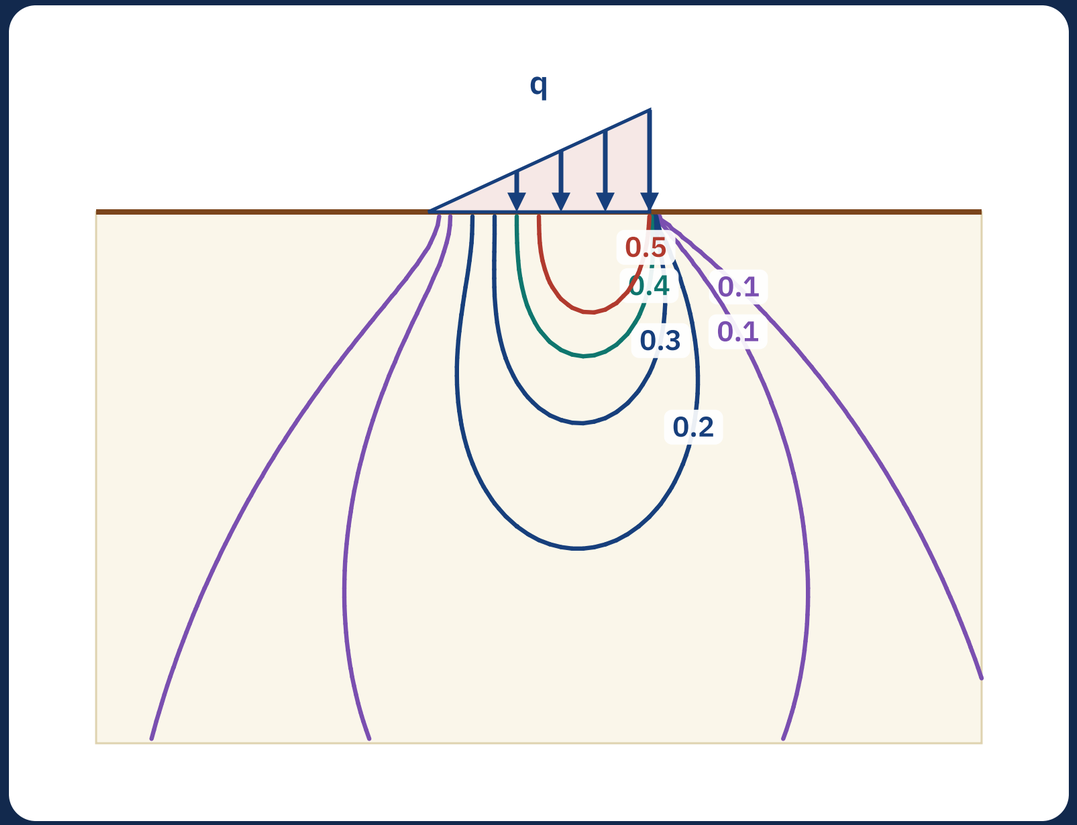
Presentación de clase de geotecnia · Tensiones en la masa de suelo

# Tensión bajo una carga triangular en franja

Clase: carga triangular en franja que aumenta de cero a q en un borde; un punto a mano, perfiles, triángulo simétrico y terraplén.

- Integral de la carga lineal
- Forma angular
- Desplazamiento de la coronación
- Terraplén = uniforme + triangulares
- Resoluble a mano



Introducción

# ¿Qué aprenderemos en esta clase?

El incremento de tensión vertical bajo una carga en franja **de crecimiento lineal** desde cero en un borde hasta q en el otro (talud de relleno, acopio apoyado contra un muro, pie de relleno): la integral de la carga lineal de intensidad (q/B) r dr

La **forma angular**: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\alpha - \sin 2\delta]$; la definición de α y δ y el **signo** de δ

Que en la superficie la tensión sigue a la carga y en profundidad se dispersa y el **máximo** se desplaza hacia el interior de la franja; el caso **especular**, con el borde nulo a la derecha

Un punto **a mano de principio a fin**; con dos franjas, un **triángulo simétrico**; con una franja uniforme + dos triángulos, la carga de un **terraplén**

DESARROLLO DE LA CLASE

Cada tema se desarrolla en **tres pasos**:

1 · **Teoría**: fórmula y su justificación

2 · **Enunciado**: datos y se pide

3 · **Solución**: paso a paso, con números

Ejemplo: q = 100 kN/m², B = 2 m, carga nula en x = 0 y q en x = B; punto A en x = −1 m, z = 1.5 m.

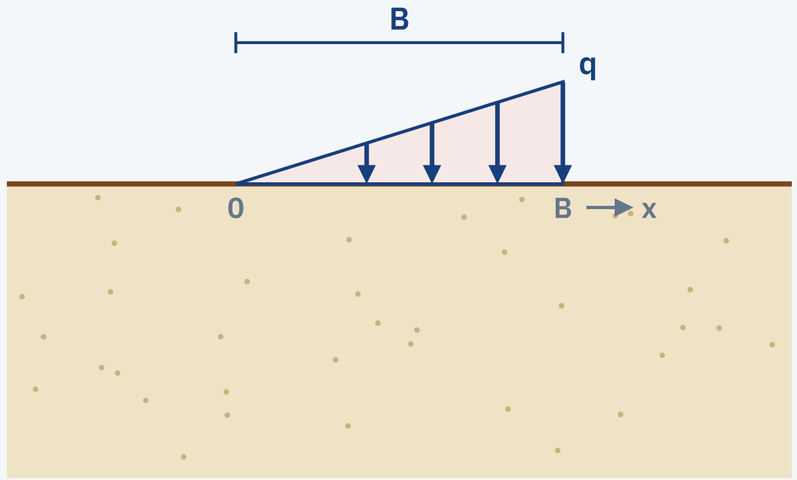
# Franja triangular: de cero a q en un borde

