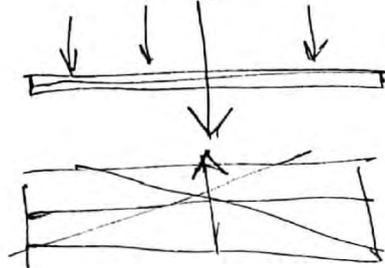


# Diseño estructural p/cimentaciones

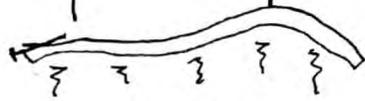
métodos  
convencionales  
de diseño

método rígido convencional

$$\nabla = \frac{Q}{A} \pm \frac{My}{Jy} x \pm \frac{Mx}{Jx} \cdot y$$



método flexible aproximado



$$EJ \frac{d^4 y}{dx^4} = -p - kyb$$

Teoría del semiespacio elástico

Hetényi (1955: desarrolla el modelo o hipótesis de Winkler)  
Posternak, P.L. (c/mejoras)

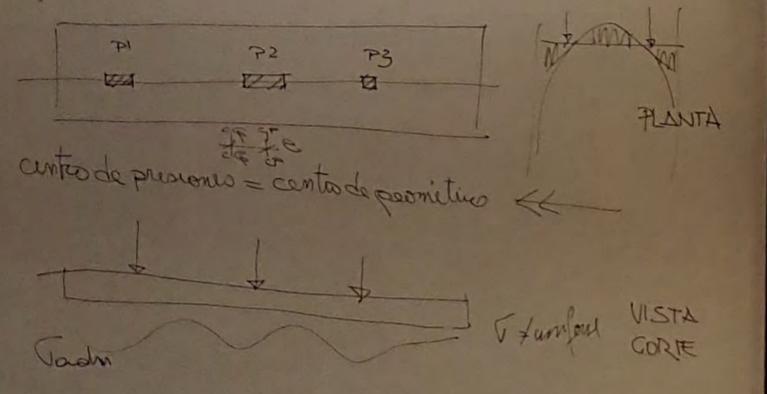
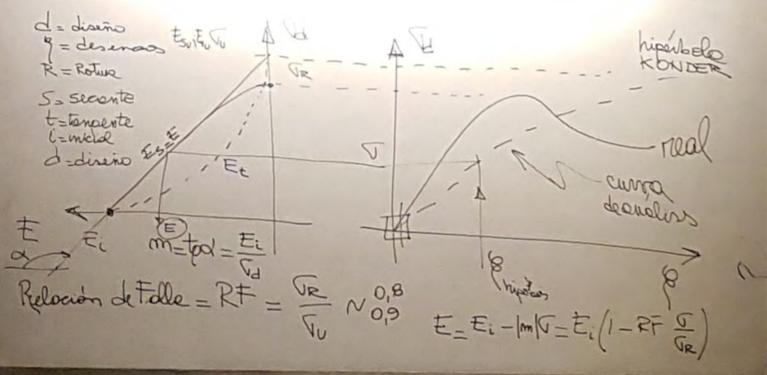
- la estructura se supone infinitamente rígida
- la presión del suelo se distribuye en línea recta y el centroide de presión del suelo coincide con la línea de acción de las cargas resultantes de las columnas

$$\sigma_s = f(\text{lineal})$$

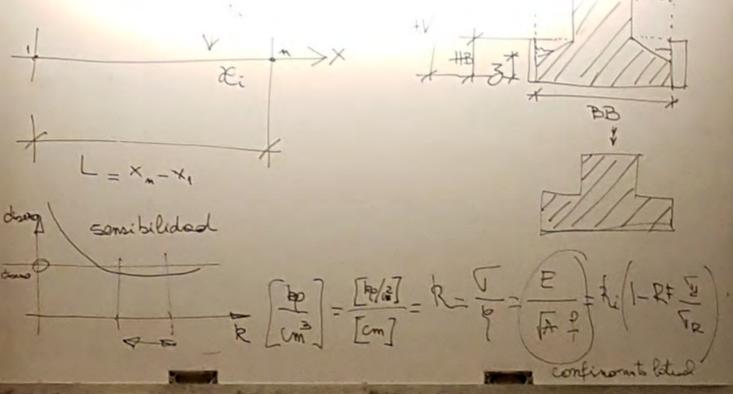
Winkler E. (1867: hipótesis)  
el suelo se supone equivalente a un número infinito de resortes elásticos denominados "cimentación Winkler" y la cte elástica de los resortes se denomina "k: coef de reacción del subsuelo"

método de diferencias finitas  
método de elementos finitos

tipos de solución



SOLUCIÓN:



$n = \text{NODOS}$

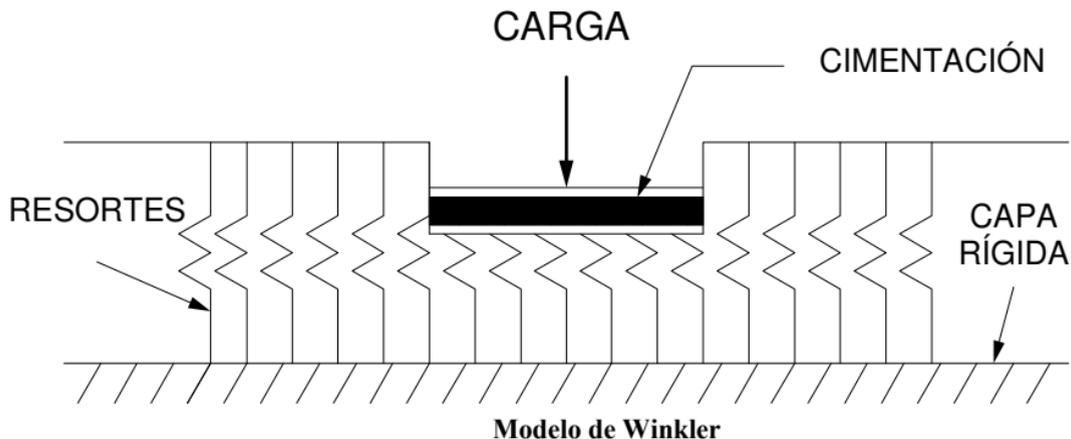
# nodos	X	K = R [E] [cm]	Anto de corte [cm]	Anto de los bordes [cm]
1	$x_1$	$K_1$		
2	$x_2$	$K_2$		

