

### CAPITULO 3

#### ENTIBACIÓN <sup>1</sup>

El Dr. Ralph Peck en 1969 sugirió el uso de envolventes de presión de diseño para el cálculo de cortes apuntalados en arena, arcilla suave o media y arcilla dura. Las fuerzas en los puntales pueden ser determinadas al asumir que los miembros verticales se abisagran en cada nivel del puntal excepto en la parte superior y media del elemento.

Los cortes en arena se expresan por la ecuación:

$$\delta = 0.65 \gamma H K_a \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico del suelo

H = Altura del corte

$K_a$  = Coeficiente de presión activa de Rankine =  $\tan^2 (45 - \phi/2)$

---

<sup>1</sup> Braja M. Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, primera edición, Editorial Thomson, 2001 pág. 469-480

El siguiente diagrama de la figura 3.1 muestra el comportamiento de un suelo arenoso en una excavación sujeta a una entibación

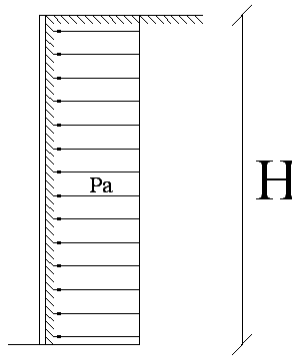


Figura 3.1. Diagrama de comportamiento de suelo arenoso

Para el caso de arcillas blandas y medias la envolvente de presión es aplicable a la siguiente condición:

$$\frac{\gamma H}{c} > 4 \quad \text{Ec. 3.2}$$

donde  $c$  = cohesión no drenada y el  $\phi = 0$ . La presión  $\delta$  se considera la mayor de las dos siguientes formulas:

$$\delta = \gamma H \left[ 1 - \left( \frac{4c}{\gamma H} \right) \right] \quad \text{Ec. 3.3}$$

o

$$\delta = 0.3 \gamma H \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico del suelo

El diagrama de arcillas suaves o medias propuesto por el Dr. Peck se muestra a continuación en la figura 3.2:

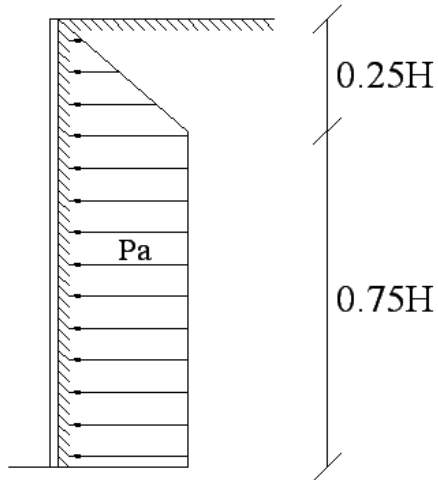


Figura 3.2. Diagrama de comportamiento de arcilla suave

Y por último, la envolvente de presión para cortes en arcillas duras es:

$$\delta = 0.2 \gamma H \text{ a } 0.4 \gamma H \quad \text{Ec. 3.5}$$

la cual está sujeta a la siguiente condición:

$$\frac{\gamma H}{c} \leq 4 \quad \text{Ec. 3.2}$$

y el diagrama de arcillas duras se representa de la forma que muestra la figura 3.3 :

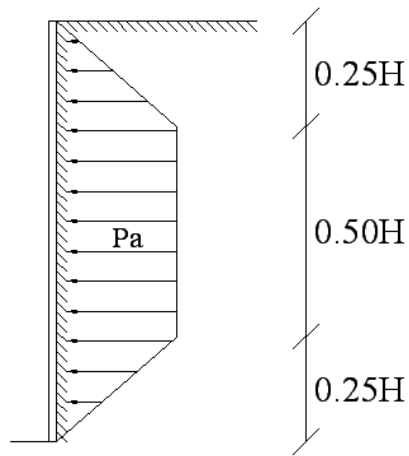


Figura 3.3. Diagrama de comportamiento de arcilla dura

Al comprender con claridad los diagramas de envolventes y su importancia en el cálculo de fuerzas en los puntales, se debe seguir un procedimiento conservador para determinar las cargas en dichos puntales. Antes que nada uno debe esquematizar la excavación en sección y planta para representar la profundidad y ancho de ésta, como consecuente debe plantear la distancia horizontal y vertical entre los puntales.

