111. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata circular de diámetro $4,5m$	341
Gráfica 112. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata circular de diámetro $4,5m$	344
Gráfica 113. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones $2m \times 20m$	353
Gráfica 114. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata continua de dimensiones $2m \times 20m$	355

Gráfica 115. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones $3m \times 30m$	361
Gráfica 116. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata continua de dimensiones $3m \times 30m$	363
Gráfica 117. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones $5m \times 50m$	368
Gráfica 118. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata continua de dimensiones $5m \times 50m$	371
Gráfica 119. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones $4m \times 40m$	377
Gráfica 120. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones $4m \times 40m$	380
Gráfica 121. Grafica de medios empleados para el cálculo de asentamientos y esfuerzos verticales llevado a cabo por profesionales	404
Gráfica 122. Grafica de software implementado para el cálculo de asentamientos y esfuerzos verticales llevado a cabo por profesionales	404
Gráfica 123. Gráfica de grado de conocimiento acerca del paquete Geostudio® llevado a cabo por profesionales	405
Gráfica 124. Gráfica de conocimiento acerca de la existencia del software SIGMA/W llevado a cabo por profesionales	405
Gráfica 125. Gráfica de pertinencia de la creación de una guía metodológica para el uso del software SIGMA/W llevado a cabo por profesionales	406
Gráfica 126. Gráfica de medios empleados para el cálculo de asentamientos y esfuerzos verticales llevado a cabo por estudiantes del área de ingeniería civil	406
Gráfica 127. Gráfica de software implementado para el cálculo de asentamientos y esfuerzos verticales llevado a cabo por estudiantes del área de ingeniería civil	407
Gráfica 128. Gráfica de grado de conocimiento acerca del paquete Geostudio® llevado a cabo por estudiantes del área de ingeniería civil	407
Gráfica 129. Gráfica de conocimiento acerca de la existencia del software SIGMA/W llevado a cabo por estudiantes del área de ingeniería civil	408

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Ecuaciones de deformación unitaria y esfuerzo aplicado	54
Cuadro 2. Valor del factor de influencia para diferentes valores de m y n	67
Cuadro 3. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	72
Cuadro 4. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	75
Cuadro 5. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	75
Cuadro 6. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	78
Cuadro 7. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	79
Cuadro 8. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	82
Cuadro 9. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	82
Cuadro 10. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	85
Cuadro 11. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro $3,0 m$	85
Cuadro 12. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento circular de diámetro $3,0 m$	86
Cuadro 13. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro $3,5m$	86
Cuadro 14. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento circular de diámetro $3,5m$	86
Cuadro 15. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro $4,0m$	87
Cuadro 16. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento circular de diámetro $4,0m$	87
Cuadro 17. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro $4,5m$	87

Cuadro 18. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 4,5m	88
Cuadro 19. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20 m	88
Cuadro 20. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m	88
Cuadro 21. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30 m	89
Cuadro 22. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m	89
Cuadro 23. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50 m	89
Cuadro 24. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m	90
Cuadro 25. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40 m	90
Cuadro 26. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m	90
Cuadro 27. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 15m x 30 m	91
Cuadro 28. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 15m x 30m	91
Cuadro 29. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 19m x 19 m	91
Cuadro 30. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 19m x 19m	92
Cuadro 31. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 26m x 26 m	92
Cuadro 32. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 26m x 26m	92
Cuadro 33. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 18m x 36 m	93
Cuadro 34. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 18m x 36m	93

Cuadro 35. Esfuerzos verticales y cálculos de Círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	94
Cuadro 36. Asentamiento inmediato mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimientto rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	98
Cuadro 37. Esfuerzos verticales y cálculos de Círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	98
Cuadro 38. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimientto rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	102
Cuadro 39. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	103
Cuadro 40. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimientto cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	107
Cuadro 41. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	107
Cuadro 42. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimientto cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	111
Cuadro 43. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto circular de diámetro $3m$	112
Cuadro 44. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimientto circular de diámetro $3m$	116
Cuadro 45. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto circular de diámetro $3,5m$	116
Cuadro 46. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimientto circular de diámetro $3,5m$	120
Cuadro 47. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto circular de diámetro $4m$	121
Cuadro 48. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimientto circular de diámetro $4m$	125
Cuadro 49. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto circular de diámetro $4,5m$	129
Cuadro 50. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimientto circular de diámetro $4,5m$	130
Cuadro 51. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimientto continuo de dimensiones $2m \times 20m$	134

Cuadro 52. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$.	134
Cuadro 53. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	134
Cuadro 54. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	138
Cuadro 55. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	139
Cuadro 56. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	143
Cuadro 57. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	143
Cuadro 58. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	147
Cuadro 59. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	148
Cuadro 60. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	152
Cuadro 61. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	152
Cuadro 62. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	156
Cuadro 63. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$	157
Cuadro 64. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$	161
Cuadro 65. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	161
Cuadro 66. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	165
Cuadro 67. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	166
Cuadro 68. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	167

Cuadro 69. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimient rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	168
Cuadro 70. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimient rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	169
Cuadro 71. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimient para cimient rectangular de dimensiones $3m \times 6m$	169
Cuadro 72. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimient rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	170
Cuadro 73. Diferencia de porcentaje de esfuerzos efectivos para cimient rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	171
Cuadro 74. Diferencia de porcentaje de presión de poros para cimient rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	172
Cuadro 75. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimient rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	173
Cuadro 76. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimient rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	174
Cuadro 77. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimient rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	175
Cuadro 78. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimient para cimient rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$	175
Cuadro 79. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimient cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	176
Cuadro 80. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimient cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	177
Cuadro 81. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimient cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	177
Cuadro 82. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimient cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	178
Cuadro 83. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimient para cimient cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$	178
Cuadro 84. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimient cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	179
Cuadro 85. Diferencia de porcentaje de esfuerzos efectivos para cimient cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	180

Cuadro 86. Diferencia de porcentaje de presión de poros para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	180
Cuadro 87. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	181
Cuadro 88. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	182
Cuadro 89. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	183
Cuadro 90. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$	183
Cuadro 91. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimiento circular de diámetro $3m$	184
Cuadro 92. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento circular de diámetro $3m$	185
Cuadro 93. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento circular de diámetro $3m$	185
Cuadro 94. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro $3m$	186
Cuadro 95. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento circular de diámetro $3m$	186
Cuadro 96. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimiento circular de diámetro $3,5m$	187
Cuadro 97. Diferencia de porcentaje de esfuerzos efectivos para cimiento circular de diámetro $3,5m$	188
Cuadro 98. Diferencia de porcentaje de presión de poros para cimiento circular de diámetro $3,5m$	189
Cuadro 99. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento circular de diámetro $3,5m$	189
Cuadro 100. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento circular de diámetro $3,5m$	190
Cuadro 101. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro $3,5m$	191
Cuadro 102. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento circular de diámetro $3,5m$	191

Cuadro 103. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimientto circular de diámetro $4m$	192
Cuadro 104. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimientto circular de diámetro $4m$	193
Cuadro 105. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimientto circular de diámetro $4m$	193
Cuadro 106. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimientto circular de diámetro $4m$	194
Cuadro 107. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimientto para cimientto circular de diámetro $4m$	194
Cuadro 108. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimientto circular de diámetro $4,5m$	195
Cuadro 109. Diferencia de porcentaje de esfuerzos efectivos para cimientto circular de diámetro $4,5m$	196
Cuadro 110. Diferencia de porcentaje de presión de poros para cimientto circular de diámetro $4,5m$	196
Cuadro 111. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimientto circular de diámetro $4,5m$	197
Cuadro 112. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimientto circular de diámetro $4,5m$	198
Cuadro 113. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimientto circular de diámetro $4,5m$	199
Cuadro 114. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimientto para cimientto circular de diámetro $4,5m$	199
Cuadro 115. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimientto continuo de dimensiones $2m \times 20m$	200
Cuadro 116. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimientto continuo de dimensiones $2m \times 20m$	201
Cuadro 117. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimientto continuo de dimensiones $2m \times 20m$	202
Cuadro 118. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimientto continuo de dimensiones $2m \times 20m$	203
Cuadro 119. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimientto para cimientto continuo de dimensiones $2m \times 20m$	203

Cuadro 120. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	204
Cuadro 121. Diferencia de porcentaje de esfuerzos efectivos para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	205
Cuadro 122. Diferencia de porcentaje de presión de poros para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	206
Cuadro 123. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	207
Cuadro 124. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	208
Cuadro 125. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	209
Cuadro 126. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento continuo de dimensiones $3m \times 30m$	209
Cuadro 127. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	210
Cuadro 128. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	211
Cuadro 129. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	212
Cuadro 130. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	213
Cuadro 131. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$	213
Cuadro 132. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	214
Cuadro 133. Diferencia de porcentaje de esfuerzos efectivos para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	215
Cuadro 134. Diferencia de porcentaje de presión de poros para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	215
Cuadro 135. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	216
Cuadro 136. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	217

Cuadro 137. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$	218
Cuadro 138. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$	218
Cuadro 139. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	219
Cuadro 140. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro de la losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	220
Cuadro 141. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde de la losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	221
Cuadro 142. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	222
Cuadro 143. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $15m \times 30m$	222
Cuadro 144. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	223
Cuadro 145. Diferencia de porcentaje de esfuerzos efectivos para losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	223
Cuadro 146. Diferencia de porcentaje de presión de poros para losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	224
Cuadro 147. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro de la losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	225
Cuadro 148. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde de la losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	226
Cuadro 149. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	227
Cuadro 150. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$	227
Cuadro 151. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$	228
Cuadro 152. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro de la losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$	229
Cuadro 153. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde de la losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$	230

Cuadro 154. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$	231
Cuadro 155. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$	231
Cuadro 156. Diferencia de porcentaje de esfuerzos normales para losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	232
Cuadro 157. Diferencia de porcentaje de esfuerzos efectivos para losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	232
Cuadro 158. Diferencia de porcentaje de presión de poros para losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	233
Cuadro 159. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el centro de la losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	234
Cuadro 160. Diferencia de porcentaje para incremento de esfuerzos verticales en el borde de la losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	235
Cuadro 161. Diferencia de porcentaje en círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	236
Cuadro 162. Diferencia de porcentaje en asentamiento inmediato producido en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $18m \times 36m$	236

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Memorias de cálculo de asentamientos inmediatos, esfuerzos verticales y gráficos de círculo de Mohr producidos en cimentaciones superficiales, ante la presencia de condiciones de suelo estratificado	244
Anexo B. Modelo de encuesta y estadísticas	402
Anexo C. Modelación de ejercicios en el software SIGMA/W	
Anexo D. Guía metodológica para el uso del software SIGMA/W	

RESUMEN

En la determinación de esfuerzos verticales, gráficos de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos producidos en cimentaciones superficiales, se realizan los cálculos manuales empleando la teoría elástica y debido al desconocimiento en el uso del software SIGMA/W se llevan a cabo comparaciones de estos cálculos con los arrojados por el software SIGMA/W del paquete GeoStudio®, que emplea el método de los elementos finitos para la obtención de resultados, de esta forma se realiza una guía metodológica de uso para estudiantes y docentes del área de ingeniería civil.

INTRODUCCION

La importancia de esta investigación es el aprendizaje y manejo del software SIGMA/W y de esta manera implementar el uso del mismo en la comunidad estudiantil y profesional del área de ingeniería civil.

Desde la antigüedad, en la ingeniería civil se han evidenciado dificultades en la predicción de cálculo de asentamientos debido a la naturaleza del suelo, por esta razón en la primera fase de estudio geotécnico se realiza un reconocimiento adecuado para la obtención de un buen perfil geológico-geotécnico del terreno, obteniendo los diferentes parámetros del suelo y con base en estos datos se pueden llevar a cabo cálculos de esfuerzos verticales producidos en perfiles de suelo y sometidos a diferente tipos de carga.

En el área de la geotecnia, es de vital importancia la determinación de asentamientos inmediatos y esfuerzos verticales que se producen en las diferentes cimentaciones superficiales por las cargas que estas transmiten al terreno de apoyo, existiendo diferentes teorías para la determinación de los mismos, ya sea aplicando formulas desarrolladas mediante la teoría elástica o con la ayuda de una herramienta computacional que utiliza elementos finitos para el análisis, en este caso el software SIGMA/W de GeoStudio®, el cual es un programa que el plan de estudios de ingeniería civil tiene la disponibilidad de licencia del mismo, pero no se ha llevado a cabo debido a la falta de información y conocimiento respecto a su funcionamiento y empleo.

La finalidad de este trabajo de grado consiste en brindar a la academia un factor innovador, con el empleo del software SIGMA/W basado en el método de elementos finitos en donde se puede obtener resultados de asentamientos inmediatos, esfuerzos verticales y gráficas de círculo de Mohr producidos en cimentaciones superficiales.

1. DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS VERTICALES, GRAFICAS DE CIRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PRODUCIDOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES EMPLEANDO LA TEORIA ELASTICA Y COMPARACIÓN CON LOS CALCULOS DEL SOFTWARE SIGMA/W

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ingeniería civil a nivel de la geotecnia, existe el paquete de GEOSTUDIO® que comprende diferentes aplicaciones, siendo una de ellas el software SIGMA/W, que aun cuando en el programa de ingeniería civil de la UFPS Ocaña, tiene la disponibilidad de licencia de dicho programa, este no se ha podido utilizar e implementar por parte de estudiantes y docentes, debido a la falta de conocimiento e información acerca de su funcionamiento y empleo, tampoco se ha llevado a cabo cálculos de verificación correspondientes a esfuerzos verticales, gráficas de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos usando la teoría elástica para comparar con el software SIGMA/W empleando la teoría elástica.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Es necesario realizar cálculos de verificación para determinar esfuerzos verticales, gráficas de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos ocasionados en cimentaciones superficiales empleando la teoría elástica y compararlos con el software SIGMA/W?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Determinar esfuerzos verticales, graficas de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos, producidos en cimentaciones superficiales mediante el uso de la teoría elástica, realizando comparaciones con los cálculos del software SIGMA/W y elaborando una guía metodológica para su aprendizaje.

1.3.2 Objetivos Específicos. Calcular esfuerzos verticales, gráficas de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos en suelos cohesivos y granulares, mediante la teoría elástica.

Determinar esfuerzos verticales, graficas de circulo de Mohr y asentamientos inmediatos en suelos cohesivos y granulares, mediante el software SIGMA/W.

Comparar resultados de asentamientos inmediatos, gráficas de círculo de Mohr y esfuerzos verticales, calculados mediante la teoría elástica y por el software SIGMA/W.

Elaborar una guía metodológica para el uso del software SIGMA/W, en el análisis de esfuerzos verticales, gráficas de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos en cimentaciones superficiales.

1.4 JUSTIFICACION

Actualmente en el área de geotecnia del plan de estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, se evidencia la falencia en el manejo del software SIGMA/W, siendo una herramienta de gran utilidad que emplea elementos finitos para la obtención de resultados, ocasionando de esta manera en la comunidad estudiantil y profesional, agilidad y eficiencia en el cálculo de asentamientos elásticos, gráficas de círculo de Mohr y esfuerzos verticales, en consecuencia, es necesario realizar cálculos manuales de verificación y comparación con el programa, en base a la teoría elástica y de esta manera demostrar la exactitud de esta herramienta tecnológica, la cual genera un componente metodológico, didáctico e innovador para la enseñanza y formación universitaria, que se podrá implementar y ser usado de manera confiable por parte de estudiantes, docentes y profesionales del área de Ingeniería Civil.

1.5 DELIMITACIONES

1.5.1 Geográficas. Aplicable a estudiantes, docentes y profesionales del área de ingeniería civil.

1.5.2 Temporales. La realización de este proyecto se llevara a cabo en el transcurso de 6 meses, lo que comprende desde Marzo de 2015 hasta Agosto del año lectivo.

1.5.3 Conceptuales. Para el estudio de esfuerzos y deformaciones que sufren las cimentaciones superficiales debido a la aplicación de cargas, es necesario tener conocimiento acerca de parámetros como el ángulo de fricción, el módulo de elasticidad, gravedad de específica, entre otros y acerca de las teorías que rigen el estudio y comportamiento de los suelos cohesivos y granulares, estas teorías son: Método de Steinbrenner y método de Schmertman , que con el empleo conjunto de las mismas es posible conocer el valor del esfuerzo y deformación que está experimentando el suelo en estudio.

Para la obtención de los valores de esfuerzo y asentamientos inmediatos en el software SIGMA/W, tener conocimiento acerca del método de elementos finitos.

1.5.4 Operativas. Para llevar a cabo la determinación de esfuerzos verticales, graficas de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos, se requiere tener conocimiento acerca del manejo del software SIGMA/W y elementos finitos.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO HISTORICO

2.1.1 Evolución a largo plazo de la Geotecnia. La Ingeniería Geotécnica es analizada en sus tendencias fundamentales mediante el triángulo geotécnico de Burland (1987) que es expandido a tetraedro mediante las ideas de Vick (2002). La parte esencial es la interacción existente entre los paradigmas de la teoría y de la práctica con su pasado y presente y una probable evolución futura basada en la opinión de relevantes personalidades de la Ingeniería Geotécnica. Se valora la importancia de la escuela de Terzaghi en el siglo XX y su método observacional.

El Triángulo Geotécnico postulado por Burland (2007) desde 1987 como una ayuda educacional, como se puede ver en la Figura 1 y a su vez con raíces en publicaciones de Karl Terzaghi, KT (1925). En este esquema del triángulo como se puede observar en la figura 1, co-existen cuatro aspectos distintos pero relacionados entre sí (Burland, 2007):

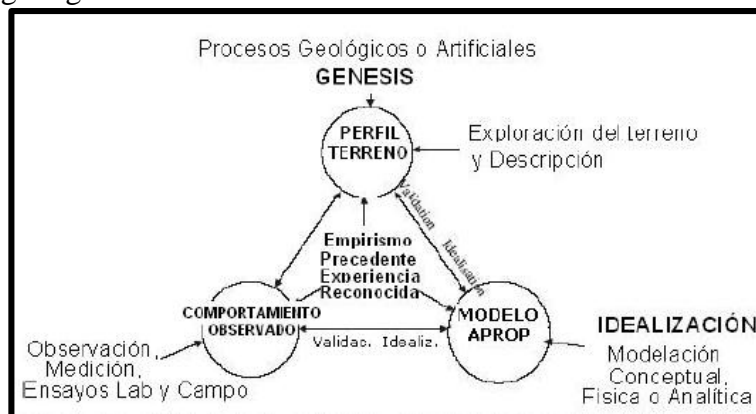
El perfil del terreno, con las condiciones de agua subterránea.

El comportamiento observado o medido del terreno.

Las predicciones usando métodos apropiados.

Procedimientos empíricos, criterio o juicio basado en precedentes y la bien ganada experiencia.¹

Figura 1. Triángulo geotécnico de Burland.



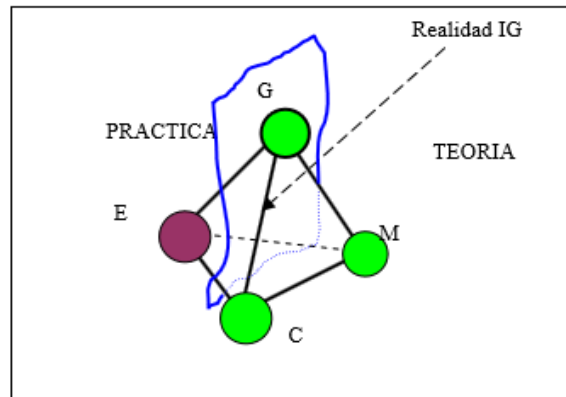
Fuente. Evolución de la geotecnia. [En línea]. s.f. Disponible en internet en: <<http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/202/207>>

¹ Evolución de la Geotecnia. [En línea]. Disponible en internet en: <<http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/202/207>>

Los tres primeros pueden ser descritos como constituyentes de los vértices de un triángulo y el empirismo ocupando el centro. Una idea similar ha sido desarrollada por Vick (2002), aunque a pesar de ser contemporáneos y afirmar lo mismo, no se citen con Burland, entre sí, en sus textos.

Se puede apreciar que en realidad el Triángulo Geotécnico de Burland es la proyección de un tetraedro, en donde el triángulo representa una de las caras, la del paradigma de la teoría/análisis y en el vértice posterior se ubica el paradigma de la práctica. La IG se encuentra en el interior del tetraedro (Figura 2).

Figura 2. Tetraedro geotécnico.



Fuente. Evolución de la geotecnia. [En línea]. Disponible en internet en: <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/202/207>

Esto permite visualizar mejor la interrelación entre los paradigmas de la teoría y de la práctica en la IG. Según Vick (2002), la dualidad teoría/práctica implica la coexistencia de formas de pensar diferentes. Mientras que a priori puede plantearse una asociación del tipo: Teoría = Método Deductivo, Práctica = Método Inductivo, la realidad indica que la interrelación es más profunda y que existe siempre la inducción inicial.

En gran parte del diseño geotécnico, como muros, zapatas, pilotes, taludes de presas, excavaciones y túneles en rocas, es esencial el uso de casos precedentes. La teoría sirve para verificarlos (Hendron, 1990).

La teoría y análisis, una vez aceptados, son la base del sistema deductivo. Constituyen los primeros principios desde los cuales se obtienen conclusiones y se hacen predicciones, que son el corazón de la ingeniería geotécnica.²

² Evolución de la Geotecnia. [En línea]. Disponible en internet en: <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/202/207>

2.1.2 El Vértice de la Modelación numérica en la Geotecnia. Simpson y Tatsuoka (2008) destacan que el desarrollo de modelos tenso-deformacionales de suelos, principalmente por el uso de FEA ha sido el rasgo principal de investigación en los últimos 60 años. Los modelos usados son relativamente simples: Mohr-Coulomb elásticos, CAM CLAY modificado y sus extensiones y desarrollos de los modelos hiperbólicos. Otros más complejos tienen menos uso debido a que requieren muchos parámetros difíciles de obtener. Existe una brecha entre lo que puede ser entendido en principio y lo que puede ser aplicado en la práctica, por las limitaciones en las propiedades deformacionales y en la resistencia de los suelos.

Las tendencias actuales para predecir desplazamientos se dirigen hacia análisis complejos no-lineales, elasto- visco plásticos, la inclusión de cargas cíclicas, efectos químicos, efectos de envejecimiento y efectos térmicos, hacia una consideración creciente de efectos acoplados entre esos efectos, y un mayor desarrollo de la mecánica de suelos no- saturada.

El cambio más significativo a observar en el futuro se refiere a la modelación de medios discretos como partículas de suelo o bloques de rocas. En general, los geomateriales están formados por partículas pero se lo modela como continuo como por ej. FEM (“Finite Element Method”). El DEM (“Discrete Element Method”) se ha estado popularizando. Las limitaciones son computacionales. En un metro cúbico hay 10^9 mm³. Actualmente se modelan 105 partículas pero se puede alcanzar a 1011 para 2020, o sea que los suelos reales requieren de mayor número y potencia computacional.

La idea de modelar partícula por partícula parece remota. Se ha planteado usar factores de escala y modelar situaciones prácticas como taludes, aunque hay dificultades en la localización de bandas de corte y flujo de agua. ³

2.1.3 Antecedentes de los Elementos Finitos. Desde las peripecias de Coulomb en la Martinica, en el siglo XVIII y los casi desconocidos trabajos de Collin, en el XIX, hasta los primeros métodos gráficos de Petterson y Fellenius con su famoso “círculo sueco”, han sido muchos los autores que han dado su nombre a otros tantos métodos de análisis, Janbu, Lowe, Spencer, Bishop, Taylor, Morgenstern, Price, Sarma, etc, hasta llegar, finalmente, al Método de los Elementos Finitos.

El desarrollo de los elementos finitos tal y como se conocen hoy en día ha estado ligado al cálculo estructural. En los años 40 Courant propone la utilización de funciones polinómicas para la formulación de problemas elásticos en subregiones triangulares, como un método especial del método variacional de Rayleigh-Ritz para aproximar soluciones. ⁴

³ Evolución de la Geotecnia. [En línea]. Disponible en internet en: <<http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/202/207>>

⁴ Antecedentes de elementos finitos. [En línea]. Disponible en internet en: <http://icc.ucv.cl:8080/geotecnia/18_ciclo_conferencias/2006/01_geomecanica_computacional/presentaciones/01_lunes_15_mayo/02_elementos_finitos_ing_geotec/elementos_finitos_ing_teotec.pdf>

Fueron Turner, Clough, Martin y Topp en 1956 quienes presentaron el MEF en la forma aceptada hoy en día. En su trabajo introdujeron la aplicación de elementos finitos simples (barras y placas triangulares con cargas en su plano) al análisis de estructuras, utilizando los conceptos de discretizado y funciones de forma.

El libro de Zienkiewicz y Cheung o Zienkiewicz y Taylor en 1967 presenta una interpretación amplia del MEF y su aplicación a cualquier problema de campos.

En él se demuestra que las ecuaciones de los MEF pueden obtenerse utilizando un método de aproximación de pesos residuales, tal como el método de Galerkin o el de mínimos cuadrados.

Esta visión del problema difundió un gran interés entre los matemáticos para la solución de ecuaciones diferenciales lineales y no lineales mediante el MEF, que ha producido una gran cantidad de publicaciones hasta tal punto que hoy en día el MEF está considerado como una de las herramientas más potentes y probadas para la solución de problemas de ingeniería y ciencia aplicada.⁵

2.1.4 Origen, formación y constitución del suelo. El geotecnista debe conocer el contexto geológico del suelo, e incluso el climatológico y agrológico. Sin ese entendimiento, su trabajo estará lleno de incertidumbres que pueden traducirse en pérdidas de oportunidades al desconocer propiedades inherentes y sobretodo, se podrán incorporar elementos de riesgo para el diseño, por omitir circunstancias fundamentales intrínsecas y ambientales.

La mecánica de suelos es la aplicación de la mecánica a los problemas geotécnicos. Ella estudia las propiedades, comportamiento y utilización del suelo como material estructural, de tal modo que las deformaciones y resistencia del suelo ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad de las estructuras. La estructura del suelo puede ser natural (la del suelo “in situ”), como un talud, canal en tierra o artificial (suelo como material de construcción), como un terraplén o un relleno.⁶

“En lo que respecta al área de geotecnia, en Colombia se ha empleado el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), el Título H quien trata acerca de los estudios geotécnicos que son un conjunto de actividades que se realizan para conocer las propiedades mecánicas y físicas del suelo con el fin de dar datos para el diseño de las obras que se encuentran en contacto con el suelo y de forma que garantice el adecuado comportamiento”.

⁵ Antecedentes de elementos finitos. [En línea]. Disponible en internet en: <http://icc.ucv.cl:8080/geotecnia/18_ciclo_conferencias/2006/01_geomecanica_computacional/presentaciones/01_lunes_15_mayo/02_elementos_finitos_ing_geotec/elementos_finitos_ing_geotec.pdf>

⁶ Historia de los suelos. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <<http://www.galeon.com/geomecanica/cap1.pdf>>

Por lo anteriormente mencionado acerca de modelación numérica, se destaca que el paquete de software Geostudio que es una herramienta diseñada con importantes beneficios para el medio ingenieril, conteniendo mejoras de ingeniería que se realizaron para cada producto desde la versión 2004 (Versión 6). Dentro de los diferentes software que este mismo contiene, para la realización de este manual se hará uso de SIGMA/W que es un modelo numérico que puede simular matemáticamente el verdadero proceso de cambio de volumen del suelo en respuesta a uno mismo o la carga externa, haciendo uso de los elementos finitos.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Para la determinación de esfuerzos verticales, graficas de circulo de Mohr y asentamientos inmediatos empleando la teoría elástica y comparando con el software SIGMA/W, se requiere tener conocimiento acerca del comportamiento de los suelos cohesivos y granulares ante la presencia de un asentamiento y esfuerzo vertical, además conocer acerca del método de elementos finitos aplicado a la geotecnia, para esta investigación se centrara en las ocasionadas en cimentaciones superficiales y bajo la actuación de una carga rectangular, cuadrada, puntual o circular, para el respectivo estudio del suelo, se emplea la teoría de la elasticidad, que utiliza el módulo de elasticidad (E) y el módulo de Poisson (ν), los cuales son parámetros, en donde influyen deformaciones axiales y laterales del suelo, ocasionando que no posean un valor específico, además para la aplicación de la teoría de elasticidad, se deben realizar diferentes hipótesis, entre ellas: Que el suelo es un medio continuo, heterogéneo e isótropo, que la compresibilidad es la misma en cualquier dirección y que la relación de esfuerzo deformación del suelo es lineal, además en el estudio de los suelos existen infinidad de propiedades y métodos tanto empíricos como semi-empíricos, que ayudan a solucionar y a obtener resultados de determinado suelo, que son de gran utilidad para la geotecnia, para este caso en particular, en el cálculo de asentamientos inmediatos en suelos cohesivos y granulares, existen métodos para el cálculo de los mismos, entre ellos se encuentran, el empleado para suelos cohesivos, que es conocido como el método de Steinbrenner, se utiliza considerando un espacio finito y con ayuda de un factor de influencia, que es calculado dependiendo de los Factores $F1$ y $F2$ y teniendo en cuenta, que es una capa de suelo con espesor finito bajo la esquina de un área rectangular flexible uniformemente cargada y en el caso de un espacio semi-infinito circular, se debe tener en cuenta la distancia radial y la profundidad a la que se encuentra el estrato bajo el cimiento y de esta forma determinar el factor de influencia, para el caso de suelos granulares se hace uso de un método semi-empírico, que es el Método de Schmertman, en donde se calcula un factor de influencia que se obtiene de determinada gráfica y para determinar si la cimentación es cuadrada o continua, se debe considerar unas relaciones respecto al ancho y largo del cimiento, se considera cimiento cuadrado si esta relación es igual a la unidad y continua si el largo sobre el ancho es mayor a 10, entonces se puede entrar a la gráfica y obtener el valor de influencia, para conocer el valor del asentamiento del suelo.

También se debe conocer acerca de diferentes propiedades físicas y mecánicas, entre ellas se encuentra un factor que actúa como coeficiente promedio de fricción y que es denominado ángulo de fricción interna, en donde, una cimentación cumple la función de transferir cargas

de la estructura al suelo, produciendo que las presiones o esfuerzos del mismo, se distribuyan en él y se disipen, en el momento de analizar el esfuerzo ocasionado por determinada carga, se debe analizar el bulbo de presiones, en donde, se producen incrementos de carga vertical considerables por efecto de una carga aplicada.⁷

En consecuencia, al tener conocimiento y aplicar las diferentes teorías existentes en la geotecnia para suelos cohesivos y granulares, entonces se determina el valor del asentamiento ocasionado en el suelo.

2.3 MARCO TEORICO

2.3.1 Generalidades de Asentamientos inmediatos. El cálculo de asentamientos inmediatos por medio de la teoría elástica se puede emplear para obtener una estimación de los asentamientos iniciales que se generan en la masa de suelo producido por la aplicación de cargas. Para utilizar la teoría de la elasticidad es necesario determinar en forma adecuada el módulo de elasticidad (E) y el módulo de Poisson (ν). El módulo de elasticidad es el parámetro más crítico y su valor se debe seleccionar teniendo en cuenta tanto la magnitud del esfuerzo inicial como su variación.⁸

2.3.2 Ley generalizada de Hooke. Considérese una muestra de suelo en forma de cubo sometida a fuerzas que actúan en las direcciones de los tres ejes coordenados, produciendo los esfuerzos normales $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ todos diferentes de cero (Ver figura 3).

Supóngase también que la muestra de suelo en forma de cubo tiene lados iguales a la unidad; bajo la carga triaxial, la muestra se convierte en un paralelepípedo rectangular de lados $1 + \varepsilon_x, 1 + \varepsilon_y, 1 + \varepsilon_z$, en donde $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ y ε_z son las deformaciones unitarias normales en las direcciones de los ejes coordenados.

Para expresar las componentes de la deformación $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ y ε_z en términos de los esfuerzos $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$, se considera separadamente el efecto de cada componente del esfuerzo y se combinan los resultados obtenidos. La aproximación que aquí se propone está basada en el principio de superposición. Este principio dice que el efecto de una combinación de cargas en un suelo se puede obtener determinado separadamente los efectos de las diferentes cargas y combinando los resultados obtenidos siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

A cada efecto esta linealmente relacionado con la carga que lo produce

La deformación que resulta de cualquier carga dada es pequeña y no afecta las condiciones de aplicación de las demás cargas (Deformaciones infinitesimales).⁹

⁷ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>>

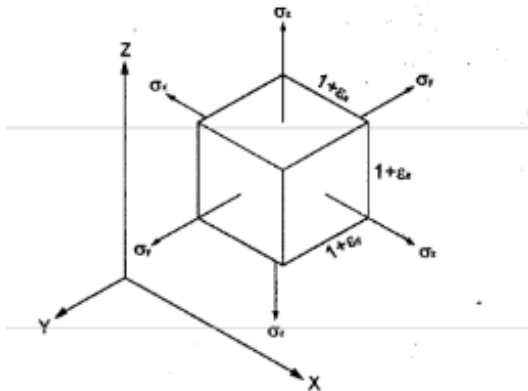
Disponible en internet en:

⁸ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>>

Disponible en internet en:

⁹ Ibid., p.2

Figura 3. Muestra de suelo sometida a carga triaxial.



Fuente. Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>

En el caso de cargas triaxiales, la primera condición se cumple si los esfuerzos no exceden el límite de proporcionalidad del suelo y la segunda condición también se cumple si el esfuerzo en cualquier cara de la muestra de suelo no causa en las otras, deformaciones suficientemente grandes para afectar el cálculo de esfuerzos en esas caras.

Considerando que el efecto de σ_x , causa una deformación igual a σ_x/E en la dirección “x” y deformaciones de $-\nu\sigma_x/E$ en las direcciones “y” y “z”, análogamente σ_y ocasiona una deformación σ_y/E en la dirección “y” con deformaciones de $-\nu\sigma_y/E$ en las direcciones “x” y “z” y de la misma forma σ_z causa una deformación de σ_z/E en dirección de “z” y deformaciones $-\nu\sigma_z/E$ en las direcciones “x” e “y”. En el cuadro 1, se puede observar que al combinar los resultados se tiene que las deformaciones totales en cada cara son:

Las ecuaciones (1), (2) y (3) son consideradas como la ley generalizada de Hooke para carga triaxial, donde: σ_x es el esfuerzo aplicado en la cara “x” (FL^{-2}), σ_y es el esfuerzo aplicado en la cara “y” (FL^{-2}), σ_z es el esfuerzo aplicado en la cara “z” (FL^{-2}), E es el módulo de elasticidad (FL^{-2}), y ν es el módulo de Poisson (adimensional).¹⁰

¹⁰ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>

Disponible en internet en:

Cuadro 1. Ecuaciones de deformación unitaria y esfuerzo aplicado

<i>Esfuerzo aplicado</i>	<i>Deformación unitaria en el eje</i>		
	ε_x	ε_y	ε_z
Ec.1 σ_x	$\frac{\sigma_x}{E}$	$-\frac{\nu\sigma_x}{E}$	$-\frac{\nu\sigma_x}{E}$
Ec.2 σ_y	$-\frac{\nu\sigma_y}{E}$	$\frac{\sigma_y}{E}$	$-\frac{\nu\sigma_y}{E}$
Ec.3 σ_z	$-\frac{\nu\sigma_z}{E}$	$-\frac{\nu\sigma_z}{E}$	$\frac{\sigma_z}{E}$

Fuente. Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>>

En la ecuación 3, ecuación 4 y ecuación 5, se puede apreciar el resultado de la aplicación simultánea de los tres esfuerzos, obteniendo lo siguiente: ¹¹

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \quad (4)$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] \quad (5)$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad (6)$$

2.3.3 Hipótesis de la teoría elástica aplicada en suelos. Para aplicar la teoría de la elasticidad en los suelos, es necesario hacer las siguientes hipótesis:

El suelo es un medio continuo

El suelo es un material homogéneo

El suelo es un material isótropo

La compresibilidad medida en el suelo es la misma en cualquier dirección

La relación esfuerzo del suelo es lineal.

2.3.4. Parámetros elásticos

2.3.4.1 Módulo de elasticidad. El módulo de elasticidad es un parámetro con una magnitud que describe con aproximación el comportamiento de un suelo para una combinación particular de esfuerzos. ¹²

¹¹ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>>

¹² Ibid., p.2

Disponible en internet en:

Si se aplica un esfuerzo uniaxial σ_z a un cilindro elástico, se producirá una compresión vertical y una expansión lateral, de tal manera que a la relación entre el esfuerzo uniaxial y la deformación en el sentido de la aplicación del esfuerzo uniaxial se le conoce como módulo de elasticidad (Ver figura 4).

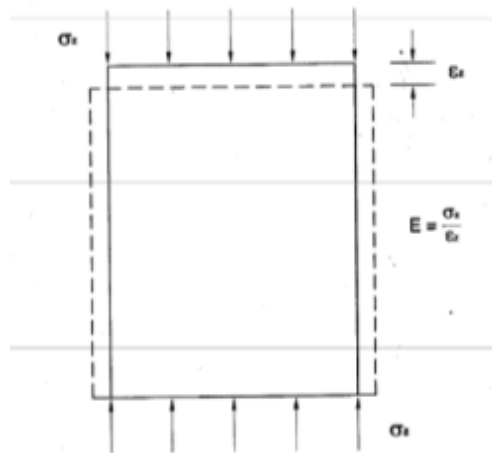
En la figura 5, está representando el comportamiento esfuerzo-deformación de un suelo.

Como la deformación uniaxial ε_z es adimensional; entonces el módulo de elasticidad E se expresa en las mismas unidades que el esfuerzo uniaxial σ_z , esto es en FL^{-2} .¹³

2.3.4.2 Módulo de Poisson. El módulo de Poisson es aquel que se genera al aplicar un esfuerzo uniaxial σ_z al cilindro elástico, produciendo así una deformación lateral y una deformación axial, en donde al valor absoluto que da como resultado de la relación entre la deformación lateral y la deformación axial se le conoce como módulo de Poisson (ν), matemáticamente se expresa como lo establecido en la ecuación 7.¹⁴

$$\nu = \left| \frac{\text{deformación lateral}}{\text{deformación axial}} \right| \quad (7)$$

Figura 4. Cilindro de suelo sometido a esfuerzo uniaxial.



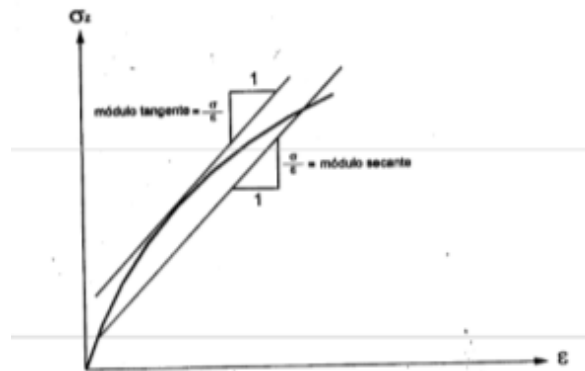
Fuente. Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>

¹³ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>

¹⁴ Ibid., p.2

Disponible en internet en:

Figura 5. Curva esfuerzo-deformación para un suelo bajo la acción de una carga.



Fuente. Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>

El módulo de Poisson, para materiales elásticos ideales, varía entre 0 y 0.5. El valor de 0.5 corresponde a un material cuyo volumen no cambia por efecto de la carga como por ejemplo, el agua y el valor de 0 corresponde a un material que no se deforma lateralmente por la acción de la carga, por ejemplo el corcho.¹⁵

2.3.5 Uso de la teoría elástica para el cálculo de asentamientos. La teoría de la elasticidad puede utilizarse para obtener expresiones de las deformaciones que resultan en una masa de suelo cuando se les aplica una carga. En la práctica, resultan de gran interés las deformaciones verticales, es decir, los asentamientos que se producen en la superficie de la masa de suelo cuando la carga se aplica sobre el área de una cimentación. Las soluciones para los asentamientos basadas en la teoría elástica utilizan el módulo de elasticidad (E) y el módulo de Poisson (ν); sin embargo, una masa de suelo no tiene valores únicos de E y de ν , y la dificultad para determinar los valores apropiados de estos parámetros limita la aplicación práctica de estas soluciones.

No obstante, en depósitos de arcilla saturada, los asentamientos que se presentan inmediatamente durante la construcción se producen sin ningún drenaje del agua intersticial del suelo; lo cual hace que sea razonable la hipótesis de un módulo de elasticidad no drenado constante, ya que no hay cambio de volumen en la masa de suelo con una relación de Poisson de $\nu=0.5$ (para fines prácticos se considera $\nu=0.45$).¹⁶

2.3.5.1 Asentamiento elástico bajo una carga concentrada. Los esfuerzos inducidos dependen del tipo de carga (concentrada, lineal, uniformemente distribuida) y del estrato de deformación que induzcan al suelo. Por lo que los asentamientos que ocurren dependen también de la geometría de las cargas.

¹⁵ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>

Disponible en internet en:

¹⁶ Ibid., p.2

Para una carga vertical concentrada que actúa en la frontera de un medio elástico semiinfinito, se estima el asentamiento bajo la carga usando la fórmula de Boussinesq para el esfuerzo normal vertical. Si se aplica la ley de Hooke en su forma más simple correspondiente a un estado uniaxial de esfuerzos, ver ecuación 8, se obtiene:

$$d\delta = \frac{\sigma_z}{E} dz \quad (8)$$

Dónde: δ es la deformación vertical del elemento dz situado a una profundidad “ z ” bajo la carga puntual aplicada, ver ecuación 9.¹⁷

Para este caso, se tiene que:

$$d\delta = \frac{3P}{2\pi E z^2} dz \quad (9)$$

Integrando la expresión (9) entre z e α y suponiendo el estrato de suelo de profundidad infinita, se obtiene como resultado la ecuación 11, resulta:

$$\delta = \frac{3P}{2\pi E} \int_z^\alpha \frac{dz}{z^2} = -\frac{3P}{2\pi E} \left[\frac{1}{z} \right] \quad (10)$$

$$\delta = \frac{3}{2} \frac{P}{\pi E z} \quad (11)$$

Dónde: δ es el asentamiento elástico bajo la carga puntual aplicada (L), P es la carga puntual aplicada (F), E es el módulo de elasticidad (FL^{-2}) y z es la profundidad a la que se calcula el asentamiento (L).

De la misma forma se puede calcular el asentamiento en cualquier punto de la masa de suelo a una profundidad z, ver ecuación 12.

$$\delta = \frac{P}{2\pi E} (1 + \nu) \left[2(1 - \nu) + \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right] \frac{1}{R} \quad (12)$$

Dónde: ν es el módulo de Poisson (adimensional) y R es el radio vector (L), ver ecuación 13.

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (13)$$

Para puntos bajo la carga puntual aplicada, la ecuación (12) se reduce a, como se aprecia en la ecuación 14:

$$\delta = \frac{P}{2\pi E z} (1 + \nu)(3 - 2\nu) \quad (14)$$

Cabe resaltar que la ecuación , coincide con la ecuación, para $\nu = 0.5$.¹⁸

¹⁷ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>>

¹⁸ Ibid., p.2

Disponible en internet en:

2.3.5.2 Asentamientos elásticos bajo cargas distribuidas en un área circular. Para el caso de una superficie circular flexible bajo cargas distribuidas en la frontera superior de un medio semi-infinito, elástico, homogéneo e isótropo, se tiene que el asentamiento bajo el centro del área cargada está dada por la ecuación 15:

$$\delta_e = (1 - \nu^2) \frac{q}{E} D \quad (15)$$

El asentamiento en los puntos de la periferia del área circular cargada es, ver ecuación 16:

$$\delta_p = \frac{2}{\pi} (1 - \nu^2) \frac{q}{E} D \quad (16)$$

Y el asentamiento promedio de dicha área es, ver ecuación 17:¹⁹

$$\delta_m = \frac{8}{3\pi} (1 - \nu^2) \frac{q}{E} D \quad (17)$$

Dónde: q es la carga distribuida aplicada en el área circular (FL^{-2}) y D es el diámetro del área circular (L).

Para un área circular rígida con una carga puntual aplicada P y diámetro D, la carga media distribuida o por unidad de área en un medio semi-infinito, elástico, homogéneo e isótropo es, ver ecuación 18:

$$q_m = \frac{4P}{\pi D^2} \quad (18)$$

Por lo tanto, el asentamiento bajo cargas distribuidas en cualquier punto del área circular rígida es, ver ecuación 19:

$$\delta_n = \frac{\pi}{4} (1 - \nu^2) \frac{q_m}{E} D \quad (19)$$

Dónde: q_m es la carga media distribuida en el área circular (FL^{-2}).²⁰

2.3.5.3 Asentamientos elásticos bajo cargas distribuidas en una superficie rectangular.

Para el cálculo de asentamientos elásticos inducidos por una carga rectangular con carga uniforme, Steinbrenner resolvió el problema de cálculo de asentamientos en un medio elástico, homogéneo e isótropo de espesor “H” bajo una esquina del rectángulo cargado con la siguiente expresión, ver ecuación 20:

$$\delta = \frac{q}{E} (1 - \nu^2) \left[x \ln \frac{y + \sqrt{x^2 + y^2} \sqrt{x^2 + H^2}}{x(y + \sqrt{x^2 + y^2 + H^2})} + y \ln \frac{(x + \sqrt{x^2 + y^2}) \sqrt{y^2 + H^2}}{y(x + \sqrt{x^2 + y^2 + H^2})} \right] + \frac{q}{2\pi E} (1 - \nu - 2\nu^2) H \tan^{-1} \frac{xy}{H\sqrt{x^2 + y^2 + H^2}} \quad (20)$$

¹⁹ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>>

²⁰ Ibid., p.2

Disponible en internet en:

Dónde: q es la carga distribuida aplicada en el área rectangular (FL^{-2}), “ x ” es el largo del area rectangular (L) “ y ” es el ancho del area rectangular (L) y H es el espesor del estrato en el que se calcula el asentamiento (L).

Para calcular asentamientos bajo una esquina de una superficie rectangular uniformemente cargada en un medio semi-infinito, elástico, homogéneo e isótropo, Schleicher obtuvo la siguiente ecuación, ver ecuación 21:

$$\delta = \left[\frac{q(1-\nu^2)}{\pi E} \right] \left[x \ln \frac{y + \sqrt{y^2 + x^2}}{x} + y \ln \frac{x + \sqrt{x^2 + y^2}}{y} \right] \quad (21)$$

Dónde: q es la carga distribuida aplicada en el área rectangular (FL^{-2}), “ x ” es el largo del area rectangular (L) e “ y ” es el ancho del área rectangular (L).²¹

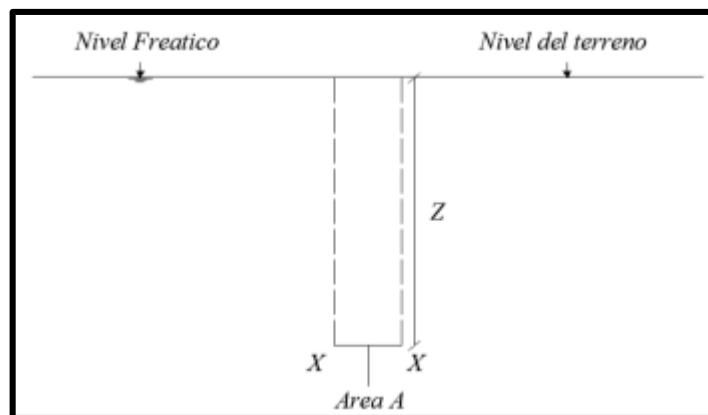
2.3.6 Principio de esfuerzo efectivo. En una masa de suelo existen esfuerzos dentro del esqueleto del suelo que resultan de las fuerzas que actúan sobre los puntos de contacto entre partículas individuales y existen esfuerzo dentro del fluido intersticial que los vacíos del suelo.

Para estudiar el comportamiento ingenieril de los suelos es necesario tener la capacidad de distinguir estas dos clases de esfuerzos y también entender la relación entre ellos. Si se considera una masa de suelo saturado con una superficie horizontal, con el nivel freático a nivel del terreno, se tiene que en un plano horizontal XX de área A , a profundidad z , la columna vertical de suelo por encima de XX tendrá el peso total W , como se aprecia en la figura 6 y matemáticamente se obtiene lo siguiente, ver ecuación 22:

$$W = W_s + W_w \quad (22)$$

Donde W_s es el peso de las partículas del suelo y W_w es el peso del agua en los vacíos.

Figura 6. Masa de suelo saturado con una superficie horizontal



Fuente. Autora del proyecto

²¹ Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>>

Disponible en internet en:

Las partículas del suelo por debajo del nivel freático están sometidas a un empuje U de tal manera que su peso efectivo W'_s esta dado por, ver ecuación 23:

$$W'_s = W_s - U \quad (23)$$

Entonces, ver ecuación 24:

$$W_s = W'_s + U \quad (24)$$

Se tiene que, ver ecuación 25:

$$W = W'_s + U + W_w \quad (25)$$

Si V_s representa el volumen de las partículas de suelo en la columna y V_w el volumen de agua, entonces $U = \rho_w g V_s$ (Principio de Arquímedes) y $W_w = \rho_w g V_w$.

Entonces, ver ecuación 26:

$$W = W'_s + \rho_w g (V_s + V_w) \quad (26)$$

Como el suelo está saturado, el volumen de agua V_w es igual al volumen de vacíos V_v . Por tanto $V_s + V_w$ representa el volumen total V de la columna.²²

Entonces, ver ecuación 27:

$$W = W'_s + \rho_w g V \quad (27)$$

Y como $V = Az$, entonces, ver ecuación 28:

$$\frac{W}{A} = \frac{W'_s}{A} + \rho_w g z \quad (28)$$

W/A Define el esfuerzo sobre XX como resultado del peso total de la columna y se denomina *esfuerzo total*, representado por σ . W'_s/A es el esfuerzo sobre XX como resultado del peso específico de las partículas de suelo y se denomina *esfuerzo efectivo*, σ' . Puesto que el plano XX está a la profundidad z por debajo del nivel freático, el termino $\rho_w g z$ constituye a la *presión intersticial hidrostática* en representada por u . Así se obtiene la relación (Ec.29).²³

$$\sigma = \sigma' + u \quad (29)$$

2.3.7 Distribución de esfuerzos en el suelo debido a una carga puntual. Boussinesq (1885), en la figura 7, se puede observar la idealización de un modelo, donde se coloca una carga puntual sobre un medio elástico semi-infinito, encontrando que la solución para determinar el valor del incremento del esfuerzo vertical ($\Delta\sigma_z$) en un punto cualquiera con coordenadas cartesianas de localización ($x = x_a, y = y_a, z = z_a$).

Debido a la carga (P) impuesta, de forma general será, como se observa en la ecuación 30:

²² BERRY Peter L., REID David, Mecánica de Suelos, Mac Graw Hill interamericano S.A, 1993, Santafé de Bogotá, Pág. 50, ISBN: 958-600-172-5.

²³ Ibid., p.3

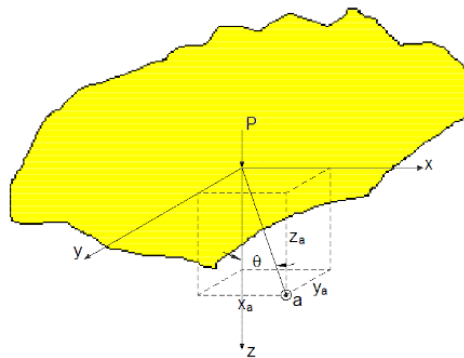
$$\Delta\sigma_z = \frac{3P}{2\pi z^2} \cos^5\theta \quad (30)$$

donde:

$$\cos\theta = \frac{z}{\sqrt{r^2+z^2}} \quad (31)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (32)$$

Figura 7. Modelo de Boussinesq, de carga puntual (P) sobre un medio elástico semi-infinito y sistema de ejes utilizado.



Fuente. Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

Utilizando las definiciones antes vistas y realizando las simplificaciones respectivas, se puede expresar el incremento de esfuerzo vertical en el suelo ($\Delta\sigma_z$), de dos maneras, como se aprecia en la ecuación 33 y ecuación 34 respectivamente. ²⁴

$$\Delta\sigma_z = \frac{3P}{2\pi z^2 \left(1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right)^{5/2}} \quad (33)$$

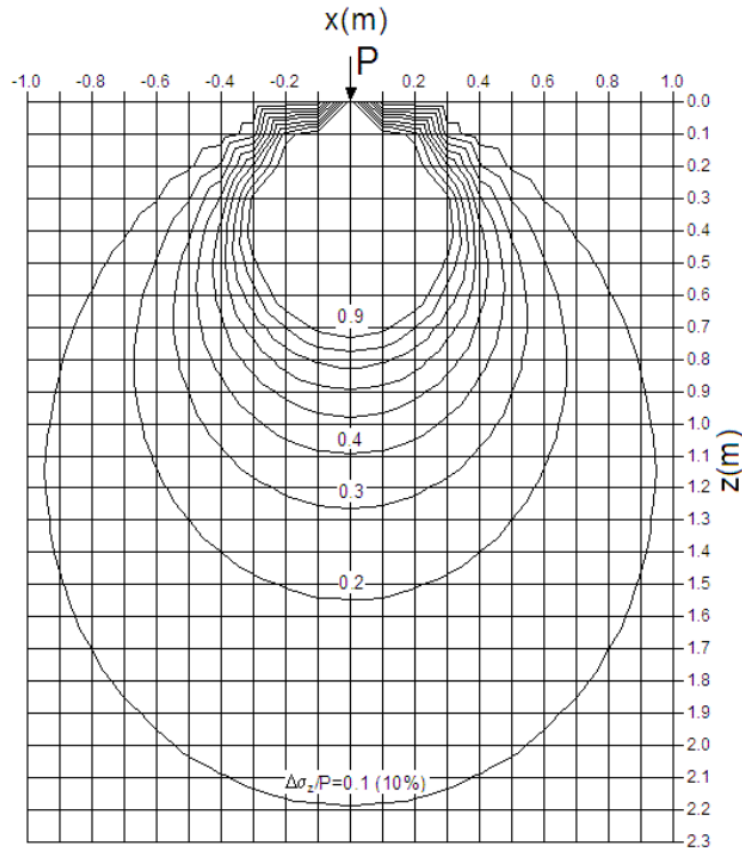
ò

²⁴ Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

$$\Delta\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{(r^2+z^2)^{5/2}} \quad (34)$$

Si se toma cualquiera de las dos ecuaciones y se realiza un análisis y un diagrama del incremento del esfuerzo vertical del plano $x-z$ ($y=0$), se obtendrá un esquema como el mostrado en la figura 8, para el caso de una carga puntual unitaria, que podrá ser utilizado para cualquier valor de carga fundamentados en los principios de elasticidad, aclarando que la unidad de $\frac{\Delta\sigma_z}{P} = [1/m^2]$.²⁵

Figura 8. Distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga puntual.



Fuente. Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

²⁵ Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

2.3.8 Distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga circular. Partiendo de la solución dada por Boussinesq para una carga puntual y dividiendo un área cargada circular en diferenciales de área, como muestra la figura 9.

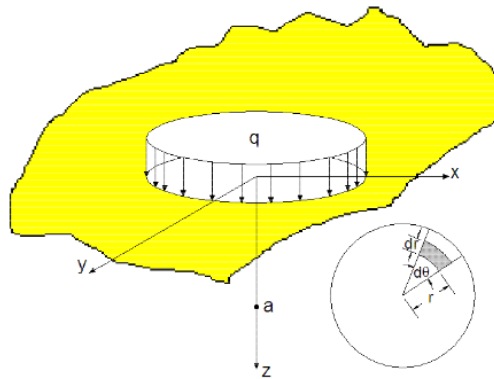
Donde, una carga puntual (dP) sobre este diferencial se puede aproximar a $dP = q \cdot r \cdot d\theta \cdot dr$ y se obtiene que, ver ecuación 35:

$$d(\Delta\sigma_z) = \frac{3(q \cdot dx \cdot dy)}{2\pi z^2 \left[1 + \left[\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z} \right]^2 \right]^{5/2}} \quad (35)$$

Integrando en toda la superficie del área circular, se tiene que, ver ecuación 36:

$$\Delta\sigma_z = \int_{\theta=0}^{\theta=2\pi} \int_{r=0}^{r=B/2} \frac{3(q \cdot r \cdot d\theta \cdot dr)}{2\pi z^2 \left(1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2 \right)^{5/2}} \quad (36)$$

Figura 9. Modelo de carga circular (q) sobre un medio elástico semi-infinito, y sistema de ejes utilizado



Fuente. Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

Al solucionar la anterior integral, se encuentra que el incremento del esfuerzo vertical ($\Delta\sigma_z$) para un punto cualquiera (a) debajo del centro de una cimentación circular, de radio R, cargada con un valor de esfuerzo de contacto (q) uniformemente distribuido, en una profundidad dada (z) cualquiera, será, ver ecuación 37: ²⁶

²⁶ Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

$$\Delta\sigma_z = q \left[1 - \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{R}{z}\right)^2} \right]^{3/2} \right] \quad (37)$$

Donde:

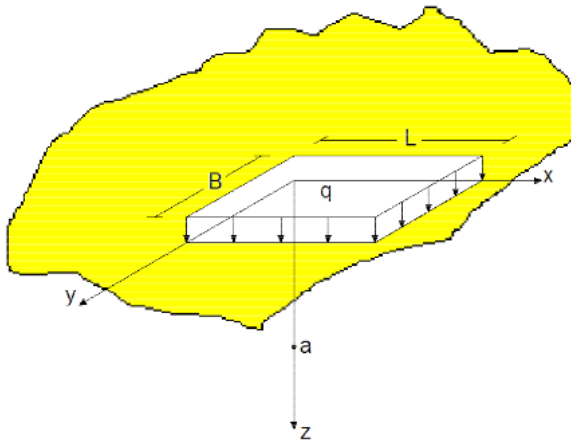
R: Es el radio de la cimentación, y será igual a $R=B/2$.

Para conocer el incremento de esfuerzo vertical en lugares diferentes a puntos localizados debajo del centro de la cimentación circular, se deberá solucionar la integral de la ecuación 28, con los adecuados límites de integración, variándolos de acuerdo a la distancia (r) desde el centro de la cimentación hasta punto investigado y a la profundidad (z).²⁷

2.3.9 Distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga rectangular

Partiendo de la solución dada por Boussinesq para una carga puntual y la definición de r y dividiendo un área cargada rectangular en diferenciales de área, como muestra la figura 10.

Figura 10. Modelo de carga rectangular (q) sobre un medio elástico semi-infinito, y sistema de ejes utilizado.



Fuente. Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

²⁷ Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

Donde, una carga puntual (**dP**) sobre este diferencial se puede aproximar a **dP = q. dx. dy**, se obtiene que, ver ecuación 38:

$$d(\Delta\sigma_z) = \frac{3(q \cdot dx \cdot dy)}{2\pi z^2 \left[1 + \left[\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z} \right]^2 \right]^{5/2}} = \frac{3(q \cdot dx \cdot dy)z^3}{2\pi(x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}} \quad (38)$$

Integrando en toda la superficie del área rectangular, se tiene que, ver ecuación 39:²⁸

$$\Delta\sigma_z = \int_{y=0}^{y=L} \int_{x=0}^{x=B} \frac{3(q \cdot dx \cdot dy)z^3}{2\pi(x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}} \quad (39)$$

Al solucionar la anterior integral (Newmark) 1935, encontró que el incremento del esfuerzo vertical ($\Delta\sigma_z$) para un punto cualquiera (a) debajo de la esquina de una cimentación rectangular, de ancho **B** y largo **L**, cargada con un valor de esfuerzo de contacto (**q**) uniformemente distribuido, en una profundidad dada (**z**) cualquiera, será, ver ecuación 41:

$$\Delta\sigma_z = qI(m, n) \quad (40)$$

donde:

$$m = \frac{B}{z} \quad (30)$$

$$n = \frac{L}{z} \quad (31)$$

$$I(m, n) = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} + \tan^{-1} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + 1 - m^2n^2} \right) \right] \quad (41)$$

En el caso que el valor de (m^2n^2) sea mas grande que el valor de ($m^2 + n^2 + 1$), el termino de la ecuación 31 que utiliza tangente inversa se vuelve negativo, luego será necesario modificar la ecuación, sumando el anterior resultado el valor de π , de la siguiente manera, ver ecuación 42:

$$I(m, n) = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} + \tan^{-1} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + 1 - m^2n^2} \right) + \pi \right] \quad (42)$$

El valor del factor de influencia **I (m,n)**, siempre deberá estar entre, ver ecuación 43:

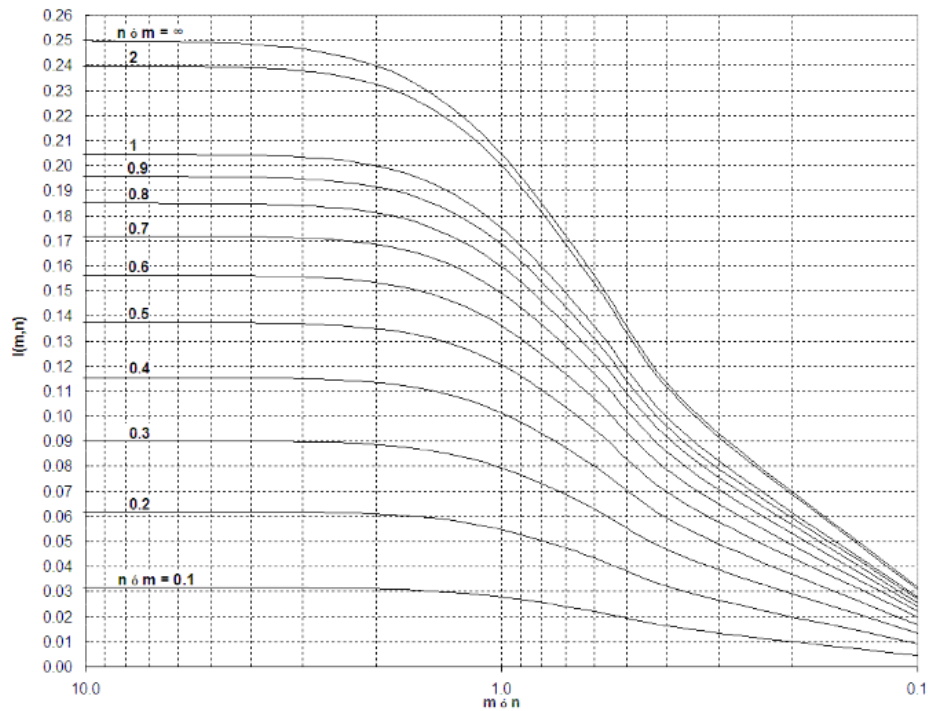
$$0 \leq I(m, n) \leq 0.25 \quad (43)$$

Los valores del factor de influencia **I (m,n)**, a partir de las ecuaciones 42 y 43, se puede obtener del grafico de la figura 11, para diferentes valores de **m** y **n** o del cuadro 2.²⁹

²⁸ Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf >

²⁹ Ibid., p.4

Figura 11. Valor del factor de influencia para diferentes valores de m y n.



Fuente. Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

La profundidad del bulbo de presiones (D_b) de un área rectangular es difícil de determinar de forma general, más aun cuando es una distribución de carga compuesta. Se puede deducir que esta varía entre dos veces su ancho (B) (En el caso de una zapata cuadrada) y tres veces su ancho (B), pero de manera aproximada D_b es asumida, para el caso de una zapata rectangular como se evidencia en la Ecuación 44:³⁰

$$D_b = 2B \tag{44}$$

³⁰ Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

Cuadro 2. Valor del factor de influencia para diferentes valores de m y n.

m ó n	n ó m											
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	∞
0.1	0.0047	0.0092	0.0132	0.0168	0.0198	0.0222	0.0242	0.0258	0.0270	0.0279	0.0311	0.0316
0.2	0.0092	0.0179	0.0259	0.0328	0.0387	0.0435	0.0473	0.0504	0.0528	0.0547	0.0610	0.0620
0.3	0.0132	0.0259	0.0374	0.0474	0.0559	0.0629	0.0686	0.0731	0.0766	0.0794	0.0887	0.0902
0.4	0.0168	0.0328	0.0474	0.0602	0.0711	0.0801	0.0873	0.0931	0.0977	0.1013	0.1134	0.1154
0.5	0.0198	0.0387	0.0559	0.0711	0.0840	0.0947	0.1034	0.1103	0.1158	0.1202	0.1350	0.1375
0.6	0.0222	0.0435	0.0629	0.0801	0.0947	0.1069	0.1168	0.1247	0.1311	0.1360	0.1533	0.1562
0.7	0.0242	0.0473	0.0686	0.0873	0.1034	0.1168	0.1277	0.1365	0.1436	0.1491	0.1686	0.1720
0.8	0.0258	0.0504	0.0731	0.0931	0.1103	0.1247	0.1365	0.1461	0.1537	0.1598	0.1812	0.1850
0.9	0.0270	0.0528	0.0766	0.0977	0.1158	0.1311	0.1436	0.1537	0.1618	0.1684	0.1915	0.1958
1.0	0.0279	0.0547	0.0794	0.1013	0.1202	0.1360	0.1491	0.1598	0.1684	0.1752	0.1999	0.2046
1.5	0.0304	0.0595	0.0864	0.1105	0.1314	0.1490	0.1637	0.1758	0.1857	0.1936	0.2236	0.2299
2.0	0.0311	0.0610	0.0887	0.1134	0.1350	0.1533	0.1686	0.1812	0.1915	0.1999	0.2325	0.2399
3.0	0.0315	0.0618	0.0898	0.1150	0.1368	0.1555	0.1711	0.1841	0.1947	0.2034	0.2378	0.2465
4.0	0.0316	0.0619	0.0901	0.1153	0.1372	0.1560	0.1717	0.1847	0.1954	0.2042	0.2391	0.2485
5.0	0.0316	0.0620	0.0901	0.1154	0.1374	0.1561	0.1718	0.1849	0.1956	0.2044	0.2395	0.2492
10.0	0.0316	0.0620	0.0902	0.1154	0.1374	0.1562	0.1720	0.1850	0.1958	0.2046	0.2398	0.2499
∞	0.0316	0.0620	0.0902	0.1154	0.1375	0.1562	0.1720	0.1850	0.1958	0.2046	0.2399	0.2500

Fuente. Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>

2.3.10 Elementos finitos. El método de los elementos finitos (MEF) ha adquirido una gran importancia en la solución de problemas ingenieriles, físicos, entre otros, permitiendo resolver casos que hasta hace poco tiempo eran prácticamente imposibles de resolver por métodos matemáticos tradicionales.

El MEF permite realizar un modelo matemático de cálculo del sistema real, más fácil y económico de modificar que un prototipo. Sin embargo no deja de ser un método aproximado de cálculo debido a las hipótesis básicas del método. Los prototipos, por lo tanto, siguen siendo necesarios, pero en menor número, ya que el primero puede acercarse bastante más al diseño óptimo.

El método de los elementos finitos como formulación matemática es relativamente nuevo; aunque su estructura básica es conocida desde hace bastante tiempo, en los últimos años ha sufrido un gran desarrollo debido a los avances informáticos.

Han sido precisamente estos avances informáticos los que han puesto a disposición de los usuarios gran cantidad de programas que permiten realizar cálculos con elementos finitos.³¹

³¹ Elementos finitos. [En línea]. s.f. Disponible en internet en: http://icc.ucv.cl:8080/geotecnia/18_ciclo_conferencias/2006/01_geomecanica_computacional/presentaciones/01_lunes_15_mayo/02_elementos_finitos_ing_geotec/elementos_finitos_ing_teotec.pdf

Pero no hay que llevarse a engaño, el manejo correcto de este tipo de programas exige un profundo conocimiento no solo del material con el que se trabaja, sino también de los principios del MEF.

Sólo en este caso estaremos en condiciones de garantizar que los resultados obtenidos en los análisis se ajustan a la realidad.³²

2.3.11 Software SIGMA/W. SIGMA/W es un elemento de producto de software CAD finito que se puede utilizar para llevar a cabo el estrés y análisis de la deformación de las estructuras de tierra. Su formulación integral hace posible el análisis de problemas simples y de alta complejidad. SIGMA/W puede realizar un análisis elástico lineal simple deformación o un análisis de tensión altamente sofisticada, no lineal elastoplástico eficaz.³³

Los muchos modelos de suelo constitutivos le permiten representar una amplia gama de suelos o materiales estructurales. Además, SIGMA / W puede modelar la generación de la presión de agua de los poros y la disipación en una estructura del suelo en respuesta a las cargas externas. Estas características permiten a SIGMA / W para analizar casi cualquier tensión o deformación problema que se encontrará en los proyectos geotécnicos, civiles y de ingeniería minera.³⁴

2.3.11.1 Procedimiento de Utilización. En la modelación del software SIGMA/W, se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

Definir un Modelo de estrés-deformación. Se debe dibujar o importar un archivo DXF TM y de esta forma definir la geometría de las regiones y líneas que identifican las capas del suelo. Seguidamente se procede a aplicar las condiciones de contorno y especificar propiedades de los materiales, elementos estructurales, vigas entre otros.

Visualización de los resultados del análisis. Al haber resuelto el análisis, el software SIGMA/W cuenta con muchas propiedades para visualizar los resultados. Entre las que se encuentran:

- Malla de vectores o desplazamiento deformados en cualquier ampliación.
- Contornos o gráficos con más de 30 parámetros calculados, incluyendo la deformación, la tensión total y efectiva, la tensión y la presión del agua intersticial.
- Zonas de rendimiento sombreadas
- El estado de tensión en cualquier nodo o elemento de punto de Gauss como un círculo de Mohr con los diagramas de fuerza espacial asociados.
- Distribución de momentos o cizalla plot a lo largo de los elementos estructurales.

³² Elementos finitos. [En línea]. s.f. Disponible en internet en: <http://icc.ucv.cl:8080/geotecnia/18_ciclo_conferencias/2006/01_geomecanica_computacional/presentaciones/01_lunes_15_mayo/02_elementos_finitos_ing_geotec/elementos_finitos_ing_geotec.pdf>

³³ Generalidades de Software SIGMA/W. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <<http://www.geoslope.com/products/sigmaw.aspx>>

³⁴ Ibid., p.3

Teniendo los resultados, se añaden etiquetas, ejes, imágenes y si se desea se puede exportar los resultados en otras aplicaciones como Microsoft® Excel® para su posterior análisis.³⁵

- **Aplicaciones típicas**

Dentro de las aplicaciones típicas se encuentran:

- Arreglo de zapatas, tanques llenos de líquido, o estructuras de tierra
- Deformación dentro o debajo de un terraplén o dique de tierra
- Clausura en torno a un túnel
- El movimiento lateral de las excavaciones arriostrados o anclados y la solución de la superficie alrededor de la excavación
- Piso de rebote a cielo abierto, zanjas inclinadas
- Los cambios de volumen (consolidación desacoplada o alzadas) como resultado de los cambios de presión de agua de poro
- La colocación del relleno por etapas, remoción de tierra
- Interacción suelo-estructura, que incluye grutas anclas unidas ONU, puntales de excavación cruzadas y cerchas
- Análisis consolidación totalmente acoplado
- Simulación del depósito de relaves
- Deformaciones permanentes que resultan de la pérdida de fuerza
- Estabilidad de reducción de resistencia.³⁶

2.4. MARCO LEGAL

Para llevar a cabo los diferentes resultados obtenidos en el software y aplicando la base teórica existente, se debe tener en cuenta y aplicar los conceptos establecidos por la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), creada por la ley 1229 de 2008.

³⁵ Generalidades de Software SIGMA/W. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <<http://www.geoslope.com/products/sigmaw.aspx>>

³⁶ Ibid., p.2

3. DISEÑO METODOLOGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación descriptiva, en donde, se puede describir el comportamiento que tienen los diferentes tipos de cimentaciones superficiales mediante ecuaciones matemáticas pertenecientes a la teoría elástica y con el empleo del software SIGMA/W que emplea el método de elementos finitos.

3.2 POBLACIÓN

Los diferentes datos fueron obtenidos del banco de datos del Grupo de investigación GIGMA, en donde, la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña dispone de estos laboratorios.

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas de recolección empleadas para este proyecto son:

Manuales existentes acerca del software SIGMA/W.

Trabajos de grado donde empleen software con el método de elementos finitos.

Profesionales con conocimiento en el software SIGMA/W.

Norma Sismo Resistente Colombiana en su Título H-Estudios.

4 PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 CALCULAR ESFUERZOS VERTICALES, GRÁFICAS DE CÍRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN SUELOS COHESIVOS Y GRANULARES, MEDIANTE LA TEORÍA ELÁSTICA.