$b = \text{barras/donde}$   
 $\# \text{ barras} = \frac{I}{F}$   
 $m = b_n \mid m_i \mid m_{i+1} \mid M \mid SI$

nodo  $j=1$        $j=2$

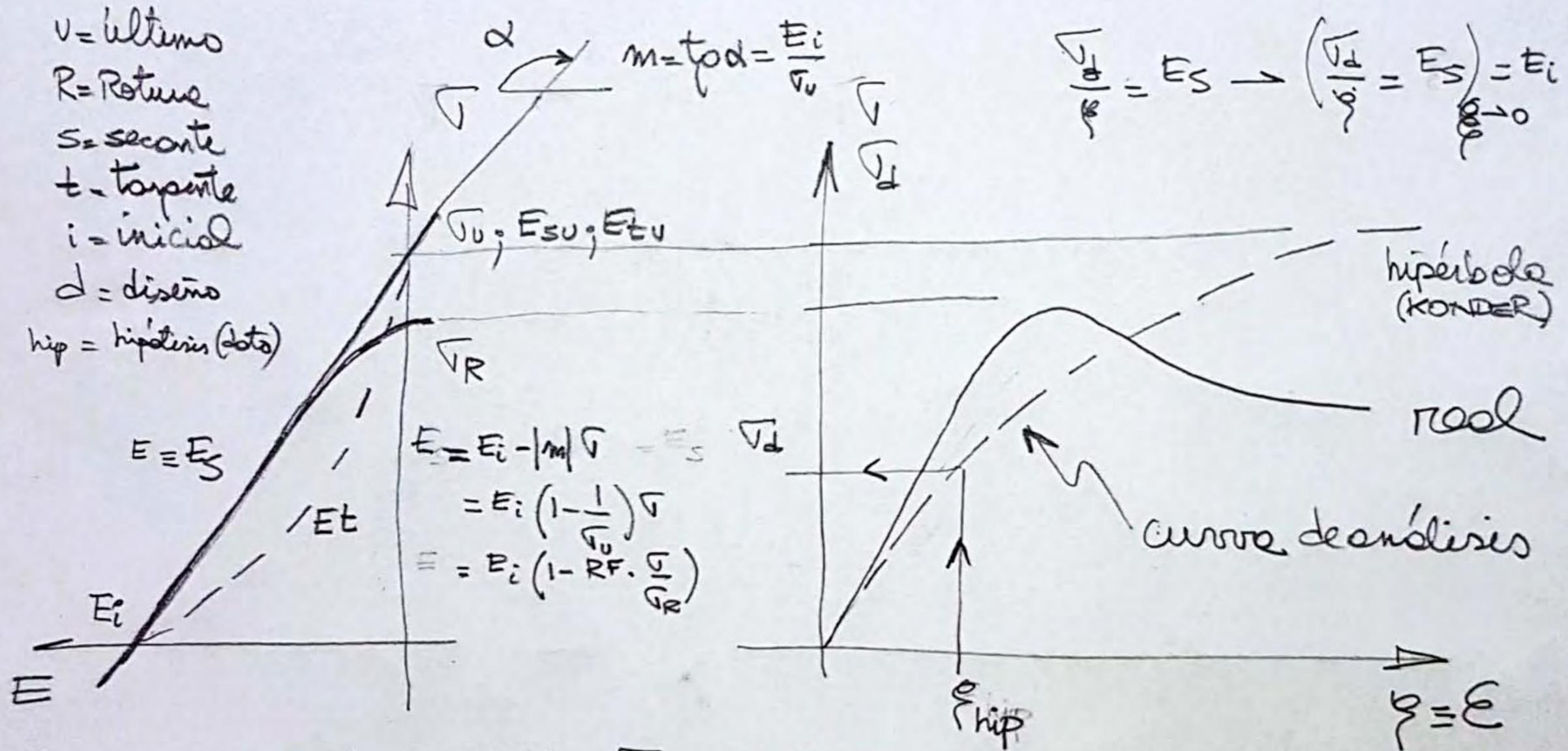


## Modelo de Winkler



Corresponde a un grupo discreto y muy cercano entre sí, de resortes elásticos lineales mutuamente independientes. La relación de gobierno es  $p = kw$ , donde  $p$ : presión,  $w$ : deflexión,  $k$ : coeficiente o módulo del suelo. El problema es encontrar la rigidez de los resortes elásticos. Las limitaciones: la influencia de la carga respecto a la profundidad, el comportamiento lineal del suelo, la independencia de los resortes (lo que implica que no hay cohesión).

v = último  
 R = Rotura  
 s = secante  
 t = tangente  
 i = inicial  
 d = diseño  
 hip = hipérbola (KONDER)

