



2023

# INFORME DE PRÁCTICAS

HOJA DE CÁLCULO PARA DETERMINAR ÁNGULO DE FRICCIÓN Y  
CAPACIDAD ADMISIBLE EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES.



RODOLFO BANDERAS GUTIÉRREZ  
CONSORCIO WATER SERCODING



CONSORCIO WATER SERCODING

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE PRÁCTICAS PROFESIONALES  
ANÁLISIS DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Presentado por:

RODOLFO BANDERAS GUTIÉRREZ

PEDRO DIGNO NAVARRO CASTILLA

Tutor empresarial

RAFAEL CASTAÑEDA AMASHTA

Tutor prácticas

Santa Marta

2023



## CONTENIDO

	Pág.
1. Presentación.....	2
2. Introducción .....	3
3. Objetivos .....	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivos específicos .....	4
4. Justificación.....	5
5. Funciones del practicante en la empresa.....	6
6. Presentación de la empresa .....	7
6.1 Razón social .....	7
6.2 Ubicación .....	7
6.3 Misión .....	7
6.4 Visión .....	7
6.5 Objetivos de la empresa.....	8
6.6 Actividades complementarias.....	8
7. Desarrollo del trabajo.....	9
8. Esquema gráfico de las cimentaciones superficiales.....	10
9. Planteamiento y formulación matemática .....	11
10. Capacidad portante en cimentaciones superficiales.....	11
11. Ecuación de terzaghi para cimentación corrida y cuadrada.....	11
12. Definición de variables .....	12
13. Factores de forma y profundidad.....	13
14. Factores de inclinación y carga.....	14
15. Capacidad de carga admisible.....	15
16. Ilustración hoja de cálculos.....	15
17. Definiciones y conceptos fundamentales.....	16
• Capacidad portante.....	16
• Ángulo de fricción.....	16
• Cohesión.....	16
• Factores de forma, profundidad, inclinación y carga.....	17
18. Conclusión.....	18
19. Bibliografía.....	19



## PRESENTACIÓN

El presente informe tiene como propósito brindar una herramienta de cálculos numéricos que permita determinar de manera precisa y exacta, los resultados de estudios de suelos que sean proporcionados a la empresa, con la finalidad de ser analizados para la ejecución de proyectos de infraestructura civil ya sean provenientes de un laboratorio o cualquier otra entidad a la cual se le deba realizar interventoría.

El aporte por parte del estudiante de prácticas se verá enfocado en estudios geotécnicos, de tal manera que la empresa tenga en su poder documentos de cálculo en Excel donde permita determinar diferentes factores fundamentales en el análisis y resultados de estudios de suelos tales como, la capacidad portante del terreno donde se pretenda ejecutar una obra la cual sea objeto de intervención por parte de la compañía.

En este documento se puede encontrar el modelo matemático que se utiliza para la determinación del ángulo de fricción los factores de capacidad de carga, forma y profundidad, basados principalmente en la ecuación de terzaghi para cimentaciones superficiales.

La aplicación de la mecánica de suelos en la solución de problemas geotécnicos esta orientada a desarrollarse en fundaciones, taludes y obras de contención. Las cargas que transmiten las cimentaciones a las capas del terreno causan tensiones, y por tanto deformaciones en la capa del terreno soporte. Estas deformaciones tienen lugar siempre y su suma produce asentamientos de la superficie de contacto entre la cimentación y el terreno.

Los cimientos constituyen los subsistemas de cualquier estructura que transmiten directamente las cargas de éstas hacia el suelo, su función es distribuir esas cargas, dispersándolas en el suelo adyacente, de modo que éste y los materiales que lo sostienen posean la suficiente rigidez para soportar la estructura sin sufrir deformaciones excesivas.

