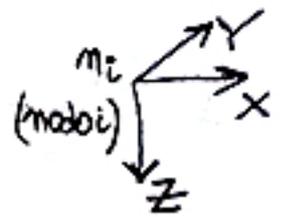
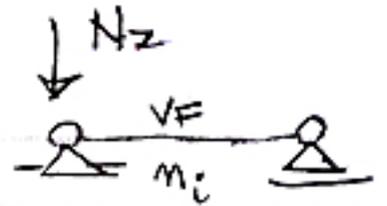
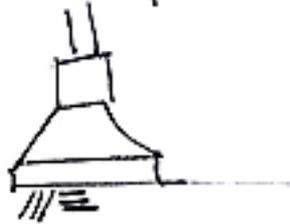


"MECANISMOS" de FUNDACIÓN



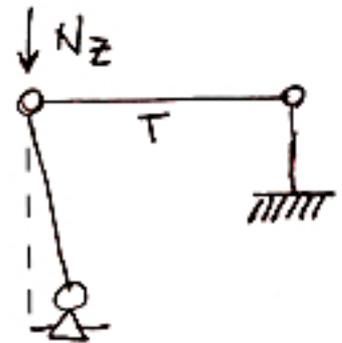
base típica



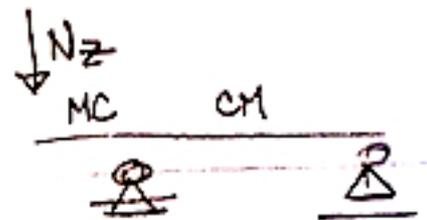
base de excentricidad



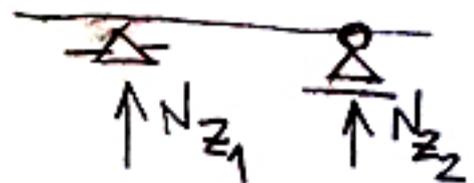
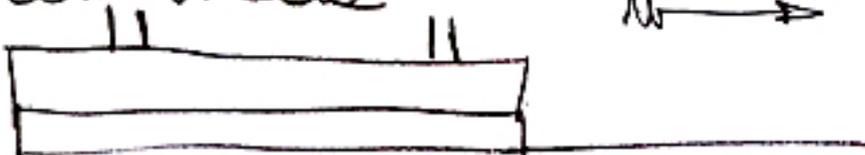
base de tensor

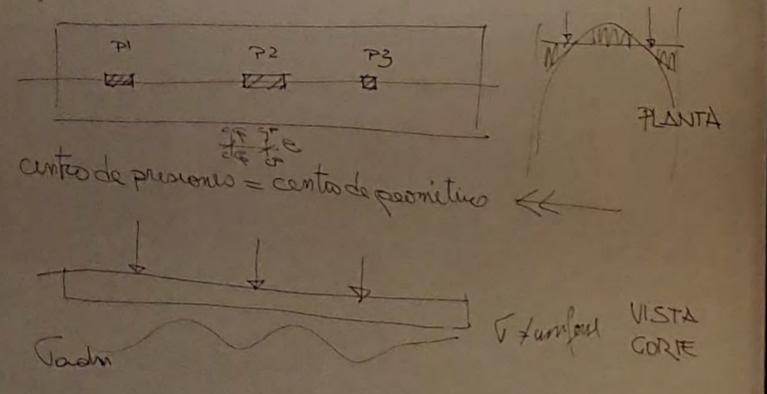
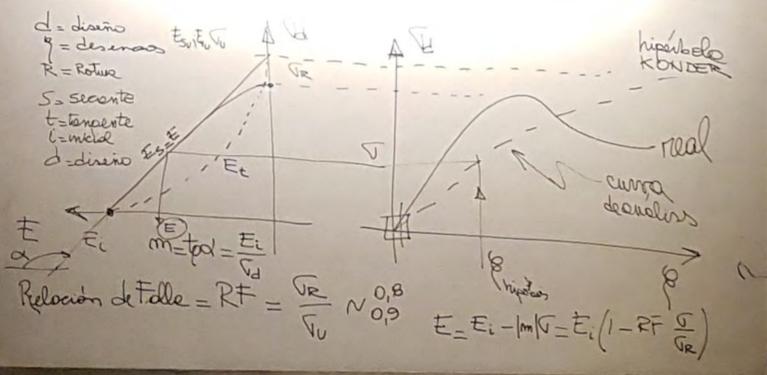


