

# EL USO DE LA GEOMETRIA Y TRIGONOMETRÍA COMO ESTRATEGIA DIDACTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS DE LA GEOTECNIA

## THE USE OF GEOMETRY AND TRIGONOMETRY AS A TEACHING STRATEGY FOR LEARNING THE CONTENTS OF GEOTECHNICS

Gustavo García Mendoza.<sup>1</sup> [gustavo.garciam@ug.edu.ec](mailto:gustavo.garciam@ug.edu.ec)

Ignacia Torres Villegas.<sup>2</sup>

Santiago Gustavo Ramírez Aguirre.<sup>3</sup>

### Resumen

En este artículo se presentan estrategias pedagógicas que han sido diseñadas para que los estudiantes de la carrera de ingeniería civil de la Universidad de Guayaquil se apropien del conocimiento de la teoría de la mecánica de suelos y del papel que juegan la operación matemática específicamente el uso de la trigonometría y la geometría como soporte en el estudio de la asignatura de Geotecnia. Este estudio exploratorio aborda el tema de la comprensión de la Trigonometría y la geometría, valiéndose del análisis de tareas y aplicaciones prácticas dentro del aula, dado que, la ingeniería es una profesión que exige conocimientos y prácticas especializadas, es así que, este estudio se le aplica a los estudiantes que actualmente cursan la asignatura de geotecnia, dada en el 6to semestre de la carrera de ingeniería civil. Para ello, se da a conocer el proceso realizado y los resultados obtenidos a partir del diseño e implementación de herramientas didácticas realizadas en Geotecnia para el desarrollo de unidades básicas de aprendizaje en trigonometría y geometría, cuyo propósito fundamental es facilitar la enseñanza de la graficación de figuras geométricas y el uso de fórmulas trigonométricas, permitiendo de la asimilación de los conceptos básicos de la trigonometría (Ángulos, senos, cosenos), y así optimizar la comprensión y utilización del conocimiento matemático en los estudiantes que cursan la asignatura de Geotecnia.

**Palabras clave:** Estrategias pedagógicas, aprendizaje de la Geotecnia, conocimiento trigonométrico, conocimiento de geometría, Aplicación problemática.

### ABSTRACT

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad de Guayaquil

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad de Guayaquil

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad de Guayaquil

In this article pedagogical strategies are presented that have been designed so that the students of the civil engineering career of the University of Guayaquil take ownership of the theory of soil mechanics and the role played by the mathematical operation specifically the use of trigonometry and geometry as support in the study of Geotechnics. This exploratory study addresses the subject of the understanding of Trigonometry and geometry, using the analysis of tasks and practical applications within the classroom, since engineering is a profession that requires knowledge and specialized practices, so, this study applies to students who are currently studying the subject of geotechnics, given in the 6th semester of the civil engineering career. For this, the process carried out and the results obtained from the design and implementation of educational tools made in Geotechnics for the development of basic units of learning in trigonometry and geometry, whose fundamental purpose is to facilitate the teaching of graphing geometric figures and the use of trigonometric formulas, allowing the assimilation of the basic concepts of trigonometry (Angles, sines, cosines), and thus optimize the understanding and use of mathematical knowledge in students who take the subject of Geotechnics.

**Key words:** Pedagogical strategies, Geotechnical learning, trigonometric knowledge, knowledge of geometry, problematic application.

Los retos que asume hoy en día la formación del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Guayaquil deben ir en vías de potenciar su formación integral para contribuir con una sociedad que demanda la incorporación de profesionales competentes e investigadores. Esto es posible si se tiene en cuenta que dicha formación constituye un complejo proceso donde confluyen diversos componentes y subprocesos. Sin lugar a duda, uno de los procesos que juega un rol importante en esta formación lo constituye el proceso de formación técnico profesional del estudiante universitario de Ingeniería civil. Leme (2011); González y Tirados (2008). González (2009).

De acuerdo con Tristancho (2017); Santos (2016); Chrobak (2000), ante la falta de un proceso adecuado en el aprendizaje de la Geotecnia, que permita a los estudiantes universitarios de la carrera de ingeniería civil, poder obtener resultados académicos eficaces así como, hacer estudios e investigaciones relacionadas con la asignatura de geotecnia, se presenta como propuesta, diseñar herramientas didácticas. De ahí, que la resolución de problemas prácticos, ayuden al estudiante a mejorar su comprensión de la asignatura de geotecnia, mediante el uso adecuado de las gráficas de las funciones geométricas y conceptos básicos de la trigonometría (Senos, Cosenos, longitud de la circunferencia y ángulos).

