

**XVII CONGRESO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA
IV SIMPOSIO DE EXPLORADORES
Geología en Tierra de Paz 2019**



"Estudio de los asentamientos en superficie resultantes de excavaciones para la construcción de túneles subterráneos, en los suelos característicos del sector sur occidental de la ciudad de Bogotá."

Nicolás Quintana Páez, Universidad Santo Tomás
Msc. Sebastián Rivera Pardo, Universidad Santo Tomás

CONTENIDO

1. Introducción
2. Localización
3. Metodología
4. Selección De Estratigrafía
5. Simulaciones, Software Rocscience Phase 2
6. Modelos
7. Análisis y Resultados
8. Conclusiones
9. Referencias

INTRODUCCIÓN



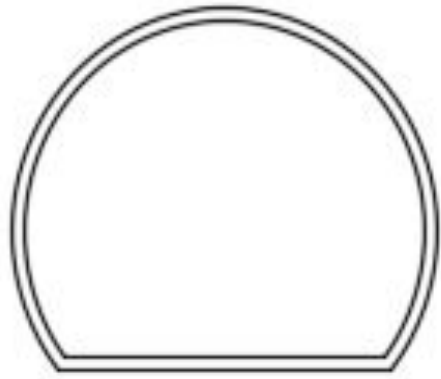
<https://images.app.goo.gl/qwHs6JivnB56JJq4A>



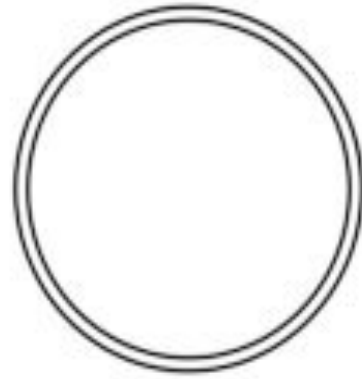
<https://images.app.goo.gl/oJMN1BTTNw8hUrVd8>



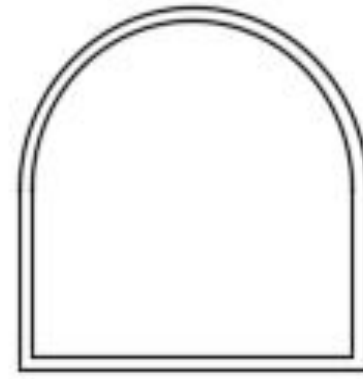
<https://images.app.goo.gl/PMiBVWPeBmURf1CR6>



Baúl



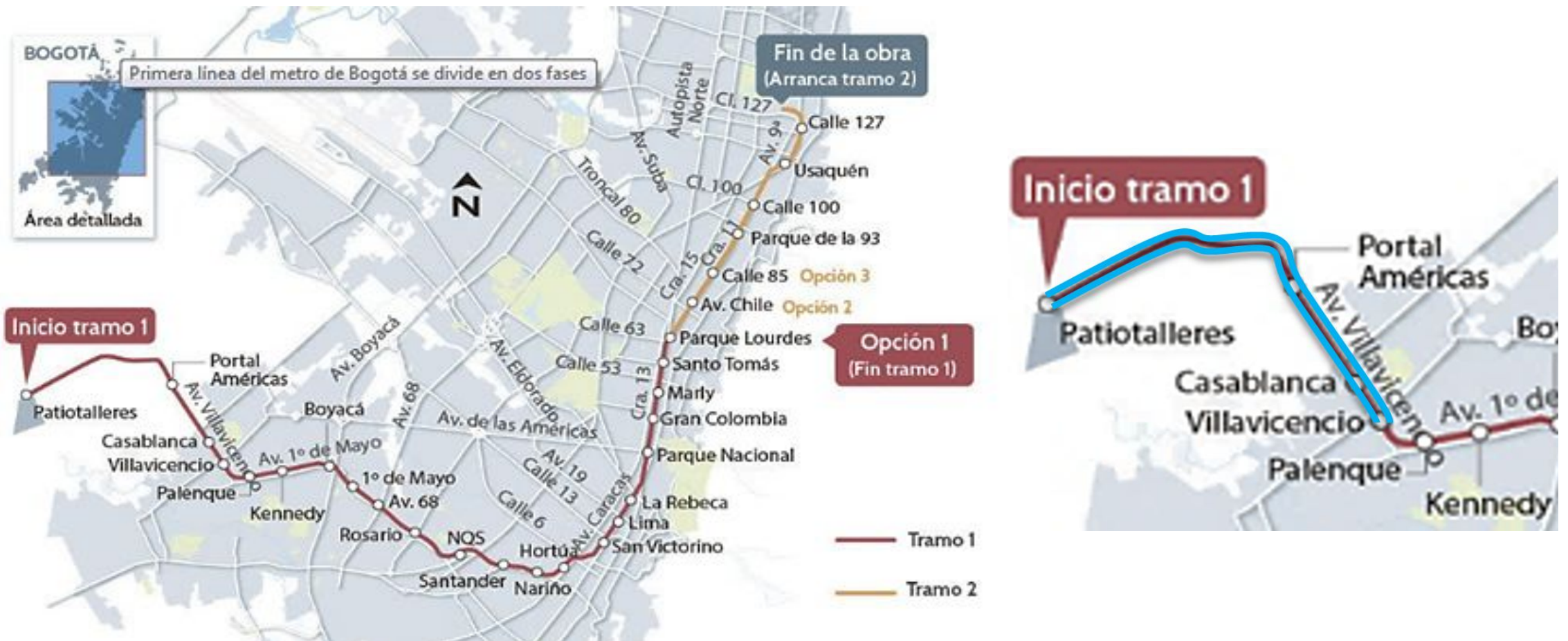
Circular



Herradura

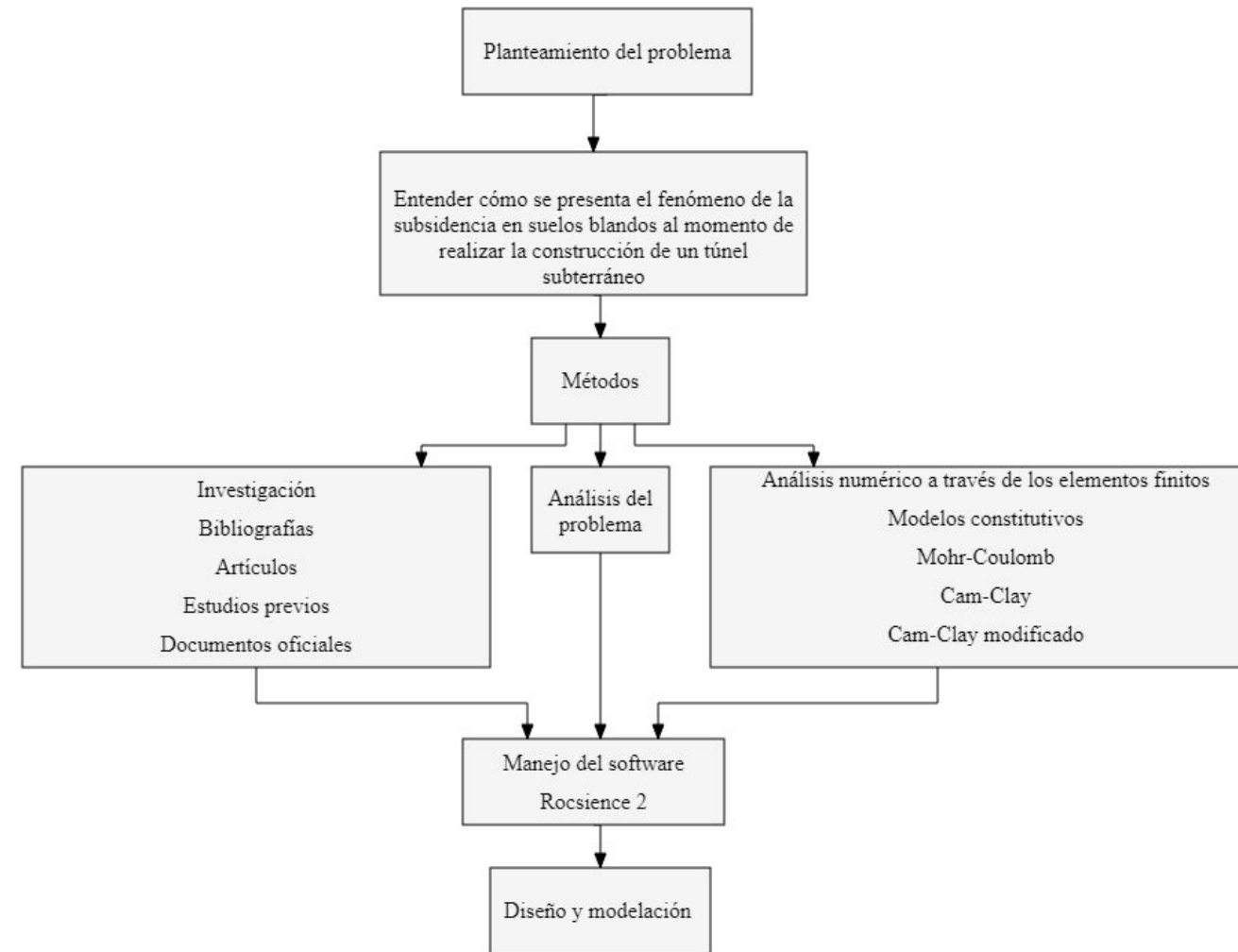
Geometría típica de túneles, sección transversal de la excavación