## INTRODUCCIÓN

En este documento se encuentra un aporte por parte del estudiante de prácticas a la empresa NEPESA construcciones civiles y consorcio de interventoría WATER CERCODING, el cual consiste en brindar la base de datos y formulaciones matemáticas concernientes al estudio geotécnico que se desarrolla en cada uno de los proyectos de infraestructura civil que la compañía adquiera en calidad de contratista o de interventor.

Se describen los objetivos generales y específicos tanto de la empresa, así como también los del estudiante, aportando una justificación y un planteamiento del problema al cual se le quiere proporcionar una herramienta en Excel que permita optimizar el análisis y resultado de estudios de suelos, que facilite el cálculo de la capacidad admisible del terreno objeto de intervención o estudio.

De manera preliminar se presenta a la empresa con su respectiva misión y visión las cuales describen la importancia de ésta en el campo ingenieril, así como también su aporte y beneficio a la sociedad.

Este proyecto se realizó partiendo de la idea de optimizar el portafolio de servicios que brinda la empresa, de tal manera que, se inicia desde cero, ya que no existen antecedentes o estudios anteriores relacionados con esta rama de la ingeniería civil aplicada en el consorcio de interventoría. La empresa actualmente no cuenta con esta herramienta fundamental para el análisis de resultados de estudios de suelos para cimentaciones superficiales.

Todo el informe de practicas fue realizado en la ciudad de santa marta bajo la tutoría académica de la universidad del magdalena, así como también, los aportes matemáticos y de conocimiento en ingeniería civil, fueron adquiridos en dicha alma mater. La herramienta de cálculo en Excel es enfocada o delimitada únicamente al estudio de suelos y capacidad admisible de carga exclusivamente de cimentaciones superficiales, las cuales tienen una característica especial con respecto a las cimentaciones profundas.

Los estudios de suelos son la base fundamental para la realización de todos los proyectos de infraestructura civil, ya que, depende la estabilidad y seguridad de estos, en aras de preservar la vida.

Agradecimiento especial al ingeniero civil Carlos David linero, ingeniero civil Rafael Castañeda, universidad del magdalena 2023, por brindar asesoría y clases magistrales en el área de geotecnia, así como también, agradecimiento especial al ingeniero pedro digno navarro por brindar la oportunidad de desarrollar las practicas en la empresa consorcio WATER SERCODING.



## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un documento en Excel que permita calcular la capacidad admisible de cimentaciones superficiales en diferentes tipos de suelo, aplicando su ejecución en la empresa NEPESA construcciones civiles.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Entregar a la empresa un modelo matemático a través de Excel para comprobar resultados de estudios geotécnicos.
  
- Implementar el modelo de cálculo de carga admisible en cualquier terreno.
  
- Explicar mediante formulación matemática los factores de capacidad de carga, profundidad y de forma para el estudio de suelos.
  
- Entregar de manera textual la formulación de estudios de suelos planteada por terzaghi en el estudio de la mecánica de materiales.



## JUSTIFICACIÓN

Este proyecto hace parte de la contribución que el estudiante de prácticas realiza a la empresa de construcciones e interventoría civil NEPESA, con la finalidad de optimizar la parte operativa en la ejecución de proyectos de infraestructura civil, a través de una herramienta en Excel, la cual mediante un modelo matemático tiene como función calcular la capacidad admisible o portante de los terrenos en los cuales se realice una cimentación superficial.

La forma en que se plantea dicho aporte será, presentando matemáticamente paso a paso de la ecuación general de terzaghi, señalando y explicando de manera textual cada dato que será ingresado en la hoja de cálculos con la finalidad de encontrar y corroborar los resultados de laboratorio.

Es conveniente llevar a cabo esta investigación debido a que uno de los estudios preliminares de todo proyecto de infraestructura civil es el geotécnico, ya que los beneficios que se derivan de éste es poder garantizar una estructura estable y equilibrada para evitar asentamientos que provoquen la inestabilidad de la obra causando graves peligros y amenazando la integridad física de los que la habiten.