Otros autores Escamilla y Llanos (1995); Cabrera, Colbeck y Terenzini, (1999); Badillo y Azcárate (2004) refieren en sus estudios que el proyecto expone una propuesta didáctica pertinente para facilitar/agilizar el proceso de enseñanza en el aula. Lo anterior, permite que los estudiantes obtengan resultados académicos eficaces. Asimismo, favorece la reflexión de los docentes sobre la aplicabilidad, alcances y retos que el uso de la gráficas geométricas y formulas trigonométricas tienen en los procesos de enseñanza aprendizaje en la asignatura de Geotecnia.

Por otro lado, identificar posibilidades de mejora y desarrollo en el aprendizaje del estudiante.

En los trabajos de autores como Mora-Figueroa (2008); Silvestre y Carmona, (2002); Camacho (2017) refieren que la asignatura Geotecnia, está dirigida para los estudiantes del 6to semestre de la carrera de ingeniería Civil y tiene como precedente la aplicación de la trigonometría. De ahí que se utilizan algunos elementos de funciones matemáticas, ambas tratadas en cursos anteriores.

En consonancia, una de las dificultades más significativas en la formación matemática de los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil, de la universidad de Guayaquil, es su pobre preparación para enfrentar la resolución de ejercicios de aplicación en Geotecnia, particularmente aquellos que constituyen problemas. Lo anterior, presupone el hecho de que el desarrollo de las habilidades matemáticas especialmente en el área de geometría y trigonometría, no alcanzan el nivel de fijación y sistematización que satisfaga los objetivos de los programas de enseñanza de la Geotecnia. Estas ideas, la refuerzan Flores (2009); Larrazolo, Backhoff, Rosas, y Tirado (2010); Artunduaga (2015).

### **Planteamiento del problema**

Consecuentemente, el uso de la geometría y trigonometría es importante en el logro de un aprendizaje eficiente. Esta idea la refuerza Soto (2008); Faggioni (2017), al reconocer la importancia de que sus estudiantes al iniciar su proceso académico reciban las bases suficientes. Ello implica, además, que identifique dificultades. Por tanto, entenderla, asimilarla para aplicarla en diferentes situaciones problemáticas dentro del estudio de la geotecnia, específicamente en el tema de mecánica de suelos.

En este sentido, el profesor tiene en su encargo crear las condiciones para que el estudiante se apropie de los conocimientos a fin de lograr el éxito. Estos son favorecidos si el profesor al diagnosticar y diseñar las tareas provee las herramientas diferenciadoras. Lo cual, evidentemente, permite, que el estudiante busque interesantes y novedosos procedimientos que favorezcan su aprendizaje. De ahí, que se realiza un estudio real, en el análisis y la descripción del comportamiento físico mecánico de suelos aplicado a la asignatura de Geotecnia. Estas ideas son consistentes con los estudios de Colmenares, Héndez y Celis (2016).

### **Ubicación geográfica del estudio del proyecto**

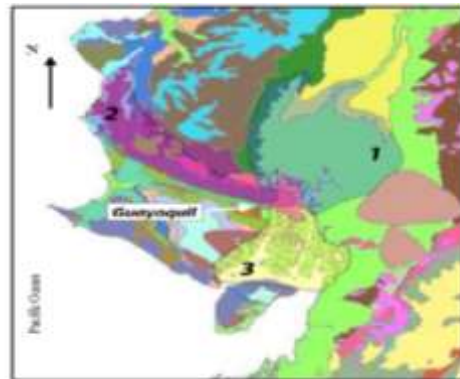
#### **El diseño geotécnico**

Es necesario, entonces, la interacción entre la estructura y el terreno utilización, los cuales, permiten el diseño del elemento físico que realiza esta interacción. Ello, se manifiesta en dos aspectos: el relacionado con su forma y dimensiones, denominado diseño geotécnico, y es el procedimiento mediante el cual elaboramos el prototipo del elemento que garantiza la interacción entre la superestructura y el terreno y otro, relacionado con su reforzamiento. En este sentido, según Ordóñez (2004), el diseño geotécnico, depende del tipo de

problema que sea necesario resolver, como: empujes de tierras, cimentaciones indirectas, cimentaciones superficiales entre otros.