TEORÍA

El talud de un relleno, un acopio apoyado contra un muro, el pie de un terraplén: una carga en franja cuya intensidad crece desde cero en un borde hasta el valor **q** en el otro. Junto con una carga uniforme en franja forma la **carga del relleno**

Franja flexible de ancho B y longitud infinita; la carga es **q·x/B** en el intervalo 0 ≤ x ≤ B y nula en el resto (deformación plana)

El suelo es un medio semiinfinito homogéneo, isótropo y elástico lineal; $\Delta\sigma_z$ es únicamente el incremento producido por la carga




Sección: la carga es nula en x = 0 y q en x = B; la misma tensión en cada sección

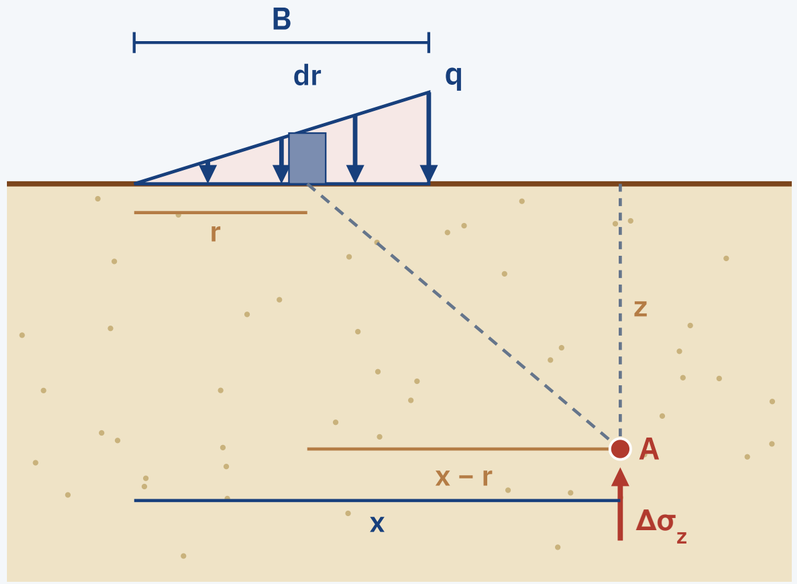
# Carga lineal de intensidad (q/B) r dr

TEORÍA

La franja elemental en la posición r soporta una carga **(q/B) r dr** por unidad de longitud. Se trata como una **carga lineal** a la distancia horizontal x − r del punto A y se suma a lo ancho

$$\Delta\sigma_z = \int_0^B \frac{2\,(q/B)\,r\,dr\,z^3}{\pi\,[(x-r)^2+z^2]^2} = \frac{1}{B}\,\frac{2q}{\pi}\int_0^B \frac{z^3\,r\,dr}{[(x-r)^2+z^2]^2}$$

La integral es **elemental**; escrita con los ángulos de la figura, el resultado está en la siguiente diapositiva. Comprobación numérica (q = 100, B = 2, x = −1, z = 1.5): valor de Simpson de la integral **4.4699 kPa**, forma cerrada **4.4699 kPa**



# $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$

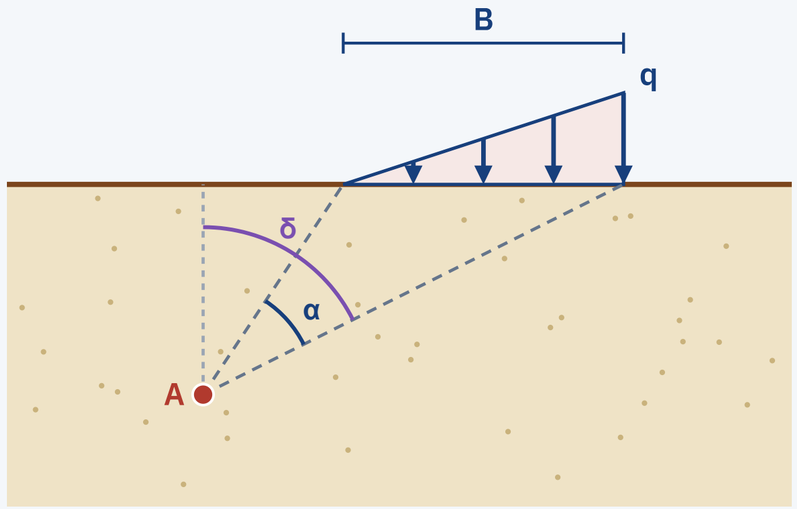
TEORÍA

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{2\pi}\left(\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x}{z} - \tan^{-1}\frac{x-B}{z} \qquad \delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z}$$

α está expresado en radianes. **δ** es el ángulo que forma la vertical que pasa por A con la recta trazada hacia el **borde alto**. Su signo es importante: si el borde alto queda del lado +x de A, δ es negativo

Con las arcotangentes el signo se determina automáticamente; el resultado es válido **para cualquier x**: al lado, debajo o más allá de la franja. x se mide desde el **borde nulo** hacia el borde alto




A (x = −1, z = 1.5): α y δ (δ negativo)