Finalmente, la herramienta que brinda el estudiante será para que la empresa posea en su portafolio de servicios de interventoría, una función más en su parte técnica y operativa.

## FUNCIONES DEL PRACTICANTE EN LA EMPRESA

- Apoyar en la realización de propuestas para la participación en procesos de licitaciones públicas: revisión de pliegos de condiciones para verificar el cumplimiento de los requisitos, organización de la documentación requerida, diligenciamiento de formatos, revisión de cantidades de obra, elaboración de memorias de cálculo, presupuestos, programación de obra, revisión de planos y diseños.
- Visitar sitios en donde se ejecutarán los proyectos de obra e interventoría.
- Participar en las actividades para la formulación y presentación de proyectos de ingeniería.
- Apoyar las actividades propias de las funciones del Ingeniero Residente de Obra e Interventoría bajo la supervisión del profesional responsable.
- Realizar cualquier otra función concerniente al cargo asignado por el superior.
- Custodiar los equipos y elementos de trabajo a su cargo, velando por su cuidado general.
- Notificar las fallas presentadas en los equipos de trabajo de manera inmediata al superior jerárquico.
- Mantener los equipos y puestos de trabajo limpios y ordenados.
- Siempre que se encuentre en el desempeño de sus funciones utilizar el uniforme de dotación completo y los elementos de protección.
- Asistir a las reuniones programadas.
- Asistir a las capacitaciones que la empresa programe.
- Tener buenas relaciones con los clientes internos y externos de la empresa.
- Cumplir con todo lo acordado en el contrato de APRENDIZAJE.



## **PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA**

Razón social: NEPESA S.A.S Obras civiles

Consortio de interventoría WATER SERCODING

Representante legal: Pedro Digno Navarro Castilla

Ubicación: CRA 2 # 15-22 ED. BBVA Santa Marta Magdalena

Portafolio de servicios:

- Construcción de obras civiles.
- Asesorías en procesos de contratación pública.
- Realización de interventorías.
- Identificación, formulación y elaboración de proyectos de ingeniería.

Con un destacado grupo de profesionales y personal técnico expertos en el área de la construcción, con la infraestructura tecnológica adecuada y el respaldo de proveedores altamente calificados, NEPESA S.A.S se permite garantizar la calidad, seriedad y cumplimiento de la empresa.

### **MISIÓN**

NEPESA S.A.S es una empresa dedicada a la participación en procesos de contratación a entidades públicas y privadas con soporte técnico y legal, gestionando y ejecutando proyectos de construcción de obras civiles de soluciones sostenibles, realización de interventorías, identificación formulación y realización de proyectos, buscando el desarrollo local y regional con programas de sostenibilidad del sector y la optimización de la rentabilidad empresarial.

### **VISIÓN**

Ser una empresa consolidada y reconocida a nivel nacional como líder en la gestión y ejecución de proyectos de obras civiles, arquitectura e interventorías.

## **OBJETIVOS DE LA EMPRESA**

- Ofrecer confianza, transparencia y dar lo mejor de sí mismo en cada proyecto, aprovechando la experiencia para ejecutar las obras con calidad, asumiendo los compromisos adquiridos.
- Saber adaptarse a cada cliente (institución pública o privada), atendiendo sus características especiales y prioridades.
- Controlar directamente todo el proceso constructivo, desde la compra hasta la elección de los materiales para los acabados.
- Ocupar una posición significativa dentro de la industria en que participan llevándolas a ocupar un lugar propio y destacado.

## **ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**

La empresa esta conformada por tres áreas; técnica, operativa y financiera. Integrada por un equipo de profesionales altamente calificado y experto en las funciones de su área, que buscan las mejores soluciones para la ejecución de todos los proyectos con la máxima calidad y adaptabilidad a las necesidades de casa cliente.