LOCALIZACIÓN



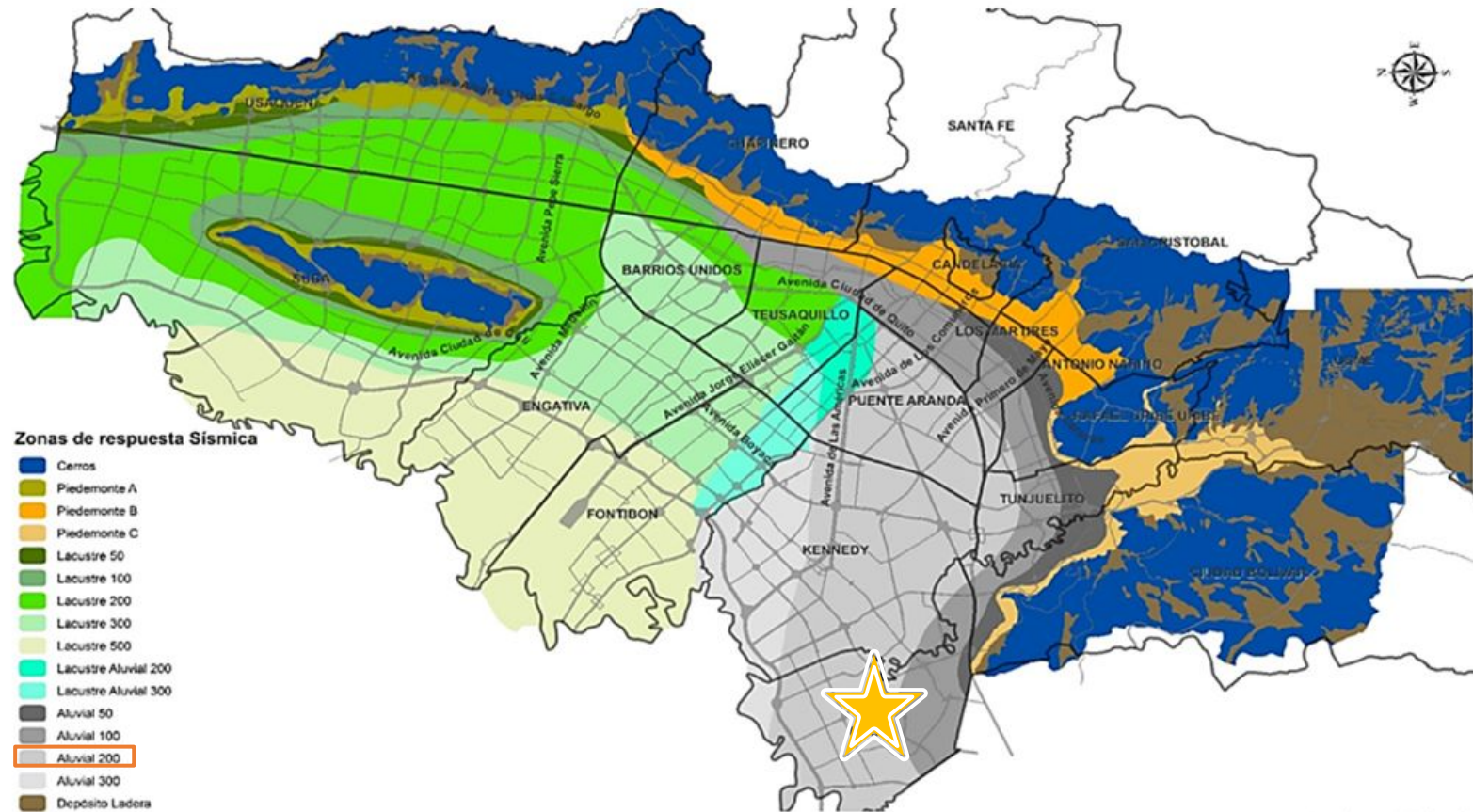
Trazado para la PLMB, tomado de IDU, 2015.

METODOLOGÍA

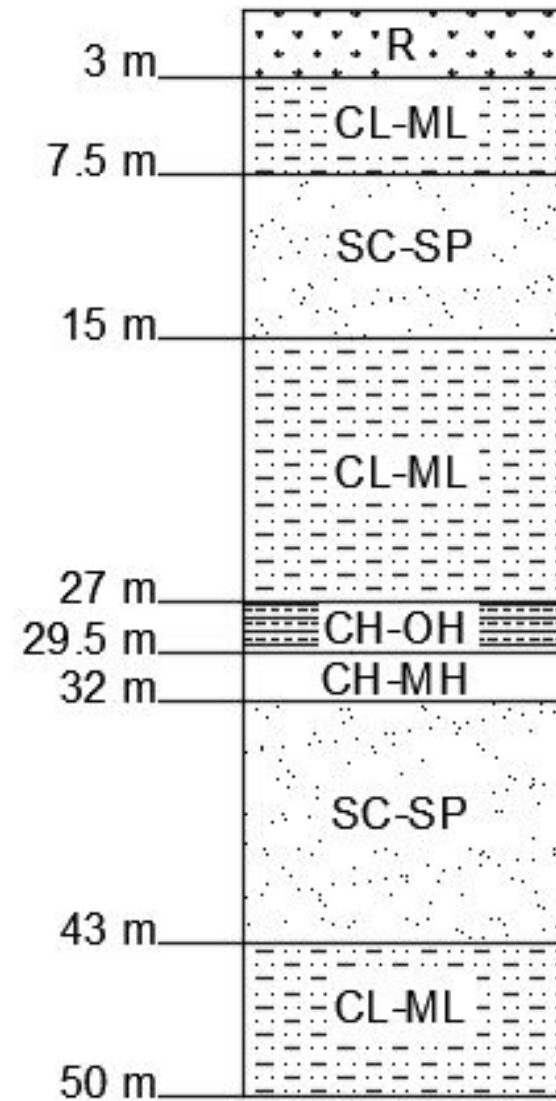


Metodología Propuesta

ESTRATIGRAFÍA



Zonificación de la respuesta sísmica de los suelos de la ciudad de Bogotá D.C, (FOPAE,2010)



Modelo estratigráfico

Parámetro	Nomenclatura	Unidad	R	CL-ML	SC-SM-SP	CL-ML	CH-OH	CH-MH	SC-SM-SP	CL-ML
Peso unitario del suelo	γ_{uni}	kN/m ³	17,64	17	14,7	17	6,66	9,8	16,18	16,6
Relación de Poisson	ν	-	0,3	0,36	0,33	0,36	0,466	0,29	0,38	0,395
Módulo de Young	E	kPa	215235	119660	157000	119660	295600	123560	233530	168000
Resistencia a la tracción	Q_u	kPa	0,08	35,7	0	35,7	108,57	44,35	42,79	75
Ángulo de Fricción	ϕ	Grados	25	16	33	16	10	0,59	33,47	16,11
Cohesión	C	kPa	10,5	35	15	35	19,6	20	40	80

Parámetros de entrada de los suelos en el modelo Mohr-Coulomb

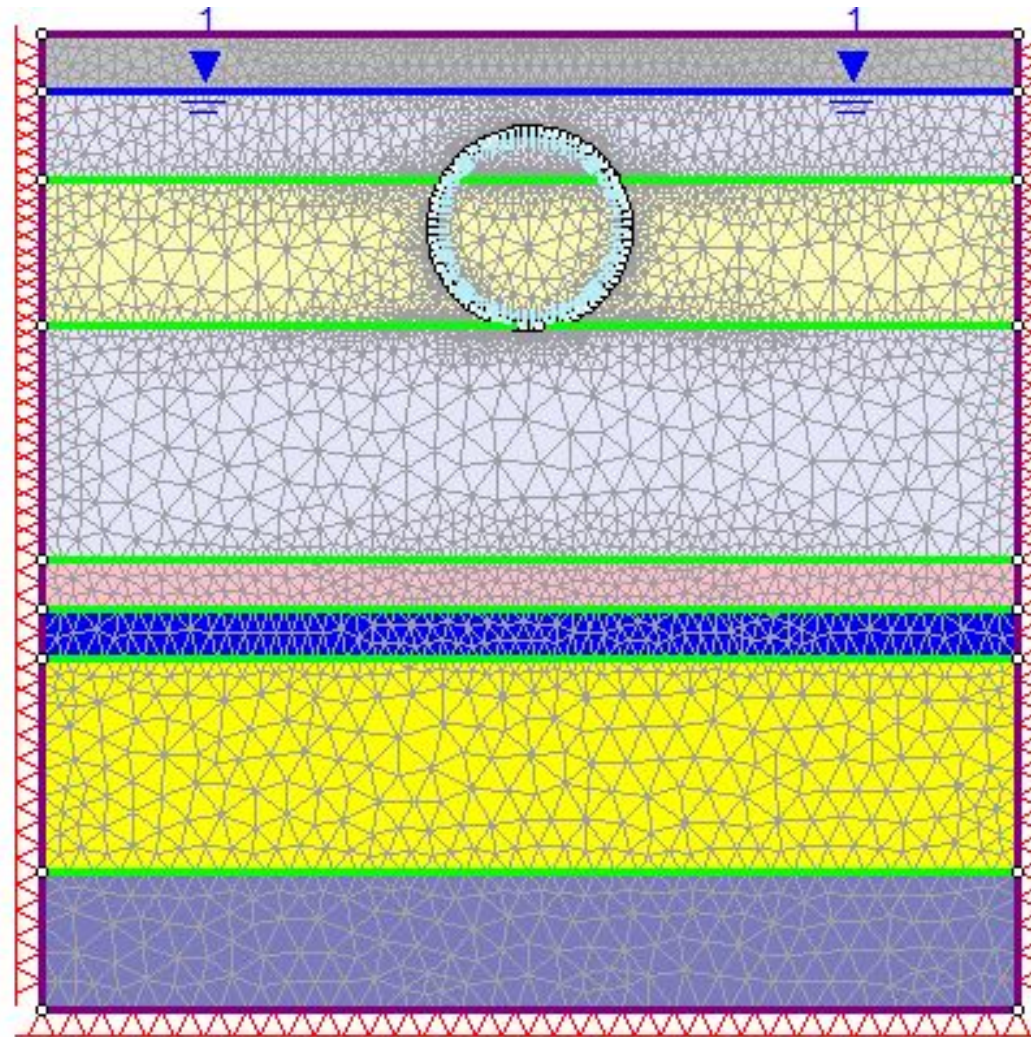
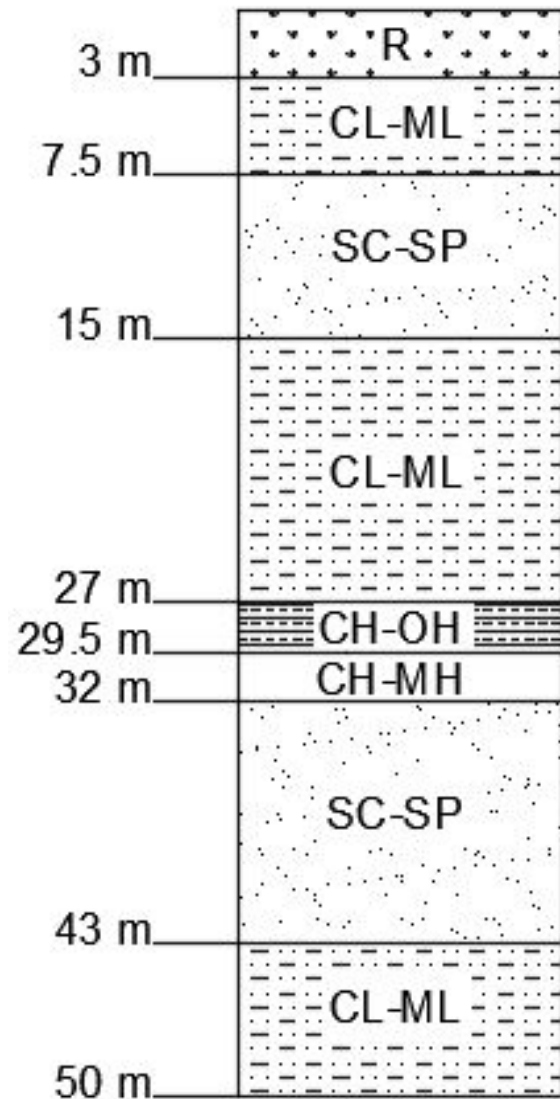
SIMULACIONES