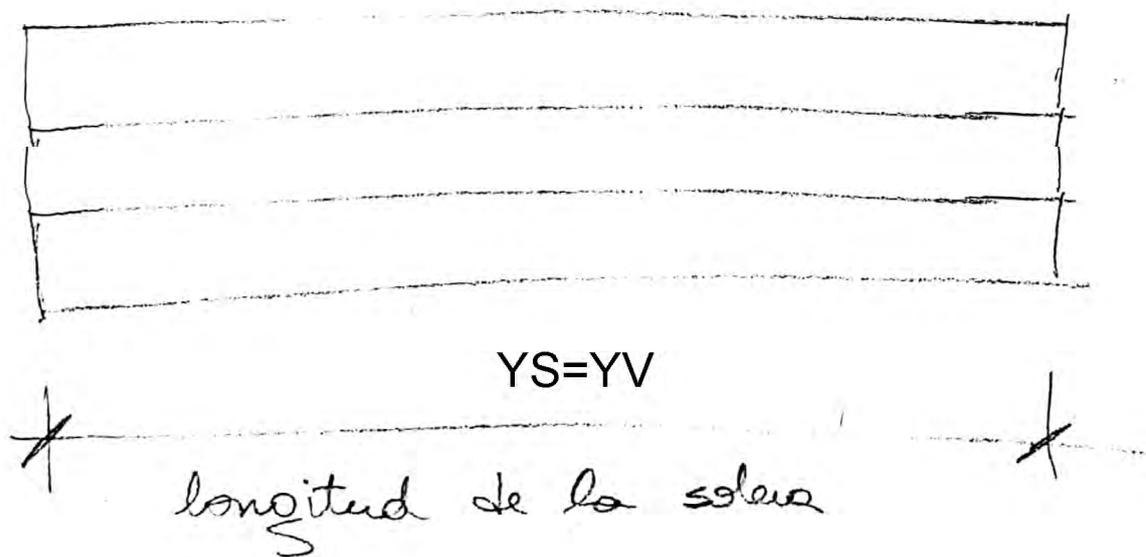
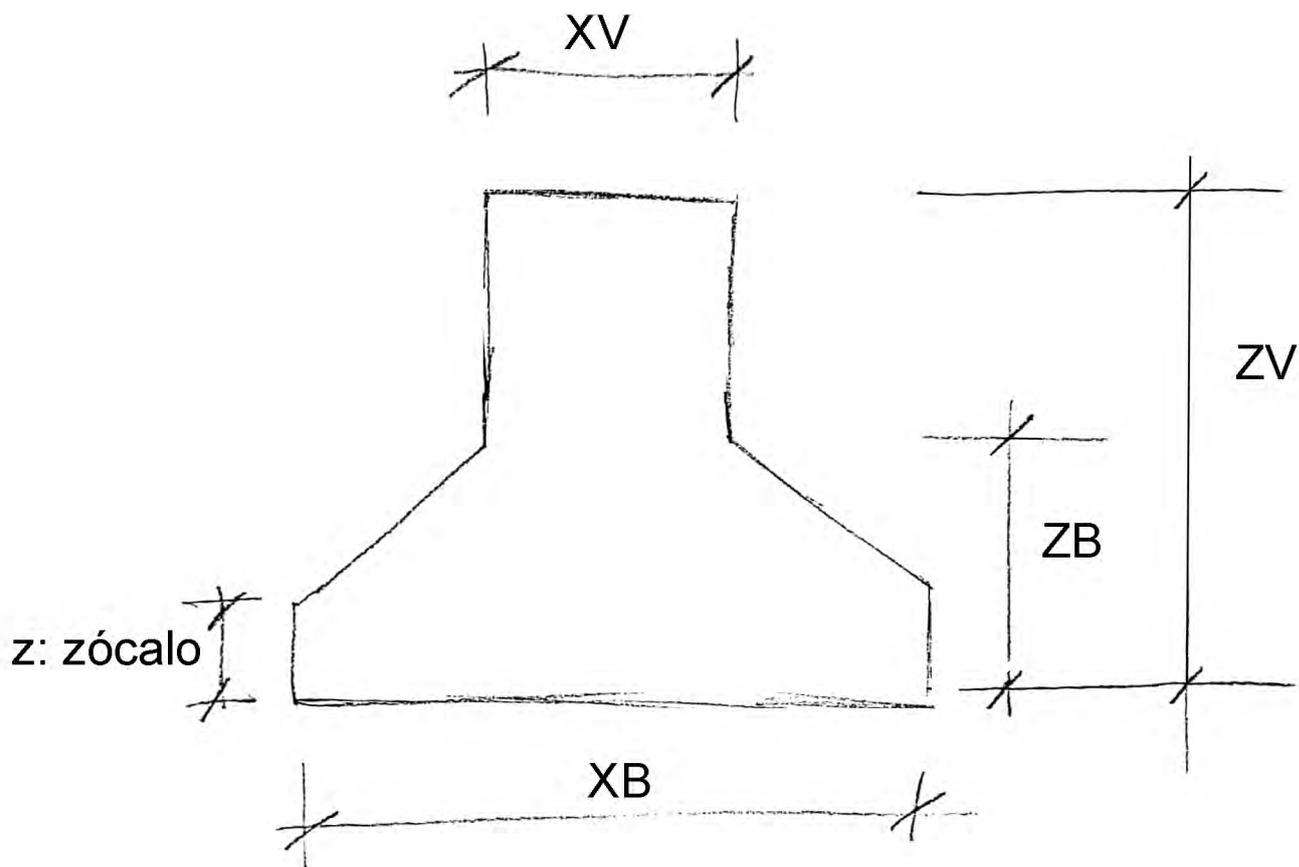


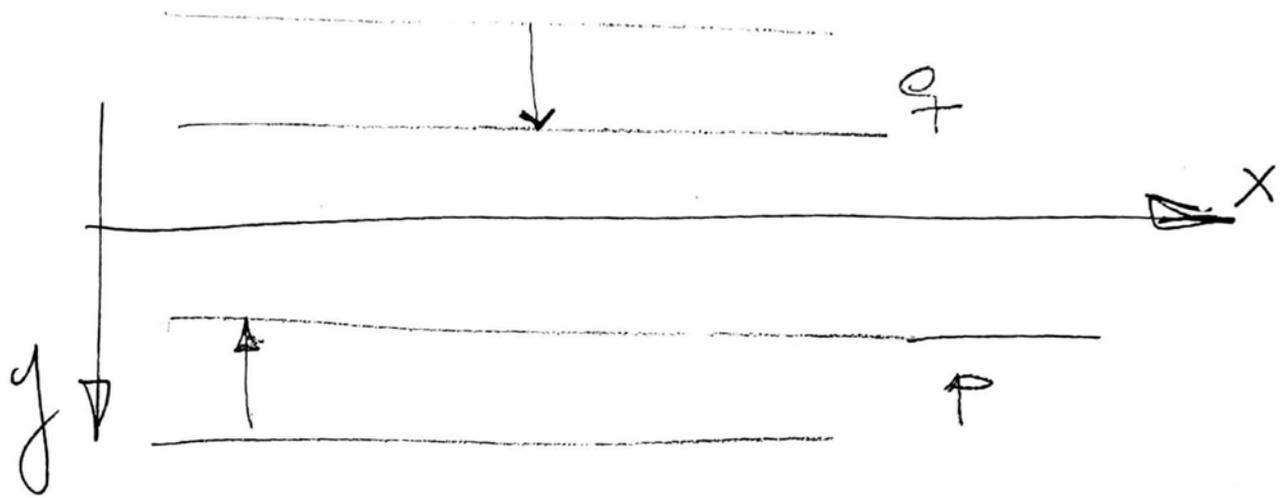
Relación de Fallo =  $R_F = \frac{\sigma_R}{\sigma_u} \sim \frac{0,8}{0,9} = \dots \sim \frac{0,8}{0,9}$