El personal de la empresa trabaja en dos ámbitos diferenciados, pero con la misma filosofía corporativa. Para las obras, la empresa ha sabido reunir un grupo experimentado de profesionales, que con su conocimiento consiguen una ejecución de calidad. Por otro lado, pero perfectamente coordinados, en las oficinas trabajan el resto de los departamentos, tales como, proyectos jurídico, contable y de gestión humana, con el fin de asumir los compromisos adquiridos.

## DESARROLLO DEL TRABAJO

A continuación, se procede a realizar el planteamiento de la formulación del informe identificando y describiendo cada una de las variables para tener en cuenta en el estudio de suelos, partiendo de los resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

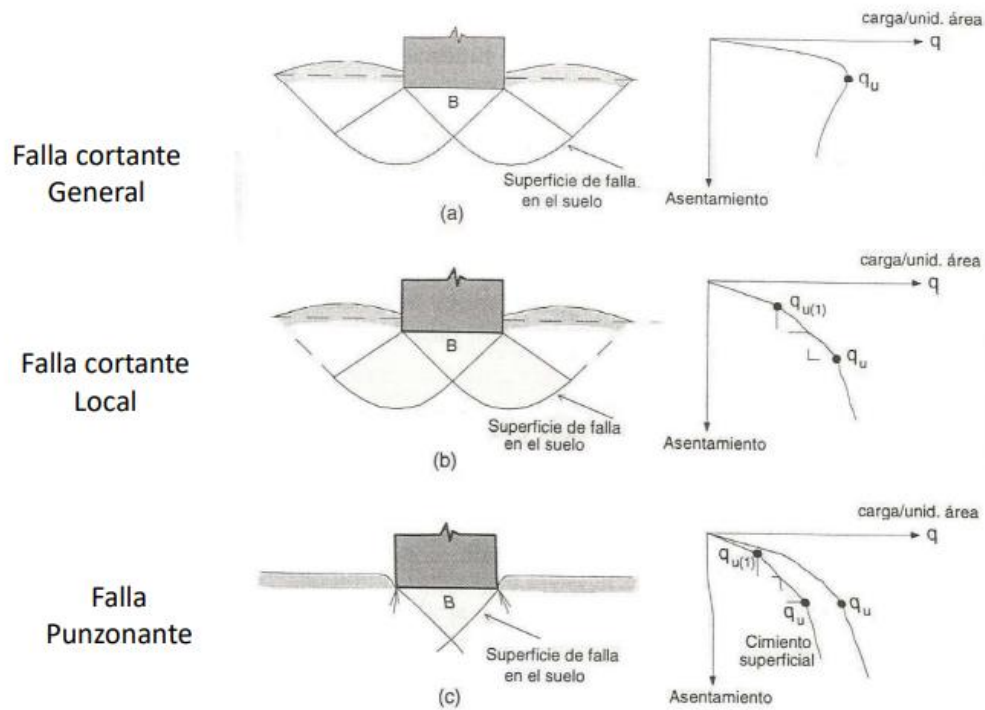
El modelo matemático que se empleará para realizar los cálculos está basado en la ecuación general de Terzaghi y será enfocado en el asentamiento de las cimentaciones superficiales.

Se le conoce como cimentaciones superficiales a aquellas cuya profundidad de desplante  $D_f$  es menor o igual que el ancho de esta, pero también se sugiere que se tomen como cimentaciones superficiales aquellas cuya profundidad de desplante sea menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación. Entre este tipo de cimentaciones se encuentran las zapatas aisladas, las cimentaciones corridas y las losas de cimentación.

Las zapatas aisladas son elementos estructurales, por lo general de forma cuadrada o rectangular, a veces circular, que se construyen para poder transmitir la carga de las columnas hacia el suelo por medio de una mayor área para disminuir la presión.