Factores	Nomeclatura	Unidad	Rango de variación	Intervalo de variación	No. De Variantes	Valores de cálculo
Estratigrafía	Est.	-	1	1	1	Constante
Profundidad	Z	m	1	1	1	10,5
Geometría	G	-	3	3	3	Baúl;Circular;Herradura
Nivel Freático	NF	m	1	1	1	3
Diametro	Ø	m	1	1	1	10
Tipo de Sección	I	-	3	3	3	W 150 x 37.1; W 530 x 300 ; W 1100 x499
Resistencia del concreto	Res.	PSI	1	1	1	7000

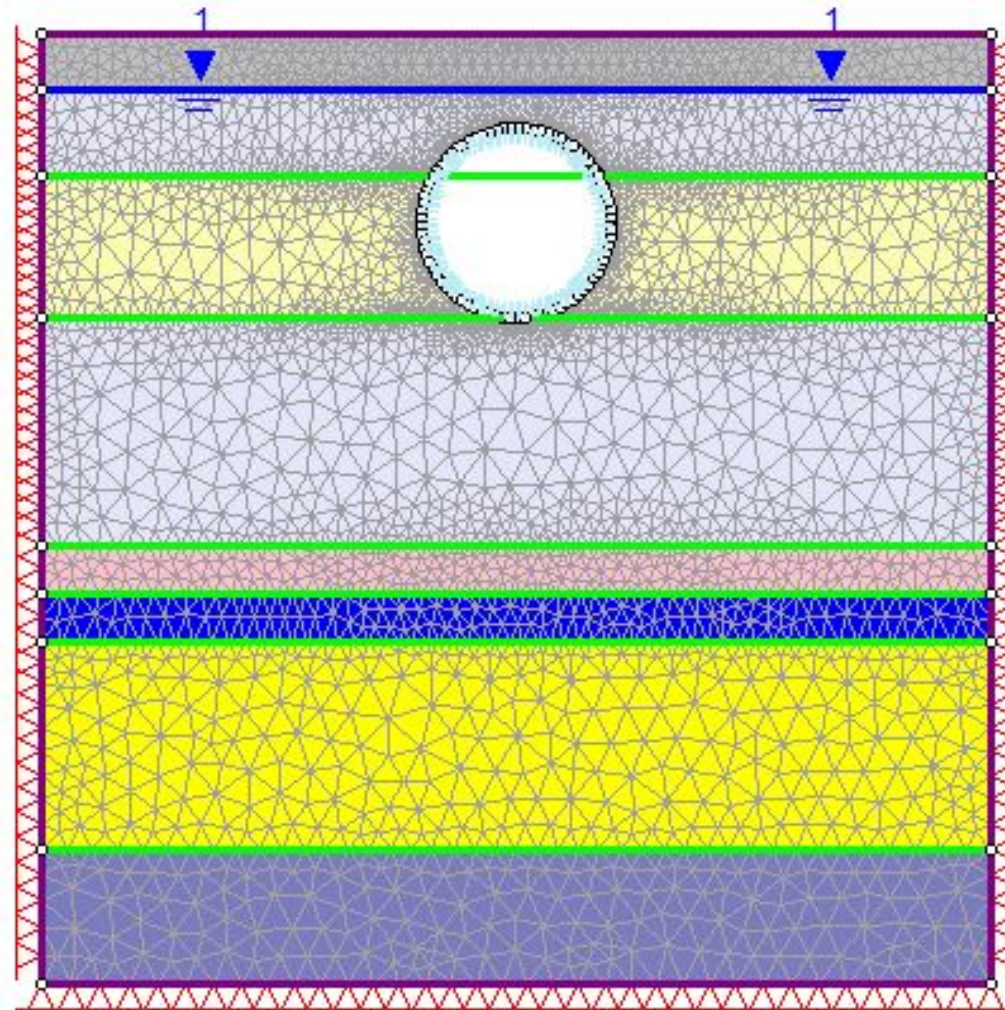
Variables de estudio para recubrimiento con concreto reforzado.

Factores	Nomeclatura	Unidad	Rango de variación	Intervalo de variación	No. De Variantes	Valores de cálculo
Estratigrafía	Est.	-	1	1	1	Constante
Profundidad	Z	m	1	1	1	10,5
Geometría	G	-	3	3	3	Baúl;Circular;Herradura
Nivel Freático	NF	m	1	1	1	3
Diametro	Ø	m	1	1	1	10
Tamaño de varilla	I	-	3	3	3	#4; #8 ; #12
Resistencia del concreto	Res.	PSI	1	1	1	3000

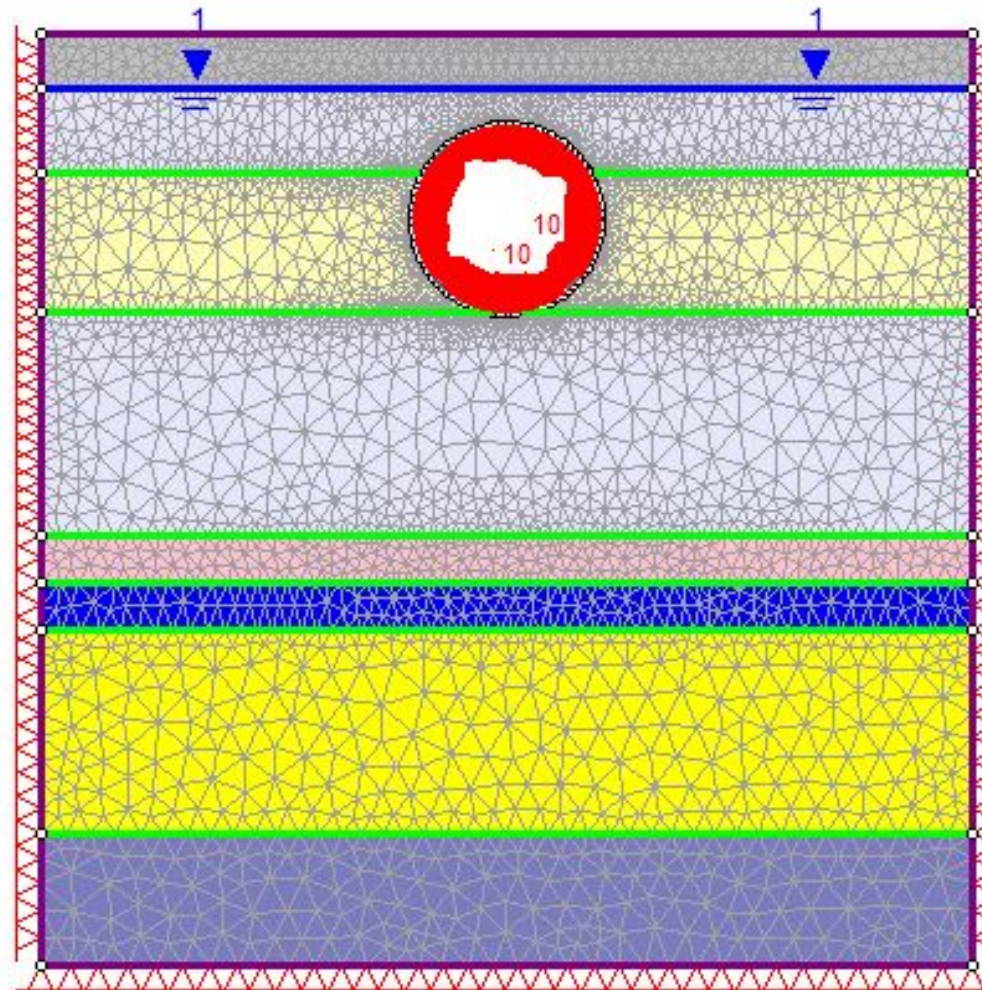
Variables de estudio para recubrimiento con Jet Grouting.