$k = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{E}{\sqrt{A} f} = R_i \left( 1 - R_F \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_R} \right)$   
 válido con confinamiento lateral

f = coef de forma de estructura de apoyo  
 A = sección de estructura de apoyo

# geometría típica general simplificada, nomenclatura





$$q_{TOTAL} = q - p$$

pero

$$q_{total} = \frac{d^2 M}{dx^2} \quad y \quad p = \text{reacción del suelo} = kby$$

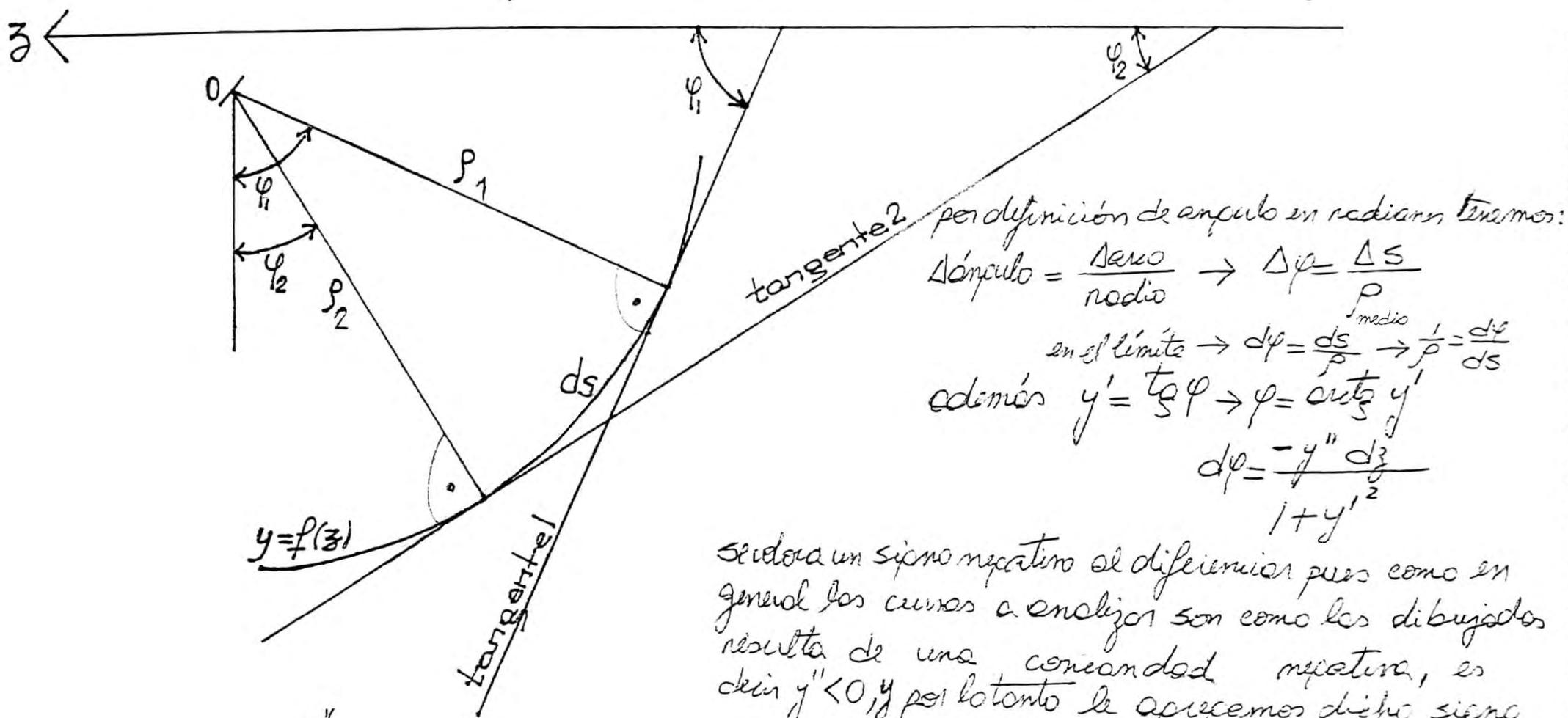
entonces  $\rightarrow$

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = q - kby$$

$$EJ_v \frac{d^4 y}{dx^4} = q - kby$$

$\rho =$  radio de curvatura ;  $C = \frac{1}{\rho}$  curvatura

Sedentky pág 423, 424



por definición de ángulo en radianes tenemos:

$$\Delta \text{ángulo} = \frac{\Delta \text{arco}}{\text{radio}} \rightarrow \Delta \varphi = \frac{\Delta s}{\rho_{\text{medio}}}$$

$$\text{en el límite} \rightarrow d\varphi = \frac{ds}{\rho} \rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{d\varphi}{ds}$$

$$\text{además } y' = \tan \varphi \rightarrow \varphi = \arctan y'$$

$$d\varphi = \frac{-y'' dz}{1+y'^2}$$

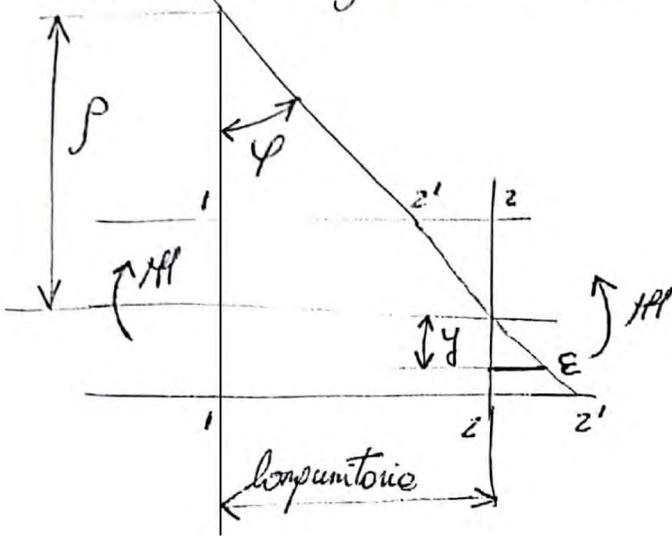
se le da un signo negativo al denominador pues como en general las curvas a analizar son como las dibujadas resulta de una concavidad negativa, es decir  $y'' < 0$ , y por lo tanto le agregamos dicho signo para que el valor obtenido sea positivo (GRONVILLE pág 181)