Para el cálculo de esfuerzos verticales, gráficas de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos en suelos cohesivos y suelos granulares producidos en cimentaciones superficiales, se realiza el cálculo de incremento de esfuerzos verticales causados por una carga externa, empleando el método basado en la teoría de Boussinesq, en donde, para cimientos cuadrados, rectangulares y losas superficiales, se considera la distribución ocasionado por una carga rectangular, para cimientos circulares la distribución ocasionado por una carga circular y para cimientos continuos la distribución ocasionado por una carga de franja (Ancho finito y longitud infinita), el cálculo de esfuerzos geostáticos verticales asociados al peso propio del suelo, se determina dependiendo la condición del ejercicio, que puede ser: Esfuerzos normales, esfuerzos efectivos y presión de poros, la determinación de las gráficas de círculo de Mohr, se consideran los esfuerzos horizontales y verticales asociados al peso propio del suelo, teniendo en cuenta la relación de Poisson para la obtención del coeficiente de esfuerzo lateral K_0 coeficiente de presión de tierras, estos diferentes cálculos se analizan a cada metro de profundidad, obteniendo 8 puntos de análisis y en el caso de los esfuerzos ocasionados por las cargas externas se contempla su comportamiento en el centro y borde del cimiento, para el cálculo de asentamientos inmediatos se emplea la teoría elástica para suelos cohesivos y la teoría de Schmertman para suelos granulares, analizando su comportamiento en el centro y borde del cimiento. Estos diferentes cálculos, se llevan a cabo para dieciséis modelos de ejercicios, contemplados de la siguiente manera:

Cuatro ejercicios de cimientos cuadrados y rectangulares, cuatro ejercicios de cimientos circulares, cuatro ejercicios de cimientos continuos y cuatro ejercicios de losas superficiales, considerando suelos estratificados en condiciones de presencia y ausencia de nivel freático, con un módulo de elasticidad constante, con una carga actuante de igual valor para los diferentes ejercicios equivalente a 1000 kPa , el detalle de enunciados y procesos de cálculo llevados a cabo se puede observar en el anexo A. Los diferentes resultados acerca de esfuerzos verticales, esfuerzos producidos en el círculo de Mohr y asentamientos inmediatos, se pueden apreciar en el cuadro 3, cuadro 4, cuadro 5, cuadro 6, cuadro 7, cuadro 8, cuadro 9, cuadro 10, cuadro 11, cuadro 12, cuadro 13, cuadro 14, cuadro 15, cuadro 16, cuadro 17, cuadro 18, cuadro 19, cuadro 20, cuadro 21, cuadro 22, cuadro 23, cuadro 24, cuadro 25, cuadro 26, cuadro 27, cuadro 28, cuadro 29, cuadro 30, cuadro 31, cuadro 32, cuadro 33, cuadro 34 y las respectivas gráficas de círculo de Mohr, se pueden observar a partir de la gráfica 1 a la gráfica 32.

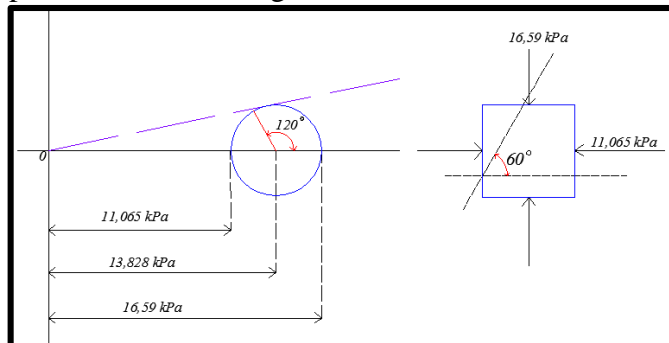
4.1.1 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 3. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de Esfuerzos Centro (kPa)	Incremento de Esfuerzos Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	16,59	920	247	16,59	11,06
2	33,18	684	230	33,18	22,13
3	50,695	484	200	50,695	21,748
4	69,135	348	170	69,135	29,659
5	87,58	256	142	87,580	37,571
6	106,015	188	122	106,015	45,48
7	124,455	144	104	124,455	53,391
8,5	152,115	104	78	152,115	65,257

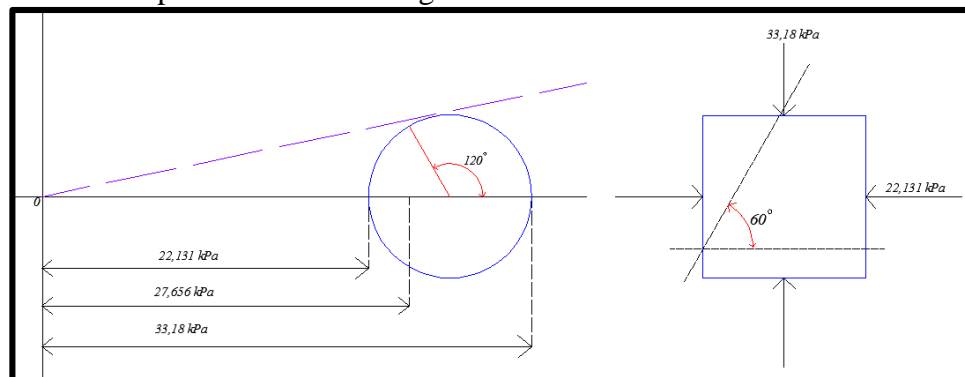
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 1. Gráfica de Círculo de Mohr mediante cálculos basados en la teoría elástica – Profundidad de 1m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$.



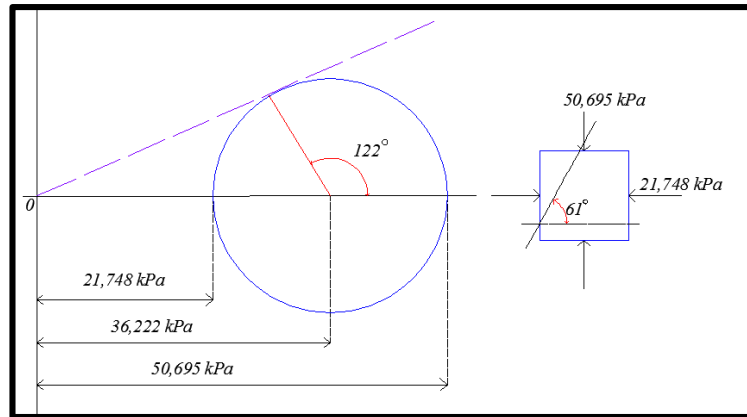
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 2. Gráfica de Círculo de Mohr mediante cálculos basados en la teoría elástica – Profundidad de 2m para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$.



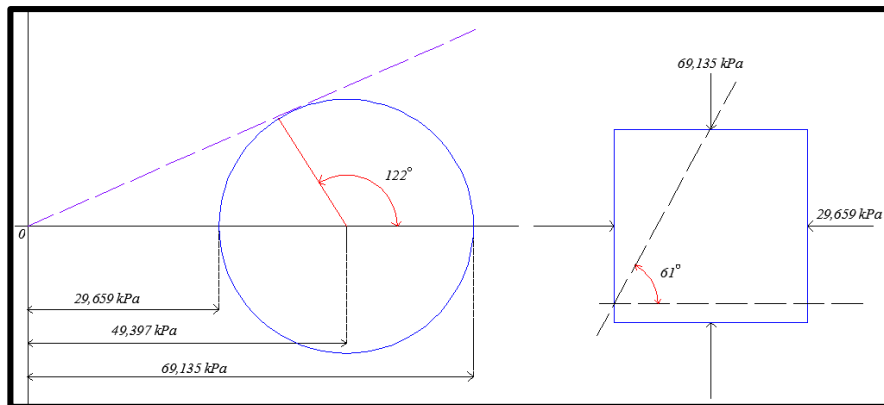
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 3. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 3m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



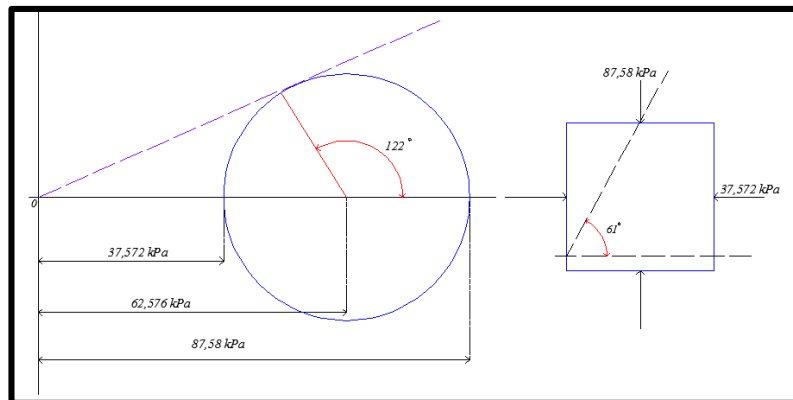
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 4. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 4m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



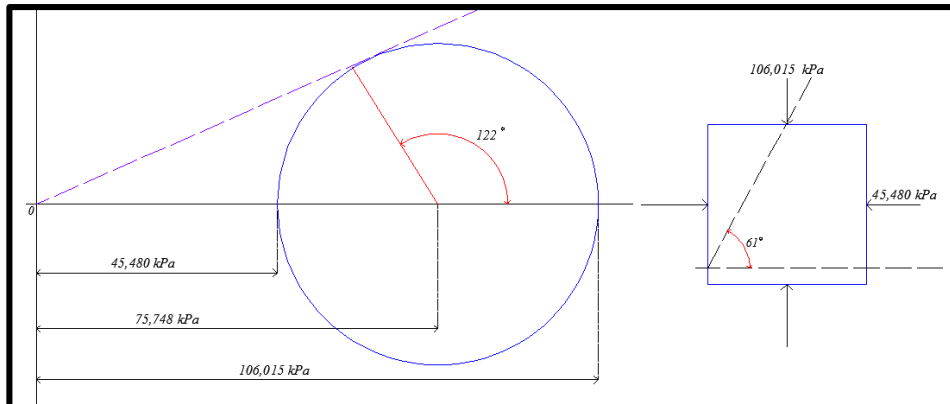
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 5. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 5m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



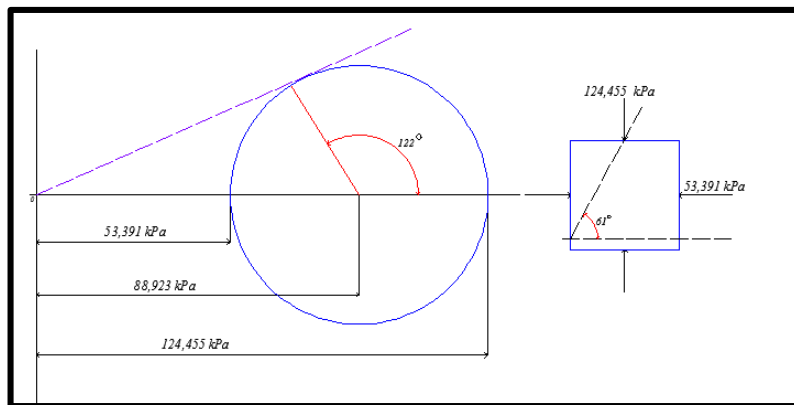
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 6. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 6m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



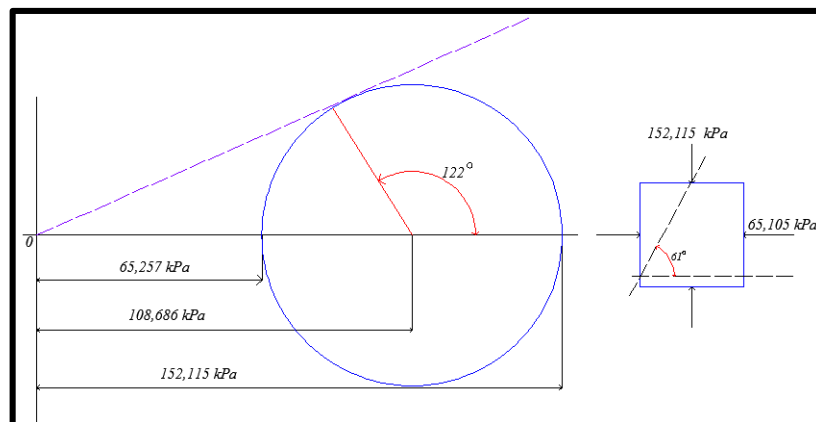
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 7. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 7m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 8. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 8,5m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 4. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,2426	0,126

Fuente. Autora del proyecto

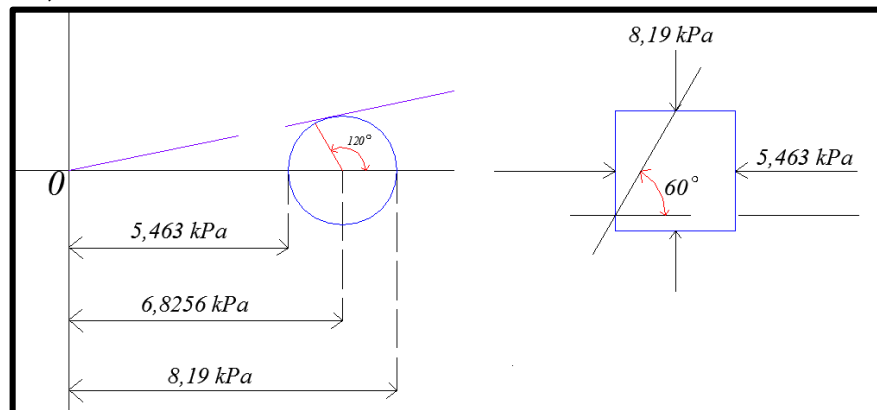
4.1.2 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 5. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de Esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18	8,19	9,81	936	250	8,19	5,460
2	36	16,38	19,62	752	225	16,38	10,920
3	55,1	25,67	29,43	552	205	25,67	11,012
4	75,3	36,06	39,24	416	186	36,06	15,470
5	95,5	46,45	49,05	308	164	46,45	19,927
6	115,7	56,84	58,86	236	142	56,84	24,384
7	135,9	67,23	68,67	188	122	67,23	28,841
8,5	166,2	82,815	83,385	132	99	82,815	35,528

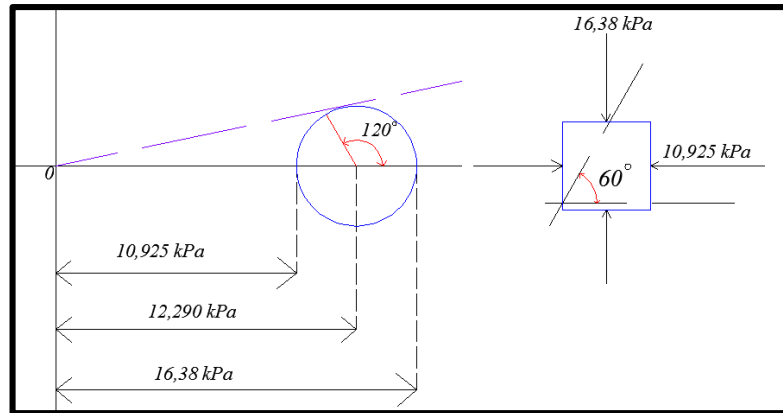
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 9. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 1m para cimiento rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$.



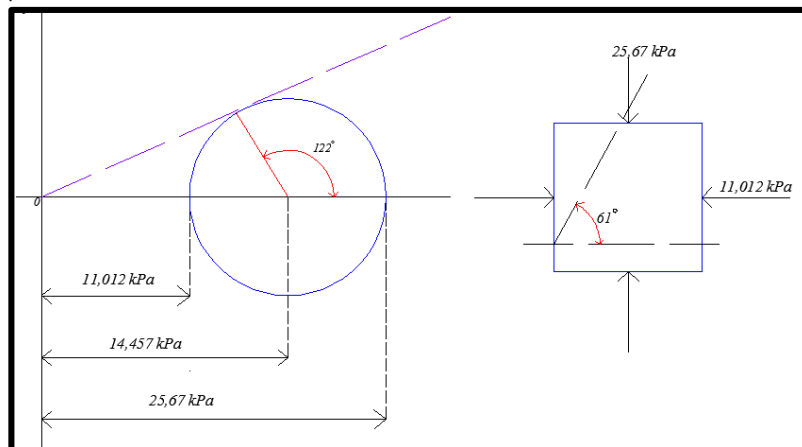
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 10. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 2m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



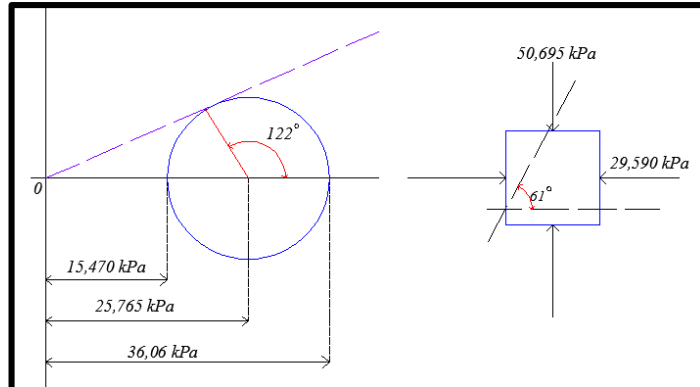
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 11. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 3m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



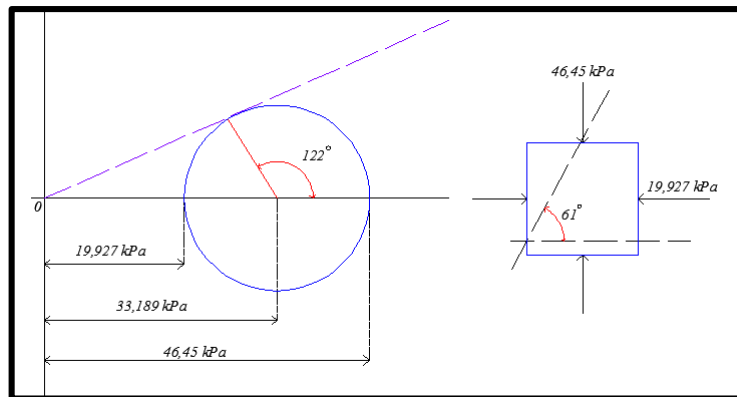
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 12. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 4m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



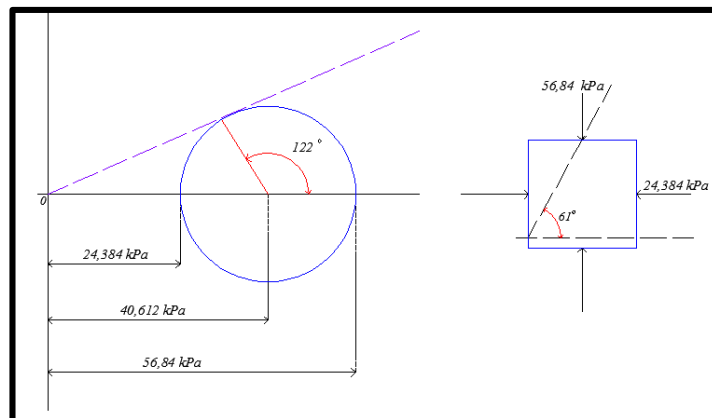
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 13. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 5m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



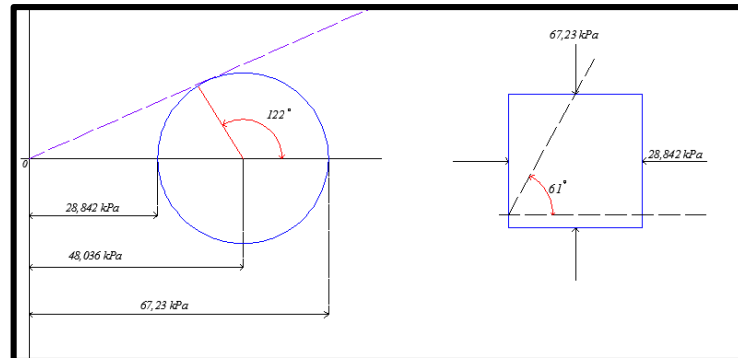
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 14. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 6m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



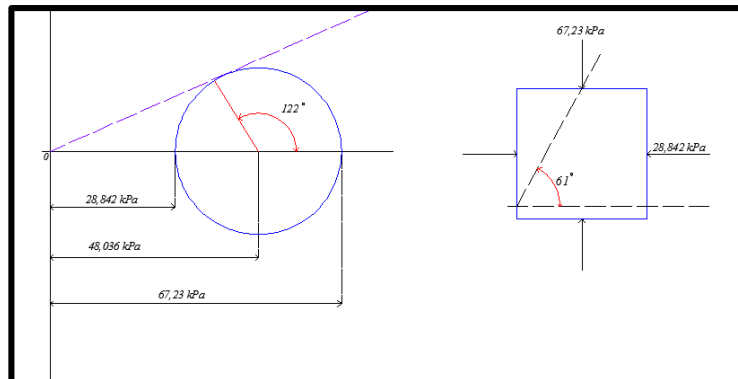
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 15. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 7m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 16. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 8,5m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 6. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m .

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,3445	0,14956

Fuente. Autora del proyecto

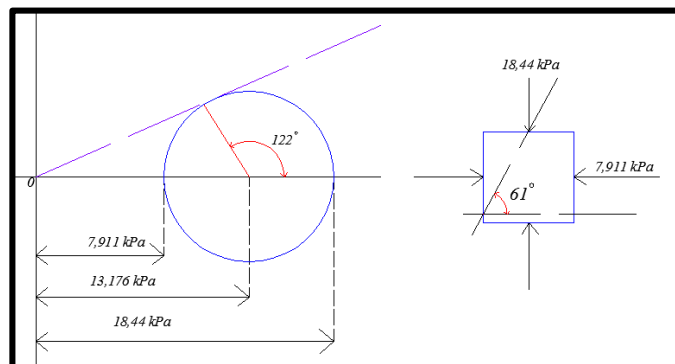
4.1.3 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 7. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,44	872	244	18,44	7,910
2	36,88	552	217	36,88	15,821
3	54,395	340	178	54,395	36,281
4	70,985	240	140	70,985	47,347
5	87,575	156	108	87,575	58,412
6	104,165	112	85	104,165	69,478
7	120,755	76	60	120,755	80,543
8,5	145,64	48	50	145,64	97,142

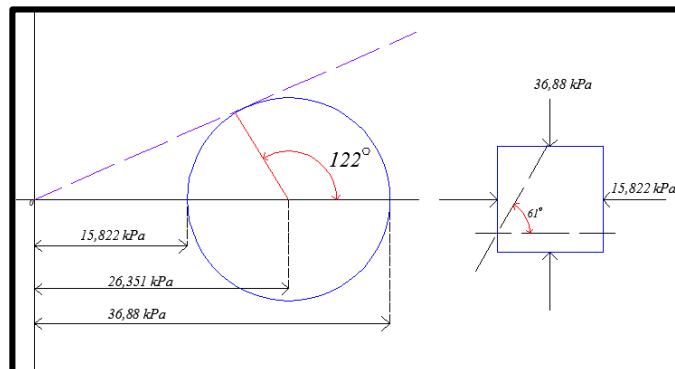
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 17. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 1m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.



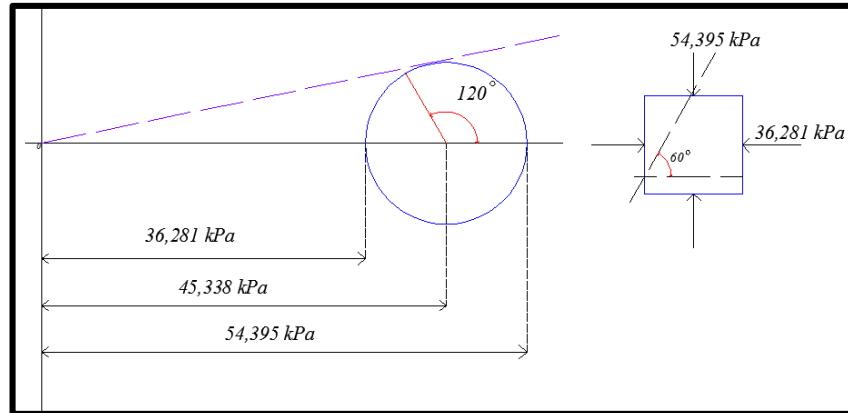
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 18. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 2m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.



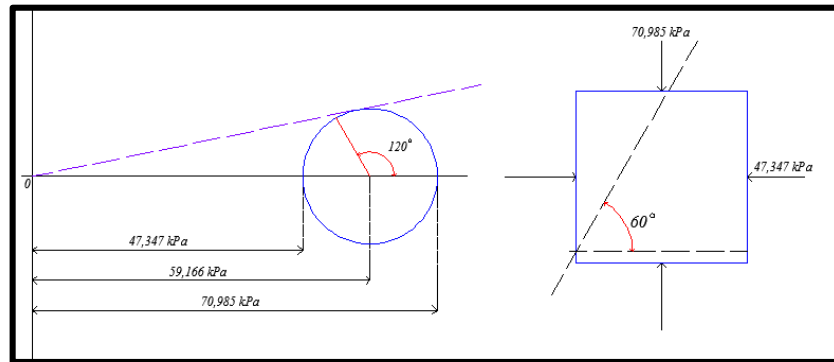
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 19. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 3m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



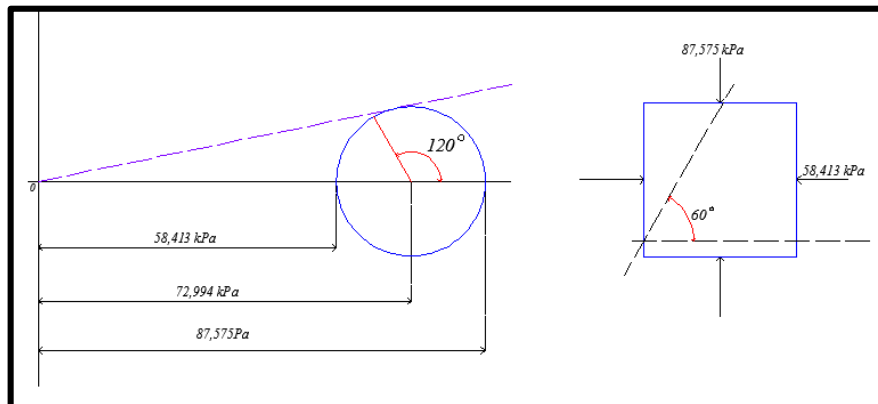
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 20. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 4m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



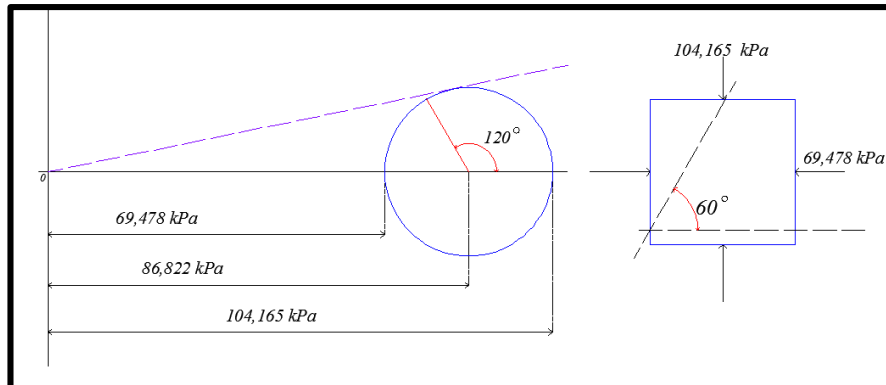
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 21. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 5m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



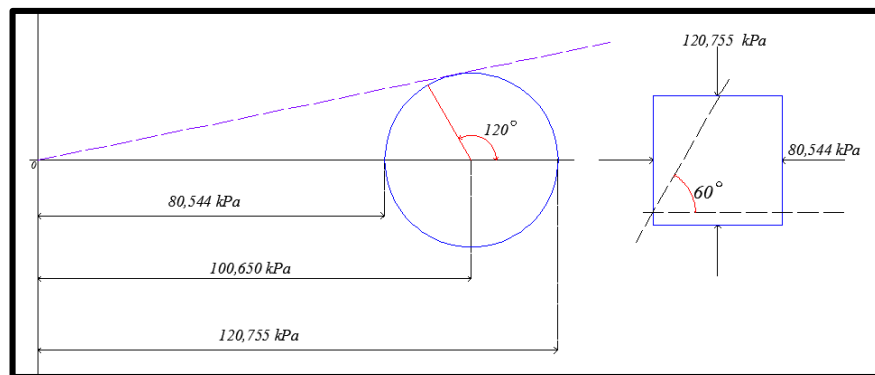
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 22. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 6m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



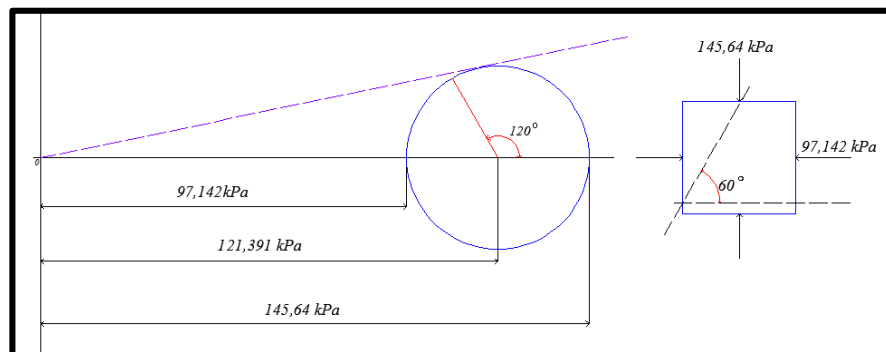
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 23. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 7m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 24. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 8,5m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 8. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,24865	0,0676

Fuente. Autora del proyecto

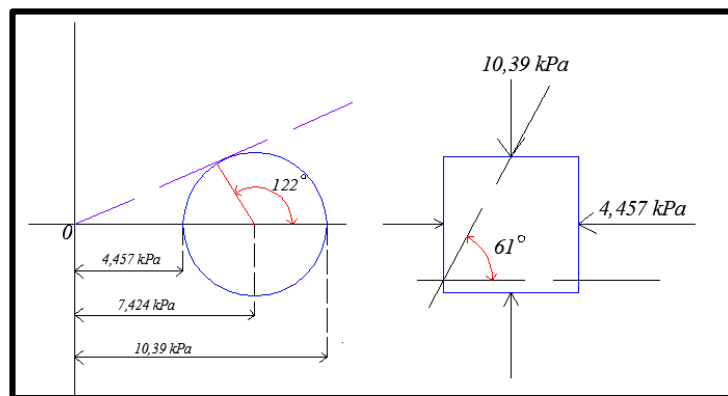
4.1.4 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 9. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de Esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de Esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	20,2	10,39	9,81	932	249	10,39	4,457
2	40,4	20,78	19,62	716	233	20,78	8,914
3	59,5	30,07	29,43	492	207	30,07	20,057
4	77,5	38,26	39,24	340	179	38,26	25,520
5	95,5	46,45	49,05	240	149,2	46,45	30,982
6	113,5	54,64	58,86	176	123	54,64	36,445
7	131,5	62,83	68,67	156	100	62,83	41,907
8,5	158,5	75,115	83,385	151,12	77	75,115	50,102

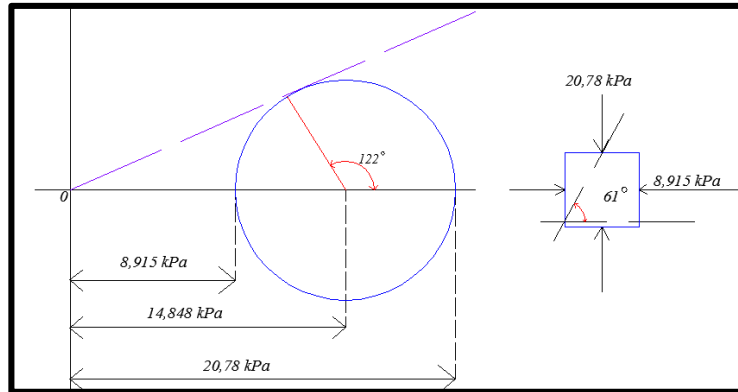
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 25. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 1m para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$.



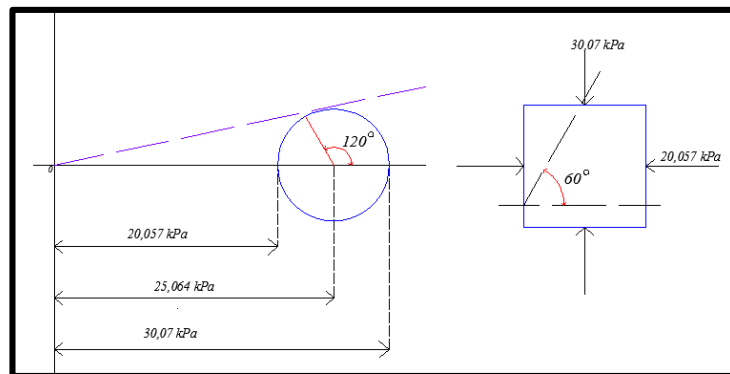
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 26. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 2m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



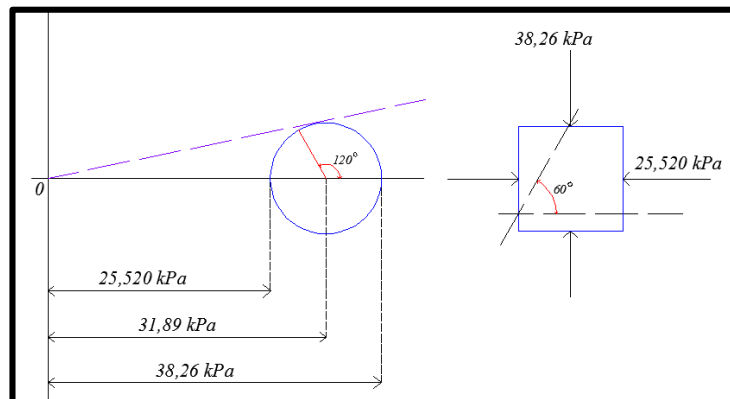
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 27. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 3m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



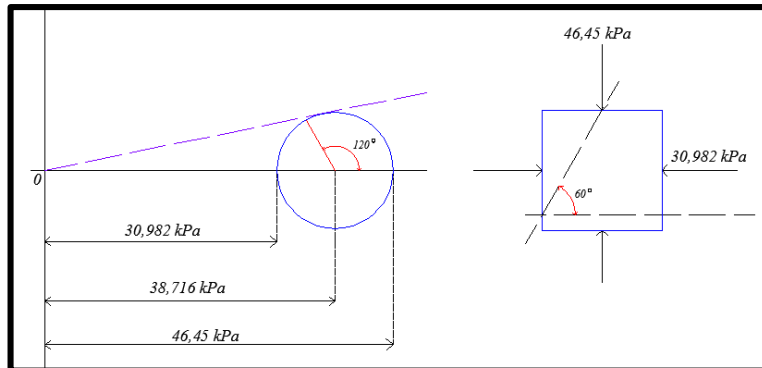
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 28. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 4m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



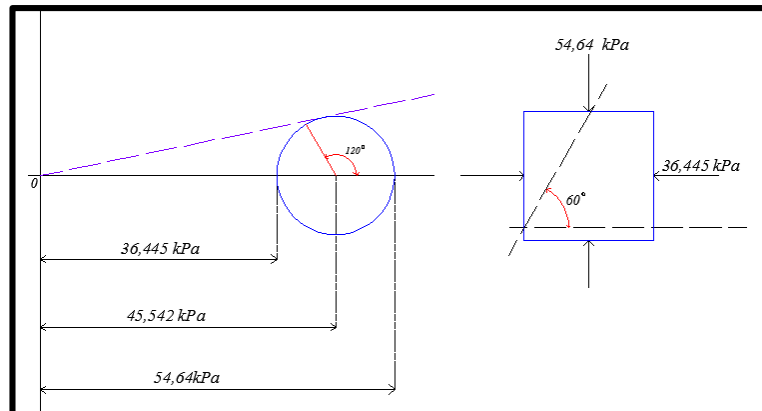
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 29. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 5m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



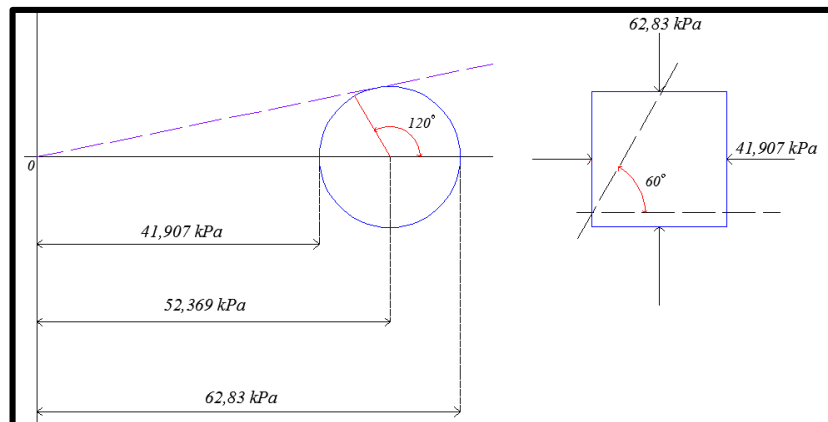
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 30. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 6m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



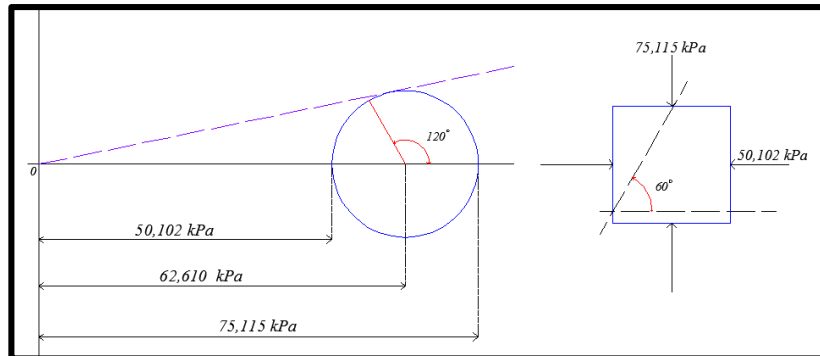
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 31. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 7m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 32. Gráfica de círculo de Mohr – Profundidad de 8,5m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 10. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m .

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,2889	0,0706

Fuente. Autora del proyecto

4.1.5 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 11. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro 3,0m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de Esfuerzos Centro (kPa)	Incremento de Esfuerzos Borde (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)
1	16,59	829,32	400	16,59	11,06
2	33,18	488	300	33,18	22,13
3	50,695	284,46	210	50,695	21,748
4	69,135	179,1	148	69,135	29,659
5	87,58	121,26	108	87,580	37,571
6	106,015	86,92	78	106,015	45,48
7	124,455	65,13	58	124,455	53,391
8,5	152,115	44,96	41	152,115	65,257

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 12. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 3,0m.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,23264	0,1388

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

4.1.6 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 13. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18	8,19	9,81	877,87	405	8,19	5,460
2	36	16,38	19,62	573,76	310	16,38	10,920
3	55,1	25,67	29,43	355,52	240	25,67	11,012
4	75,3	36,06	39,24	231,03	180	36,06	15,470
5	95,5	46,45	49,05	159,15	135	46,45	19,927
6	115,7	56,84	58,86	115,26	100	56,84	24,384
7	135,9	67,23	68,67	86,92	79	67,23	28,841
8,5	166,2	82,815	83,385	60,37	56	82,815	35,528

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 14. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 3,5m .

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,3448	0,16657

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

4.1.7 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 15. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro 4,0m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,44	910,56	410	18,44	7,910
2	36,88	646,45	340	36,88	15,821
3	54,395	423,97	275	54,395	36,281
4	70,985	284,458	210	70,985	47,347
5	87,575	199,59	158	87,575	58,412
6	104,165	146,19	120	104,165	69,478
7	120,755	111,04	98	120,755	80,543
8,5	145,64	77,65	72	145,64	97,142

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 16. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 4,0m.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,2196	0,0675

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

4.1.8 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 17. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	20,2	10,39	9,81	933,01	430	10,39	4,457
2	40,4	20,78	19,62	706,76	360	20,78	8,914
3	59,5	30,07	29,43	488	300	30,07	20,057
4	77,5	38,26	39,24	337,91	240	38,26	25,520
5	95,5	46,45	49,05	241,64	190	46,45	30,982
6	113,5	54,64	58,86	179,11	150	54,64	36,445
7	131,5	62,83	68,67	137,12	120	62,83	41,907
8,5	158,5	75,115	83,385	96,6	85	75,115	50,102

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 18. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,2278	0,0675

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

4.1.9 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 19. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	16,59	818,31	479,74	16,59	11,06
2	33,18	549,815	409,155	33,18	22,13
3	50,695	395,818	334,08	50,695	21,748
4	69,135	305,751	274,907	69,135	29,659
5	87,58	248,093	230,881	87,580	37,571
6	106,015	203,282	197,91	106,015	45,48
7	124,455	179,461	172,667	124,455	53,391
8,5	152,115	148,427	152,876	152,115	65,257

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 20. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,3498	0,13182

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

4.1.10 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 21. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18	8,19	9,81	919,49	493,076	8,19	5,460
2	36	16,38	19,62	715,243	459,745	16,38	10,920
3	55,1	25,67	29,43	549,815	409,155	25,67	11,012
4	75,3	36,06	39,24	437,7	357,621	36,06	15,470
5	95,5	46,45	49,05	360,764	312,452	46,45	19,927
6	115,7	56,84	58,86	305,751	274,907	56,84	24,384
7	135,9	67,23	68,67	264,816	244,131	67,23	28,841
8,5	166,2	82,815	83,385	220,151	207,901	82,815	35,528

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 22. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

Profundidad (m)	Teoría elástica	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,5781	0,13771

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

4.1.11 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 23. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,44	977,286	498,380	18,44	7,910
2	36,88	880,992	488,643	36,88	15,821
3	54,395	755,376	468,410	54,395	36,281
4	70,985	641,736	440,496	70,985	47,347
5	87,575	549,815	409,155	87,575	58,412
6	104,165	477,351	377,688	104,165	69,478
7	120,755	420,02	347,984	120,755	80,543
8,5	145,64	354,44	308,360	145,64	97,142

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 24. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,2553	0,0732

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento Cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

4.1.12 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 25. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	20,2	10,39	9,81	959,481	496,917	10,39	4,457
2	40,4	20,78	19,62	818,31	479,74	20,78	8,914
3	59,5	30,07	29,43	688,159	447,956	30,07	20,057
4	77,5	38,26	39,24	549,815	409,155	38,26	25,520
5	95,5	46,45	49,05	461,762	370,05	46,45	30,982
6	113,5	54,64	58,86	395,819	334,08	54,64	36,445
7	131,5	62,83	68,67	345,335	302,367	62,83	41,907
8,5	158,5	75,115	83,385	289,052	262,641	75,115	50,102

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 26. Asentamiento inmediato en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,24888	0,0726

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

4.1.13 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 27. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 15m x 30 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	16,59	1000	250	16,59	11,06
2	33,18	1000	250	33,18	22,13
3	50,695	984	249	50,695	21,748
4	69,135	956	248	69,135	29,659
5	87,58	912	246,7	87,580	37,571
6	106,015	872	244	106,015	45,48
7	124,455	816	240	124,455	53,391
8,5	152,115	752	239	152,115	65,257

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 28. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 15m x 30m.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,4632	0,0882

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

4.1.14 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 29. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 19m x 19 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18	8,19	9,81	1000	250	8,19	5,460
2	36	16,38	19,62	996	250	16,38	10,920
3	55,1	25,67	29,43	988	250	25,67	11,012
4	75,3	36,06	39,24	960	249	36,06	15,470
5	95,5	46,45	49,05	928	248	46,45	19,927
6	115,7	56,84	58,86	872	247	56,84	24,384
7	135,9	67,23	68,67	816	245	67,23	28,841
8,5	166,2	82,815	83,385	728	241	82,815	35,528

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 30. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $19m \times 19m$.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,4306	0,08572

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

4.1.15 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 31. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,44	1000	250	18,44	7,910
2	36,88	1000	250	36,88	15,821
3	54,395	996	250	54,395	36,281
4	70,985	988	250	70,985	47,347
5	87,575	976	249	87,575	58,412
6	104,165	944	248,5	104,165	69,478
7	120,755	924	248	120,755	80,543
8,5	145,64	872	247	145,64	97,142

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 32. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,1843	0,0526

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

4.1.16 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 33. Esfuerzos verticales y Círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 18m x 36 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	20,2	10,39	9,81	1000	250	10,39	4,457
2	40,4	20,78	19,62	996	250	20,78	8,914
3	59,5	30,07	29,43	988	249,8	30,07	20,057
4	77,5	38,26	39,24	964	249	38,26	25,520
5	95,5	46,45	49,05	948	248	46,45	30,982
6	113,5	54,64	58,86	920	246,8	54,64	36,445
7	131,5	62,83	68,67	884	244,5	62,83	41,907
8,5	158,5	75,115	83,385	824	240,5	75,115	50,102

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 34. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 18m x 36m.

Profundidad (m)	Asentamientos inmediatos	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,21536	0,140

Fuente. Autora del proyecto

Nota: Las gráficas de círculo de Mohr se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

4.2 DETERMINAR ESFUERZOS VERTICALES, GRÁFICAS DE CÍRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN SUELOS COHESIVOS Y GRANULARES MEDIANTE EL SOFTWARE SIGMA/W.

Para la determinación de esfuerzos verticales, gráficas de círculo de Mohr y asentamientos inmediatos para suelos cohesivos y granulares, empleando el software SIGMA/W, se debe tener conocimiento acerca del análisis con los elementos finitos, en donde, se asignan las diferentes propiedades del suelo y se lleva a cabo la solución del problema, teniendo en cuenta que el software trabaja por fases de procedimiento, es decir, un tipo de análisis en condiciones de suelo Insitu, para determinar: Esfuerzos geoestáticos y graficas de circulo de Mohr y se introduce una 2 fase que analiza la carga externa, para el cálculo de asentamientos inmediatos e incremento de esfuerzos verticales. Los diferentes resultados obtenidos se pueden apreciar en los siguientes cuadros de acuerdo al ejercicio planteado, a partir del cuadro 35 hasta el cuadro 66 y las gráficas de círculo de Mohr como se aprecia a partir de la figura 12 hasta la figura 139.

La modelación de los ejercicios en el software, se aprecian en el **anexo C**.

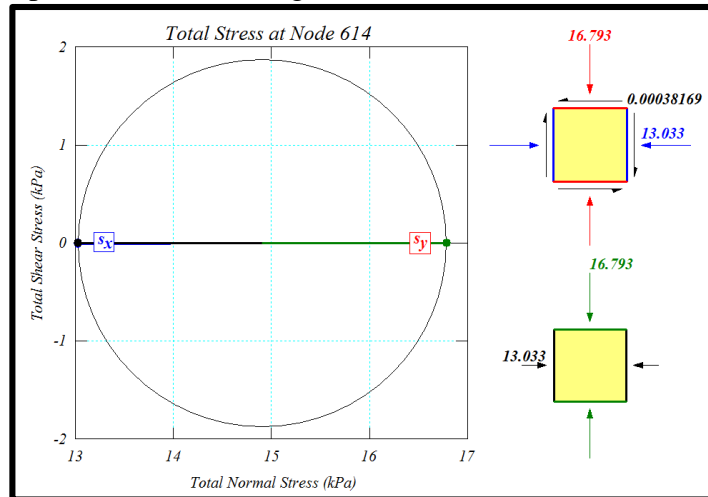
4.2.1 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 35. Esfuerzos verticales y cálculos de Círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	16,7926	914,44	490,29	16,793	13,033
2	33,8526	689,02	453,05	33,853	22,437
3	51,8773	529,13	405,27	51,877	20,261
4	70,7055	433,29	362,06	70,705	26,869
5	89,2999	372,31	327,40	89,3	34,028
6	107,5965	331,71	300,55	107,6	41,915
7	125,5784	302,74	279,17	125,58	50,616
8,5	152,0418	266,61	250,02	152,04	65,146

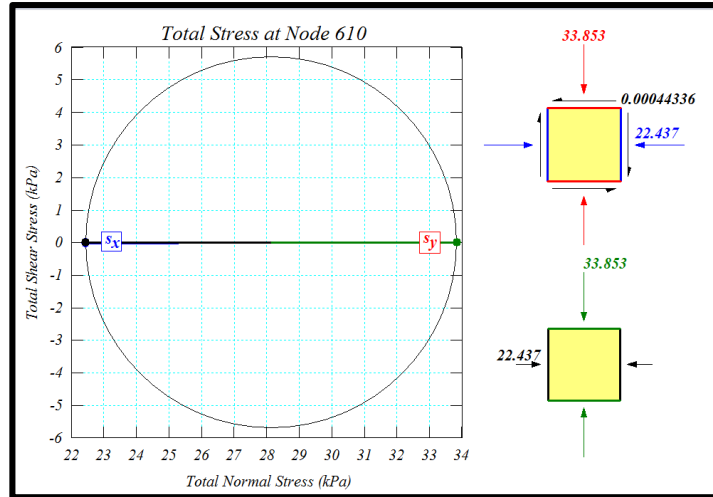
Fuente. Autora del proyecto

Figura 12. Gráfica de círculo de Mohr calculado mediante el software SIGMA/W Profundidad de 1m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



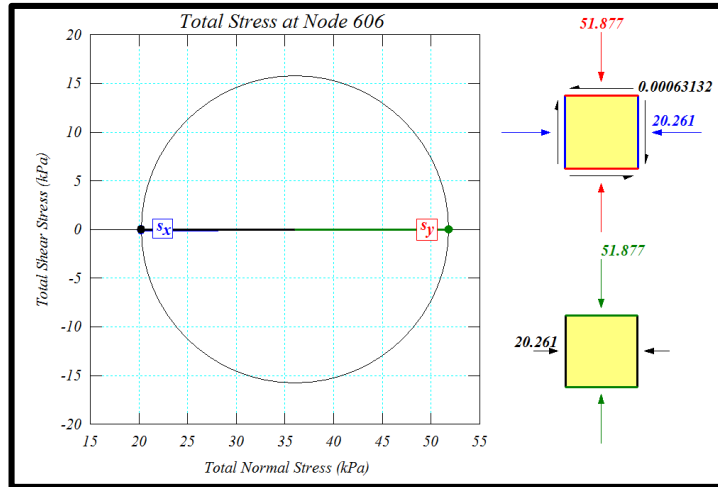
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 13. Gráfica de círculo de Mohr calculado mediante el software SIGMA/W – Profundidad de 2m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



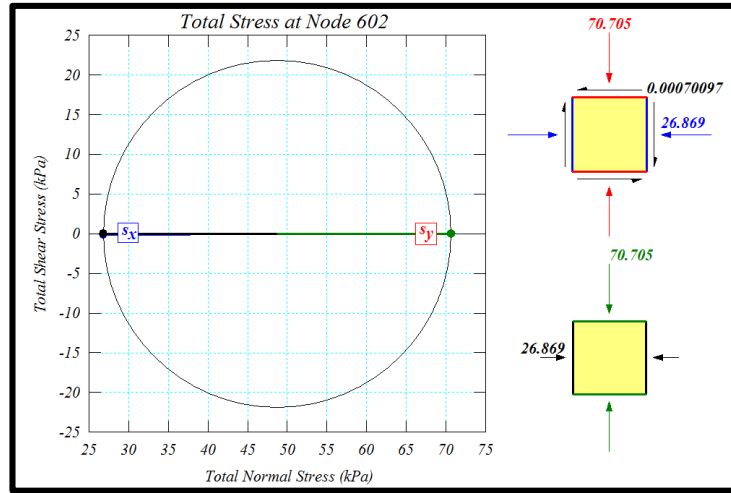
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 14. Gráfica de círculo de Mohr calculado mediante el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento rectangular de dimensiones 3 x 6m.



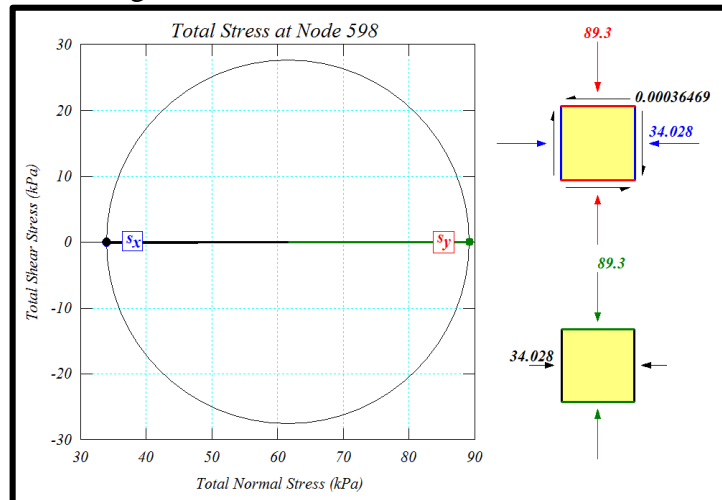
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 15. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



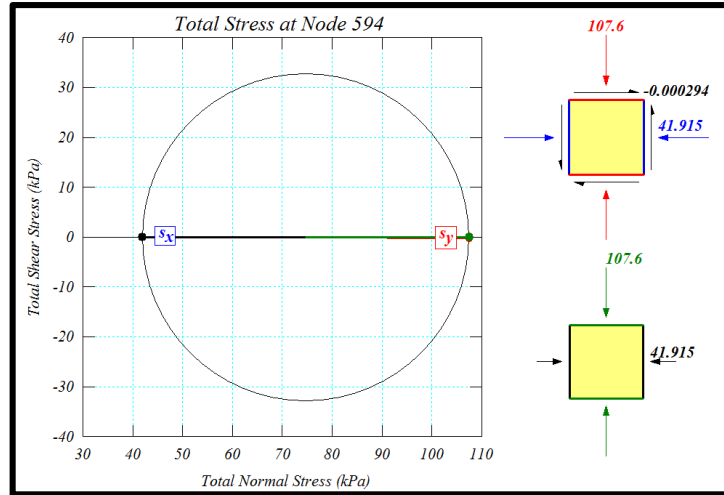
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 16. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 5m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



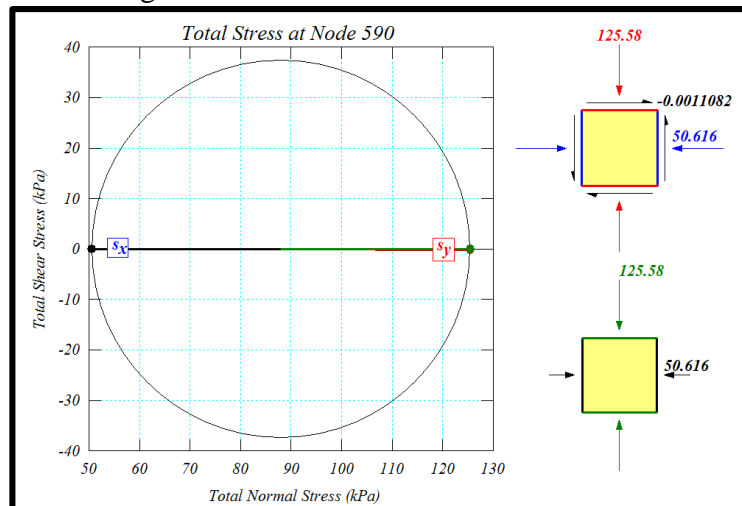
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 17. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



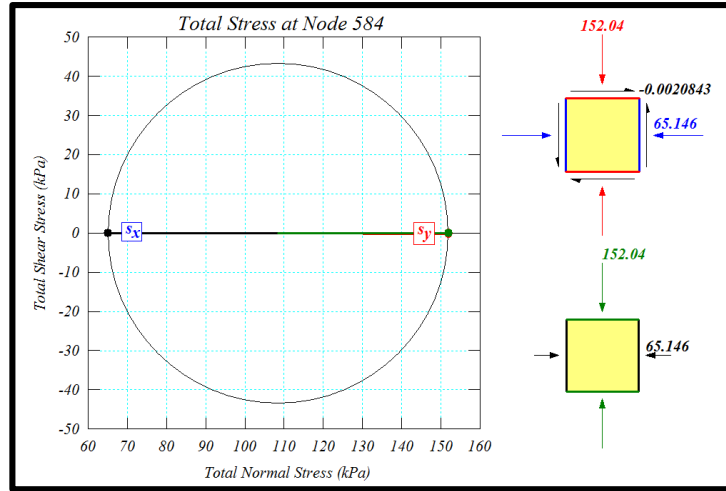
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 18. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 7m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 19. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 8,5m para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 36. Asentamiento inmediato mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m .

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,290195	0,212892

Fuente. Autora del proyecto

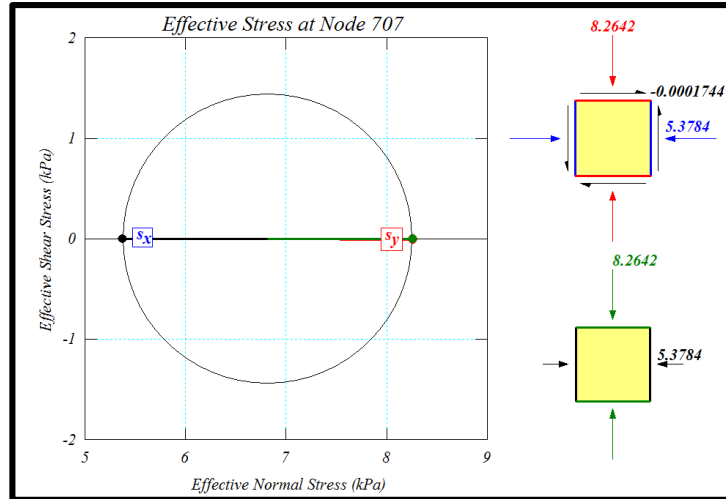
4.2.2 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 37. Esfuerzos verticales y cálculos de Círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m .

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,0742	8,2642	9,81	932,93	494,06	8,2650	5,3787
2	36,2571	16,6371	19,62	741,40	468,94	16,6370	10,3290
3	55,5706	26,1406	29,43	589,62	431,87	26,1410	9,8060
4	75,9497	36,7097	39,24	491,12	394,65	36,7100	13,7680
5	96,2484	47,1984	49,05	425,80	362,44	47,1980	17,8800
6	116,4406	57,5806	58,86	381,10	335,98	57,5810	22,2020
7	136,5215	67,8515	68,67	348,54	313,85	67,8510	26,7580
8,5	166,4767	83,0917	83,385	307,18	282,45	83,0920	33,9800

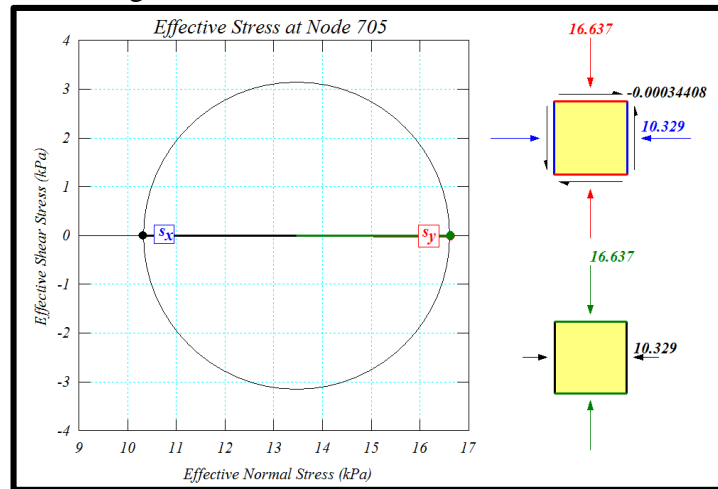
Fuente. Autora del proyecto

Figura 20. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



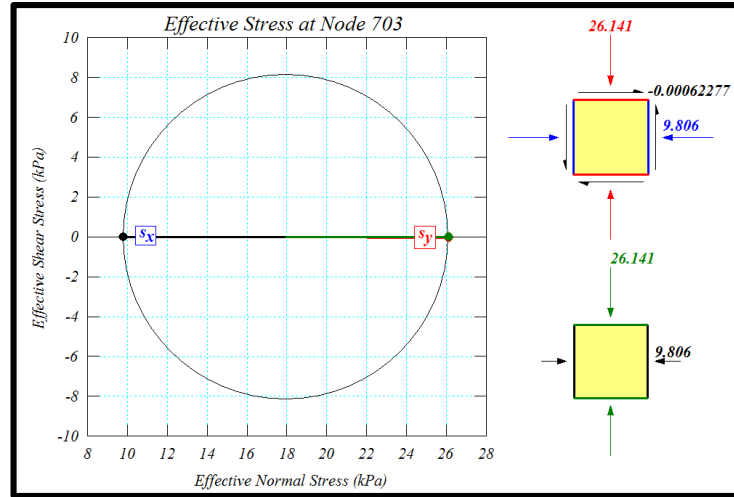
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 21. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W- Profundidad de 2m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



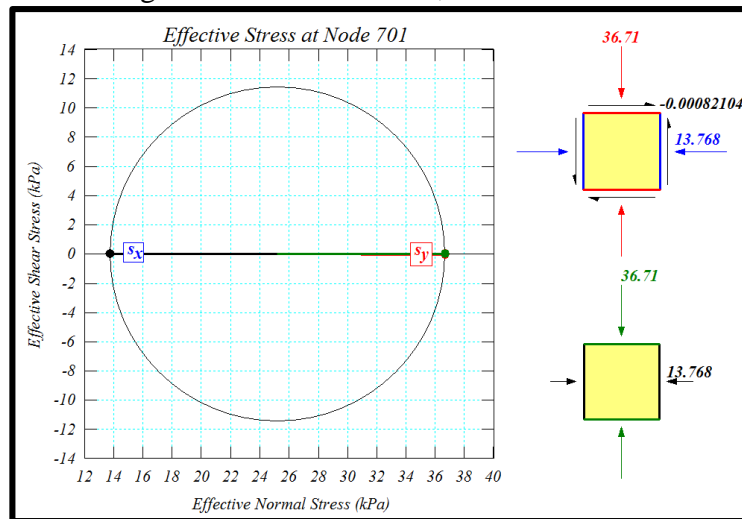
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 22. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



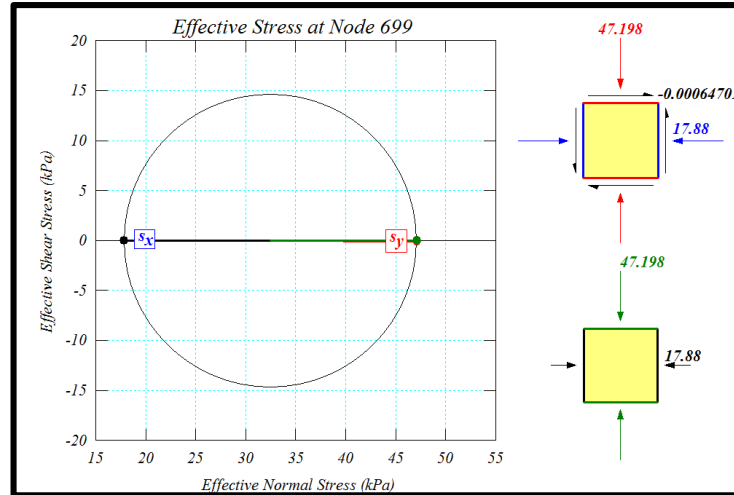
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 23. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



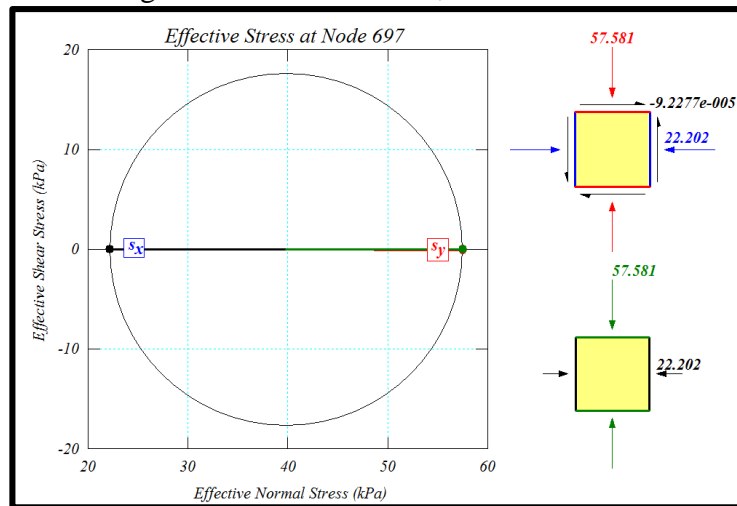
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 24. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



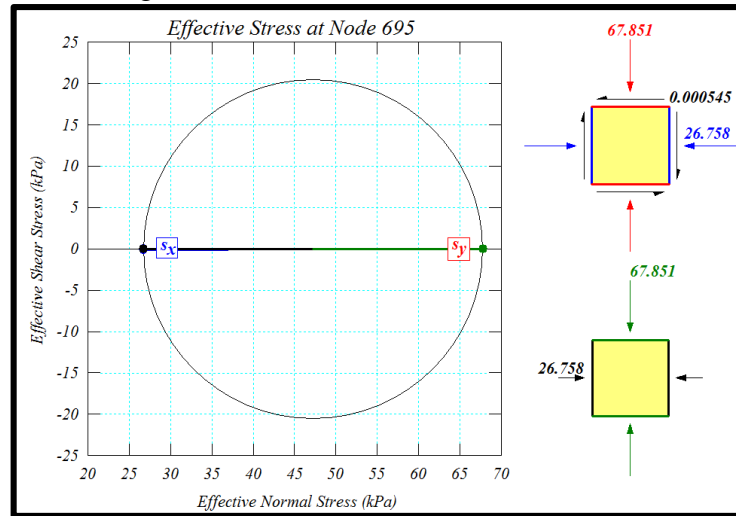
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 25. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



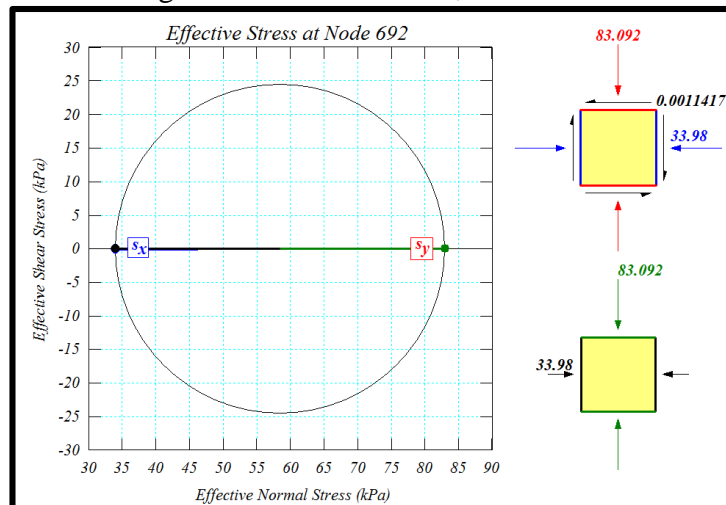
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 26. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 27. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 38. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,319958	0,228733

Fuente. Autora del proyecto

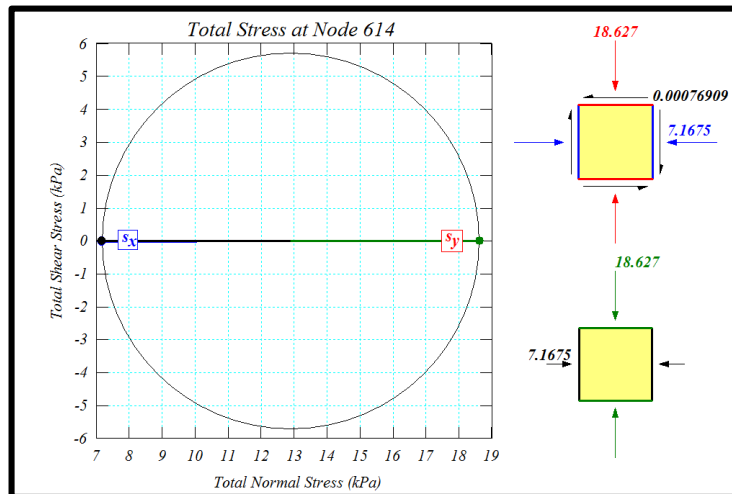
4.2.3 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 39. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,6273	940,37	499,65	18,627	7,1675
2	37,5246	758,60	479,00	37,525	14,386
3	55,5758	603,27	440,82	55,576	33,98
4	72,6204	494,85	398,99	72,62	44,26
5	89,4600	423,43	362,57	89,46	54,966
6	106,0210	375,59	333,29	106,02	66,272
7	122,2801	341,32	309,19	122,28	78,258
8,5	146,1789	295,47	273,16	146,18	97,44

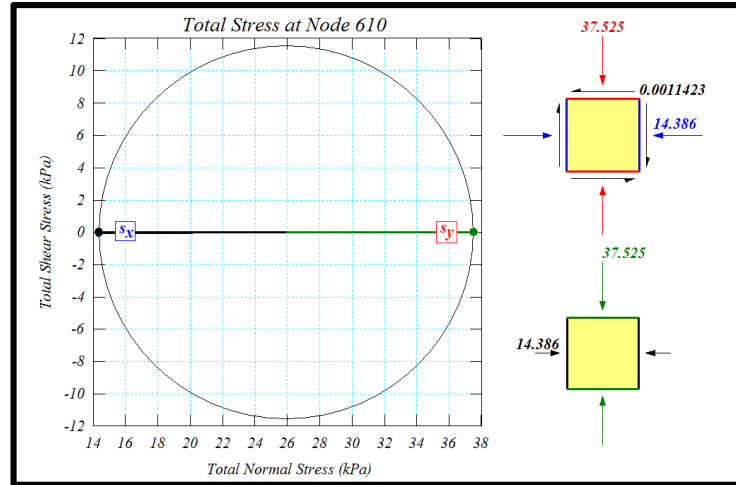
Fuente. Autora del proyecto

Figura 28. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.