### **Zonificación geotécnica**

De manera que, en Guayaquil, convergen tres macro-dominios geológicos y cada uno presenta sus propias características geomorfológicas. Estos macro dominios son: 1) La llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo, 2) Las colinas de la Cordillera Chongón-Colonche y 3) el complejo Deltaico- estuarino de la Ría Guayas (Tomado de Fortalecimiento de Capacidades del M. I. Municipio de Guayaquil), como se muestran en la siguiente figura:



Mapa mostrando los tres macro dominios geomorfológicos,

### **Aplicación práctica en la caracterización de los suelos**

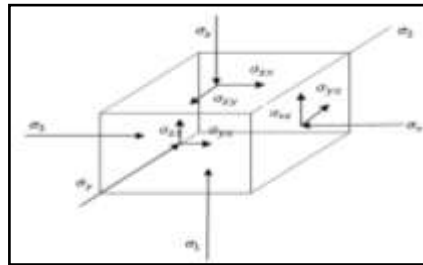
Es importante significar que el terreno en estudio presenta una estratigrafía concordante a los suelos blandos característicos de la ciudad de Guayaquil. En esencia, en la parte superficial (exceptuando S-1) se observa cobertura de material pétreo cascajo tipo medio y poco compactado de espesor 2.2m. Por tanto, en los resúmenes presentados se observa los espesores de los estratos, así como las cotas respectivas en consonancia con Aristizábal, Valencia, Vélez y Echeverri (2011)

### **Fundamentos teóricos y análisis trigonométrico**

De modo que en la mecánica de suelos hay muchos problemas de análisis de esfuerzos en tres dimensiones. En este sentido los análisis de compresión o tensión a los que usualmente son sometidos los materiales hormigón o acero, tienen poca practicidad en el análisis de una masa de suelo. De ahí, que este recibe, el peso propio de la masa (de niveles superiores) y las cargas estructurales inducidas por las cimentaciones que están en diferentes direcciones y diversos niveles.

En consonancia, debe estar claro que el termino ESFUERZO, se usa como la fuerza aplicada por UNIDAD DE ÁREA. Por ello, cualquier esfuerzo aplicado sobre una superficie plana, se descompone básicamente en dos direcciones: una perpendicular (NORMAL) al plano en que actúa que lo llamamos  $\sigma$  (sigma) y otra,

que actúa propiamente en la superficie de contacto llamado esfuerzo CORTANTE,  $\tau$  (tau). Todos estos aspectos se muestran a continuación:

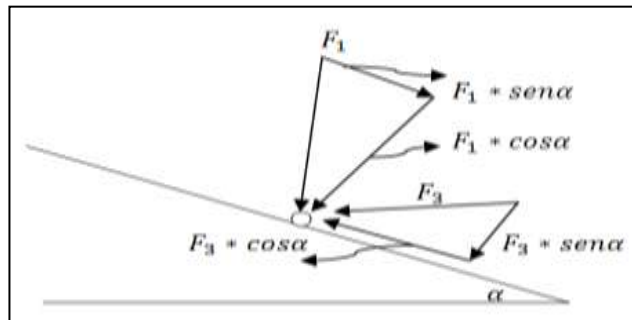


En este sentido, en cualquier punto, para su análisis existen tres planos ortogonales, en los que los esfuerzos tangenciales son nulos. De manera que, estos planos los llamamos planos principales, si actúan esfuerzos normales. Así, a cada uno de estos planos los llamamos esfuerzos principales, llamados en su orden de magnitud:  $\sigma_1$  esfuerzo principal mayor,  $\sigma_3$  esfuerzo principal menor,  $\sigma_2$  esfuerzo principal intermedio.

Por tanto, si los esfuerzos en el terreno son geostáticos, el plano horizontal que pasa por un determinado punto, es un plano principal, al plano principal. Asimismo, al igual que todas sus caras ortogonales:  $\sigma_v = \sigma_n = \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ , este estado de esfuerzos se lo denomina **ISÓTROPICO**.

Sobre esta base, si el  $\sigma_v$  es mayor que el  $\sigma_n$ , entonces  $\sigma_v = \sigma_1$ ,  $\sigma_n = \sigma_3$ , y  $\sigma_2 = \sigma_3$ . Por otra, si tuviéramos que  $\sigma_n$  es mayor que el vertical  $\sigma_v$ , entonces  $\sigma_n = \sigma_1$ ,  $\sigma_v = \sigma_3$ , y  $\sigma_2 = \sigma_1 = \sigma_n$ . Para ello, se utiliza las leyes de la estática, se analiza

la influencia de los esfuerzos  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ . Ello permite que cualquier plano, del cubo se plantee así:



(a)