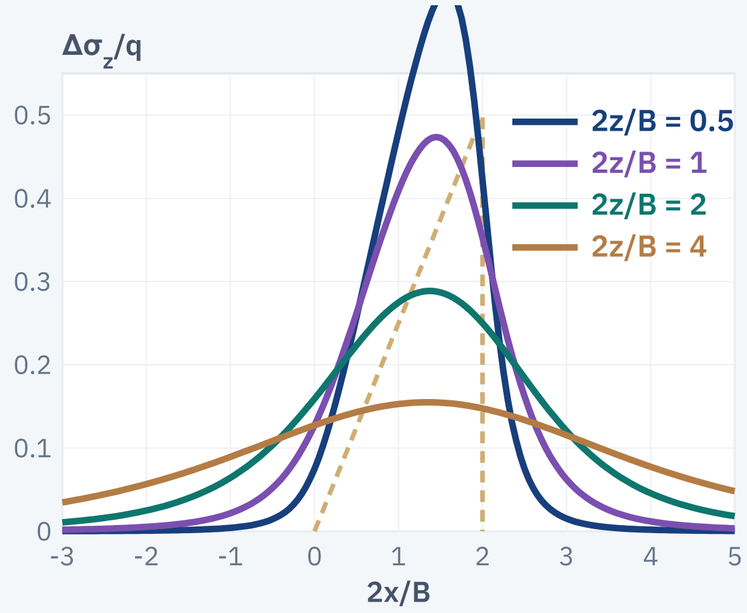
# En la superficie sigue la carga; en profundidad se dispersa

TEORÍA

En la zona próxima a la superficie, la tensión **sigue a la propia carga**; al descender, la tensión **se dispersa** y su valor máximo **se desplaza hacia el interior de la franja**

El pico está en 2x/B = 1.58 para 2z/B = 0.5 (0.65 q); en 2x/B = 1.34 para 2z/B = 4 (0.15 q): a gran profundidad queda bajo el **centro de gravedad** de la carga (x = 2B/3, es decir, 2x/B = 1.33)

Fuera del borde de carga nula (x < 0) la tensión es pequeña, aunque no nula; allí no hay carga, pero el terreno transmite tensión




Δσ$_z$/q — 2x/B (carga: triángulo amarillo de trazos)

# Valores de $\Delta\sigma_z/q$

TEORÍA

| 2z/B \ 2x/B | -2.0 | -1.0 | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.25 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0392 | 0.2516 | 0.4969 | 0.7272 | 0.4604 | 0.0024 | 0.0003 |
| 0.50 | 0.0008 | 0.0041 | 0.0749 | 0.2574 | 0.4797 | 0.6448 | 0.4220 | 0.0152 | 0.0019 |
| 1.00 | 0.0053 | 0.0217 | 0.1273 | 0.2620 | 0.4092 | 0.4726 | 0.3524 | 0.0622 | 0.0119 |
| 1.50 | 0.0140 | 0.0447 | 0.1528 | 0.2473 | 0.3341 | 0.3598 | 0.2952 | 0.1010 | 0.0285 |
| 2.00 | 0.0249 | 0.0643 | 0.1592 | 0.2235 | 0.2749 | 0.2870 | 0.2500 | 0.1206 | 0.0457 |
| 3.00 | 0.0448 | 0.0854 | 0.1469 | 0.1774 | 0.1979 | 0.2017 | 0.1872 | 0.1259 | 0.0691 |
| 4.00 | 0.0567 | 0.0894 | 0.1273 | 0.1431 | 0.1529 | 0.1545 | 0.1476 | 0.1154 | 0.0775 |
| 6.00 | 0.0622 | 0.0798 | 0.0955 | 0.1010 | 0.1042 | 0.1047 | 0.1024 | 0.0909 | 0.0740 |

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (valor de la tabla). La celda 2x/B = −1, 2z/B = 1.5 vale 0.0447: es el ejemplo inicial del módulo. La carga abarca $0 \le 2x/B \le 2$; el borde alto es 2x/B = 2.

# Si el borde de valor cero está a la derecha; varias franjas

TEORÍA

Una franja también puede ser nula en su **borde derecho**: esta es la **imagen especular** de la franja del ejemplo; se utiliza la misma ecuación y x se mide desde el **borde nulo** hacia el borde mayor (si el borde derecho es nulo, $x = x_L + B - x_A$)

Como el terreno es elástico, la tensión de cada franja se obtiene por separado y se suma. Las franjas no pueden solaparse (pueden coincidir en un borde); el módulo admite como máximo ocho franjas, cada una con su propio q, B, borde izquierdo y dirección

Colocar los dos triángulos uno junto a otro con orientaciones especulares da una carga **triangular simétrica**; una franja uniforme más dos triángulos constituye la carga de un **terraplén**