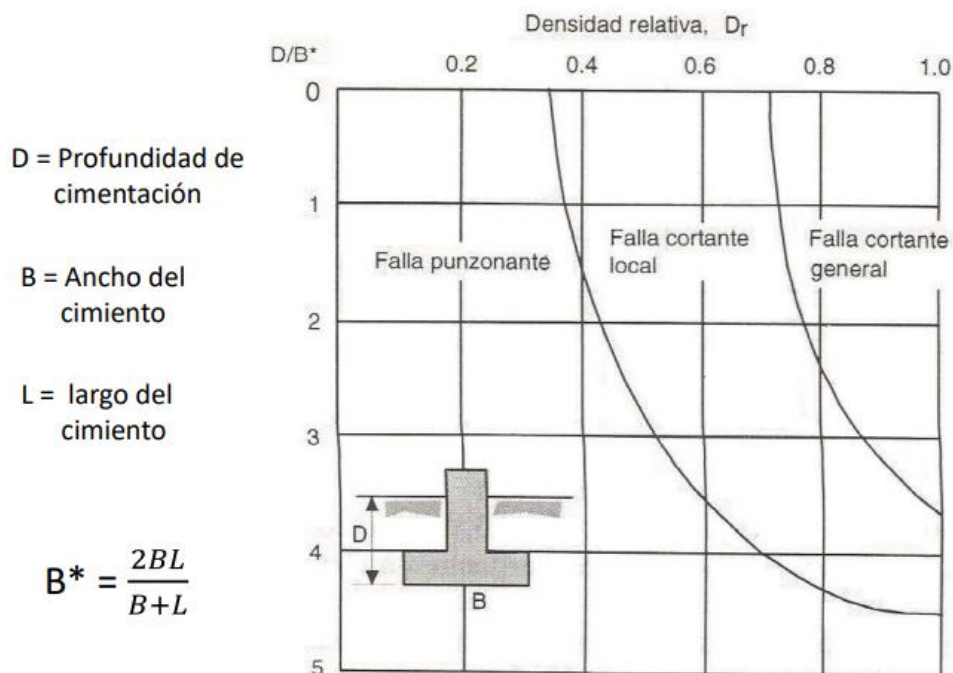
Los cimientos o zapatas corridas son elementos análogos a zapatas aisladas, en el caso de estos la longitud del cimiento es grande en comparación con el ancho. Soportan varias columnas o muros de mampostería, es una forma derivada de la zapata aislada, debido al caso que el suelo sea de baja resistencia creando la necesidad de tener una mayor área de distribución de las cargas.

El problema de la capacidad portante de cimientos superficiales se ha solucionado con teoría de plasticidad desde hace ya bastante tiempo (por ejemplo, Prandtl, 1923 y Reissner, 1924; Terzaghi, 1943; Brinch-Hansen, 1950; Meyerhof, 1953; Vesic, 1975), suponiendo siempre el terreno de apoyo del cimiento horizontal y de extensión lateral infinita.



## Modos o tipos de falla del suelo portante

Tomado de teoría de capacidad de carga. Mecánica de materiales (THEORETICAL SOIL MECHANICS) por Karl Terzaghi.



Modos de falla del suelo portante de fundaciones en arena



## DEFINICIÓN DE VARIABLES

**c** = Cohesión del suelo

**B** = Menor dimensión de la cimentación

**Df** = Profundidad de desplante cimentación

$\gamma$  = Peso específico del suelo

**q** =  $\gamma \cdot Df$  (Esfuerzo efectivo)

**Nc, Nq** y  $N_\gamma$  = factores de capacidad de carga  
(son adimensionales y se encuentran en función del ángulo de fricción del suelo,  $\phi$ )

Donde:

$F_{cs}$ ,  $F_{qs}$  y  $F_{\gamma s}$  = factores de forma

$F_{cd}$ ,  $F_{qd}$  y  $F_{\gamma d}$  = factores de profundidad

$F_{ci}$ ,  $F_{qi}$  y  $F_{\gamma i}$  = Factores de inclinación de la carga

$N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  = factores de capacidad de carga