Para facilitar este análisis se pone una arista de valor 1. Las fuerzas que actúan sobre el plano analizado  $F_1$  y  $F_2$  ( $F = \sigma * A$ ) y proyectada sobre la cara ortogonal. Lo que produce:

$$F_1 = \sigma_1 * Area$$

$$F_1 = \sigma_1 * 1 * 1; \quad F_1 = \sigma_1 \quad \text{Ecu. 1}$$

$$F_3 = \sigma_1 * 1 * tg\alpha \quad F_3 = \sigma_3 * tg\alpha \quad \text{Ecu. 2}$$

La sumatoria de las componentes de estas fuerzas, normales al plano inclinado es: De 1 y 2

$$F_n = F_1 \cos \alpha + F_3 \sin \alpha$$

$$F_n = \sigma_1 \cos \alpha + \sigma_3 * tg \alpha \sin \alpha \quad \text{Ecu. 3}$$

Sumatoria de fuerzas paralelas al plano fuerzas cortantes.

$$F_s = F_1 \operatorname{sen} \alpha - F_3 \cos \alpha$$

$$F_s = \sigma_1 \operatorname{sen} \alpha - \sigma_3 * \operatorname{tg} \alpha \cos \alpha \quad \text{Ecu. 4}$$

Como el área del plano analizado es  $\frac{1}{\cos \alpha}$ , el esfuerzo normal en el plano  $\sigma_\alpha$  es:

$$\sigma_\alpha = \frac{F_N}{A} = \frac{\sigma_1 * \cos \alpha + \sigma_3 * \operatorname{tg} \alpha * \operatorname{sen} \alpha}{1 * \frac{1}{\cos \alpha}}$$

$$\sigma_\alpha = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_3 * \operatorname{tg} \alpha * \cos \alpha * \operatorname{sen} \alpha$$

$$\sigma_\alpha = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_3 * \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} * \cos \alpha * \operatorname{sen} \alpha$$

$$\sigma_\alpha = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_3 * \operatorname{sen}^2 \alpha \quad \text{Ecu. 5}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha)$$

$$\operatorname{sen} \alpha \cos \alpha = \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2\alpha$$

$$\operatorname{sen}^2 \alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha)$$

Por ello, si se reemplaza en la ecuación 5, tenemos:

$$\sigma_\alpha = \sigma_1 \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha) + \sigma_3 \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha)$$

$$\sigma_\alpha = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\alpha \quad \text{Ecu. 5' } \quad \underline{\text{Esfuerzo Normal}}$$

De la misma manera, hallamos el esfuerzo cortante en el plano inclinado

$$\tau_\alpha = \frac{F_s}{A} = \frac{\sigma_1 * \operatorname{sen} \alpha + \sigma_3 * \operatorname{tg} \alpha * \cos \alpha}{1 * \frac{1}{\cos \alpha}}$$

$$\tau_s = \sigma_1 \sin \alpha * \cos \alpha - \sigma_3 * \operatorname{tg} \alpha * \cos \alpha * \cos \alpha$$

$$\tau_\alpha = \sigma_1 \sin \alpha * \cos \alpha - \sigma_3 * \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} * \cos \alpha * \cos \alpha$$

$$\tau_s = \sigma_1 \sin \alpha * \cos \alpha - \sigma_3 * \sin \alpha * \cos \alpha \quad \text{Ecu. 6}$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\alpha \quad \text{Ecu. 6' } \quad \underline{\text{Esfuerzo Cortante}}$$

En síntesis, por medio de estas fórmulas podemos calcular los esfuerzos y reflejar cualquier plano. De ahí, que lo importante es conocer su inclinación ( $\alpha$ ). Se constató además, que con respecto al plano principal mayor  $\sigma_1$ . O si se conocen los esfuerzos en dos planos cualesquiera y se puede calcular los esfuerzos principales.

Del análisis matemático de las formulas 5' y 6' se puede establecer los valores máximos y mínimos para los esfuerzos NORMAL Y CORTANTE así:

El esfuerzo normal máximo, se produce cuando el  $\cos 2\alpha = 1$  y eso ocurrirá cuando  $\alpha = 0^\circ$

$$\sigma_{\alpha \max.} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

El esfuerzo normal mínimo, se produce cuando el  $\cos 2\alpha = -1$  y eso ocurrirá cuando  $\alpha = 90^\circ$

$$\sigma_{\alpha \min.} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

El esfuerzo cortante máximo, se produce cuando el  $\sin 2\alpha = 1$  y eso ocurrirá cuando  $\alpha = 45^\circ$

$$\tau_{\alpha \min.} = -\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$



El esfuerzo cortante mínimo, se produce cuando:  $\text{sen } 2\alpha = -1$  y eso ocurrirá cuando  $\alpha = 135^\circ$

$$\tau_{\alpha_{max.}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Los análisis de los resultados obtenidos permitieron inferir que, en dos planos perpendiculares entre si los esfuerzos cortantes son iguales en magnitud, pero de sentido contrario.