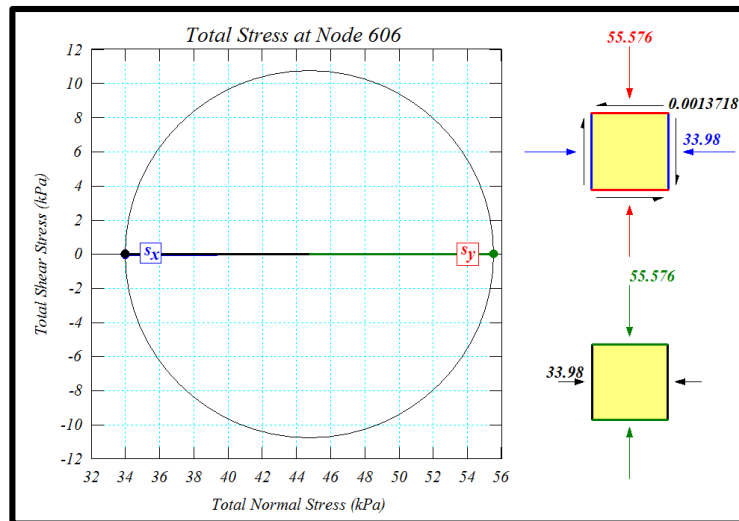
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 29. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



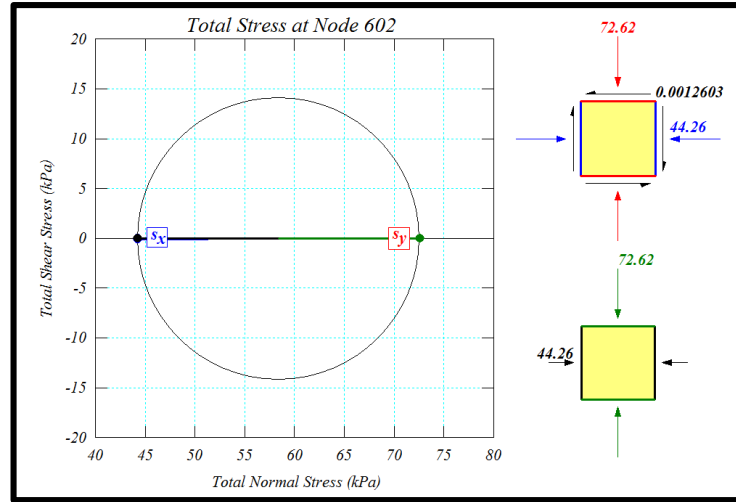
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 30. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



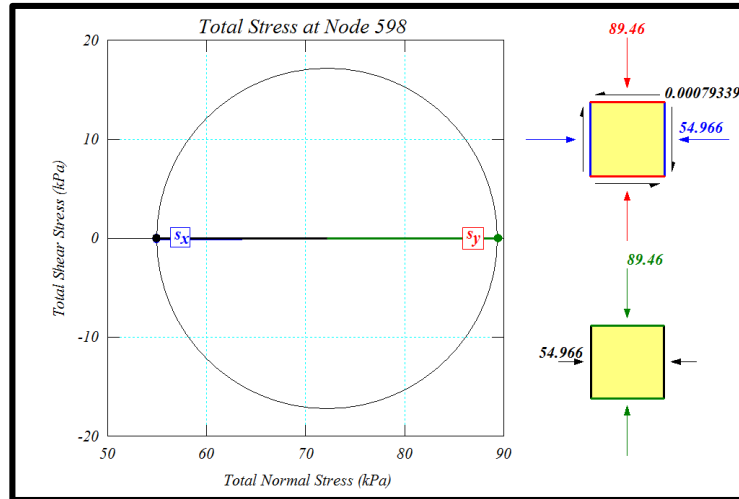
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 31. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



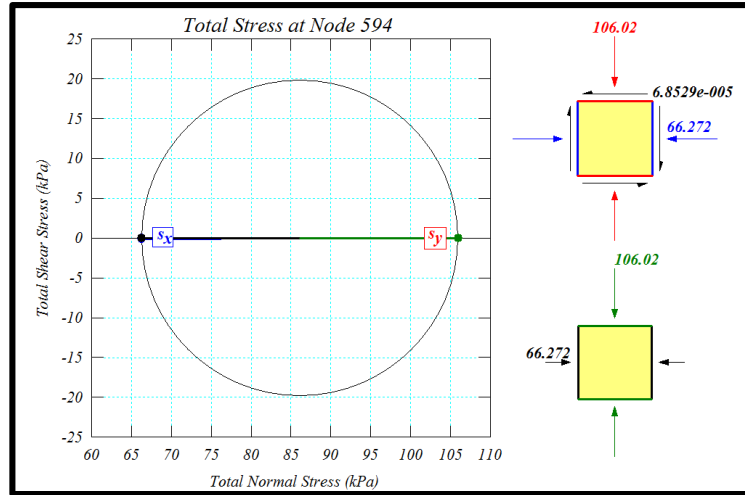
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 32. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



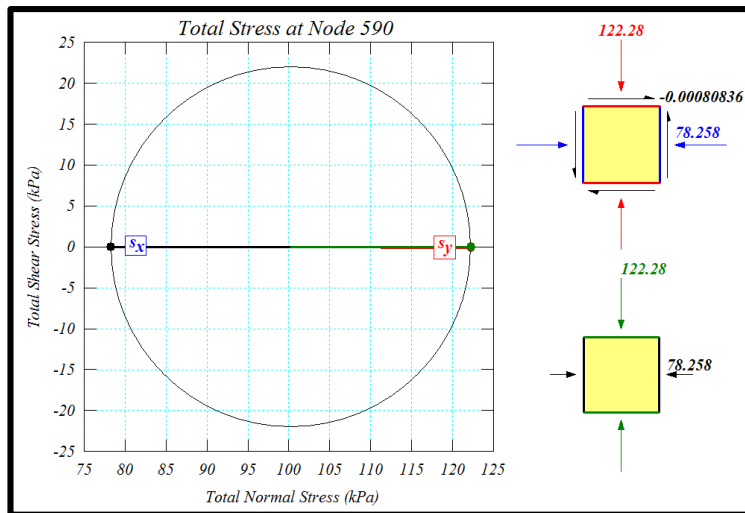
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 33. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



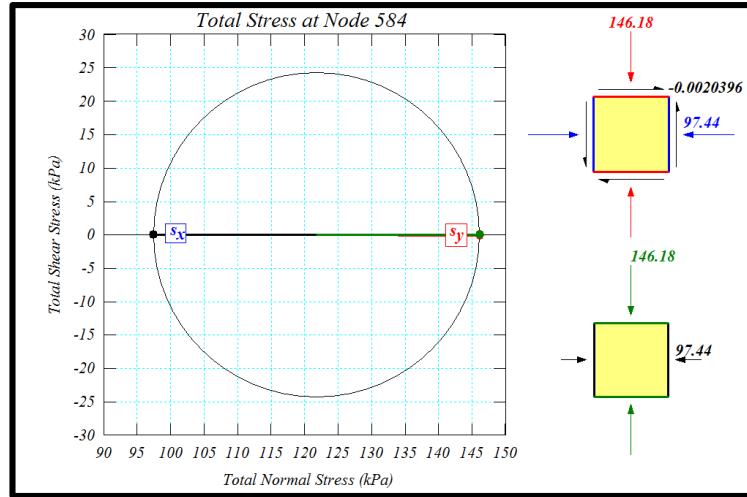
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 34. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 35. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 40. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m .

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,301457	0,193098

Fuente. Autora del proyecto

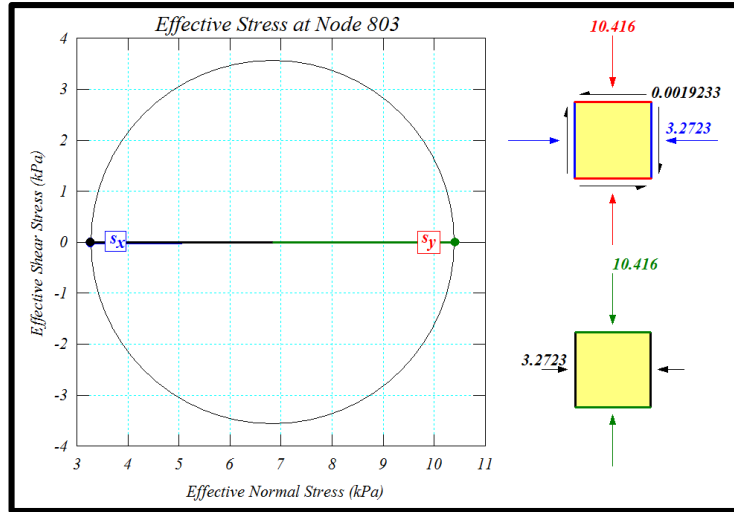
4.2.4 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 41. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m .

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	20,2259	10,4159	9,81	977,80	501,65	10,416	3,2723
2	40,4935	20,8735	19,62	863,31	495,46	20,874	7,6379
3	59,6769	30,2469	29,43	729,32	477,64	30,247	18,61
4	77,7505	38,5105	39,24	619,54	452,02	38,511	23,937
5	95,7911	46,7411	49,05	540,35	424,78	46,741	29,3
6	113,7855	54,9255	58,86	484,10	399,19	54,926	34,722
7	131,7331	63,0631	68,67	441,85	375,18	63,063	40,205
8,5	158,5970	75,2120	83,385	383,05	335,47	75,212	48,498

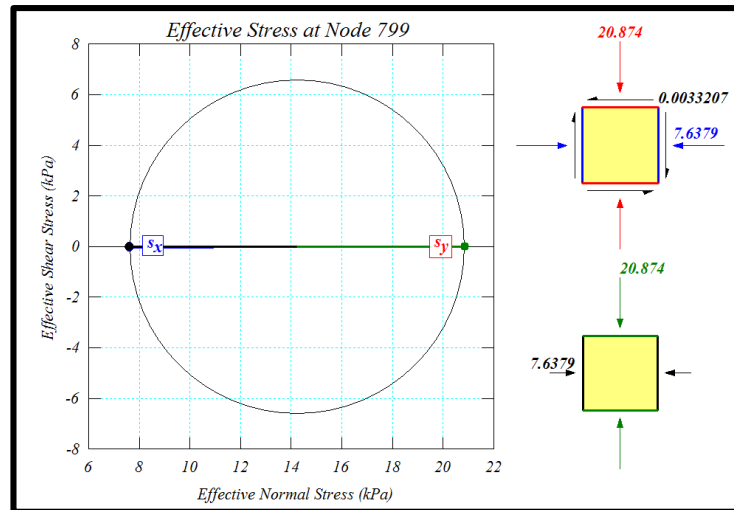
Fuente. Autora del proyecto

Figura 36. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



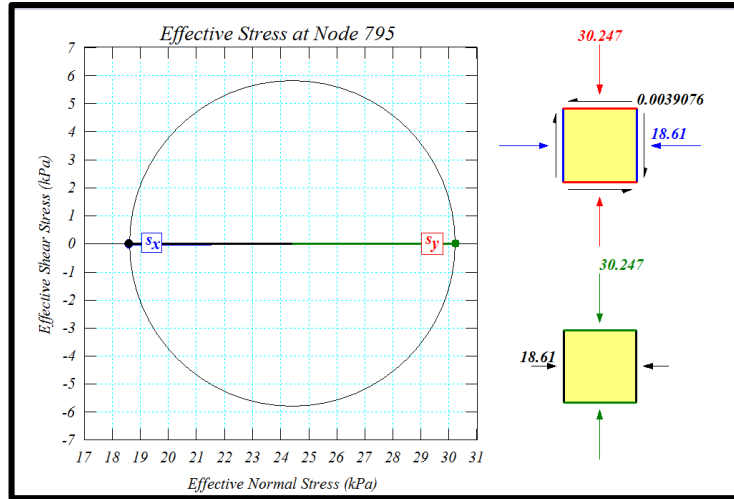
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 37. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



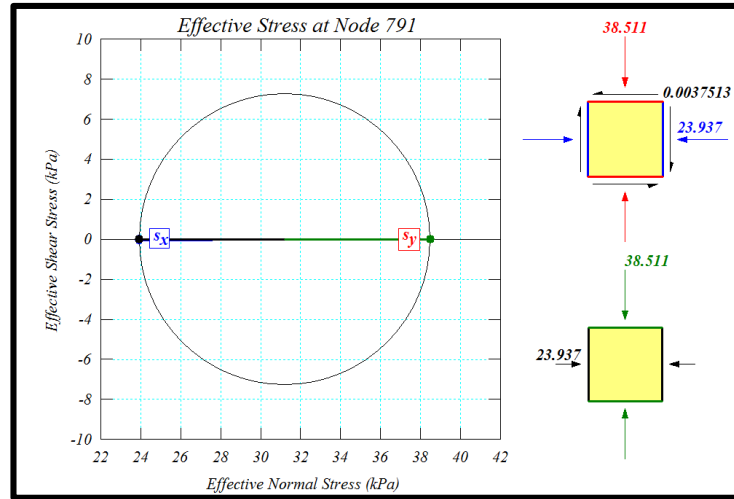
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 38. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



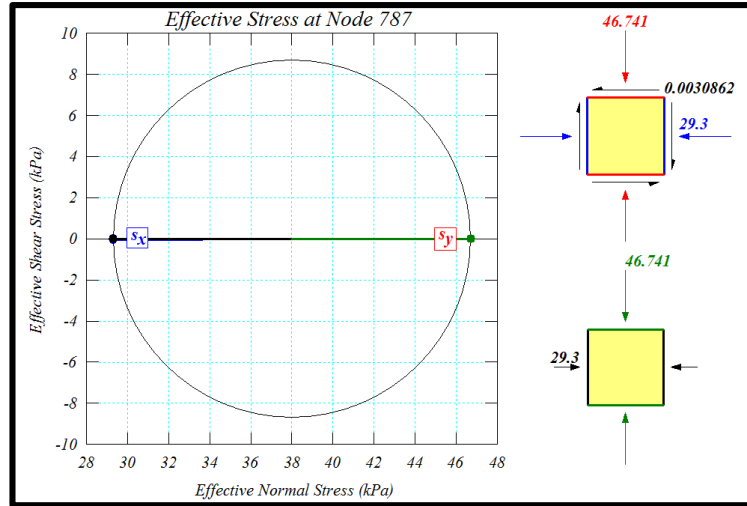
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 39. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



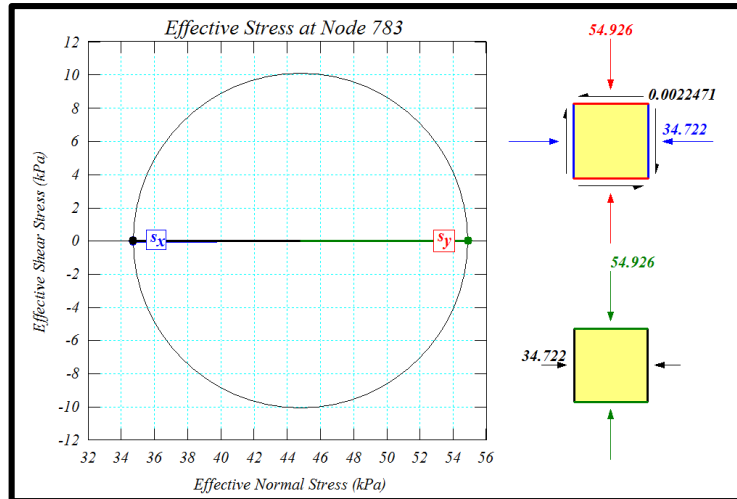
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 40. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



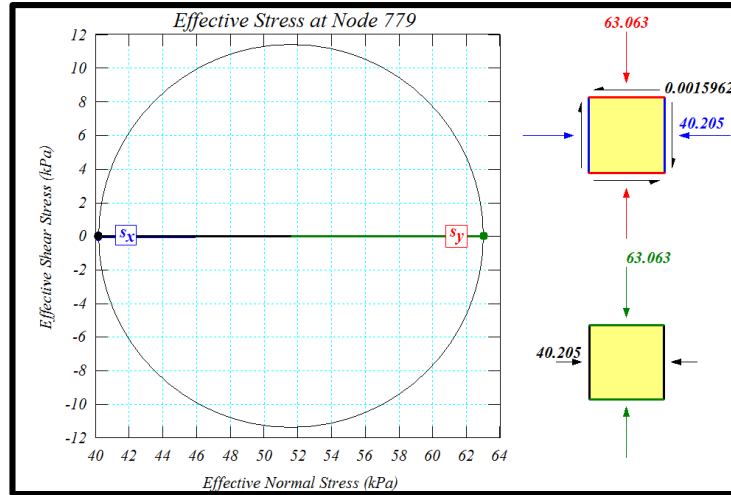
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 41. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



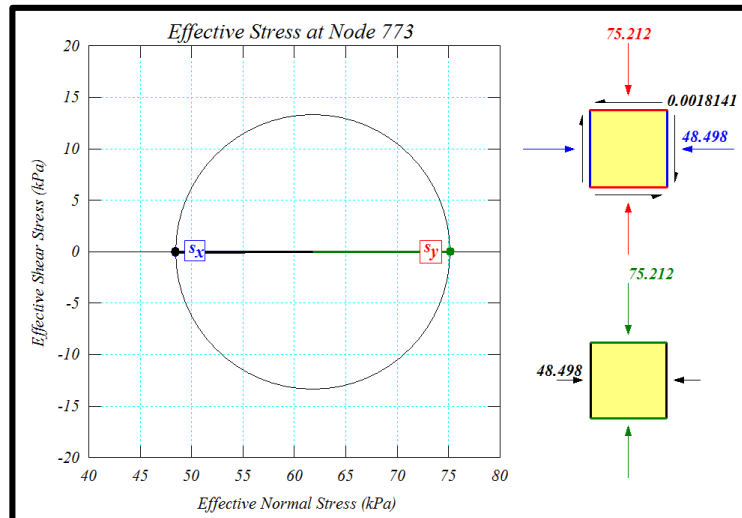
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 42. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 43. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 42. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,342107	0,206764

Fuente. Autora del proyecto

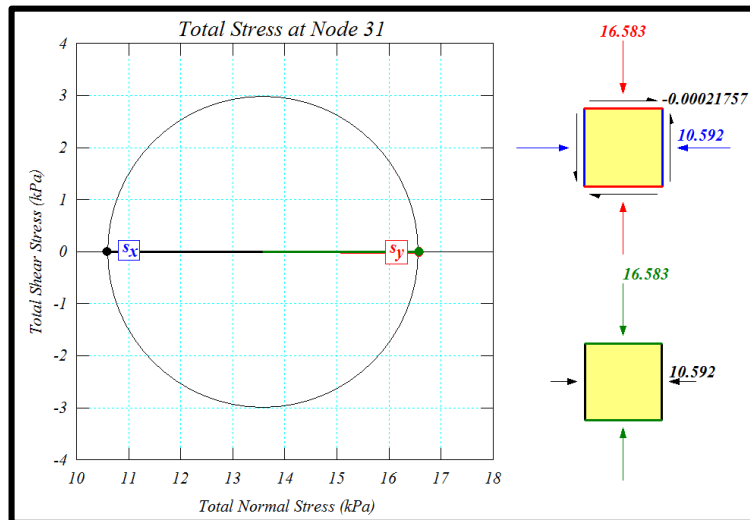
4.2.5 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 43. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento circular de diámetro 3m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	16,5829	821,70	378,44	16,59	10,592
2	33,1948	449,35	260,16	33,195	21,721
3	50,7415	253,90	179,65	50,741	21,405
4	69,1830	164,17	130,45	69,183	29,34
5	87,5716	117,40	100,16	87,572	37,308
6	105,9346	91,17	81,16	105,93	45,289
7	124,3286	75,29	68,62	124,33	53,242
8,5	151,9704	58,70	54,55	151,97	65,13

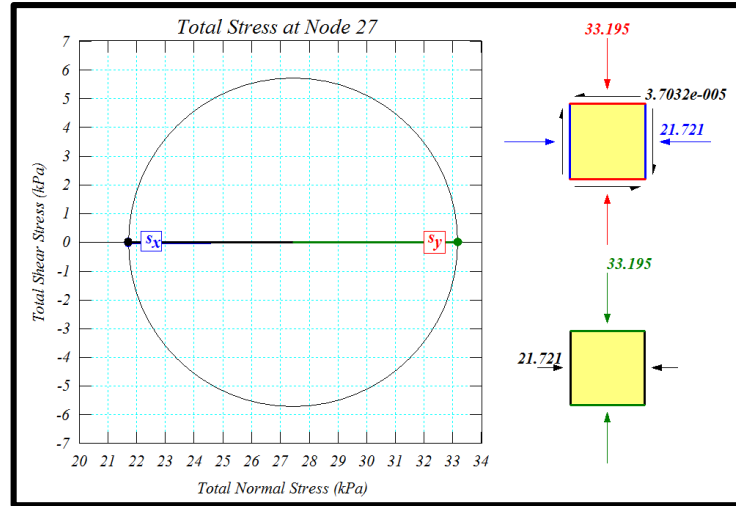
Fuente. Autora del proyecto

Figura 44. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento circular de diámetro 3m.



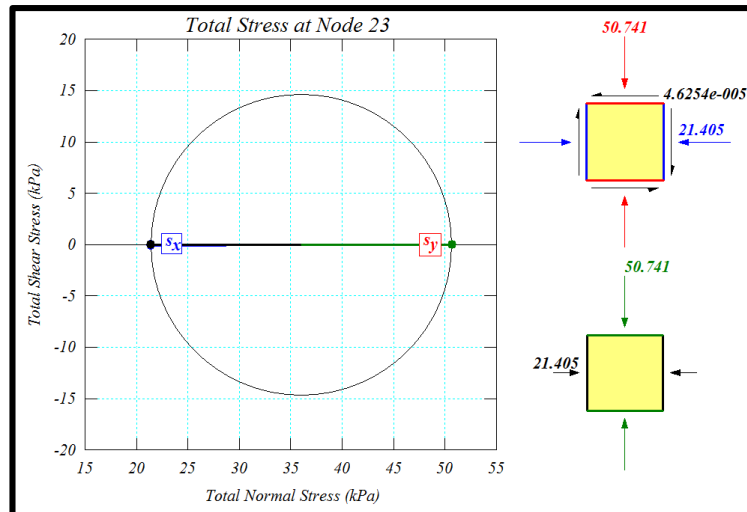
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 45. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento circular de diámetro 3m.



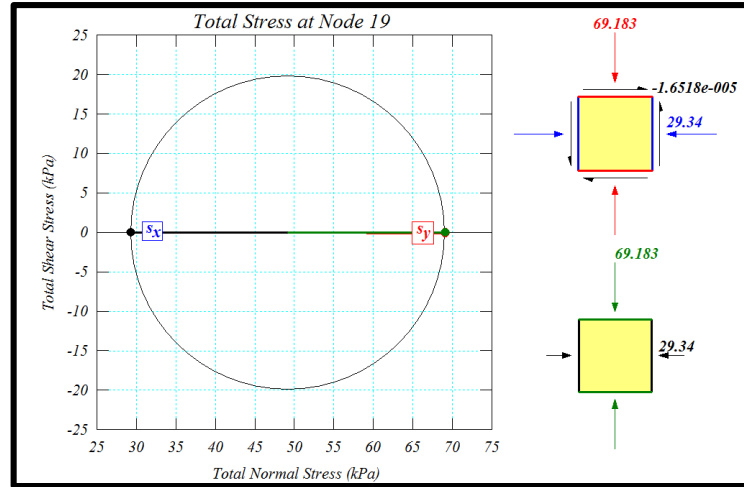
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 46. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento circular de diámetro 3m.



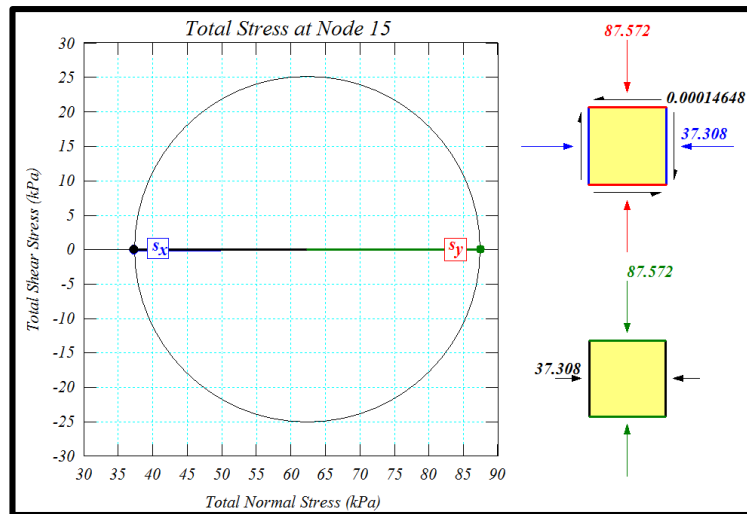
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 47. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento circular de diámetro 3m.



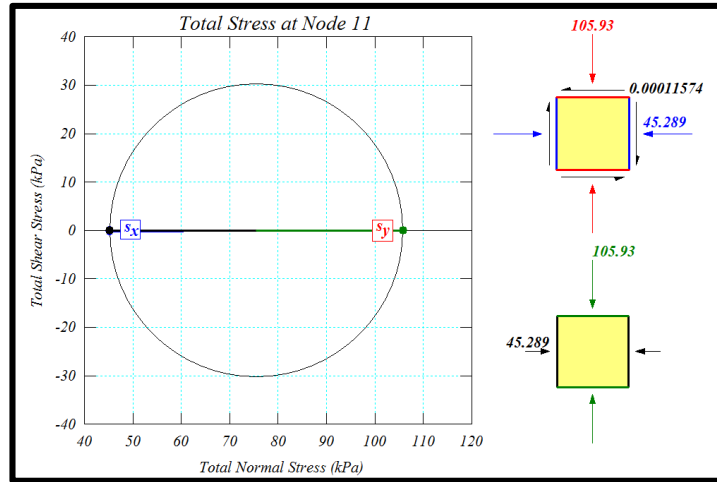
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 48. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento circular de diámetro 3m.



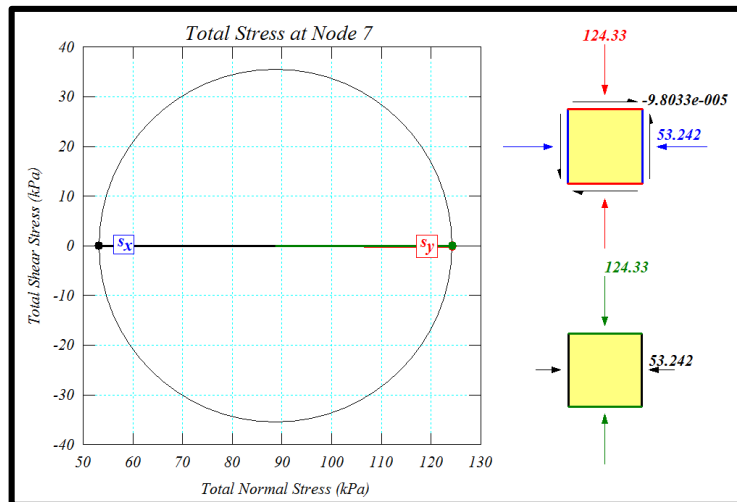
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 49. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento circular de diámetro 3m.



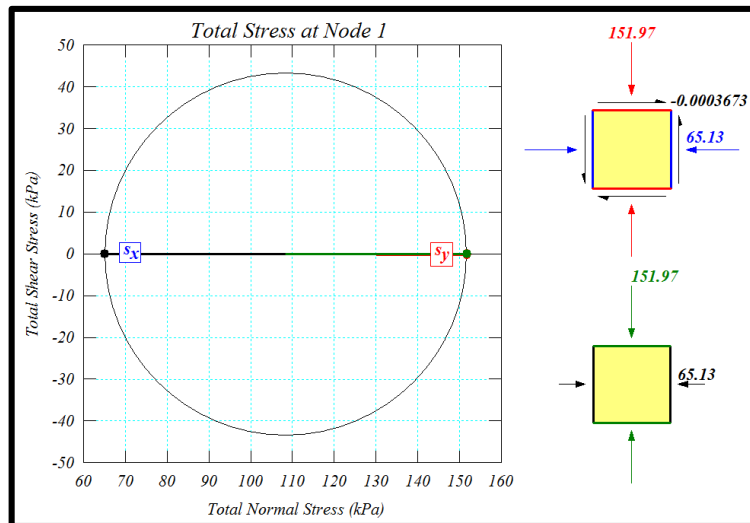
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 50. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento circular de diámetro 3m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 51. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento circular de diámetro 3m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 44. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 3m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,162825	0,100596

Fuente. Autora del proyecto

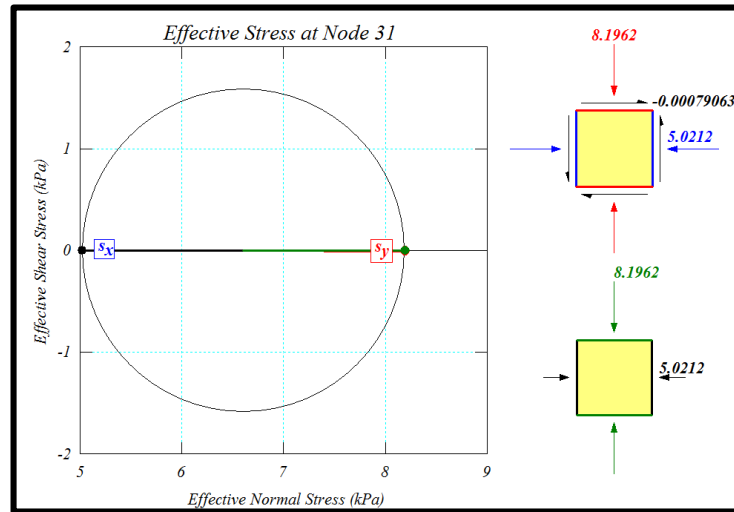
4.2.6 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 45. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de Poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr horizontal (kPa)
1	18,0062	8,1962301074	9,81	868,07	395,44	8,1962	5,0212
2	36,0129	16,3929161120	19,62	530,02	290,56	16,3930	10,2890
3	55,1068	25,6768243453	29,43	320,26	212,81	25,6770	10,2090
4	75,2877	36,0476750775	39,24	213,72	161,04	36,0480	14,4860
5	95,4626	46,4126091432	49,05	155,41	126,92	46,4130	18,7700
6	115,6370	56,7769763878	58,86	121,72	104,51	56,7770	23,0560
7	135,8141	67,1441091987	68,67	100,95	89,27	67,1440	27,3440
8,5	166,0839	82,6989279525	83,385	78,92	71,54	82,6990	33,7780

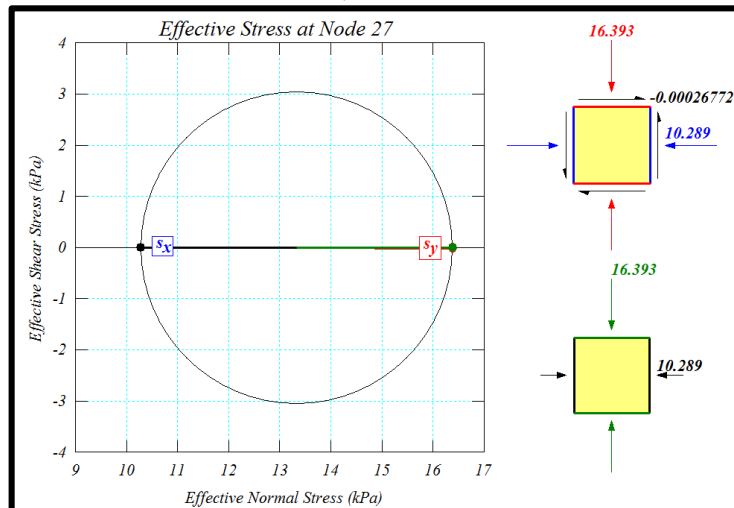
Fuente. Autora del proyecto

Figura 52. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento circular de diámetro 3,5m.



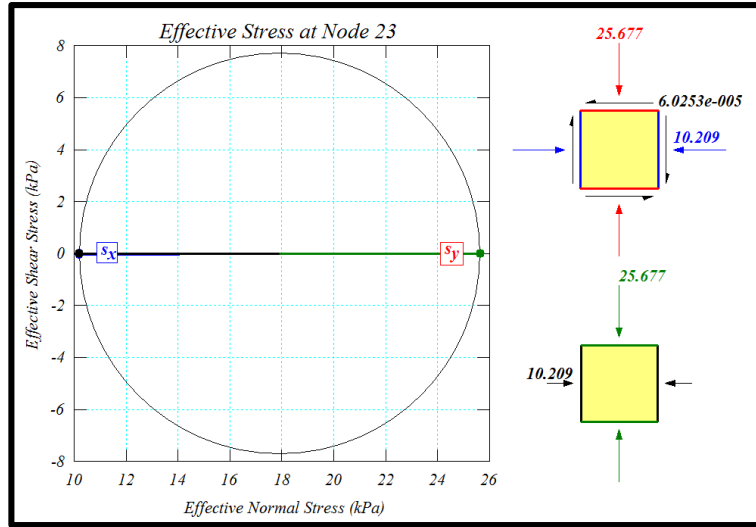
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 53. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 2m para cimiento circular de diámetro 3,5m.



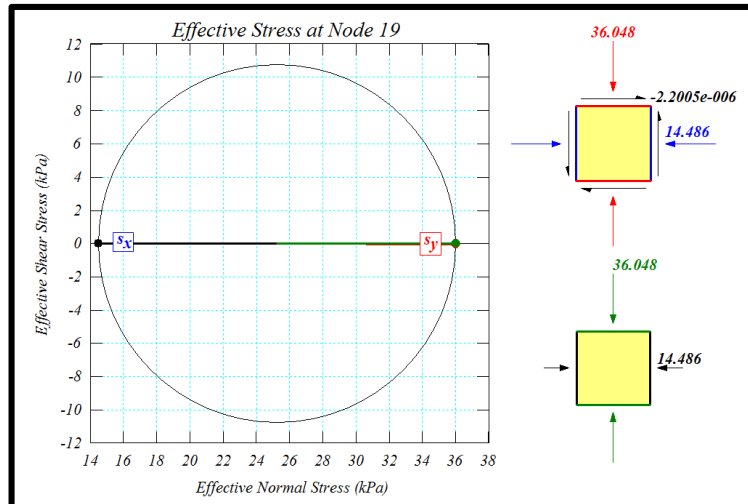
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 54. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento circular de diámetro 3,5m.



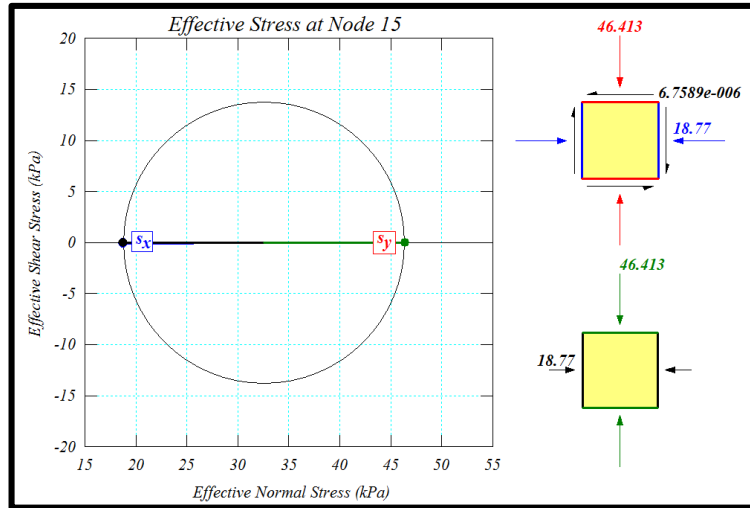
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 55. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento circular de diámetro 3,5m.



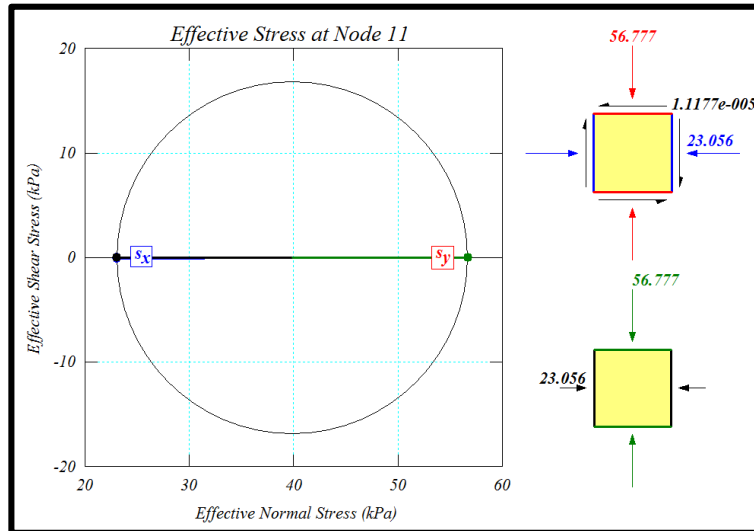
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 56. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento circular de diámetro 3,5m.



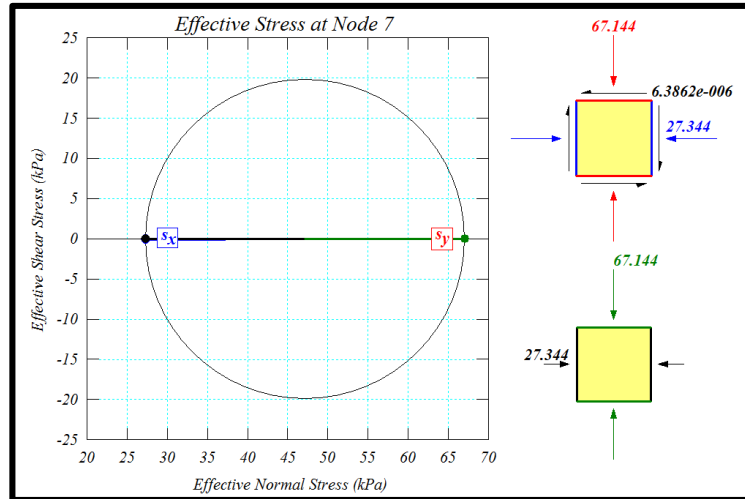
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 57. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento circular de diámetro 3,5m.



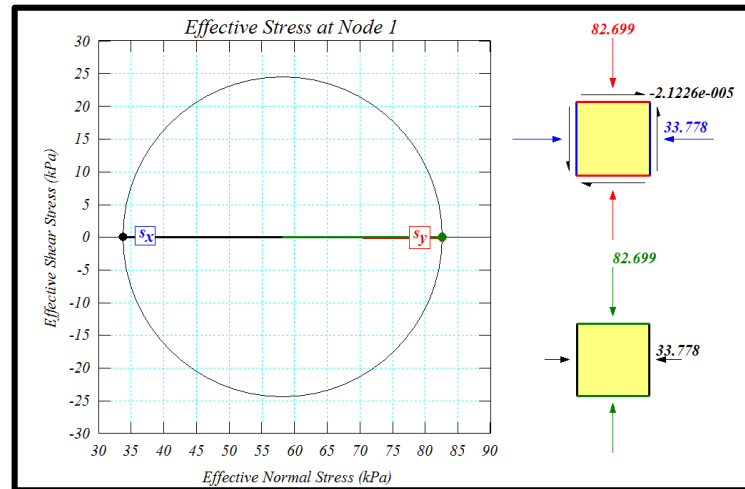
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 58. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento circular de diámetro 3,5m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 59. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento circular de diámetro 3,5m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 46. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,189466	0,115917

Fuente. Autora del proyecto

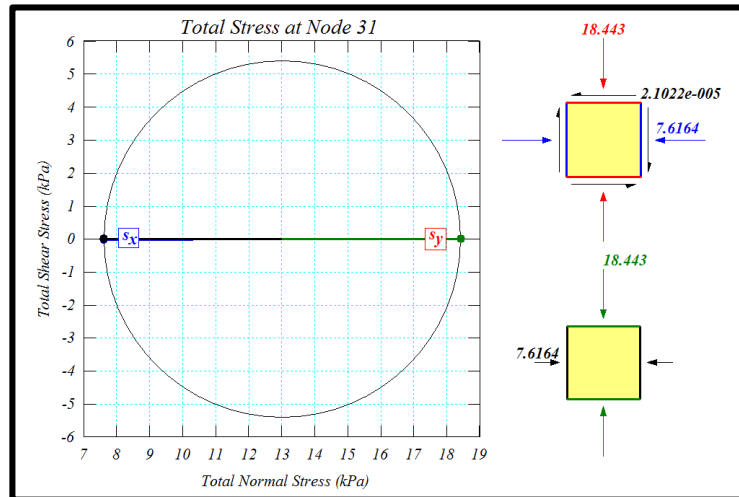
4.2.7 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 47. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento circular de diámetro 4m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,4430	934,32	422,44	18,443	7,6164
2	36,8925	694,64	350,32	36,893	15,491
3	54,4116	476,99	283,24	54,412	35,875
4	70,9821	332,53	226,91	70,982	46,938
5	87,5251	245,92	185,13	87,525	58,033
6	104,0563	194,01	155,72	104,06	69,147
7	120,5966	161,49	134,56	120,6	80,265
8,5	145,4218	124,37	107,03	145,42	96,948

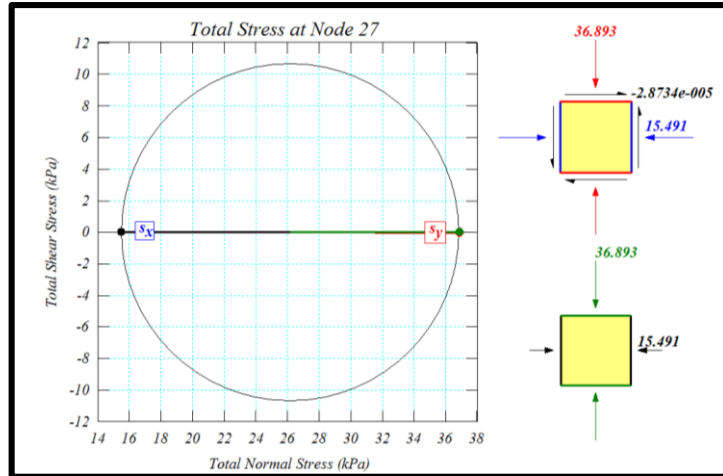
Fuente. Autora del proyecto

Figura 60. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento circular de diámetro 4m.



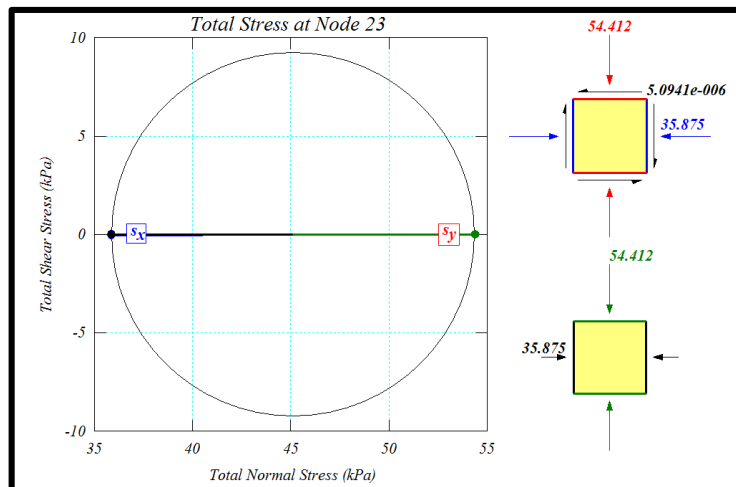
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 61. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento circular de diámetro 4m.



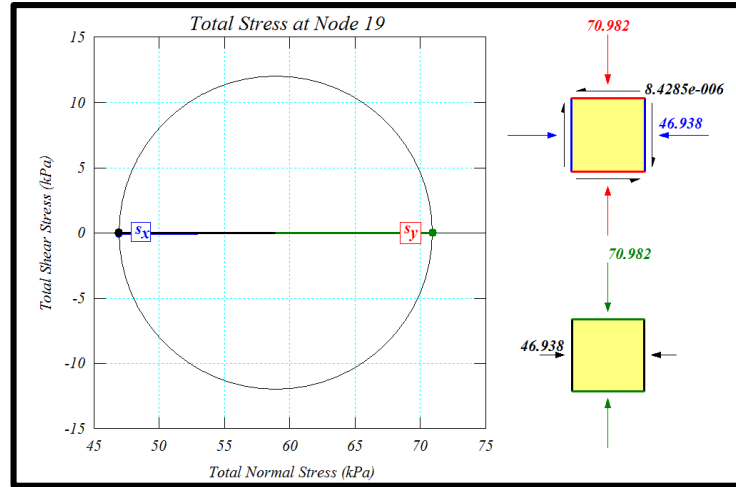
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 62. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento circular de diámetro 4m.



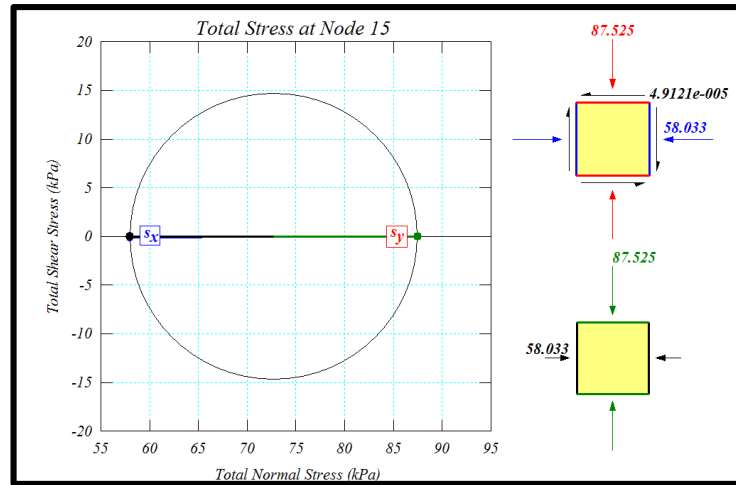
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 63. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento circular de diámetro 4m.



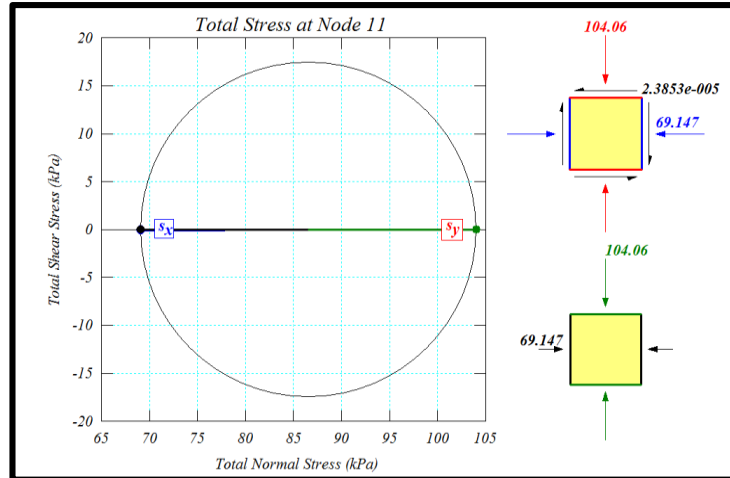
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 64. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento circular de diámetro 4m.



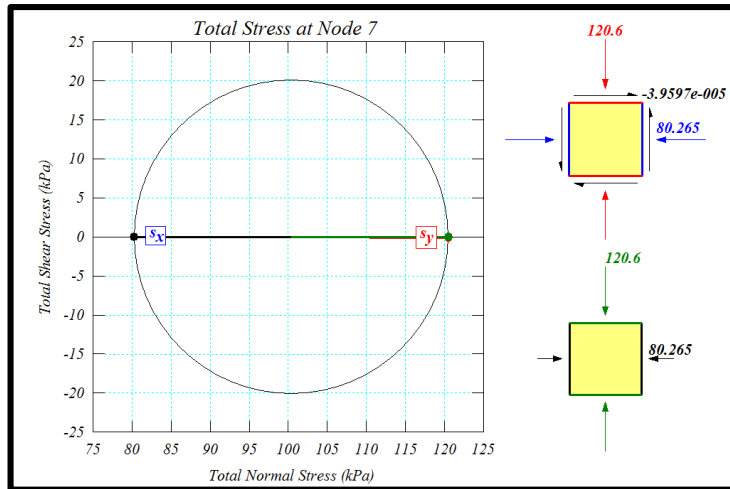
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 65. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento circular de diámetro 4m.



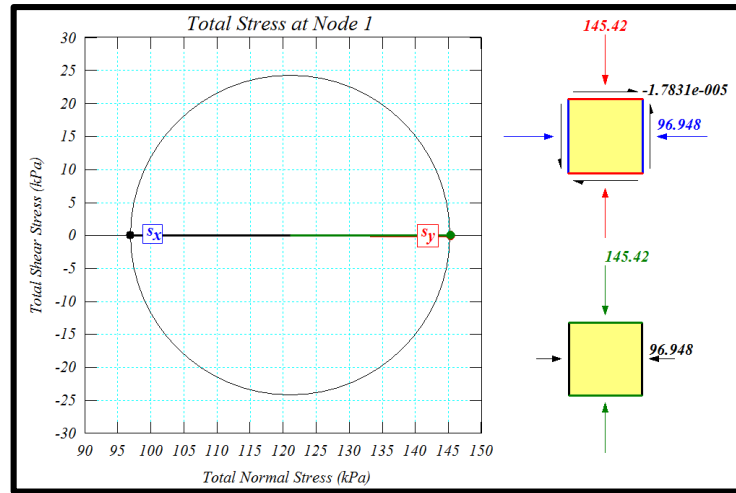
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 66. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento circular de diámetro 4m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 67. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento circular de diámetro 4m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 48. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 4m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,266062	0,142847

Fuente. Autora del proyecto

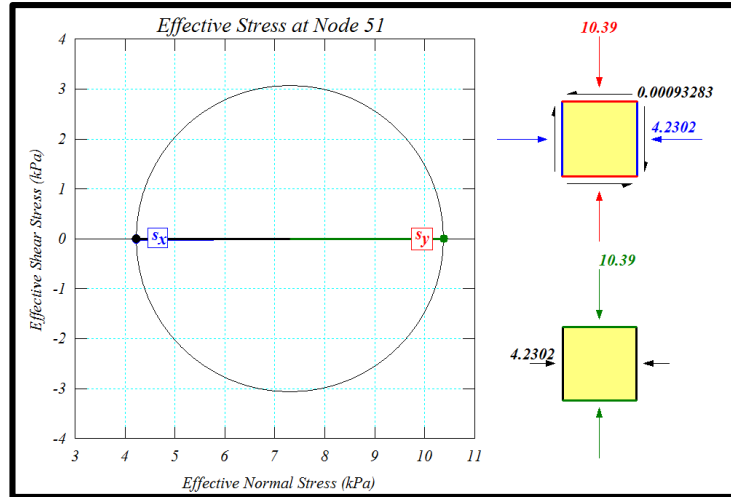
4.2.8 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 49. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos borde (kPa)	Circulo de Mohr Vertical (kPa)	Circulo de Mohr Horizontal (kPa)
1	20,2155	10,4055	9,81	956,51	431,99	10,39	4,2302
2	40,4371	20,8171	19,62	758,24	369,48	20,8170	8,4078
3	59,5417	30,1117	29,43	547,86	308,77	30,1120	19,2020
4	77,5580	38,3180	39,24	394,89	255,25	38,3180	24,4210
5	95,5162	46,4662	49,05	297,99	213,56	46,4660	29,7360
6	113,4089	54,5489	58,86	237,96	182,83	54,5490	35,1320
7	131,3795	62,7095	68,67	199,42	159,80	62,7100	40,4600
8,5	158,3804	74,9954	83,385	154,35	128,49	74,9950	48,3520

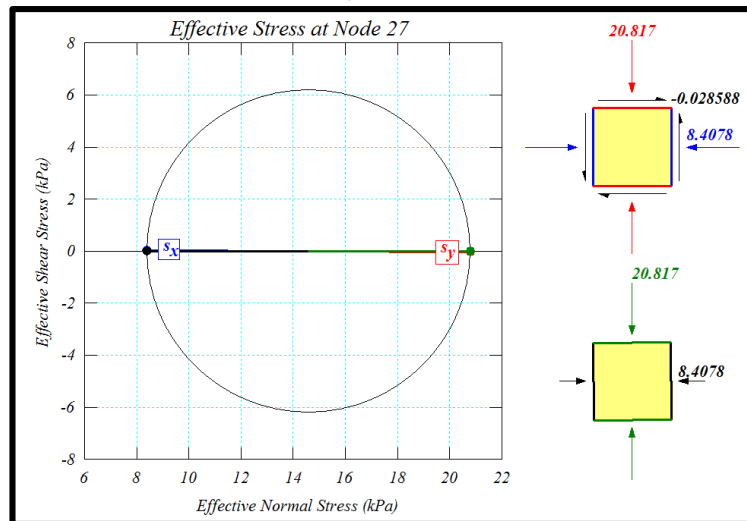
Fuente. Autora del proyecto

Figura 68. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 1m para cimiento circular de diámetro 4,5m.



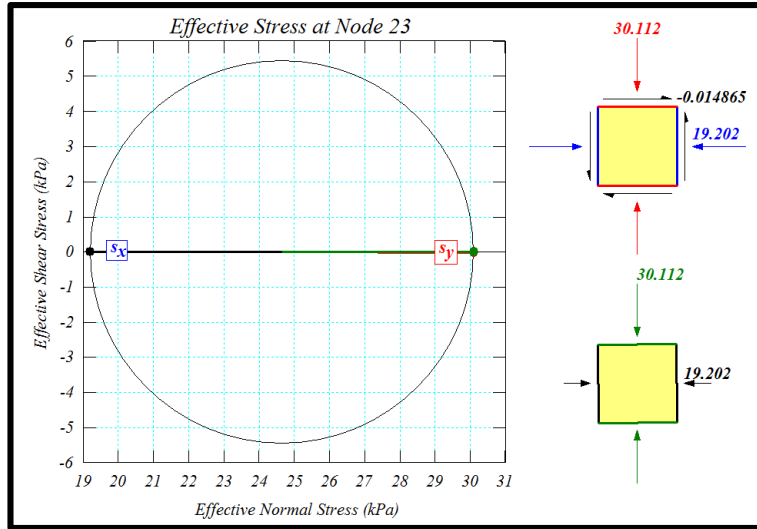
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 69. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento circular de diámetro 4,5m.



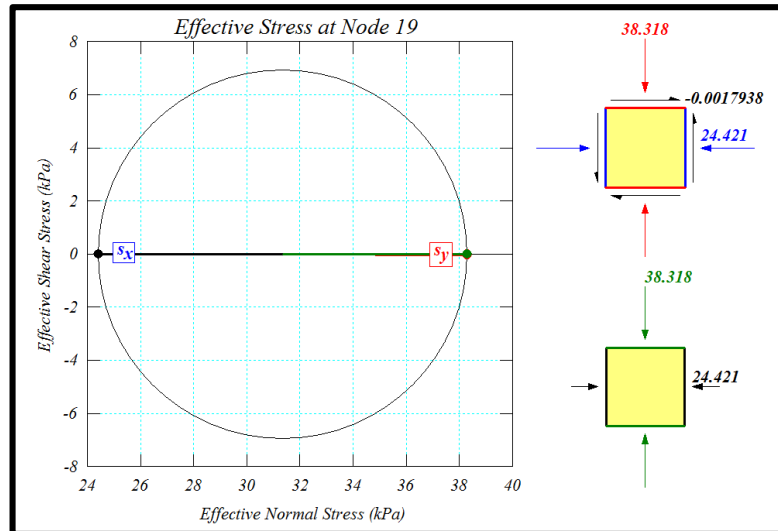
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 70. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento circular de diámetro 4,5m.



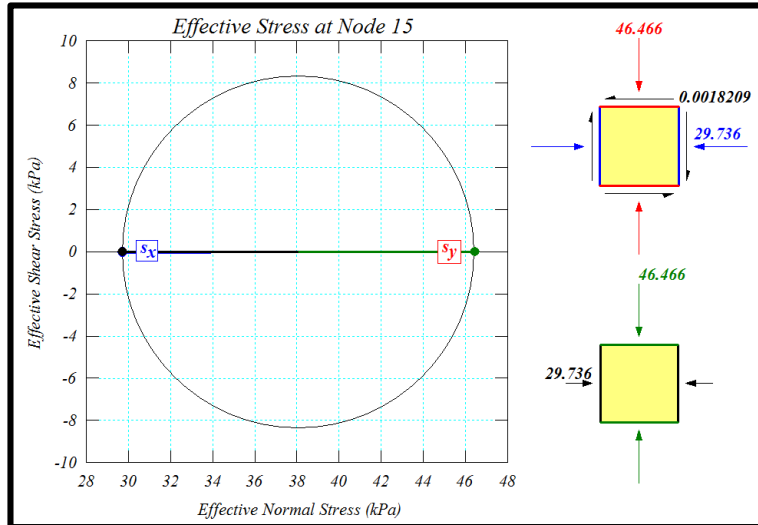
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 71. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento circular de diámetro 4,5m.



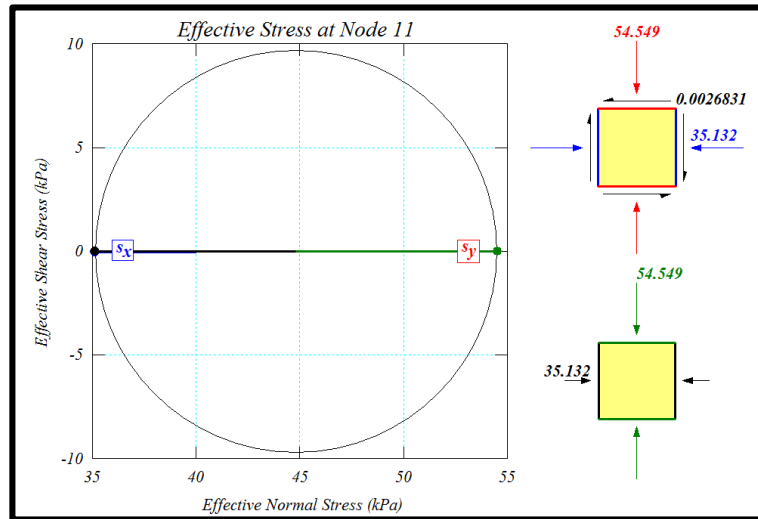
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 72. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento circular de diámetro 4,5m.



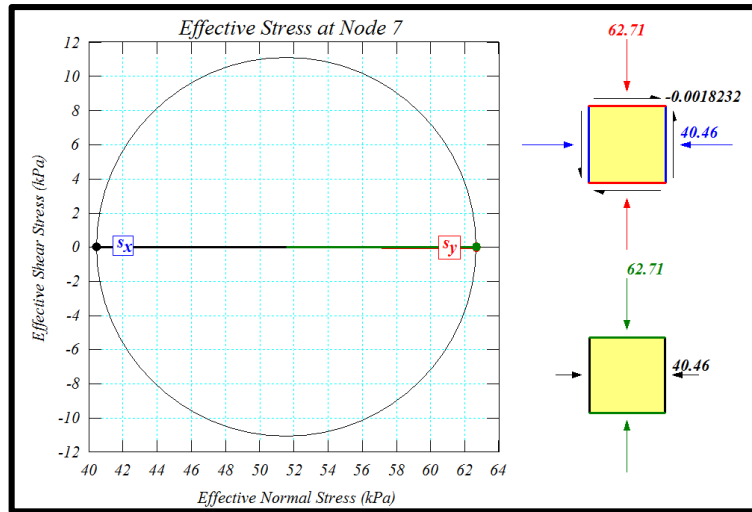
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 73. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 6m para cimiento circular de diámetro 4,5m.



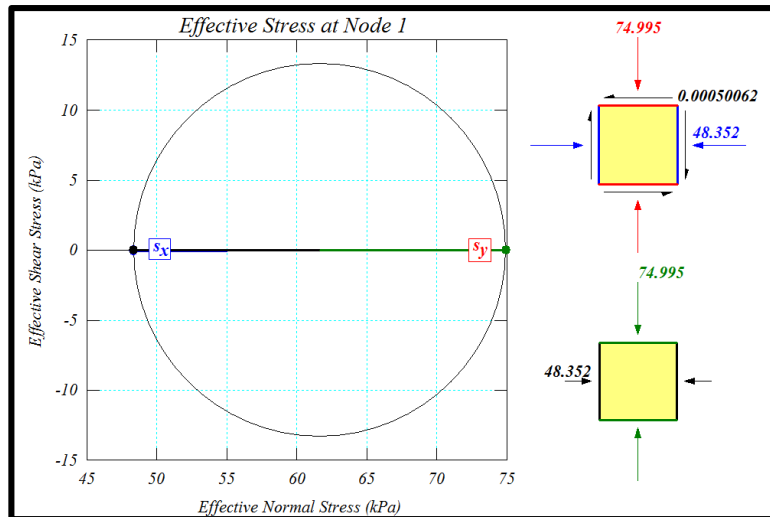
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 74. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento circular de diámetro 4,5m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 75. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento circular de diámetro 4,5m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 50. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,287911	0,152222

Fuente. Autora del proyecto

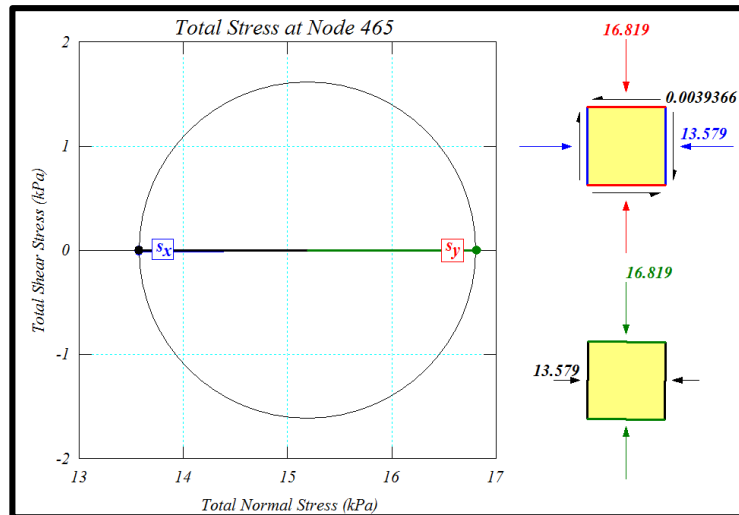
4.2.9 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 51. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Circulo de Mohr Vertical (kPa)	Circulo de Mohr Horizontal (kPa)
1	16,8188	826,80	475,26	16,819	13,579
2	33,9267	526,01	395,89	33,927	22,576
3	51,9750	377,20	323,86	51,975	20,046
4	70,7948	300,41	273,51	70,795	26,417
5	89,3481	254,67	239,00	89,348	33,443
6	10,7573	225,30	214,95	107,57	41,315
7	125,4621	204,86	197,24	125,46	50,112
8,5	151,7436	179,91	178,50	151,74	65,015

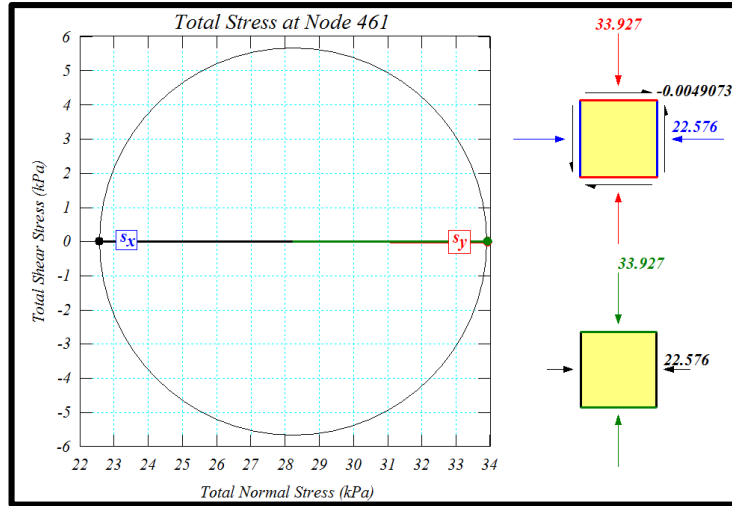
Fuente. Autora del proyecto

Figura 76. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$.



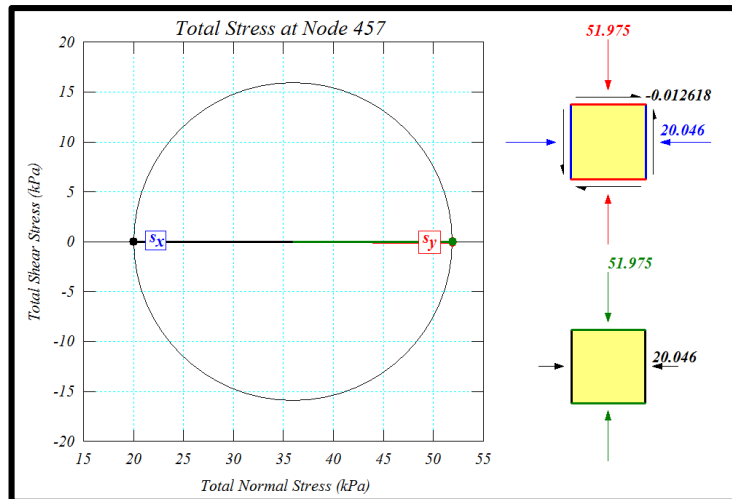
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 77. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.



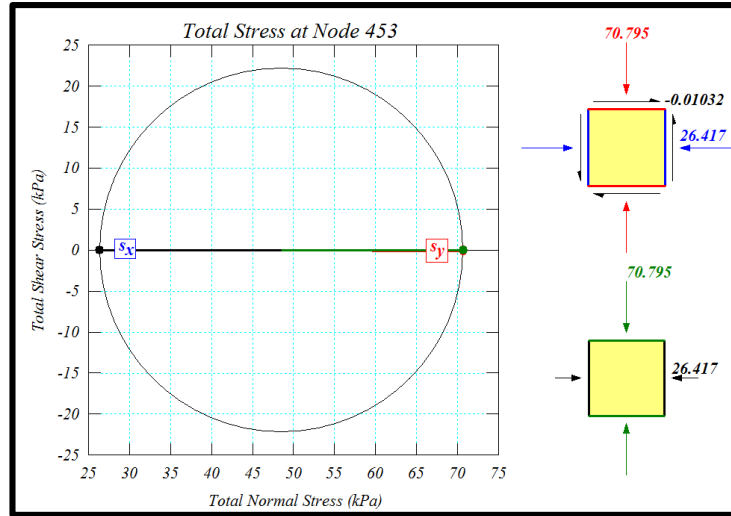
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 78. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.



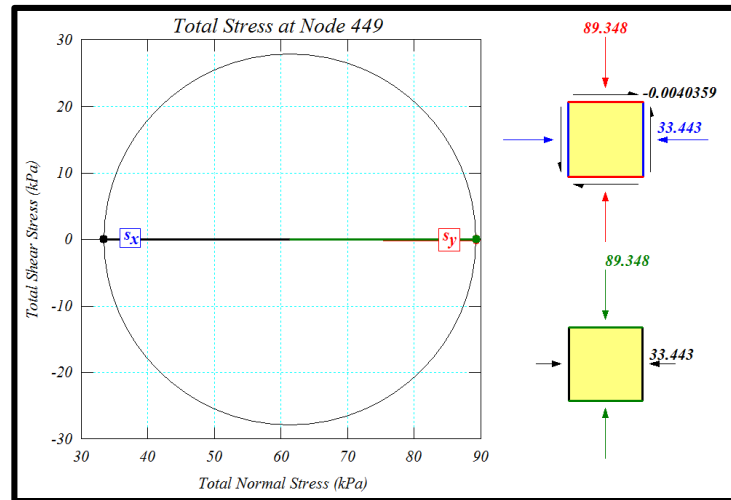
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 79. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.



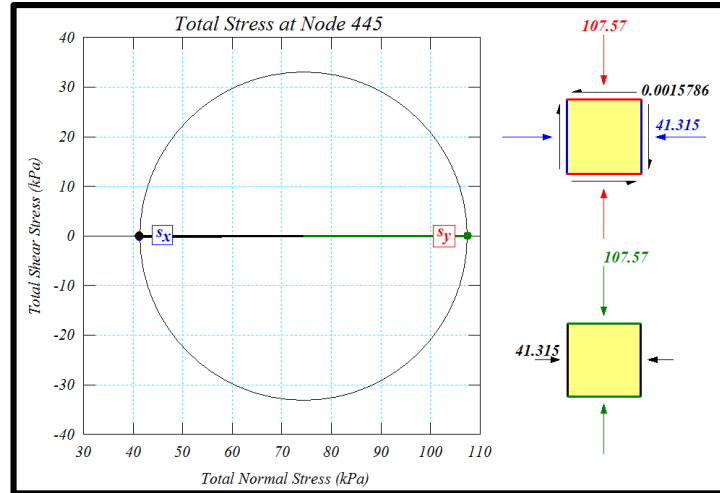
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 80. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.



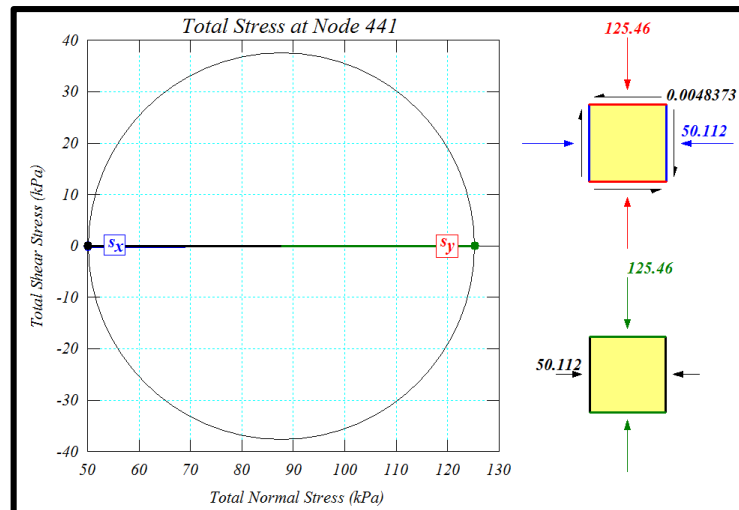
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 81. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.



