

## ROTURA CIRCULAR

# INTRODUCCIÓN

Como se sabe la fractura en macizos rocosos está controlada por discontinuidades o estructuras geológicas como diaclasas, foliación, estratificación, y otros defectos mecánicos formados a través de diferentes procesos geológicos, en la cual la discontinuidad en la roca tiene una resistencia a la tracción nula o muy pequeña.

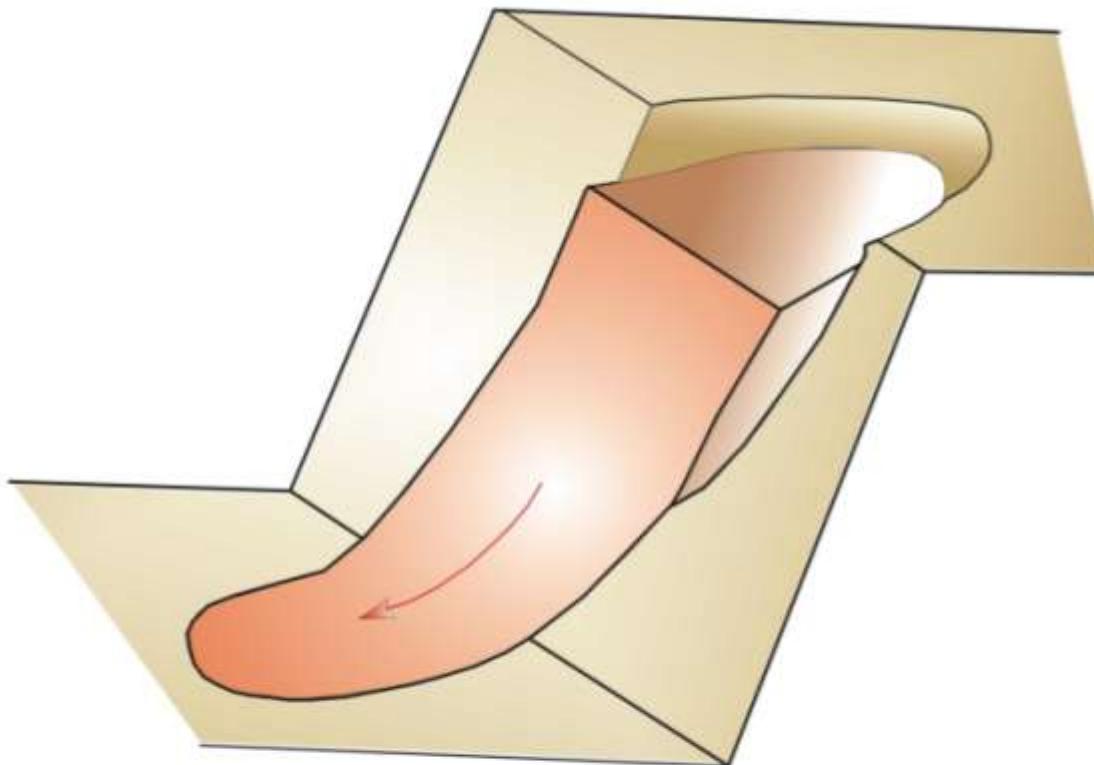
Lo anterior indica que el mecanismo de rotura quedará definido por una o más de estas discontinuidades, siendo lo más sencillo considerar que la rotura corresponde a un solo plano de debilidad simplificándose notablemente los cálculos a sabiendas que el problema es más tridimensional que bidimensional.

# INTRODUCCIÓN

En el caso específico del suelo no existen estructuras geológicas resaltantes, y por lo tanto la superficie de falla está libre de escoger la línea de menor resistencia.