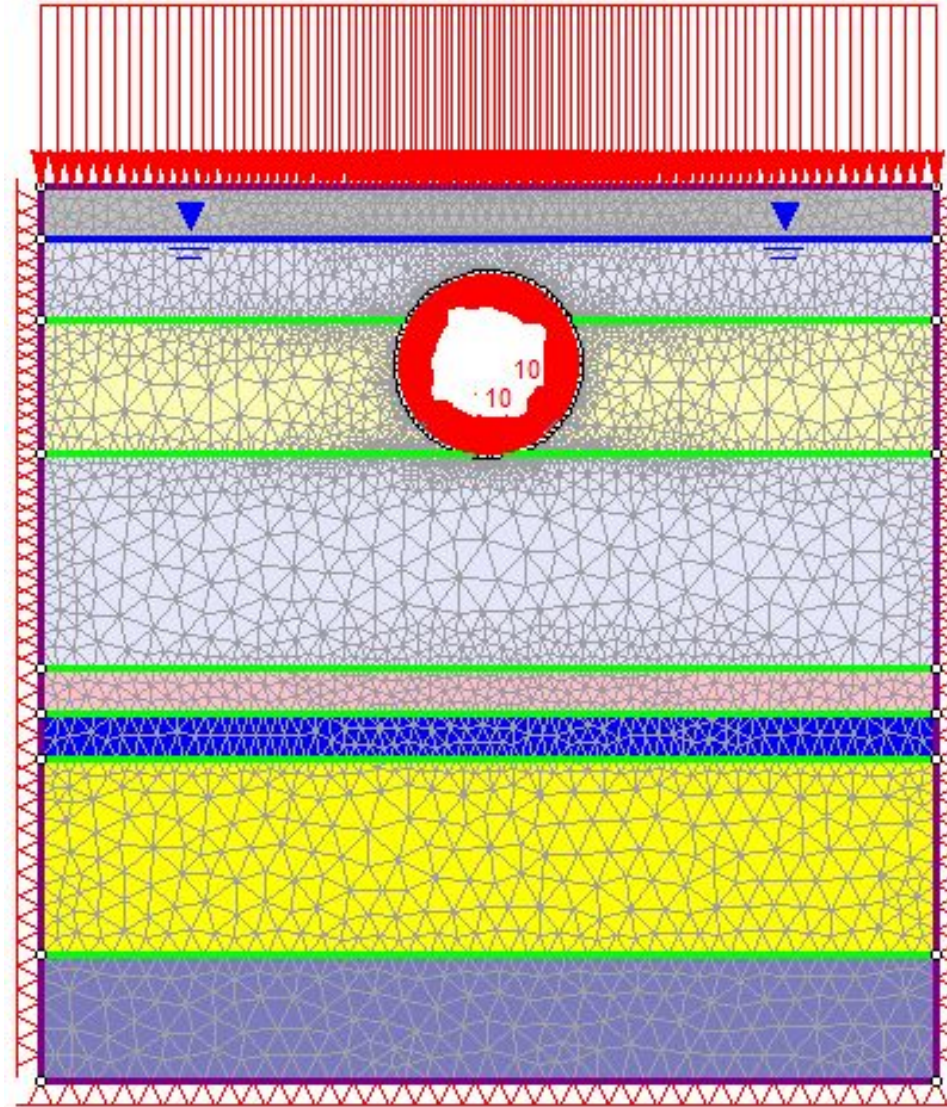
Simulación en Software Rocscience Phase 2,
Estratigrafía sin perforación



Simulación en Software Rocscience Phase 2,
Estratigrafía con perforación



Simulación en Software Rocscience Phase 2,
Estratigrafía con perforación y recubrimiento



Simulación en Software Rocscience Phase 2,
Estratigrafía con perforación, recubrimiento y carga
superficial.

Reinforcement

?

✖

Shape:

I-beam

Lattice girder

Hollow section

Rebar

Wire Mesh

Channel

Dbl Channel

Type:

W

M

S

HP

HE Europe

Designation (Metric)

W1100 x 499

W1100 x 433

W1100 x 390

W1100 x 343

W1000 x 883

W1000 x 748

W1000 x 642

W1000 x 591

W1000 x 554

W1000 x 539

W1000 x 483

W1000 x 443

W1000 x 412

W1000 x 371

W1000 x 331

☐ Imperial

☒ Metric



Section Depth (mm):

1120

Area (mm2):

63500

Moment of Inertia (10e6mm4):

12900

Weight (kg/m):

499

Edit Database...

OK

Cancel

Reinforcement

?

✖

Shape:

I-beam

Lattice girder

Hollow section

Rebar

Wire Mesh

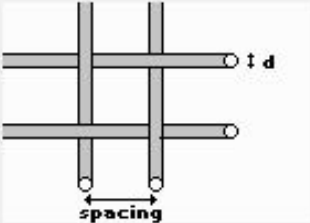
Channel

Dbl Channel

Type:

Canada

Diagram



Designation (Metric)

#4 (diameter = 4mm)

#6 (diameter = 6mm)

#8 (diameter = 8mm)

#10 (diameter = 10mm)

#12 (diameter = 12mm)

☐ Imperial

☒ Metric

Section Depth (mm):

12

Area (mm2):

113

Moment of Inertia (10e6mm4):

0.00102

Weight (kg/m):

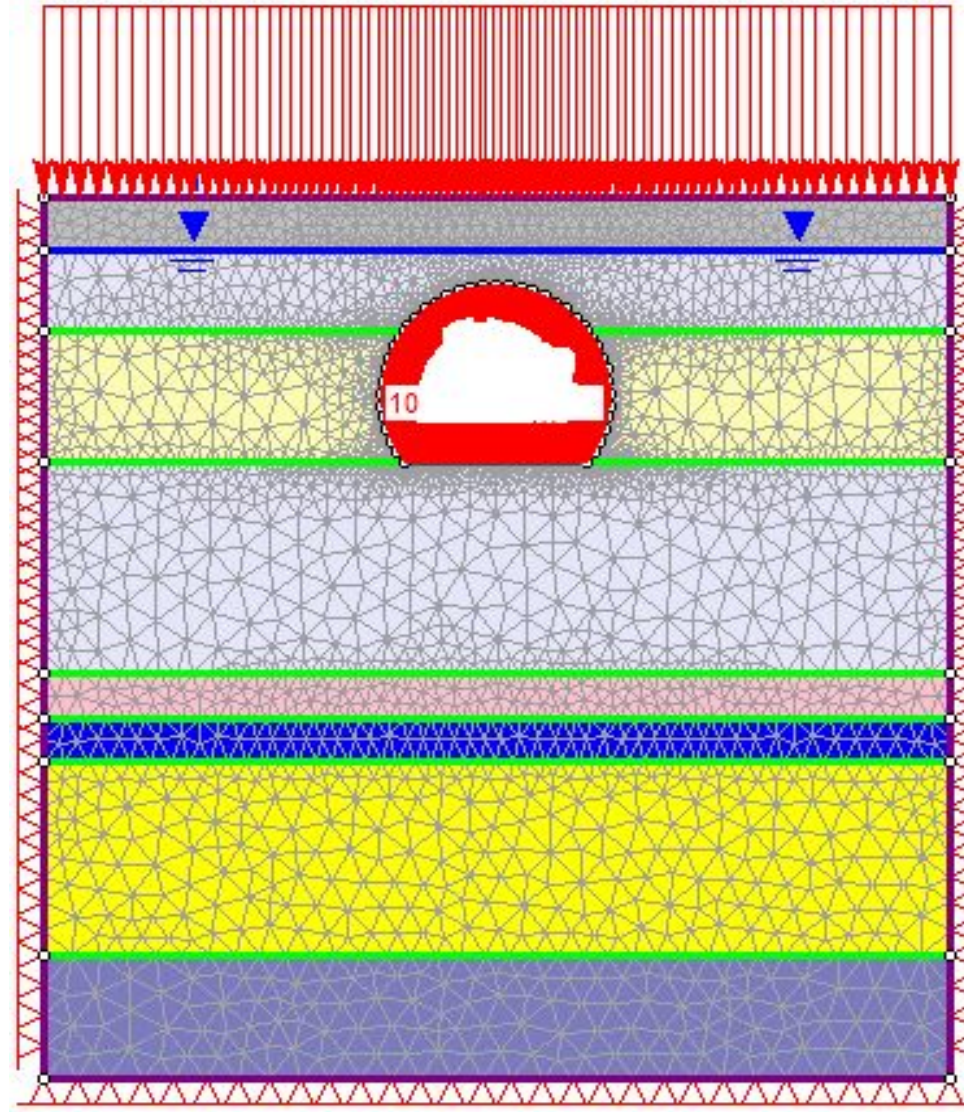
1.776

Edit Database...