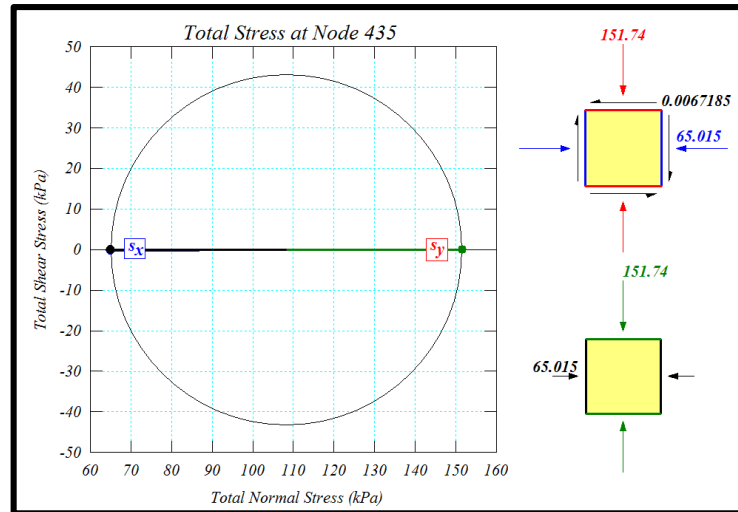
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 82. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 83. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 52. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,221888	0,171948

Fuente. Autora del proyecto

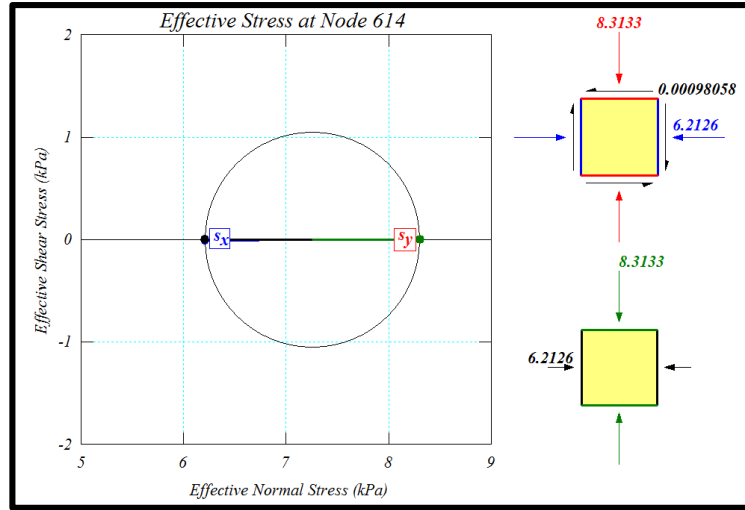
4.2.10 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 53. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Circulo de Mohr Vertical (kPa)	Circulo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,1233	8,3133	9,81	914,44	490,29	8,3133	6,2126
2	36,4109	16,7909	19,62	689,02	453,04	16,791	10,546
3	55,8255	26,3955	29,43	529,13	405,27	26,395	9,4191
4	76,2683	37,0283	39,24	433,29	362,06	37,028	12,94
5	96,5695	47,5195	49,05	372,31	327,40	47,52	16,79
6	116,6905	57,8305	58,86	331,71	300,55	57,831	21,075
7	136,6228	67,9528	68,67	302,74	279,17	67,953	25,843
8,5	166,2160	82,8310	83,385	266,61	250,02	82,831	33,866

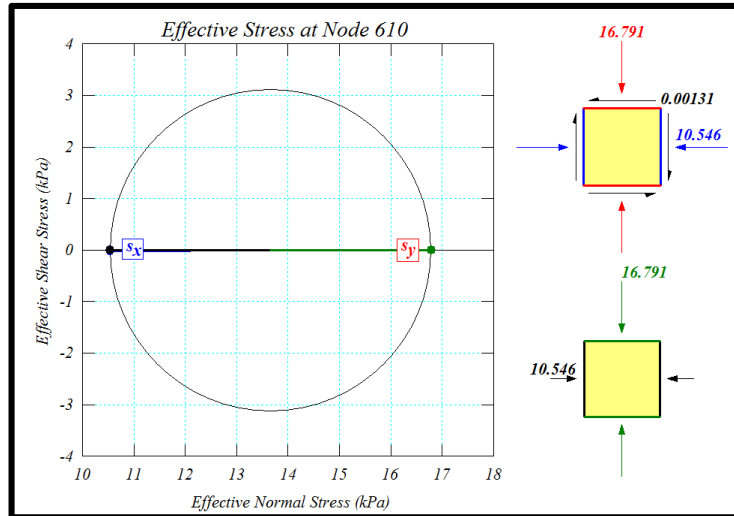
Fuente. Autora del proyecto

Figura 84. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



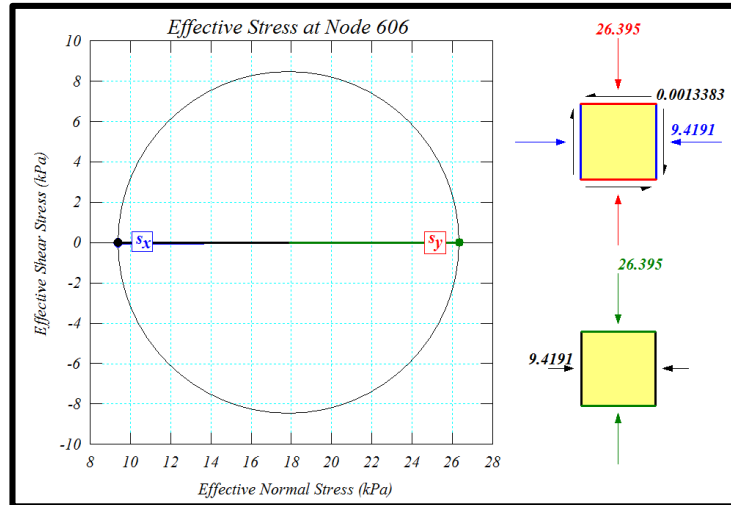
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 85. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 2m para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



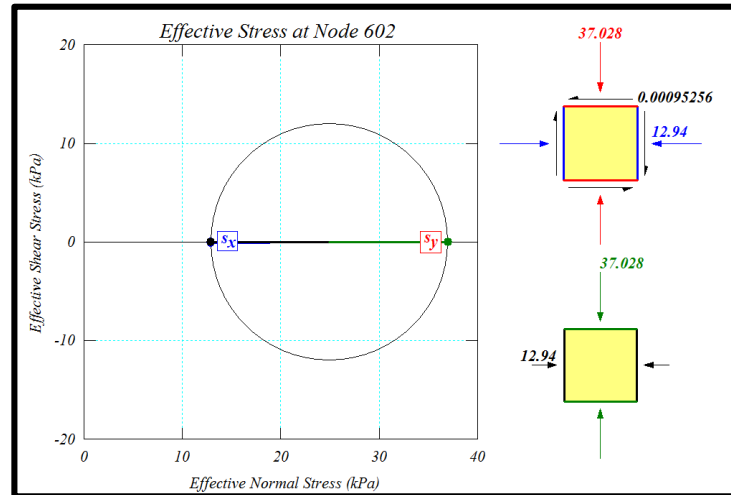
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 86. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



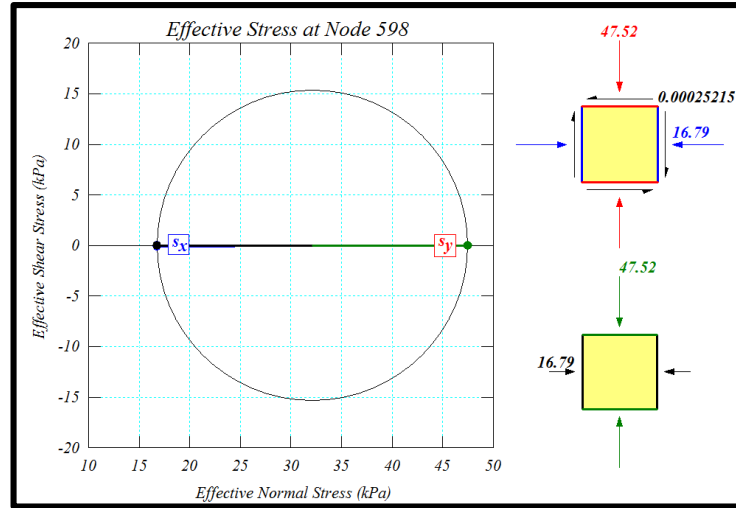
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 87. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



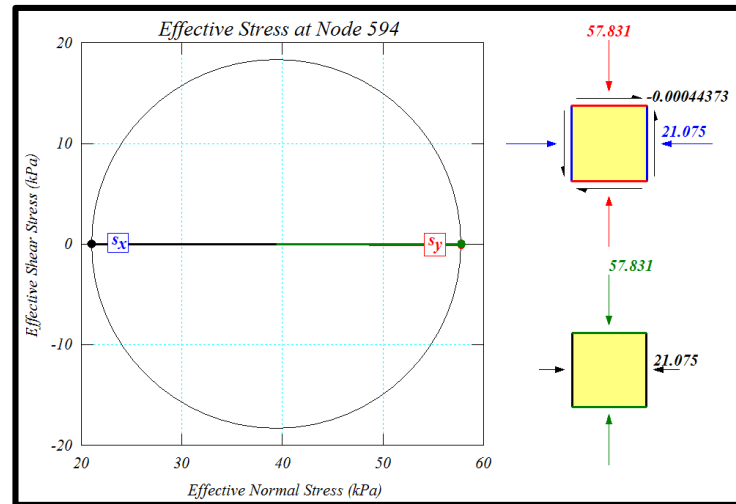
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 88. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



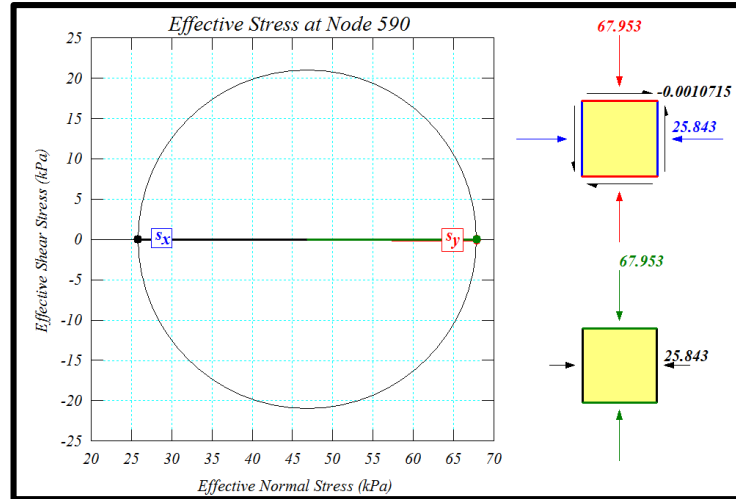
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 89. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



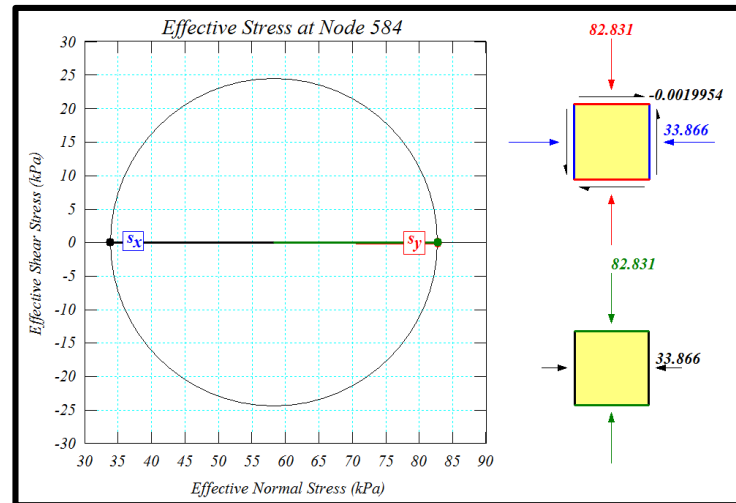
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 90. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 91. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 54. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,290195	0,212892

Fuente. Autora del proyecto

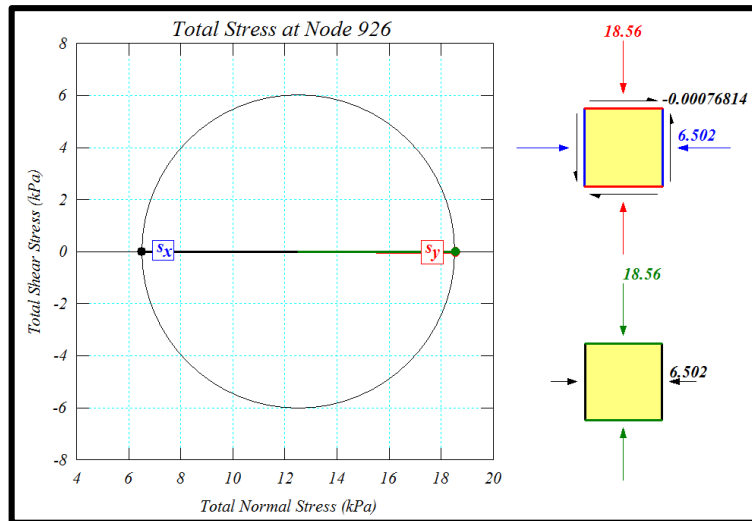
4.2.11 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 55. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos verticales - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos verticales - Borde	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,5602	993,07	501,90	18,56	6,502
2	37,3017	923,86	501,57	37,302	14,246
3	55,1808	819,65	495,06	55,181	34,361
4	72,0931	720,28	481,75	72,093	45,132
5	88,8749	641,56	464,25	88,875	56,129
6	105,4703	582,20	444,93	105,470	67,468
7	121,8623	535,63	424,33	121,860	79,197
8,5	146,1431	468,46	386,98	142,110	94,353

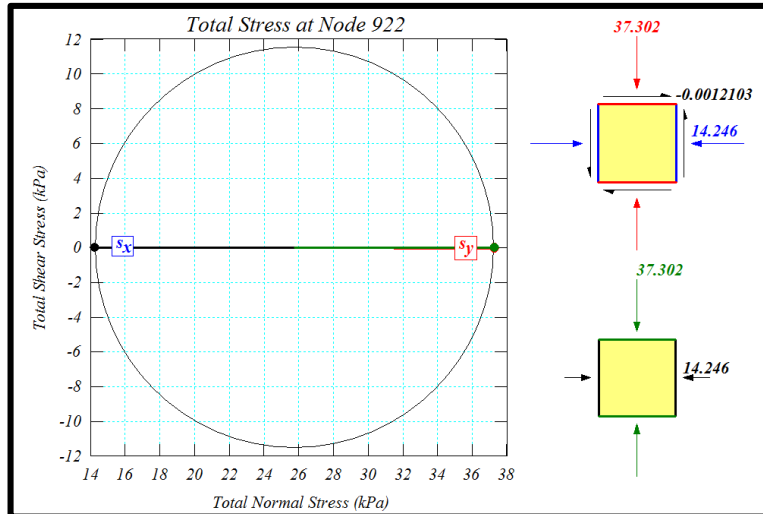
Fuente. Autora del proyecto

Figura 92. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento continuo de dimensiones $5m \times 50m$.



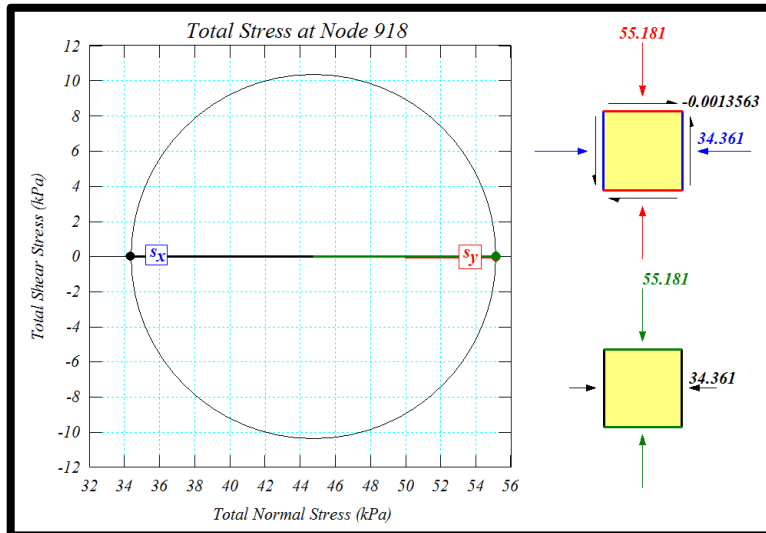
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 93. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



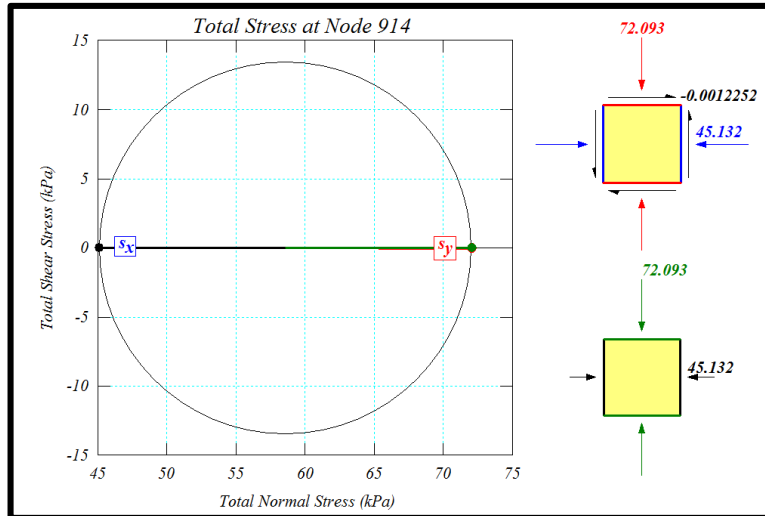
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 94. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



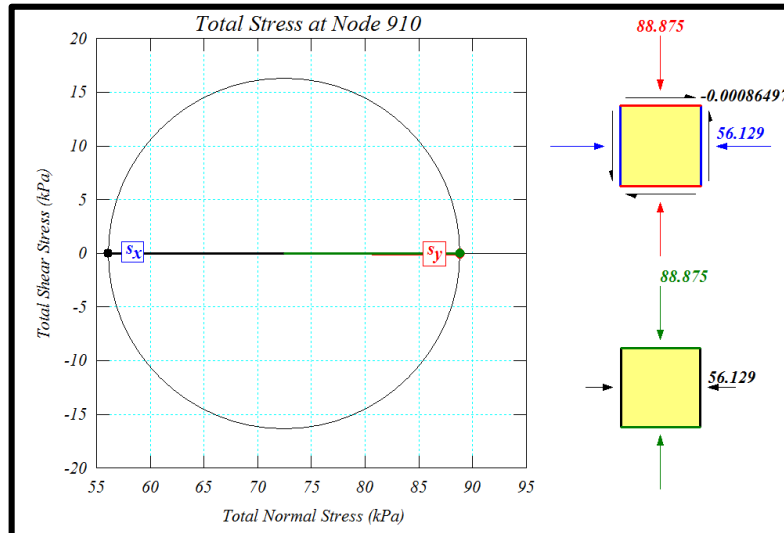
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 95. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



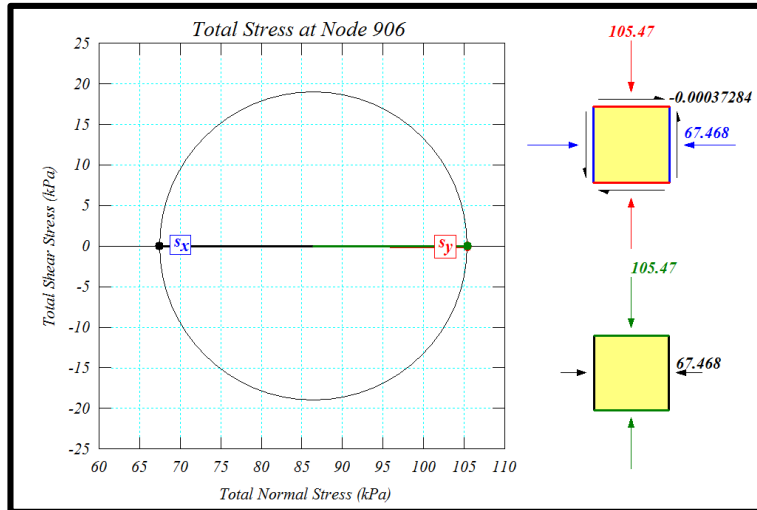
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 96. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



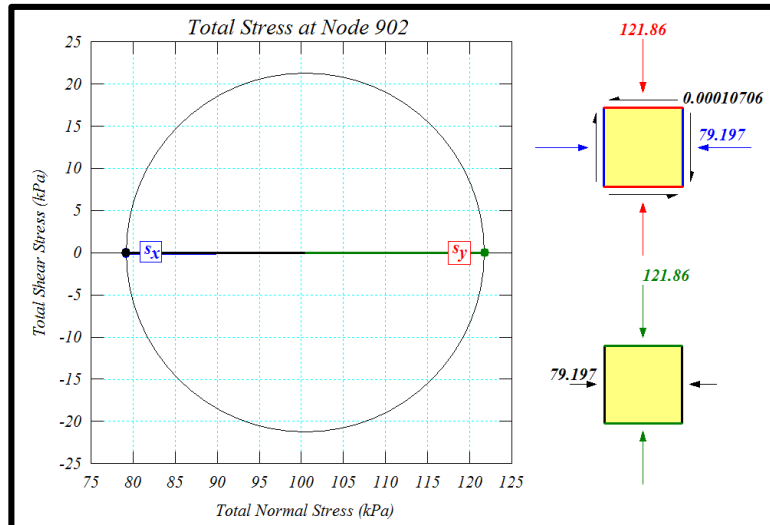
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 97. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



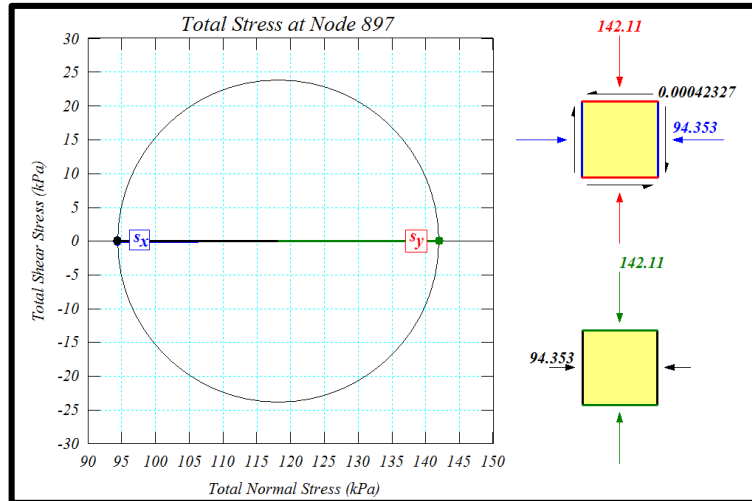
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 98. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 99. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 56. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,368559	0,210578

Fuente. Autora del proyecto

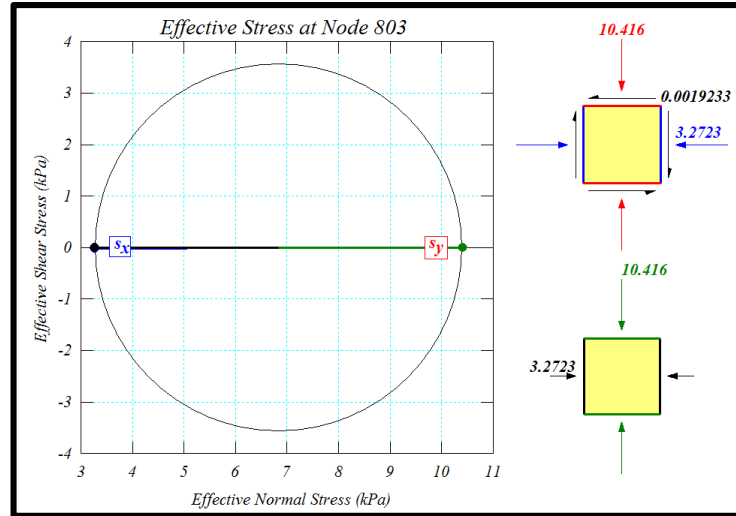
4.2.12 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 57. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Circulo de Mohr Vertical (kPa)	Circulo de Mohr Horizontal (kPa)
1	20,2259	10,4159	9,81	977,80	501,65	10,416	3,2723
2	40,4935	20,8735	19,62	863,31	495,46	20,874	7,6379
3	59,6769	30,2469	29,43	729,32	477,64	30,247	18,61
4	77,7505	38,5105	39,24	619,54	452,02	38,511	23,937
5	95,7911	46,7411	49,05	540,35	424,78	46,741	29,3
6	113,7855	54,9255	58,86	484,10	399,19	54,926	34,722
7	131,7331	63,0631	68,67	441,85	375,18	63,063	40,205
8,5	158,5970	75,2120	83,385	383,05	335,47	75,212	48,498

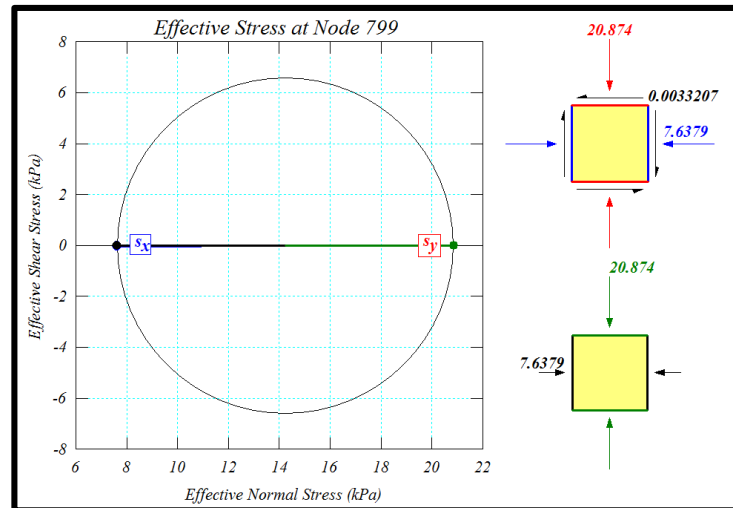
Fuente. Autora del proyecto

Figura 100. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.



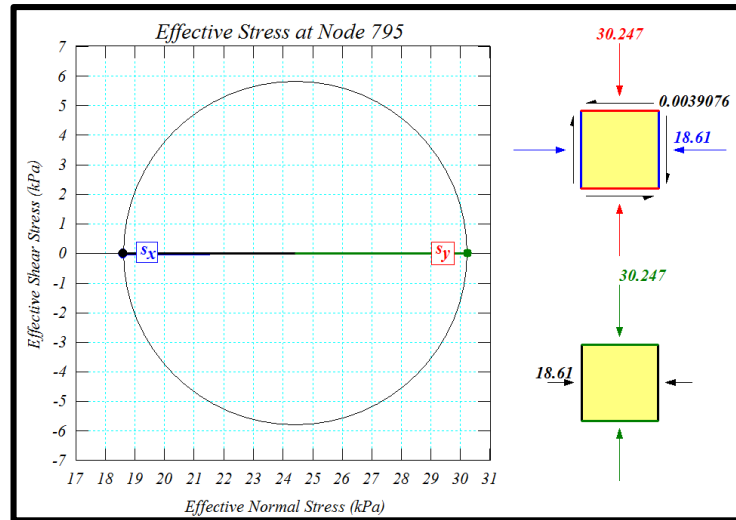
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 101. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 2m para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.



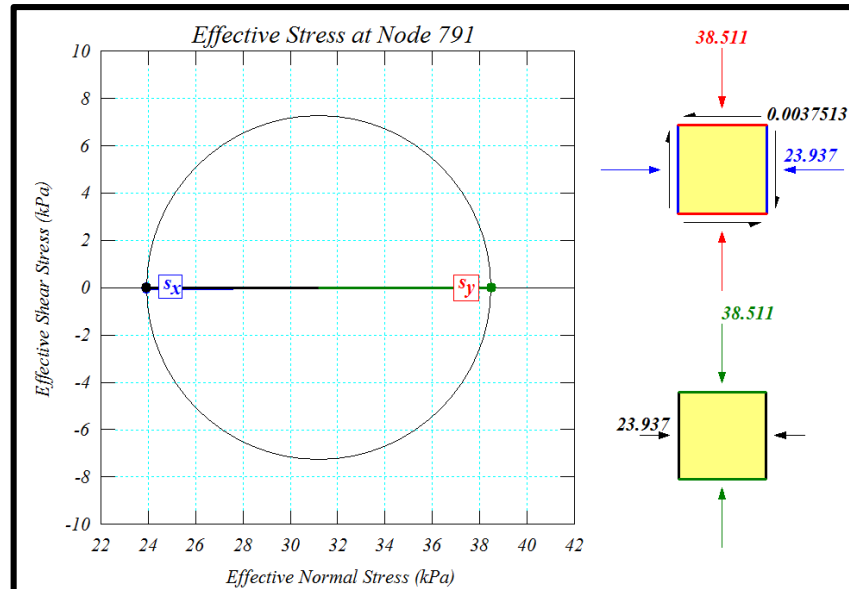
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 102. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.



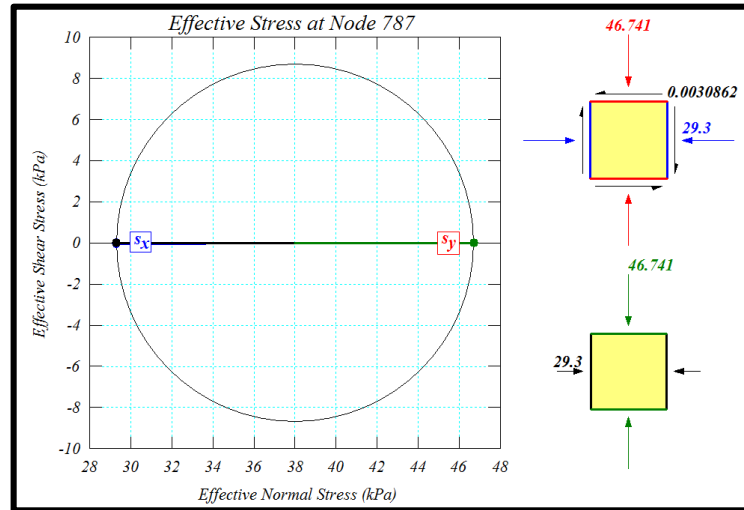
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 103. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.



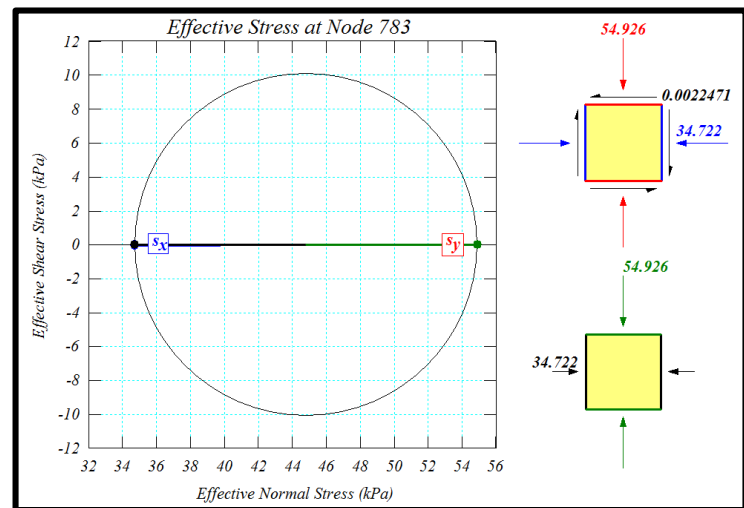
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 104. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.



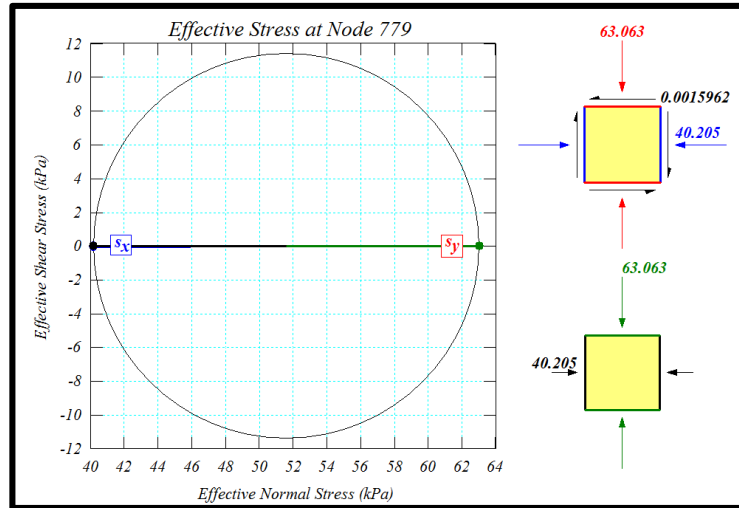
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 105. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 6m para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.



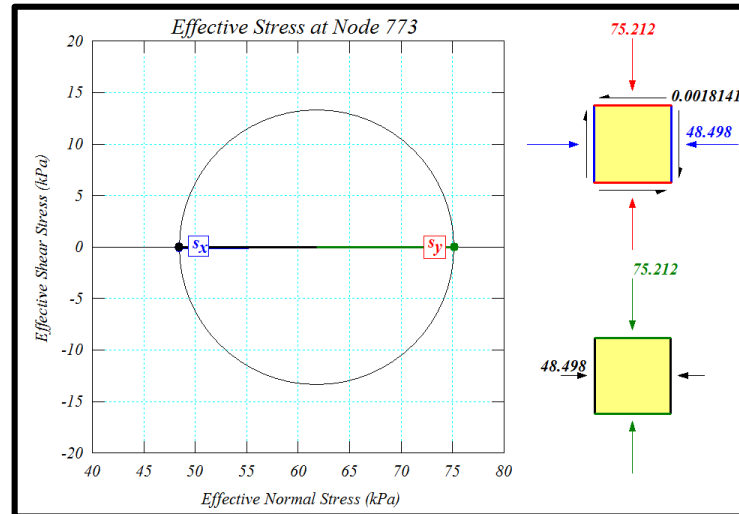
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 106. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 107. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 58. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde del cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,342107	0,206764

Fuente. Autora del proyecto

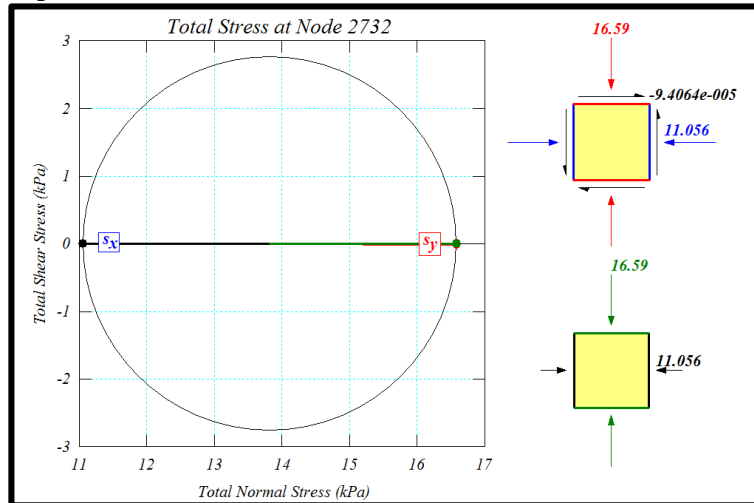
4.2.13 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 59. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para losa superficial de dimensiones 15m x 30 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	16,5900	1004,07	500,37	16,59	11,056
2	33,1799	1008,98	501,10	33,18	22,116
3	50,6948	1006,21	501,56	50,695	21,723
4	69,1347	995,89	501,46	69,135	29,626
5	87,5745	979,12	500,55	87,575	37,53
6	106,0143	956,92	498,68	106,01	45,433
7	124,4541	929,86	495,88	124,45	53,337
8,5	152,1138	879,68	490,39	152,11	65,192

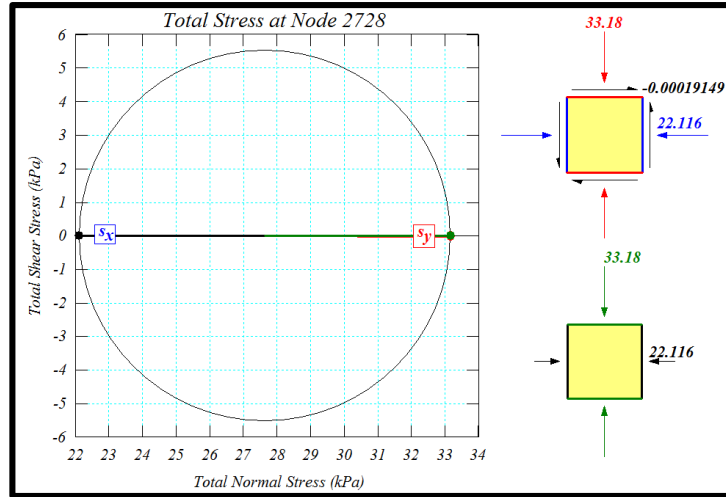
Fuente. Autora del proyecto

Figura 108. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m.



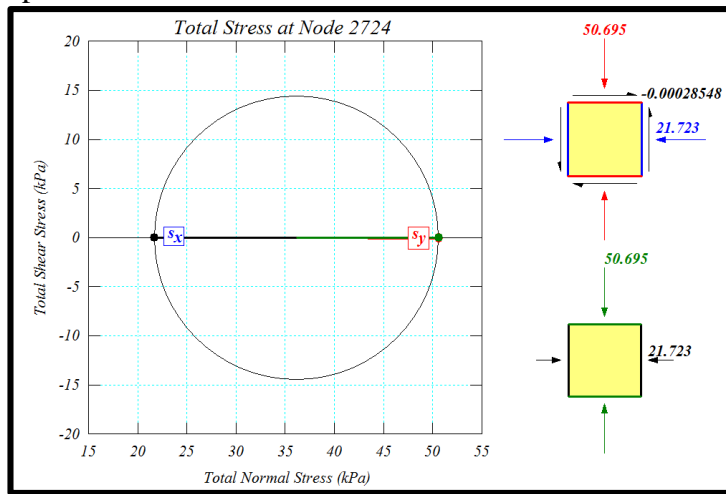
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 109. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m.



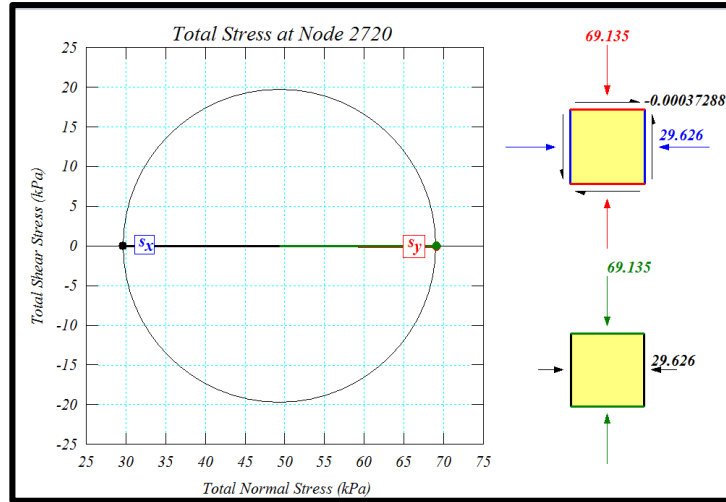
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 110. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m.



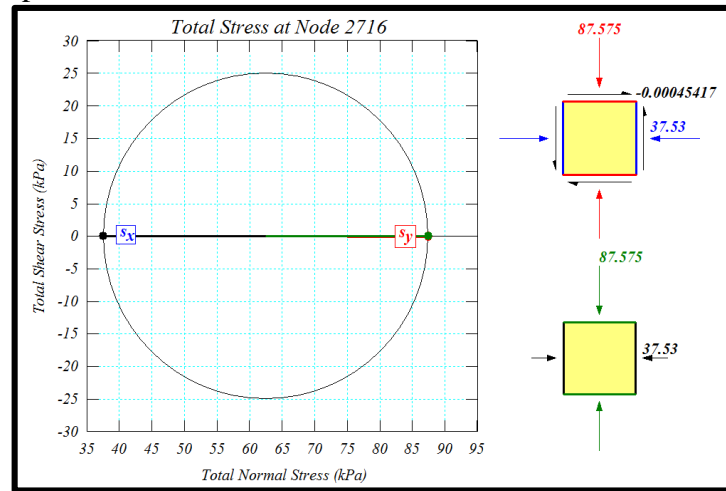
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 111. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para losa superficial de dimensiones 15 m x 30m.



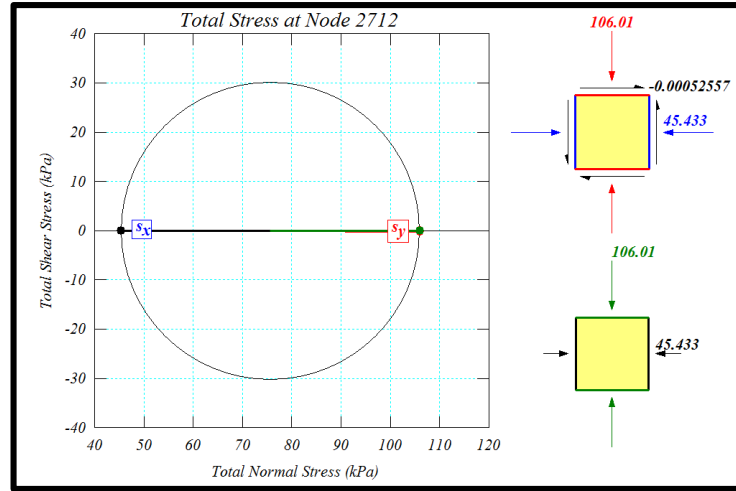
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 112. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para losa superficial de dimensiones 15 m x 30m.



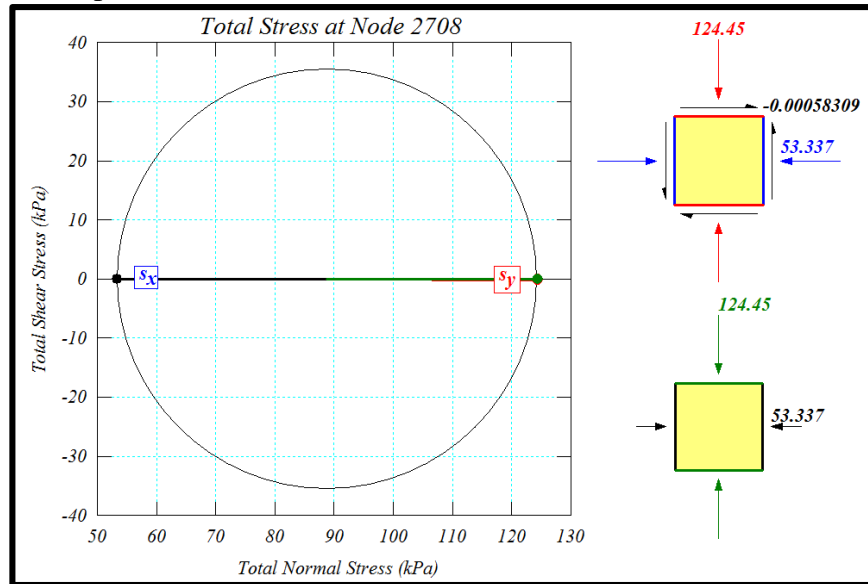
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 113. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m.



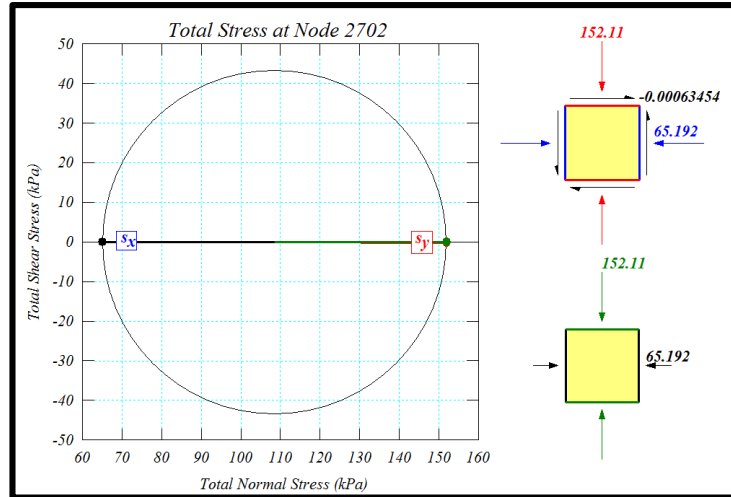
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 114. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 115. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para losa superficial de dimensiones 15m x 30m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 60. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 15m x 30m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,556977	0,271404

Fuente. Autora del proyecto

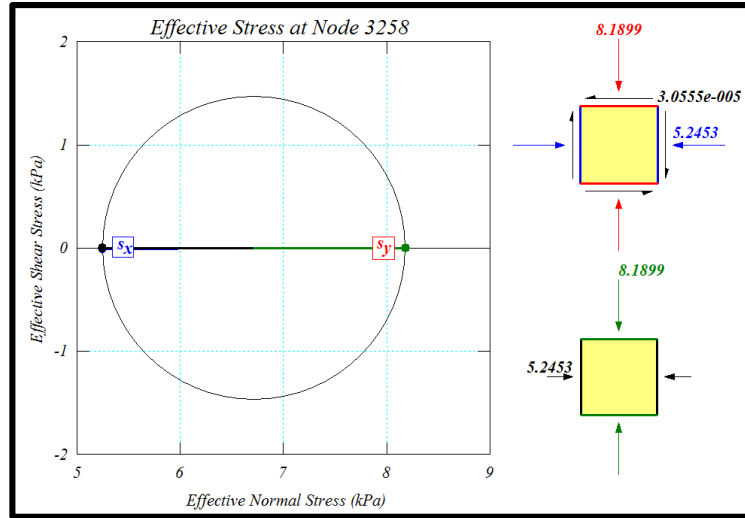
4.2.14 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 61. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para losa superficial de dimensiones 19m x 19 m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	17,9999	8,1899	9,81	1021,59	517,95	8,190	5,245
2	35,9996	16,3796	19,62	1045,92	535,77	16,380	10,512
3	55,0991	25,6691	29,43	1068,00	554,45	25,669	10,402
4	75,2984	36,0584	39,24	1086,47	574,01	36,058	14,662
5	95,4976	46,4476	49,05	1099,69	593,26	46,448	18,923
6	115,6966	56,8366	58,86	1107,51	612,20	56,837	23,184
7	135,8955	67,2255	68,67	1110,14	630,83	67,226	27,445
8,5	166,1938	82,8088	83,385	1105,37	658,40	82,809	33,838

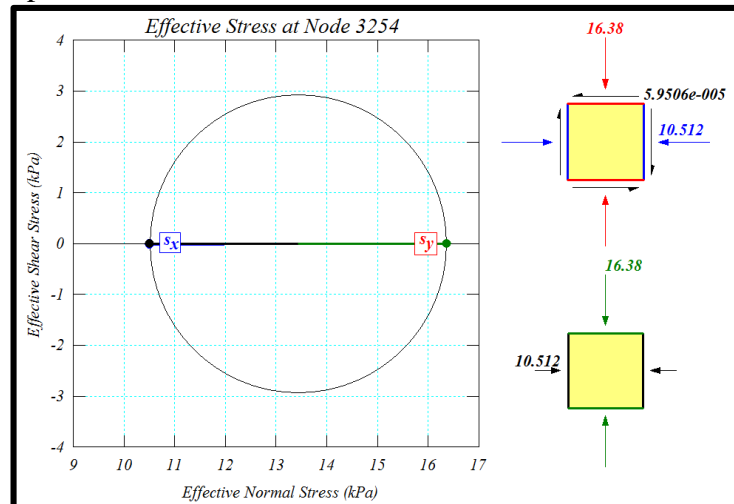
Fuente. Autora del proyecto

Figura 116. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.



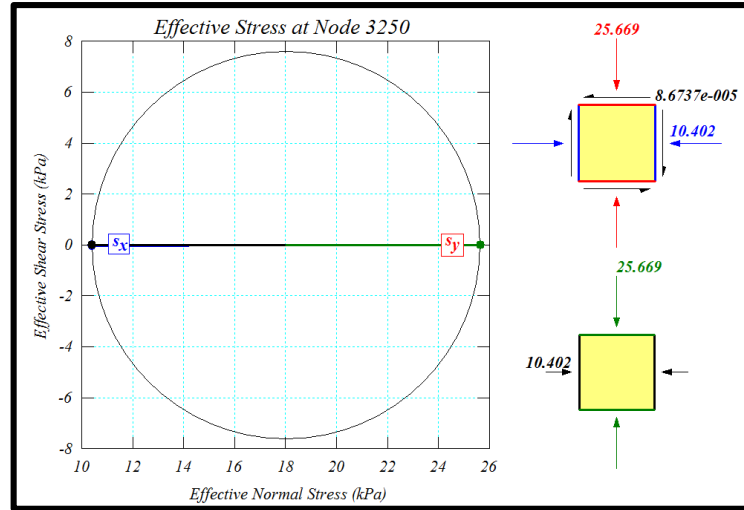
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 117. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 2m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.



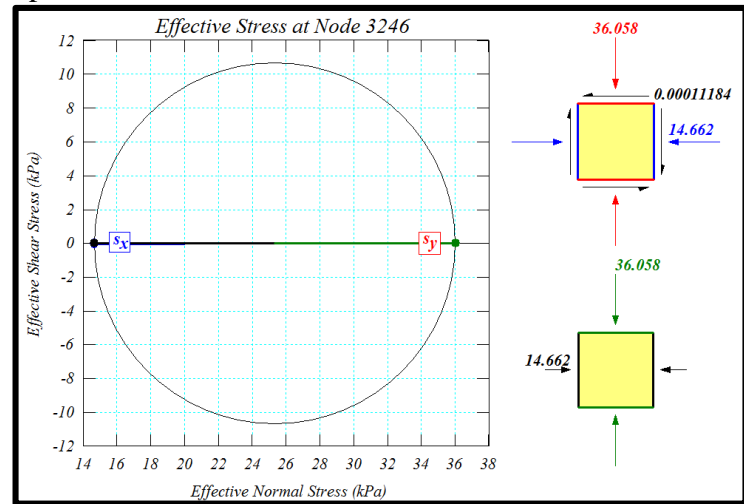
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 118. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.



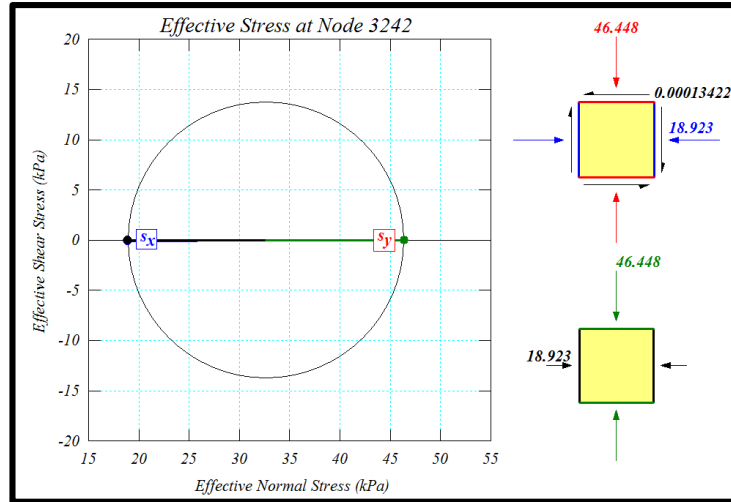
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 119. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.



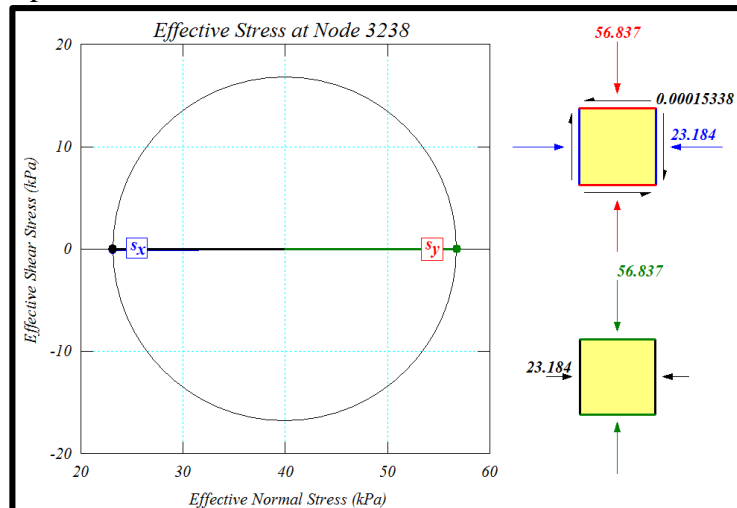
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 120. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.



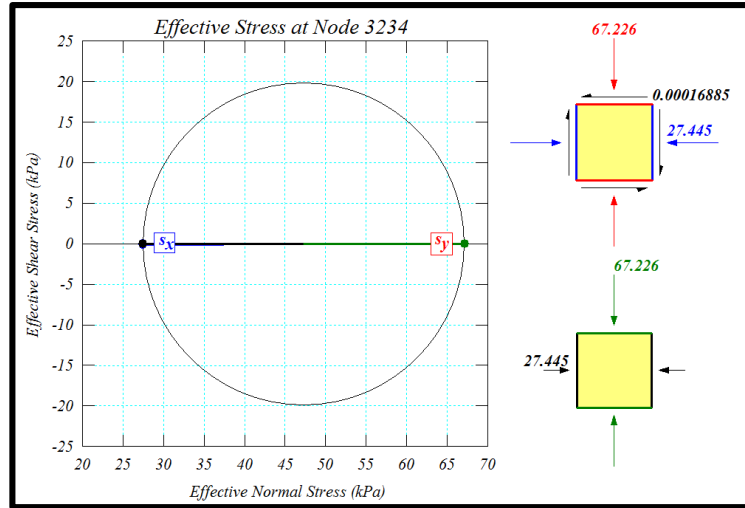
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 121. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.



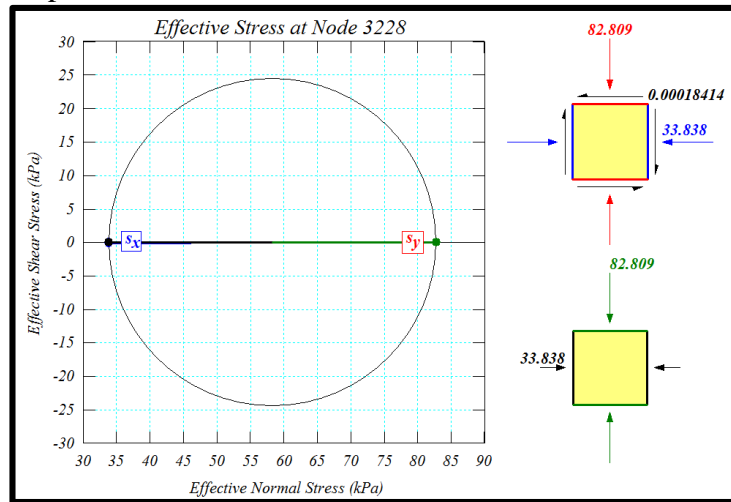
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 122. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 123. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 62. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 19m x 19m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,559938	0,266801

Fuente. Autora del proyecto

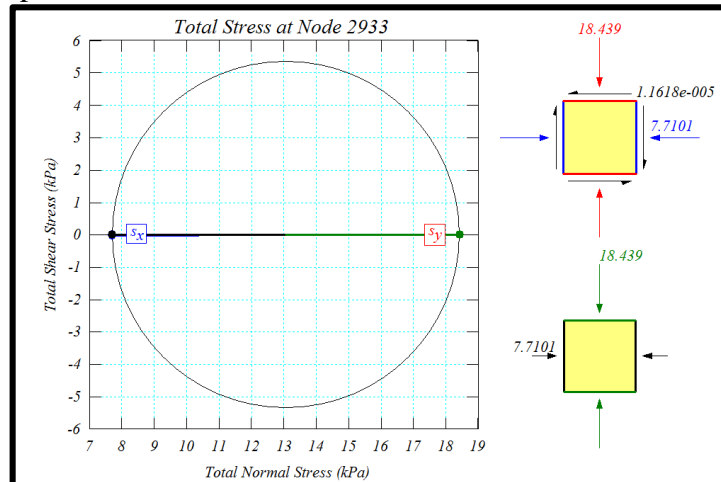
4.2.15 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Cuadro 63. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr, mediante el software SIGMA/W para losa superficial de dimensiones 26m x 26 m

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	18,4391	1000,67	499,92	18,439	7,7101
2	36,8761	1002,20	499,69	36,876	15,623
3	54,3863	1003,60	499,31	54,386	22,63
4	70,9697	1003,47	498,74	70,97	47,158
5	87,5514	1000,73	498,00	87,551	58,241
6	104,1317	994,75	497,11	104,13	69,326
7	120,7109	985,43	496,12	120,71	80,415
8,5	145,5781	966,65	494,49	145,58	97,052

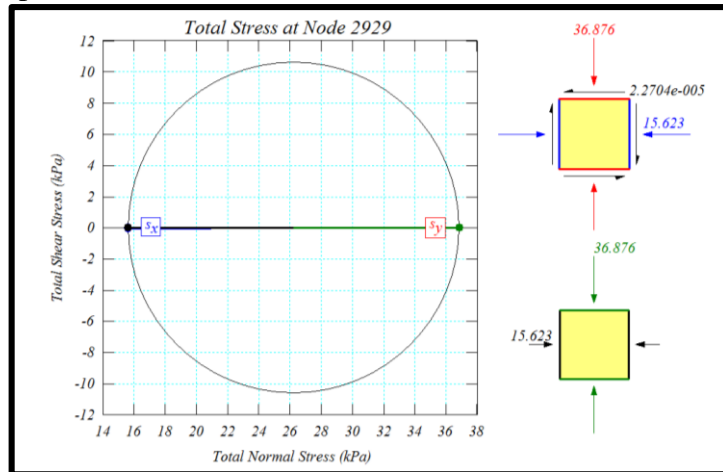
Fuente. Autora del proyecto

Figura 124. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m.



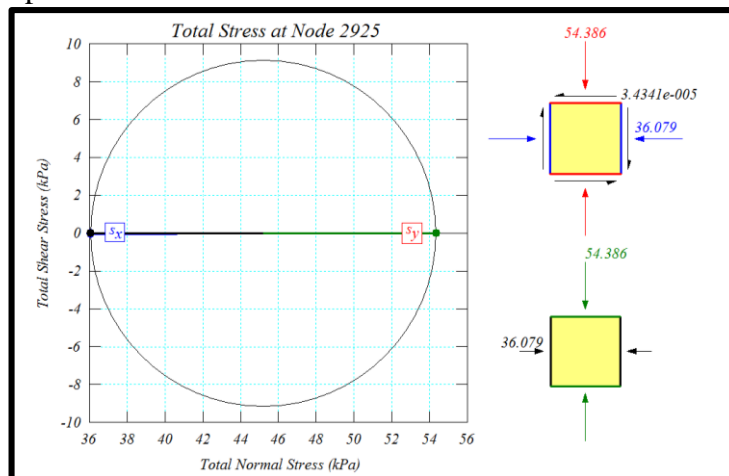
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 125. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 2m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m.



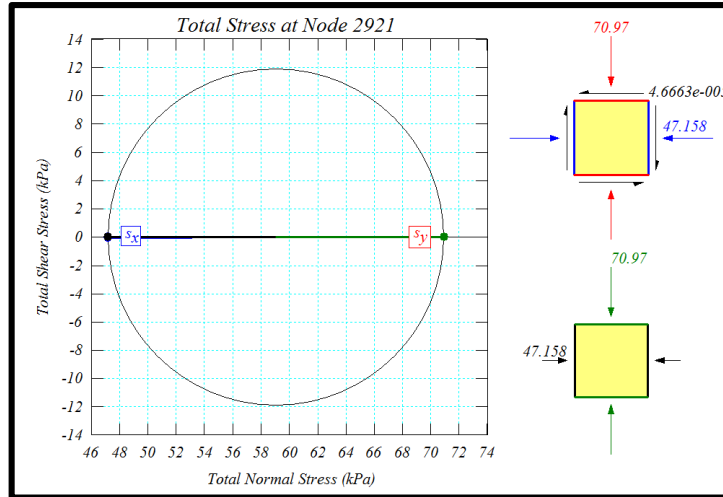
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 126. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m.



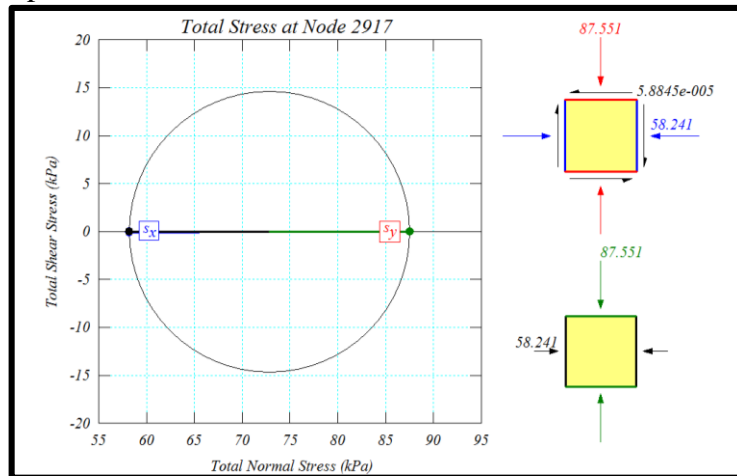
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 127. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 4m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m.



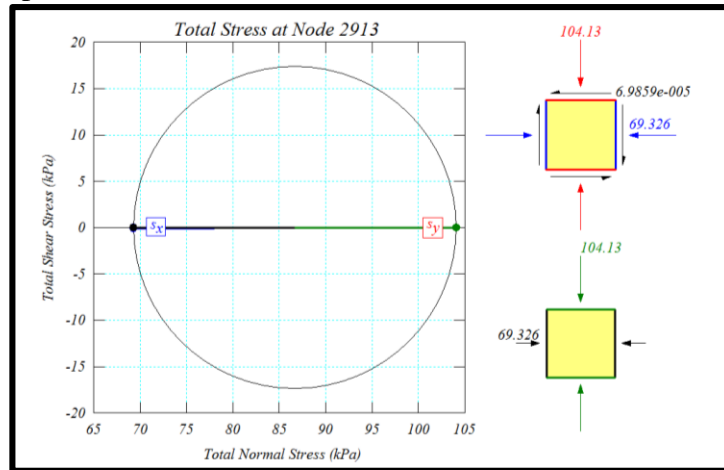
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 128. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m.



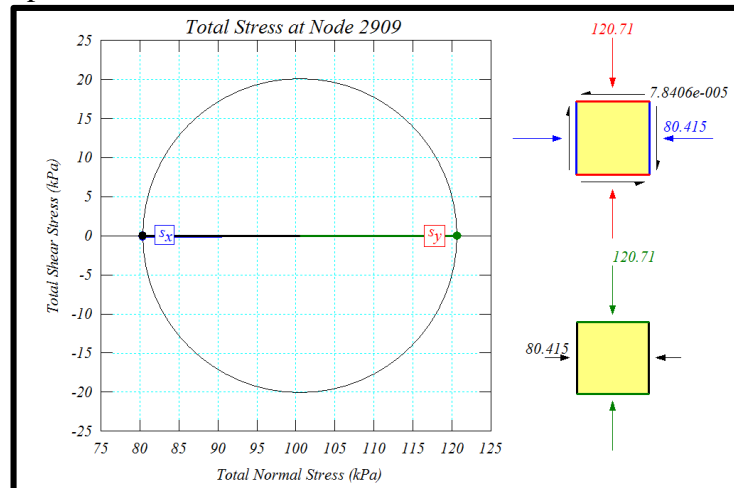
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 129. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W– Profundidad de 6m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m.



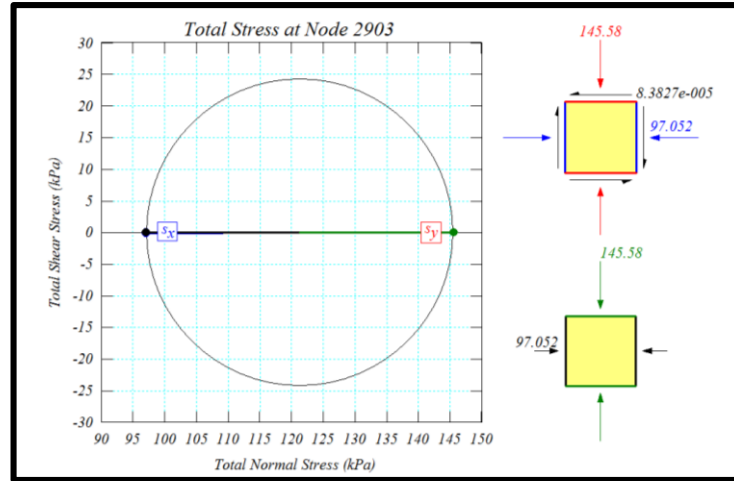
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 130. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 131. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para losa superficial de dimensiones 26m x 26m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 64. Asentamiento inmediato, mediante el software SIGMA/W en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 26m x 26m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,398175	0,186975

Fuente. Autora del proyecto

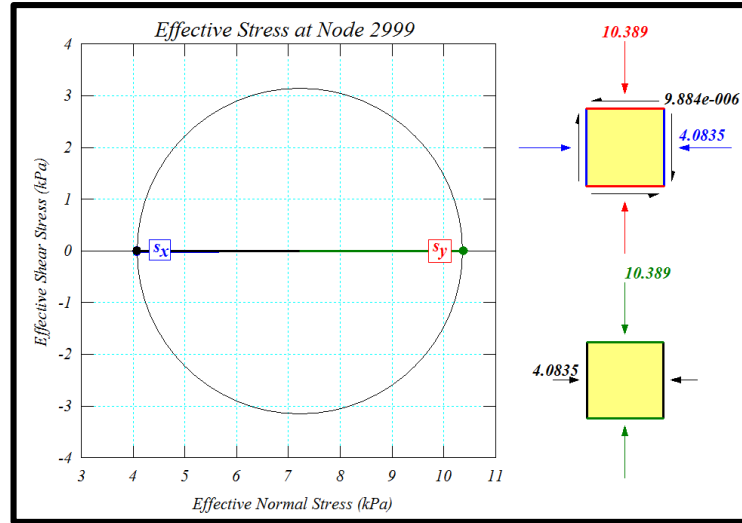
4.2.16 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Cuadro 65. Esfuerzos verticales y cálculos de círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.

Profundidad (m)	Esfuerzos normales (kPa)	Esfuerzos efectivos (kPa)	Presión de poros (kPa)	Incremento de esfuerzos - Centro (kPa)	Incremento de esfuerzos - Borde (kPa)	Círculo de Mohr Vertical (kPa)	Círculo de Mohr Horizontal (kPa)
1	20,1991	10,3891	9,81	1022,71	520,10	10,389	4,0835
2	40,3963	20,7763	19,62	1048,40	539,99	20,776	8,3514
3	59,4919	30,0619	29,43	1072,90	558,51	30,062	19,299
4	77,4859	38,2459	39,24	1092,80	575,49	38,246	24,582
5	95,4785	46,4285	49,05	1106,61	591,97	46,429	29,868
6	113,4701	54,6101	58,86	1113,07	607,97	54,61	35,157
7	131,4608	62,7908	68,67	1111,78	623,55	62,791	40,447
8,5	158,4456	75,0606	83,385	1096,20	646,44	75,061	48,387

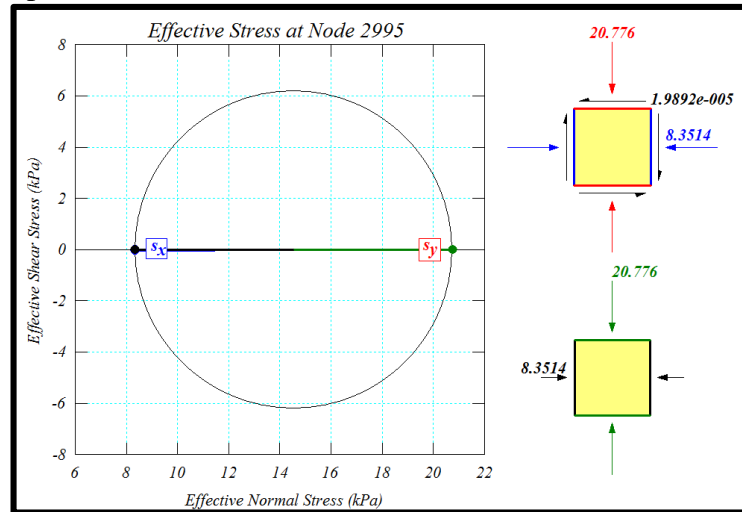
Fuente. Autora del proyecto

Figura 132. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 1m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.



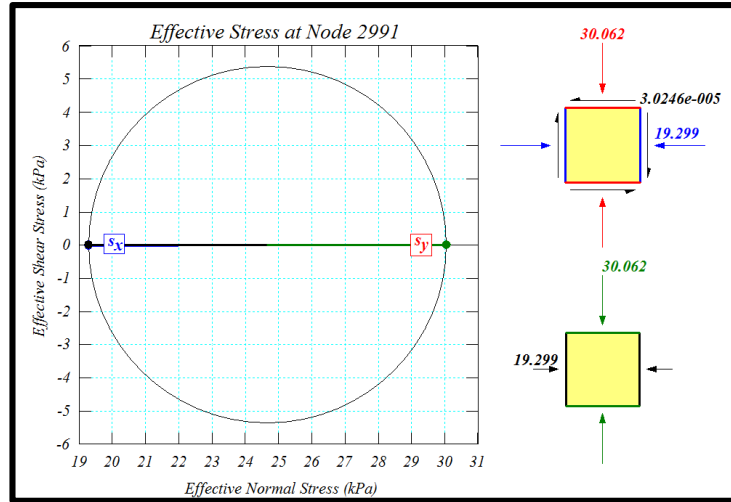
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 133. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W - Profundidad de 2m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.



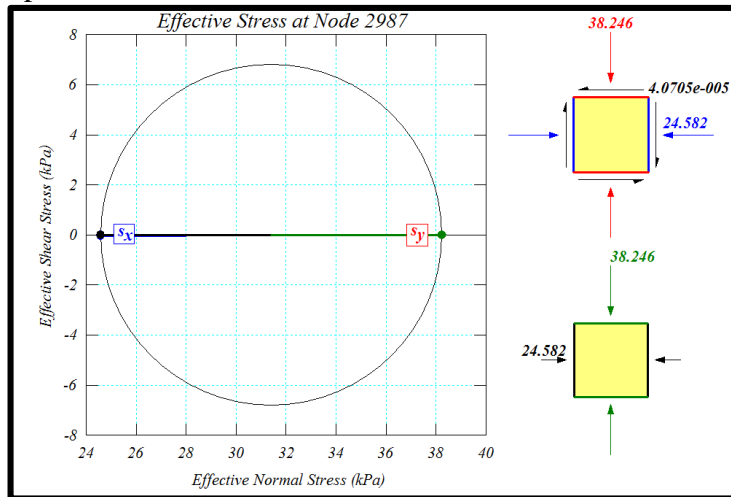
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 134. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 3m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.



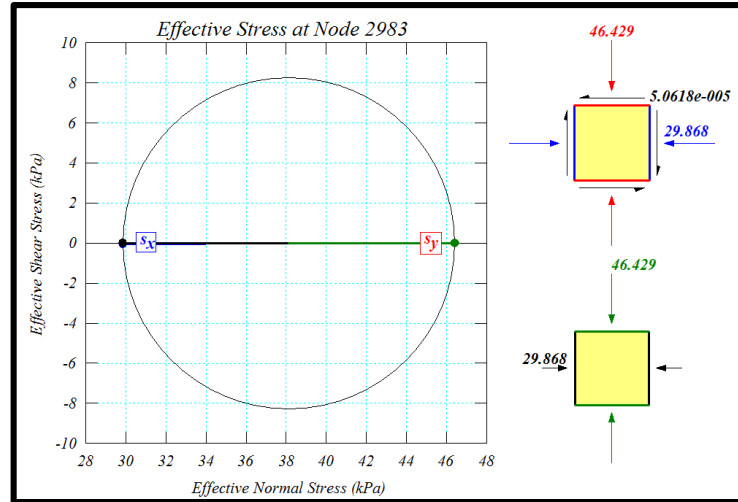
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 135. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 4m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.



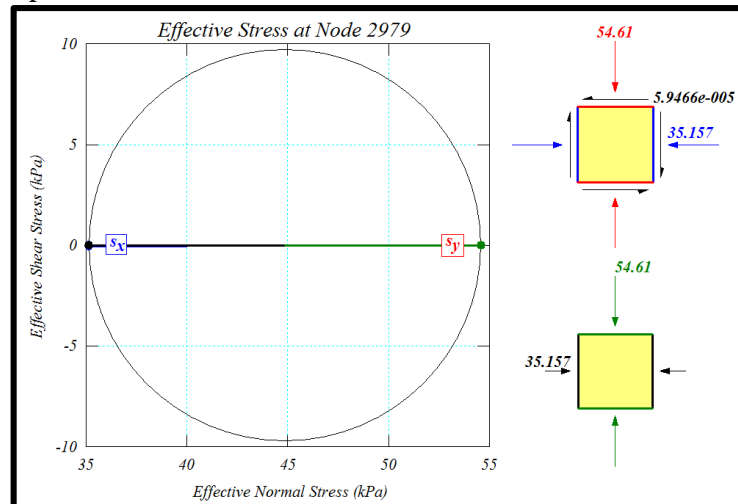
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 136. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 5m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.



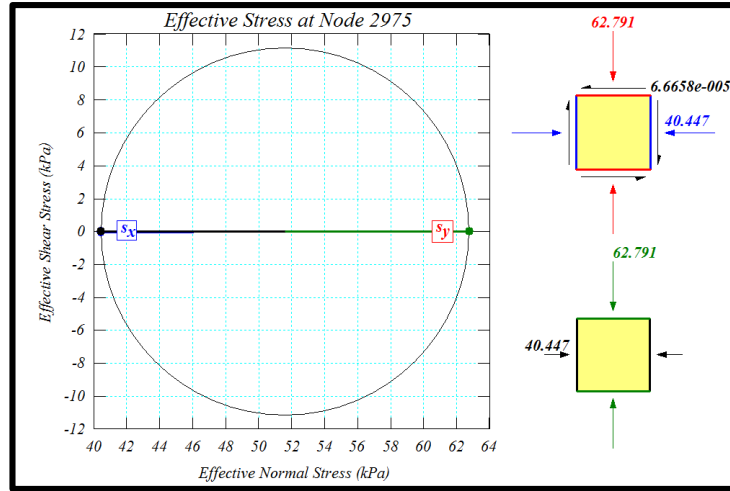
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 137. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 6m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.



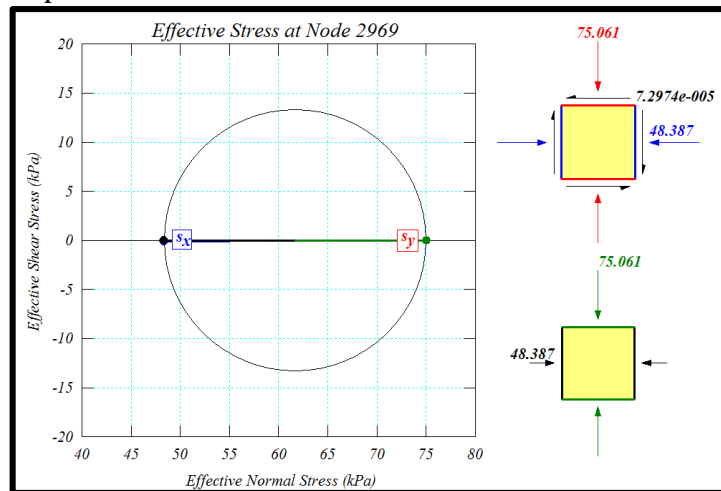
Fuente. Software SIGMA/W

Figura 138. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 7m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.



Fuente. Software SIGMA/W

Figura 139. Gráfica de círculo de Mohr calculado por el software SIGMA/W – Profundidad de 8,5m para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.



Fuente. Software SIGMA/W

Cuadro 66. Asentamiento inmediato en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 18m x 36m.

Profundidad (m)	Software SIGMA/W	
	Centro (m)	Borde (m)
0	0,419166	0,191526

Fuente. Autora del proyecto

4.3 COMPARAR RESULTADOS DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS, GRÁFICAS DE CÍRCULO DE MOHR Y ESFUERZOS VERTICALES, CALCULADOS POR LA TEORÍA ELÁSTICA Y POR EL SOFTWARE SIGMA/W.