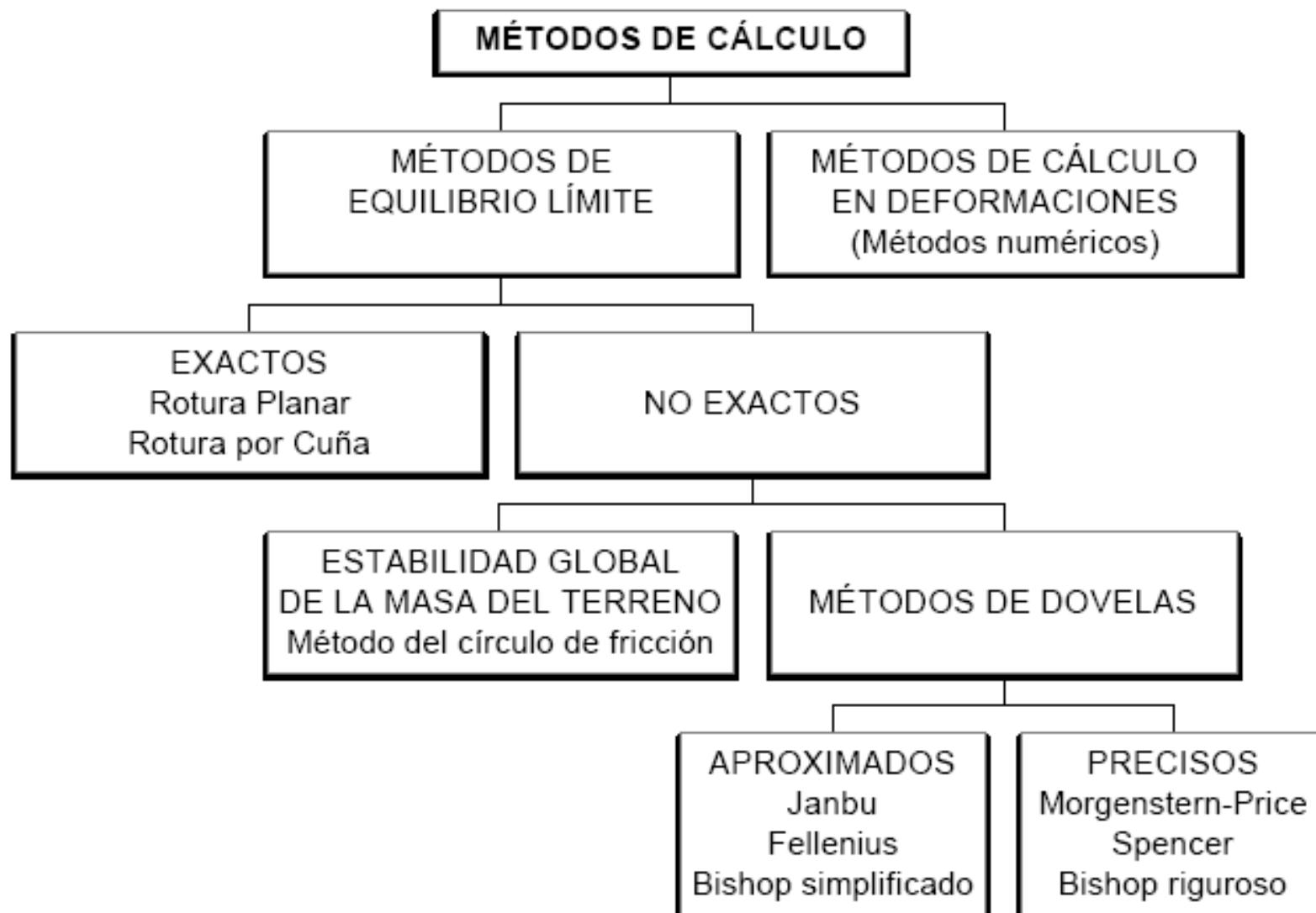
Observaciones han demostrado que la forma de rotura en los suelos es aproximadamente circular, igualmente ocurre en aquellas rocas altamente meteorizadas y fracturadas sin dirección predominante en las discontinuidades. Para ello el cálculo del factor de seguridad se utiliza el método de rebanadas.