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \Delta\sigma_{z(k)}$$

# Enunciado

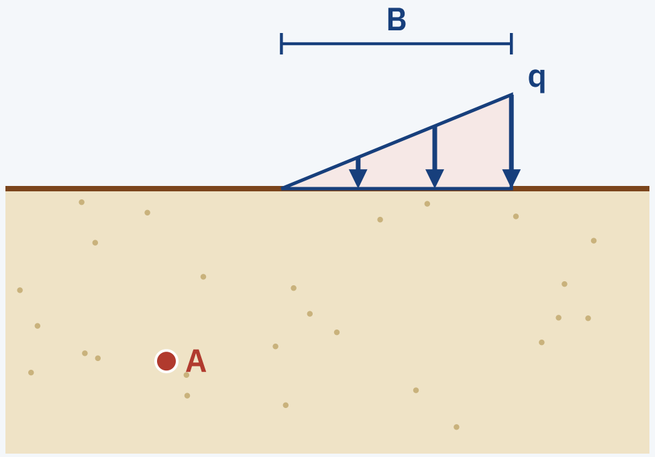
EJEMPLO

## Datos

| | |
|---|---|
| Carga en franja | **Flexible, vertical; cero en $x = 0$, crece linealmente hasta $q$ en $x = B$: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m** |
| Punto A | **$x = -1$ m (1 m fuera del borde de valor cero), $z = 1.5$ m** |

## SE PIDE

Los ángulos **α** y **δ**, **$\Delta\sigma_z/q$** y **$\Delta\sigma_z$**; comparación con la franja especular, cuyo borde nulo está a la derecha.



# Solución (1/2)

SOLUCIÓN

**1** Ángulos medidos desde la superficie (de A al borde alto y al borde nulo)

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\frac{1.5}{3} = 26.57^\circ \qquad \alpha_2 = \tan^{-1}\frac{1.5}{1} = 56.31^\circ$$

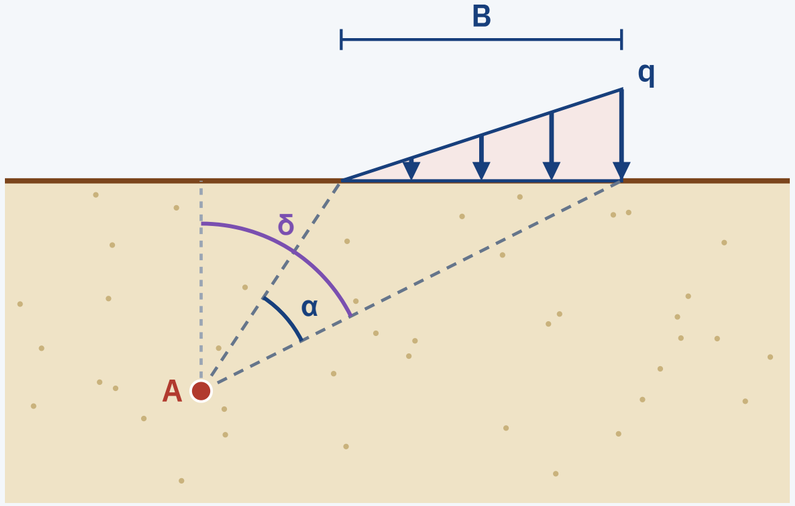
$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 29.74^\circ \qquad \delta = -(90^\circ - \alpha_2 + \alpha) = \mathbf{-63.43}^\circ$$

**2** Los mismos ángulos a partir de la ecuación (x = –1 m, B = 2 m, z = 1.5 m)

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x}{z} - \tan^{-1}\frac{x-B}{z}$$

$$= \tan^{-1}(-0.6667) - \tan^{-1}(-2) = 29.74^\circ = \mathbf{0.5191}\ \text{rad}$$

$$\delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z} = \tan^{-1}\frac{-3}{1.5} = \mathbf{-63.43}^\circ$$




Las dos vías dan **los mismos** ángulos: α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43°. δ es **negativo**, porque el borde más alto (x = B = 2 m) está del lado +x de A.

# Solución (2/2)

SOLUCIÓN

**3** Valor de influencia y tensión

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right] = \frac{1}{2\pi}\left[(-1)(0.5191) - \sin(-126.87^\circ)\right]$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left[-0.5191 + 0.8000\right] = \mathbf{0.0447} \qquad \Delta\sigma_z = 0.0447\,(100) = \mathbf{4.47}\ \text{kPa}$$

**4** Franja especular: borde de valor cero a la derecha (borde izquierdo 0, B = 2 m), punto A en x = 3 m

$$x = x_L + B - x_A = 0 + 2 - 3 = -1\ \text{m} \;\Rightarrow\; \text{mismo valor: } \Delta\sigma_z = \mathbf{4.47}\ \text{kPa}$$

A **1 m fuera** del borde nulo no hay carga y, sin embargo, la tensión es de **4.47 kPa** (el 4.5% de q). En la franja espejo, el equivalente de A es x = 3 m; el módulo da el mismo resultado en ambos casos.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

# Enunciado

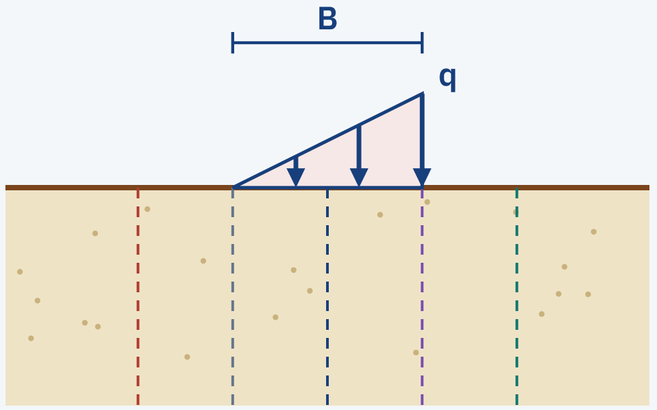
EJEMPLO

## Datos

| | |
|---|---|
| Carga en franja | **Franja del Ejemplo 1: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m ($x = 0$ cero, $x = 2$ borde alto)** |
| Cálculo manual | **A $z = 1.5$ m, bajo el borde alto ($x = B$) y bajo el borde nulo ($x = 0$)** |
| Perfil | **Rectas $x = -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$ m; $z = 0.5$ … $8$ m** |

## SE PIDE

**$\Delta\sigma_z$** a mano en los dos puntos de borde; variación de la tensión con la profundidad a lo largo de cinco rectas.