Entonces  $\frac{d\varphi}{dz} = \frac{-y''}{1+y'^2}$

Sobemos que  $ds = \sqrt{dz^2 + dy^2} = \sqrt{1+y'^2} dz \rightarrow \frac{ds}{d\varphi} = \sqrt{1+y'^2} \frac{dz}{d\varphi} \rightarrow \frac{d\varphi}{ds} = \frac{d\varphi}{\sqrt{1+y'^2} dz}$

$$\rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{d\varphi}{ds} = \frac{d\varphi}{\sqrt{1+y'^2} dz} = \frac{-y''}{(1+y'^2)\sqrt{1+y'^2}} \rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{-y''}{(1+y'^2)^{3/2}} \quad (1)$$

Las secciones giran los unos respecto de los otros, entonces:



$$\frac{\text{long. unitaria}}{p} = \frac{\epsilon}{y} \quad \leftarrow \text{def. específica}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{\epsilon}{y}$$

siendo

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{M}{EJ} y$$

entonces

$$\frac{1}{p} = \frac{M}{EJ} \quad (2)$$

igualando (1) y (2)

$$\frac{-y''}{(1+y')^{3/2}} = \frac{1}{p} = \frac{M}{EJ}$$

$$\frac{\pm y''}{(1+y'^2)^{3/2}} = \frac{M}{EJ}$$

que es la expresión de la línea elástica en su forma rigurosa, es decir de elementos estructurales de poca rigidez donde los valores de "y" son considerables.

Si y son pequeños  $\rightarrow (y')^2 \approx 0$  entonces:

$$\pm y'' = \frac{M}{EJ}$$

$$y'' = \pm \frac{M}{EJ}$$

ecuación diferencial de la línea elástica para elementos de y muy pequeños.

$$y'' = \frac{M}{EJ} \rightarrow \frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{M}{EJ}$$

$$EJ \frac{d^2 y}{dz^2} = M \quad EJ \frac{d^2 y}{dz^2} - M = 0$$

derivando respecto de  $z$

$$\frac{d}{dz} \left( EJ \frac{d^2 y}{dz^2} \right) - \frac{dM}{dz} = 0$$

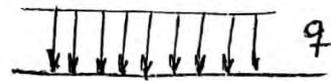
fließ I 409  $\frac{dM}{dz} = Q$

$$\frac{d}{dz} \left( EJ \frac{d^2 y}{dz^2} \right) - Q = 0$$

derivando respecto de  $z$

$$\frac{d^2}{dz^2} \left( EJ \frac{d^2 y}{dz^2} \right) - \frac{dQ}{dz} = 0$$

fließ I 409  $\frac{dQ}{dz} = q_{\text{TOTAL}}$



$$q_{\text{TOTAL}} = q - p$$

$p = \text{reacción del suelo}$

$$\frac{d^2}{dz^2} \left( EJ \frac{d^2 y}{dz^2} \right) - q_{\text{TOTAL}} = 0$$

$$\frac{d^2}{dz^2} \left( EJ \frac{d^2 y}{dz^2} \right) - q + p = 0$$

$$\frac{d^2}{dz^2} \left( EJ \frac{d^2 y}{dz^2} \right) + p = q$$

$$p = kyb$$

$k = \text{módulo de balasto}$

el signo de  $p$  se lo toma en cuenta en el dibujo

$$\frac{d^2}{dz^2} \left( EJ \frac{d^2 y}{dz^2} \right) + kyb = q \quad \text{como } EJ = \text{cte}$$

$$EJ \frac{d^4 y}{dz^4} + kyb = q$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \frac{bks}{EI} \cdot y(x) = \frac{q}{EI}$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + 4 \frac{bk}{4EI} y(x) = \frac{q}{EI}$$

$$\lambda_0 = \sqrt[4]{\frac{kb}{4EI}} = \frac{1}{L_0}$$

aquí aparece el concepto de  $L_0$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + 4 \lambda_0^4 y(x) = \frac{q}{EI} \quad \text{ED}$$

sol genl

$$y = e^{-\lambda_0 x} (C_1 \sin \lambda_0 x + C_2 \cos \lambda_0 x) + e^{+\lambda_0 x} (C_3 \sin \lambda_0 x + C_4 \cos \lambda_0 x) + y^*$$