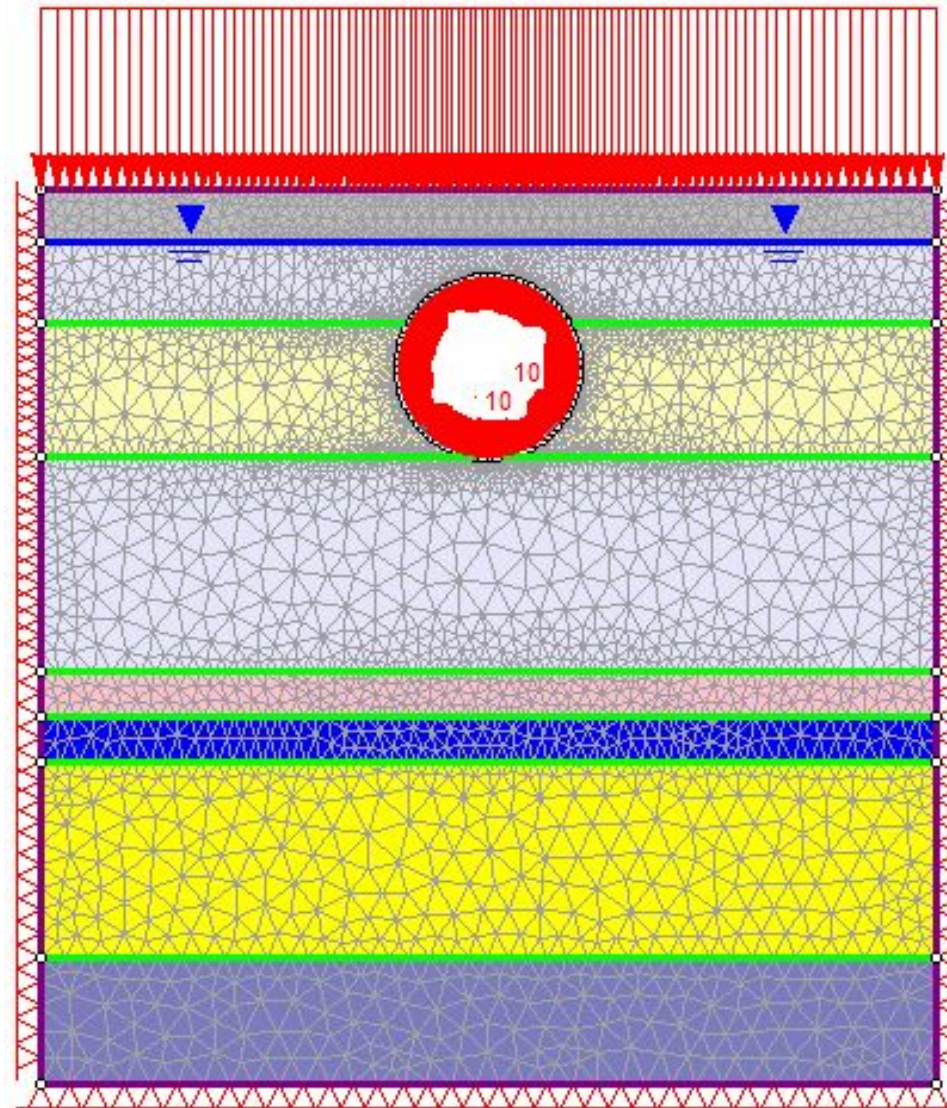
OK

Cancel

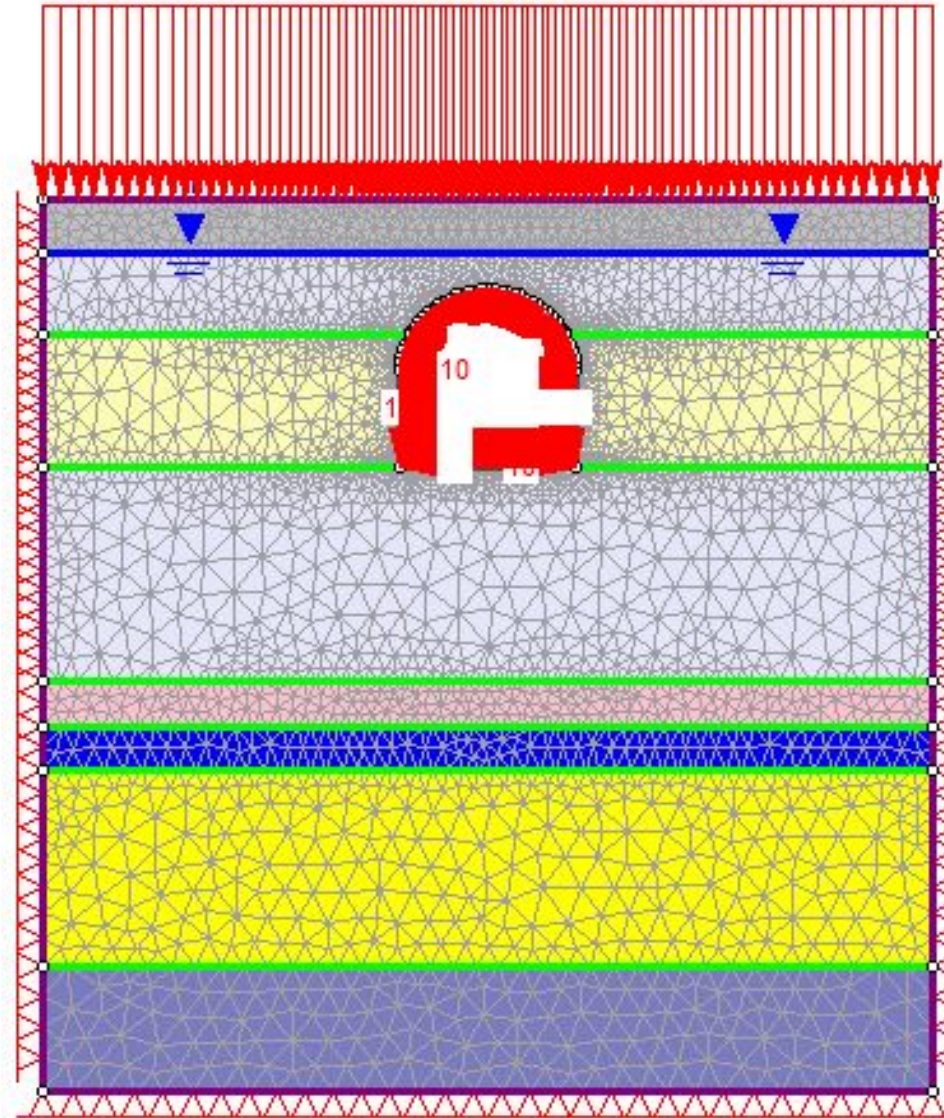
MODELOS



Estratigrafía en forma de baúl con perforación, recubrimiento y carga superficial.



Estratigrafía en forma circular con perforación, recubrimiento y carga superficial.



Estratigrafía en forma “D” con perforación, recubrimiento y carga superficial.