# ROTURA CIRCULAR



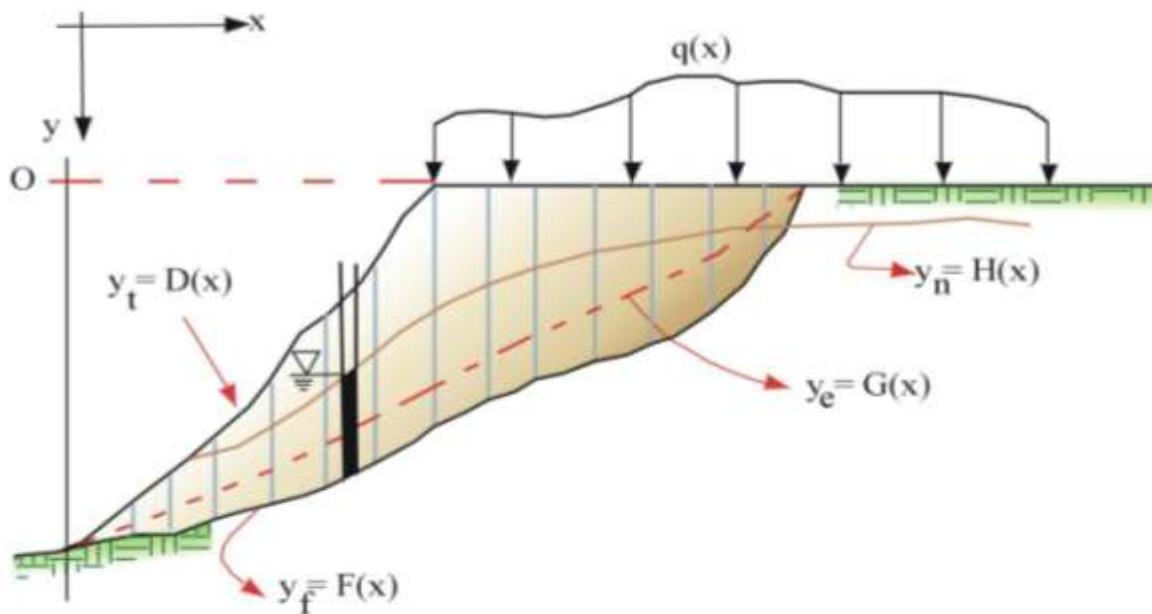
ROTURA CIRCULAR

# CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES



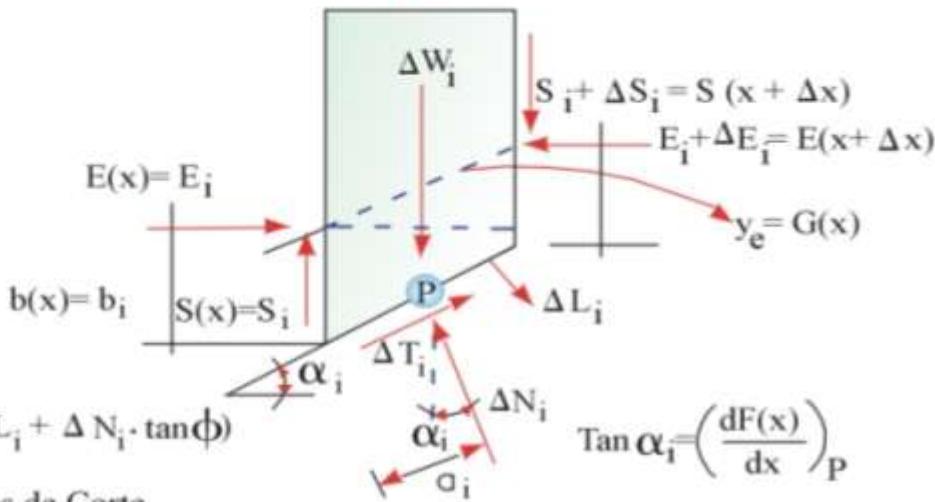
### **CARACTERISTICAS DEL MÉTODO DE REBANADAS O DOVELAS:**

Básicamente el método de las rebanadas o dovelas consiste en dividir la superficie de deslizamiento en varios segmentos de ancho ( $\Delta x$ ) y analizar las condiciones de equilibrio de cada rebanada vertical, mediante un diagrama de cuerpo libre, en el cual debe cumplirse que la sumatoria de las fuerzas horizontales y verticales, conjuntamente con la de momentos deben ser cero, es decir:  $\sum F_h = \sum F_v = \sum M = 0$ .