# Solución (1/2)

SOLUCIÓN

**1** Bajo el borde de mayor carga (x = B = 2 m, z = 1.5 m): δ = 0

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{2}{1.5} - \tan^{-1}(0) = \mathbf{0.9273} \qquad \delta = 0 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(2)(0.9273) - 0\right] = 0.2952 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{29.52}\ \text{kPa}$$

**2** Bajo el borde de carga nula (x = 0, z = 1.5 m): 2x/B = 0

$$\alpha = \tan^{-1}(0) - \tan^{-1}\frac{-2}{1.5} = 0.9273 \qquad \delta = -0.9273 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0.9600$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(0)(0.9273) - (-0.9600)\right] = 0.1528 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{15.28}\ \text{kPa}$$

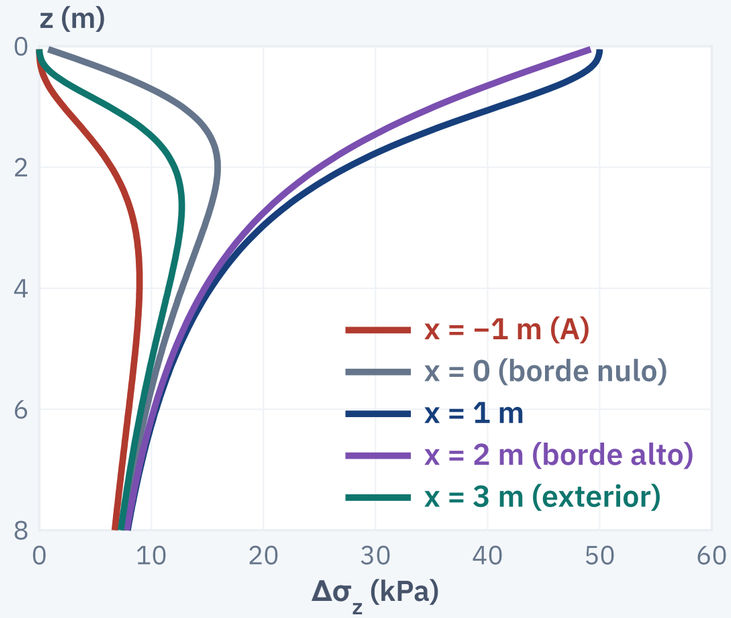
Bajo el borde alto, a una profundidad z = 1.5 m, **29.52 kPa** (30 % de q); bajo el borde de carga nula, aunque la carga es cero, hay una tensión de **15.28 kPa**: la tensión no existe solo bajo la carga, sino también a su alrededor.

# Solución (2/2)

SOLUCIÓN

| z (m) | x = −1 m (A) | x = 0 (cero) | x = 1 m | x = 2 m (alto) | x = 3 m (exterior) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.41 | 7.49 | 47.97 | 42.20 | 1.52 |
| 1.0 | 2.17 | 12.73 | 40.92 | 35.24 | 6.22 |
| **1.5** | **4.47** | **15.28** | **33.41** | **29.52** | **10.10** |
| 2.0 | 6.43 | 15.92 | 27.49 | 25.00 | 12.06 |
| 3.0 | 8.54 | 14.69 | 19.79 | 18.72 | 12.59 |
| 4.0 | 8.94 | 12.73 | 15.29 | 14.76 | 11.54 |
| 6.0 | 7.98 | 9.55 | 10.42 | 10.24 | 9.09 |
| 8.0 | 6.73 | 7.49 | 7.88 | 7.80 | 7.27 |

Bajo el borde más alto la tensión comienza en la superficie próxima a **q/2 = 50 kPa** (42.2 kPa a z = 0.5 m) y disminuye al profundizar; **bajo el borde de valor cero** primero aumenta y alcanza un máximo de 15.9 kPa hacia z ≈ 2 m. Fuera de la franja (x = −1 m) el valor es máximo hacia z ≈ 4 m (8.9 kPa a z = 4 m).




Comprobar la solución en GeoTerva ↗

# Enunciado

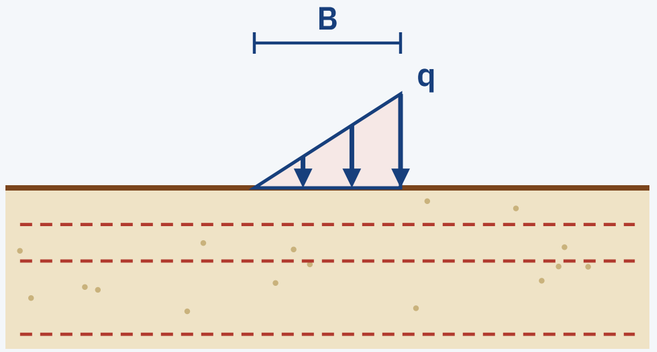
EJEMPLO

## Datos

| | |
|---|---|
| Carga en franja | $q = 100$ **kN/m², $B = 2$ m: $2x/B = x$ (m), $2z/B = z$ (m)** |
| Rectas | **rectas horizontales a $z = 0.5,\ 1,\ 2,\ 4$ m de profundidad; $x = -2$ … $4$ m** |
| Cálculo manual | **en $z = 2$ m, $x = 2B/3 = 1.333$ m (centroide de la carga)** |

**SE PIDE**

En cada profundidad, la variación de $\Delta\sigma_z$ a lo largo de x, **la posición y el valor del máximo**; cómo se desplaza el máximo con la profundidad.