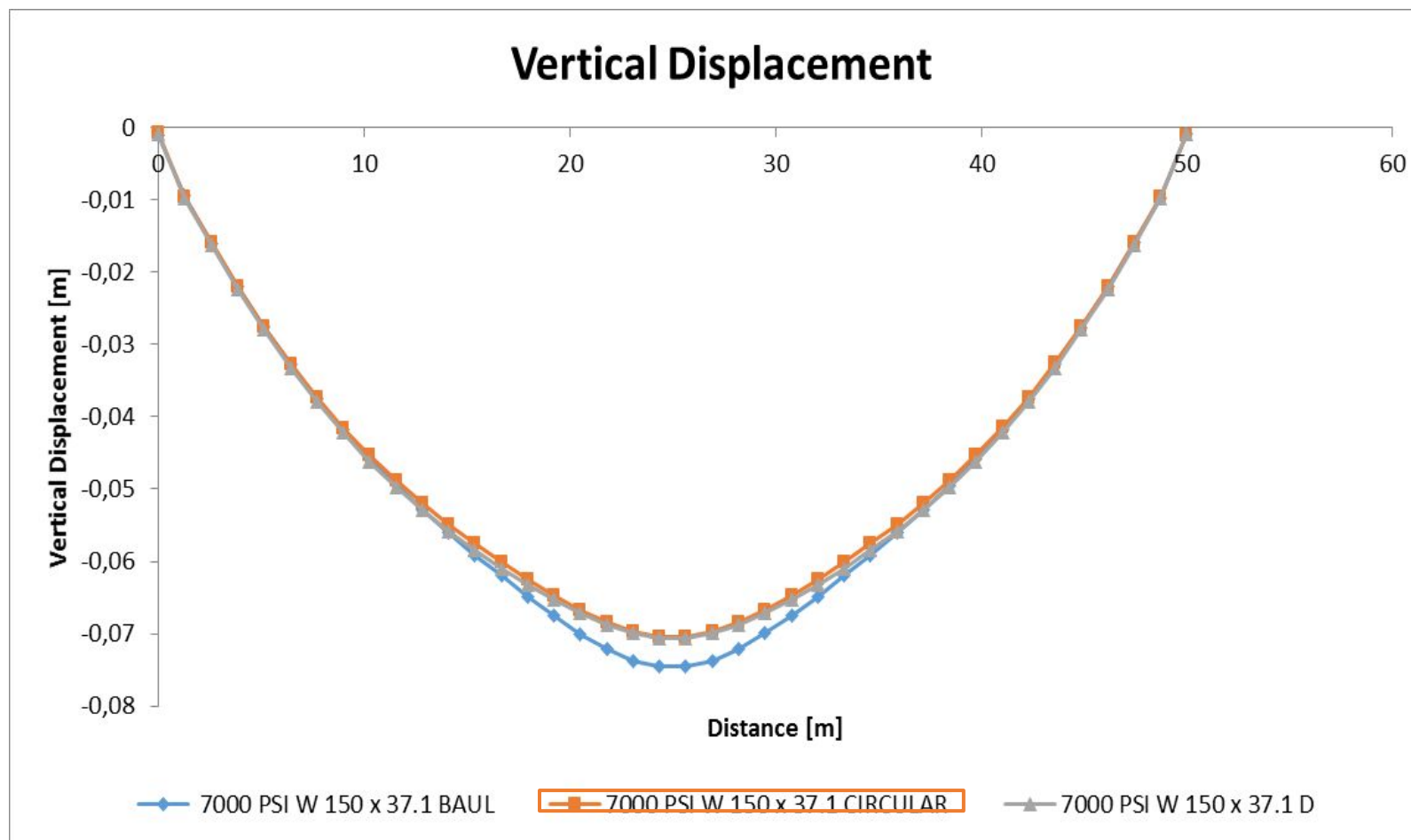
ANÁLISIS Y RESULTADOS



<https://images.app.goo.gl/sy1p8VfyDgKtL4Dj>

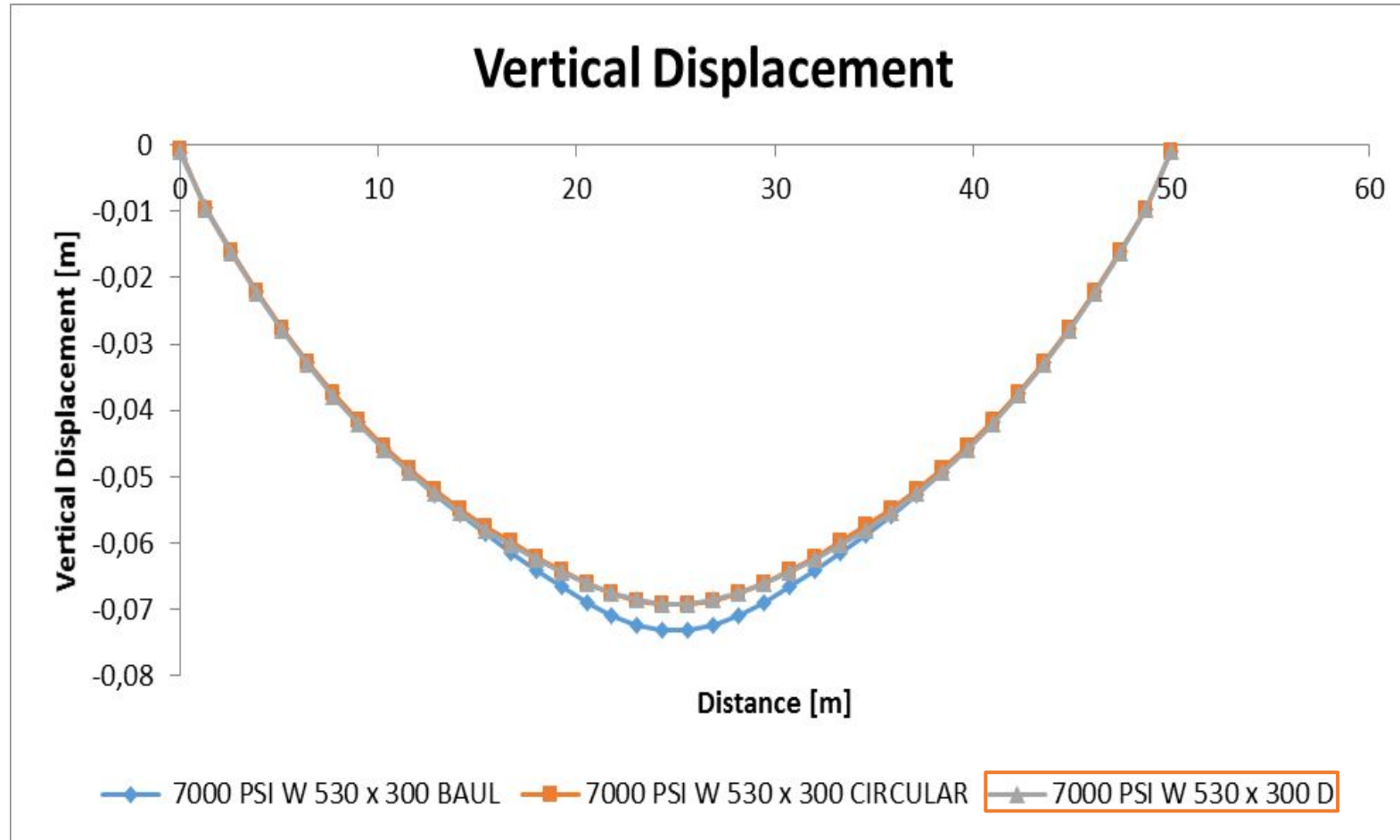
INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y EL TAMAÑO DE LA SECCION EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

0,0704586 m y 0,074561 m



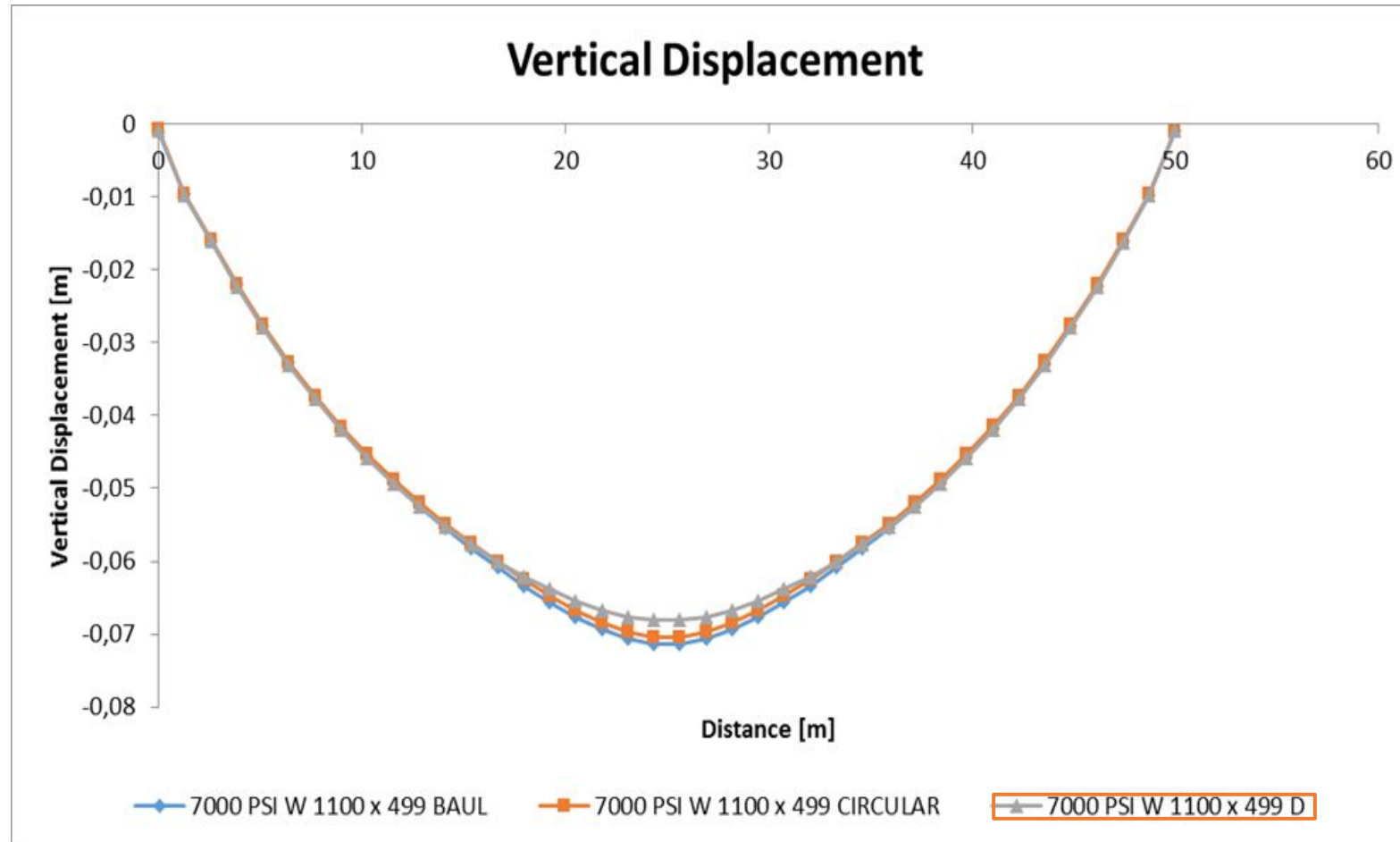
Influencia de la geometría en el comportamiento de los desplazamientos verticales con un tamaño de sección w 150 cm x 37,1 cm

0,0690994 m y 0,0730792 m



Influencia de la geometría en el comportamiento de los desplazamientos verticales con un tamaño de sección w 530 cm x 300 cm

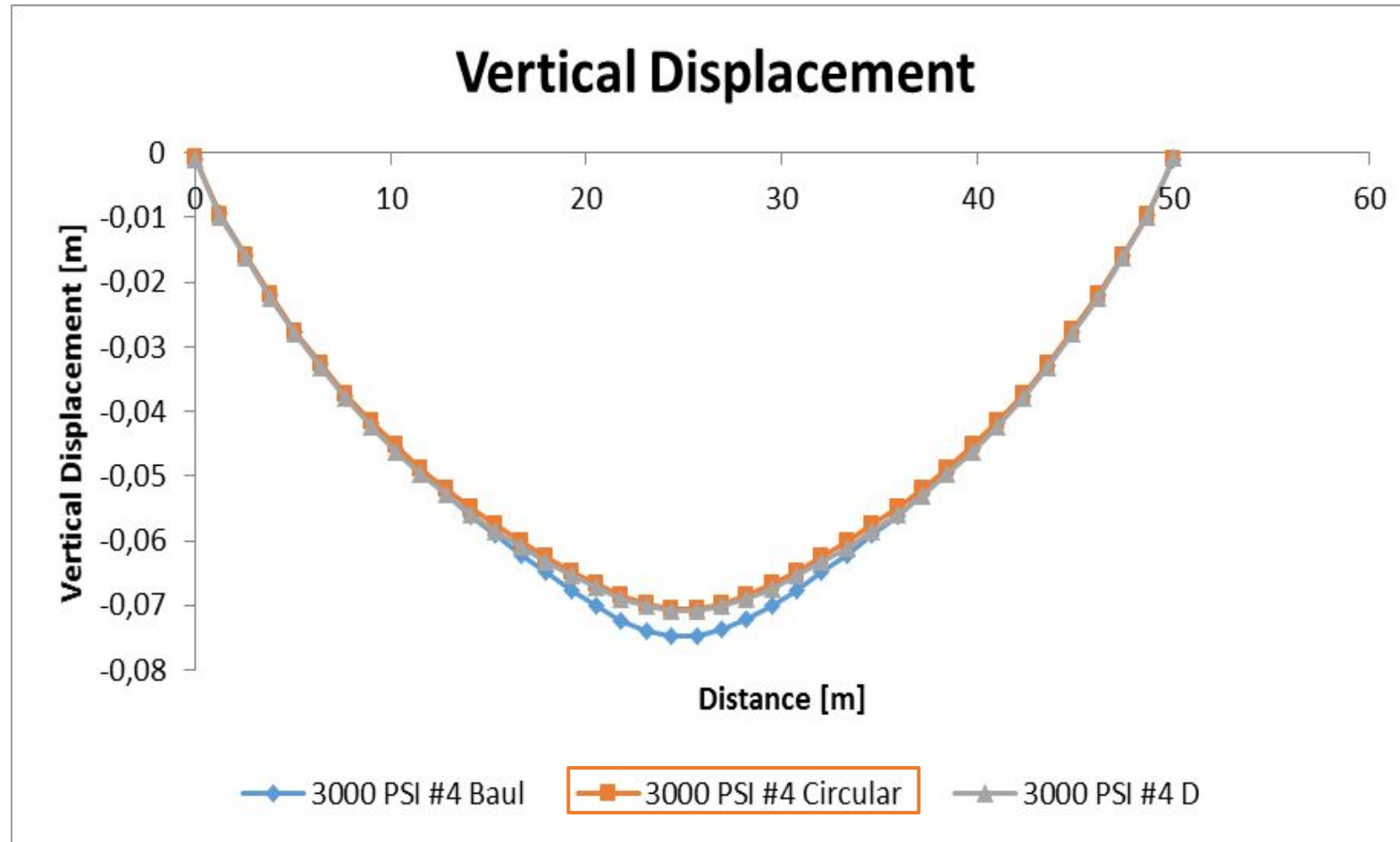
0,0681057 m y 0,0713081 m



Influencia de la geometría en el comportamiento de los desplazamientos verticales con un tamaño de sección w 1100 cm x 499 cm