$$\Delta x_i$$

$\downarrow \Delta Q_i = Q(x) \Delta x_i$



$$\Delta T_i = \frac{1}{F.S} (C \cdot \Delta L_i + \Delta N_i \cdot \tan \phi)$$

C,  $\phi$  = Parámetros de Corte

$$\left. \begin{array}{l} \Delta L_i \cos \alpha_i = \Delta x \\ \Delta L_i \sin \alpha_i = \Delta y \end{array} \right\} F(x + \Delta x) - F(x) = \Delta y$$

# ROTURA CIRCULAR

Previamente es necesario analizar en detalle el equilibrio de fuerzas y momentos de cada rebanada, pudiendo así escribir las siguientes expresiones:

$$\sum F_h = 0 \quad \therefore \quad E_i - (E_i + \Delta E_i) + \Delta T_i \cos \alpha_i - \Delta N_i \cdot \sin \alpha_i = 0$$

$$\Delta E_i - \Delta T_i \cdot \cos \alpha_i + \Delta N_i \cdot \sin \alpha_i = 0$$

$$\sum F_v = 0 \quad \therefore \quad \Delta W_i + \Delta Q_i + (S_i + \Delta S_i) - S_i - \Delta T_i \cdot \sin \alpha_i - \Delta N_i \cdot \cos \alpha_i = 0$$

$$\Delta W_i + \Delta Q_i + \Delta S_i - \Delta N_i \cdot \cos \alpha_i - \Delta T_i \cdot \sin \alpha_i$$

$$\sum M_p = 0 \quad \therefore \quad S_i \left( \frac{\Delta x}{2} \right) + (S_i + \Delta S_i) \frac{\Delta x}{2} + E_i \left[ F(x) - G(x) - \frac{1}{2} \frac{dG(x)}{dx} \Delta x \right]$$

$$- (E_i + \Delta E_i) \left[ F(x) - G(x) + \frac{1}{2} \frac{dG(x)}{dx} \Delta x \right] = 0$$

# Geotecnia: Tema 4 Estabilidad de taludes

$$\frac{dQ_i}{dx} + \gamma [F(x) - D(x)] + \frac{dS_i}{dx} - \sigma_n \frac{dF(x)}{dx} = 0$$

$$S_i - E_i \frac{dG(x)}{dx} - \frac{dE_i}{dx} F(x) + \frac{dE_i}{dx} G(x) = 0$$

$$\frac{dE_i}{dx} - \tau \alpha + \sigma_n \frac{dF(x)}{dx} = 0$$

$$\frac{dQ_i}{dx} + \gamma [F(x) - D(x)] + \frac{dS(x)}{dx} - \sigma_n - \frac{dF(x)}{dx} \left( \frac{C + \sigma_n \cdot \tan \phi}{FS} \right) = 0$$

$$S(x) - E(x) \frac{dG(x)}{dx} - \frac{dE(x)}{dx} F(x) + \frac{dE(x)}{dx} G(x) = 0$$

$$\frac{dE(x)}{dx} - \left( \frac{C + \sigma_n \cdot \tan \phi}{FS} \right) + \sigma_n \frac{dF(x)}{dx} = 0$$