Los resultados de los diferentes parámetros calculados, se obtienen mediante métodos con base en la teoría elástica y empleando el software basado en elementos finitos SIGMA/W, se determinan diferencias de porcentaje debido a que para los dos opciones empleadas para el cálculo difieren en sus fórmulas, entonces, para condiciones de esfuerzos geoestáticos y cálculos de círculo de Mohr, se analizan de acuerdo al perfil de suelo existente, para incremento de esfuerzos verticales y asentamientos inmediatos producidos en el centro y borde del cimiento, se considera el comportamiento con respecto a las condiciones del suelo y del tipo de carga externa existente.

A continuación se muestra el detalle de los cálculos obtenidos mediante la teoría elástica y el software con sus respectivas diferencia de porcentaje.

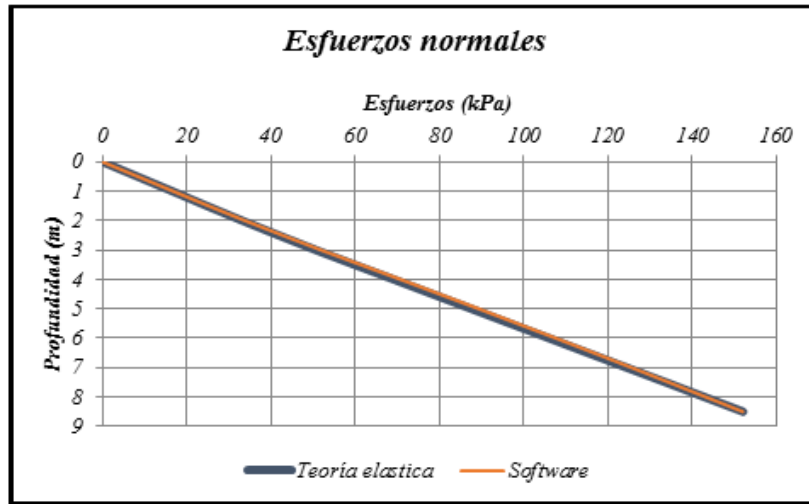
4.3.1 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático) La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 3%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 157%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 221%, para esfuerzos verticales es de 3% y para esfuerzos horizontales es de 18% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 20% y en el borde de 69%. Como se puede ver en el cuadro 67, cuadro 68, cuadro 69, cuadro 70 y cuadro 71 respectivamente, las comparaciones gráficas, a nivel de esfuerzos normales se aprecian en la gráfica 33, para incrementos de esfuerzos verticales en el centro en la gráfica 34, para incrementos de esfuerzos verticales en el borde como se observa en la gráfica 35.

Cuadro 67. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	16,59	16,7925596018	1,220974092
2	33,18	33,8525524464	2,026981454
3	50,695	51,8772949719	2,332172743
4	69,135	70,7054556187	2,271578244
5	87,58	89,2998689914	1,963769116
6	106,015	107,5964580138	1,491730429
7	124,455	125,5783711128	0,902632367
8,5	152,115	152,0418105870	0,048114527

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 33. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



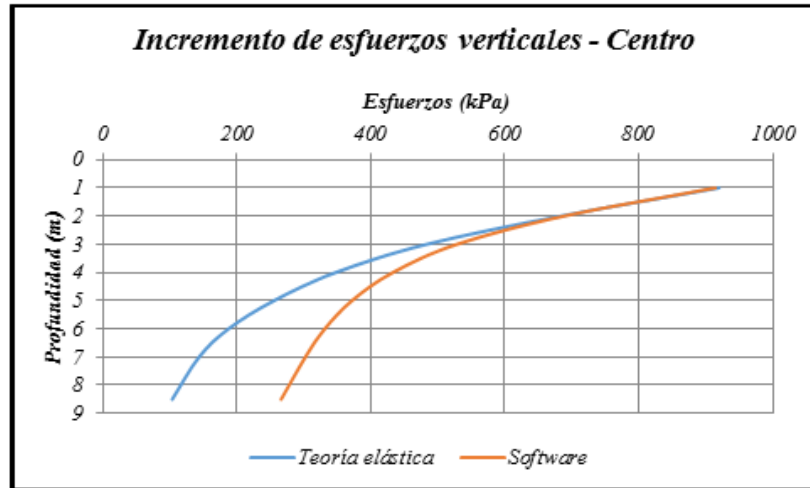
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 68. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	920	914,44	0,604425966
2	684	689,02	0,733805307
3	484	529,13	9,324373669
4	348	433,29	24,507858424
5	256	372,31	45,435518378
6	188	331,71	76,441335090
7	156	302,74	94,065919603
8,5	104	266,61	156,354331984

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 34. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$.



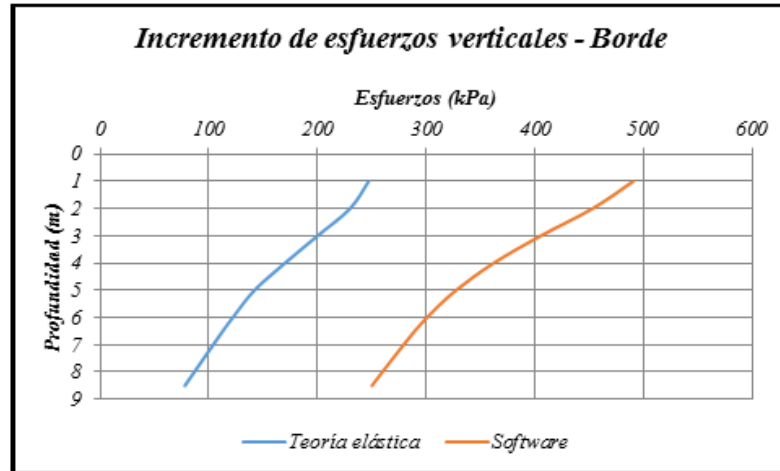
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 69. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento rectangular de dimensiones $3m \times 6m$.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	247	490,29	98,498726412
2	230	453,05	96,977416578
3	200	405,27	102,635337463
4	170	362,06	112,977344775
5	142	327,40	130,560692198
6	122	300,55	146,353109604
7	104	279,17	168,429003966
8,5	78	250,02	220,541864477

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 35. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 70. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	16,59	11,06	16,793	13,033	1,223628692	17,839059675
2	33,18	22,13	33,853	22,437	2,028330319	1,387257117
3	50,695	21,748	51,877	20,261	2,331590887	6,837410337
4	69,135	29,659	70,705	26,869	2,270919216	9,406925385
5	87,58	37,571	89,3	34,028	1,963918703	9,430145591
6	106,015	45,48	107,6	41,915	1,495071452	7,838610378
7	124,455	53,391	125,58	50,616	0,903941184	5,197505198
8,5	152,115	65,257	152,04	65,146	0,049304802	0,170096695

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 71. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento rectangular de dimensiones 3m x 6m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,2426	0,126	0,290195	0,212892	19,6187	68,9619

Fuente. Autora del proyecto

4.3.2 Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

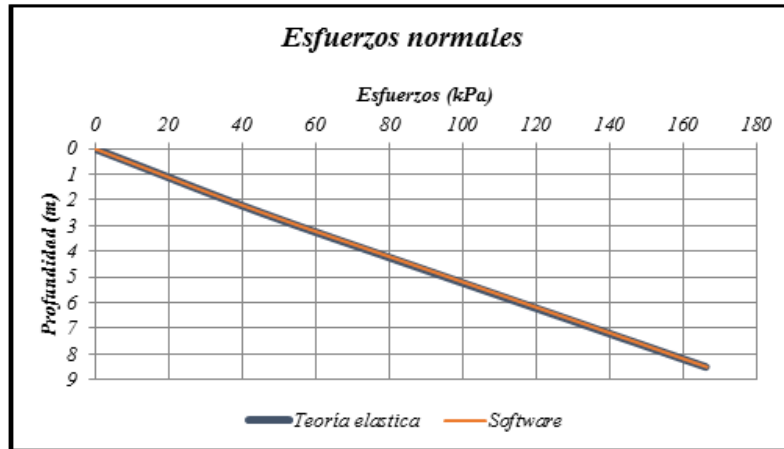
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para esfuerzos efectivos de 2% y respecto a presión de poros no existe diferencia de porcentaje, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 133%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 186%, para esfuerzos verticales es de 2% y para esfuerzos horizontales es de 12% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 8% y en el borde de 53%. Como se aprecia en el cuadro 72, cuadro 73, cuadro 74, cuadro 75, cuadro 76, cuadro 77 y cuadro 78, respectivamente. Las comparaciones gráficas, se observa en la gráfica 36 para esfuerzos normales, en la gráfica 37 para esfuerzos efectivos, en la gráfica 38 para presión de poros, en la gráfica 39 para incremento de esfuerzos verticales en el centro y en la gráfica 40 para incremento de esfuerzos verticales en el borde.

Cuadro 72. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	18	18,0742020238	0,412233466
2	36	36,2570541924	0,714039423
3	55,1	55,5705853071	0,854056819
4	75,3	75,9497203665	0,862842452
5	95,5	96,2483913038	0,783655815
6	115,7	116,4406159660	0,640117516
7	135,9	136,5214892355	0,457313639
8,5	166,2	166,4766929434	0,166481915

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 36. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



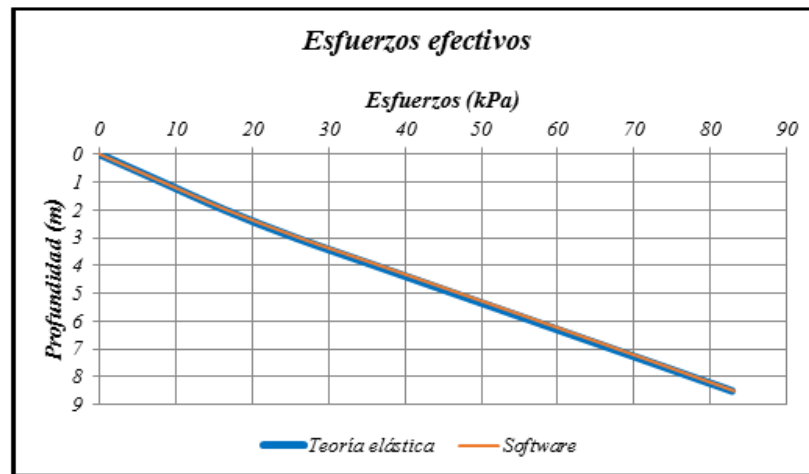
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 73. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos efectivos para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	8,19	8,264202024	0,906007616
2	16,38	16,6370541924	1,569317414
3	25,67	26,1405853071	1,833211169
4	36,06	36,7097203665	1,801775836
5	46,45	47,1983913038	1,611176111
6	56,84	57,5806159660	1,302983754
7	67,23	67,8514892355	0,924422483
8,5	82,815	83,0916929434	0,334109694

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 37. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos mediante la teoría elástica y el software para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



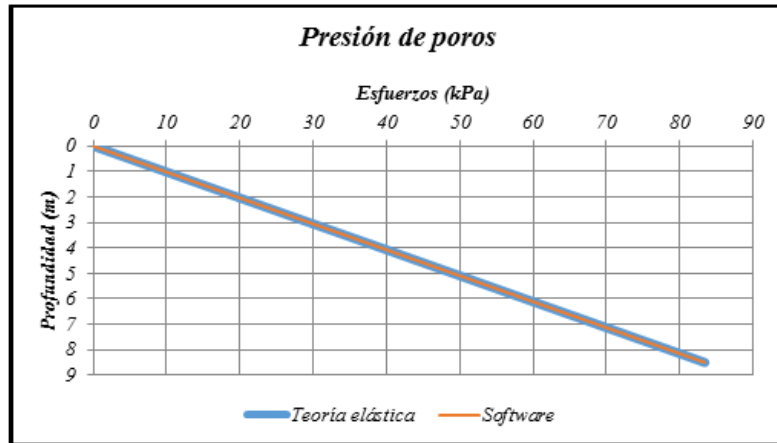
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 74. Comparación de los resultados obtenidos de presión de poros para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	9,81	9,81	0
2	19,62	19,62	0
3	29,43	29,43	0
4	39,24	39,24	0
5	49,05	49,05	0
6	58,86	58,86	0
7	68,67	68,67	0
8,5	83,385	83,385	0

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 38. Análisis comparativo de presión de poros mediante la teoría elástica y el software para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



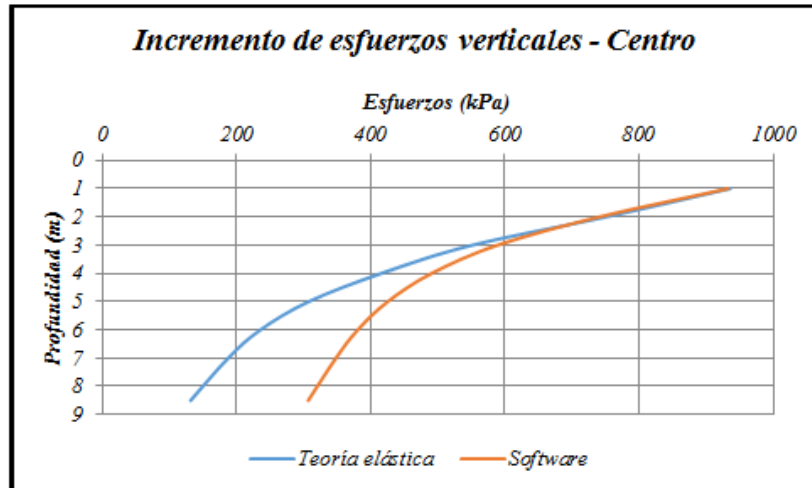
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 75. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	936	932,93	0,327587279
2	752	741,40	1,409291194
3	552	589,62	6,815621860
4	416	491,12	18,058274150
5	308	425,80	38,246314342
6	236	381,10	61,484740230
7	188	348,54	85,394996949
8,5	132	307,18	132,711395215

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 39. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro mediante la teoría elástica y el software para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



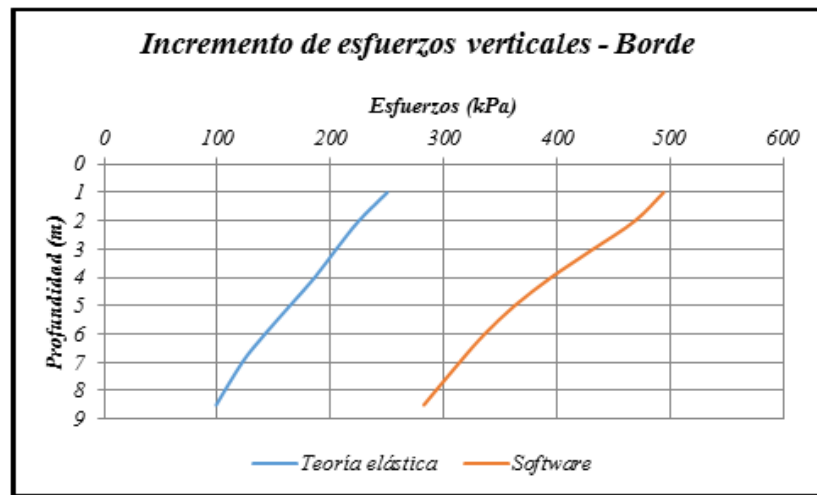
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 76. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	250	494,06	97,623981423
2	225	468,94	108,416532370
3	205	431,87	110,668330709
4	186	394,65	112,179231947
5	164	362,44	121,001539783
6	142	335,98	136,606621935
7	122	313,85	157,256623391
8,5	99	282,45	185,299431389

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 40. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde mediante la teoría elástica y el software para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 77. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	8,19	5,460	8,2650	5,3787	0,915750916	1,489010989
2	16,38	10,920	16,6370	10,3290	1,568986569	5,412087912
3	25,67	11,012	26,1410	9,8060	1,834826646	10,951689066
4	36,06	15,470	36,7100	13,7680	1,802551303	11,001939237
5	46,45	19,927	47,1980	17,8800	1,610333692	10,272494605
6	56,84	24,384	57,5810	22,2020	1,303659395	8,948490814
7	67,23	28,841	67,8510	26,7580	0,923694779	7,222357061
8,5	82,815	35,528	83,0920	33,9800	0,334480469	4,357126773

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 78. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento rectangular de dimensiones 3,5m x 7m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,3445	0,14956	0,319958	0,228733	7,1239	52,9373

Fuente. Autora del proyecto

4.3.3 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

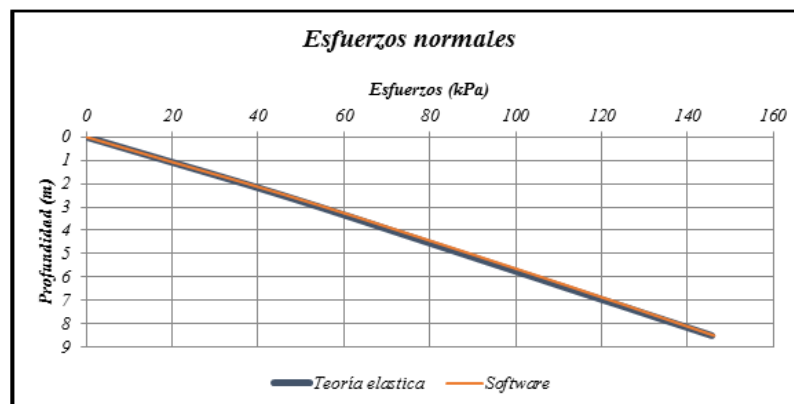
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 3%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 469%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 447%, para esfuerzos verticales es de 3% y para esfuerzos horizontales es de 10% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 22% y en el borde de 186%. Como se observa en el cuadro 79, cuadro 80, cuadro 81, cuadro 82 y cuadro 83, respectivamente. Las comparaciones gráficas, para esfuerzos normales se aprecian en la gráfica 41, para incremento de esfuerzos verticales en el centro en la gráfica 42, para incremento de esfuerzos verticales en el borde como se puede ver en la gráfica 43.

Cuadro 79. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	18,44	18,6273467600	1,015980260
2	36,88	37,5246383851	1,747934884
3	54,395	55,5757511843	2,170698013
4	70,985	72,6203665607	2,303819907
5	87,575	89,4599804230	2,152418410
6	104,165	106,0209800279	1,781769335
7	120,755	122,2801182978	1,262985630
8,5	145,64	146,1789198757	0,370035619

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 41. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.



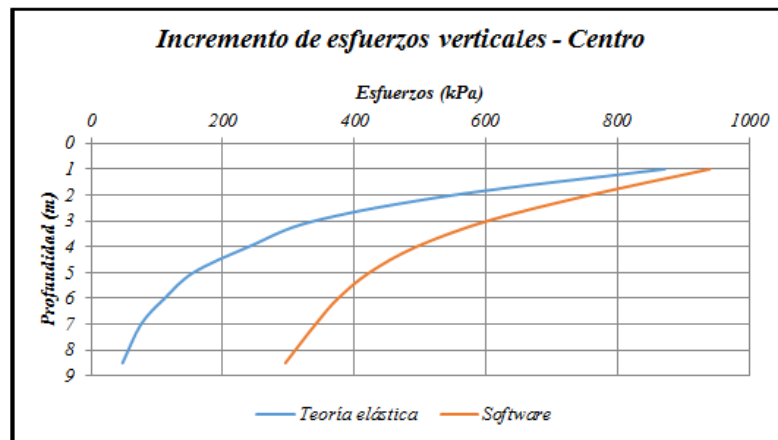
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 80. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	872	940,37	7,840698546
2	552	758,60	37,427686997
3	340	603,27	77,432168582
4	240	494,85	106,186118108
5	156	423,43	171,430512495
6	116	375,59	223,786987524
7	76	341,32	349,103144690
8,5	52	295,47	468,212428406

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 42. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.



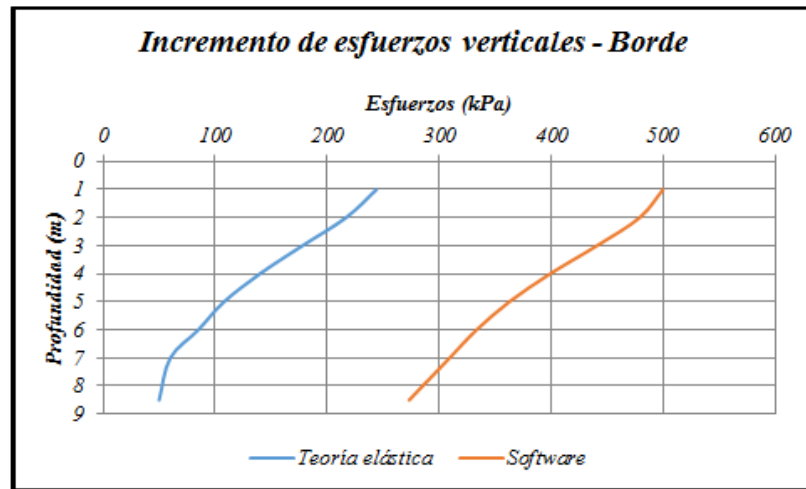
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 81. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento cuadrado de dimensiones $3m \times 3m$.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	244	499,65	104,773072120
2	217	479,00	120,737943475
3	178	440,82	147,650384776
4	140	398,99	184,994083006
5	108	362,57	235,714824858
6	85	333,29	292,105036073
7	60	309,19	415,313599599
8,5	50	273,16	446,311522853

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 43. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 82. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	18,44	7,910	18,627	7,1675	1,014099783	9,386852086
2	36,88	15,821	37,525	14,386	1,748915401	9,070223121
3	54,395	36,281	55,576	33,98	2,171155437	6,342162564
4	70,985	47,347	72,62	44,26	2,303303515	6,519948466
5	87,575	58,412	89,46	54,966	2,152440765	5,899472711
6	104,165	69,478	106,02	66,272	1,780828493	4,614410317
7	120,755	80,543	122,28	78,258	1,262887665	2,836993904
8,5	145,64	97,142	146,18	97,44	0,370777259	0,306767413

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 83. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento cuadrado de dimensiones 3m x 3m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,24865	0,0676	0,301457	0,193098	21,2375	185,6479

Fuente. Autora del proyecto

4.3.4 Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

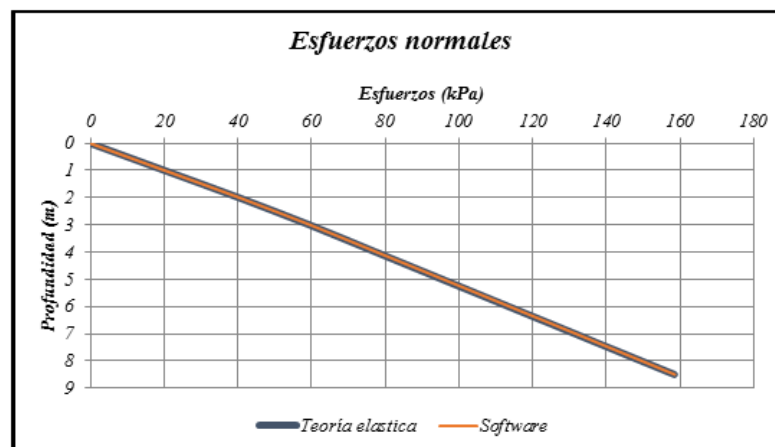
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, esfuerzos efectivos de 1% y respecto a presión de poros no existe diferencia de porcentaje, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 405%, incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 336%, para esfuerzos verticales es de 1% y esfuerzos horizontales es de 27%, los asentamientos inmediatos producidos en el centro, presentan diferencia de porcentaje de 19% y en el borde de 193%. Como se observa en el cuadro 84, cuadro 85, cuadro 86, cuadro 87, cuadro 88 y cuadro 90, respectivamente. Las comparaciones gráficas, en lo correspondiente a esfuerzos normales como muestra la gráfica 44, para esfuerzos efectivos en la gráfica 45, para presión de poros en la gráfica 46, para incrementos de esfuerzos verticales en el centro como se aprecia en la gráfica 47, para incremento de esfuerzos verticales en el borde como indica la gráfica 48.

Cuadro 84. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	20,2	20,2258991181	0,128213456
2	40,4	40,4935361128	0,231525032
3	59,5	59,6768914271	0,297296516
4	77,5	77,7505183167	0,323249441
5	95,5	95,7911358387	0,304854281
6	113,5	113,7855194581	0,251558994
7	131,5	131,7330517563	0,177225670
8,5	158,5	158,5969892561	0,061191960

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 44. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones $4m \times 4m$.



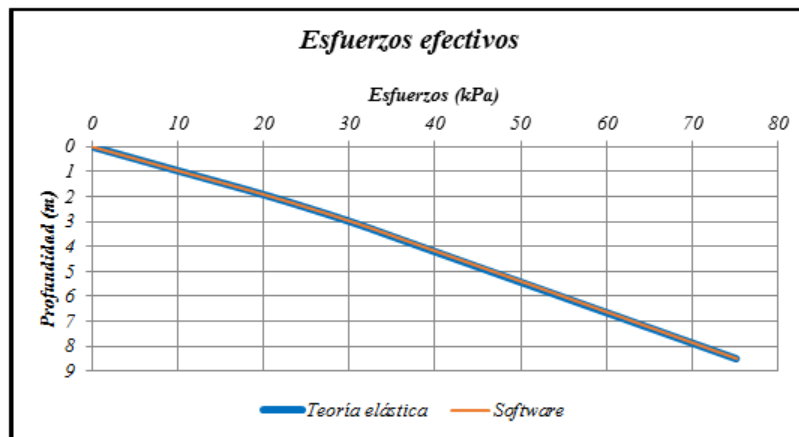
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 85. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos efectivos para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	10,39	10,4158991181	0,249269664
2	20,78	20,8735361128	0,450125663
3	30,07	30,2468914271	0,588265471
4	38,26	38,5105183167	0,654778664
5	46,45	46,7411358387	0,626772527
6	54,64	54,9255194581	0,522546592
7	62,83	63,0630517563	0,370924330
8,5	75,115	75,2119892561	0,129121023

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 45. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



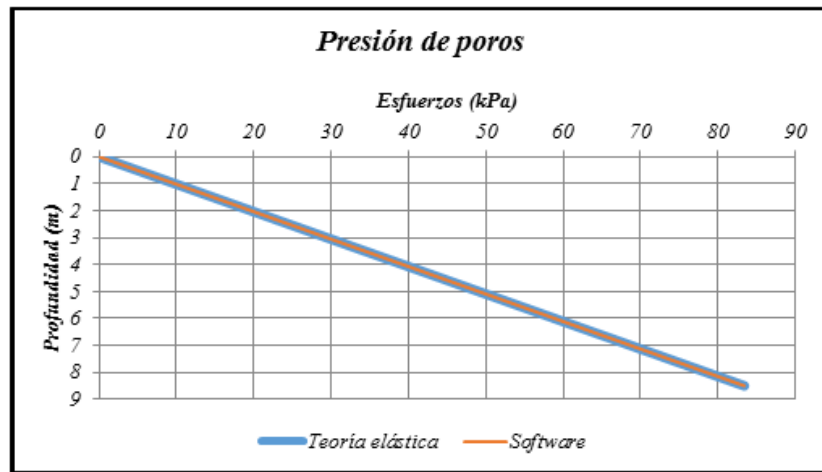
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 86. Comparación de los resultados obtenidos de presión de poros para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	9,81	9,81	0
2	19,62	19,62	0
3	29,43	29,43	0
4	39,24	39,24	0
5	49,05	49,05	0
6	58,86	58,86	0
7	68,67	68,67	0
8,5	83,385	83,385	0

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 46. Análisis comparativo de presión de poros calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



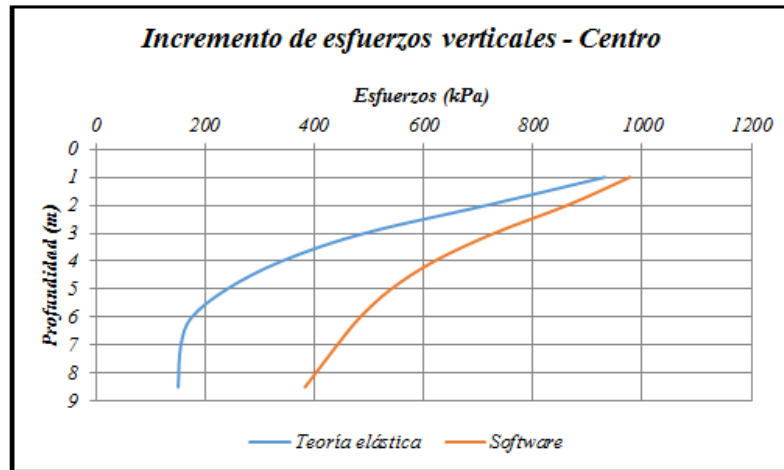
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 87. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	932	977,80	4,914449994
2	716	863,31	20,573875916
3	492	729,32	48,235552547
4	340	619,54	82,218338527
5	240	540,35	125,146675163
6	176	484,10	175,057549821
7	156	441,85	183,239963077
8,5	76	383,05	404,017842166

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 47. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



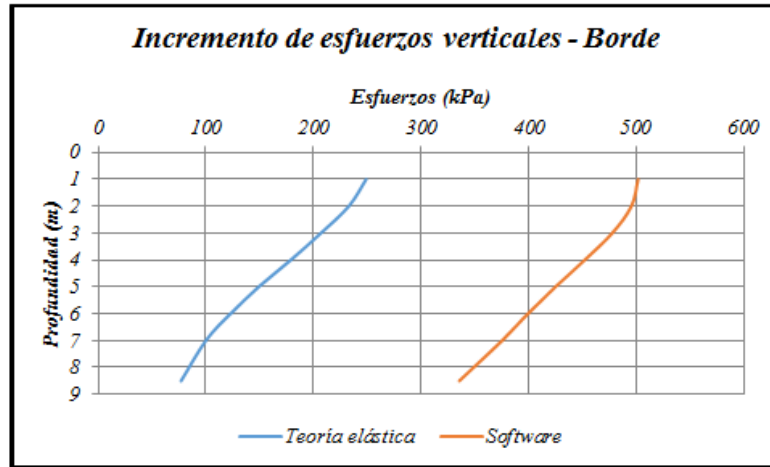
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 88. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	249	501,65	101,464915900
2	233	495,46	112,642731345
3	207	477,64	130,744310999
4	179	452,02	152,523403226
5	149,2	424,78	184,704235995
6	123	399,19	224,542309183
7	100	375,18	275,177093349
8,5	77	335,47	335,670387582

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 48. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 89. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	10,39	4,457	10,416	3,2723	0,250240616	26,580659637
2	20,78	8,914	20,874	7,6379	0,452358037	14,315683195
3	30,07	20,057	30,247	18,61	0,588626538	7,214438849
4	38,26	25,520	38,511	23,937	0,656037637	6,202978056
5	46,45	30,982	46,741	29,3	0,626480086	5,428958750
6	54,64	36,445	54,926	34,722	0,523426061	4,727671834
7	62,83	41,907	63,063	40,205	0,370841954	4,061373995
8,5	75,115	50,102	75,212	48,498	0,129135326	3,201469003

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 90. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento cuadrado de dimensiones 4m x 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,2889	0,0706	0,342107	0,206764	18,4171	192,8669

Fuente. Autora del proyecto

4.3.5 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

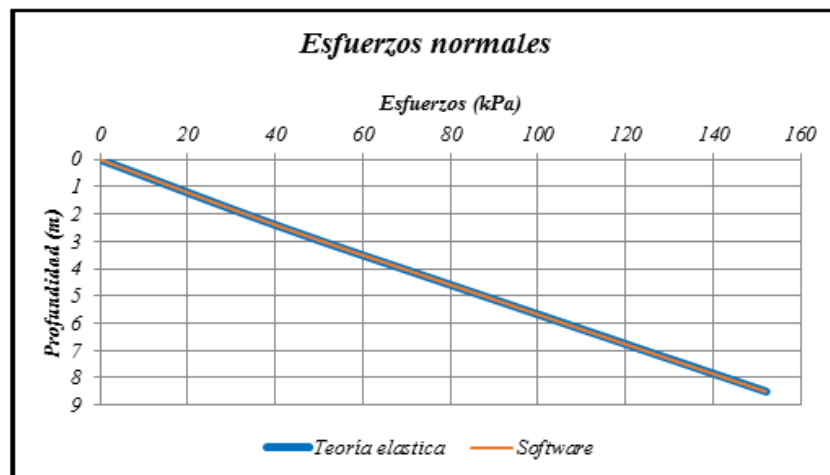
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 31%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 34%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 5% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 31% y en el borde de 28%. Como se muestra en el cuadro 91, cuadro 92, cuadro 93, cuadro 94 y cuadro 95, respectivamente. Las diferentes comparaciones graficas se pueden apreciar en la gráfica 49 para esfuerzos normales, en la gráfica 50 para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento, en la gráfica 51 para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento.

Cuadro 91. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento circular de diámetro 3m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	16,59	16,5828703058	0,042975854
2	33,18	33,1947779303	0,044538669
3	50,695	50,7414509472	0,091628261
4	69,135	69,1829776122	0,069396995
5	87,58	87,5715713462	0,009623948
6	106,015	105,9346351166	0,075805201
7	124,455	124,3285781768	0,101580349
8,5	152,115	151,9704233613	0,095044301

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 49. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 3,0m.



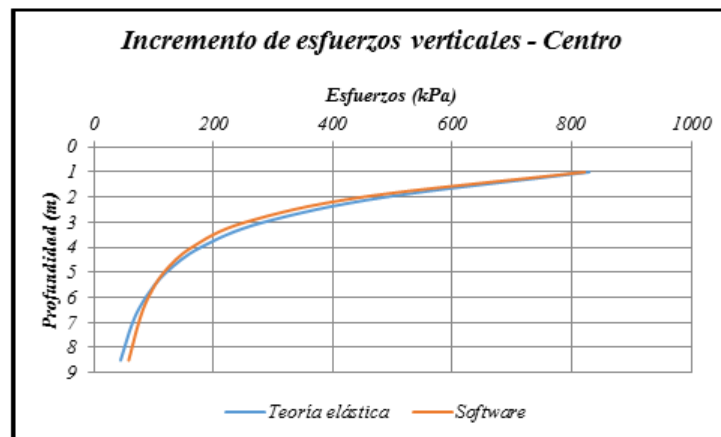
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 92. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento circular de diámetro 3m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	829,32	821,70	0,918825061
2	488	449,35	7,920081967
3	284,46	253,90	10,743162483
4	179,1	164,17	8,336125070
5	121,26	117,40	3,183242619
6	86,92	91,17	4,889553613
7	65,13	75,29	15,599570091
8,5	44,96	58,70	30,560498221

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 50. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 3,0m.



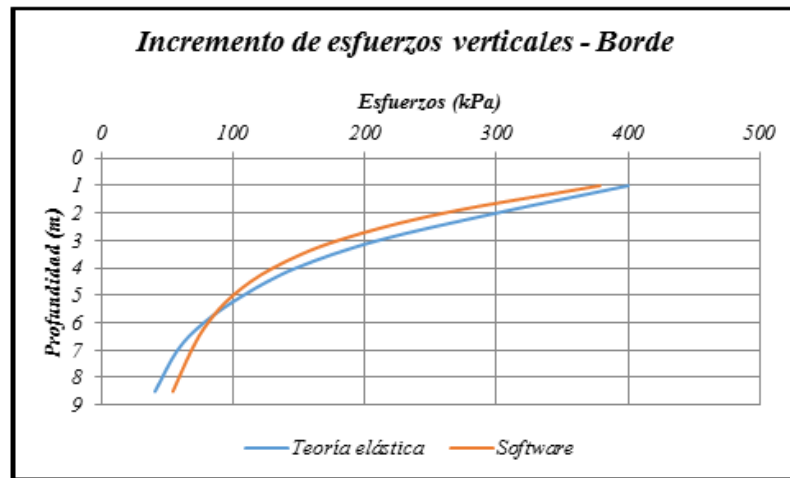
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 93. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento circular de diámetro 3m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	400	378,44	5,389529504
2	300	260,16	13,280499203
3	210	179,65	14,451590346
4	148	130,45	11,859425457
5	108	100,16	7,256810617
6	78	81,16	4,053348068
7	58	68,62	18,313436878
8,5	41	54,55	33,047166777

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 51. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 3,0m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 94. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro 3m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	16,59	11,06	16,59	10,592	0,000000000	4,231464738
2	33,18	22,13	33,195	21,721	0,045207957	1,848169905
3	50,695	21,748	50,741	21,405	0,090738732	1,577156520
4	69,135	29,659	69,183	29,34	0,069429377	1,075558852
5	87,58	37,571	87,572	37,308	0,009134506	0,700007985
6	106,015	45,48	105,93	45,289	0,080177333	0,419964820
7	124,455	53,391	124,33	53,242	0,100437909	0,279073252
8,5	152,115	65,257	151,97	65,13	0,095322618	0,194615137

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 95. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento circular de diámetro 3m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,23264	0,1388	0,162825	0,100596	30,0099	27,5245

Fuente. Autora del proyecto

4.3.6 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

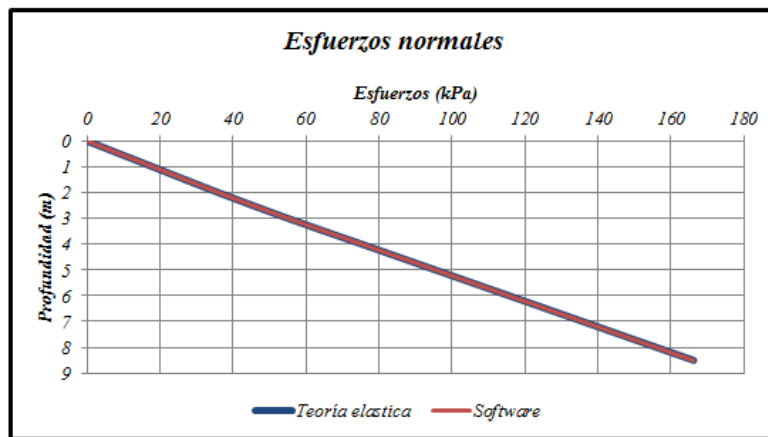
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para esfuerzos efectivos de 1% y respecto a presión de poros no existe diferencia de porcentaje, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 31%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 28%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 7% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 46% y en el borde de 31%. Como indica el cuadro 96, cuadro 97, cuadro 98, cuadro 99, cuadro 100, cuadro 101 y cuadro 102, respectivamente. Las comparaciones gráficas, se aprecian en la gráfica 52 para esfuerzos normales, en la gráfica 53 para esfuerzos efectivos, en la gráfica 54 para presión de poros, en la gráfica 55 para incremento de esfuerzos verticales en el centro, en la gráfica 56 para incremento de esfuerzos verticales en el borde.

Cuadro 96. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje
1	18	18,0062301074	0,0346117080
2	36	36,0129161120	0,0358780888
3	55,1	55,1068243453	0,0123853817
4	75,3	75,2876750775	0,0163677590
5	95,5	95,4626091432	0,0391527296
6	115,7	115,6369763878	0,0544715749
7	135,9	135,8141091987	0,0632014726
8,5	166,2	166,0839279525	0,0698387771

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 52. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 3,5m.



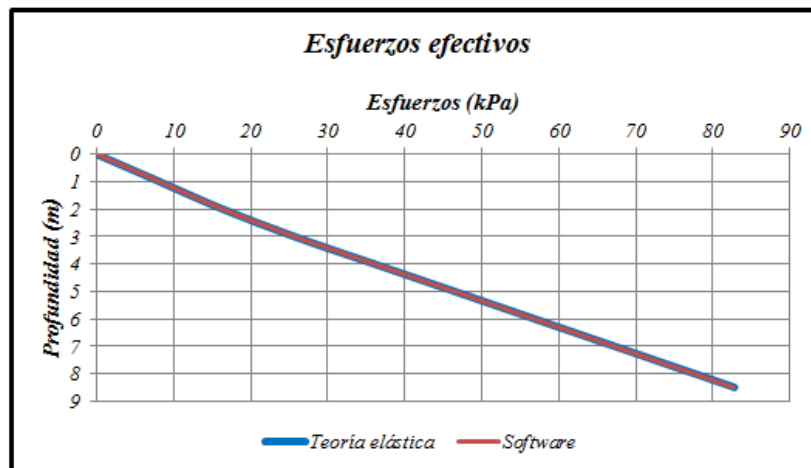
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 97. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos efectivos para cimiento circular de diámetro 3,5m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje</i>
1	8,19	8,1962301074	0,0760696879
2	16,38	16,3929161120	0,0788529425
3	25,67	25,6768243453	0,0265849058
4	36,06	36,0476750775	0,0341789311
5	46,45	46,4126091432	0,0804970005
6	56,84	56,7769763878	0,1108789799
7	67,23	67,1441091987	0,1277566581
8,5	82,815	82,6989279525	0,1401582412

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 53. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 3,5m.



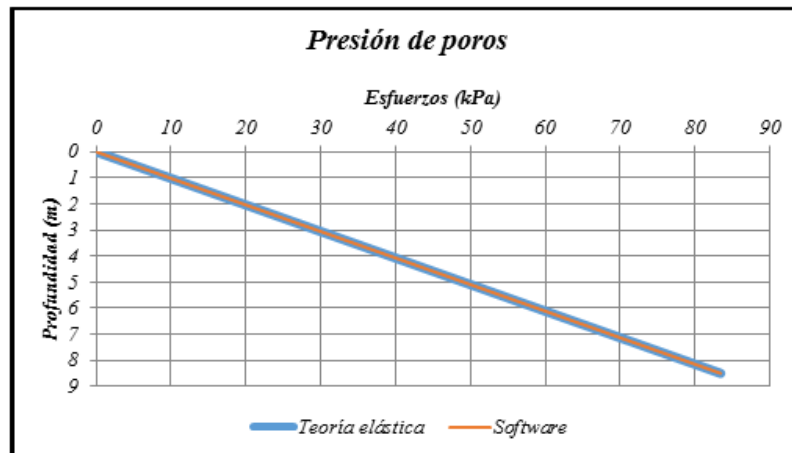
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 98. Comparación de los resultados obtenidos de presión de poros para cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	9,81	9,81	0
2	19,62	19,62	0
3	29,43	29,43	0
4	39,24	39,24	0
5	49,05	49,05	0
6	58,86	58,86	0
7	68,67	68,67	0
8,5	83,385	83,385	0

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 54. Análisis comparativo de presión de poros calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 3,5m.



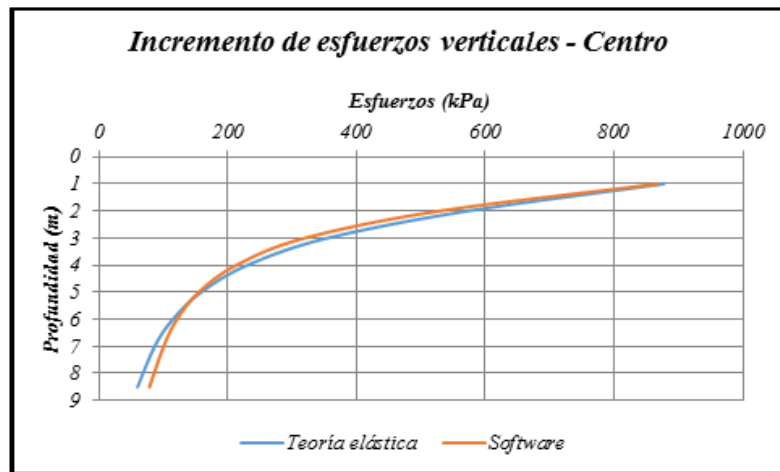
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 99. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	877,87	868,07	1,115770006
2	573,76	530,02	7,623464001
3	355,52	320,26	9,917274572
4	231,03	213,72	7,491754362
5	159,15	155,41	2,351766745
6	115,26	121,72	5,603589599
7	86,92	100,95	16,140020853
8,5	60,37	78,92	30,724987077

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 55. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculados mediante la teoría elástica y software para cimiento circular de diámetro 3,5m.



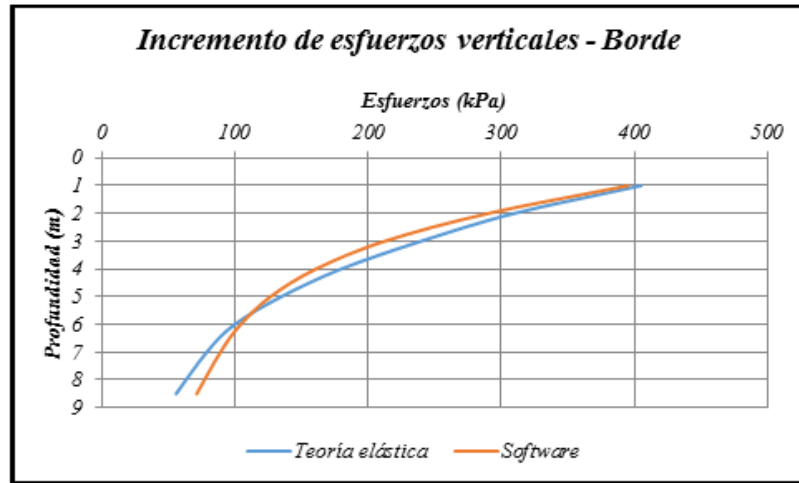
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 100. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	405	395,44	2,360658511
2	310	290,56	6,270856180
3	250	212,81	14,877494437
4	180	161,04	10,532985571
5	135	126,92	5,988270091
6	100	104,51	4,505998491
7	79	89,27	12,997683761
8,5	56	71,54	27,743157476

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 56. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 3,5m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 101. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	8,19	5,460	8,1962	5,0212	0,075702076	8,036630037
2	16,38	10,920	16,393	10,289	0,079365079	5,778388278
3	25,67	11,012	25,677	10,209	0,027269186	7,292045042
4	36,06	15,470	36,048	14,486	0,033277870	6,360698125
5	46,45	19,927	46,413	18,77	0,079655544	5,806192603
6	56,84	24,384	56,777	23,056	0,110837438	5,446194226
7	67,23	28,841	67,144	27,344	0,127919084	5,190527374
8,5	82,815	35,528	82,699	33,778	0,140071243	4,925692412

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 102. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento circular de diámetro 3,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,3448	0,16657	0,189466	0,113917	45,0505	30,4094

Fuente. Autora del proyecto

4.3.7 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

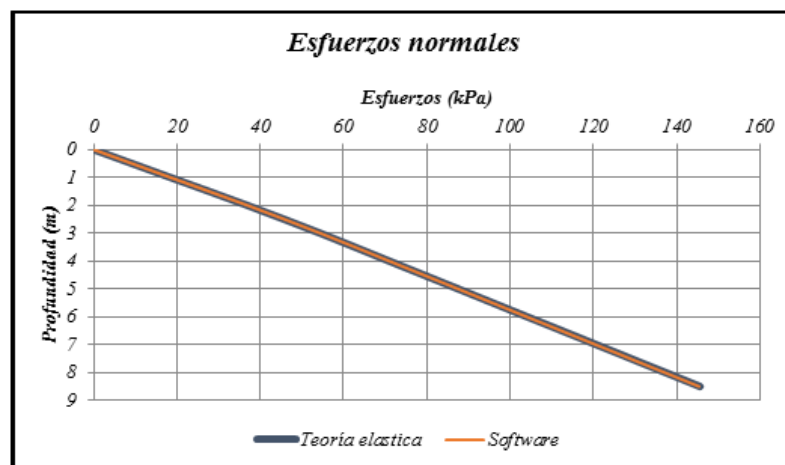
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 61%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 49%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 4% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 22% y en el borde de 112%. Como indica el cuadro 103, cuadro 104, cuadro 105, cuadro 106 y cuadro 107, respectivamente. Las comparaciones gráficas se aprecian a continuación, para esfuerzos normales en la gráfica 57, para incremento de esfuerzos verticales en el centro en la gráfica 58, para incremento de esfuerzos verticales en el borde en la gráfica 59.

Cuadro 103. Comparación de los resultados de esfuerzos normales para cimiento circular de diámetro 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	18,44	18,4430022081	0,016280955
2	36,88	36,8925162281	0,033937712
3	54,395	54,4116161278	0,030547160
4	70,985	70,9820619998	0,004138903
5	87,575	87,5250750449	0,057008227
6	104,165	104,0563105757	0,104343517
7	120,755	120,5966205866	0,131157644
8,5	145,64	145,4217894765	0,149828703

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 57. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,0m.



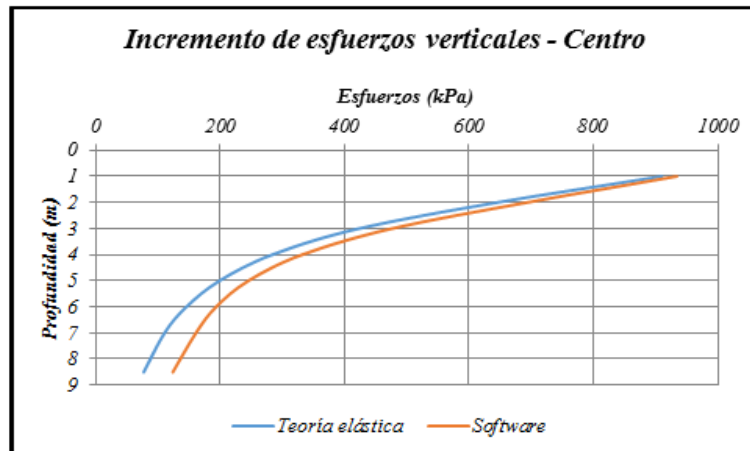
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 104. Comparación de los resultados para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento circular de diámetro 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	910,56	934,32	2,609439394
2	646,45	694,64	7,454521263
3	423,97	476,99	12,505345752
4	284,458	332,53	16,899816705
5	199,59	245,92	23,214724343
6	146,19	194,01	32,709473145
7	111,04	161,49	45,431026596
8,5	77,65	124,37	60,172588233

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 58. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,0m.



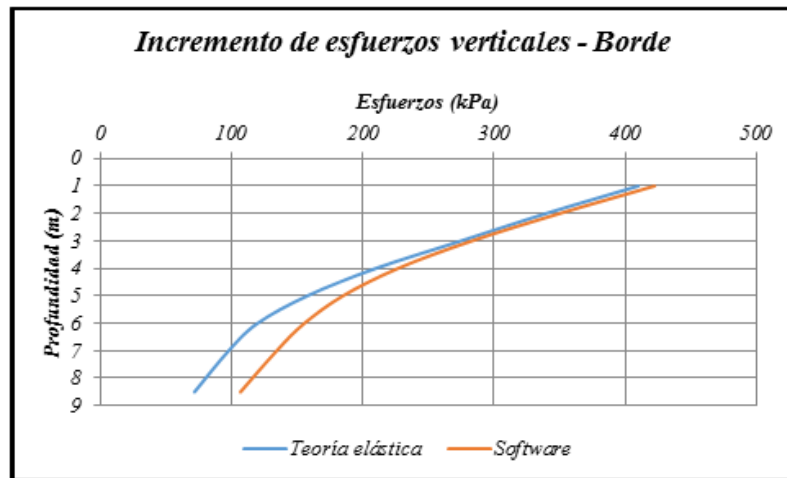
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 105. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento circular de diámetro 4m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	410	422,44	3,033450114
2	340	350,32	3,035246664
3	275	283,24	2,994782936
4	210	226,91	8,052554498
5	158	185,13	17,171159356
6	120	155,72	29,769770293
7	98	134,56	37,310844001
8,5	72	107,03	48,653978156

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 59. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,0m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 106. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro 4m.

Profundidad (m)	Teoria elastica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	18,44	7,910	18,443	7,6164	0,016268980	3,711757269
2	36,88	15,821	36,893	15,491	0,035249458	2,085835282
3	54,395	36,281	54,412	35,875	0,031252873	1,119043025
4	70,985	47,347	70,982	46,938	0,004226245	0,863835090
5	87,575	58,412	87,525	58,033	0,057093919	0,648839280
6	104,165	69,478	104,06	69,147	0,100801613	0,476409799
7	120,755	80,543	120,6	80,265	0,128359074	0,345157245
8,5	145,64	97,142	145,42	96,948	0,151057402	0,199707644

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 107. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento circular de diámetro 4m.

Profundidad (m)	Teoria elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,2196	0,0675	0,266062	0,142847	21,1576	111,6252

Fuente. Autora del proyecto

4.3.8 Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

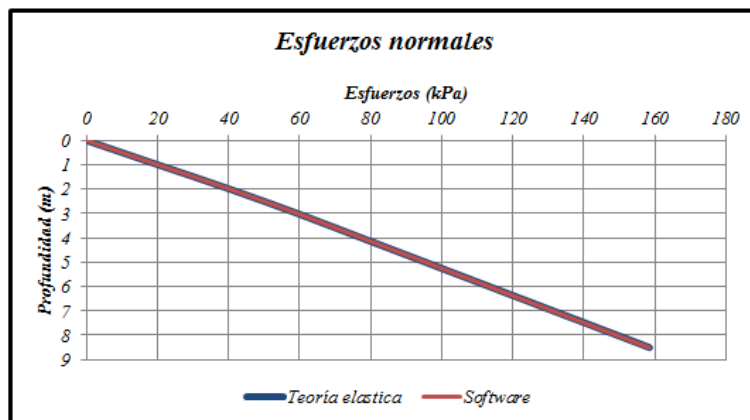
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, esfuerzos efectivos de 1% y respecto a presión de poros no existe diferencia de porcentaje, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 60%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 52%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 8% y en la determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje es de 27% y en el borde de 126%. Como se puede ver en el cuadro 108, cuadro 109, cuadro 110, cuadro 111, cuadro 112, cuadro 113 y cuadro 114, respectivamente. Las comparaciones graficas se pueden apreciar en la gráfica 60 para esfuerzos normales, en la gráfica 61 para esfuerzos efectivos, en la gráfica 62 para presión de poros, en la gráfica 63 para incremento de esfuerzos verticales en el centro, en la gráfica 64 para incremento de esfuerzos verticales en el borde.

Cuadro 108. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	20,2	20,2154783475	0,076625483
2	40,4	40,4370767460	0,091774124
3	59,5	59,5417265725	0,070128693
4	77,5	77,5579649263	0,074793453
5	95,5	95,5162111349	0,016975010
6	113,5	113,4088932962	0,080270224
7	131,5	131,3795483091	0,091598244
8,5	158,5	158,3804030130	0,075455512

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 60. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5m.



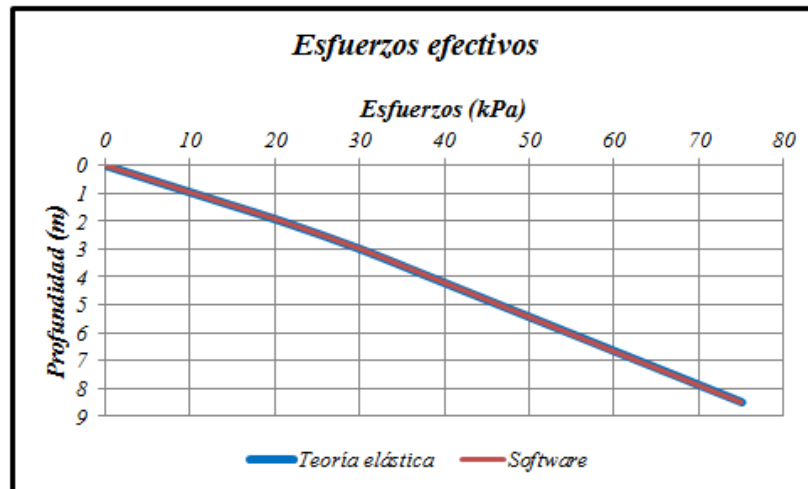
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 109. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos efectivos para cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	10,39	10,4054783475	0,148973508
2	20,78	20,8170767460	0,178425149
3	30,07	30,1117265725	0,138764790
4	38,26	38,3179649263	0,151502682
5	46,45	46,4662111349	0,034900183
6	54,64	54,5488932962	0,166739941
7	62,83	62,7095483091	0,191710474
8,5	75,115	74,9954030130	0,159218514

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 61. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5m.



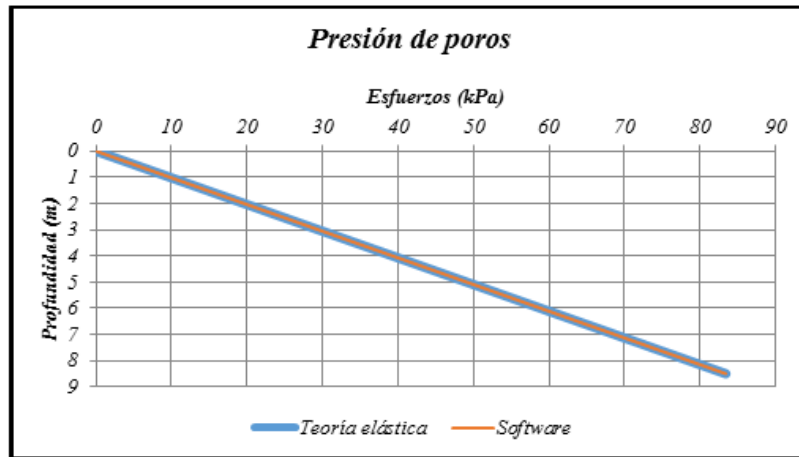
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 110. Comparación de los resultados obtenidos de presión de poros para cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	9,81	9,81	0
2	19,62	19,62	0
3	29,43	29,43	0
4	39,24	39,24	0
5	49,05	49,05	0
6	58,86	58,86	0
7	68,67	68,67	0
8,5	83,385	83,385	0

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 62. Análisis comparativo de presión de poros calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5m.



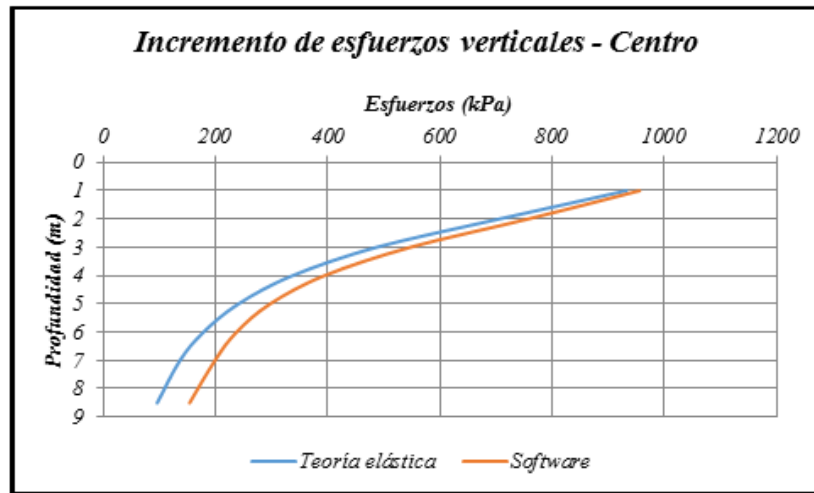
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 111. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento circular de diámetro 4,5m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	933,01	956,51	2,518491370
2	706,76	758,24	7,283589303
3	488	547,86	12,267031612
4	337,91	394,89	16,861298661
5	241,64	297,99	23,321808846
6	179,11	237,96	32,855148705
7	137,12	199,42	45,432963242
8,5	96,6	154,35	59,777611653

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 63. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5m.



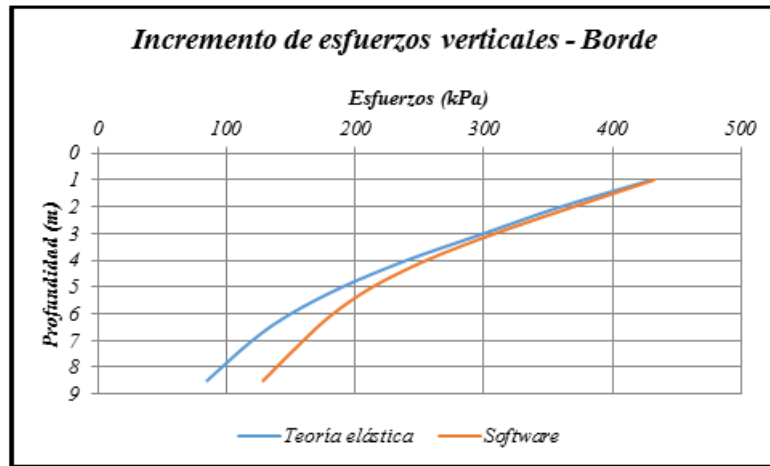
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 112. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	430	431,99	0,461930476
2	360	369,48	2,632894618
3	300	308,77	2,923022343
4	240	255,25	6,354562646
5	190	213,56	12,398539957
6	150	182,83	21,887105115
7	120	159,80	33,167165562
8,5	85	128,49	51,159926340

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 64. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento circular de diámetro 4,5m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 113. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical)	Diferencia de porcentaje (Horizontal)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	10,39	4,457	10,39	4,2302	0,000000000	5,088624635
2	20,78	8,914	20,817	8,4078	0,178055823	5,678707651
3	30,07	20,057	30,112	19,202	0,139674094	4,262850875
4	38,26	25,520	38,318	24,421	0,151594354	4,306426332
5	46,45	30,982	46,466	29,736	0,03444564	4,021690014
6	54,64	36,445	54,549	35,132	0,166544656	3,602688983
7	62,83	41,907	62,71	40,46	0,190991565	3,452883766
8,5	75,115	50,102	74,995	48,352	0,159755042	3,492874536

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 114. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento circular de diámetro 4,5m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,2278	0,0675	0,287911	0,152222	26,3876	125,5141

Fuente. Autora del proyecto

4.3.9 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

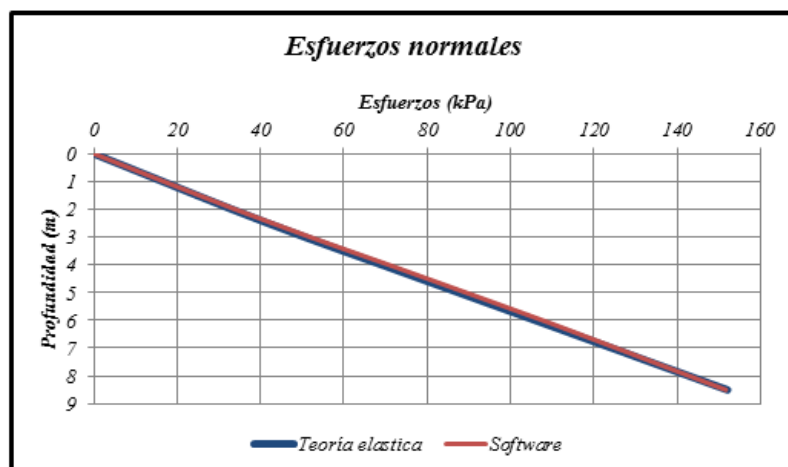
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 3%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 22%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 17%, para esfuerzos verticales es de 3% y para esfuerzos horizontales es de 23% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 37% y en el borde de 31%. Como se aprecia en el cuadro 115, cuadro 116, cuadro 117, cuadro 118 y cuadro 119, respectivamente. Las diferentes comparaciones a nivel gráfico, se observa en la gráfica 65 para esfuerzos normales, en la gráfica 66 para incremento de esfuerzos verticales en el centro, en la gráfica 67 para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento.

Cuadro 115. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	16,59	16,8187725193	1,378978417
2	33,18	33,9267398455	2,250572169
3	50,695	51,9750365654	2,524973965
4	69,135	70,7948256497	2,400847110
5	87,58	89,3481210679	2,018863973
6	106,015	107,5728891229	1,469498772
7	124,455	125,4621347858	0,809236098
8,5	152,115	151,7436152105	0,244147382

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 65. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$.



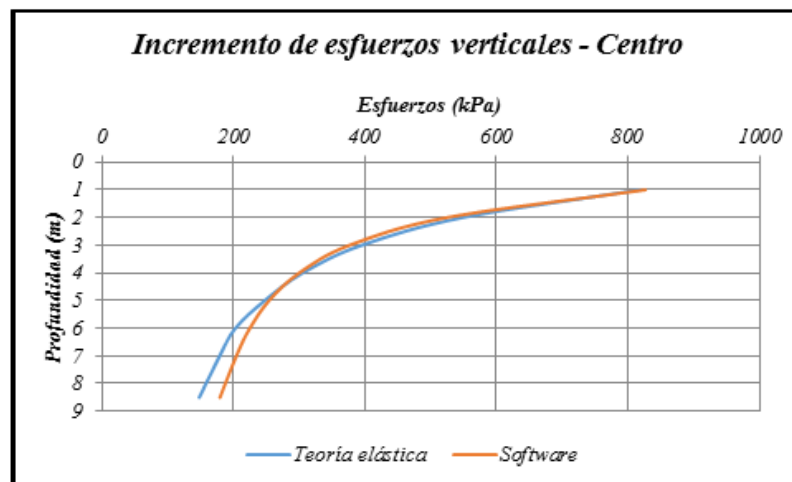
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 116. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	818,31	826,80	1,037935600
2	549,815	526,01	4,329553567
3	395,818	377,20	4,703052003
4	305,751	300,41	1,746288783
5	248,093	254,67	2,649339139
6	203,282	225,30	10,830602889
7	179,461	204,86	14,151060420
8,5	148,427	179,91	21,209607694

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 66. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $2m \times 20m$.



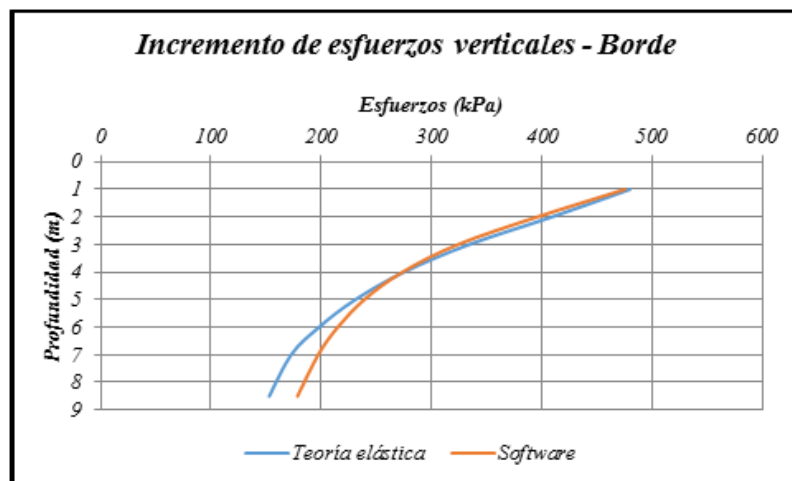
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 117. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	479,74	475,26	0,934536386
2	409,155	395,89	3,241722194
3	334,08	323,86	3,059955294
4	274,907	273,51	0,507860488
5	230,881	239,00	3,514431157
6	197,91	214,95	8,611247057
7	172,667	197,24	14,230127535
8,5	152,876	178,50	16,762721046

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 67. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 118. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	16,59	11,06	16,819	13,579	1,380349608	22,775768535
2	33,18	22,13	33,927	22,576	2,251356239	2,015363760
3	50,695	21,748	51,975	20,046	2,524903837	7,826006989
4	69,135	29,659	70,795	26,417	2,401099298	10,930914731
5	87,58	37,571	89,348	33,443	2,018725736	10,987197573
6	106,015	45,48	107,57	41,315	1,466773570	9,157871592
7	124,455	53,391	125,46	50,112	0,807520791	6,141484520
8,5	152,115	65,257	151,74	65,015	0,246524011	0,370841442

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 119. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento continuo de dimensiones 2m x 20m

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,3498	0,13182	0,221888	0,171948	36,5672	30,4415

Fuente. Autora del proyecto

4.3.10 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

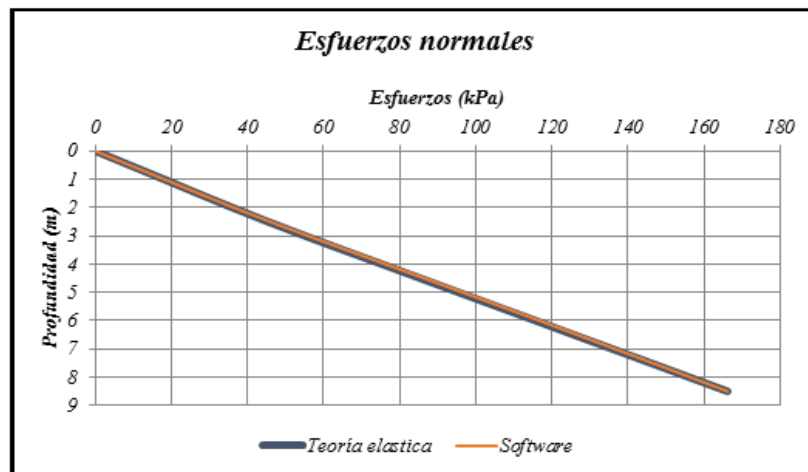
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 2%, para esfuerzos efectivos de 3% y respecto a presión de poros no existe diferencia de porcentaje, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 22%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 21%, para esfuerzos verticales es de 3% y para esfuerzos horizontales es de 17% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 50% y en el borde de 55%. Como se observa en el cuadro 120, cuadro 121, cuadro 122, cuadro 123, cuadro 124, cuadro 125 y cuadro 126, respectivamente. Las comparaciones graficas se muestran en la gráfica 68 para esfuerzos normales, en la gráfica 69 para esfuerzos efectivos, en la gráfica 70 para presión de poros, en la gráfica 71 para incremento de esfuerzos verticales en el centro, en la gráfica 72 para incremento de esfuerzos verticales en el borde.