### **El uso de figuras geométricas en el estudio de la geotecnia**

Es importante atender la modelación del terreno. En este sentido, la imposibilidad de obtener toda la información necesaria sobre el terreno no garantiza su completo conocimiento. Estos aspectos, por tanto, aseveran su inaccesibilidad. Para ello, se hace necesario elaborar un modelo del terreno, lo más parecido al original, que refleje sus principales características, relaciones, estructura y propiedades. Lo anterior conduce a dos aspectos fundamentales:

1. Modelación gráfica o geométrica.
2. Caracterización del terreno.

De esta manera, se propicia que ambos aspectos se complementen e interactúan en el proceso de modelación del terreno. Por tanto, se soluciona las contradicciones que surgen entre ellos.

La modelación gráfica o geométrica del terreno nos permite diferenciar las capas o estratos, tanto en el sentido horizontal, como en el vertical, determinándose el espesor y profundidad de las superficies que delimitan dichas capas o estratos. Sobre esta base, los resultados de la modelación gráfica se expresan mediante columnas litológicas, pilotes, materiales, perfiles stratigráficos y bloques-diagramas. Para ello, en este estudio hemos considerado aplicar el uso del estudio geométrico de los pilotes y el tipo de material con el que está conformado.

### **Estudio tipos de pilotes y materiales**

Según Rueda y Romero (2017), la enseñanza y el aprendizaje de la geometría involucran, como mínimo, tres actividades cognitivas: la construcción de diseños dados por instrumentos geométricos; el razonamiento relacionado con procesos discursivos y la visualización. De manera que cada actividad tiene funciones

epistemológicas distintas; la visualización que permite la ilustración de proposiciones, la exploración heurística de situaciones complejas, miradas sinópticas sobre ellas y verificaciones subjetivas. Sin embargo, cada una puede ser aprendida o enseñada de manera independiente o separada. De acuerdo con ello, la articulación entre ellas es requisito ineludible para asegurar el aprendizaje de la Geotecnia.

Sobre esa base, se realiza un estudio en los pilotes o pilas, que previamente se ha ido analizando en este proyecto práctico de la vida real. A partir de ello en todo proyecto importante es necesario efectuar pruebas de carga preliminares en pilotes o pilas como guía para seleccionar el tipo, longitud y capacidad permisible de los cimientos antes de concluir el diseño. Por tanto, estas pruebas deben realizarse en la etapa de construcción teniendo por objetivo verificar la hipótesis de diseño.

### Tipos de pilotes - materiales

Lo anterior nos permite entender que se usan diferentes tipos de pilotes dependiendo del tipo de carga. Estos se dividen en:

- acero
- concreto
- madera
- pilotes compuestos

### Pilotes de acero

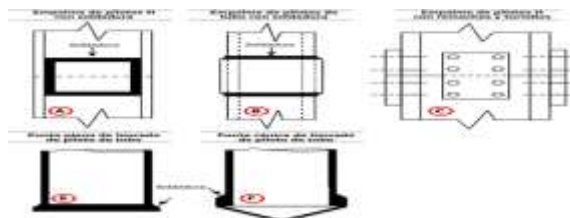
Son generalmente a base de tubos o de perfiles “h” laminados. Los pilotes de tubo se hincan en el terreno con sus extremos abiertos o cerrados. Las vigas de acero patín ancho y de sección i también se usan. Sin embargo, se prefiere los perfiles h porque los espesores de sus almas y patines son iguales. La capacidad admisible conocida como permisible para pilote de acero es:

$$Q_{Adm} = A_s \sigma$$

Donde:

$A(s)$  = área de la sección transversal del acero

$\sigma(s)$  = esfuerzo admisible del acero

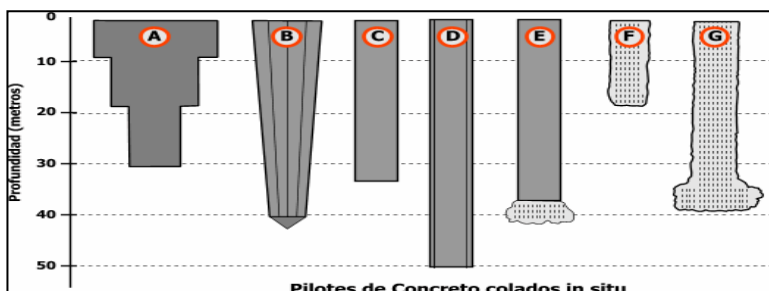


## Pilotes de concreto

Los prefabricados se preparan usando refuerzo ordinario y son cuadrados u octogonales en su sección transversal. El refuerzo que se proporciona para que el pilote resista el momento flexionante desarrollado durante su manipulación y transporte, la carga vertical y el momento flexionante causado por la carga lateral.