Factores de forma:

$$F_{CS} = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan\phi$$

$$F_{\gamma_s} = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$$

Factores de profundidad:

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \cdot K$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \cdot \tan\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2 \cdot K$$

$$F_{\gamma_d} = 1, \text{ para cualquier valor de } \phi$$

Donde:

$$K = \frac{D_f}{B}, \text{ para } \frac{D_f}{B} \leq 1$$

$$K = \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right), \text{ para } \frac{D_f}{B} > 1; \text{ el valor de } \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right) \text{ en radianes}$$

Factores de inclinación de la carga:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$$

Donde:

$\theta$  = inclinación de la carga respecto a la vertical

Factores de capacidad de carga:

$$N_c = \cot \phi (N_q - 1)$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$$

## CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE ( $q_{Adm}$ ):

$$q_{Adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:

FS = factor de seguridad para todos los casos puede ser de 3

Imagen de hoja de cálculo con cada una de los respectivos factores y variables.

														Cimentación Cuadrada		
Nc	Nq	Ny	Df/B	K	Fcs	Fcd	Fci	Fqs	Fqd	Fqi	Fys	Fyd	Fyi	qu (Ton/m2)	qadm (Ton/m2)	Qadm (KN)
4.29	3.40	2.09	0.5	0.500	1.79	1.2	0.46	1.56	1.15	0.46	0.60	1	1	3.15	1.05	10.50
4.17	3.25	1.87	1	1.000	1.78	1.40	0.47	1.54	1.30	0.47	0.60	1	1	5.84	1.95	19.46
4.35	3.48	2.19	1.5	0.983	1.80	1.39	0.45	1.57	1.29	0.45	0.60	1	1	8.77	2.92	29.24
4.21	3.31	1.94	3	1.249	1.78	1.50	0.46	1.55	1.37	0.46	0.60	1	1	19.84	6.61	66.14
4.51	3.68	2.51	4	1.326	1.82	1.53	0.43	1.59	1.38	0.43	0.60	1	1	14.67	4.89	48.89
4.59	3.78	2.65	5	1.373	1.82	1.55	0.43	1.61	1.39	0.43	0.60	1	1	19.31	6.44	64.36
4.67	3.89	2.83	10	1.471	1.83	1.59	0.42	1.62	1.41	0.42	0.60	1	1	42.11	14.04	140.37
4.71	3.94	2.92	15	1.504	1.84	1.60	0.42	1.62	1.42	0.42	0.60	1	1	65.12	21.71	217.07
4.70	3.92	2.89	20	1.521	1.84	1.61	0.42	1.62	1.42	0.42	0.60	1	1	87.62	29.21	292.06
4.54	3.71	2.55	30	1.537	1.82	1.61	0.43	1.60	1.44	0.43	0.60	1	1	129.04	43.01	430.15

Estimación del ángulo de fricción a partir del ensayo SPT

PROFUNDIDAD (m)	GOLPES			N	N60	$\gamma$ (Kg/cm3)	RS (Kg/cm2)	K	CN	N160	$\phi$ Peck	$\phi$ Meyerhof	$\phi$ Muromachi	$\phi$ Promedio
0-1.5	1.5	2	2	3	5	3.75	0.00152	0.228	1.41	1.91	7	29	29	29
1.5-3	3.0	8	4	4	8	6	0.001407	0.43905	1.41	1.50	9	30	29	30
3.0-4.5	4.5	5	7	11	18	13.5	0.001544	0.67065	1.41	1.24	17	32	33	33

$\gamma$ (Ton/ft3) GONZALEZ	RS(Ton/ft2) GONZALEZ	CN GONZALEZ	N160 GONZALEZ	$\phi$ GONZALEZ
0.0430	0.212	1.67	6	25
0.0398	0.196	1.71	10	29
0.0437	0.215	1.67	23	37

En el documento de Excel (hoja de cálculo) capacidad portante en suelos, se puede realizar el estudio de capacidad admisible, a partir, de los datos allí especificados.