contileres

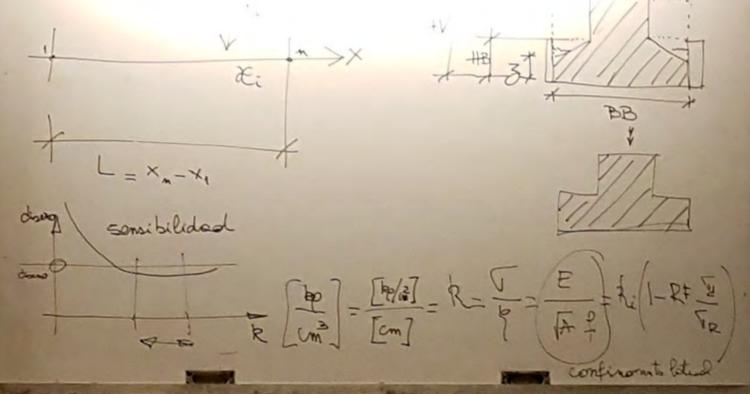


combinada





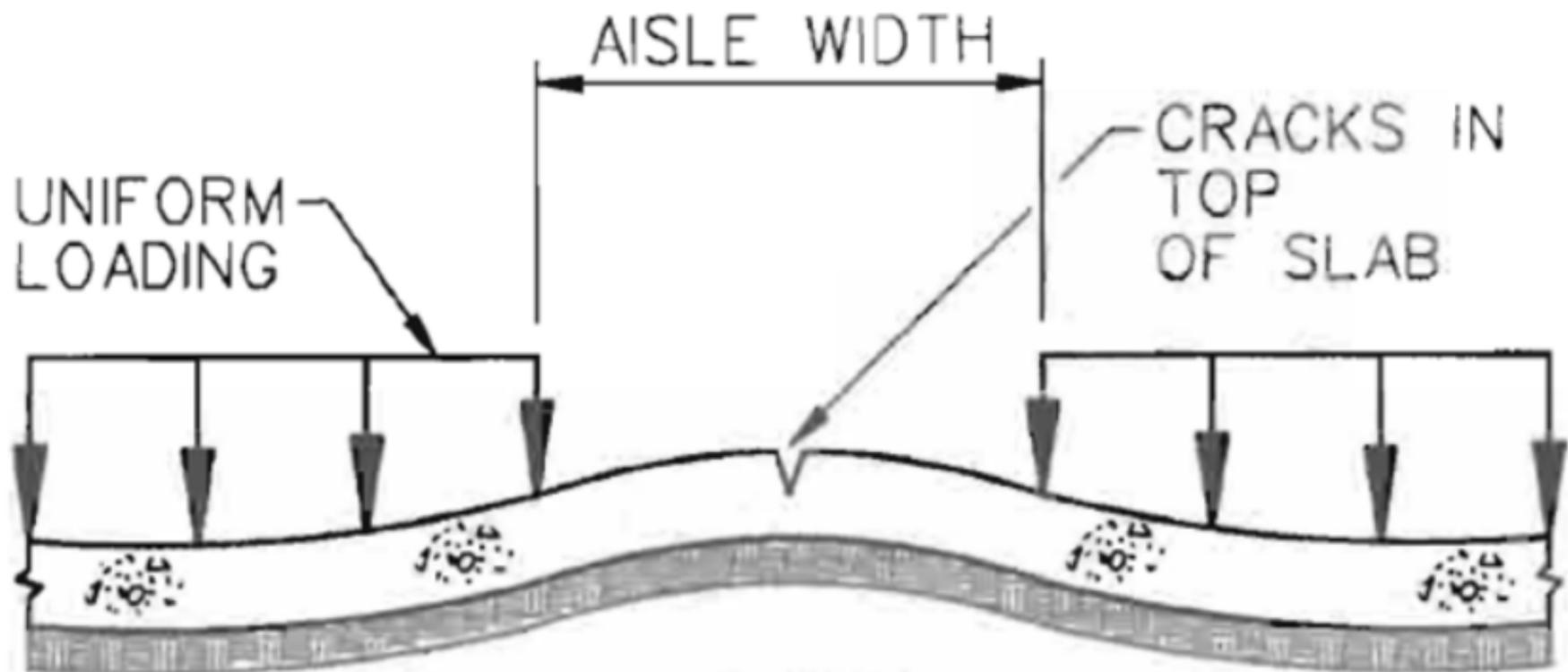
SOLUCIÓN



$n = \text{NODOS}$

# nodos	X	K = R [E] [cm]	Anto de los [cm]	Anto de los [cm]
1	x_1	K_1		
2	x_2	K_2		