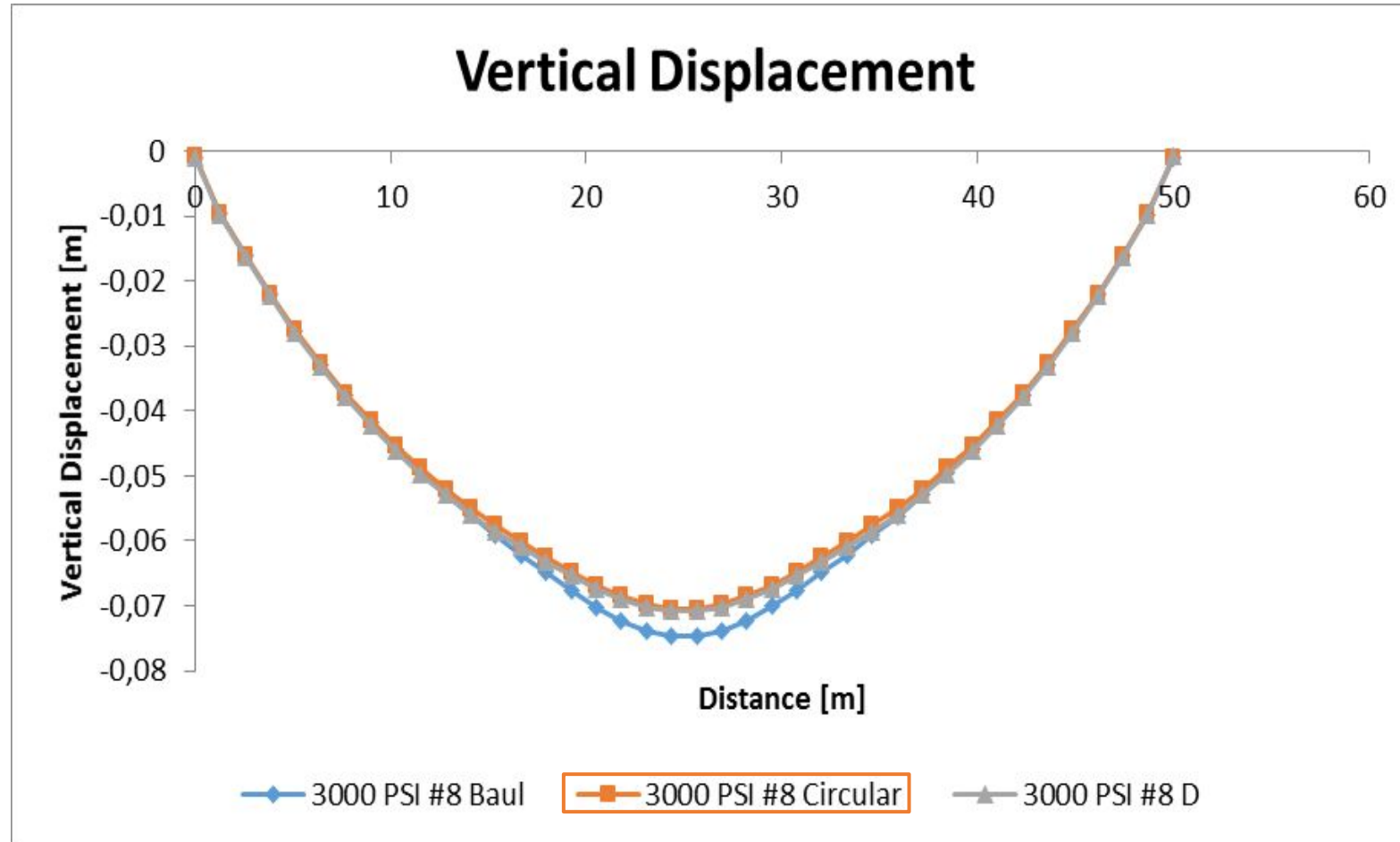
INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA Y EL TAMAÑO DE LAS BARRAS EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

0,0705726 m y 0,0747318 m



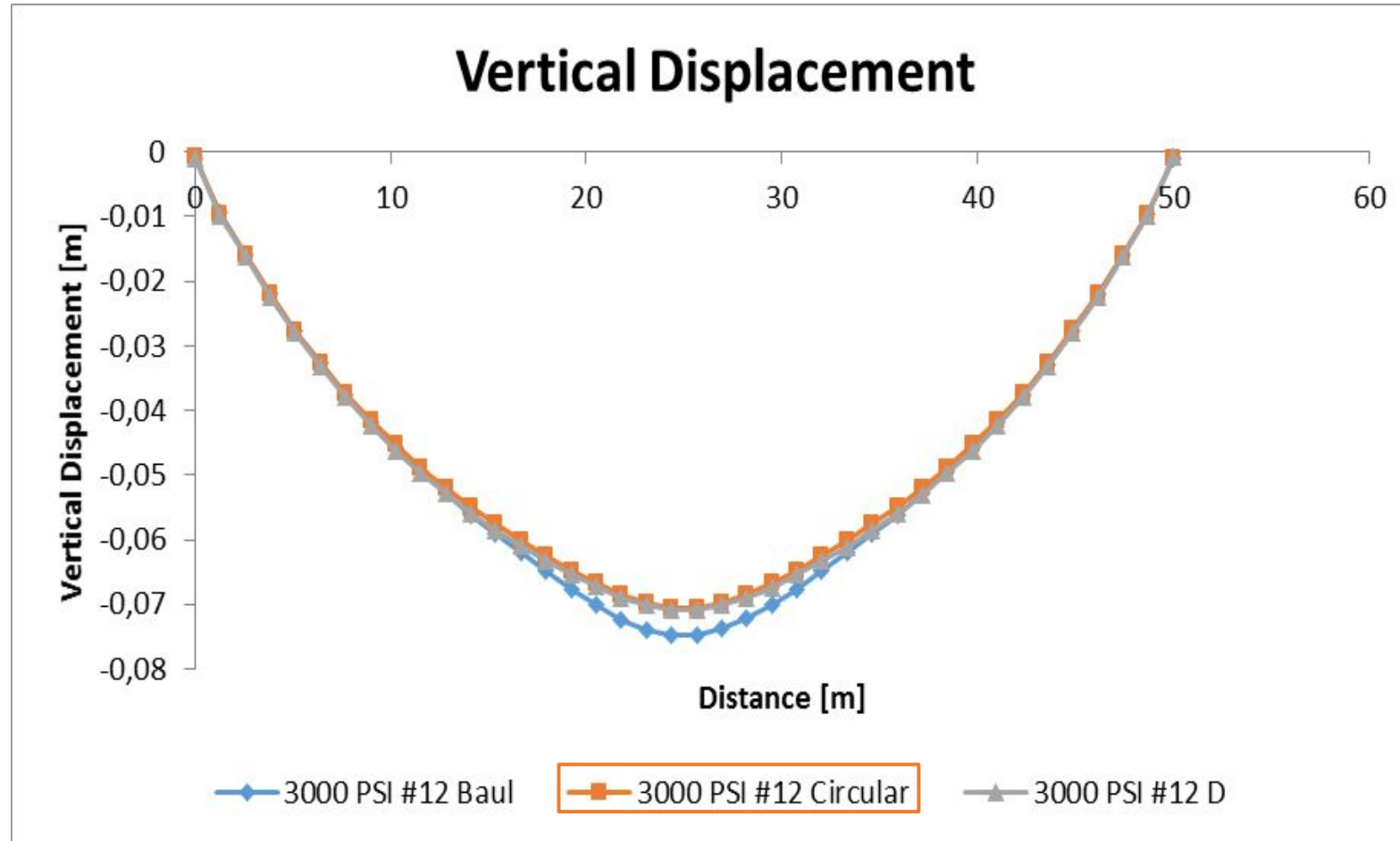
Influencia de la geometría en el comportamiento de los desplazamientos verticales con un tamaño de barra # 4

0,0705716 m y 0,0747298 m



Influencia de la geometría en el comportamiento de los desplazamientos verticales con un tamaño de barra # 8