Es importante tener los datos específicos del suelo los cuales deben ser obtenidos previamente de los ensayos de laboratorio. Entre estos datos se requiere tener con claridad, el peso específico del suelo ( $\gamma$ ), el valor de cohesión ( $C$  o  $C_u$ ) y el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ). Teniendo esto se puede realizar una secuela de cálculo que permite determinar la fuerza en cada uno de los puntales.(ver figura 3.4)

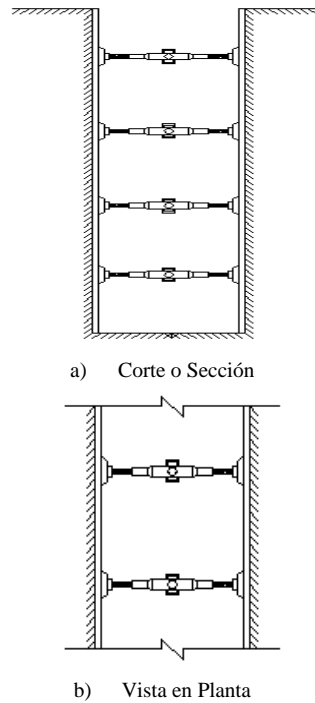


Figura 3.4. a) Vista en perfil de la entibación y b) Vista en planta de la entibación

1. Dibujar la envolvente de presión para el corte apuntalado, la cual se muestra en cada tipo de suelo; para la decisión de ésta uno debe analizar el valor de la cohesión, cuando esta tenga un valor igual a de cero, la envolvente de presión a escoger es de un suelo arenoso, ya que en este no existe el fenómeno de cohesión. Pero si el valor es diferente de cero se debe aplicar la condición antes mencionada, la cual facilita la decisión al escoger con qué tipo de arcilla se va a trabajar.
  
2. Obtener el valor de  $\delta$  o  $P_a$  con unidades en fuerza/longitud al cuadrado.

3. Determinar el valor de cada puntal por medio de momentos en uno o varios puntos dependiendo si la excavación lo requiera. Estos resultados se consideran en fuerza/longitud.
4. Para determinar la carga total de los puntales estos deben ser multiplicados por la distancia o separación horizontal entre ellos (s). Expresado como la fórmula de la ecuación 3.6:

$$P_A = A \cdot s \qquad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

A = carga sometida en el puntal

s = distancia de la separación horizontal entre puntales.

5. Ya conocidas las cargas que se van a ejercer en los puntales, se debe seleccionar el gato<sup>2</sup> más adecuado para las condiciones presentadas.

Los largueros o correas como se le llamó en el capítulo anterior son miembros horizontales continuos los cuales tienen como función transmitir la fuerza de soporte que los codales proporcionan, además como elementos para ordenar y fijar los puntales. Su cálculo es de forma conservadora y se consideran como conexiones articuladas. Se deben obtener los

---

<sup>2</sup> Entiéndase por gato el impulsor o codal en lenguaje común.

momentos máximos donde se encuentran los puntales, hay que tener en cuenta que estos se encuentran articulados con los codales, en este caso se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$M_{\max} = \frac{F s^2}{8} \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

F= fuerza ejercida por cada puntal

s= separación entre puntales

Finalmente se determina el módulo de sección de los largueros (Ec. 3.8) donde se considera el momento máximo de cada nivel y se divide entre el esfuerzo admisible de la tablestaca a utilizar, es decir:

$$S = \frac{M_{\max}}{\delta_{\text{adm}}} \quad \text{Ec. 3.8}$$

El último elemento a considerar en la solución del cálculo de entibación es determinar la tablestaca adecuada para cada caso que se presente, se sugiere seguir los siguientes pasos para la determinación de este elemento:

1. Determinar el momento flexiomante máximo que se ejerce sobre la tablestaca.
2. Identificar el momento máximo que se obtuvo en el paso 1
3. Obtener el modulo de sección requerido de la tablestaca con la ecuación 3.8.

El cálculo de los momentos flexionantes que afectan a la tablestacas se basa en el plantamiento de las formulas de los diagramas de presiones del suelo contra de las fuerzas puntales que generan los codales en su vista en corte o sección, planteándose o suponiendo que la tablestaca se comporta como una viga, la cual está afectada por las cargas del suelo en sentido interno hacia la zanja y los puntales aquellas fuerzas que generan el equilibrio del sistema.

Para determinar los momentos es necesario plantear por secciones o tramos, por ejemplo de  $0 \leq x \leq l_1$ , los diagramas de presiones del suelo pueden ser de forma triangular o rectangular, ya que estas dos figuras componen la forma de los diagramas. Los momentos se determinan centímetro a centímetro, pero para encontrar el momento máximo de cada tramo es necesario, derivar la ecuación resultante del análisis por tramo, y despejar la incógnita  $x$  la cual su valor será la distancia en donde se encuentre el momento máximo, este procedimiento se repetirá cuantas veces sea necesario hasta completar la totalidad o profundidad de la excavación.

Cabe mencionar que el procedimiento de cálculo antes mencionado tiene limitaciones, estas son por causa de las envolventes de presión. Las siguientes limitaciones se deben tener en cuenta antes de iniciar cualquier cálculo.

- Las envolventes de presión son llamadas a veces envolventes de presión aparente. Sin embargo, la distribución de presión real es una función de la secuencia de construcción y de la flexibilidad relativa de la tablestaca.
- El nivel freático se encuentra por debajo de la excavación.



- Existe la suposición que la arena esta drenada con presión de poro igual a cero.
- Se considera que la arcilla no está drenada y no se considera la presión de poro.