3	x_3	K_3		

$b = \text{base / ancho}$
 $\# \text{ bases} = \text{I, F, ...}$
 $M, b_m, n_i, n_{i+1}, M, SI$



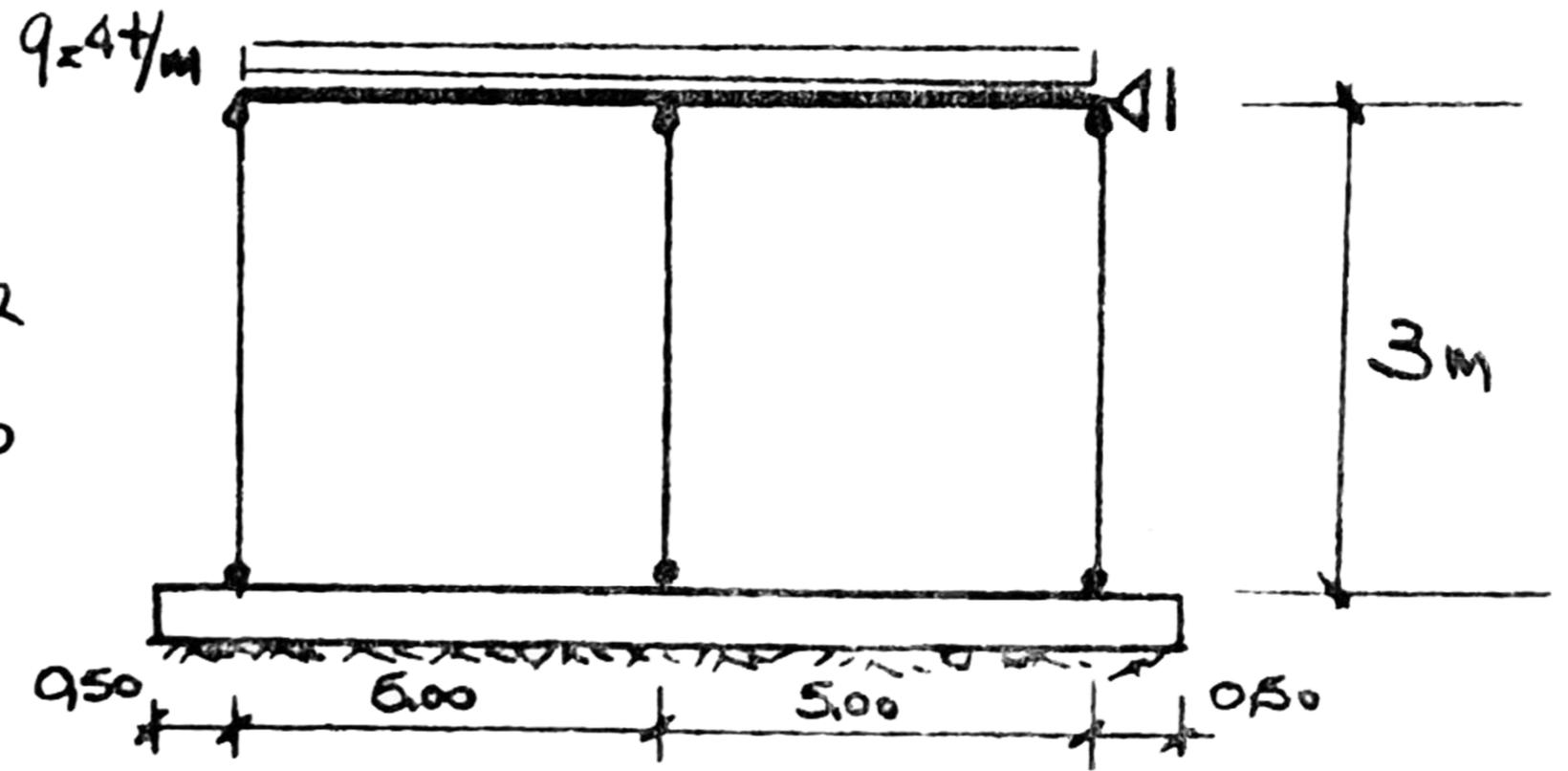
Influencia del modelo de cálculo según rigidez suelo-estructura