# Solución (1/3)

SOLUCIÓN

| z (m) | x = -2 m | x = -1 m | x = 0 m | x = 0.5 m | x = 1 m | x = 2 m | x = 2 m | x = 3 m | x = 4 m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.08 | 0.41 | 7.49 | 25.74 | 47.97 | 64.48 | 42.20 | 1.52 | 0.19 |
| 1 | 0.53 | 2.17 | 12.73 | 26.20 | 40.92 | 47.26 | 35.24 | 6.22 | 1.19 |
| 2 | 2.49 | 6.43 | 15.92 | 22.35 | 27.49 | 28.70 | 25.00 | 12.06 | 4.57 |
| 4 | 5.67 | 8.94 | 12.73 | 14.31 | 15.29 | 15.45 | 14.76 | 11.54 | 7.75 |

Cerca de la superficie (z = 0.5 m) la tensión sigue la carga y es mayor cerca del borde de mayor carga (alrededor de 65 kPa); al aumentar la profundidad la curva se **extiende** y el pico **disminuye** (15.5 kPa en z = 4 m). A la izquierda de la franja (x < 0) los valores son pequeños pero no nulos.

# Solución (2/3)

SOLUCIÓN

**1** x = 2B/3 = 1,333 m, z = 2 m

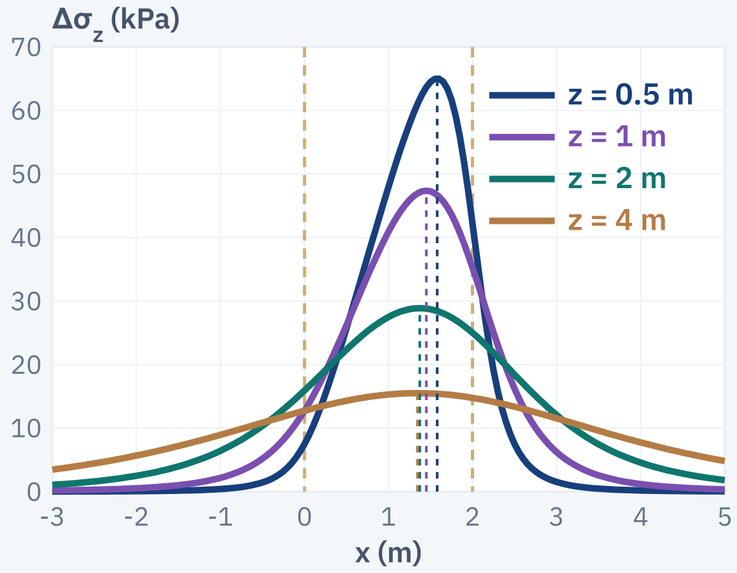
$$\alpha = \tan^{-1}\frac{1.333}{2} - \tan^{-1}\frac{-0.667}{2} = 0.9098$$

$$\delta = -0.3218 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0.6000$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(1.333)(0.9098) - (-0.6000)\right] = 0.2885$$

$$\Delta\sigma_z = \mathbf{28.85}\ \text{kPa}$$

Para z = 2 m el máximo de la curva es 28.87 kPa; el valor bajo el centro de gravedad de la carga (28.85 kPa) es muy próximo a él.



# Solución (3/3)

SOLUCIÓN

| z (m) | 2z/B | Pico: x (m) | Máximo: 2x/B | Máximo: $\Delta\sigma_z$ (kPa) | Coronación: $\Delta\sigma_z/q$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.5 | 1.579 | 1.579 | **65.04** | 0.6504 |
| 1 | 1 | 1.450 | 1.450 | **47.36** | 0.4736 |
| 2 | 2 | 1.372 | 1.372 | **28.87** | 0.2887 |
| 4 | 4 | 1.344 | 1.344 | **15.49** | 0.1549 |
| 8 | 8 | 1.336 | 1.336 | **7.90** | 0.0790 |

El máximo comienza ligeramente dentro del borde más alto, cerca de la superficie (2x/B ≈ 1.58), y al aumentar la profundidad se aproxima al **centro de gravedad de la carga** (2x/B = 1,333): 1.336 a z = 8 m. El valor máximo **disminuye** con la profundidad: 65.0 kPa → 7.9 kPa.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