Longitud usual: 10 – 15 – 20 o más metros

Carga usual: 30 -300 Ton



## Clasificación de los pilotes por su funcionalidad

Consecuentemente, se puede diseñar los pilotes a objeto que realicen gran variedad de funciones, tales como las que se describen a continuación:

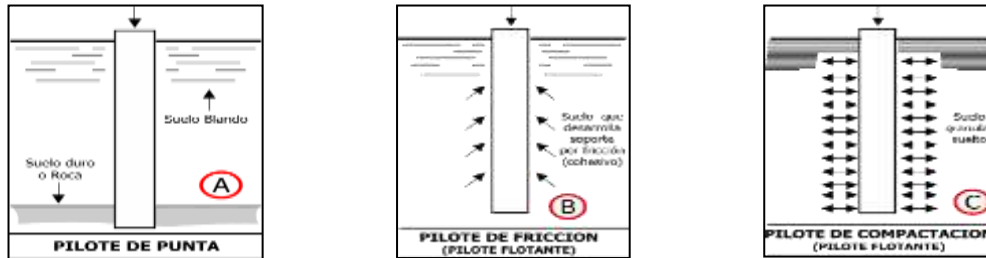
### Pilote de punta

Transmiten cargas a través de agua o suelos blandos hasta estratos con suficiente capacidad portante, por medio del soporte en la punta del pilote.

## Pilote de fricción, flotante

Transmite cargas a un cierto espesor de suelo relativamente blando mediante fricción desarrollada sobre la superficie lateral del pilote, a lo largo de la longitud del mismo.

Se aplican cuando dentro de profundidades alcanzables, no se encuentran estratos que provean soportes significativos en la punta

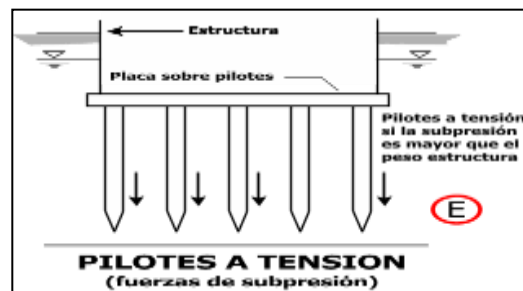
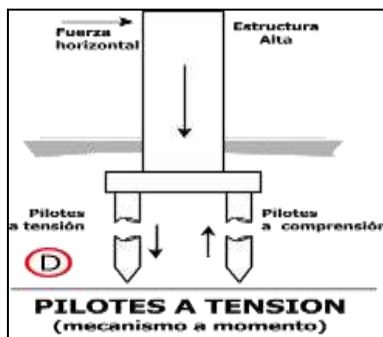


## Pilote de fricción, compactación

Compacta suelos granulares sueltos incrementando su compacidad y, en consecuencia, su capacidad de carga por fricción (también, una parte significativa por punta).

## Pilotes de tensión

Capacidad para resistir fuerzas al arranque les permite evitar el desplazamiento hacia arriba de estructuras sometidas a fuerzas de levantamiento (presión hidrostática), (figura e). Al trabajar en conjunto pilotes resistentes a momentos de volcamiento sobre la fundación con los producidos por cargas actuantes en la parte superior de estructuras de gran altura se logra mejor resultado (figura d).



### **Pilotes de anclaje:**

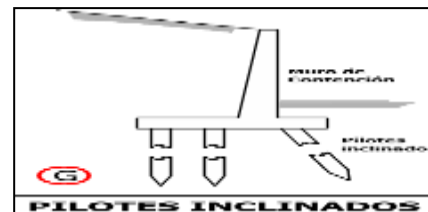
Mecanismos de anclaje resistentes a empujes horizontales de tablestacados u otras estructuras. Usualmente se combinan pilotes a tensión con pilotes a compresión.

### **Pilotes inclinados**

Al colocar un pilote con su eje longitudinal inclinado con cierto ángulo respecto a la vertical, el componente horizontal de la capacidad axial de carga del pilote se puede aprovechar para resistir fuerzas horizontales.