Cuadro 120. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	18	18,1232813003	0,684896113
2	36	36,4109215648	1,141448791
3	55,1	55,8254666312	1,316636354
4	75,3	76,2683076386	1,285933119
5	95,5	96,5695293840	1,119926057
6	115,7	116,6905128299	0,856104434
7	135,9	136,6228417688	0,531892398
8,5	166,2	166,2160370299	0,009649236

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 68. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



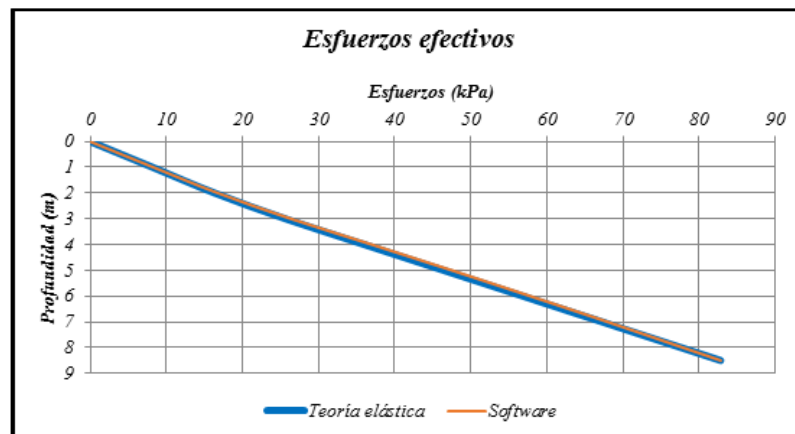
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 121. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos efectivos para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	8,19	8,3132813003	1,505266182
2	16,38	16,7909215648	2,508678662
3	25,67	26,3954666312	2,826126339
4	36,06	37,0283076386	2,685267994
5	46,45	47,5195293840	2,302539040
6	56,84	57,8305128299	1,742633409
7	67,23	67,9528417688	1,075177404
8,5	82,815	82,8310370299	0,019364885

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 69. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculados mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



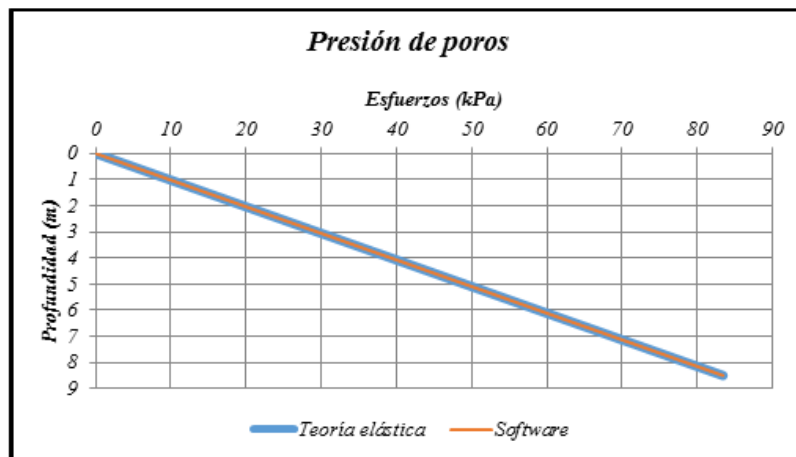
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 122. Comparación de los resultados obtenidos de presión de poros para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	9,81	9,81	0
2	19,62	19,62	0
3	29,43	29,43	0
4	39,24	39,24	0
5	49,05	49,05	0
6	58,86	58,86	0
7	68,67	68,67	0
8,5	83,385	83,385	0

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 70. Análisis comparativo de presión de poros calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



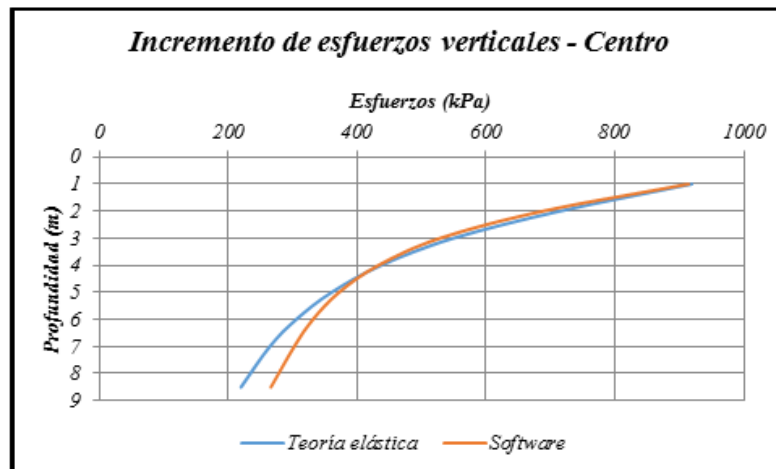
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 123. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	919,49	914,44	0,549295684
2	715,243	689,02	3,666414310
3	549,815	529,13	3,762180268
4	437,7	433,29	1,008145461
5	360,764	372,31	3,201795924
6	286,387	331,71	15,825686909
7	243,337	302,74	24,412988810
8,5	220,151	266,61	21,102563814

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 71. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



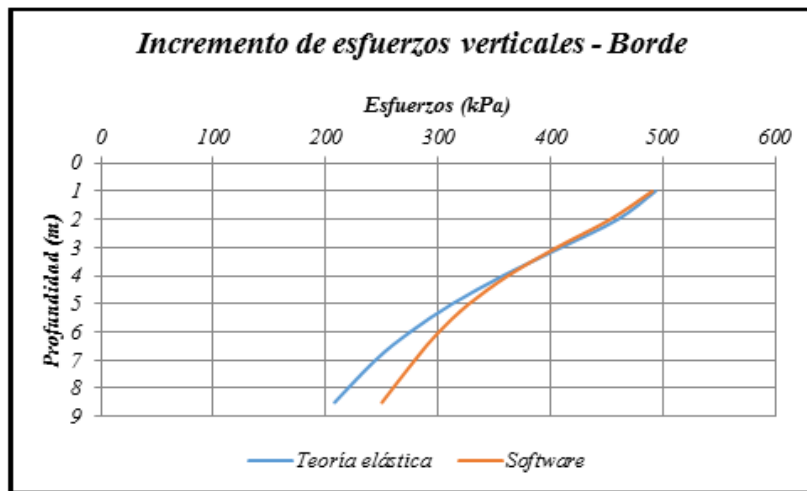
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 124. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	493,076	490,29	0,564947971
2	459,745	453,04	1,457348654
3	409,155	405,27	0,950223587
4	357,621	362,06	1,241018558
5	312,452	327,40	4,782867968
6	274,907	300,55	9,329374701
7	244,131	279,17	14,352896271
8,5	207,901	250,02	20,260079738

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 72. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 125. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	8,19	5,460	8,3133	6,2126	1,505494505	13,783882784
2	16,38	10,920	16,791	10,546	2,509157509	3,424908425
3	25,67	11,012	26,395	9,4191	2,824308531	14,465128950
4	36,06	15,470	37,028	12,94	2,684414864	16,354234001
5	46,45	19,927	47,52	16,79	2,303552207	15,742459979
6	56,84	24,384	57,831	21,075	1,743490500	13,570374016
7	67,23	28,841	67,953	25,843	1,075412762	10,394923893
8,5	82,815	35,528	82,831	33,866	0,019320171	4,678000450

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 126. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento continuo de dimensiones 3m x 30m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,5781	0,13771	0,290195	0,212892	49,8019	54,5944

Fuente. Autora del proyecto

4.3.11 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

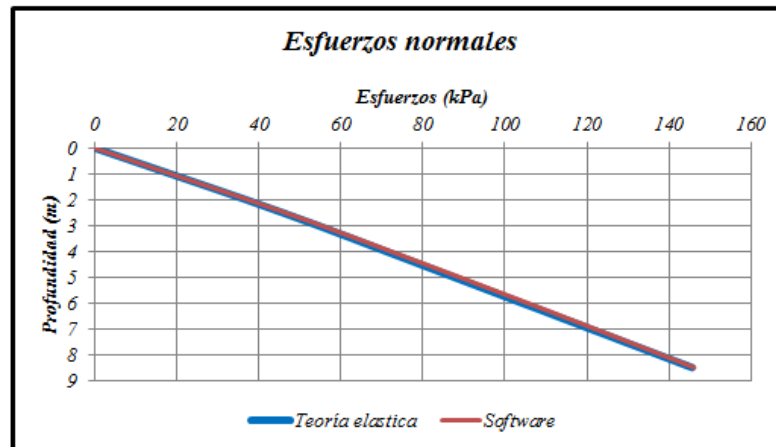
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 2%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 33%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 26%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 13% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 45 % y en el borde de 188 %. Como indica el cuadro 127, cuadro 128, cuadro 129, cuadro 130 y cuadro 131, respectivamente. Las comparaciones gráficas, se observan en la gráfica 73 para esfuerzos normales, en la gráfica 74 para incremento de esfuerzos verticales en el centro, en la gráfica 75 para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento.

Cuadro 127. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	18,44	18,5601667950	0,651663747
2	36,88	37,3017487275	1,143570302
3	54,395	55,1808489750	1,444708107
4	70,985	72,0930744958	1,560998092
5	87,575	88,8749149550	1,484344796
6	104,165	105,4703451690	1,253151413
7	120,755	121,8622966186	0,916977863
8,5	145,64	146,1431068892	0,345445543

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 73. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



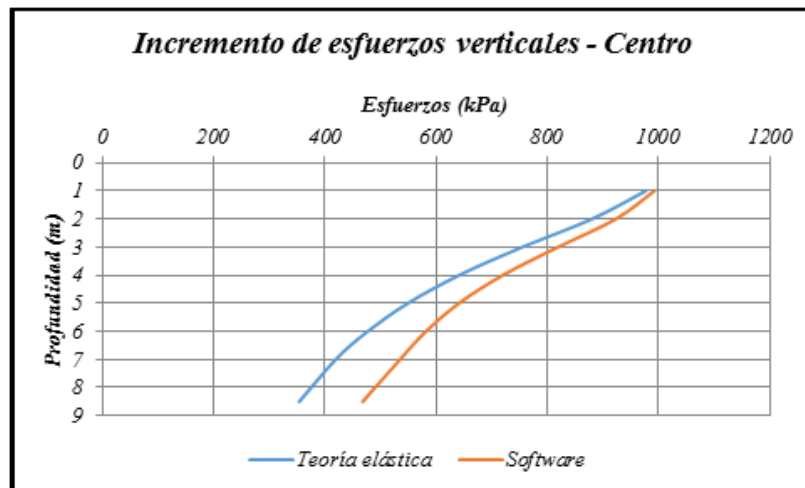
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 128. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	977,286	993,07	1,614764800
2	880,992	923,86	4,866027705
3	755,376	819,65	8,509181837
4	641,736	720,28	12,239608568
5	549,815	641,56	16,685976430
6	477,351	582,20	21,964710679
7	420,02	535,63	27,525679625
8,5	354,44	468,46	32,169750246

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 74. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



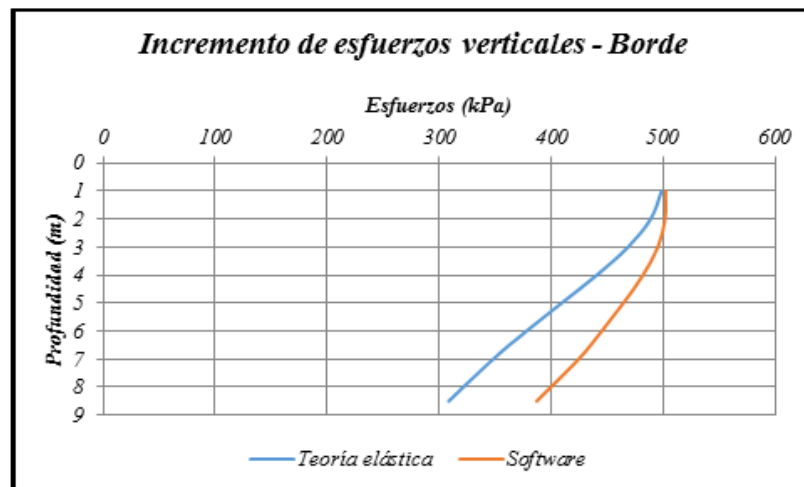
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 129. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	498,380	501,90	0,706727252
2	488,643	501,57	2,645242071
3	468,410	495,06	5,688953792
4	440,496	481,75	9,366172419
5	409,155	464,25	13,464463909
6	377,688	444,93	17,804739520
7	347,984	424,33	21,940265989
8,5	308,360	386,98	25,497353690

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 75. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 130. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	18,44	7,910	18,56	6,502	0,650759219	17,800252845
2	36,88	15,821	37,302	14,246	1,144251627	9,955122938
3	54,395	36,281	55,181	34,361	1,444985752	5,292026129
4	70,985	47,347	72,093	45,132	1,560893146	4,678226709
5	87,575	58,412	88,875	56,129	1,484441907	3,908443471
6	104,165	69,478	105,47	67,468	1,252820045	2,893002101
7	120,755	80,543	121,86	79,197	0,915075980	1,671157022
8,5	145,64	97,142	142,11	94,353	2,423784675	2,871054745

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 131. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento continuo de dimensiones 5m x 50m

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,2553	0,0732	0,368559	0,210578	44,3631	187,6749

Fuente. Autora del proyecto

4.3.12 Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

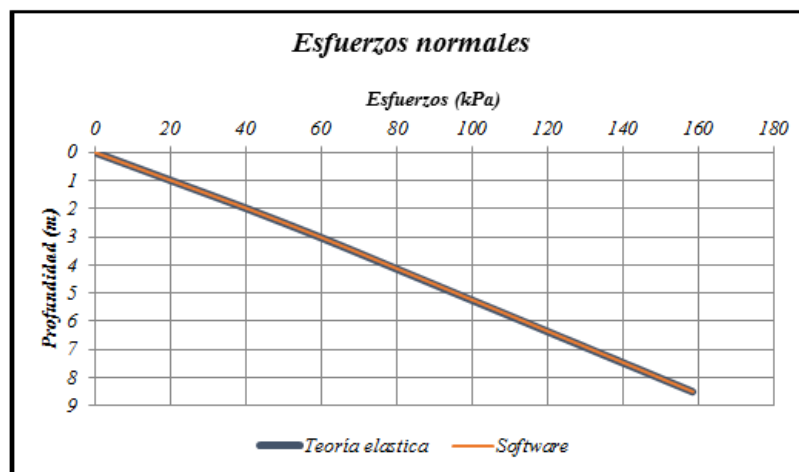
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para esfuerzos efectivos de 1% y respecto a presión de poros no existe diferencia de porcentaje, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 33%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 28%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 27% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 38% y en el borde de 185%. Como se aprecia en el cuadro 132, cuadro 133, cuadro 134, cuadro 135, cuadro 136, cuadro 137 y cuadro 138, respectivamente. Las comparaciones a nivel gráfico, se observan en la gráfica 76 para esfuerzos normales, grafica 77 para esfuerzos efectivos, gráfica 78 para presión de poros, gráfica 79 para incremento de esfuerzos verticales en el centro, gráfica 80 para incremento de esfuerzos verticales en el borde.

Cuadro 132. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m .

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	20,2	20,2258991181	0,128213456
2	40,4	40,4935361128	0,231525032
3	59,5	59,6768914271	0,297296516
4	77,5	77,7505183167	0,323249441
5	95,5	95,7911358387	0,304854281
6	113,5	113,7855194581	0,251558994
7	131,5	131,7330517563	0,177225670
8,5	158,5	158,5969892561	0,061191960

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 76. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m .



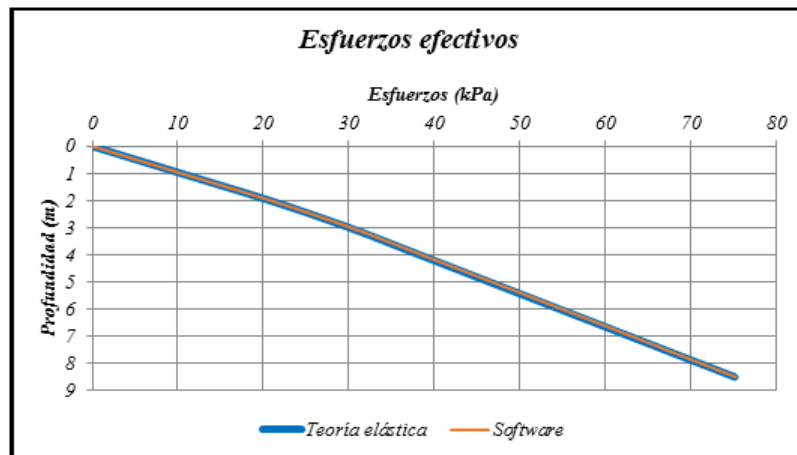
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 133. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos efectivos para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	10,39	10,4158991181	0,249269665
2	20,78	20,8735361128	0,450125663
3	30,07	30,2468914271	0,588265471
4	38,26	38,5105183167	0,654778664
5	46,45	46,7411358387	0,626772527
6	54,64	54,9255194581	0,522546592
7	62,83	63,0630517563	0,370924330
8,5	75,115	75,2119892561	0,129121023

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 77. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m .



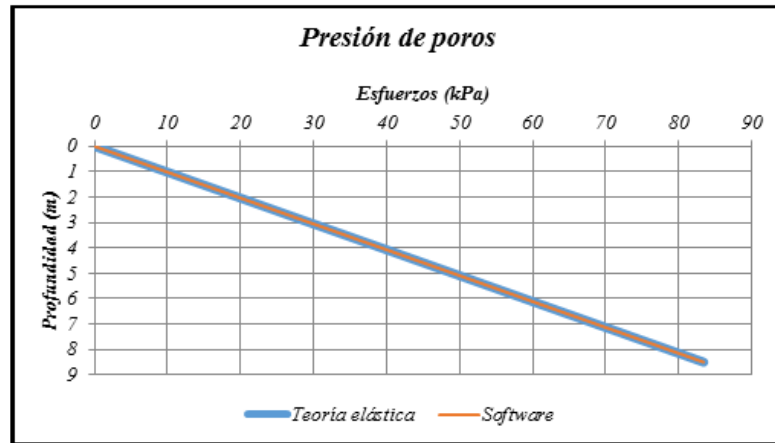
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 134. Comparación de los resultados obtenidos de presión de poros para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	9,81	9,81	0
2	19,62	19,62	0
3	29,43	29,43	0
4	39,24	39,24	0
5	49,05	49,05	0
6	58,86	58,86	0
7	68,67	68,67	0
8,5	83,385	83,385	0

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 78. Análisis comparativo de presión de poros calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$.



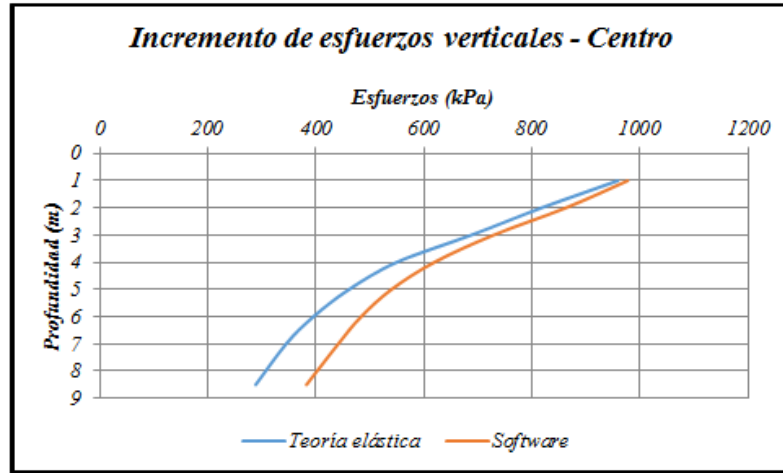
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 135. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro del cimiento continuo de dimensiones $4m \times 40m$.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	959,481	977,80	1,909540048
2	818,31	863,31	5,499010346
3	688,159	729,32	5,981164024
4	549,815	619,54	12,681965932
5	461,762	540,35	17,019594594
6	395,819	484,10	22,303701360
7	345,335	441,85	27,949481634
8,5	289,052	383,05	32,520639901

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 79. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m .



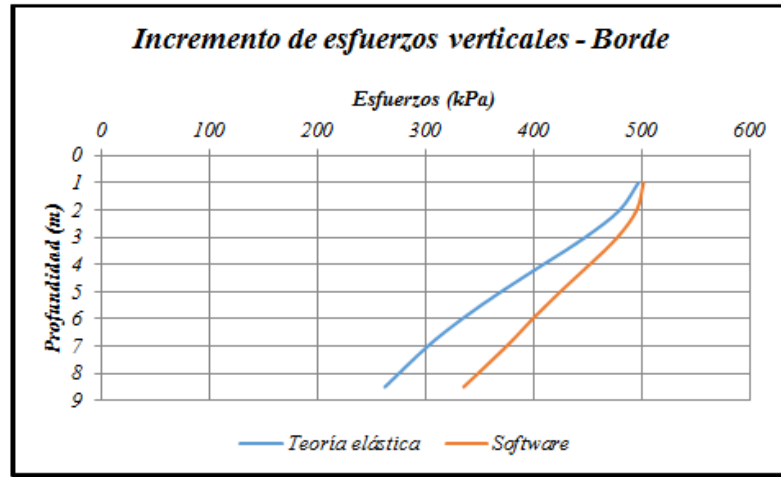
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 136. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	496,917	501,65	0,951998139
2	479,74	495,46	3,276267152
3	447,956	477,64	6,626705249
4	409,155	452,02	10,475710128
5	370,05	424,78	14,789547387
6	334,08	399,19	19,488457943
7	302,367	375,18	24,080039604
8,5	262,641	335,47	27,728038820

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 80. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m .



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 137. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	10,39	4,457	10,416	3,2723	0,250240616	26,580659637
2	20,78	8,914	20,874	7,6379	0,452358037	14,315683195
3	30,07	20,057	30,247	18,61	0,588626538	7,214438849
4	38,26	25,520	38,511	23,937	0,656037637	6,202978056
5	46,45	30,982	46,741	29,3	0,626480086	5,428958750
6	54,64	36,445	54,926	34,722	0,523426061	4,727671834
7	62,83	41,907	63,063	40,205	0,370841954	4,061373995
8,5	75,115	50,102	75,212	48,498	0,129135326	3,201469003

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 138. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento para cimiento continuo de dimensiones 4m x 40m.

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,24888	0,0726	0,342107	0,206764	37,4586	184,7989

Fuente. Autora del proyecto

4.3.13 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

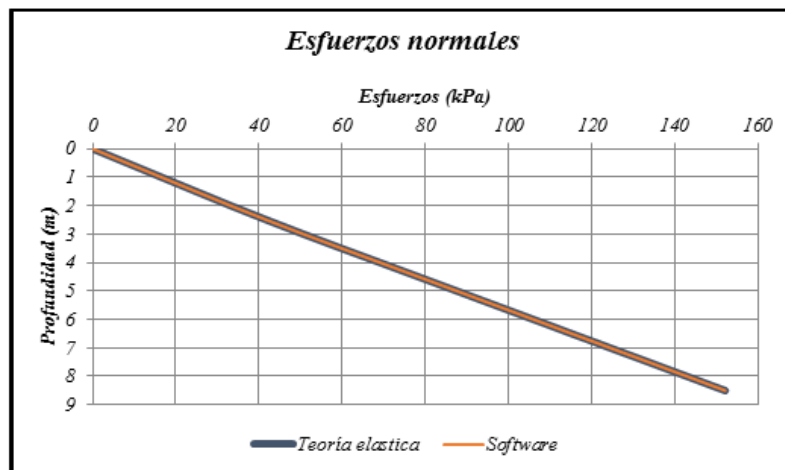
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 17%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 104%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 1% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 21% y en el borde de 208%. Como se puede observar en el cuadro 139, cuadro 140, cuadro 141, cuadro 142, y cuadro 143, respectivamente. Las diferentes comparaciones gráficas se muestran la gráfica 81 para esfuerzos normales, gráfica 82 para incremento de esfuerzos verticales en el centro, gráfica 83 para incremento de esfuerzos verticales en el borde del cimiento.

Cuadro 139. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para losa superficial de dimensiones 15m x 30m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	16,59	16,5899771316	0,000137845
2	33,18	33,1799117901	0,000263853
3	50,695	50,6948098905	0,000375006
4	69,135	69,1346760490	0,000468577
5	87,58	87,5745138660	0,00626414
6	106,015	106,0143228080	0,00063877
7	124,455	124,4541225000	0,000705074
8,5	152,115	152,1137984883	0,000789871

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 81. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 15m x 30m .



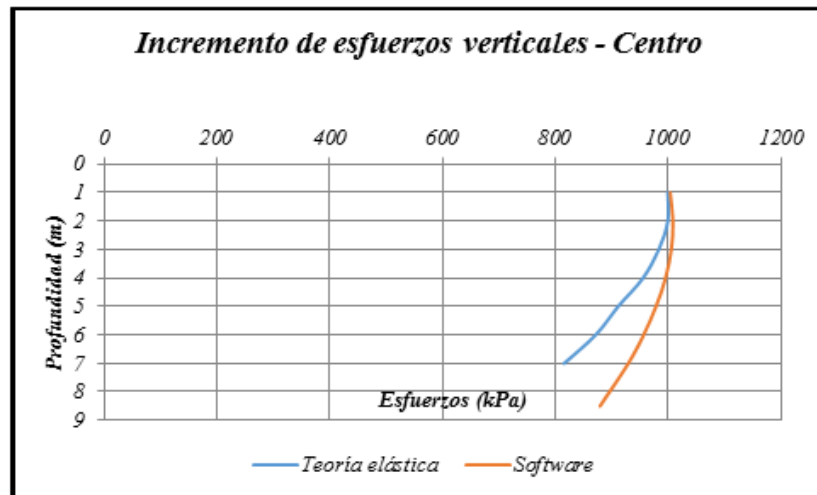
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 140. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro de la losa superficial de dimensiones 15m x 30m .

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	1000	1004,07	0,407164451
2	1000	1008,98	0,898343352
3	984	1006,21	2,256787174
4	956	995,89	4,172604778
5	912	979,12	7,359624862
6	872	956,92	9,737969293
7	816	929,86	13,953262610
8,5	752	879,68	16,979031173

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 82. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 15m x 30m .



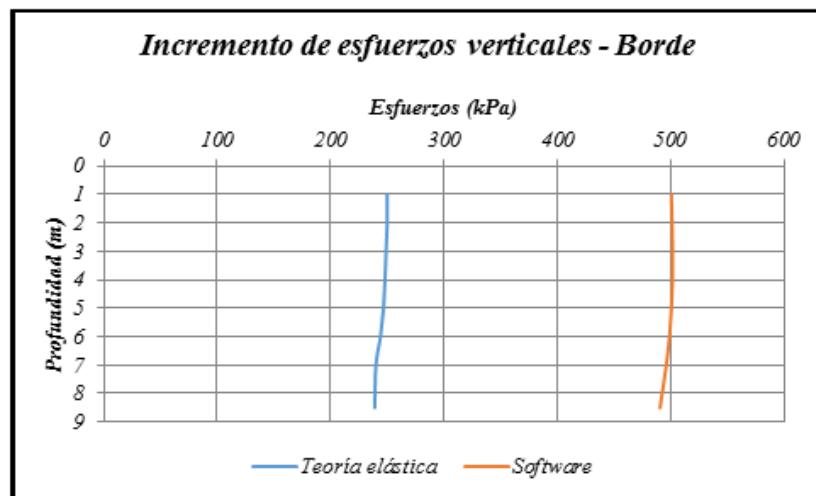
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 141. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde de la losa superficial de dimensiones 15m x 30m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	250	500,37	100,146664544
2	250	501,10	100,438044099
3	250	501,56	100,622079100
4	249	501,46	101,388158156
5	248	500,55	101,833012455
6	247	498,68	101,896076240
7	245	495,88	102,401973125
8,5	241	490,39	103,479789266

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 83. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 15m x 30m .



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 142. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 15m x 30m .

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	16,59	11,06	16,59	11,056	0,000000000	0,036166365
2	33,18	22,13	33,18	22,116	0,000000000	0,063262540
3	50,695	21,748	50,695	21,723	0,000000000	0,114953099
4	69,135	29,659	69,135	29,626	0,000000000	0,111264709
5	87,58	37,571	87,575	37,53	0,005709066	0,109126720
6	106,015	45,48	106,01	45,433	0,004716314	0,103342128
7	124,455	53,391	124,45	53,337	0,004017516	0,101140642
8,5	152,115	65,257	152,11	65,192	0,003286987	0,099606173

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 143. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 15m x 30m .

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,4632	0,0882	0,556977	0,271404	20,2455	207,7143

Fuente. Autora del proyecto

4.3.14 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

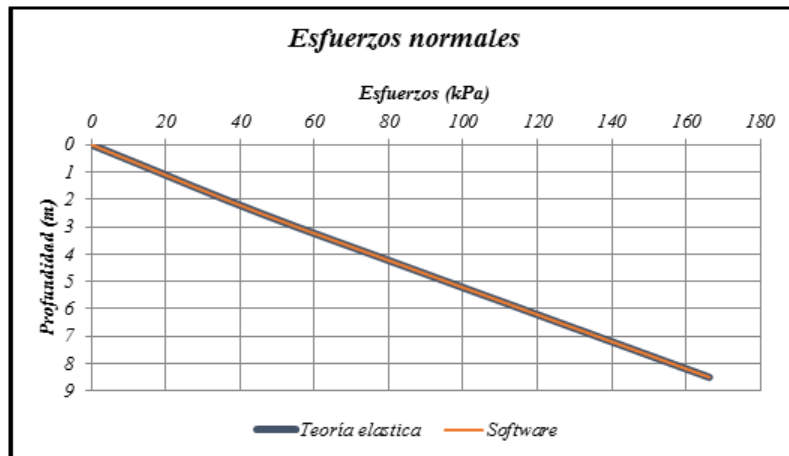
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para esfuerzos efectivos de 1% y respecto a presión de poros no existe diferencia de porcentaje, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 52%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 174%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 6% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 31% y en el borde de 212%. Como se puede apreciar en el cuadro 144, cuadro 145, cuadro 146, cuadro 147, cuadro 148, cuadro 149 y cuadro 150, respectivamente. A continuación se observa la comparación gráfica, para esfuerzos normales en la gráfica 84, para esfuerzos efectivos en la gráfica 85, para presión de poros en la gráfica 86, para incrementos de esfuerzos verticales producidos en el centro en la gráfica 87, para incrementos de esfuerzos verticales producidos en el borde en la gráfica 88.

Cuadro 144. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para losa superficial de dimensiones 19m x 19m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	18	17,9998989234	0,000561537
2	36	35,9995850574	0,001152618
3	55,1	55,0990757248	0,00167745
4	75,3	75,2983945753	0,002132038
5	95,5	95,4975619013	0,002552983
6	115,7	115,6965999103	0,002938712
7	135,9	135,8955274103	0,003291089
8,5	166,2	166,1937825282	0,003740958

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 84. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 19m x 19m .



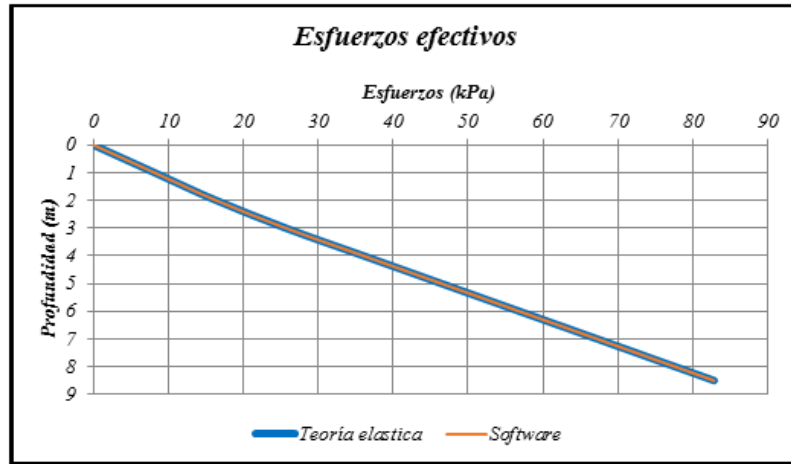
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 145. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos efectivos para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	8,19	8,1898989234	0,001234147
2	16,38	16,3795850574	0,002533227
3	25,67	25,6690757248	0,003600604
4	36,06	36,0583945753	0,004452093
5	46,45	46,4475619013	0,005248867
6	56,84	56,8365999103	0,005981861
7	67,23	67,2255274103	0,006652670
8,5	82,815	82,8087825282	0,007507664

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 85. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 19m x 19m .



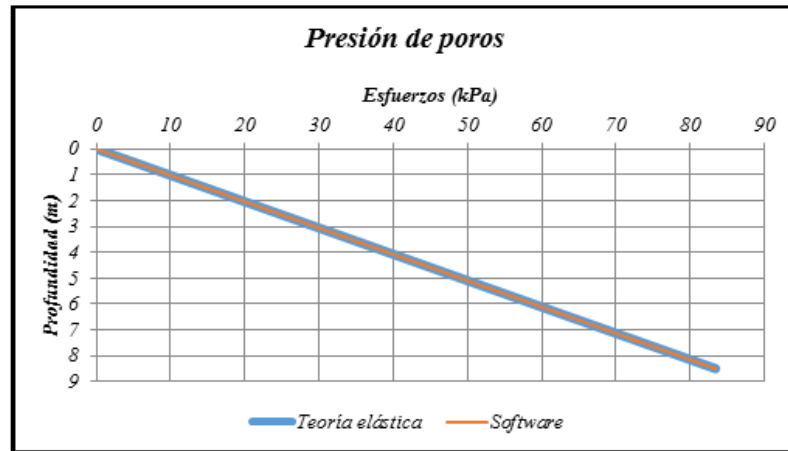
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 146. Comparación de los resultados obtenidos de presión de poros para losa superficial de dimensiones 19m x 19m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	9,81	9,81	0
2	19,62	19,62	0
3	29,43	29,43	0
4	39,24	39,24	0
5	49,05	49,05	0
6	58,86	58,86	0
7	68,67	68,67	0
8,5	83,385	83,385	0

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 86. Análisis comparativo de presión de poros calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 19m x 19m .



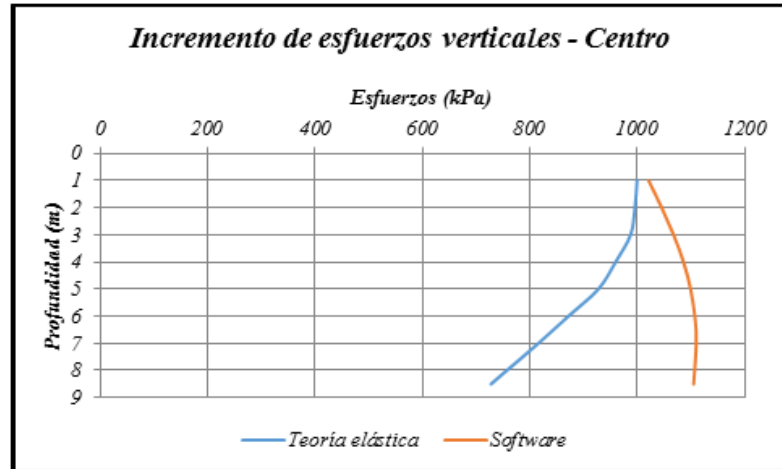
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 147. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro de la losa superficial de dimensiones 19m x 19m .

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	1000	1021,59	2,158962853
2	996	1045,92	5,011969382
3	988	1068,00	8,096999687
4	960	1086,47	13,174029471
5	928	1099,69	18,500712949
6	872	1107,51	27,007964096
7	816	1110,14	36,046382069
8,5	728	1105,37	51,835920044

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 87. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro calculado mediante la teoría elástica para losa superficial de dimensiones 19m x 19m



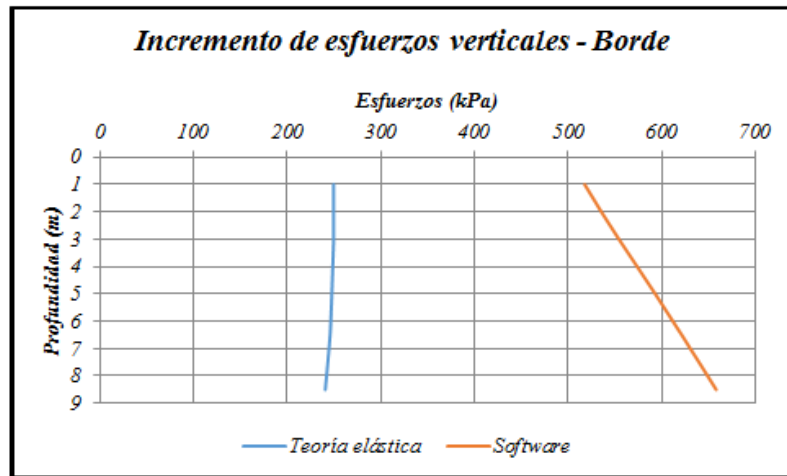
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 148. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde de la losa superficial de dimensiones 19m x 19m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	250	517,95	107,181823570
2	250	535,77	114,306713307
3	250	554,45	121,781130317
4	249	574,01	130,524532561
5	248	593,26	139,219627648
6	247	612,20	147,853077544
7	245	630,83	157,480285271
8,5	241	658,40	173,195412378

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 88. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 19m x 19m .



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 149. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 19m x 19m .

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	8,19	5,460	8,190	5,245	0,001221001	3,932234432
2	16,38	10,920	16,380	10,512	0,000000000	3,736263736
3	25,67	11,012	25,669	10,402	0,003895598	5,539411551
4	36,06	15,470	36,058	14,662	0,005546312	5,223012282
5	46,45	19,927	46,448	18,923	0,004305705	5,038390124
6	56,84	24,384	56,837	23,184	0,005277973	4,921259843
7	67,23	28,841	67,226	27,445	0,005949725	4,840331473
8,5	82,815	35,528	82,809	33,838	0,007245064	4,756811529

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 150. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 19m x 19m .

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,4306	0,08572	0,559938	0,266801	30,0367	211,2471

Fuente. Autora del proyecto

4.3.15 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

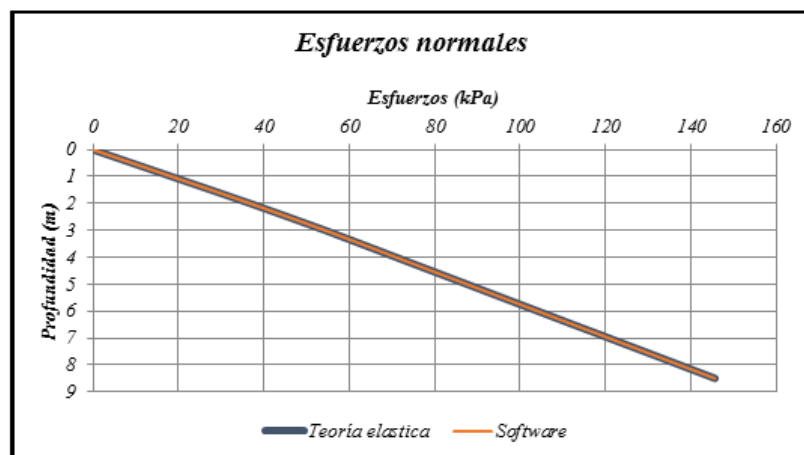
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 13%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 101%, para esfuerzos verticales es de 1% y para esfuerzos horizontales es de 3% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 117% y en el borde de 256%. Como se observa en el cuadro 151, cuadro 152, cuadro 153, cuadro 154 y cuadro 155, respectivamente. Las comparaciones gráficas, se pueden apreciar en la gráfica 89 para esfuerzos normales, en la gráfica 90 para incrementos de esfuerzos verticales en el centro, en la gráfica 91 para incrementos de esfuerzos verticales en el borde.

Cuadro 151. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para losa superficial de dimensiones 26m x 26m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	18,44	18,4390510181	0,005146323
2	36,88	36,8761106144	0,010546056
3	54,395	54,3863025474	0,015989434
4	70,985	70,9696586910	0,021612043
5	87,575	87,5514073758	0,026939908
6	104,165	104,1317141905	0,031954888
7	120,755	120,7109112917	0,036510876
8,5	145,64	145,5781261734	0,042484089

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 89. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 26m x 26m .



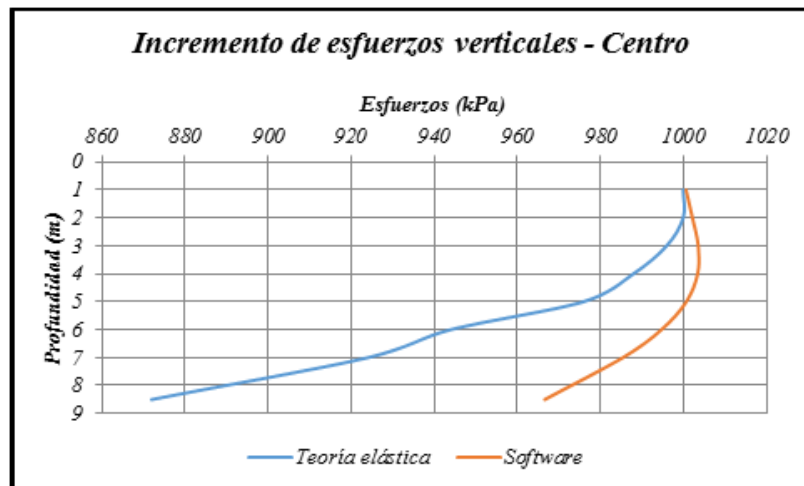
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 152. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro de la losa superficial de dimensiones 26m x 26m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	1000	1000,67	0,067049771
2	1000	1002,20	0,220280362
3	996	1003,60	0,762845685
4	988	1003,47	1,565547658
5	976	1000,73	2,533744980
6	944	994,75	5,375782773
7	924	985,43	6,648712525
8,5	856	966,65	12,926942321

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 90. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 26m x 26m .



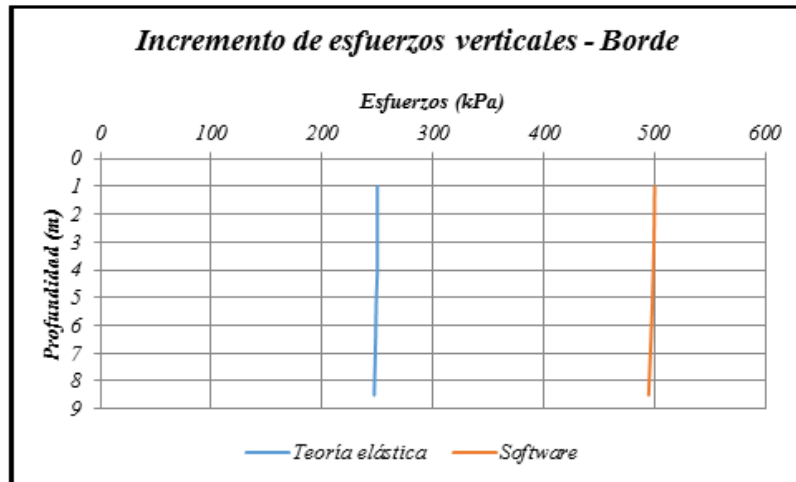
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 153. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde de la losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	250	499,92	99,968876296
2	250	499,69	99,875405592
3	250	499,31	99,723786933
4	250	498,74	99,495781526
5	249	498,00	99,998907015
6	248,5	497,11	100,045397660
7	248	496,12	100,047348024
8,5	247	494,49	100,196544248

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 91. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones $26m \times 26m$.



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 154. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 26m x 26m .

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical) (%)	Diferencia de porcentaje (Horizontal) (%)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	18,44	7,910	18,439	7,7101	0,005422993	2,527180784
2	36,88	15,821	36,876	15,623	0,010845987	1,251501169
3	54,395	36,281	54,386	36,079	0,016545638	0,556765249
4	70,985	47,347	70,97	47,158	0,021131225	0,399180518
5	87,575	58,412	87,551	58,241	0,027405081	0,292748065
6	104,165	69,478	104,13	69,326	0,033600538	0,218774288
7	120,755	80,543	120,71	80,415	0,037265538	0,158921322
8,5	145,64	97,142	145,58	97,052	0,041197473	0,092647876

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 155. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 26m x 26m .

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,1843	0,0526	0,398175	0,186975	116,0472	255,4568

Fuente. Autora del proyecto

4.3.16 Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

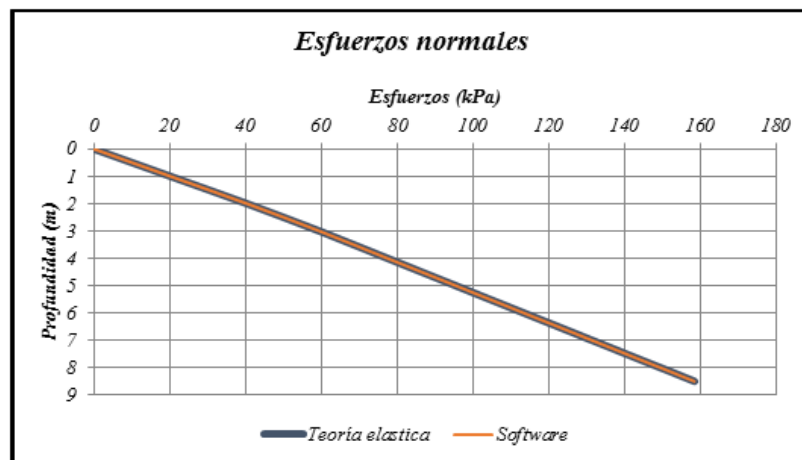
La máxima diferencia de porcentaje para esfuerzos normales es de 1%, para esfuerzos efectivos de 1% y respecto a presión de poros no existe diferencia de porcentaje, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro es de 34%, para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde es de 169%, para esfuerzos horizontales es de 9% y para determinación de asentamientos inmediatos producidos en el centro, la diferencia de porcentaje obtenido es de 97% y en el borde de 37%. Como indica el cuadro 156, cuadro 157, cuadro 158, cuadro 159, cuadro 160, cuadro 161 y cuadro 162, respectivamente. Las comparaciones gráficas se muestran en la gráfica 92 para esfuerzos normales, en la gráfica 93 para esfuerzos efectivos, en la gráfica 94 para presión de poros, en la gráfica 95 para incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro, en la gráfica 96 para incremento de esfuerzos verticales producidos en el borde.

Cuadro 156. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos normales para losa superficial de dimensiones 18m x 36m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	20,2	20,1990975474	0,004467587
2	40,4	40,3963331682	0,009076316
3	59,5	59,4918865008	0,013636133
4	77,5	77,4858670570	0,018236055
5	95,5	95,4785099147	0,022502707
6	113,5	113,4700691025	0,026370835
7	131,5	131,4607563574	0,029843074
8,5	158,5	158,4455537979	0,034350916

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 92. Análisis comparativo de esfuerzos normales calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 18m x 36m .



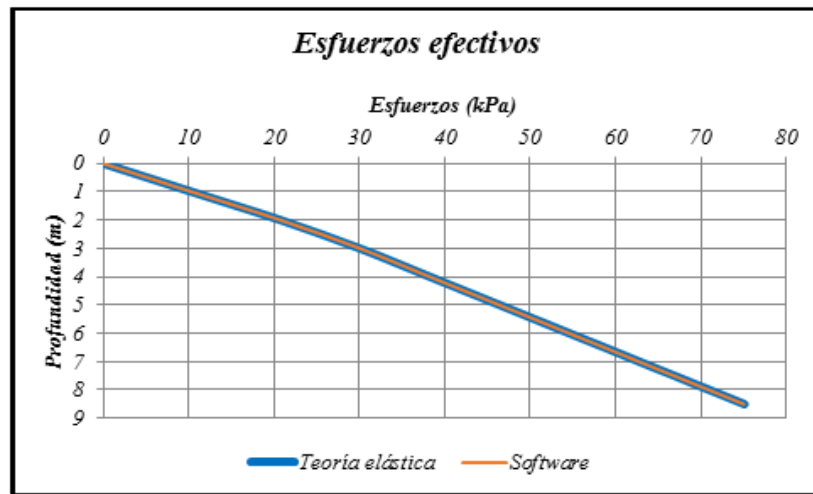
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 157. Comparación de los resultados obtenidos de esfuerzos efectivos para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	10,39	10,3890975474	0,008685781
2	20,78	20,7763331682	0,017645966
3	30,07	30,0618865008	0,026982039
4	38,26	38,2458670570	0,036939213
5	46,45	46,4285099147	0,046264984
6	54,64	54,6100691025	0,054778363
7	62,83	62,7907563573	0,062460039
8,5	75,115	75,0605537979	0,072483794

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 93. Análisis comparativo de esfuerzos efectivos calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 18m x 36m .



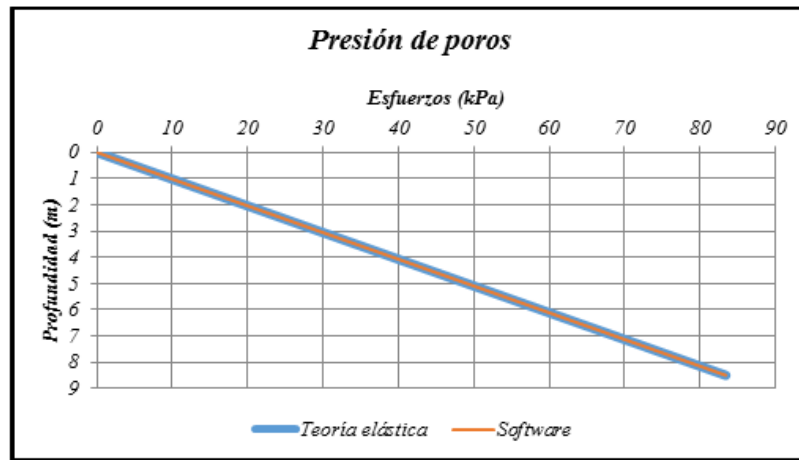
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 158. Comparación de los resultados obtenidos de presión de poros para losa superficial de dimensiones 18m x 36m.

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Teoría elástica (kPa)</i>	<i>Software (kPa)</i>	<i>Diferencia de porcentaje (%)</i>
1	9,81	9,81	0
2	19,62	19,62	0
3	29,43	29,43	0
4	39,24	39,24	0
5	49,05	49,05	0
6	58,86	58,86	0
7	68,67	68,67	0
8,5	83,385	83,385	0

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 94. Análisis comparativo de presión de poros calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 18m x 36m .



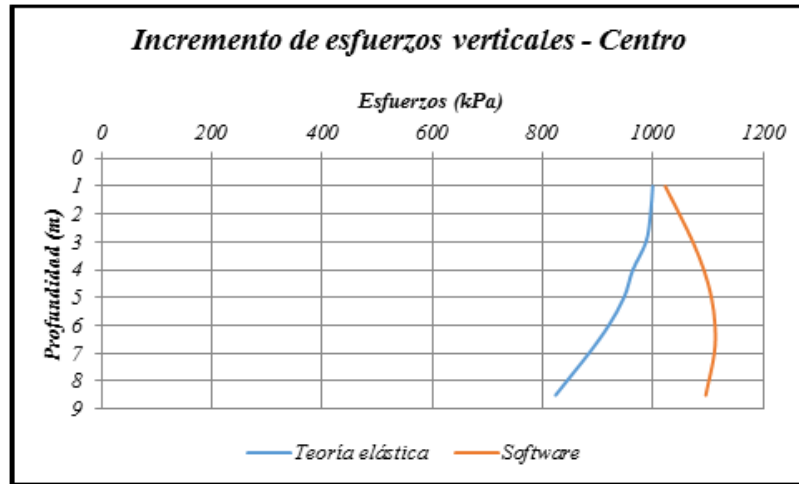
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 159. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el centro de la losa superficial de dimensiones 18m x 36m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	1000	1022,71	2,271135687
2	996	1048,40	5,261212674
3	988	1072,90	8,592919328
4	964	1092,80	13,361007681
5	948	1106,61	16,731433841
6	920	1113,07	20,986181629
7	884	1111,78	25,767409881
8,5	824	1096,20	33,034203764

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 95. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el centro calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 18m x 36m .



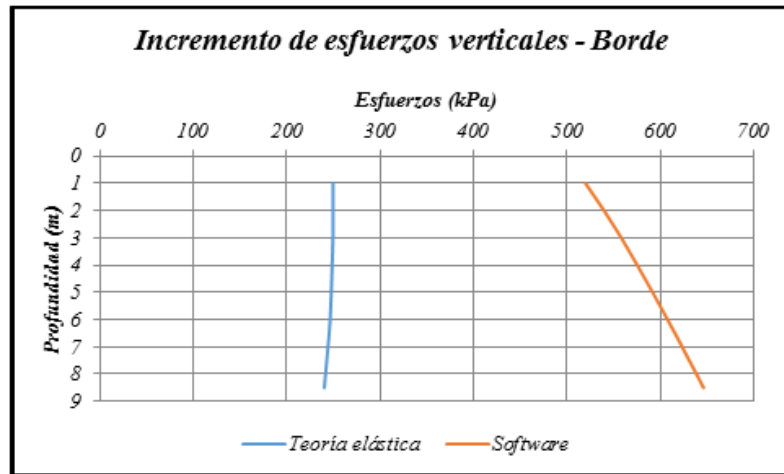
Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 160. Comparación de los resultados obtenidos para incremento de esfuerzos verticales en el borde de la losa superficial de dimensiones 18m x 36m .

Profundidad (m)	Teoría elástica (kPa)	Software (kPa)	Diferencia de porcentaje (%)
1	250	520,10	108,039966394
2	250	539,99	115,994672889
3	249,8	558,51	123,583578197
4	249	575,49	131,119866621
5	248	591,97	138,698551594
6	246,8	607,97	146,342013299
7	244,5	623,55	155,031624891
8,5	240,5	646,44	168,790943516

Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 96. Análisis comparativo de incremento de esfuerzos verticales en el borde calculado mediante la teoría elástica y el software para losa superficial de dimensiones 18m x 36m .



Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 161. Comparación de los resultados obtenidos en círculo de Mohr para losa superficial de dimensiones 18m x 36m .

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje (Vertical)	Diferencia de porcentaje (Horizontal)
	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)	Vertical (kPa)	Horizontal (kPa)		
1	10,39	4,457	10,389	4,0835	0,009624639	8,380076284
2	20,78	8,914	20,776	8,3514	0,019249278	6,311420238
3	30,07	20,057	30,062	19,299	0,026604589	3,779229197
4	38,26	25,520	38,246	24,582	0,036591741	3,675548589
5	46,45	30,982	46,429	29,868	0,045209903	3,595636176
6	54,64	36,445	54,61	35,157	0,054904832	3,534092468
7	62,83	41,907	62,791	40,447	0,062072258	3,483904837
8,5	75,115	50,102	75,061	48,387	0,071889769	3,423017045

Fuente. Autora del proyecto

Cuadro 162. Comparación de los resultados obtenidos en asentamiento inmediato producido en el centro y borde de la losa superficial de dimensiones 18m x 36m .

Profundidad (m)	Teoría elástica		Software		Diferencia de porcentaje - Centro (%)	Diferencia de porcentaje - Borde (%)
	Centro (m)	Borde (m)	Centro (m)	Borde (m)		
0	0,21536	0,140	0,419166	0,191526	94,6350	36,8043

Fuente. Autora del proyecto

4.4 ELABORAR UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA EL USO DEL SOFTWARE SIGMA/W, EN EL ANÁLISIS DE ESFUERZOS VERTICALES, GRÁFICAS DE CÍRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

Para la elaboración de la guía metodológica en el uso del software SIGMA/W del paquete GeoStudio® en lo correspondiente a la determinación de esfuerzos verticales, graficas de círculo de Mohr y deformaciones producidos en cimentaciones superficiales, se realizó una encuesta, para tener estadísticas acerca de diferentes variables como: El conocimiento y uso del software SIGMA/W, el empleo de elementos finitos, manejo del Paquete GeoStudio® , métodos empleados para el cálculo de asentamientos inmediatos, esfuerzos verticales y graficas de círculo de Mohr. Esta encuesta se lleva a cabo con los estudiantes de Geotecnia 2 y docentes profesionales del plan de estudios de Ingeniería civil. Los resultados de las encuestas se pueden ver a en el **Anexo C**.

La guía metodológica, está compuesta de capítulos correspondientes a la modelación de un cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado sin presencia de nivel freático, modelación de una zapata circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado con presencia de nivel freático y consideraciones generales del software. El respectivo manual se aprecia en el **Anexo D**.

5 CONCLUSIONES

Las ecuaciones de la teoría elástica permiten analizar diferentes condiciones de carga producidas sobre perfiles de suelo homogéneo o estratificado, en donde, para el cálculo de incremento de esfuerzos verticales para zapatas continuas, es necesario que en la fórmula matemática establecida para el centro del cimiento se adicione la constante π y para la ecuación correspondiente al borde del cimiento se agregue la variable $\frac{\pi}{2}$, debido a que en el texto Braja Dass estas ecuaciones se encuentran sin estas variables, en consecuencia, al considerar estos parámetros evita obtener resultados erróneos e incompatibles con los del software.

El software SIGMA/W mediante la fase de “Análisis Insitu”, obtiene los diferentes resultados de esfuerzos geostáticos y graficas de circulo de Mohr, considerando los diferentes parámetros inherentes del suelo y a través de la fase “Análisis Load/Deformación” determina los incrementos de esfuerzos verticales y asentamientos inmediatos, pero en este análisis no se introduce el peso propio del suelo, debido a que en la fase anterior los análisis correspondientes para este parámetro han sido calculados y para esta etapa de analizar el comportamiento de deformación del suelo, solamente se tiene en cuenta la carga externa, la relación de Poisson y el módulo de elasticidad que son variables pertenecientes a la matriz de rigidez correspondiente al modelo lineal elástico,

La comparación de esfuerzos calculados mediante fórmulas basadas en la teoría elástica y los obtenidos mediante el software basado en elementos finitos SIGMA/W de GeoStudio®, respecto a los esfuerzos producidos por el propio peso del suelo estos se encuentran con una diferencia de porcentaje máximo de 3% y para los esfuerzos correspondientes al círculo de Mohr la diferencia de porcentaje máximo es de 3% para los esfuerzos verticales y para esfuerzos horizontales es de 27% para los esfuerzos verticales la diferencia de porcentaje máximo es de 3% y para esfuerzos horizontales es de 27% , de esta manera se evidencia que los esfuerzos producidos por el peso propio del suelo y los esfuerzos verticales pertenecientes al círculo de Mohr se encuentran en un rango aceptable, pero en el caso de esfuerzos horizontales a pesar de que ambos métodos se basan en la relación de Poisson para la obtención de coeficiente lateral de tierra en reposo $K_o = \frac{\nu}{1-\nu}$, la diferencia es mayor.

Para cimientos rectangulares, circulares y continuos, los incrementos de esfuerzos verticales producidos, se encuentran con diferencias de porcentaje de 469%, 61% y 33% respectivamente en el centro del cimiento y en el borde del cimiento porcentajes respectivos de 447%, 52% y 28% , para suelos estratificados en condición “Areno-Arcilloso”, indicando, que las ecuaciones empleadas para cimientos continuos basadas en la teoría elástica en comparación con el método de elementos finitos para el modelo lineal elástico se encuentran con el menor valor y que estas ecuaciones se encuentran más próximas a las establecidas por los elementos finitos, debido a que consideran parámetros semejantes como lo son la base del cimiento y la profundidad.

Las diferencias de porcentajes presentadas para incremento de esfuerzos verticales para cimientos cuadrados y rectangulares presentan valores mayores al 100 % a partir del cambio

de estrato, ya que la teoría elástica mediante el gráfico de Fadum considera la carga externa, profundidad y medidas del cimiento a diferencia del método de elementos finitos que además de considerar la base del cimiento y la carga externa, en este cálculo emplea la relación de Poisson y el módulo de elasticidad.

Los cálculos a asentamientos inmediatos calculados mediante la teoría elástica y el software SIGMA/W, las mayores diferencias de porcentaje se observan en las correspondientes al borde del cimiento, presentando valores de porcentaje de 193% en el cálculo de asentamientos para zapatas rectangulares y 256% para losas superficiales en comparación con los calculados en el centro del cimiento, en donde, el máximo valor es de 50% para los cimientos continuos y de 117% para losas superficiales, debido a que la malla se refina en la actuación del centro del cimiento.

La elaboración de la guía metodológica para el uso del software SIGMA/W, es una herramienta de gran ayuda para el aprendizaje en la modelación y obtención de resultados de asentamientos inmediatos, graficas de círculo de Mohr y esfuerzos verticales, brindando una alternativa rápida y útil en la resolución de problemas geotécnicos, que puede ser empleada por estudiantes, docentes o profesionales del área de geotecnia en ingeniería civil, debido al empleo del método de elementos finitos genera para la academia un factor innovador.

6 RECOMENDACIONES

En el uso de las ecuaciones basadas en la teoría elástica y el método de elementos finitos del software SIGMA/W, se requiere tener presente que su finalidad es obtener valores de asentamientos inmediatos, esfuerzos verticales y gráficas de círculo de Mohr, pero en la consideración de algunos parámetros como lo son el módulo de elasticidad y la relación de Poisson, difieren uno de los otros.

En el cálculo de asentamientos inmediatos producidos en suelos granulares, la definición de espesor de las capas se debe realizar de acuerdo a las condiciones de espesor del estrato, específicamente para el caso de losas superficiales producido en el centro y borde de la cimentación y para zapatas continuas producido en el borde del cimiento.

Tener previos conocimientos acerca del método de elementos finitos aplicado a la geotecnia y en consecuencia generar una mayor comprensión en el manejo del software SIGMA/W, de igual forma se pueden utilizar otros software que emplean esta técnica, por ejemplo PLAXIS 2D y 3D, GEO5, CODE BRIGHT, entre otros.

Con la implementación de la guía metodológica se hará más fácil el uso del software SIGMA/W en el desarrollo de los cursos del programa de ingeniería civil que requieran el cálculo de esfuerzos y deformaciones.

Con base a los resultados obtenidos, se considera viable una posterior investigación del software SIGMA/W para obtener valores más críticos en comparación con los llevados a cabo por la teoría elástica, realizando análisis de consolidación en donde por medio de ensayos triaxiales se emplee una relación de Poisson más precisa.

BIBLIOGRAFIA

BERRY Peter L., REID David. MECANICA DE SUELOS, Mac Graw Hill interamericano S.A, 1993, Santafé de Bogotá. ISBN: 958-600-172-5.

BRAJA M. DAS L., Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Primera edición, Thomson Learning, 2001, México, 585 p., ISBN: 970-600-172-5.

BRAJA M. Das, Principios de Ingeniería de Cimentaciones. 4 ed. Editorial Thomson. 2001, México, D.F, P.251, ISBN: 0-534-95403-0.

Bowles, J. Foundation Analysis and Design, Fifth Edition, Editorial McGraw Hill. 1997, USA. pp. 284-310, ISBN: 0-07-912247-7

REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRONICAS

Evolución de la Geotecnia. [En línea]. Disponible en internet en: <<http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/202/207>>

Antecedentes de elementos finitos. [En línea]. Disponible en internet en: <http://icc.ucv.cl:8080/geotecnia/18_ciclo_conferencias/2006/01_geomecanica_computacional/presentaciones/01_lunes_15_mayo/02_elementos_finitos_ing_geotec/elementos_finitos_ing_teotec.pdf>

Historia de los suelos. [En línea]. Disponible en internet en: <<http://www.galeon.com/geomecanica/cap1.pdf>>

Asentamientos inmediatos. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10762/Capitulo2.pdf>>

Esfuerzos debido a cargas de diferentes formas. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/Cap%EDtulo%205%20-%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf>>

Generalidades de Software SIGMA/W. [En línea]. 2014. Disponible en internet en: <<http://www.geo-slope.com/products/sigmaw.aspx>>

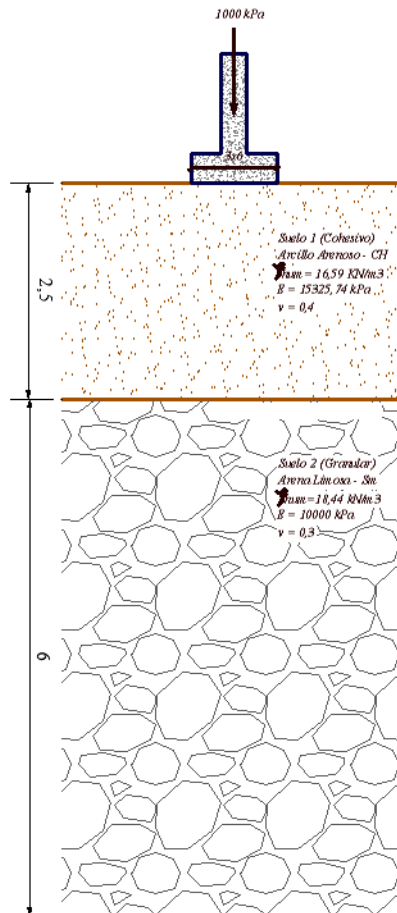
ANEXOS

Anexo A. Memorias de cálculo de asentamientos inmediatos, esfuerzos verticales y gráficos de círculo de Mohr producidos en cimentaciones superficiales.

Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Para una zapata de dimensiones $3\text{ m} \times 6\text{ m}$ que corresponde a un edificio que será utilizado como centro comercial, cuya estructura es en pórticos de concreto reforzado, calcular:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestaticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.**

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo Cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B'} = \frac{2,5 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 1,67 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Cálculo del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_s = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}\right)F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,230$$

$$F_2 = 0,115$$

Obteniendo un valor de influencia:

$$I_s = 0,2683$$

Cálculo de q .

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo de asentamiento inmediato

$$Si = \frac{q * B'}{E_s} (1 - \nu^2) * I_s * 4$$

$$Si = 0,0882 \text{ m} = 88,233 \text{ mm} = 8,823 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Nota: Para todos los ejercicios, se omite el cálculo de esfuerzo efectivo debido a que el nivel freático se encuentra a nivel de cimentación y en consecuencia la carga actuante se mantiene constante con el valor de 1000 kPa.

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = (1,5 \text{ m}) \left(16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)$$

$$\sigma'_{zp} = 24,89 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,5 + 0,1 \sqrt{\frac{\Delta q}{\sigma'_{zp}}}$$

$$I_{zp} = 1,1339$$

Cálculo de C_1

$$C_1 = 1 - 0,5 \left(\frac{\sigma'_o}{\Delta q} \right) \geq 0,5$$

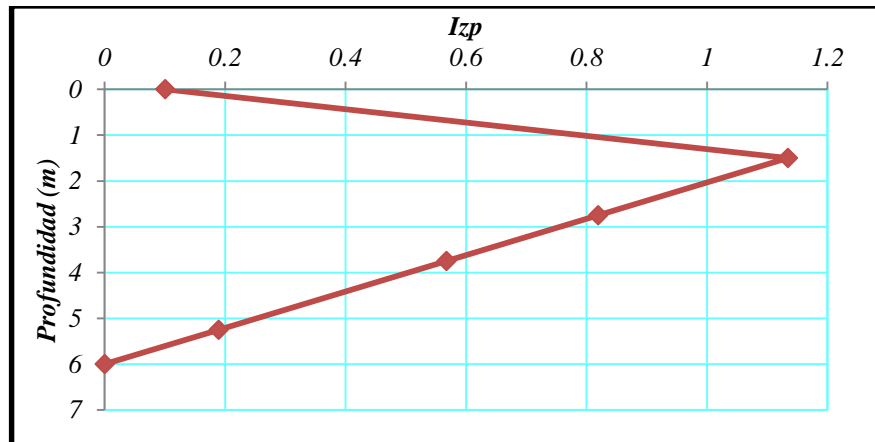
$$C_1 = 1$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; \text{ Para un } t=0$$

Cálculo del asentamiento inmediato

Gráfica 97. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata rectangular de dimensiones 3m x 6m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	3,00	2,75	0,50	10000	0,819	4,0950E-05
3,00	4,50	3,75	1,50	10000	0,567	8,5050E-05
4,50	6,00	5,25	1,50	10000	0,189	2,8350E-05
						1,544E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta Z$$

$$S_i = 0,1544 \text{ m} = 154,4 \text{ mm} = 15,44 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{3,0 \text{ m}} = 0,83 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Cálculo del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_s = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,105$$

$$F_2 = 0,110$$

Obteniendo un valor de influencia:

$$I_s = 0,1417$$

Cálculo de q .