Adjunto a este documento se encuentra la herramienta de cálculo de estimación del ángulo de fricción, factores de forma, capacidad y carga para cimentaciones superficiales.

## DEFINICIONES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

- **Capacidad admisible o portante del suelo:** En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.
  
- **Ángulo de fricción:** El ángulo de rozamiento interno o ángulo de fricción es una propiedad de los materiales granulares el cual tiene una interpretación física sencilla, al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular. En un material granuloso cualquiera, el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas; por ello, en un material sin cohesión y donde las partículas son muy pequeñas en relación con el tamaño del conjunto, el ángulo de reposo coincide con el ángulo de rozamiento interno. Es especialmente importante en mecánica de suelos para determinar tanto la capacidad portante como la resistencia al deslizamiento de un terreno arenoso.
  
- **Cohesión:** La cohesión del terreno es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas, del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. El suelo cohesivo contiene pequeñas partículas y suficiente arcilla para que el suelo se adhiera a sí mismo. Cuando el suelo es más cohesivo, es porque tiene mayor cantidad de arcilla, y presenta menos probabilidades de que se produzca un derrumbe.
  
- **Factores de forma:** Los factores formadores de suelo son agentes, fuerzas, condiciones o combinación de estos, que actúan sobre un material original para transformarlo en suelo. El proceso de formación del suelo está determinado por la interacción de seis factores de formación: clima, organismos, topografía, material parental, tiempo y uso, la magnitud de cualquiera de las propiedades del suelo está determinada por la acción de estos factores.
  
- **Factores de profundidad:** La profundidad del suelo depende de factores como la inclinación, que permite el arrastre de la tierra por las aguas, y la naturaleza del lecho rocoso. La piedra caliza, por ejemplo, se erosiona más que la arenisca, por lo que produce más productos de descomposición.

- **Factores de inclinación de la carga:** Existen dos posibles casos de inclinación de la carga, los cuales son cargas inclinadas centradas y cargas excéntricas, estos casos disminuyen considerablemente la capacidad portante de una cimentación.
- **Factores de capacidad de carga:** La capacidad de carga puede variar a lo largo del tiempo, en función de los factores de los que depende: población, densidad, capacidad de expansión, cantidad de comida, hábitat, agua y otras infraestructuras vitales. La capacidad de carga de un área determina el tamaño de la población que puede existir o que puede ser soportada ahí. · La capacidad de carga biológica es un equilibrio entre la disponibilidad de hábitat y la cantidad de animales de una especie en particular que este hábitat puede soportar.



## CONCLUSIÓN

La realización de este informe muestra de manera clara cada una de las formulaciones matemáticas, con las variables que se utilizan en la estimación de capacidad portante o carga admisible del terreno en las cimentaciones superficiales.

Lo mencionado anterior a esto se ejecuta con el fin de proyectar al usuario una explicación conceptual del procedimiento a seguir para que, a través, de la interventoría en obras civiles, se pueda vigilar, comprobar y verificar de manera exacta los resultados obtenidos en laboratorio a partir de una prueba de penetración estándar (SPT) ingresando cada uno de los datos en la herramienta de cálculo.

Finalmente se concluye que el informe de prácticas es un documento de gran importancia que genera un aporte de investigación enfocado en el estudio de suelos, brindando de manera conjunta una herramienta de cálculo que entrega un beneficio a la compañía y es de gran utilidad en el campo profesional de la ingeniería civil.



## BIBLIOGRAFÍA

- Practica de mecánica de los materiales en la ingeniería civil (Karl Terzaghi)1996.
- THEORETICAL SOIL MECHANICS (Karl Terzaghi).
- Diapositivas teoría de capacidad de carga. ING. CIVIL Carlos Linero Universidad del Magdalena 2023.