+  $y^*$

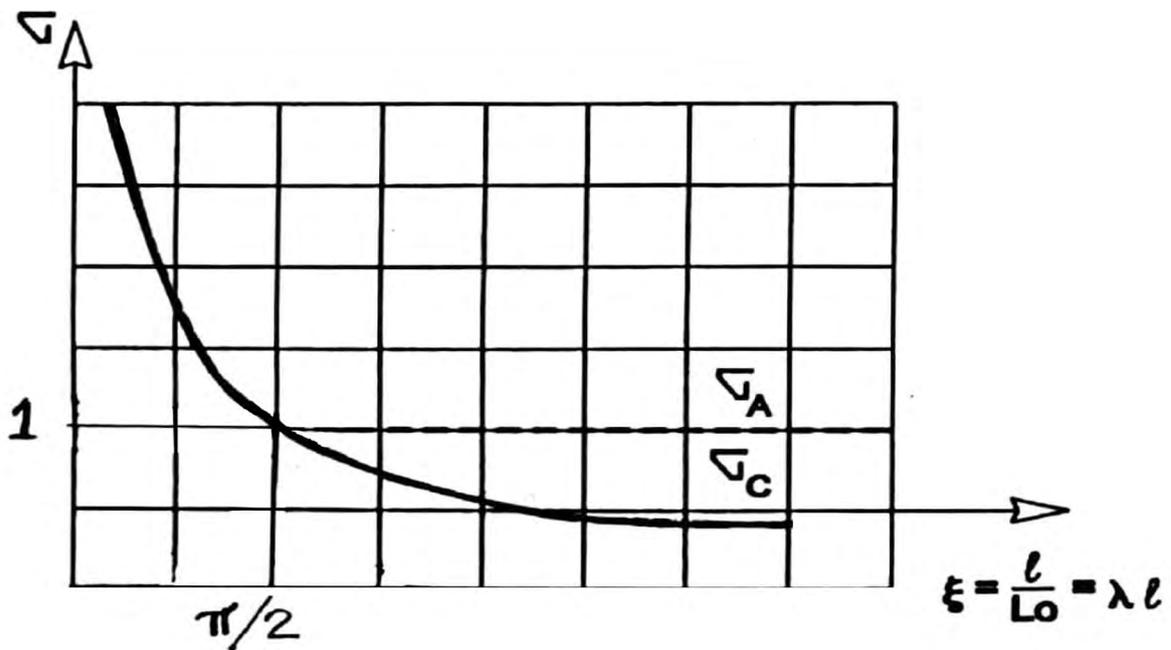
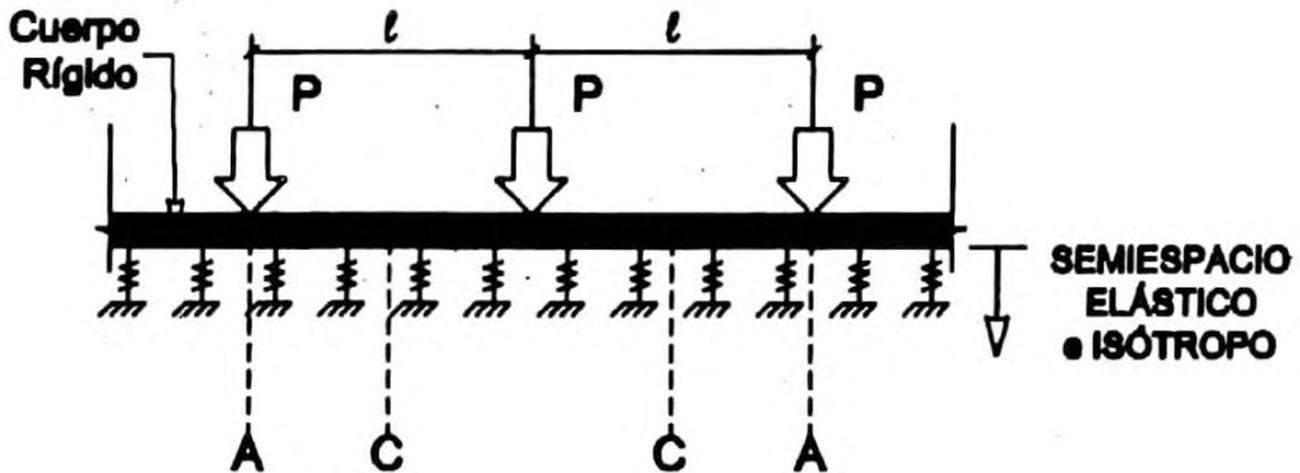
$y^* \rightarrow$  sol. particular de la ED

o tambien

$$y = C_1 \sin \lambda_0 x \operatorname{sh} \lambda_0 x + C_2 \sin \lambda_0 x \operatorname{ch} \lambda_0 x + C_3 \cos \lambda_0 x \operatorname{sh} \lambda_0 x + C_4 \cos \lambda_0 x \operatorname{ch} \lambda_0 x + y^*$$

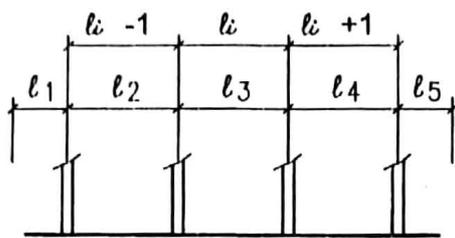
# CONCEPTO DE FUNDACIÓN RÍGIDA

ANÁLISIS DE PILARES EQUIDISTANTES (SEGUN VERDEYEN)

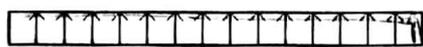


Si  $l \leq \frac{\pi}{2}$  Lo se observa una aproximada distribución uniforme de tensiones, lo que implica una fundación rígida