# Enunciado

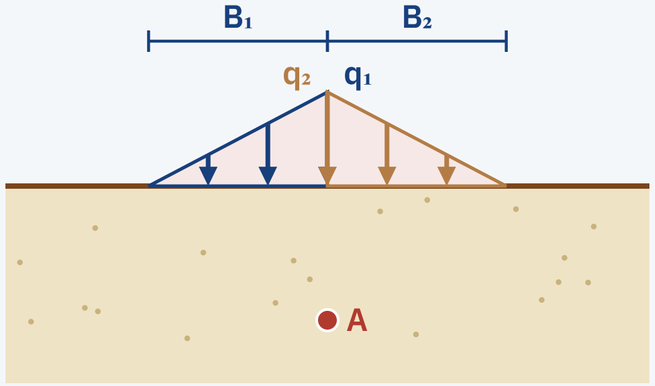
EJEMPLO

**Datos**

| | |
|---|---|
| 1.ª franja | $q_1 = 100$ **kN/m²,** $B_1 = 2$ **m, borde izquierdo** $x_{L1} = 0$**, cero a la izquierda (0 … 2 m)** |
| 2.ª franja | $q_2 = 100$ **kN/m²,** $B_2 = 2$ **m, borde izquierdo** $x_{L2} = 2$ **m, cero a la derecha (2 … 4 m); las dos franjas se unen en** $x = 2$ |
| Puntos | $z = 1.5$ **m en** $x = 2$ **m (bajo la coronación) y** $x = 0$ **(borde izquierdo de valor cero);** $x = 0$ **… 5 m** |

**SE PIDE**

La suma de $\Delta\sigma_z$ a mano en dos puntos; mostrar que la tensión de una carga simétrica es **simétrica**.



# Solución (1/2)

SOLUCIÓN

**1** Bajo la cresta (x = 2 m): ambas franjas están en su propio borde alto

$$x_1 = 2 - 0 = 2\ \text{m} \qquad x_2 = x_{L2} + B - x_A = 2 + 2 - 2 = 2\ \text{m}$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \Delta\sigma_{z(2)} = 29.52\ \text{kPa}\ \ (\text{Ejemplo 2}) \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_z = \mathbf{59.03}\ \text{kPa}$$

**2** Bajo el borde izquierdo de valor cero (x = 0)

$$x_1 = 0 - 0 = 0 \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(1)} = 15.28\ \text{kPa}\ \ (\text{Ejemplo 2})$$

$$x_2 = 2 + 2 - 0 = 4\ \text{m} \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(2)} = 2.85\ \text{kPa}; \qquad \Delta\sigma_z = 15.28 + 2.85 = \mathbf{18.13}\ \text{kPa}$$

Bajo el máximo la tensión es de **59.03 kPa**; bajo el borde izquierdo de valor cero, de **18.13 kPa**. El módulo da los mismos valores para las dos franjas.

# Solución (2/2)

SOLUCIÓN

| x (m) | 1.ª franja (kPa) | 2.ª franja (kPa) | Total (kPa) |
|---|---|---|---|
| 0 | 15.28 | 2.85 | **18.13** |
| 1 | 33.41 | 10.10 | **43.50** |
| 2 | 29.52 | 29.52 | **59.03** |
| 3 | 10.10 | 33.41 | **43.50** |
| 4 | 2.85 | 15.28 | **18.13** |
| 5 | 0.97 | 4.47 | **5.44** |

El total es **simétrico** respecto al eje del terraplén (x = 2 m): 18.13 kPa en x = 0 y x = 4 m, 43.50 kPa en x = 1 y x = 3 m. Los valores de las dos franjas son especulares: el valor de la franja 1 en x es igual al de la franja 2 en 4 − x.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

# Enunciado

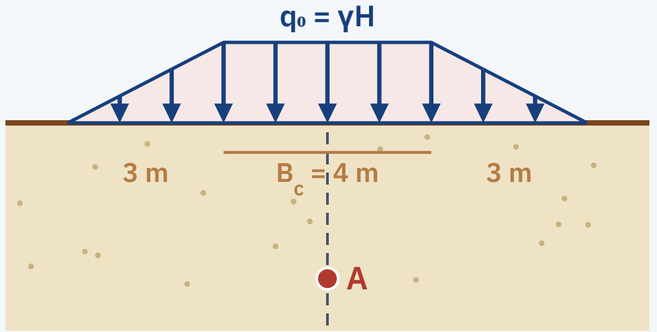
EJEMPLO

**Datos**

| | |
|---|---|
| Relleno | **Ancho de coronación $B_c = 4$ m ($x = -2 \ldots 2$), dos taludes con $3$ m + $3$ m de ancho horizontal; $q_0 = \gamma H = 100$ kN/m²** |
| Meteorización | **franja uniforme $B = 4$ m (solución de la franja vertical) + dos franjas triangulares $B = 3$ m (cero en el borde exterior)** |
| Punto A | **bajo el eje $x = 0$, $z = 3$ m** |

**SE PIDE**

La participación de las tres partes y el **$\Delta\sigma_z$ total**; perfil con la profundidad y comparación con el cálculo de la misma carga como una única franja uniforme ancha.



# Solución (1/3)

SOLUCIÓN

**1** Parte uniforme (cresta): x = 0, b = 2 m, z = 3 m

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right] = \frac{2}{\pi}\left[0.5880 + 0.4615\right] = 0.6682 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,c} = \mathbf{66.82}\ \text{kPa}$$

**2** Talud izquierdo: borde nulo x = −5 m, B = 3 m; para A, x = 0 − (−5) = 5 m

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{5}{3} - \tan^{-1}\frac{5-3}{3} = 0.4424 \qquad \delta = 0.5880 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0.9231$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(3.333)(0.4424) - (0.9231)\right] = 0.0878 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,s} = \mathbf{8.78}\ \text{kPa}$$

Como el talud derecho es especular, da el mismo valor para A: x = $x_L$ + B − $x_A$ = 2 + 3 − 0 = 5 m. Total: 66.82 + 2(8.78) = **84.37 kPa**; las soluciones del módulo para franja uniforme y triangular dan el mismo valor.