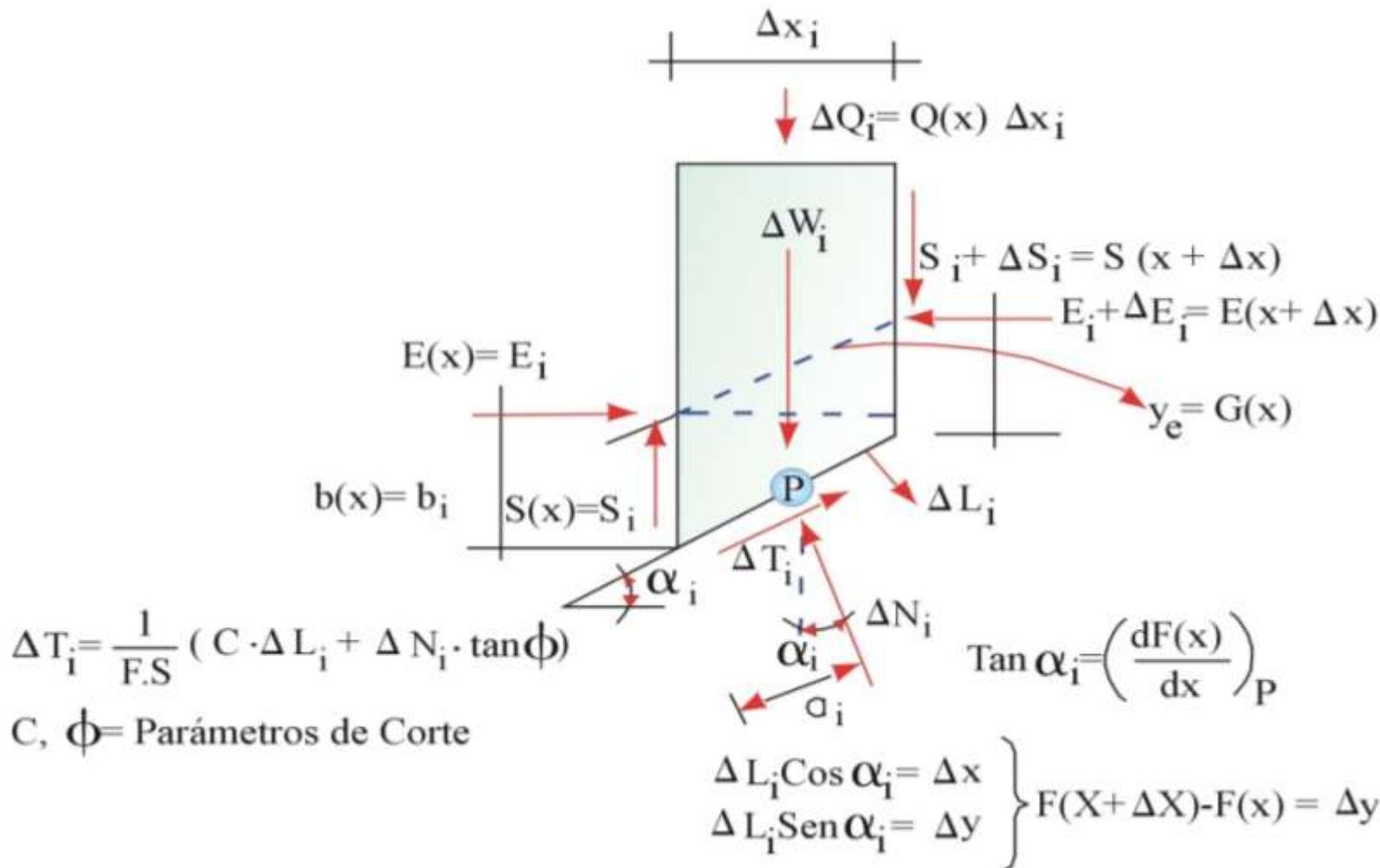
Tres ecuaciones y cinco incógnitas

Incógnitas:  
 $\sigma_n$ , FS,  
 $G(x)$ ,  $E(x)$  y  
 $S(x)$

## **ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE REBANADAS:**

1. Procedimiento Sueco o de Fellenius.
2. Método de Bishop.
3. Procedimiento de Janbu.
4. Procedimiento de Morgenstern y Price.
5. Método de Spencer

## 1.- Procedimiento Sueco o de Fellenius.



la resultante de la fuerza normal  $E_i = E(x)$  y tangencial  $S_i = S(x)$ , es igual a la resultante de  $[ (E + \Delta E_i) = E(x + \Delta x) ]$  y  $[(S_i + \Delta(x))]$  que actúan en la otra cara de la dovela analizada.