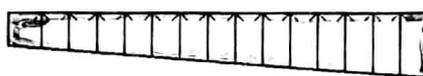
$$\tau_{tmax} < \tau_{tadm}$$



Fundación Rígida

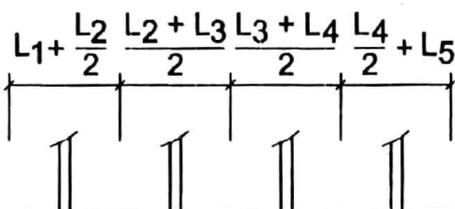


p

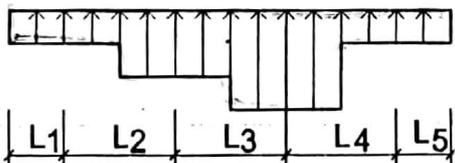


p + M

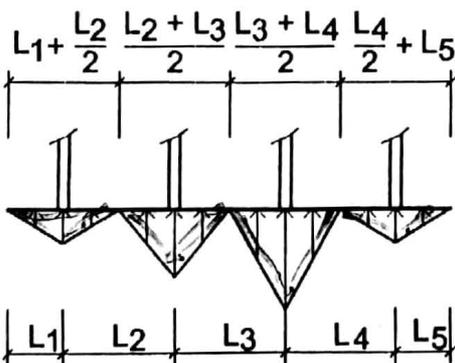
$$l_i \leq \frac{\pi}{2} L_0$$



Fundación Semirígida

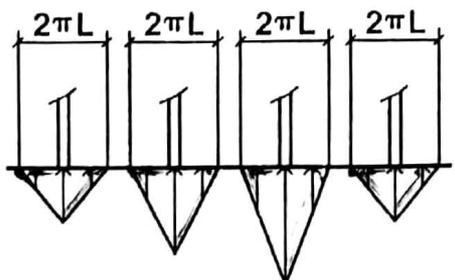


$$\frac{\pi}{2} L_0 < l_i \leq \pi * L_0$$



Fundación Flexible

$$\pi * L_0 < l_i \leq 2 \pi * L_0$$

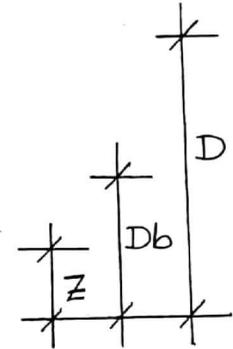
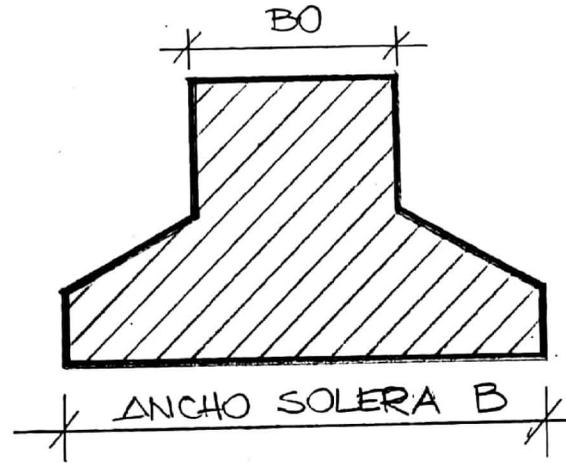


Fundación Muy flexible

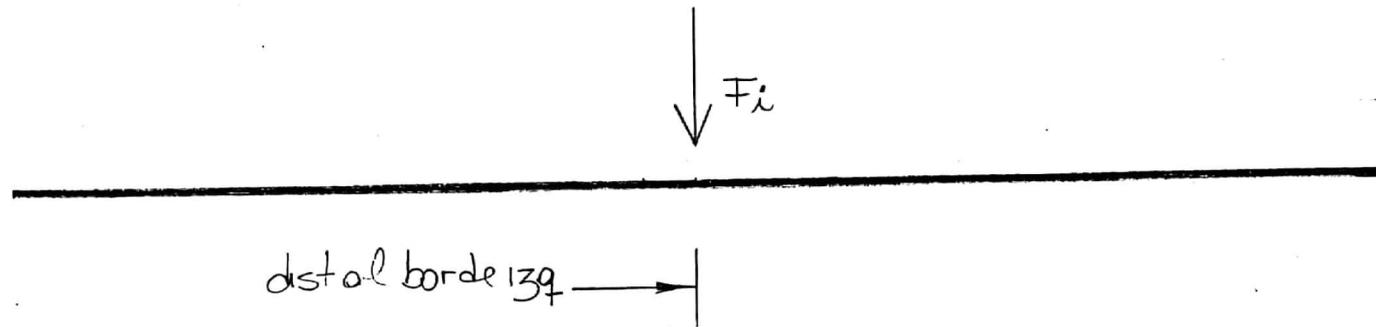
$$l_i > 2 \pi * L_0$$

SOLERA: NOMENCLATURA GRAL

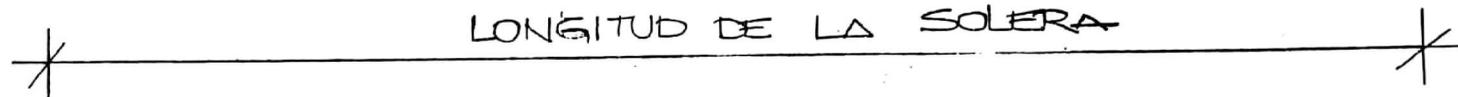
VISTA/CORTE transversal



VISTA/CORTE longitudinal



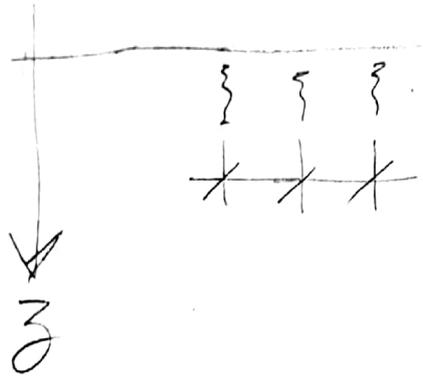
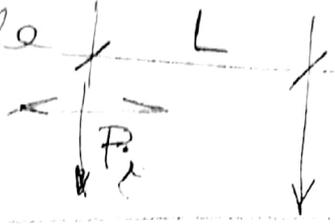
$Z =$  espesor de la solera