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo de asentamiento inmediato

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,0233 \text{ m} = 23,30 \text{ mm} = 2,33 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = (2,5 \text{ m}) \left(16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + (0,5 \text{ m}) \left(18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 50,695 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,9441$$

Cálculo de C_1

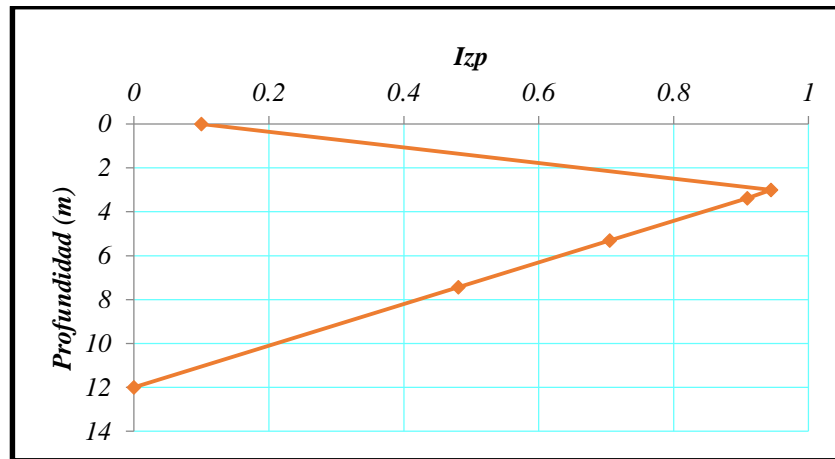
$$C_1 = 1$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; \text{ Para un } t=0$$

Cálculo del asentamiento inmediato

Gráfica 98. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata rectangular de dimensiones $3m \times 6m$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	4,25	3,375	1,750	10000	0,909	1,5908E-04
4,25	6,375	5,3125	2,125	10000	0,705	1,4981E-04
6,375	8,50	7,4375	2,125	10000	0,481	1,0221E-04
						4,1110E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta Z$$

$$S_i = 0,1027 \text{ m} = 102,775 \text{ mm} = 10,278 \text{ cm}$$

Asentamiento total producido en el centro:

$$S_{i\ Total\ Centro} = 0,0882\ m + 0,1544\ m = 0,2426\ m$$

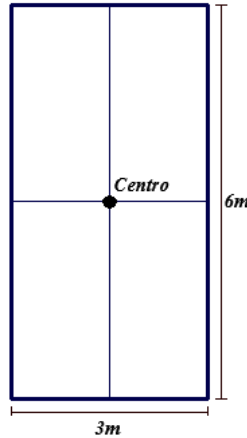
Asentamiento total producido en el borde:

$$S_{i\ Total\ Borde} = 0,0233\ m + 0,1027\ m = 0,126\ m$$

b) Incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$m = \frac{1,5\ m}{1\ m} = 1,5 ; n = \frac{3,0\ m}{1,0\ m} = 3,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,230$$

Luego, el esfuerzo producido en "A" es

$$\Delta\sigma_A = 920\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$m = \frac{1,5\ m}{2,0\ m} = 0,75 ; n = \frac{3,0\ m}{2,0\ m} = 1,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,171$$

Luego, el esfuerzo producido en “B” es

$$\Delta\sigma_B = 684 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 0,5 \quad ; \quad n = \frac{3,0 \text{ m}}{3,0 \text{ m}} = 1,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,121$$

Luego, el esfuerzo producido en “C” es

$$\Delta\sigma_C = 484 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,375 \quad ; \quad n = \frac{3 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,75$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,087$$

Luego, el esfuerzo producido en “D” es

$$\Delta\sigma_D = 348 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,3 \quad ; \quad n = \frac{3,0 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,6$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,064$$

Luego, el esfuerzo producido en “E” es

$$\Delta\sigma_E = 256 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,25 \quad ; \quad n = \frac{3,0 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,047$$

Luego, el esfuerzo producido en “F” es

$$\Delta\sigma_F = 188 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,21 \quad ; \quad n = \frac{3 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,43$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,036$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es

$$\Delta\sigma_G = 144 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5 m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,18 \quad ; \quad n = \frac{3 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,35$$

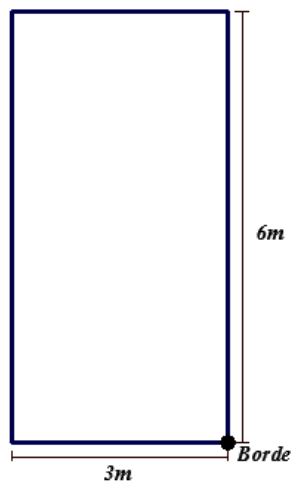
Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,026$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es

$$\Delta\sigma_H = 104 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 3 ; n = \frac{6 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 6$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,247$$

Luego, el esfuerzo producido en "A" es:

$$\Delta\sigma_A = 247 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 1,5 ; n = \frac{6 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 3,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,230$$

Luego, el esfuerzo producido en "B" es:

$$\Delta\sigma_B = 230 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1,0 ; n = \frac{6 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 2,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,200$$

Luego, el esfuerzo producido en "C" es:

$$\Delta\sigma_C = 200 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,75 ; n = \frac{6 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 1,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,170$$

Luego, el esfuerzo producido en "D" es:

$$\Delta\sigma_D = 170 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,6 ; n = \frac{6 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 1,2$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,142$$

Luego, el esfuerzo producido es:

$$\Delta\sigma_E = 142 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,5 ; n = \frac{6 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 1,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,122$$

Luego, el esfuerzo producido en "F" es:

$$\Delta\sigma_F = 122 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,43 ; n = \frac{6 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,85$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,104$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 104 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,35 ; n = \frac{6 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,70$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,078$$

Luego, el esfuerzo producido en “H” es:

$$\Delta\sigma_H = 78 \text{ kPa}$$

c) Esfuerzos geoestáticos

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

• Esfuerzos normales

$$\sigma = \gamma z$$

Esfuerzos a una profundidad de 1m

$$\sigma_A = 16,59 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\sigma_B = 33,18 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\sigma_C = 50,695 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\sigma_D = 69,135 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\sigma_E = 87,58 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\sigma_F = 106,015 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\sigma_G = 124,455 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\sigma_H = 152,115 \text{ kPa}$$

d) Gráfica de círculo de Mohr

Profundidad de 1m

$$\sigma_{vA} = 16,59 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HA} = (16,59 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HA} = 11,065 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 45 + \frac{\varphi}{2}$$

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 2m

$$\sigma_{vB} = 33,18 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HB} = (33,18 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HB} = 22,131 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 3m

$$\sigma_{vC} = 50,695 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HC} = (50,695 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HC} = 21,748 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 4m

$$\sigma_{vD} = 69,135 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HD} = (69,135 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HD} = 29,659 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 5m

$$\sigma_{vE} = 87,58 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HE} = (87,58 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HE} = 37,572 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 6m

$$\sigma_{vF} = 106,015 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HF} = (106,015 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HE} = 45,480 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 7m

$$\sigma_{vG} = 124,455 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HG} = (124,455 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HG} = 53,391 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 8,5 m

$$\sigma_{vH} = 152,115 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HH} = (152,115 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HH} = 65,257 \text{ kPa}$$

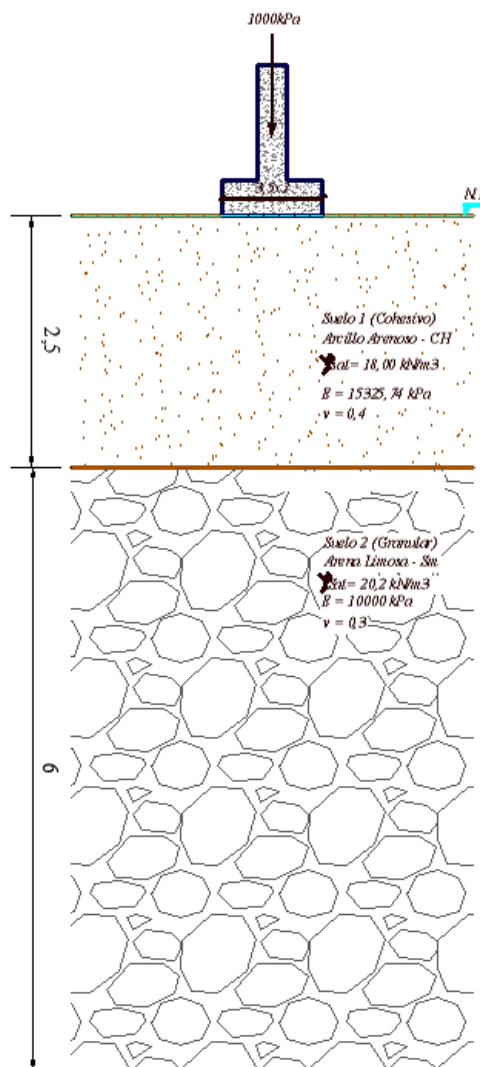
Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de Nivel Freático)

Una columna transmite a una zapata rectangular $3,5\text{ m} \times 7,0\text{ m}$ de concreto soportando una carga de 1000 kPa , incluido su propio peso. La zapata se encuentra sobre un depósito de arena (granular) de 6 m de espesor. Se desea calcular:

- Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- Esfuerzos geoestáticos
- Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.**

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B'} = \frac{2,5 \text{ m}}{1,75 \text{ m}} = 1,43 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Cálculo del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_s = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,190$$

$$F_2 = 0,110$$

Obteniendo un valor de influencia:

$$I_s = 0,2267$$

Cálculo de q

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * I_s * 4$$

$$S_i = 0,0869 \text{ m} = 86,977 \text{ mm} = 8,697 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(1,75 \text{ m} * 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(1,75 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 14,332 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,3353$$

Cálculo de C_1

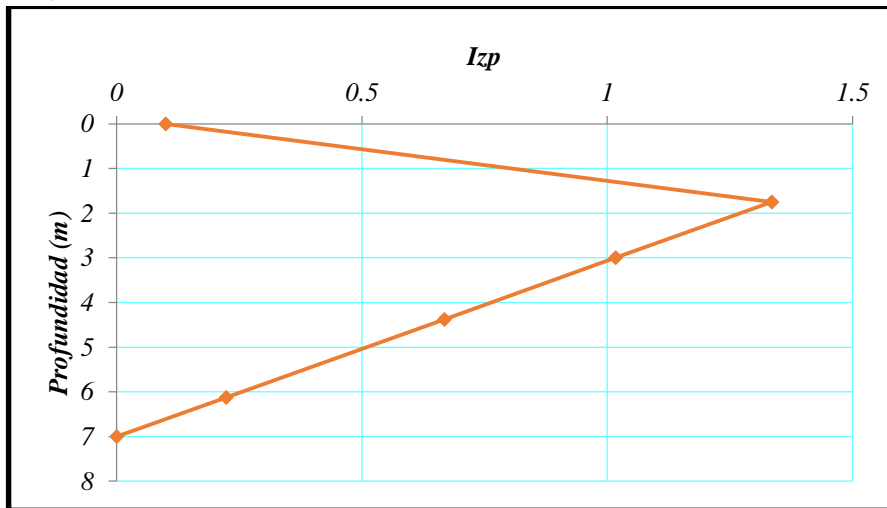
$$C_1 = 1 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 \quad ; \quad t = 0$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 99. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	3,50	3,00	1,00	10000	1,017	1,0170E-04
3,50	5,25	4,38	1,75	10000	0,668	1,1690E-04
5,25	7,00	6,13	1,75	10000	0,223	3,9025E-05
						2,576E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,2576 \text{ m} = 257,6 \text{ mm} = 25,76 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{3,5 \text{ m}} = 0,71 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_s = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}\right)F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,080$$

$$F_2 = 0,102$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_s = 0,114$$

Cálculo de q

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,02187 \text{ m} = 21,870 \text{ mm} = 2,187 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5 \text{ m} * 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) - \left(2,5 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) + \left(1 \text{ m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) - \left(1 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)$$

$$\sigma'_{zp} = 30,865 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,069$$

Cálculo de C_1

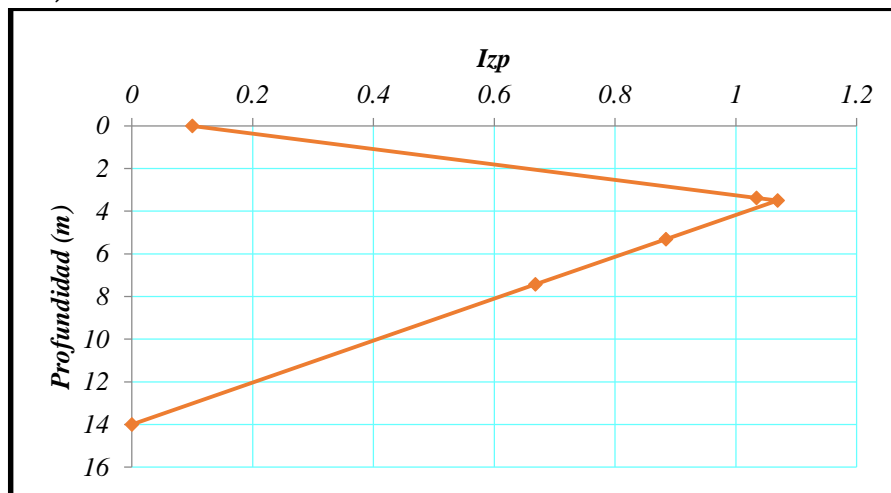
$$C_1 = 0,98 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 100. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata rectangular de dimensiones $3,5m \times 7m$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	4,25	3,375	1,750	10000,00	1,034	1,8095E-04
4,25	6,375	5,3125	2,125	10000,00	0,884	1,8785E-04
6,375	8,50	7,4375	2,125	10000,00	0,668	1,4195E-04
						5,1075E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,12769 m = 127,687 mm = 12,768 cm$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i\ Total\ Centro} = 0,0869\ m + 0,2576\ m = 0,3445\ m$$

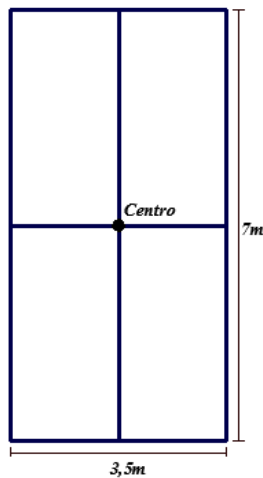
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i\ Total\ Borde} = 0,02187\ m + 0,12769\ m = 0,14956\ m$$

b) Incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$m = \frac{1,75\ m}{1\ m} = 1,75 ; n = \frac{3,5\ m}{1,0\ m} = 3,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,234$$

Luego, el esfuerzo producido en "A" es:

$$\Delta\sigma_A = 936\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$m = \frac{1,75\ m}{2,0\ m} = 0,875 ; n = \frac{3,5\ m}{2,0\ m} = 1,75$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,188$$

Luego, el esfuerzo producido en “B” es:

$$\Delta\sigma_B = 752 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$m = \frac{1,75 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 0,58 ; n = \frac{3,5 \text{ m}}{3,0 \text{ m}} = 1,17$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,138$$

Luego, el esfuerzo producido en “C” es:

$$\Delta\sigma_C = 552 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$m = \frac{1,75 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,43 ; n = \frac{3,5 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,88$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,104$$

Luego, el esfuerzo producido en “D” es:

$$\Delta\sigma_D = 416 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$m = \frac{1,75 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,35 ; n = \frac{3,5 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,7$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,077$$

Luego, el esfuerzo producido en “E” es:

$$\Delta\sigma_E = 308 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$m = \frac{1,75 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,29 ; n = \frac{3,5 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,58$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,059$$

Luego, el esfuerzo producido en “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 236 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$m = \frac{1,75 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,25 ; n = \frac{3,5 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,047$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 188 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$m = \frac{1,75 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,20 ; n = \frac{3,5 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,4$$

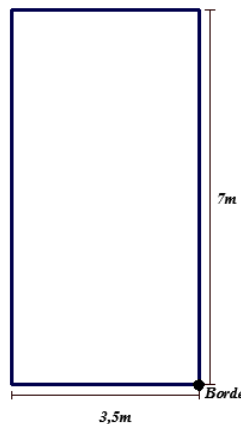
Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,033$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_H = 132 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$m = \frac{3,5 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 3,5 ; n = \frac{7 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 7$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,250$$

Luego, el esfuerzo producido en “A” es:

$$\Delta\sigma_A = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$m = \frac{3,5 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 1,75 ; n = \frac{7 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 3,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,225$$

Luego, el esfuerzo producido en “B” es:

$$\Delta\sigma_B = 225 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$m = \frac{3,5 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1,17 ; n = \frac{7 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 2,33$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,205$$

Luego, el esfuerzo producido en “C” es:

$$\Delta\sigma_C = 205 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$m = \frac{3,5 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,875 ; n = \frac{7 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 1,75$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,186$$

Luego, el esfuerzo producido en “D” es:

$$\Delta\sigma_D = 186 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$m = \frac{3,5 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,7 ; n = \frac{7 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 1,4$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,164$$

Luego, el esfuerzo producido es:

$$\Delta\sigma_E = 164 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$m = \frac{3,5 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,6 ; n = \frac{7 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 1,20$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,142$$

Luego, el esfuerzo producido en “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 142 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$m = \frac{3,5 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,5 ; n = \frac{7 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 1,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,122$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 122 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$m = \frac{3,5 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,4 ; n = \frac{7 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,9$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,099$$

Luego, el esfuerzo producido en “H” es:

$$\Delta\sigma_H = 99 \text{ kPa}$$

c) Esfuerzos geostáticos

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

• **Presión de poros**

$$u = \gamma_w z$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$u_A = 9,81 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$u_B = 19,62 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$u_c = 29,43 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$u_D = 39,24 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$u_E = 49,05 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$u_F = 58,86 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$u_G = 68,67 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$u_H = 83,385 \text{ kPa}$$

• **Esfuerzos efectivos**

$$\sigma' = \gamma z - \gamma_w z$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\sigma'_A = 8,19 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\sigma'_B = 16,38 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\sigma'_C = 25,67 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\sigma'_D = 36,06 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\sigma'_E = 46,45 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\sigma'_F = 56,84 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\sigma'_G = 67,23 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\sigma'_H = 82,815 \text{ kPa}$$

- **Esfuerzos normales**

$$\sigma = \gamma z$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\sigma_A = 18 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\sigma_B = 36 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\sigma_C = 55,10 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\sigma_D = 75,3 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\sigma_E = 95,50 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\sigma_F = 115,7 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\sigma_G = 135,9 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\sigma_H = 166,2 \text{ kPa}$$

d) Gráfica de Circulo de Mohr

Profundidad de 1m

$$\sigma_{vA} = 8,19 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HA} = (8,19 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HA} = 5,463 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 2m

$$\sigma_{vB} = 16,38 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HB} = (16,38 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HB} = 10,925 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 3m

$$\sigma_{vC} = 25,67 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HC} = (25,67 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HC} = 11,012 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 4m

$$\sigma_{vD} = 36,06 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HD} = (36,06 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HD} = 15,470 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 5m

$$\sigma_{vE} = 46,45 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HE} = (46,45 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HE} = 19,927 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 6m

$$\sigma_{vF} = 56,84 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HF} = (56,84 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HF} = 24,384 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 7m

$$\sigma_{vG} = 67,23 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HG} = (67,23 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HG} = 28,842 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 8,5m

$$\sigma_{vH} = 82,815 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HH} = (82,815 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HH} = 35,528 \text{ kPa}$$

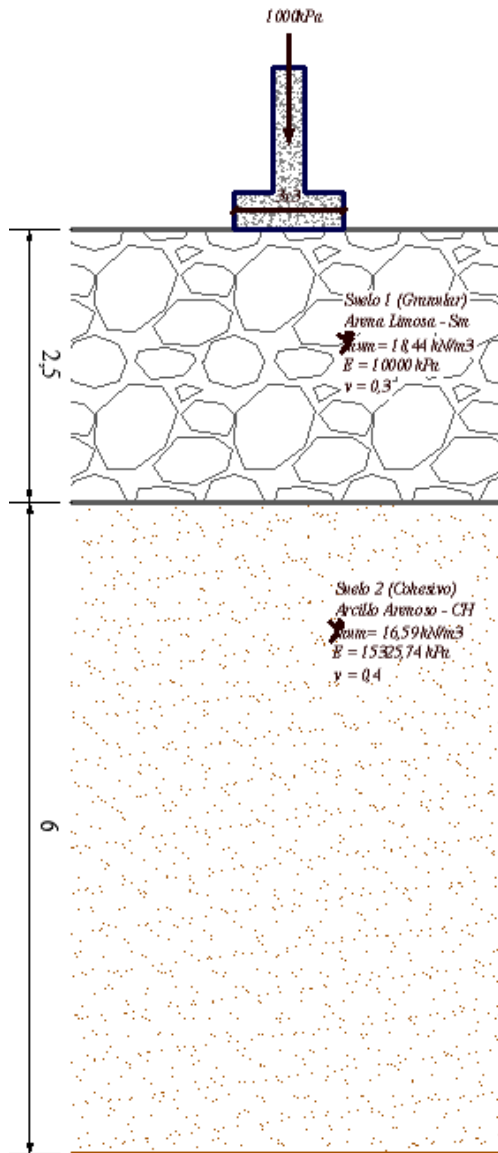
Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de Nivel Freático)

Para la cimentación bajo la condición de carga mostrada de dimensiones $B = L = 3,0 \text{ m}$. Se desea calcular:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.**

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(1,5 \text{ m} * 18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 27,66 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,1012$$

Cálculo de C_1

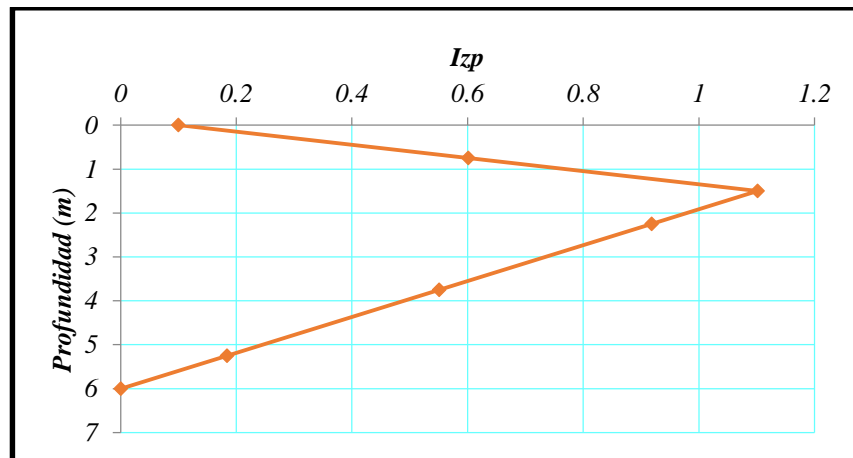
$$C_1 = 1 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 101. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata cuadrada de dimensiones $3m \times 3m$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	1,50	0,75	1,50	10000	0,601	9,0150E-05
1,50	2,50	2,00	1,00	10000	0,979	9,7900E-05
						1,8805E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,18805 \text{ m} = 188,05 \text{ mm} = 18,805 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$D = 2,5 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$\frac{D}{B'} = \frac{8,5 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 5,67 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_{s1} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,460$$

$$F_2 = 0,030$$

Luego, el factor de influencia, es:

$$I_{s1} = 0,470$$

Ahora analizo, como si el primer estrato fuera arcilla:

$$D = H_1$$

Determinación del tipo de espacio:

$$\frac{D}{B'} = \frac{2,5 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 1,67 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,258$$

$$F_2 = 0,078$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,2840$$

Entonces, el factor de influencia actuante es:

$$I_s = 0,470 - 0,2840$$

$$I_s = 0,186$$

Cálculo de q

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,06116 \text{ m} = 60,608 \text{ mm} = 6,0608 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5 \text{ m} * 18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(0,5 \text{ m} * 16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 54,395 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,9287$$

Cálculo de C_1

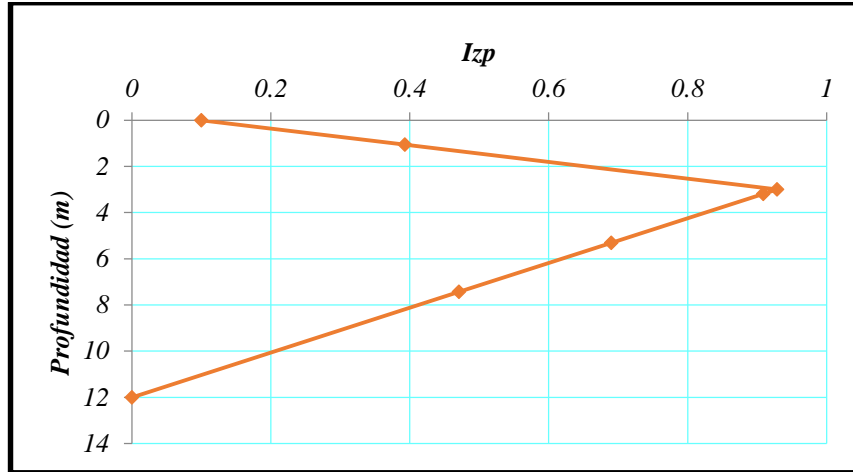
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$C_2 = 1,0 ; t = 0s$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 102. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata cuadrada de dimensiones $3m \times 3m$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,125	1,0625	2,125	10000	0,393	8,3513E-05
2,125	2,50	2,3125	0,375	10000	0,739	2,7713E-05
						1,1123E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$S_i = 0,0278 m = 27,808 mm = 2,781 cm$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$\frac{D}{B} = \frac{8,5 m}{3,0 m} = 2,83 < 10$ (Espacio Finito)

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$I_{s1} = F_1 + \left(\frac{1 - 2v}{1 - v} \right) F_2$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,353$$

$$F_2 = 0,050$$

Luego, el factor de influencia, es:

$$I_{s1} = 0,3697$$

Ahora analizo, como si el primer estrato fuera arcilla:

$$D = H_1$$

Determinación del tipo de espacio:

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5m}{3,0m} = 0,83 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia.

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}\right)F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,10$$

$$F_2 = 0,082$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,1273$$

Entonces, el factor de influencia actuante es:

$$I_s = 0,3697 - 0,1273$$

$$I_s = 0,2424$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,0398 \text{ m} = 39,86 \text{ mm} = 3,98 \text{ cm}$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,18805 \text{ m} + 0,0606 \text{ m} = 0,24865 \text{ m}$$

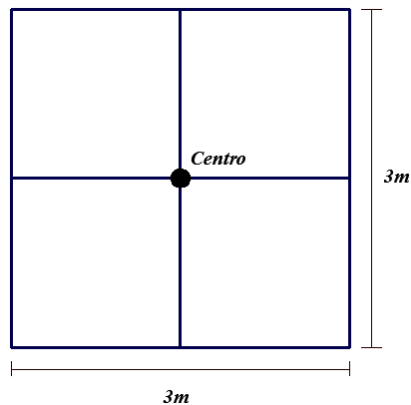
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 0,0278 \text{ m} + 0,0398 \text{ m} = 0,0676 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzos producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 1,5 ; n = \frac{1,5 \text{ m}}{1,0 \text{ m}} = 1,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,218$$

Luego, el esfuerzo producido en "A" es

$$\Delta\sigma_A = 872 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 0,75 ; n = \frac{1,5 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 0,75$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,138$$

Luego, el esfuerzo producido en “B” es:

$$\sigma_B = 552 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 0,5 ; n = \frac{1,5 \text{ m}}{3,0 \text{ m}} = 0,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,085$$

Luego, el esfuerzo producido en “C” es:

$$\Delta\sigma_c = 340 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,4 ; n = \frac{1,5 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,4$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,061$$

Luego, el esfuerzo producido en “D” es:

$$\Delta\sigma_D = 240 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,3 ; n = \frac{1,5 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,3$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,039$$

Luego, el esfuerzo producido en “E” es:

$$\Delta\sigma_E = 156 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,25 ; n = \frac{1,5 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,25$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,028$$

Luego, el esfuerzo producido en “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 112 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m:

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,21 ; n = \frac{1,5 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,21$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,022$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 88 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$m = \frac{1,5 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,17 ; n = \frac{1,5 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,17$$

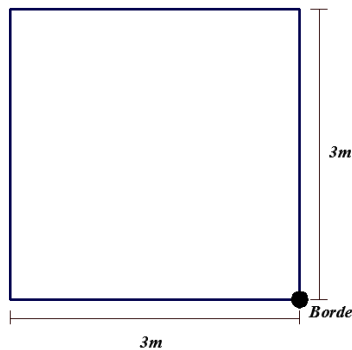
Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,013$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_H = 52 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 3 ; n = \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 3$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,244$$

Luego, el esfuerzo producido en "A" es:

$$\Delta\sigma_A = 244 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$m = \frac{3,0 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 1,5 ; n = \frac{3 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 1,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,217$$

Luego, el esfuerzo producido en "B" es:

$$\Delta\sigma_B = 217 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1,0 ; n = \frac{3 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,178$$

Luego, el esfuerzo producido en "C" es:

$$\Delta\sigma_C = 178 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,75 ; n = \frac{3 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,75$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,140$$

Luego, el esfuerzo producido en “D” es:

$$\Delta\sigma_D = 140 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,6 ; n = \frac{3 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,6$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,108$$

Luego, el esfuerzo producido es:

$$\Delta\sigma_E = 108 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,5 ; n = \frac{3 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,085$$

Luego, el esfuerzo producido en “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 85 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,4 ; n = \frac{3 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,4$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,060$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 60 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$m = \frac{3 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,35 ; n = \frac{3 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,35$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,050$$

Luego, el esfuerzo producido en “H” es:

$$\Delta\sigma_H = 50 \text{ kPa}$$

c) Esfuerzos geostáticos

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

• **Esfuerzos normales**

$$\sigma = \gamma z$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\sigma_A = 18,44 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\sigma_B = 36,88 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\sigma_C = 54,395 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\sigma_D = 70,985 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\sigma_E = 87,575 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\sigma_F = 104,165 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\sigma_G = 120,755 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\sigma_H = 145,64 \text{ kPa}$$

d) Grafica de círculo de Mohr

Profundidad de 1m

$$\sigma_{vA} = 18,44 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,428$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HA} = (18,44 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HA} = 7,911 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 2m

$$\sigma_{vB} = 36,88 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,428$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HB} = (36,88 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HB} = 15,822 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 3m

$$\sigma_{vC} = 54,395 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HC} = (54,395 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HC} = 36,281 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 4m

$$\sigma_{vD} = 70,985 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HD} = (70,985)(0,667)$$

$$\sigma_{HD} = 47,347 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 5m

$$\sigma_{vE} = 87,575 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HE} = (87,575 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HE} = 58,413 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 6m

$$\sigma_{vF} = 104,165 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HF} = (104,165 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HE} = 69,478 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 7m

$$\sigma_{vG} = 120,755 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HG} = (120,755 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HG} = 80,544 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 8,5m

$$\sigma_{vH} = 145,64 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HH} = (145,64 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HH} = 97,142 \text{ kPa}$$

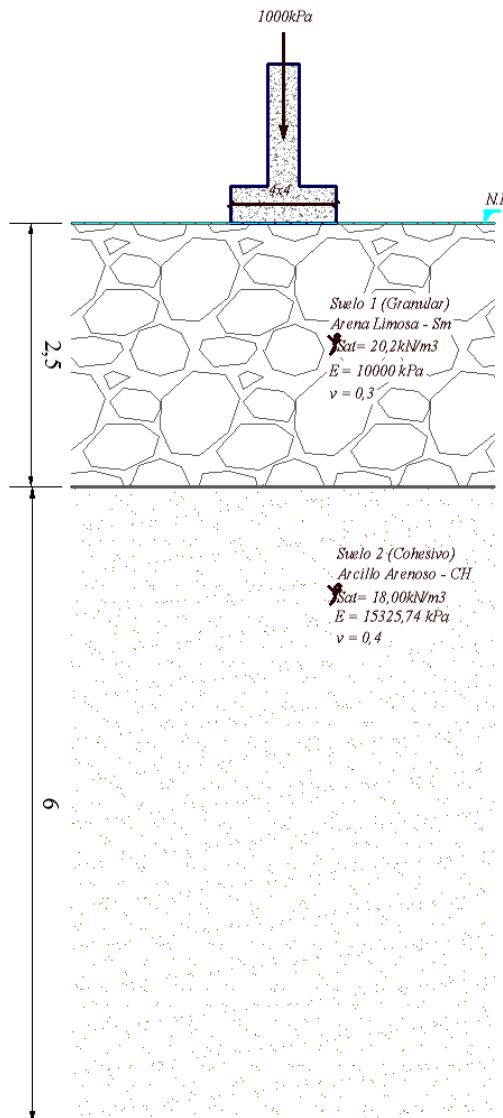
Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Para la cimentación bajo la condición de carga vertical céntrica de 1000 kPa y de dimensiones: $B = L = 4,0 \text{ m}$. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.**

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2 \text{ m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(2 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 20,78 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,1937$$

Cálculo de C_1

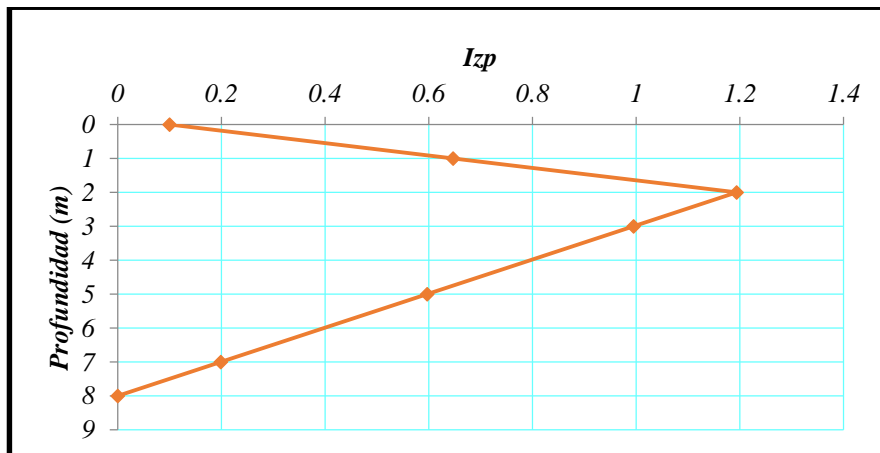
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 103. Gráfica de Smerchmann producida en el centro de una zapata cuadrada de dimensiones $4\text{m} \times 4\text{m}$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,00	1,00	2,00	10000	0,647	1,2940E-04
2,00	2,50	2,25	0,50	10000	1,144	5,7200E-05
						1,866E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,1866 \text{ m} = 186,6 \text{ mm} = 18,66 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$D = 2,5 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$\frac{D}{B'} = \frac{8,5 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 4,25 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_{s1} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,418$$

$$F_2 = 0,038$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s1} = 0,4307$$

Ahora analizo, como si el primer estrato fuera arcilla:

$$D = H_1$$

Determinación del tipo de espacio:

$$\frac{D}{B'} = \frac{2,5 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 1,25 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,170$$

$$F_2 = 0,082$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,1973$$

Entonces, el factor de influencia actuante es:

$$I_s = 0,4307 - 0,1973$$

$$I_s = 0,2334$$

Cálculo de q

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,1023 \text{ m} = 102,341 \text{ mm} = 10,234 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} \left(2,5\text{m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(2,5\text{m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(1,5\text{m} * 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(1,5 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 38,26 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,0112$$

Cálculo de C_1

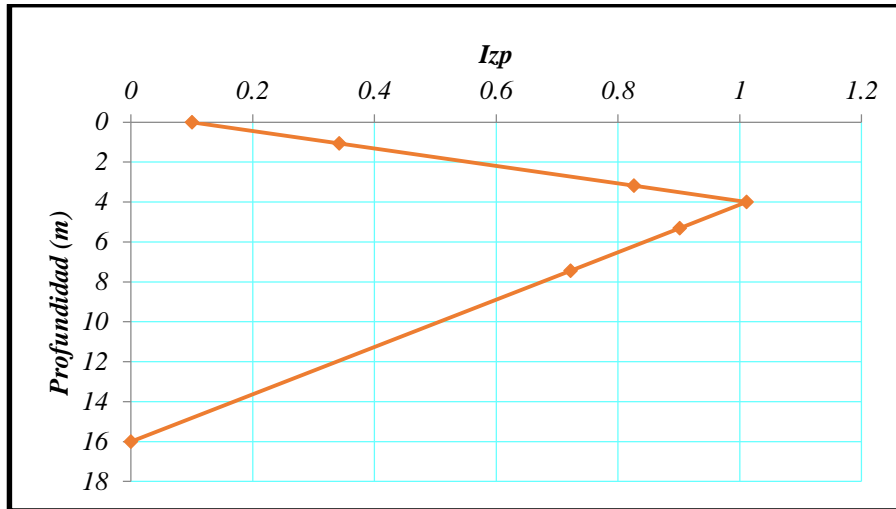
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 \quad ; \quad t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 104. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata cuadrada de dimensiones $4m \times 4m$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,125	1,0625	2,125	10000	0,342	7,2675E-05
2,125	2,50	2,3125	0,375	10000	0,627	2,3513E-05
						9,6188E-05

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,02404 \text{ m} = 24,047 \text{ mm} = 2,405 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{8,5 \text{ m}}{4,0 \text{ m}} = 2,125 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_{s1} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,290$$

$$F_2 = 0,062$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s1} = 0,3107$$

Ahora analizo, como si el primer estrato fuera arcilla:

$$D = H_1$$

Determinación del tipo de espacio:

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5m}{4,0m} = 0,625 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}\right)F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,070$$

$$F_2 = 0,085$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,0983$$

Entonces, el factor de influencia actuante es:

$$I_s = 0,3107 - 0,0983$$

$$I_s = 0,2124$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,04656 \text{ m} = 46,566 \text{ mm} = 4,657 \text{ cm}$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,1866 \text{ m} + 0,1023 \text{ m} = 0,2889 \text{ m}$$

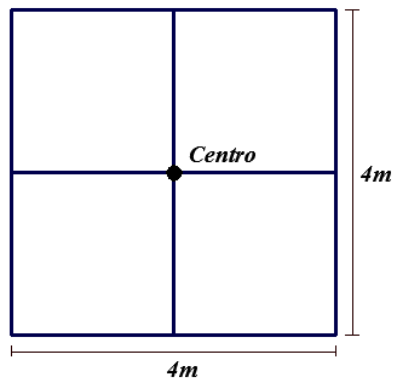
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 0,02404 \text{ m} + 0,04656 \text{ m} = 0,0706 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$m = \frac{2 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 2,0 ; n = \frac{2 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 2,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,233$$

Luego, el esfuerzo producido en “A” es:

$$\Delta\sigma_A = 932 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$m = \frac{2,0 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 1,0 ; n = \frac{2,0 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 1,0$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,176$$

Luego, el esfuerzo producido en “B” es:

$$\Delta\sigma_B = 704 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$m = \frac{2 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 0,67 ; n = \frac{2 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 0,67$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,123$$

Luego, el esfuerzo producido en “C” es:

$$\Delta\sigma_C = 492 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$m = \frac{2 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,5 ; n = \frac{2 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,5$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,085$$

Luego, el esfuerzo producido en “D” es:

$$\Delta\sigma_D = 340 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$m = \frac{2 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,4 ; n = \frac{2 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,4$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,060$$

Luego, el esfuerzo producido en “E” es:

$$\Delta\sigma_E = 240 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$m = \frac{2 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,33 ; n = \frac{2 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,33$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,044$$

Luego, el esfuerzo producido en “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 176 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$m = \frac{2 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,28 ; n = \frac{2 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,28$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,032$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 128 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$m = \frac{2 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,20 ; n = \frac{2 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,20$$

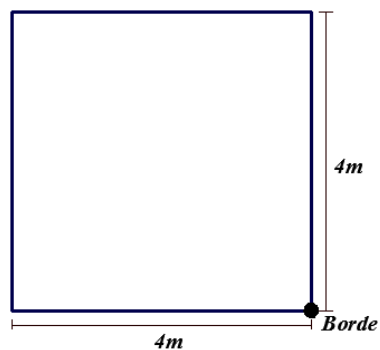
Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,019$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_H = 76 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$m = \frac{4 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 4 ; n = \frac{4 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 4$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,249$$

Luego, el esfuerzo producido en "A" es:

$$\Delta\sigma_A = 249 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$m = \frac{4 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 2 ; n = \frac{4 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 2$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,233$$

Luego, el esfuerzo producido en "B" es:

$$\Delta\sigma_B = 233 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$m = \frac{4 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1,33 ; n = \frac{4 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1,33$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,207$$

Luego, el esfuerzo producido en "C" es:

$$\Delta\sigma_C = 207 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$m = \frac{4 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 1 ; n = \frac{4 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 1$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,179$$

Luego, el esfuerzo producido en "D" es:

$$\Delta\sigma_D = 179 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$m = \frac{4 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,8 ; n = \frac{4 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0,8$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,1492$$

Luego, el esfuerzo producido es:

$$\Delta\sigma_E = 149,2 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$m = \frac{4 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,67 ; n = \frac{4 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,67$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,123$$

Luego, el esfuerzo producido en "F" es:

$$\Delta\sigma_F = 123 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$m = \frac{4 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,57 ; n = \frac{4 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 0,57$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,100$$

Luego, el esfuerzo producido en “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 100 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$m = \frac{4 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,47 ; n = \frac{4 \text{ m}}{8,5 \text{ m}} = 0,47$$

Entonces, se tiene que:

$$I_z = 0,077$$

Luego, el esfuerzo producido en “H” es:

$$\Delta\sigma_H = 77 \text{ kPa}$$

c) Esfuerzos geostáticos

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

- **Esfuerzos normales**

$$\sigma = \gamma z$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\sigma_A = 20,2 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\sigma_B = 40,4 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\sigma_c = 59,5 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\sigma_D = 77,5 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\sigma_E = 95,5 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\sigma_F = 113,5 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\sigma_G = 131,5 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\sigma_H = 158,5 \text{ kPa}$$

• **Presión de poros**

$$u = \gamma_w z$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$u_A = 9,81 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$u_B = 19,62 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$u_c = 29,43 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$u_D = 39,24 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$u_E = 49,05 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$u_F = 58,86 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$u_G = 68,67 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$u_H = 83,385 \text{ kPa}$$

• **Esfuerzos efectivos**

$$\sigma' = \gamma z - \gamma_w z$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\sigma'_A = 10,39 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\sigma'_B = 20,78 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\sigma'_C = 30,07 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\sigma'_D = 38,26 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\sigma'_E = 46,45 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\sigma'_F = 54,64 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\sigma'_G = 62,83 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\sigma'_H = 75,115 \text{ kPa}$$

d) Gráfica de círculo de Mohr

Profundidad de 1m

$$\sigma_{vA} = 10,39 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HA} = (10,39 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HA} = 4,457 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 2m

$$\sigma_{vB} = 20,78 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,429$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HB} = (20,78 \text{ kPa})(0,429)$$

$$\sigma_{HB} = 8,915 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 61^\circ \rightarrow 2\theta = 122^\circ$$

Profundidad de 3m

$$\sigma_{vC} = 30,07 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HC} = (30,07 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HC} = 20,057 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 4m

$$\sigma_{vD} = 38,26 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HD} = (38,26 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HD} = 25,520 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 5m

$$\sigma_{vE} = 46,45 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HE} = (46,45 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HE} = 30,982 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 6m

$$\sigma_{vF} = 54,64 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HF} = (54,64 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HF} = 36,445 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 7m

$$\sigma_{vG} = 62,83 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HG} = (62,83 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HG} = 41,907 \text{ kPa}$$

Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Profundidad de 8,5m

$$\sigma_{vH} = 75,115 \text{ kPa}$$

Se determina la constante K_o

$$K_o = 0,667$$

Se determina el esfuerzo horizontal actuante

$$\sigma_{HH} = (75,115 \text{ kPa})(0,667)$$

$$\sigma_{HH} = 50,102 \text{ kPa}$$

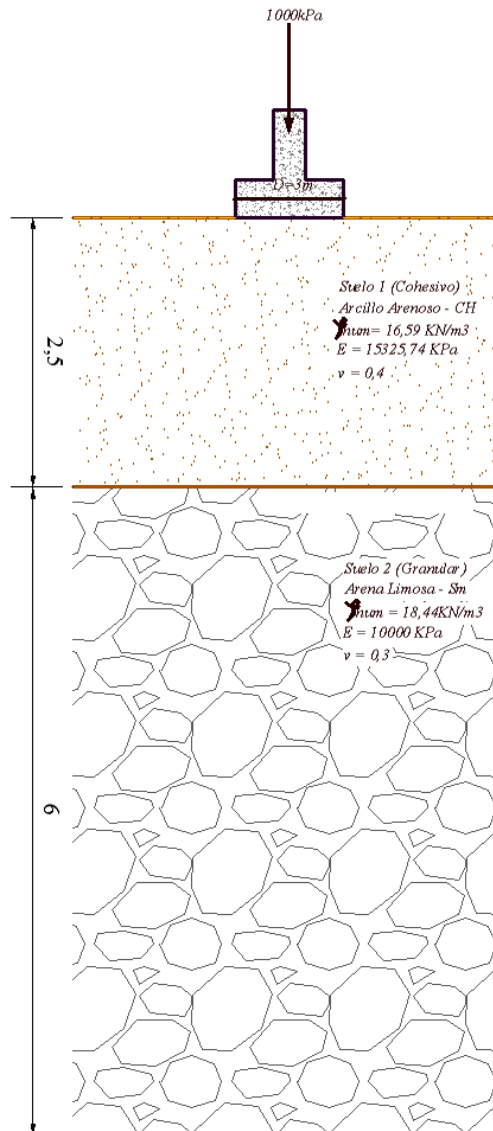
Se determina el ángulo θ producido

$$\theta = 60^\circ \rightarrow 2\theta = 120^\circ$$

Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Se cimentara una edificación de 3 pisos sobre el perfil de suelo indicado en la figura. Para este perfil y los datos dados, determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento**

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5m}{3,0m} = 0,83 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Terzaghi, 1943.

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 1,30 ; \frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,65$$

Interpolando los datos anteriores, se obtiene el factor de influencia:

$$\frac{D}{R} = 1,67 \rightarrow I_s = 0,8005$$

Cálculo de la carga

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * R}{E_s} * I_s$$

$$S_i = 0,07834 \text{ m} = 78,348 \text{ mm} = 7,835 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(1,5 \text{ m} * 16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 24,885 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,1339$$

Cálculo de C_1

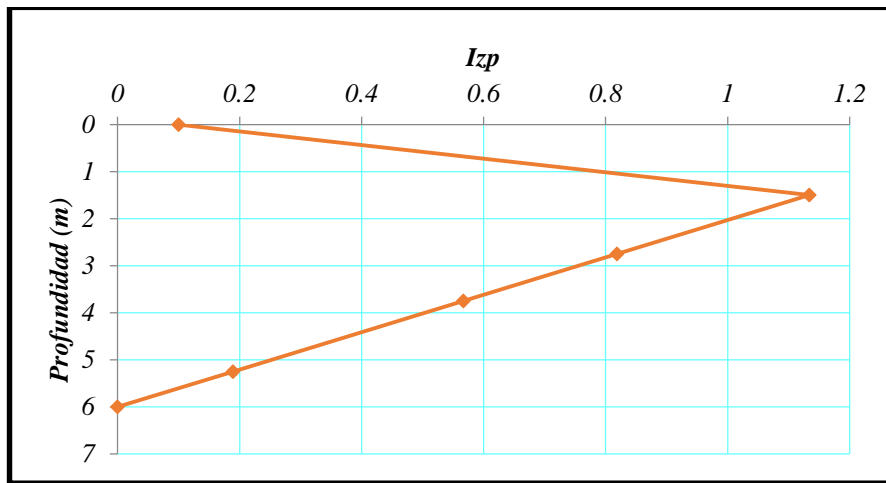
$$C_1 = 1,0$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 \ ; \ t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 105. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata circular de diámetro 3m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	3,00	2,750	0,50	10000	0,819	4,0950E-05
3,00	4,50	3,750	1,50	10000	0,567	8,5050E-05
4,50	6,00	5,250	1,50	10000	0,189	2,8350E-05
						1,5435E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,1543 \text{ m} = 154,35 \text{ mm} = 15,435 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{3,0 \text{ m}} = 1,0 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Terzaghi, 1943.

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 0,76$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,25$$

Al interpolar los datos anteriores, se obtiene el factor de influencia:

$$\frac{D}{R} = 1,67 \rightarrow I_s = 0,368$$

Cálculo de la carga actuante

$$\Delta q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * R}{E_s} * I_s$$

$$S_i = 0,0360 \text{ m} = 36,018 \text{ mm} = 3,602 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(3 \text{ m} * 16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 49,77 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,9482$$

Cálculo de C_1

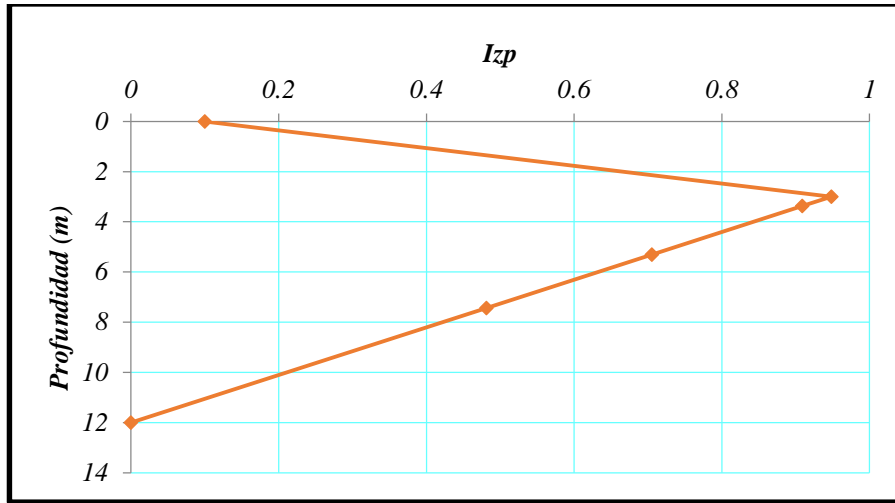
$$C_1 = 1,0$$

Cálculo de C_2

$C_2 = 1,0 ; t = 0s$

Cálculo del asentamiento

Gráfica 106. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata circular de diámetro 3m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	4,25	3,375	1,750	10000	0,909	1,5908E-04
4,25	6,375	5,3125	2,125	10000	0,705	1,4981E-04
6,375	8,50	7,4375	2,125	10000	0,481	1,0221E-04
						4,1110E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right)_i * \Delta z$$

$S_i = 0,1028 m = 102,775 mm = 10,278 cm$

Asentamiento Total producido en el centro:

$S_{i Total Centro} = 0,07834 m + 0,1543 m = 0,23264 m$

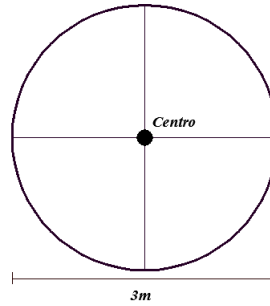
Asentamiento Total producido en el borde:

$S_{i Total Borde} = 0,0360 m + 0,1028 m = 0,1388 m$

b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



$$\Delta\sigma_z = q * \left[1 - \frac{1}{\left[\left(\frac{R}{z} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{3}{2}}} \right]$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 829,32 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 488 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 284,46 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 179,10 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 121,26 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 86,92 \text{ kPa}$$

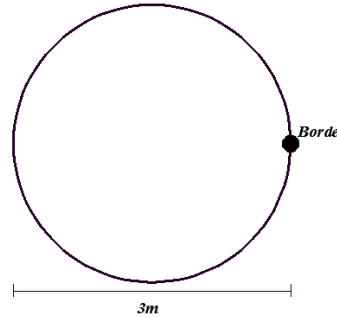
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 65,13 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 44,96 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Nota: Los valores del factor de influencia, son calculados, según Foster y Ahlvin, 1954.

Esfuerzo a una profundidad de 1m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{1m}{1,5m} = 0,67$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,40$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto "A" es:

$$\Delta\sigma_A = 400 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{2m}{1,5m} = 1,33$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,300$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto "B" es:

$$\Delta\sigma_B = 300 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{3m}{1,5m} = 2$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,210$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto "C" es:

$$\Delta\sigma_C = 210 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{4m}{1,5m} = 2,67$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,148$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto "D" es:

$$\Delta\sigma_D = 148 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{5m}{1,5m} = 3,33$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,108$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto "E" es:

$$\Delta\sigma_E = 108 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{6m}{1,5m} = 4$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,078$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 78 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{7m}{1,5m} = 4,67$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,058$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 58 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{8,5 m}{1,5m} = 5,67$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,041$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “G” es:

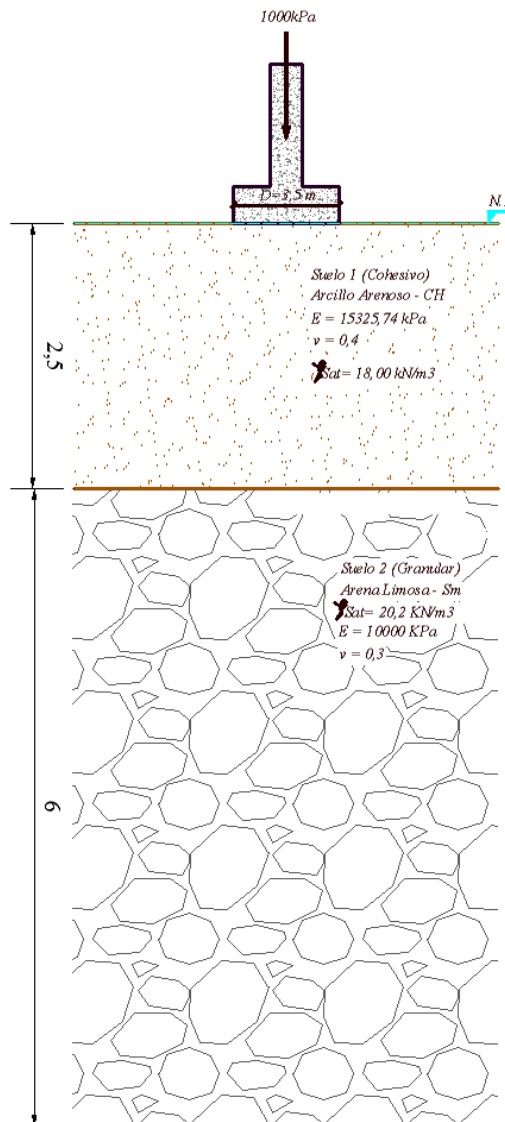
$$\Delta\sigma_H = 41 \text{ kPa}$$

Nota: Los respectivos cálculos de esfuerzos geostáticos y gráficos de círculo de Mohr, corresponden a los valores obtenidos para el ejercicio de “Cimiento rectangular sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

Cimiento circular sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Se tiene una zapata circular de $D = 3,5 \text{ m}$, que se empleara como cimentación de una edificación de 5 pisos. Determinar:

- Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- Esfuerzos geoestáticos
- Gráfica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{3,5 \text{ m}} = 0,71 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Terzaghi, 1943.

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 1,30$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,65$$

Al interpolar, los datos anteriores, se obtiene un valor de factor de influencia igual a:

$$\frac{D}{R} = 1,4286 \rightarrow I_s = 0,7642$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * R}{E_s} * I_s$$

$$S_i = 0,0872 \text{ m} = 87,262 \text{ mm} = 8,726 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(1,75 \text{ m} * 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(1,75 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 14,332 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,3353$$

Cálculo de C_1

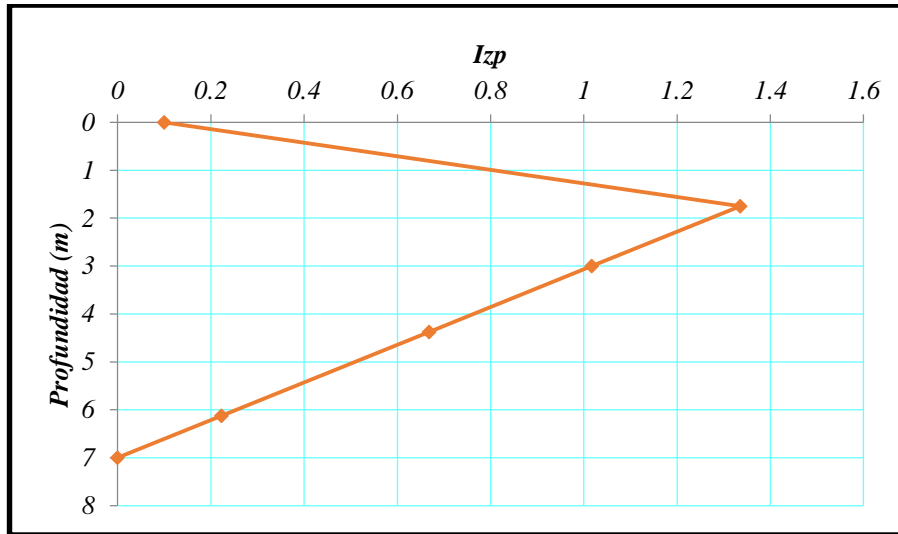
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 107. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata circular de diámetro 3,5m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	3,50	3,000	1,00	10000	1,017	1,0170E-04
3,50	5,25	4,375	1,75	10000	0,668	1,1690E-04
5,25	7,00	6,125	1,75	10000	0,223	3,9025E-05
						2,576E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,2576 \text{ m} = 257,6 \text{ mm} = 25,76 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{3,5 \text{ m}} = 0,71 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Terzaghi, 1943.

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 0,76$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,25$$

Al interpolar los datos anteriores, se obtiene un valor de influencia que es:

$$\frac{D}{R} = \frac{2,5}{1,75} \rightarrow I_s = 0,3396$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * R}{E_s} * I_s$$

$$S_i = 0,03877 \text{ m} = 38,778 \text{ mm} = 3,877 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5 \text{ m} * 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(2,5 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(1 \text{ m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(1 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 30,865 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,0692 \text{ kPa}$$

Cálculo de C_1

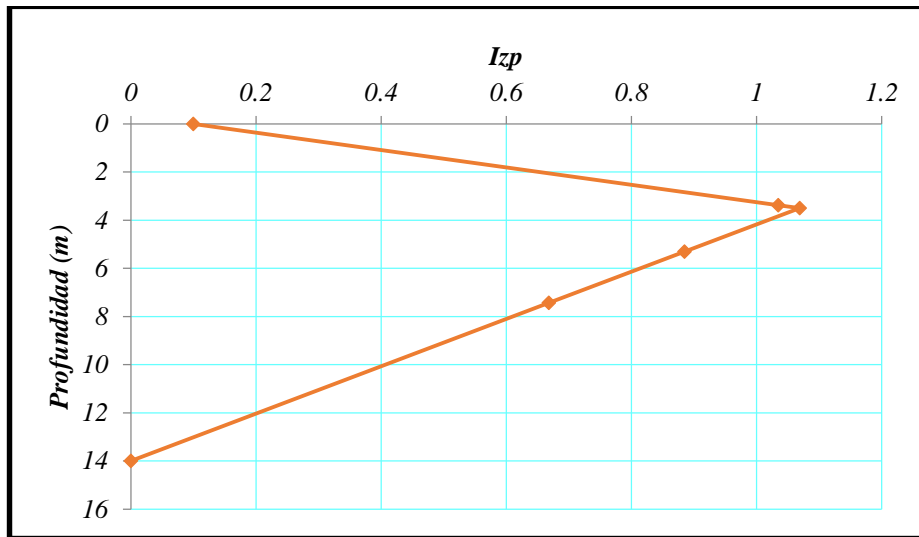
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 108. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata circular de diámetro 3m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	4,25	3,375	1,750	10000	1,035	1,8113E-04
4,25	6,375	5,3125	2,125	10000	0,885	1,8806E-04
6,375	8,50	7,4375	2,125	10000	0,668	1,4195E-04
						5,1114E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,1278 \text{ m} = 127,785 \text{ mm} = 12,778 \text{ cm}$$

Asentamiento total producido en el centro:

$$S_{i\ Total\ Centro} = 0,0872\ m + 0,2576\ m = 0,3448\ m$$

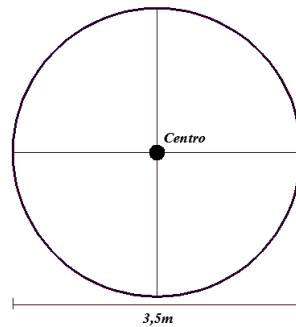
Asentamiento total producido en el borde:

$$S_{i\ Total\ Borde} = 0,03877\ m + 0,1278\ m = 0,16657\ m$$

b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 877,87\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 573,76\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 355,52\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 231,03\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 159,15\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 115,26\ kPa$$

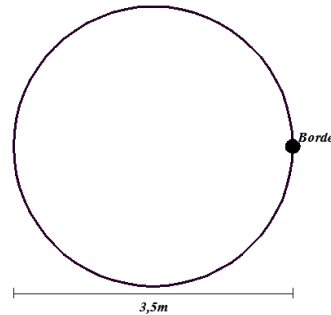
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 86,92 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 60,37 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzo a una profundidad de 1m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{1m}{1,75m} = 0,57$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,405$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto "A" es:

$$\Delta\sigma_A = 405 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{2m}{1,75m} = 1,14$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,310$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto "B" es:

$$\Delta\sigma_B = 310 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{3m}{1,75m} = 1,71$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,240$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “C” es:

$$\Delta\sigma_C = 240 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{4m}{1,75m} = 2,28$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,190$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “D” es:

$$\Delta\sigma_D = 180 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{5m}{1,75m} = 2,86$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,135$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “E” es:

$$\Delta\sigma_E = 135 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{6m}{1,75m} = 3,43$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,100$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 100 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{7m}{1,75m} = 4$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,079$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 79 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{8,5 \text{ m}}{1,5m} = 4,86$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,056$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “G” es:

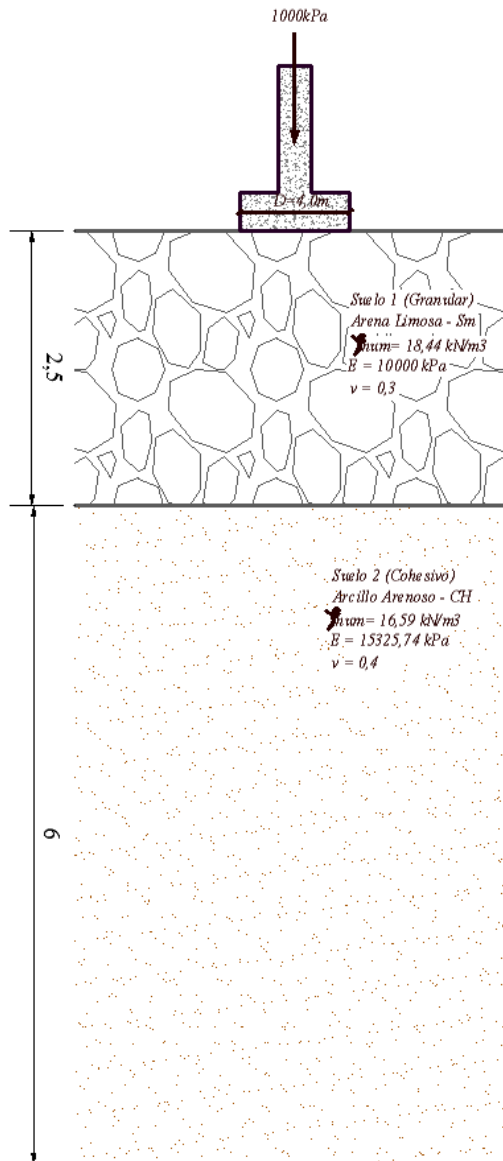
$$\Delta\sigma_H = 56 \text{ kPa}$$

Nota: Los cálculos correspondientes a esfuerzos geostáticos y gráficos de círculo de Mohr, se pueden apreciar en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Una columna transmite a una zapata circular una carga de 1000 kPa , sin incluir su propio peso. Se desea calcular el asentamiento elástico que sufre la zapata. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2 \text{ m} * 18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 36,88 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,0207$$

Cálculo de C_1

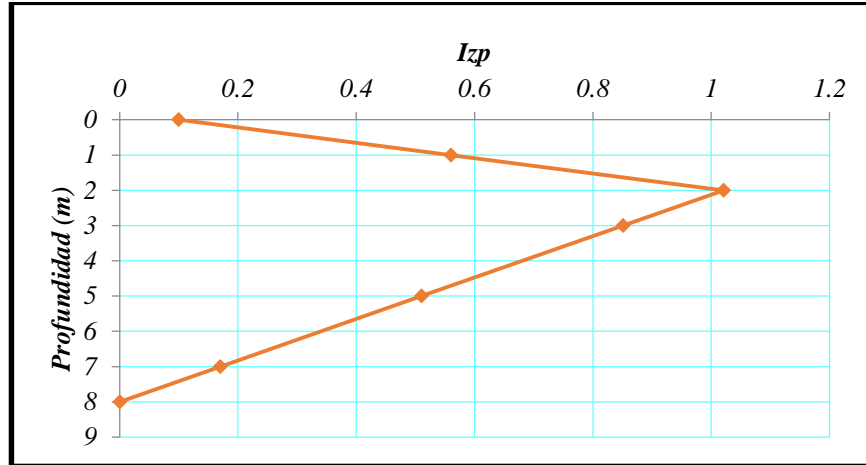
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 109. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata circular de diámetro 4m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,00	1,00	2,00	10000	0,560	1,1200E-04
2,00	2,50	2,25	0,50	10000	0,978	4,8900E-05
						1,609E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,1609 \text{ m} = 160,9 \text{ mm} = 16,09 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

$$D = 2,5 + 6m$$

$$D = 8,5 \text{ m}$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{8,5 \text{ m}}{4,0 \text{ m}} = 2,13 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Terzaghi, 1943.

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 1,30$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,65$$

Al interpolar los datos anteriores, obtengo que el valor del factor de influencia es:

$$\frac{D}{R} = \frac{8,5}{2,0} \rightarrow I_{s1} = 1,1875$$

Analizo el primer estrato como si fuera arcilla

$$D = H_1$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{4,0 \text{ m}} = 0,625 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 1,30$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,65$$

Al interpolar los datos anteriores, obtengo que el valor del factor de influencia es:

$$\frac{D}{R} = \frac{2,5}{2,0} \rightarrow I_{s2} = 0,7375$$

Luego, el factor de influencia total es:

$$I_s = 1,1875 - 0,7375$$

$$I_s = 0,450$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * R}{E_s} * I_s$$

$$S_i = 0,0587 \text{ m} = 58,724 \text{ mm} = 5,87 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5 \text{ m} * 18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(1,5 \text{ m} * 16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 70,985 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,8753$$

Cálculo de C_1

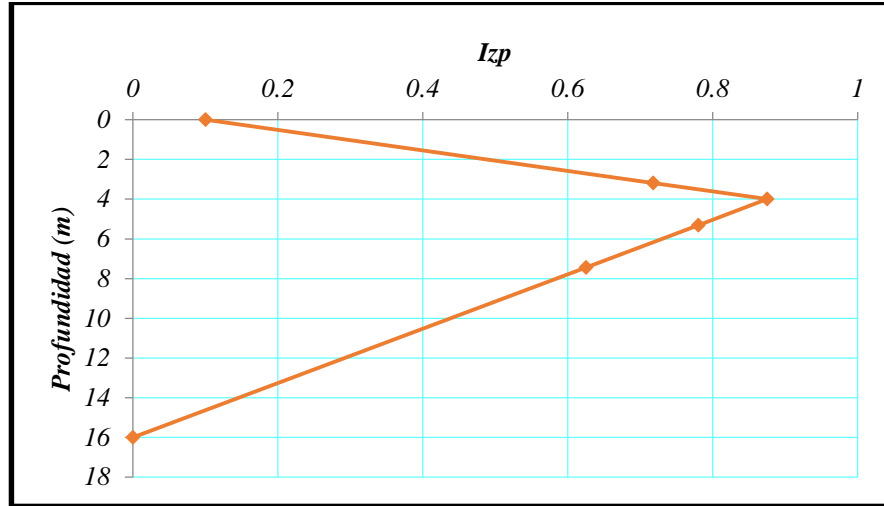
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 110. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata circular de diámetro 4m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,125	1,0625	2,125	10000	0,306	6,5025E-05
2,125	2,50	2,3125	0,375	10000	0,548	2,0550E-05
						8,5575E-05

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,0214 \text{ m} = 21,394 \text{ mm} = 2,140 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

$$D = 2,5 \text{ m} + 6 \text{ m} = 8,5 \text{ m}$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{8,5 \text{ m}}{4,0 \text{ m}} = 2,13 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Terzaghi, 1943.

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 0,76$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,25$$

Al interpolar los datos anteriores, obtengo que el valor del factor de influencia es:

$$\frac{D}{R} = \frac{8,5}{2,0} \rightarrow I_{s1} = 0,6717$$

Analizo el primer estrato como si fuera arcilla

$$D = H_1$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{4,0 \text{ m}} = 0,625 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 0,76$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,25$$

Al interpolar los datos anteriores, obtengo que el valor del factor de influencia es:

$$\frac{D}{R} = \frac{2,5}{2,0} \rightarrow I_{s2} = 0,3186$$

Luego, el factor de influencia total es:

$$I_s = 0,6717 - 0,3186$$

$$I_s = 0,3531$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * R}{E_s} * I_s$$

$$S_i = 0,0461 \text{ m} = 46,080 \text{ mm} = 4,608 \text{ cm}$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,1609 \text{ m} + 0,0587 \text{ m} = 0,2196 \text{ m}$$

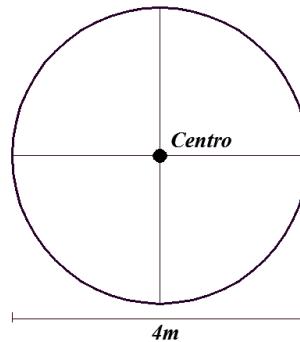
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 0,0214 \text{ m} + 0,0461 \text{ m} = 0,0675 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 910,56 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 646,45 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 423,97 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 284,458 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 199,59 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 146,19 \text{ kPa}$$

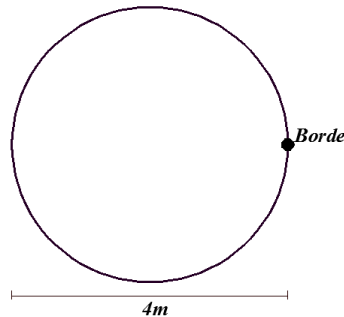
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 111,04 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 77,65 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Nota: Los valores del factor de influencia, son calculados, según Foster y Ahlvin, 1954.

Esfuerzo a una profundidad de 1m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{1m}{2m} = 0,50$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,410$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto "A" es:

$$\Delta\sigma_A = 410 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{2m}{2m} = 1$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,340$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “B” es:

$$\Delta\sigma_B = 340 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{3m}{2m} = 1,5$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,275$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “C” es:

$$\Delta\sigma_C = 275 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{4m}{2m} = 2$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,210$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “D” es:

$$\Delta\sigma_D = 210 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{5m}{2m} = 2,25$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,158$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “E” es:

$$\Delta\sigma_E = 158 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{6m}{2m} = 3$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,120$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 120 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{7m}{2m} = 3,5$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,098$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 98 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{8,5 m}{2m} = 4,25$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,072$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “G” es:

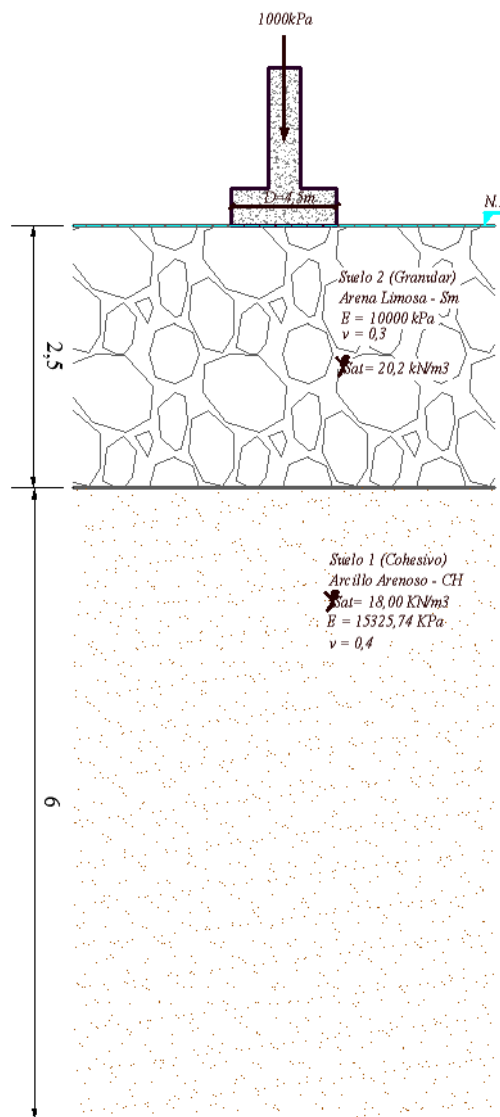
$$\Delta\sigma_H = 72 \text{ kPa}$$

Nota: Los cálculos correspondientes a esfuerzos geostáticos y gráficos de círculo de Mohr se aprecian en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

Cimiento circular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Se desea calcular el asentamiento inmediato de una cimentación circular, con una carga vertical céntrica de 1000 kPa . Determinar:

- Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- Esfuerzos geostáticos
- Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,25 \text{ m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(2,25 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 23,377 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,1540$$

Cálculo de C_1

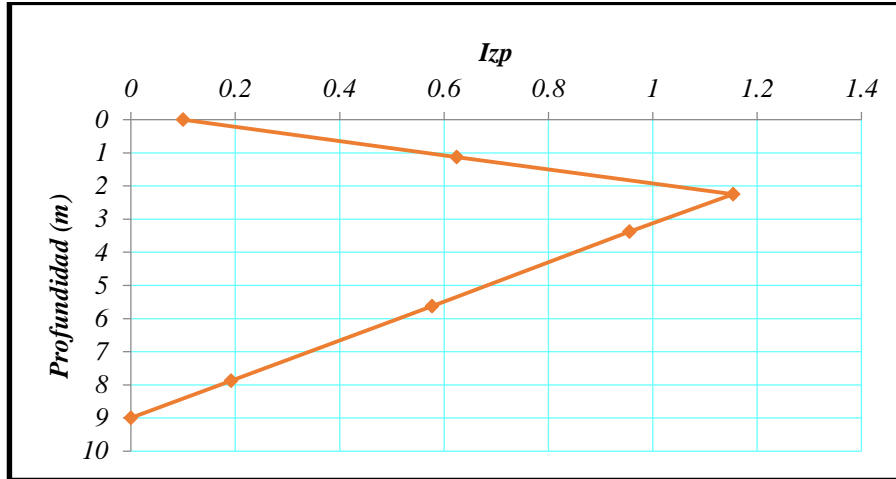
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 111. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata circular de diámetro 4,5m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,25	1,125	2,25	10000	0,624	1,4040E-04
2,25	2,50	2,250	0,25	10000	1,147	2,8675E-05
						1,691E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,1691 \text{ m} = 169,1 \text{ mm} = 16,91 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

$$D = 2,5 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$D = 8,5 \text{ m}$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{8,5 \text{ m}}{4,5 \text{ m}} = 1,89 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Terzaghi, 1943.

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 1,30$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,65$$

Al interpolar los datos anteriores, obtengo que el valor del factor de influencia es:

$$\frac{D}{R} = \frac{8,5}{2,25} \rightarrow I_{s1} = 1,1167$$

Analizo el primer estrato como si fuera arcilla

$$D = H_1$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{4,5 \text{ m}} = 0,56 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 1,30$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,65$$

Al interpolar los datos anteriores, obtengo que el valor del factor de influencia es:

$$\frac{D}{R} = \frac{2,5}{2,25} \rightarrow I_{s2} = 0,7167$$

Luego, el factor de influencia total es:

$$I_s = 1,1167 - 0,7167$$

$$I_s = 0,40$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * R}{E_s} * I_s$$

$$S_i = 0,0587 \text{ m} = 58,725 \text{ mm} = 5,872 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5\text{m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(2,5\text{m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(2\text{m} * 18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(2\text{m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 43,235 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,9809$$

Cálculo de C_1

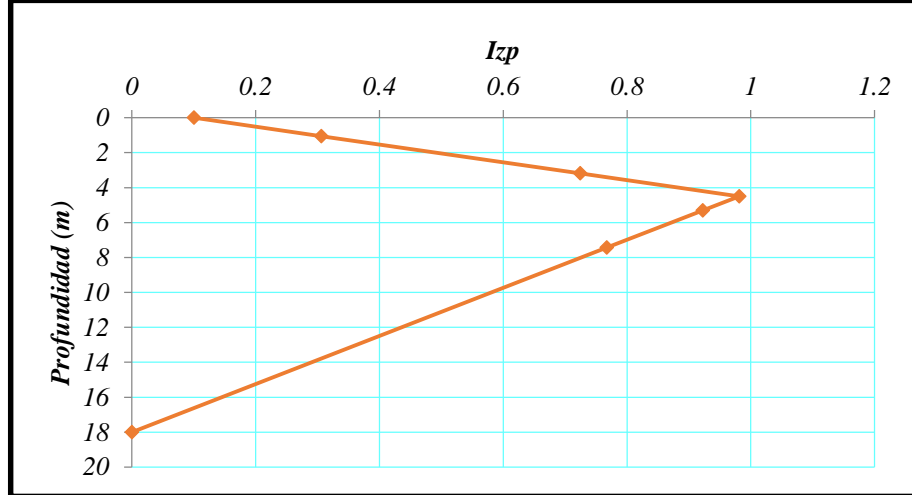
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0\text{s}$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 112. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata circular de diámetro 4,5m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,125	1,0625	2,125	10000	0,306	6,5025E-05
2,125	2,50	2,3125	0,375	10000	0,553	2,0738E-05
						8,5763E-05

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,0214 \text{ m} = 21,441 \text{ mm} = 2,144 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

$$D = 2,5 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$D = 8,5 \text{ m}$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{8,5 \text{ m}}{4,5 \text{ m}} = 1,89 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Terzaghi, 1943.

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 0,76$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,25$$

Al interpolar los datos anteriores, obtengo que el valor del factor de influencia es:

$$\frac{D}{R} = \frac{8,5}{2,25} \rightarrow I_{s1} = 0,6161$$

Analizo el primer estrato como si fuera arcilla

$$D = H_1$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{4,5 \text{ m}} = 0,56 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia

$$\frac{D}{R} = 5 \rightarrow I_s = 0,76$$

$$\frac{D}{R} = \frac{2}{3} \rightarrow I_s = 0,25$$

Al interpolar los datos anteriores, obtengo que el valor del factor de influencia es:

$$\frac{D}{R} = \frac{2,5}{2,25} \rightarrow I_{s2} = 0,3023$$

Luego, el factor de influencia total es:

$$I_s = 0,6161 - 0,3023$$

$$I_s = 0,3138$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento producido

$$S_i = \frac{q * R}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,0461 \text{ m} = 46,070 \text{ mm} = 4,607 \text{ cm}$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,1691 \text{ m} + 0,0587 \text{ m} = 0,2278 \text{ m}$$

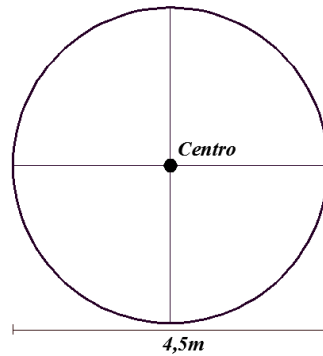
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 0,0214 \text{ m} + 0,0461 \text{ m} = 0,0675 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 933,01 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 706,76 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 488 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 337,91 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 241,64 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 179,11 \text{ kPa}$$

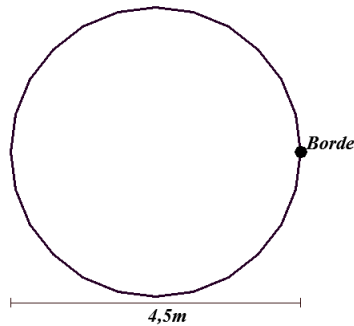
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 137,12 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 96,60 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Nota: Los valores del factor de influencia, son calculados, según Foster y Ahlvin, 1954.