(El vector de fuerza resistente axial tiene componentes horizontal y vertical). Por ejemplo:

En la fundación de un muro de contención sobre pilotes, los pilotes verticales solos, no tiene capacidad para resistir la fuerza horizontal proveniente de los empujes de tierra sobre el muro, se puede considerar el uso de una o más filas de pilotes inclinados para trabajar en la forma descrita.



### **Ecuaciones para estimar la capacidad de un pilote**

La capacidad de carga última de un pilote se representa por  $Q_u$ .

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Donde:

$Q_p$  = Capacidad de carga de la punta del pilote

$Q_s$  = Capacidad de carga por fricción

Existen numerosos estudios que tratan de la determinación de los valores de  $Q_p$  y  $Q_s$ , tales como los de; Therzaghi, Vesic, Meyerhof, Coley y Castello.

De hecho pueden usarse varias metodologías para evaluar la resistencia al cortante de los suelos " $q_u$ ".

## Capacidad de carga de la punta (Qp)

De acuerdo con las ecuaciones de Terzaghi, la capacidad última de carga se expresa como:

$$q_u = c' N_c + \sigma_v N_q + \gamma B N_\gamma$$

Donde  $N_c$ ;  $N_q$ ; y  $N_\gamma$ , son los factores de capacidad de carga que incluyen los factores necesarios de forma y profundidad.

Se ha considerado el ancho  $B$ , de un pilote relativamente pequeño debido a la esbeltez de la estructura, por tanto el término  $\gamma B N_\gamma$ , se cancela y la ecuación queda:

$$q_u = c' N_c + \sigma_v N_q$$

Debido a que no se ha considerado en el análisis la fricción,  $q_u$  será  $q_p$ , entonces:

$$q_p = c' N_c + \sigma_v' N_q$$

$$Q_p = A_p q_p = A_p (c' N_c + \sigma_v' N_q)$$

Donde:

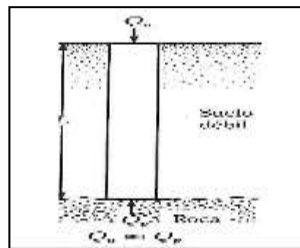
$A_p$  = Área de la punta del pilote

$C'$  = Cohesión del suelo que soporta la punta del pilote

$q_p$  = Resistencia unitaria por punta

$\sigma_v'$  = Esfuerzo vertical efectivo a nivel de la punta del pilote

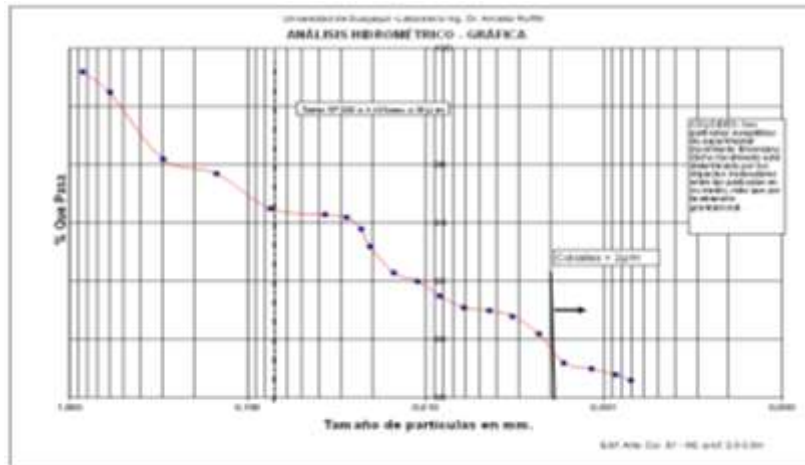
$N_c, N_q$  = Factores de capacidad de carga.



De acuerdo con ello, al conocer la estratigrafía del subsuelo, se podrá evaluar los esfuerzos efectivos en cada estrato, por lo que se puede aplicar la ecuación:

$$Q_s = \sum P \Delta L S$$





Las limitaciones en los conocimientos de Geometría y trigonometría constituyen en gran medida a la forma de enseñar en el nivel secundario o bachillerato. Lo que se manifestó en el estudiante, en sus conocimientos y creencias equivocadas. Ello, implica que luego resultan perjudiciales al ingresar a la Universidad. Lo anterior, en nuestro contexto se evidencia en el conocimiento que traen los bachilleres que son insuficientes o distorsionados. Esto, dificulta el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de geotecnia.