8

modelación

Solera: zapata flexible



$R <$  asana  $f(z) = \text{variable}$   
 $R <$  anilla  $f(z) = \text{cte}$

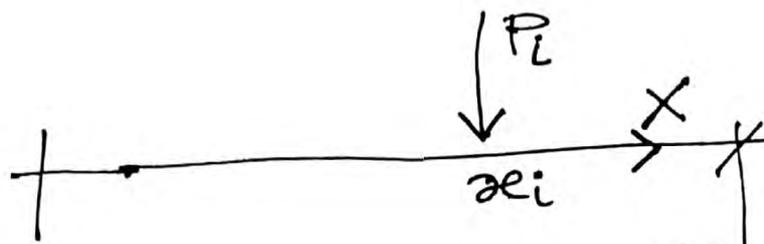
$R [kg/cm^3]$  ;  $\rho$

$$V = kg \cdot \rho$$

$$L \leq \frac{\pi}{2} L_0$$

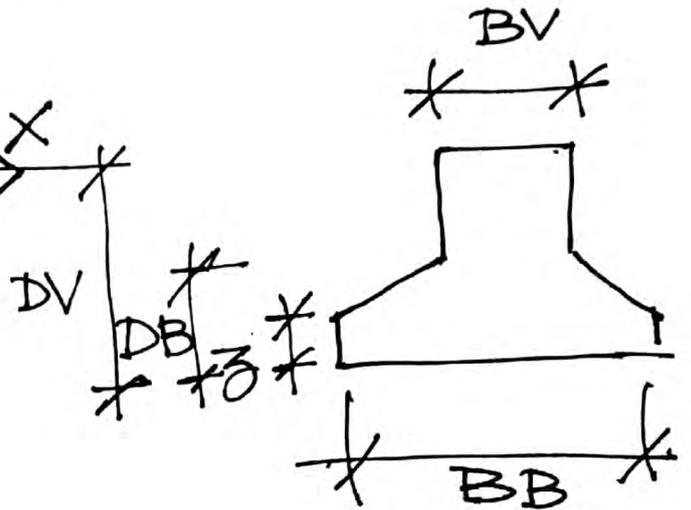
$$L_0 = \sqrt{\frac{4EI}{R_{BB}}}$$

# SOLERA



$$L = \sum_{j=1}^N n_j - n_1$$

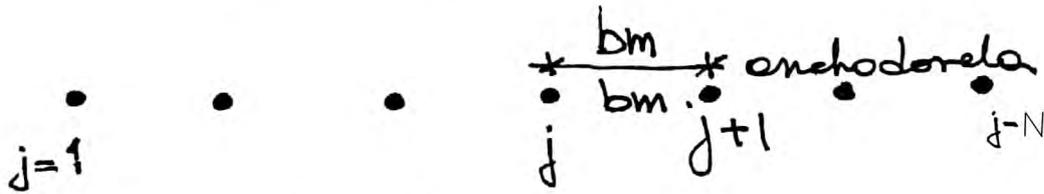
$$L = n_N - n_1$$



$n = \text{modos (1 a N)}$

#	modos	X	K
$\bar{j}$	$n_j$	cm $x_j$	$k_j / \text{cm}$ $K_j$

$$K = k \left( \frac{k_g}{\text{cm}^3} \right) * \frac{\text{anchodador} \text{ (cm)} + \text{anchodador} \text{ (cm)}}{2} * BB \text{ (cm)}$$



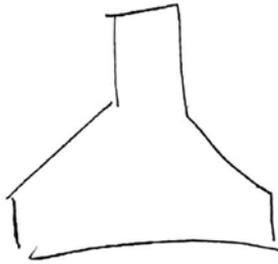
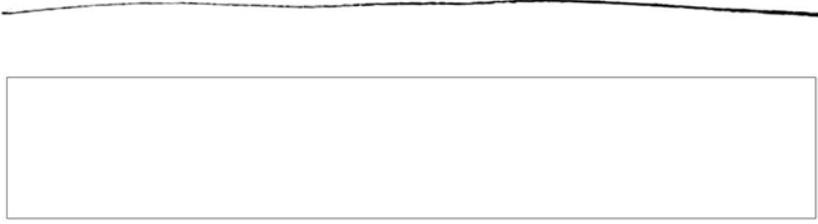
$b = \text{barras / dorela}$

#	barras	I	F	material	sección
$m$	$b_m$	Inicial $n_j$	Final $n_{j+1}$	M1	S1

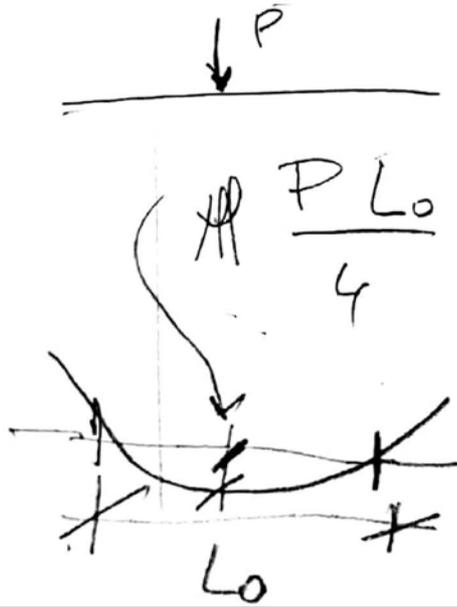


$P = \text{cargas} \begin{cases} \text{modos} \\ \text{barras} \end{cases}$

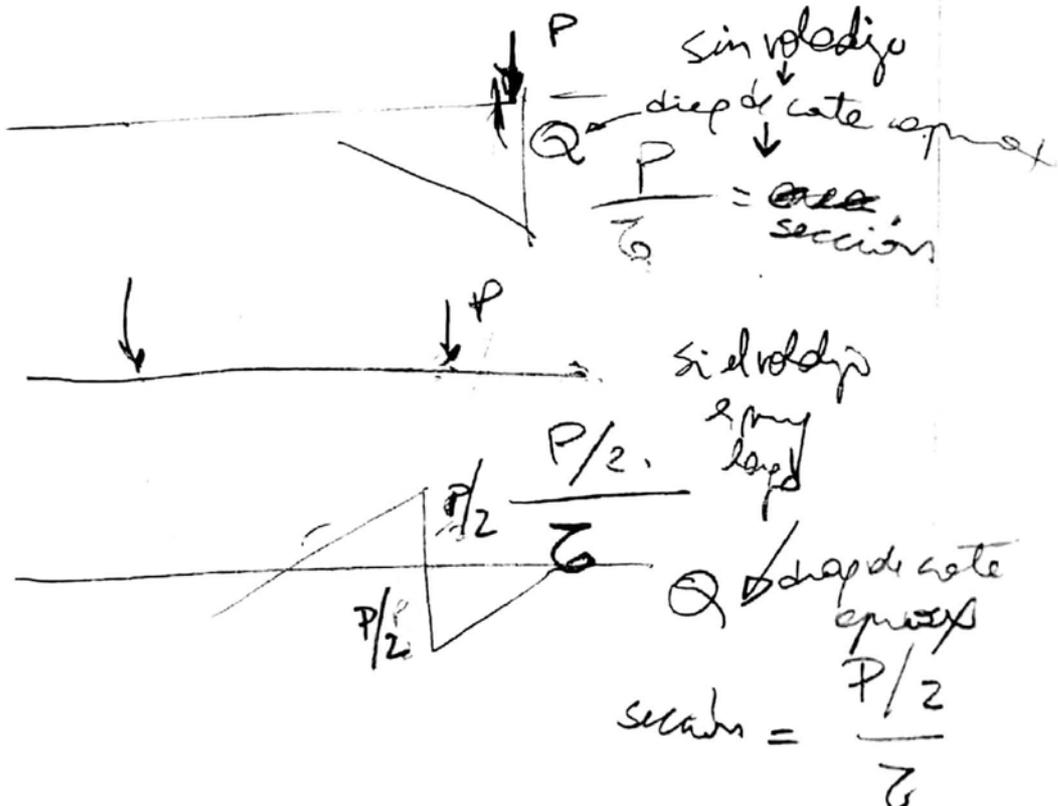
# PREDIMENSIONADO DE SOLERAS



Q



Q



$L_0$  = longitud característica = distancia entre momentos nulos