Esfuerzo a una profundidad de 1m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{1m}{2,25m} = 0,44$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,430$$

Luego, el esfuerzo producido en "A" es:

$$\Delta\sigma_A = 430 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{2m}{2,25m} = 0,90$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,360$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “B” es:

$$\Delta\sigma_B = 360 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{3m}{2,25m} = 1,33$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,300$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “C” es:

$$\Delta\sigma_C = 300 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{4m}{2,25m} = 1,78$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,240$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “D” es:

$$\Delta\sigma_D = 240 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{5m}{2,25m} = 2,22$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,190$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “E” es:

$$\Delta\sigma_E = 190 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{6m}{2,25 m} = 2,67$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,150$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “F” es:

$$\Delta\sigma_F = 150 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{7m}{2,25 m} = 3,11$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,120$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “G” es:

$$\Delta\sigma_G = 120 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

Se tiene que:

$$\frac{r}{R} = 1 ; \frac{z}{R} = \frac{8,5 m}{2,25 m} = 3,8$$

Entonces, el factor de influencia es:

$$I_z = 0,085$$

Luego, el esfuerzo producido en el punto “G” es:

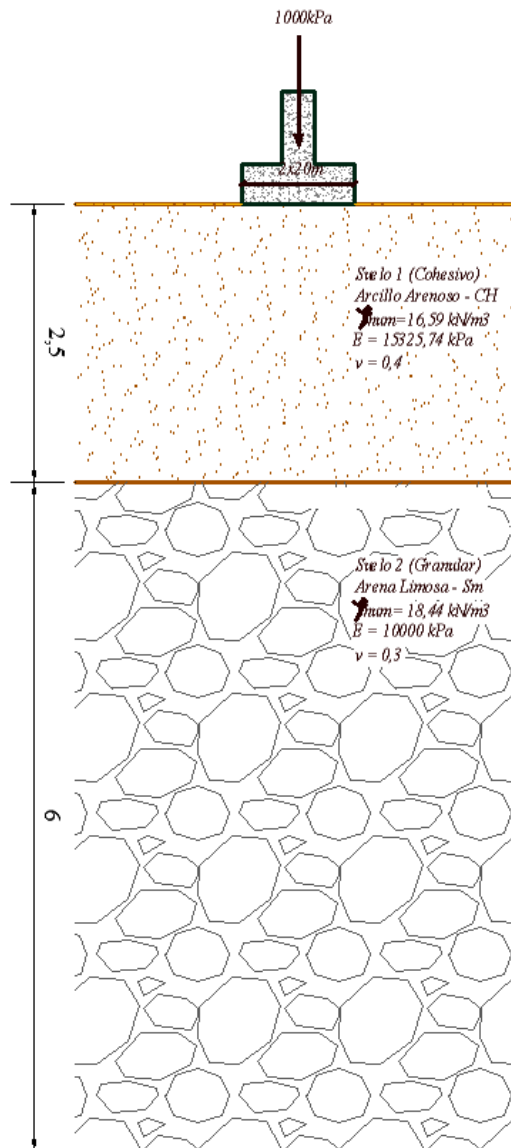
$$\Delta\sigma_H = 85 \text{ kPa}$$

Nota: Los cálculos correspondientes a esfuerzos geostáticos y gráficos de círculo de Mohr se pueden ver en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Se tiene una zapata continua de dimensiones $2\text{ m} \times 20\text{ m}$, calcular el asentamiento elástico de la zapata. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.**

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B'} = \frac{2,5 \text{ m}}{1,0 \text{ m}} = 2,5 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_s = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,340$$

$$F_2 = 0,150$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_s = 0,390$$

Cálculo de q

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,0855 \text{ m} = 85,503 \text{ mm} = 8,550 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2 \text{ m} * 16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 33,18 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,0489$$

Cálculo de C_1

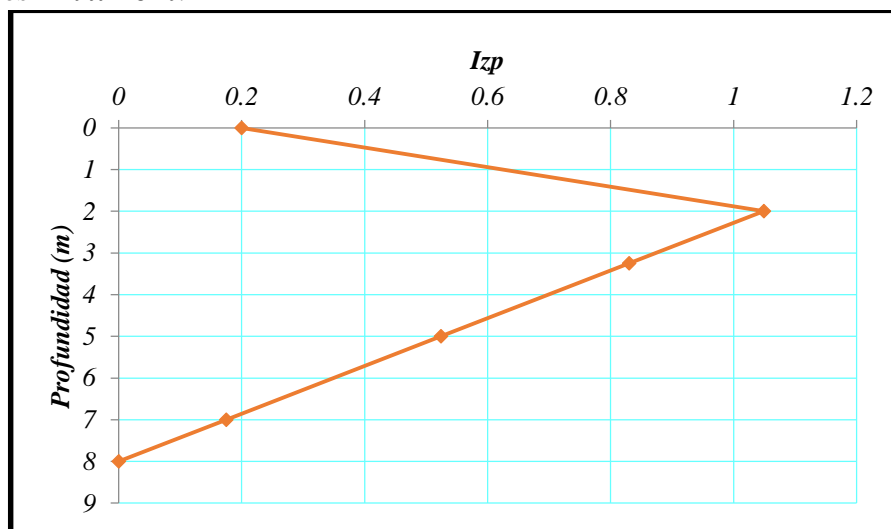
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 113. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones 2m x 20m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	4,00	3,25	1,50	10000	0,830	1,2450E-04
4,00	6,00	5,00	2,00	10000	0,524	1,0480E-04
6,00	8,00	7,00	2,00	10000	0,175	3,5000E-05
						2,6430E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,2643 \text{ m} = 264,3 \text{ mm} = 26,43 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 1,25 < 10 \quad (\text{Espacio Finito})$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_s = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,170$$

$$F_2 = 0,142$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_s = 0,2173$$

Cálculo de q

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,02382 \text{ m} = 23,820 \text{ mm} = 2,382 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5 \text{ m} * 16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(1,5 \text{ m} * 18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 69,135 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,8803$$

Cálculo de C_1

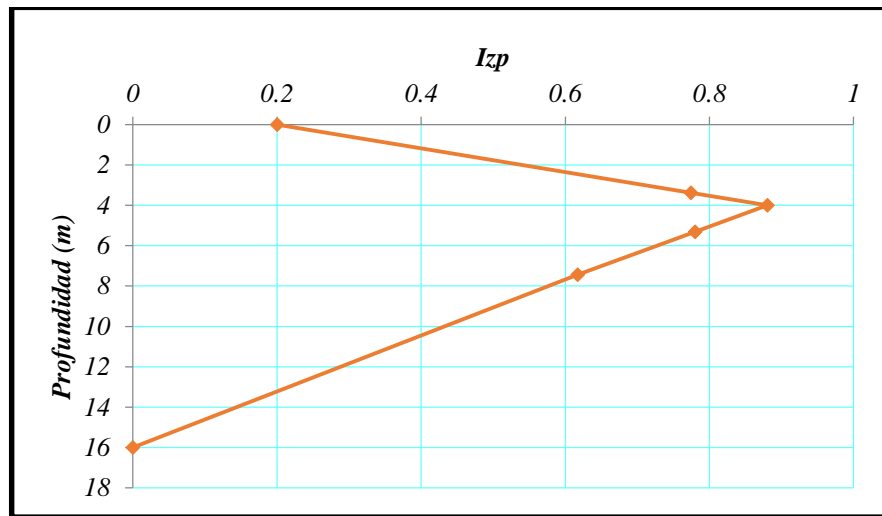
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 114. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata continua de dimensiones $2m \times 20m$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	4,25	3,375	1,750	10000	0,774	1,3545E-04
4,25	6,375	5,3125	2,125	10000	0,780	1,6575E-04
6,375	8,50	7,4375	2,125	10000	0,617	1,3111E-04
						4,3231E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z / 4$$

$$S_i = 0,108 m = 108,077 mm = 10,808 cm$$

Asentamiento total producido en el centro del cimiento:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,0855 m + 0,2643 m = 0,3498 m$$

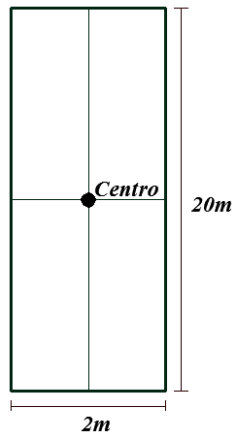
Asentamiento total producido en el borde del cimiento:

$$S_{i\ Total\ Borde} = 0,02382\ m + 0,108\ m = 0,13182\ m$$

b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} * \left[\tan^{-1} \left(\frac{z}{x-b} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{z}{x+b} \right) - \frac{2bz(x^2 - z^2 - b^2)}{(x^2 + z^2 - b^2)^2 + 4b^2z^2} + \pi \right]$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 818,310\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 549,815\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 395,818\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 305,751\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 248,093\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 203,282 \text{ kPa}$$

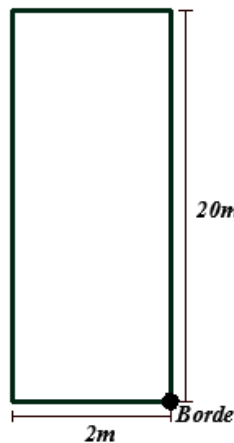
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 179,461 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 148,427 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} * \left[\tan^{-1} \left(\frac{z}{x-b} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{z}{x+b} \right) - \frac{2bz(x^2 - z^2 - b^2)}{(x^2 + z^2 - b^2)^2 + 4b^2z^2} + \frac{\pi}{2} \right]$$

Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 479,740 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 409,155 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 334,080 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 274,907 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 230,881 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 197,910 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 172,667 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

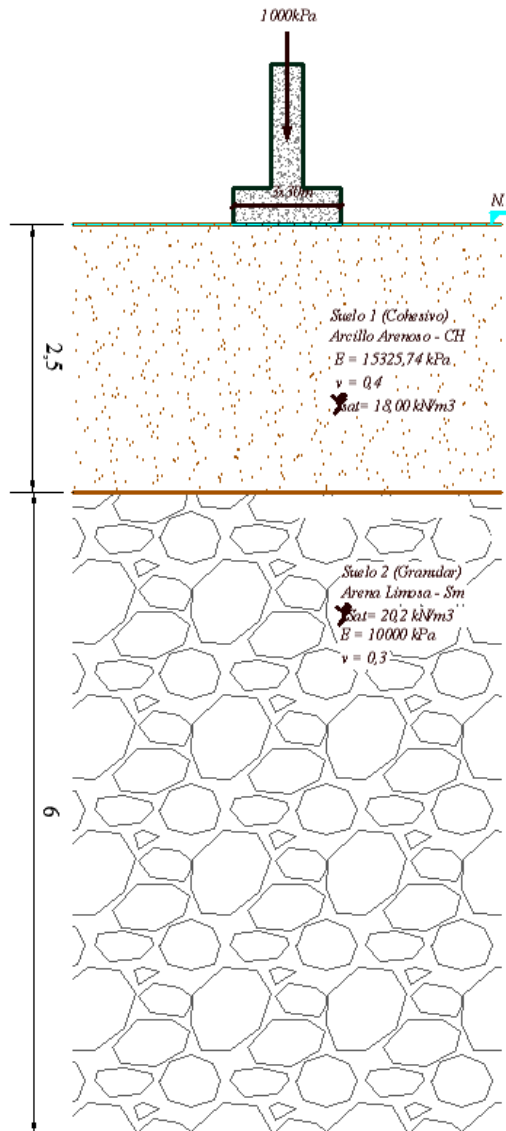
$$\Delta\sigma_H = 152,876 \text{ kPa}$$

Nota: Los respectivos cálculos de esfuerzos geoestáticos y gráficos de círculo de Mohr se aprecian en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Se desea calcular el asentamiento inmediato producido en el cimiento de dimensiones: $3\text{ m} \times 30\text{ m}$. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Gráfica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.**

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B'} = \frac{2,5 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 1,67 < 10 \text{ (Espacio Finito)}$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_s = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,227$$

$$F_2 = 0,150$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_s = 0,277$$

Cálculo de q

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,09109 \text{ m} = 91,094 \text{ mm} = 9,110 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5 \text{ m} * 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(2,5 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(0,5 \text{ m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(0,5 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 25,67 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,1241$$

Cálculo de C_1

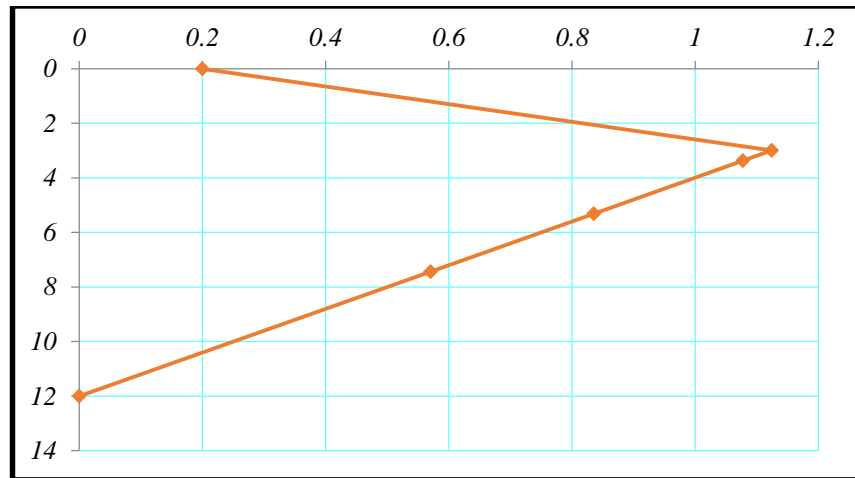
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 115. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones $3m \times 30m$.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	4,25	3,3750	1,750	10000	1,077	1,8848E-04
4,25	6,375	5,3125	2,125	10000	0,835	1,7744E-04
6,375	8,50	7,4375	2,125	10000	0,570	1,2113E-04
						4,870E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,487 \text{ m} = 487 \text{ mm} = 48,7 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$\frac{D_f}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{3,0 \text{ m}} = 0,83 < 10 \quad (\text{Espacio Finito})$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_s = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,090$$

$$F_2 = 0,130$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_s = 0,1333$$

Cálculo de q

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,02191 \text{ m} = 21,918 \text{ mm} = 2,19 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5\text{m} * 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(2,5\text{m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(3,5\text{m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(3,5\text{m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\sigma'_{zp} = 56,84 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,9194$$

Cálculo de C_1

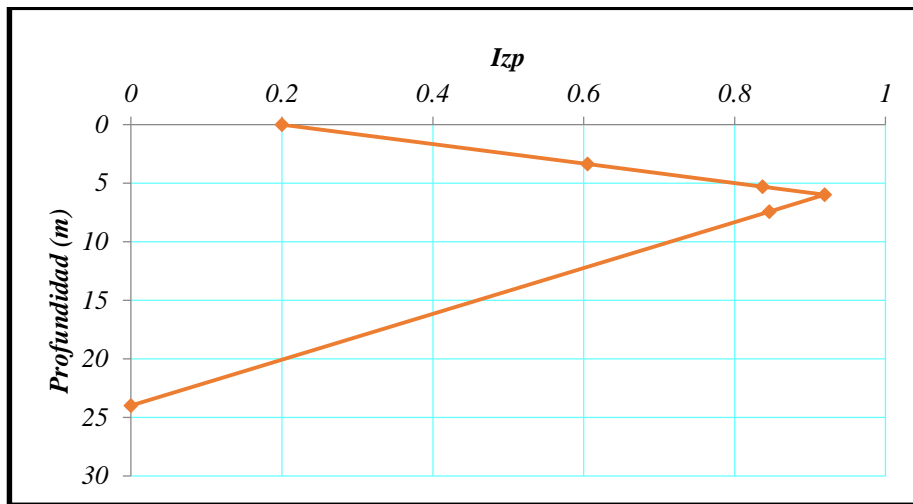
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 116. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata continua de dimensiones 3m x 30m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
2,50	4,25	3,375	1,750	10000	0,605	1,0588E-04
4,25	6,375	5,3125	2,125	10000	0,837	1,7786E-04
6,375	8,50	7,4375	2,125	10000	0,846	1,7978E-04
						4,6351E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,1158 \text{ m} = 115,878 \text{ mm} = 11,588 \text{ cm}$$

Asentamiento producido en el centro de cimiento:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,09109 \text{ m} + 0,487 \text{ m} = 0,5781 \text{ m}$$

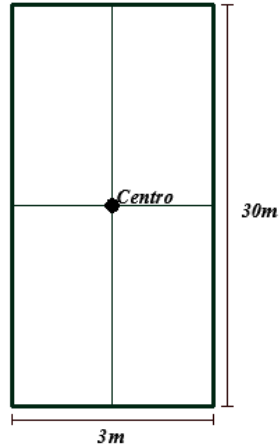
Asentamiento producido en el borde del cimiento:

$$S_{i \text{ Tital Borde}} = 0,02191 \text{ m} + 0,1158 \text{ m} = 0,13771 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 919,490 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 715,243 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 549,815 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 437,700 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 360,764 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 305,751 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 264,816 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 220,151 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 493,076 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 459,745 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 409,155 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 357,621 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 312,452 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 274,907 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 244,131 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

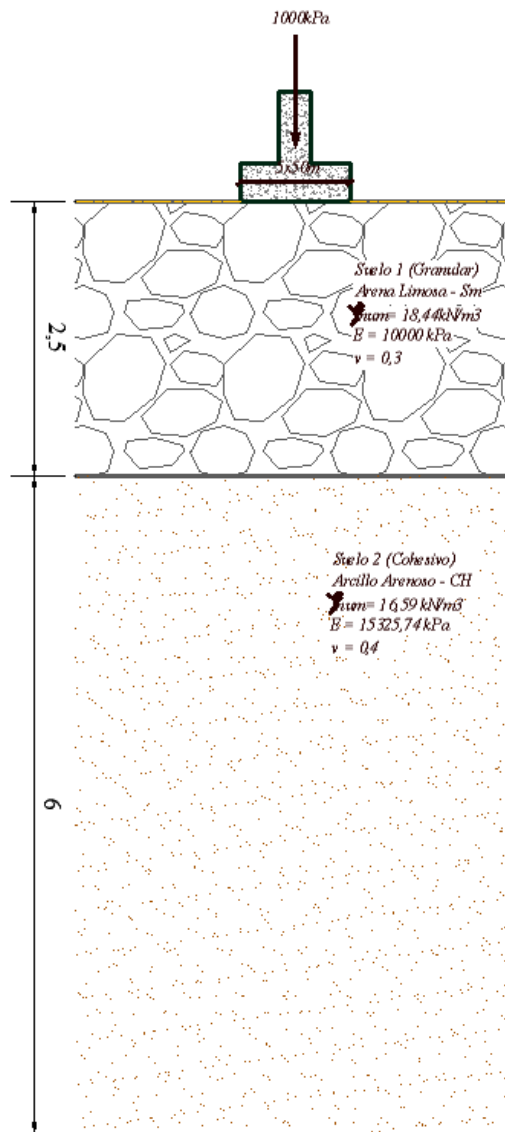
$$\Delta\sigma_H = 207,901 \text{ kPa}$$

Nota: Los respectivos cálculos de esfuerzos geoestáticos y gráficos de círculo de Mohr se aprecian en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Se tiene el siguiente cimiento continuo de $5\text{ m} \times 50\text{ cm}$ y se pide calcular el asentamiento inmediato producido en la zapata. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.**

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5 \text{ m} * 18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) + \left(2,5 \text{ m} * 16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)$$

$$\sigma'_{zp} = 87,58 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,8380$$

Cálculo de C_1

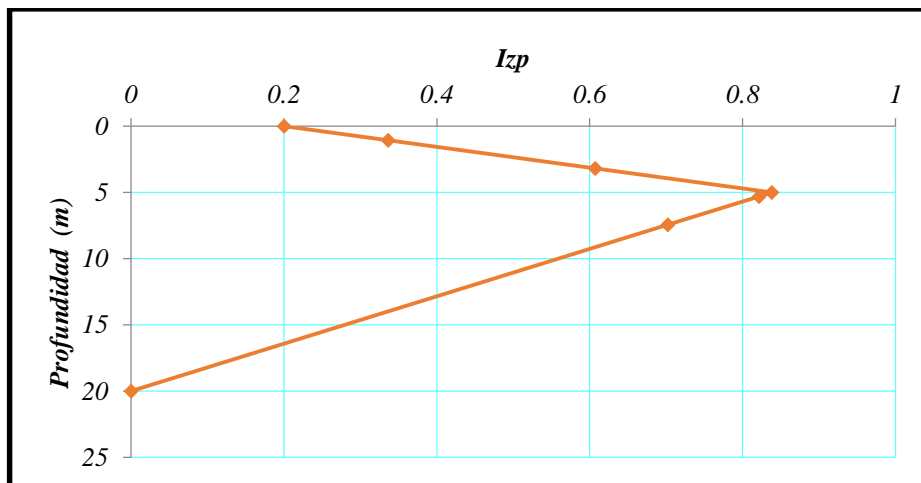
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 117. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones 5m x 50m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,125	1,0625	2,125	10000	0,336	7,1400E-05
2,125	2,50	2,3125	0,375	10000	0,495	1,8563E-05
						8,996E-05

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,0899 \text{ m} = 89,96 \text{ mm} = 8,996 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimient (Suelo cohesivo)

Tipo de espacio

$$D = 2,5 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$D = 8,5 \text{ m}$$

$$\frac{D}{B'} = \frac{8,5 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 3,4 > 10 \quad (\text{Espacio finito})$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_{s1} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,425$$

$$F_2 = 0,150$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s1} = 0,475$$

Ahora, analizo como si el primer estrato fuera arcilla

$$D = H_1$$

Determinación del tipo de espacio:

$$\frac{D}{B'} = \frac{2,5 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 1,0 < 10 \quad (\text{Espacio Finito})$$

Determinación del factor de influencia

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1-2\nu}{1-\nu}\right)F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,130$$

$$F_2 = 0,130$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,1733$$

Entonces, el factor de influencia actuante es:

$$I_s = 0,4750 - 0,1733$$

$$I_s = 0,3017$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,1654 \text{ m} = 165,361 \text{ mm} = 16,536 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5 \text{ m} * 18,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) + \left(6 \text{ m} * 16,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)$$

$$\sigma'_{zp} = 145,64 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,7620$$

Cálculo de C_1

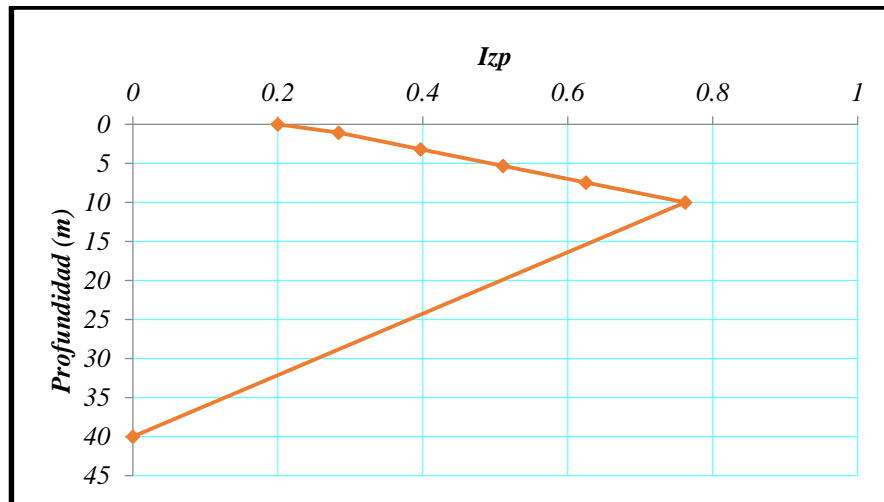
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 118. Gráfica de Smertchmann producida en el borde de una zapata continua de dimensiones 5m x 50m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,125	1,0625	2,125	10000	0,284	6,0350E-05
2,125	2,50	2,3125	0,375	10000	0,351	1,3163E-05
						7,3513E-05

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,0184 \text{ m} = 18,378 \text{ mm} = 1,837 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

$$D = 2,5 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$D = 8,5 \text{ m}$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{8,5 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 1,7 < 10 \quad (\text{Espacio finito})$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_{s1} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}\right)F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,225$$

$$F_2 = 0,150$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s1} = 0,275$$

Ahora, analizo como si el primer estrato fuera arcilla

$$D = H_1$$

Determinación del tipo de espacio:

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{5,0 \text{ m}} = 0,5 < 10 \quad (\text{Espacio Finito})$$

Determinación del factor de influencia

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}\right)F_2$$

Entonces, se tiene que:

$$F_1 = 0,045$$

$$F_2 = 0,090$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,075$$

Entonces, el factor de influencia actuante es:

$$I_s = 0,275 - 0,075$$

$$I_s = 0,200$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,0548 \text{ m} = 54,810 \text{ mm} = 5,481 \text{ cm}$$

Asentamiento producido en el centro de cimiento:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,0899 \text{ m} + 0,1654 \text{ m} = 0,2553 \text{ m}$$

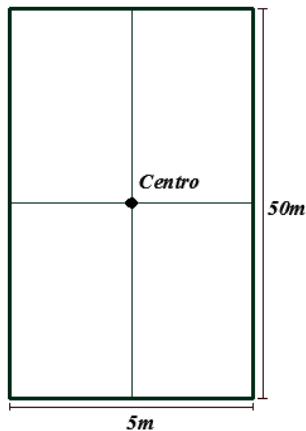
Asentamiento producido en el borde del cimiento:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 0,0184 \text{ m} + 0,0548 \text{ m} = 0,0732 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 977,286 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 880,992 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 755,376 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 641,736 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 549,815 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 477,351 \text{ kPa}$$

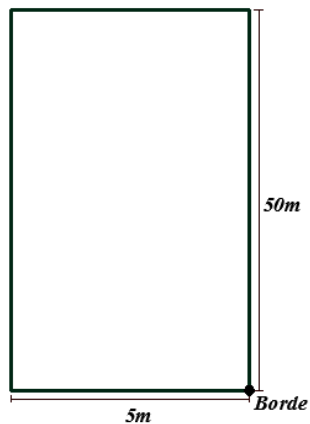
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 420,020 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 354,440 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 498,381 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 488,643 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 468,410 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 440,496 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 409,155 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 377,688 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 347,983 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

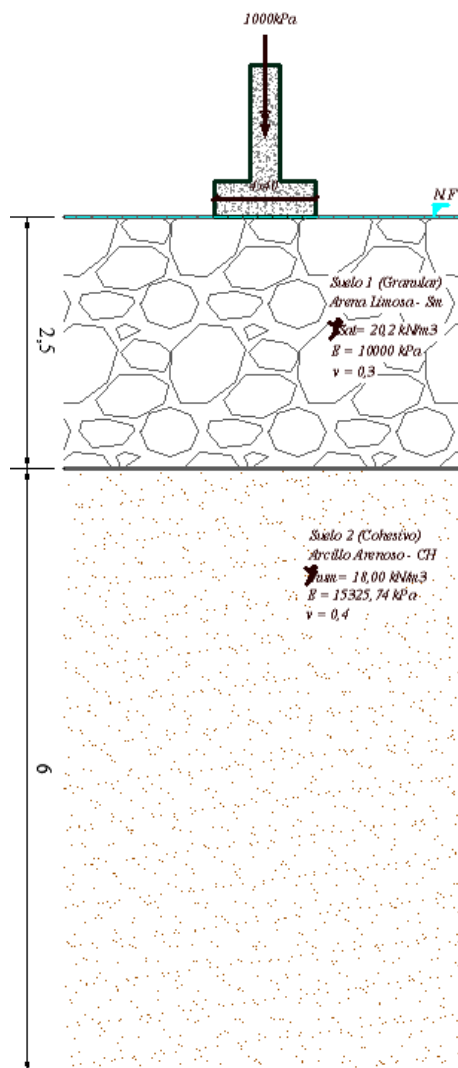
$$\Delta\sigma_H = 308,360 \text{ kPa}$$

Nota: Los cálculos de esfuerzos geostáticos y gráficos de círculo de Mohr se observan en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

Cimiento continuo apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Se pide calcular el asentamiento inmediato producido por el cimiento de dimensiones $4\text{ m} \times 40\text{ m}$, el cual será empleado para soportar una estructura de 6 pisos. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) **Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.**

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5m * 20,2 \frac{kN}{m^3}\right) - \left(2,5m * 9,81 \frac{kN}{m^3}\right) + \left(1,5m * 18 \frac{kN}{m^3}\right) - \left(1,5m * 9,81 \frac{kN}{m^3}\right)$$

$$\sigma'_{zp} = 38,26 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 1,0112$$

Cálculo de C_1

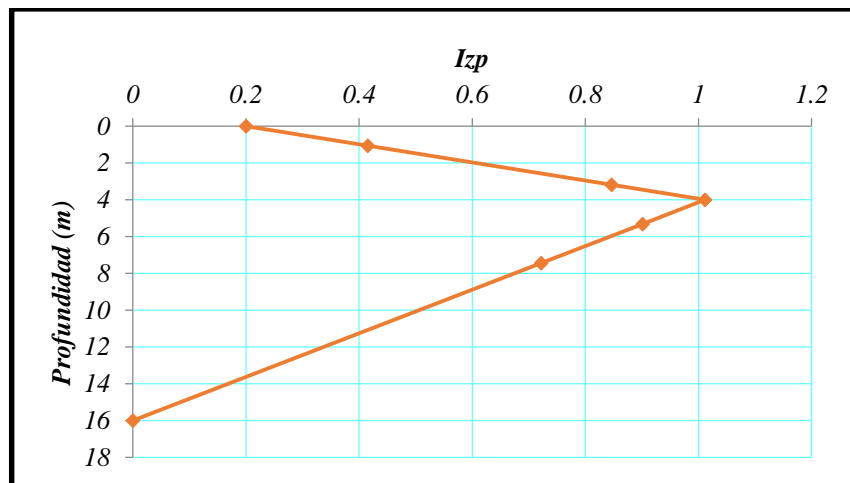
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 119. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones 4m x 40m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,125	1,0625	2,125	10000	0,415	8,8188E-05
2,125	2,50	2,3125	0,375	10000	0,669	2,5088E-05
						1,1328E-04

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,11328 \text{ m} = 113,28 \text{ mm} = 11,328 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

$$D = 2,5 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$D = 8,5 \text{ m}$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B'} = \frac{8,5 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 4,25 < 10 \quad (\text{Espacio infinito})$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_{s1} = F_1 + \left(\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \right) F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,485$$

$$F_2 = 0,148$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s1} = 0,5343$$

Ahora, analizo como si el primer estrato fuera arcilla

$$D = H_1$$

Determinación del tipo de espacio:

$$\frac{D}{B'} = \frac{2,5 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 1,25 < 10 \quad (\text{Espacio Finito})$$

Determinación del factor de influencia

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1-2\nu}{1-\nu}\right)F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,170$$

$$F_2 = 0,140$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,2167$$

Entonces, el factor de influencia actuante es:

$$I_s = 0,5343 - 0,2167$$

$$I_s = 0,3176$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,1392 \text{ m} = 139,261 \text{ mm} = 13,926 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

Cálculo de σ'_{zp}

$$\sigma'_{zp} = \left(2,5\text{m} * 20,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) - \left(2,5\text{m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) + \left(5,5\text{m} * 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) - \left(5,5\text{m} * 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)$$

$$\sigma'_{zp} = 71,02 \text{ kPa}$$

Cálculo de I_{zp}

$$I_{zp} = 0,8752$$

Cálculo de C_1

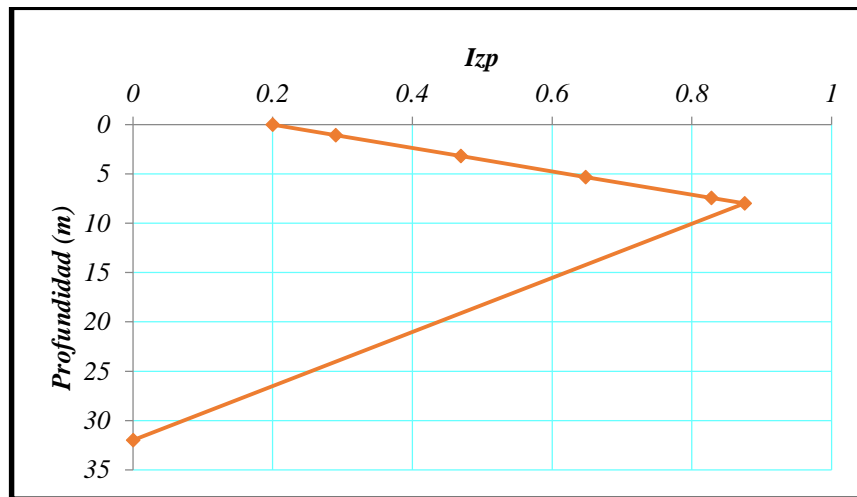
$$C_1 = 1,0 \geq 0,5$$

Cálculo de C_2

$$C_2 = 1,0 ; t = 0s$$

Cálculo del asentamiento producido

Gráfica 120. Gráfica de Smertchmann producida en el centro de una zapata continua de dimensiones 4m x 40m.



Fuente. Autora del proyecto

Z_i	Z_f	Z_m	ΔZ_i	E_s	I_z	$I_z * \Delta z_i / E_s$
0,00	2,125	1,0625	2,125	10000	0,290	6,1625E-05
2,125	2,50	2,3125	0,375	10000	0,395	1,4813E-05
						7,6438E-05

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,0191 m = 19,110 mm = 1,911 cm$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

$$D = 2,5m + 6m$$

$$D = 8,5 m$$

Tipo de espacio

$$\frac{D}{B} = \frac{8,5 \text{ m}}{4,0 \text{ m}} = 2,13 < 10 \quad (\text{Espacio infinito})$$

Determinación del factor de influencia, según Steinbrenner, 1934.

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1-2\nu}{1-\nu}\right)F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,290$$

$$F_2 = 0,150$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,340$$

Ahora, analizo como si el primer estrato fuera arcilla

$$D = H_1$$

Determinación del tipo de espacio:

$$\frac{D}{B} = \frac{2,5 \text{ m}}{4,0 \text{ m}} = 0,63 < 10 \quad (\text{Espacio Finito})$$

Determinación del factor de influencia

$$I_{s2} = F_1 + \left(\frac{1-2\nu}{1-\nu}\right)F_2$$

Entonces, tengo que:

$$F_1 = 0,058$$

$$F_2 = 0,113$$

Luego, el factor de influencia es:

$$I_{s2} = 0,096$$

Entonces, el factor de influencia actuante es:

$$I_s = 0,340 - 0,096$$

$$I_s = 0,244$$

Cálculo de la carga actuante

$$q = 1000 \text{ kPa}$$

Cálculo del asentamiento

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,0535 \text{ m} = 53,494 \text{ mm} = 5,349 \text{ cm}$$

Asentamiento producido en el centro de cimiento:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,11328 \text{ m} + 0,1356 \text{ m} = 0,24888 \text{ m}$$

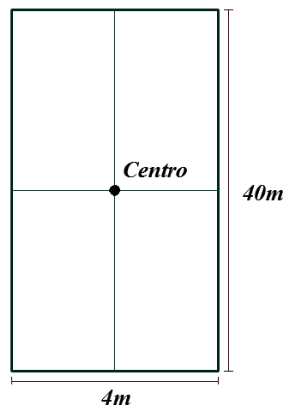
Asentamiento producido en el borde del cimiento:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 0,0191 \text{ m} + 0,0535 \text{ m} = 0,0726 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 959,481 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 818,310 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 668,159 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 549,815 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 461,762 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 395,819 \text{ kPa}$$

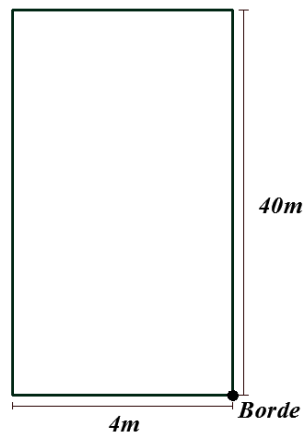
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 345,335 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 289,052 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 496,917 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 479,740 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 447,956 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 409,155 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 370,050 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 334,080 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 302,367 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

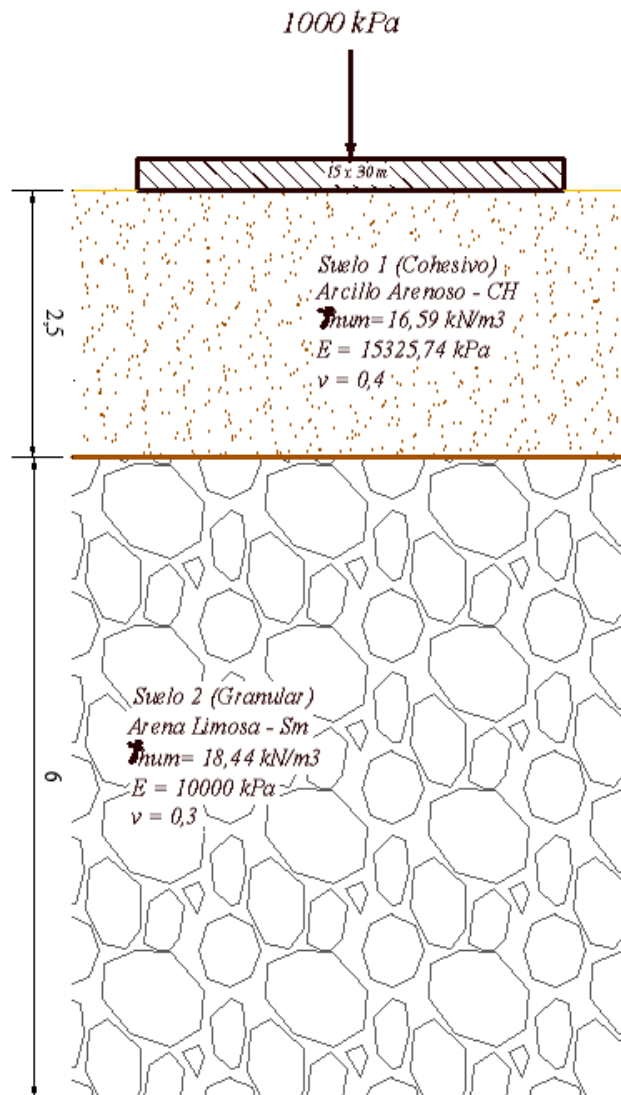
$$\Delta\sigma_H = 262,641 \text{ kPa}$$

Nota: Los correspondientes cálculos de esfuerzos geostáticos y gráficos de círculo de Mohr se aprecian en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

Losa de Cimentación superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Se tiene una losa superficial de dimensiones $15\text{ m} \times 30\text{ m}$, que será utilizada para soportar una estructura en concreto de 5 pisos. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.

Nota: En el cálculo de asentamientos inmediatos e incremento de esfuerzos verticales para las diferentes losas se lleva a cabo el procedimiento considerado para cimientos rectangulares y cuadrados.

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,1068 \text{ m} = 106,879 \text{ mm} = 10,68 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,3564 \text{ m} = 356,4 \text{ mm} = 35,64 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,03699 \text{ m} = 36,99 \text{ mm} = 3,70 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,0512 \text{ m} = 51,15 \text{ mm} = 5,115 \text{ cm}$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,1068 \text{ m} + 0,3564 \text{ m} = 0,4632 \text{ m}$$

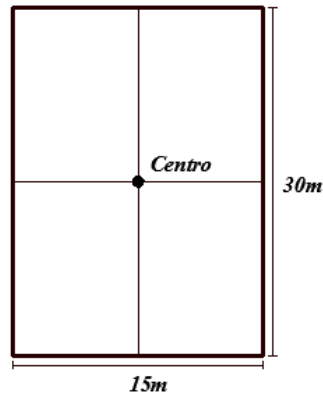
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i\ Total\ Borde} = 0,0370\ m + 0,0512\ m = 0,0882\ m$$

b) Incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 1000\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 1000\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 984\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 956\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 912\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 872\ kPa$$

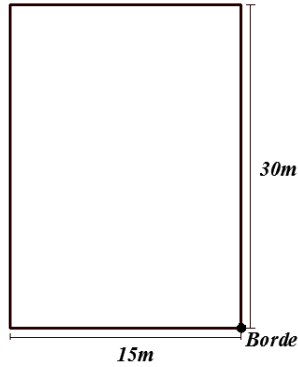
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 816\ kPa$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 752 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 249 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 248 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 246,7 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 244 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 240 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

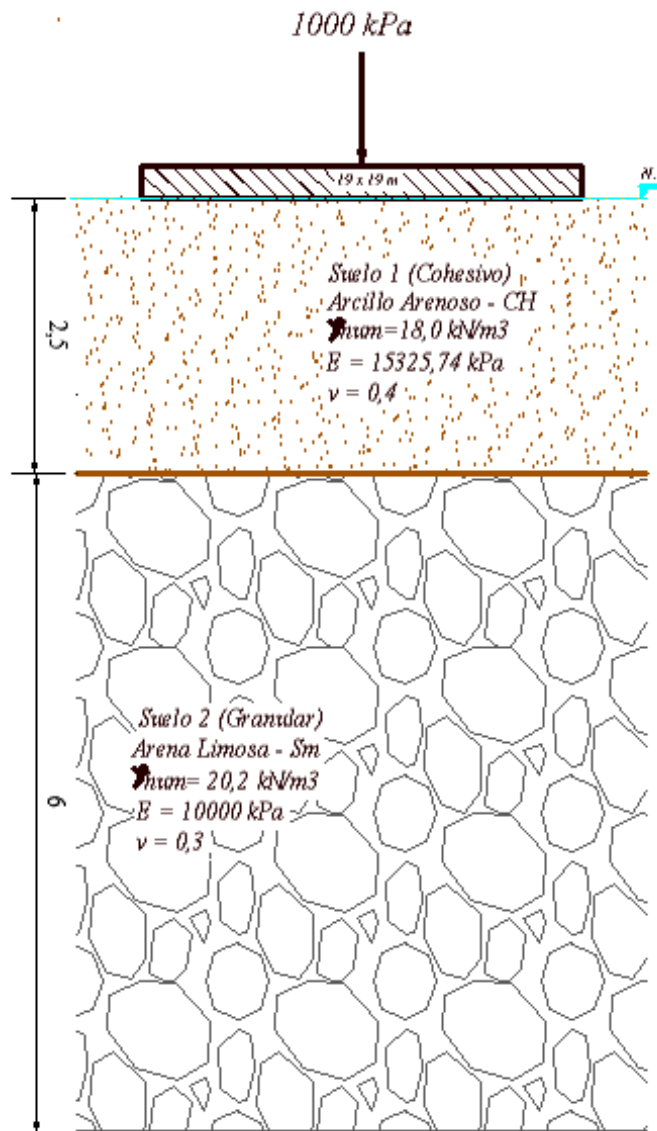
$$\Delta\sigma_H = 239 \text{ kPa}$$

Nota: Los cálculos de esfuerzos geoestáticos y gráficos de círculo de Mohr se pueden ver en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

Losa de Cimentación superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Se tiene una losa superficial de dimensiones 19 x 19 m, que se empleara para soportar una estructura en concreto de 6 pisos. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * I_s * 4$$

$$S_i = 0,1110 \text{ m} = 111,011 \text{ mm} = 11,101 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,3196 \text{ m} = 319,6 \text{ mm} = 31,96 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - \nu^2) * I_s$$

$$S_i = 0,03822 \text{ m} = 38,22 \text{ mm} = 3,82 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E_s} \right) * \Delta z$$

$$S_i = 0,0475 \text{ m} = 47,513 \text{ mm} = 4,751 \text{ cm}$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,1110 \text{ m} + 0,3196 \text{ m} = 0,4306 \text{ m}$$

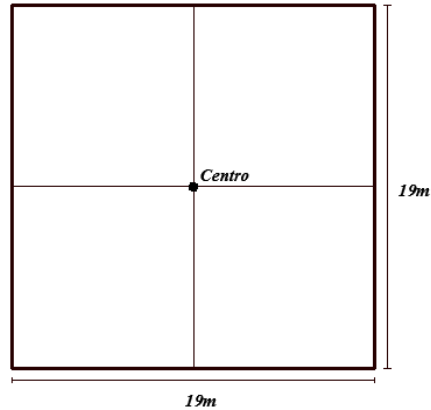
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 0,03822 \text{ m} + 0,0475 \text{ m} = 0,08572 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 1000 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 996 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 988 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 960 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 928 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 872 \text{ kPa}$$

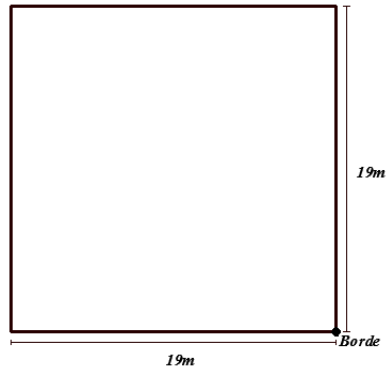
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 816 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 728 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 249 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 248 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 247 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 245 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

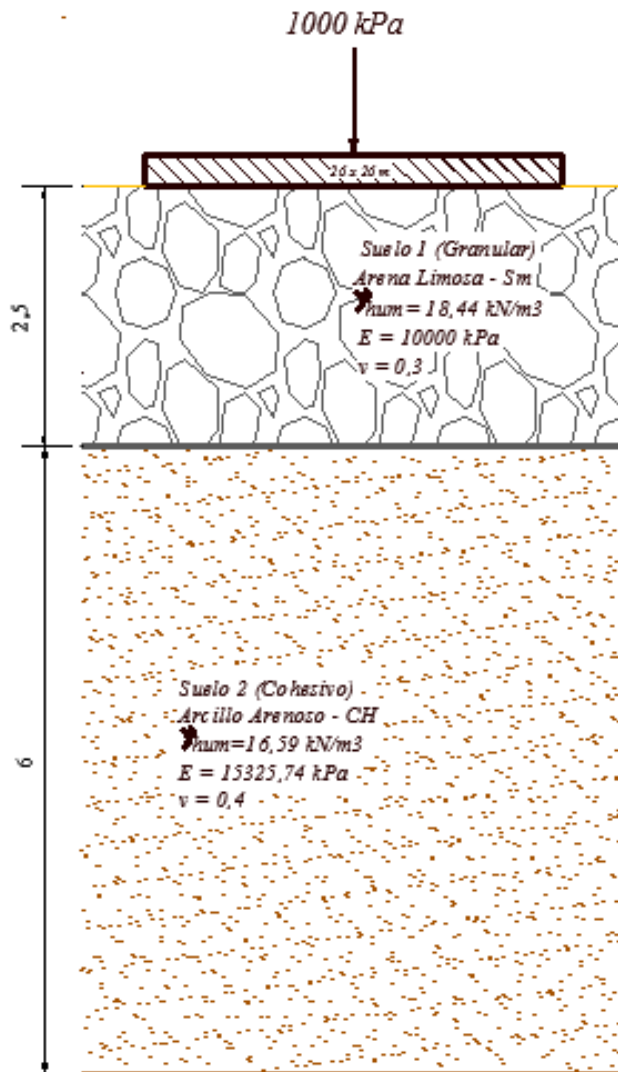
$$\sigma_H = 241 \text{ kPa}$$

Nota: Los correspondientes cálculos de esfuerzos geostáticos y gráficos de círculo de Mohr se observan en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático)

Se tiene una losa superficial de dimensiones $26\text{ m} \times 26\text{ m}$, que será utilizada para soportar una estructura en concreto de 8 pisos. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geoestáticos
- d) Gráfica de círculo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,0410 \text{ m} = 41,035 \text{ mm} = 4,1035 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - v^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,14706 \text{ m} = 147,066 \text{ mm} = 14,706 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 8,267 \times 10^{-3} \text{ m} = 8,267 \text{ mm} = 0,8267 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - v^2) * I_s$$

$$S_i = 0,0380 \text{ m} = 37,906 \text{ mm} = 3,791 \text{ cm}$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,0410 \text{ m} + 0,1433 \text{ m} = 0,1843 \text{ m}$$

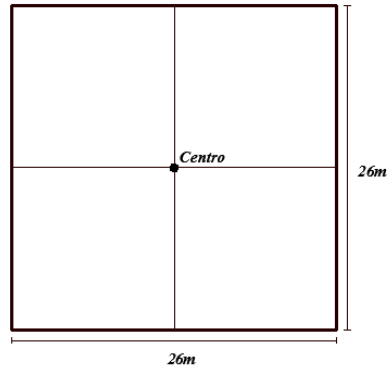
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 8,267 \times 10^{-3} \text{ m} + 0,0443 \text{ m} = 0,0526 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzo verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 1000 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 1000 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 996 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 988 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 976 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 944 \text{ kPa}$$

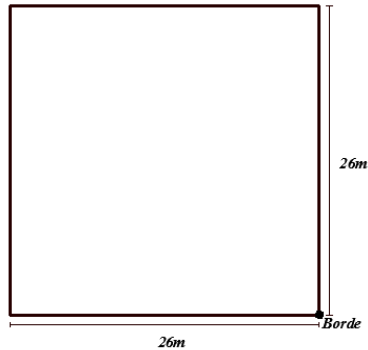
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 924 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 872 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 249 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 248,5 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 248 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

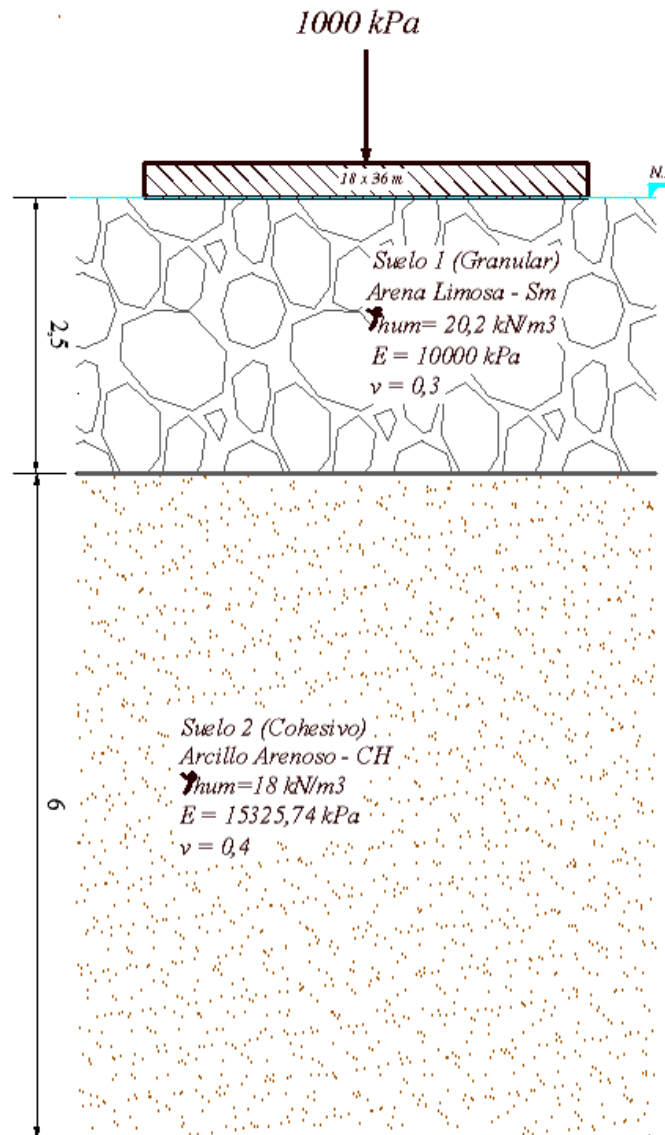
$$\Delta\sigma_H = 247 \text{ kPa}$$

Nota: Los cálculo de esfuerzos geoestáticos y gráficos de círculo de Mohr se aprecian en el ejercicio de cimiento cuadrado apoyado sobre perfil de suelo estratificado (Sin presencia de nivel freático).

Losa superficial apoyada sobre perfil de suelo estratificado (Con presencia de nivel freático)

Se tiene una losa superficial de dimensiones $18\text{ m} \times 36\text{ m}$, que se empleara para soportar una estructura en concreto de 7 pisos. Determinar:

- a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento
- b) Incremento de esfuerzo vertical producido en el centro y borde del cimiento
- c) Esfuerzos geostaticos
- d) Grafica de circulo de Mohr debido al peso propio del suelo



a) Asentamiento inmediato producido en el centro y borde del cimiento utilizando soluciones basadas en la teoría elástica.

- Asentamiento en el centro del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,05156 \text{ m} = 51,56 \text{ mm} = 5,156 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el centro del cimiento (Suelo cohesivo)

$$S_i = \frac{q * B'}{E_s} * (1 - v^2) * I_s * 4$$

$$S_i = 0,1638 \text{ m} = 163,772 \text{ mm} = 16,377 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento - Suelo granular, empleando el método del factor de influencia de la información unitaria de Schmertmann-Hartman (1978).

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left(\frac{I_z}{E} \right)_i * \Delta z$$

$$S_i = 0,0957 \text{ m} = 95,675 \text{ mm} = 9,568 \text{ cm}$$

- Asentamiento en el borde del cimiento (Suelo cohesivo)

$$S_i = \frac{q * B}{E_s} * (1 - v^2) * I_s$$

$$S_i = 0,0443 \text{ m} = 44,396 \text{ mm} = 4,439 \text{ cm}$$

Asentamiento total en el centro:

$$S_{i \text{ Total Centro}} = 0,05156 \text{ m} + 0,1638 \text{ m} = 0,21536 \text{ m}$$

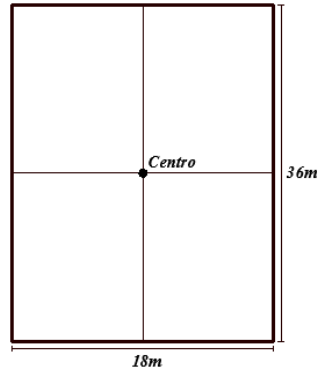
Asentamiento total en el borde:

$$S_{i \text{ Total Borde}} = 0,0957 \text{ m} + 0,0443 \text{ m} = 0,140 \text{ m}$$

b) Incremento de esfuerzos verticales producidos en el centro y borde del cimiento

Nota: Los siguientes cálculos, se realizan a profundidades medidas desde el nivel de cimentación.

Esfuerzos verticales CENTRO



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 1000 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 996 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 988 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 964 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 948 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 920 \text{ kPa}$$

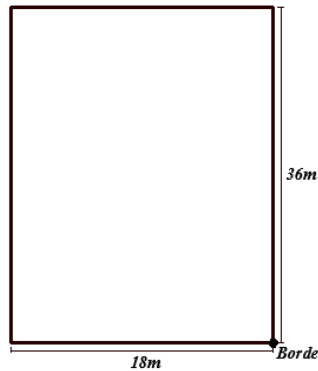
Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 884 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 824 \text{ kPa}$$

Esfuerzos verticales BORDE



Esfuerzo a una profundidad de 1m

$$\Delta\sigma_A = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 2m

$$\Delta\sigma_B = 250 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 3m

$$\Delta\sigma_C = 249,8 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 4m

$$\Delta\sigma_D = 249 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 5m

$$\Delta\sigma_E = 248 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 6m

$$\Delta\sigma_F = 246,8 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 7m

$$\Delta\sigma_G = 244,5 \text{ kPa}$$

Esfuerzo a una profundidad de 8,5m

$$\Delta\sigma_H = 240,5 \text{ kPa}$$

Nota: Los cálculos de esfuerzos geostáticos y gráficos de círculo de Mohr se observan en el ejercicio de cimiento rectangular apoyado sobre suelo estratificado (Con presencia de nivel freático).

Anexo B. Modelo de encuesta y estadísticas

ENCUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA EL USO DEL SOFTWARE SIGMA/W EN EL CÁLCULO DE ESFUERZOS VERTICLAES, GRAFICAS DE CIRCULO DE MOHR Y ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

1. Que ocupación desempeña actualmente?

Estudiante ____
Docente - Profesional ____

2. Como estudiante, docente o profesional en el momento de calcular asentamientos y esfuerzos en cimentaciones superficiales, de que medios se ha basado para la obtención de los resultados?

3. Para el cálculo de asentamientos y esfuerzos en cimentaciones superficiales, ha implementado el uso de algún tipo de software?

NO ____
SI ____ Cual software? _____

4. ¿Qué conocimiento tiene acerca del paquete de software GEOSTUDIO?

Ninguno ____
Lo conoce, pero no ha hecho uso del mismo ____
Sabe usarlo de forma muy general ____
Lo conoce y sabe utilizarlo a la perfección ____
No tenía idea de su existencia ____

5. ¿Tiene conocimiento de la existencia del software SIGMA/W, perteneciente al paquete de software GEOSTUDIO?

SI ____ NO ____

6. ¿Considera pertinente la creación de una guía metodológica acerca de cómo usar el software SIGMA/W en lo que respecta al cálculo de esfuerzos y deformaciones para cimentaciones superficiales?

SI ____ NO ____

7. ¿En el momento de que se llegue a llevar a cabo la elaboración de la guía metodológica, estaría dispuesto hacer uso de ella?

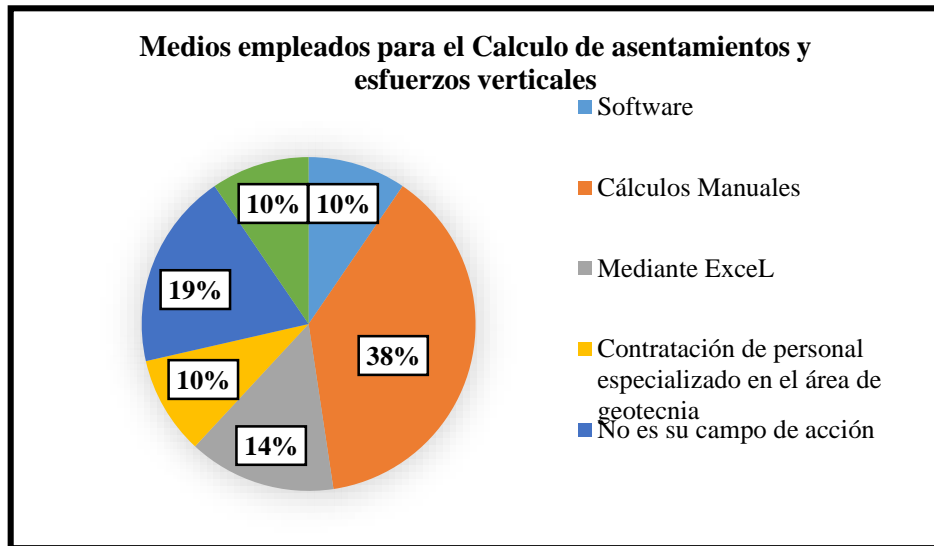
SI _____

NO _____

ESTADISTICAS DE ENCUESTA

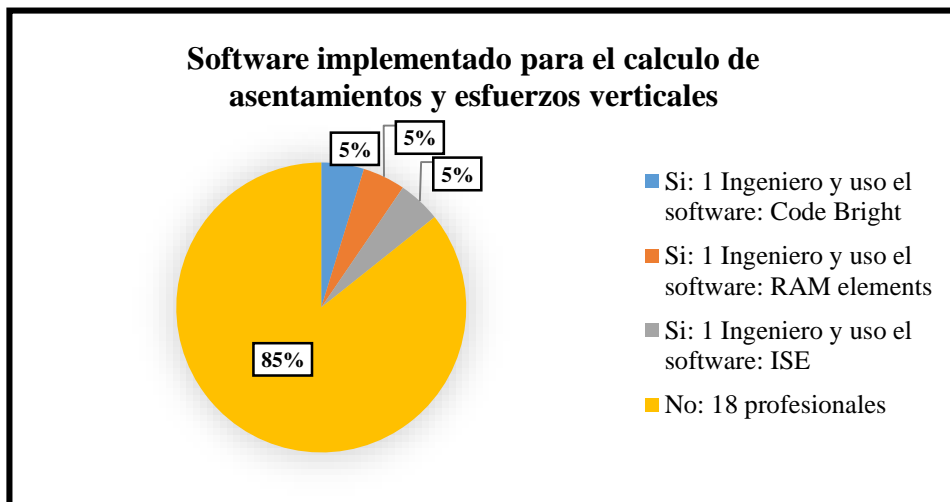
- **Resultados de profesionales encuestados**

Gráfica 121. Gráfica de medios empleados para el cálculo de asentamientos y esfuerzos verticales llevado a cabo por profesionales.



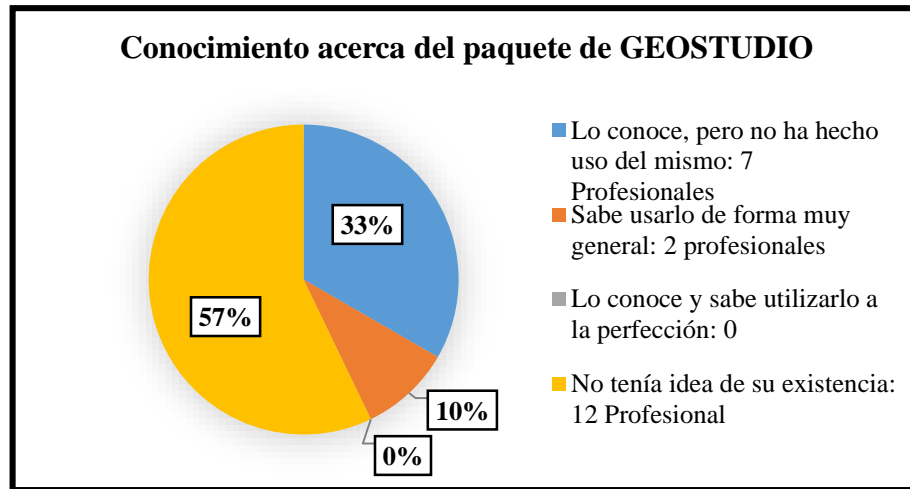
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 122. Gráfica de software implementados para el cálculo de asentamientos y esfuerzos verticales llevado a cabo por profesionales.



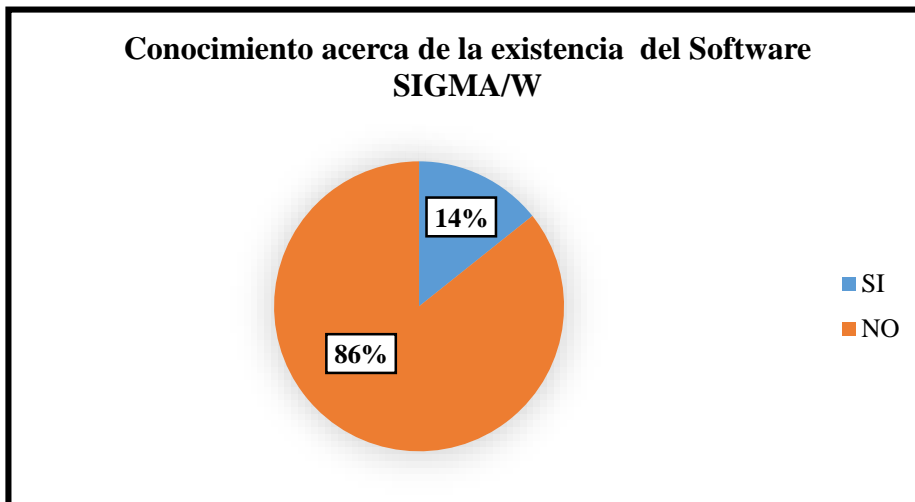
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 123. Gráfica de grado de conocimiento acerca del paquete Geostudio® llevado a cabo por profesionales.



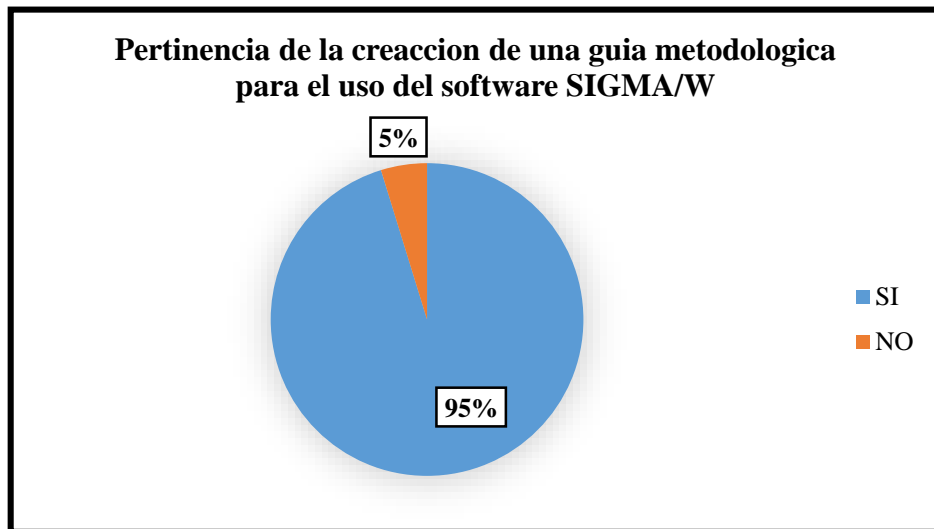
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 124. Gráfica de conocimiento acerca de la existencia del software SIGMA/W llevado a cabo por profesionales.



Fuente. Autora del proyecto

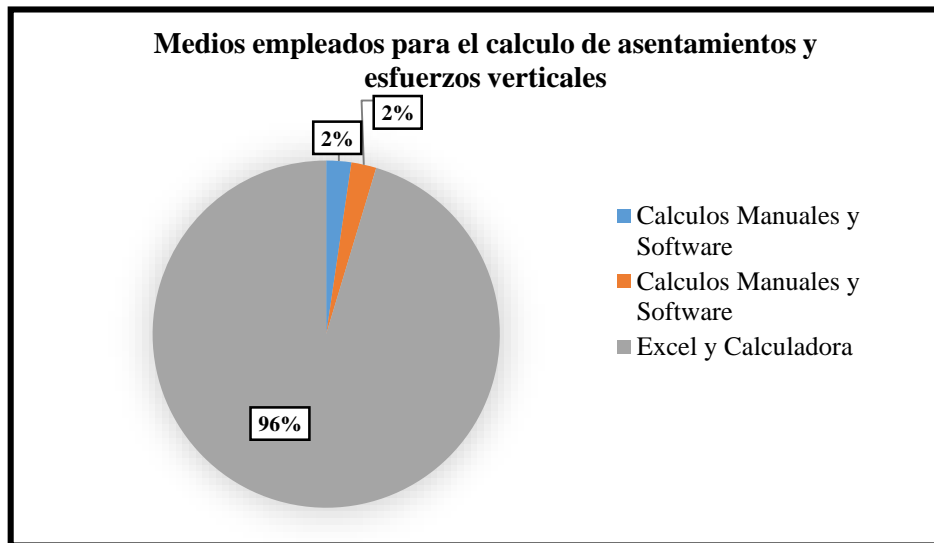
Gráfica 125. Gráfica de pertinencia de la creación de una guía metodológica para el uso del software SIGMA/W llevado a cabo por profesionales.



Fuente. Autora del proyecto

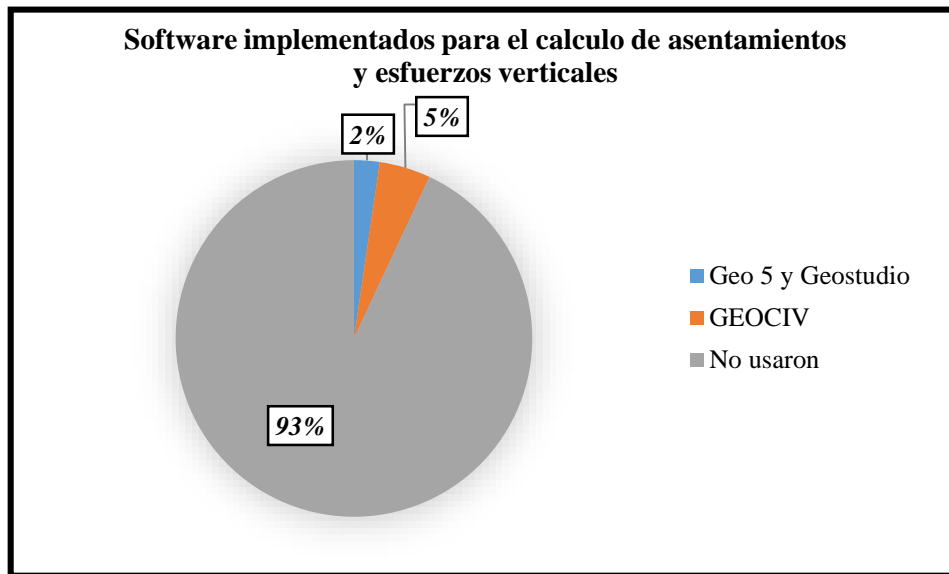
- **Resultados de estudiantes encuestados**

Gráfica 126. Gráfica de medios empleados para el cálculo de asentamientos y esfuerzos verticales llevado a cabo por estudiantes del área de ingeniería civil.



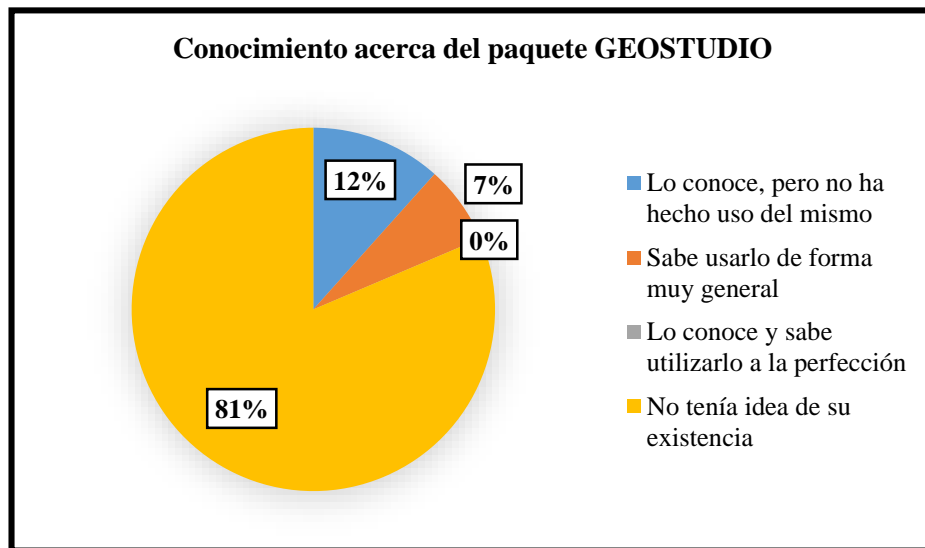
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 127. Gráfica de software implementado para el cálculo de asentamientos y esfuerzos verticales llevado a cabo por estudiantes del área de ingeniería civil.



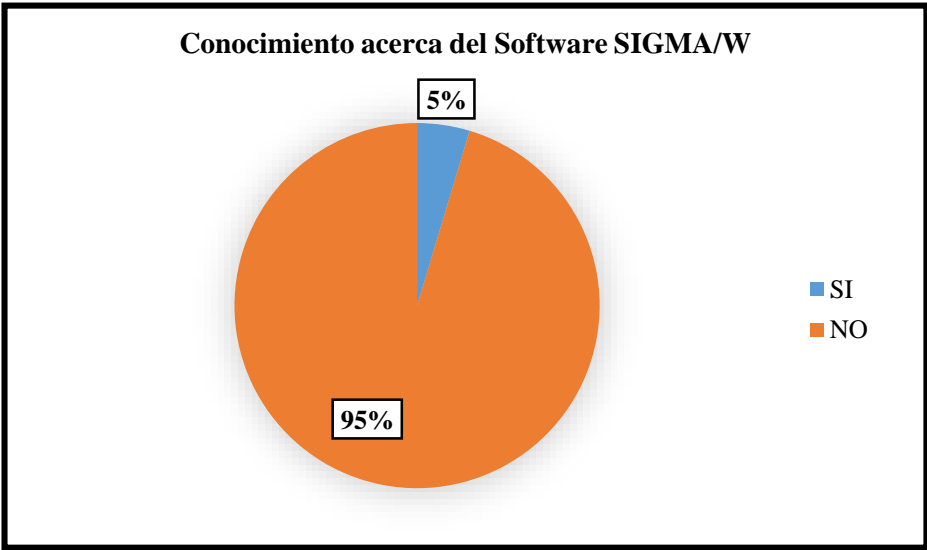
Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 128. Gráfica de grado de conocimiento acerca del paquete Geostudio® llevado a cabo por estudiantes del área de ingeniería civil.



Fuente. Autora del proyecto

Gráfica 129. Gráfica de conocimiento acerca de la existencia del software SIGMA/W llevado a cabo por estudiantes del área de ingeniería civil.



Fuente. Autora del proyecto