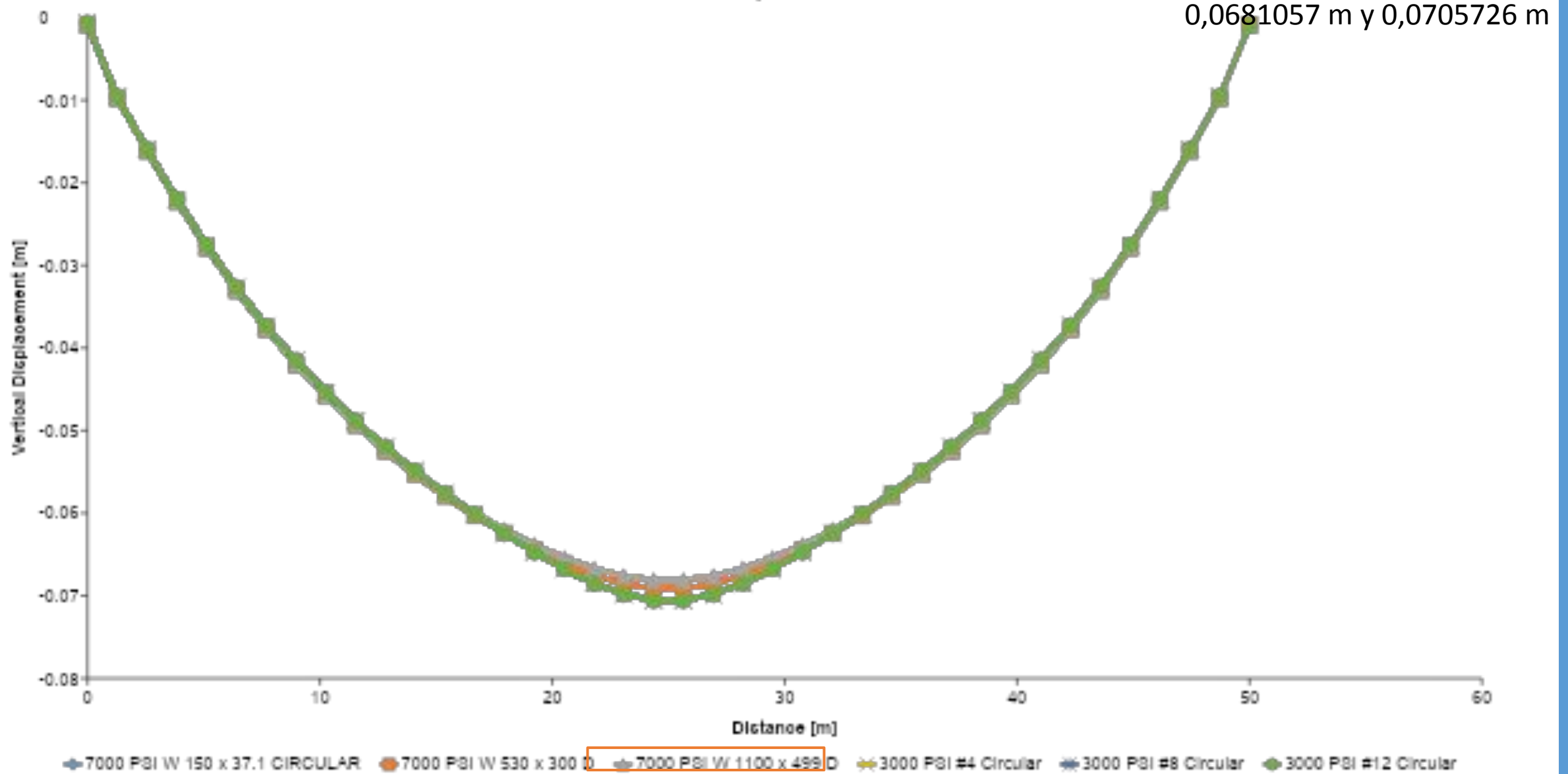
0,0705705 m y 0,0747278 m



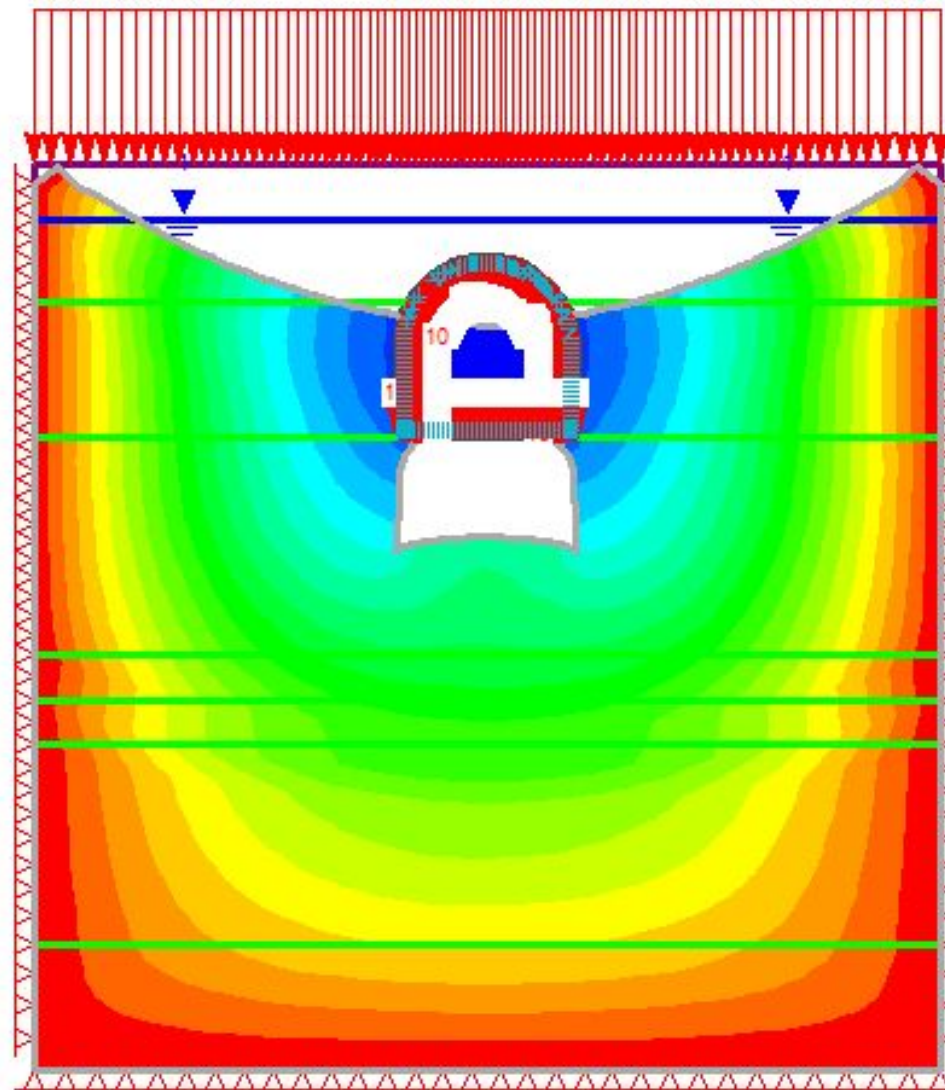
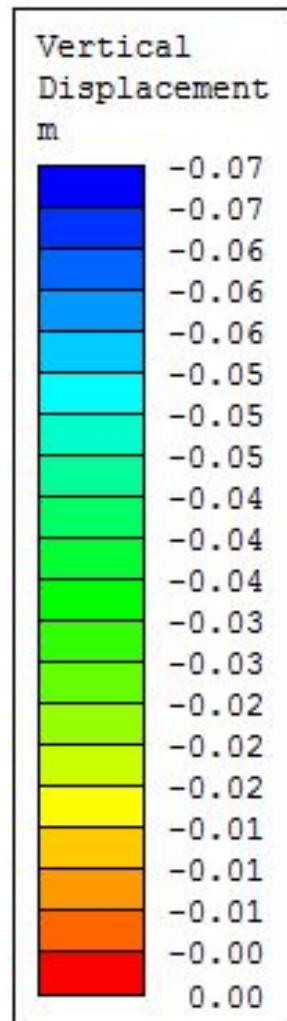
Influencia de la geometría en el comportamiento de los desplazamientos verticales con un tamaño de barra # 12

**MODELO OPTIMO CON RESPECTO A LA
INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA , EL TAMAÑO DE
LA SECCION Y EL TAMAÑO DE LAS BARRAS EN EL
COMPORTAMIENTO DE LOS DESPLAZAMIENTOS
VERTICALES**

Vertical Displacement



Modelo optimo



Simulación del modelo optimo

CONCLUSIONES

- Los asentamientos tienden a ser menores a medida que el tamaño de la sección analizada aumenta, debido a que entre mayor sea el área de dicha sección sus propiedades mecánicas aumentan generando una mayor resistencia a los esfuerzos a los cuales está siendo sometida.
- Los valores presentan un comportamiento parabólico, ya que los datos tienden a disminuir progresivamente hasta un punto de inflexión e inmediatamente ascienden
- Los asentamientos son mayores a medida que el diámetro de la barrilla disminuye, esto se debe a que el grosor de la misma es directamente proporción con su resistencia.
- La mayor deformación se presenta en la parte central de cada uno de los modelos, esto es producto de la ubicación en la cual se encuentra la excavación y la carga distribuida que se está aplicando en superficie.
- La diferencia entre los asentamientos máximos no superan el 3.6% entre ellos, lo que indica que la dispersión de los datos para este caso es mínima y el valor óptimo se puede encontrar dentro del rango de desplazamientos mencionados anteriormente.

Referencias

- Avila, G., 2012. Suelos arcillosos de Bogotá, proclives al hundimiento. *Universidad Nacional de Colombia*, pp. 1- 5.
- Bustamante, N., 2018. ¡Increíble!: así, poco a poco, se hunde Bogotá. *El Tiempo*, pp. 1-4.
- Escobar, D., 2016. Geomecánica para ingenieros. *Universidad Nacional de Colombia*, p. 12.
- Fondo de prevención y atención de emergencia, 2010. Zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones. *Alcaldia mayor de Bogotá*, p. 30.

- Garzón, J. C., 2011. Evaluación de asentamientos por consolidación generada por descenso del nivel freático. *Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola*, pp. 14-16.
- IDIGER, 2018. Caracterización General del Escenario de Riesgo Sísmico. *Alcaldia mayor de Bogotá*, p. 1.
- L1 Consorcio, 2015. Estudio geotécnico base de diseño de la primera línea de metro de Bogotá. *Metro de Bogota*, pp. 6 - 156.
- Lobo-Guerrero, A., 1996. Excursión Geológica por la Sabana de Bogotá. *VII Congreso Colombiano De Geologia*, pp. 1-26.
- Nieto Leal, A., Camacho Tauta, J. F. & Ruiz Blanco, E. F., 2009. Determinación de parámetros para los modelos elastoplásticos mohr-coulomb y hardening soil en suelos arcillosos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, pp. 76-90.

- Pineda, J. A., Murillo, C. A. & Colmenares, J., 2015. Characterization of pavement pathologies associated with the action of plant species in a road at western Sabana de Bogota.. Volumen 1.
- Rocscience, 2018. 2D Geotechnical Finite Element Analysis. *Rocscience*, pp. 1-3.
- Rodríguez, K., 2014. Subsistencia por la construcción de túneles en suelos blandos saturados. *Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ingeniería civil*, Volumen 1, pp. 11-84.
- Rodriguez, K. J., 2014. Subsistencia por la construccion de tuneles en suelos blandos saturados. *Universidad Nacional de Colombia*, pp. 21, 22.
- Schmidt, 1969. Campana de gauss invertida.

- Shiau, J., 2014. *Settlement analyses of underground circular tunneling in soft clay*. Australia: University of Southern Queensland.
- Tomas, R., Herrera, G., Delgado, J. & Peña, F., 2009. Subsistencia del terreno. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, pp. 295-302.
- Verruijt & Booker, 1996. Desplazamiento radial y ovalización del túnel..
- Wang, R., 2015. Characterization of land subsidence induced by groundwater withdrawals in Wenyu River alluvial fan, Beijing, China. *Beijing Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Beijing, China*, pp. 3,4.



¡GRACIAS!

¿Preguntas?

nicolasquintana@usantotomas.edu.co

sebastianrivera@usantotomas.edu.co