Esta simplificación debida a Fellenius facilita enormemente el cálculo, a sabiendas que los resultados se encuentran más o menos cercanos a los verdaderos.

$$FS = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{\sum \text{Momentos volcadores}} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \cdot \Delta l_i + \Delta W_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tan \phi_i) R}{\left( \sum_{i=1}^n \Delta W_i \cdot \sin \alpha_i \right) R}$$

Cada dovela de ancho ( $\Delta x$ ) estará en equilibrio bajo la acción de tres fuerzas, es decir: El peso  $\Delta W_i$ , la reacción normal  $\Delta N_i = \Delta W_i \cos \alpha_i$  y la fuerza tangencial movilizada  $\Delta T_i = \Delta W_i \sin \alpha_i$ . Siendo  $\alpha_i$  el ángulo que forma la tangente a la superficie de falla con la horizontal e (i) el número correspondiente a la rebanada analizada (i = 1,2,3,...n), para n el total de dovelas.

## 2.- Método de Bishop.

El método simplificado de Bishop contiene exactamente la misma definición del factor de seguridad, pero utilizando una metodología diferente para determinar la componente normal en la base de cada rebanada  $\Delta N_i$  o  $\Delta N'i$  (al considerar las tensiones efectivas), por cuanto el cálculo se hace sumando las componentes verticales de las fuerzas. Toma en cuenta que:

$$\sum_{i=1}^n [S_{i+1}(x + \Delta x) - S_i(x)] = 0$$

Este método considera el equilibrio en una forma aproximada y sólo se puede aplicar para superficie de rotura circulares.

Como se sabe la ventaja del método de Bishop con relación a otros métodos de las dovelas consiste en proyectar las fuerzas que actúan sobre cada rebanada según la vertical, eliminando de este modo las fuerzas normales  $E(x)$ , en general más importantes que las  $S(x)$ .

# Método de Bishop.

$$FS = \frac{\sum \left[ \frac{c_i \cdot \Delta x_i + \Delta w_i \cdot \tan \phi_i}{\cos \alpha_i + \frac{\operatorname{sen} \alpha_i \cdot \tan \phi_i}{FS}} \right]}{\sum [\Delta w_i * \operatorname{sen} \alpha_i]}$$

$$FS = \frac{\sum \left[ \frac{c_i \cdot \Delta x_i + \Delta w_i \cdot \tan \phi_i}{m \alpha} \right]}{\sum [\Delta w_i * \operatorname{sen} \alpha_i]}$$

### 3.- Procedimiento de Janbu

Este método satisface tanto el equilibrio de fuerzas como el de momentos, siendo además aplicable a superficies de falla de cualquier forma.

Dicha hipótesis se basa en considerar conocida la línea de empuje  $y_e = G(x)$ , donde actúa la fuerza horizontal  $E(x)$  sobre la cara de cada rebanada.

Según Withman y Baley,  $G(x)$  se encuentra aproximadamente a  $1/3$  de la distancia entre la superficie de rotura  $y_f = F(x)$  y la del talud  $y_t = D(x)$ , por lo tanto coincide con los resultados obtenidos en los problemas de empuje de tierras.

### 4.- Procedimiento de Morgenstern y Price:

Dichos investigadores para hacer el problema determinado, suponen una función  $f(x)$  la cual relaciona las fuerzas  $E(x)$  y  $S(x)$ , mediante la siguiente expresión:

$$\tan \theta(x) = \frac{S(x)}{E(x)} = \lambda \cdot f(x)$$

La función  $f(x)$ , describe la forma en que  $(x)$  varía de una cara a otra de la dovela, siendo el procedimiento exacto siempre que la función  $f(x)$  escogida corresponda a la real, siendo además  $\lambda$  constante.

## 5.- Método de Spencer :

La hipótesis llevada a cabo por Spencer es muy similar a la de Morgenstern y Price, la diferencia estriba en que el ángulo de inclinación  $\theta$  que expresa la relación entre la fuerza de corte y la fuerza normal en cada cara de contacto es constante en todas las rebanadas analizadas.