Es importante significar que los profesores diagnostiquen sobre el conocimiento que tienen sus estudiantes respecto a los temas a estudiar dentro de la asignatura de Geotecnia. Para ello es necesario el intercambio de ideas y la socialización que favorezcan la continuidad en el aprendizaje.

Es conveniente señalar que la aplicabilidad práctica que forma parte de nuestro proceso de enseñanza-aprendizaje obedece directamente al caso del puente Los Caras objeto de estudio. Sobre esta base, dicho estudio nos indica que los cimentados sobre el estuario del río Chone fueron eficaces pues se emplearon



diseños de pilotes metálicos – tubulares, a fricción, de diámetro 1210mm, con espesor de 20mm, construidos con acero tipo A588 grado 50.

Se demostró además que el uso de la geometría y trigonometría como estrategia didáctica para el aprendizaje de los contenidos de la geotecnia propician que los estudiantes de la carrera de ingeniería civil de la Universidad de Guayaquil se apropien del conocimiento de la teoría de la mecánica de suelos y del papel que juegan las operaciones matemáticas. Se apreció además un salto cualitativo en el en los estudiantes que los preparó para enfrentar en mejores condiciones el aprendizaje.

## Referencias

Aristizábal, E., Valencia, Y., Vélez, M., y Echeverri, O. (2011). Caracterización geotécnica de perfiles de meteorización desarrollados sobre rocas ígneas en ambientes tropicales. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (30), 93-106.

Artunduaga, F. (2015). Proyecto de microzonificación sísmica de Neiva-Meta IV Sistematización de datos e interpretación de propiedades geotécnicas. *Ingeniería y Región*, 5, 133-141.

Badillo, E. y Azcárate, C. (2004). La Derivada como objeto matemático y como objeto de enseñanza y aprendizaje en profesores de matemática de Colombia.

Cabrera, A., Colbeck, C. y Terenzini, P. (1999). Desarrollo de indicadores de rendimiento para evaluar las prácticas de enseñanza en el aula: El caso de ingeniería. *Indicadores para la universidad: información y decisiones*, 105-128.

Chrobak, R. (2000). La metacognición y las herramientas didácticas. *Contextos de educación*, 5.

Camacho, M. (2017). *Métodos Constructivos en Geotecnia*.

Colmenares, J., Héndez, N. y Celis, J. (2016). Laboratorios virtuales desde la perspectiva de resolución de problemas: Caso de la asignatura de mecánica de suelos. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(22), 97-103.

Escamilla, A. y Llanos, E. (1995). *La evaluación del aprendizaje y de la enseñanza en el aula*. Edelvives.

Faggioni, K. y Torres, I. (2017) la trigonometría como factor de aprendizaje en los contenidos prácticos de la topografía. *Revista Electrónica Opuntia Brava* 9(3)

Flores, P. (2009). Formación inicial de profesores de matemáticas como profesionales reflexivos. *Colección Digital Eudoxus*, 1(5).

González, V., y Tirados, R. (2008). Competencias genéricas y formación profesional: un análisis desde la docencia universitaria. *Revista iberoamericana de educación*, 47, 185-209.

González, V. (2009). La formación de competencias profesionales en la universidad: reflexiones y experiencias desde una perspectiva educativa.

Larrazolo, N., Backhoff, E., Rosas, M., y Tirado, F. (2010). Habilidades básicas de razonamiento matemático de estudiantes mexicanos de educación media superior. In *Congreso Iberoamericano de Educación: Metas* (Vol. 2021).

Leme, L. P. (2011). La cultura escrita y la formación del estudiante universitario

Mora-Figueroa, A. (2008). Guiones de prácticas de laboratorio: ensayos geotécnicos: asignatura, geotecnia y cimientos, titulaciones, ingeniería técnica de obras públicas. Servicio de Reprografía y Encuadernación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Ordóñez, J. (2004). Hacia la integridad de la enseñanza y la práctica profesional en geotecnia. *Ingeniería y Universidad: Engineering for Development*, 8(2).

Rueda, L., y Romero, D. (2017). Desarrollo de modelo didáctico de columnas filtrantes a partir de los requerimientos técnicos de los laboratorios del área de geotecnia e hidráulica.

Santos, E. (2016). Plan global de la asignatura de métodos constructivos en geotecnia.

Silvestre, F. y Carmona, M. (2002). Problemas de geotecnia y cimientos. Ed. Univ. Politéc. Valencia.

Soto, M. (2008). Geotecnia en suelos no saturados. *Revista académica*.

Tristancho, J. (2017). Modelamiento físico en geotecnia aplicado a la docencia. *Revista Educación en Ingeniería*, 12(23), 109-114.