# Solución (2/3)

SOLUCIÓN

| x (m) | Máximo (kPa) | Talud izquierdo | Talud derecho | Total |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 66.82 | 8.78 | 8.78 | **84.37** |
| 1 | 60.71 | 4.57 | 16.15 | **81.43** |
| 2 | 44.80 | 2.44 | 25.00 | **72.24** |
| 5 | 7.72 | 0.51 | 15.92 | **24.15** |
| 8 | 1.51 | 0.16 | 2.49 | **4.16** |

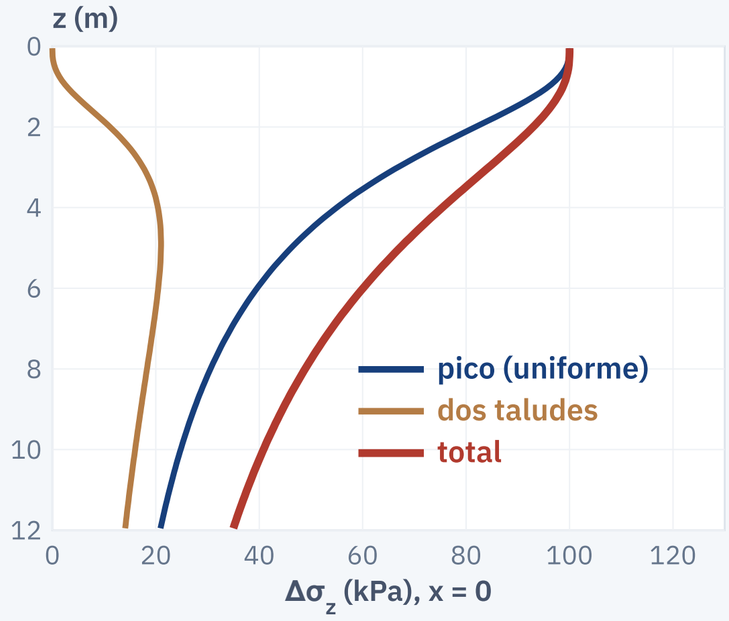
A la profundidad z = 3 m, la tensión bajo el terraplén es de **84.37 kPa** en el eje, **24.15 kPa** en el pie del talud (x = 5 m) y **4.16 kPa** a 3 m fuera del pie (x = 8 m). En los puntos de la derecha (x > 0) predomina el talud derecho y en los de la izquierda el izquierdo; el total toma el eje (x = 0) como **eje de simetría**.

# Solución (3/3)

SOLUCIÓN

| z (m) | Pico (uniforme) | Dos taludes | Suma del terraplén | Una sola franja (B = 10 m) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 95.95 | 2.79 | **98.73** | 99.68 |
| 2 | 81.83 | 11.13 | **92.96** | 97.73 |
| 3 | 66.82 | 17.55 | **84.37** | 93.68 |
| 4 | 54.98 | 20.42 | **75.40** | 88.10 |
| 6 | 39.58 | 20.48 | **60.06** | 75.54 |
| 8 | 30.58 | 18.30 | **48.87** | 64.17 |
| 12 | 20.84 | 14.04 | **34.88** | 47.74 |

En la superficie la tensión es próxima a $q_0$ = 100 kPa; al profundizar disminuye la parte de la coronación, mientras que aumenta la **parte de los taludes** (máxima a z = 4 – 6 m, 20.5 kPa). Si la misma carga fuera una única franja uniforme ancha (B = 10 m), a z = 6 m se obtendría 75.5 kPa: los taludes triangulares soportan la mitad de la carga.




Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Resumen

# Puntos clave

**Forma angular**: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$; $\alpha = \tan^{-1}(x/z) - \tan^{-1}[(x - B)/z]$, $\delta = \tan^{-1}[(x - B)/z]$; x se mide desde el borde de carga nula, δ es negativo si el borde más alto está del lado +x; el resultado es válido para cualquier x

**Ejemplo** (q = 100 kPa, B = 2 m; A: x = −1, z = 1.5 m): α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43° → $\Delta\sigma_z/q$ = **0.0447**; **$\Delta\sigma_z$ = 4.47 kPa**; el mismo valor en la franja simétrica

**Bordes** (z = 1.5 m): bajo el borde alto 29.52 kPa, bajo el borde nulo 15.28 kPa. El **pico** disminuye con la profundidad y se desplaza hacia el centro de gravedad de la carga (x = 2B/3)

**Superposición**: dos franjas simétricas especulares dan un triángulo simétrico (59.03 kPa bajo la cresta); la franja uniforme más dos triángulos forman el terraplén (84.37 kPa a z = 3 m bajo el eje)

# Referencias bibliográficas

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage Learning.

**NOTA**

Todos los ejemplos numéricos se han generado con el propio motor de cálculo del módulo; el módulo da los mismos valores. El módulo se abre con q = 100 kN/m², B = 2 m y A (x = –1 m, z = 1.5 m); la franja con el borde nulo a la derecha es la imagen especular de esta franja.

GeoTerva

Cálculos geotécnicos en línea

# De la teoría a la práctica

Introducir en GeoTerva las franjas triangulares propias (q, B, borde izquierdo, sentido) y el punto A; el módulo proporciona conjuntamente la tensión, las curvas de igual tensión, el perfil en profundidad, la solución paso a paso y el informe.

**Abrir el módulo →** | **Página de teoría →**

**Abrir en el teléfono**
Los módulos de prueba no requieren registro.

Si desea utilizarlas en sus clases: info@geoterva.com