CIMENTACIONES

rigidez



Modelo utilizado
se hizo este modelo para
notener momento en las
columnas.



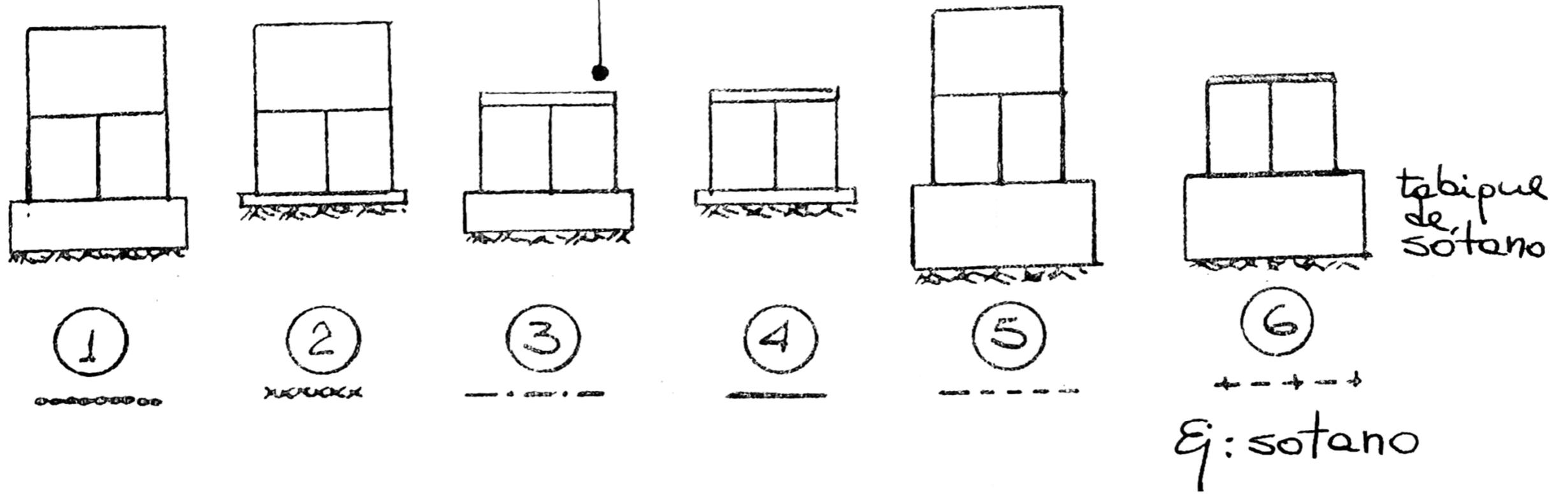
Influencia del modelo de cálculo según rigidez suelo-estructura

CIMENTACIONES

rigidez



es el esquema generalmente usado (CHALET, CASA) (puede ser el ⑥ también)



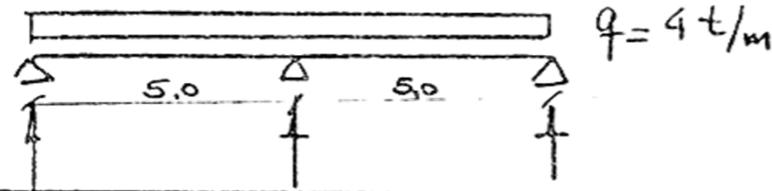
tipos de bases combinadas

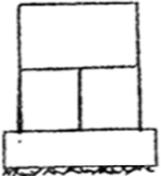
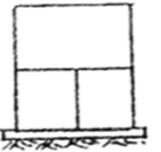
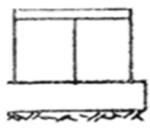
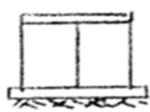
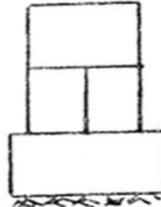
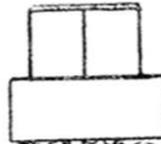
CIMENTACIONES

rigidez



Esquema



7,5 t	25,0 t	7,5 t	Reducción como viga continua
11,6 t (+55%)	16,8 t (-33%)	11,6 t (+55%)	① 
10,3 t (+37%)	19,5 t (-22%)	10,3 t (+37%)	② 
7,7 t (+3%)	24,7 t (-1%)	7,7 t (+3%)	③ 
7,7 t (+3%)	24,7 t (-1%)	7,7 t (+3%)	④ 
13,2 (+76%)	13,5 (-46%)	13,2 (+76%)	⑤  ← PELIGROSO (PEOR CASO SI SE CALCULO ⁷ COMO VIGA CONTINUA)
7,5	25,0	7,5	⑥ 

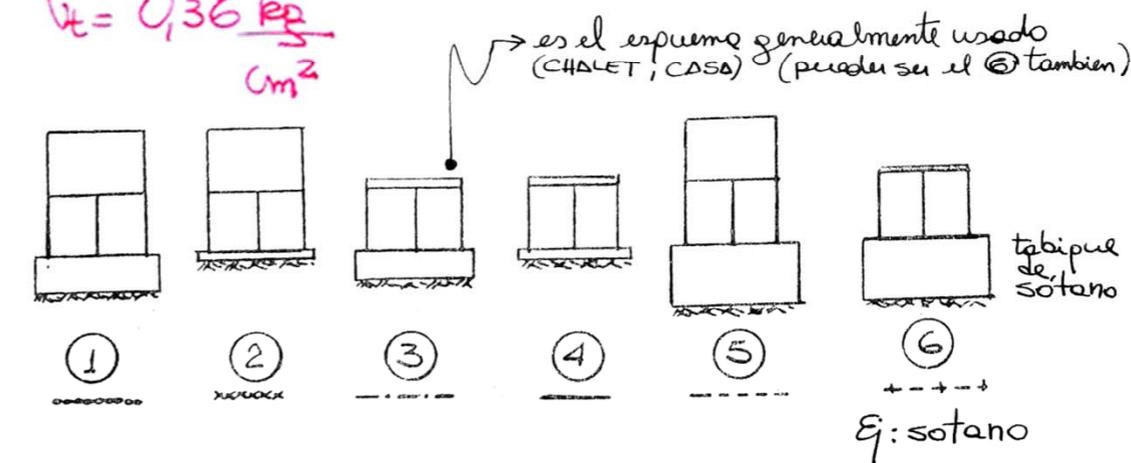
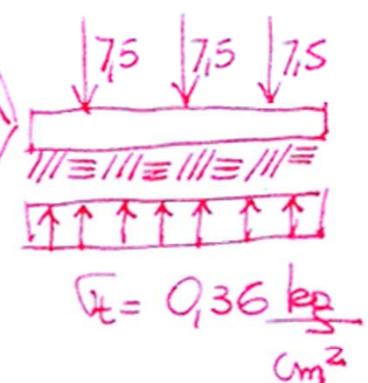
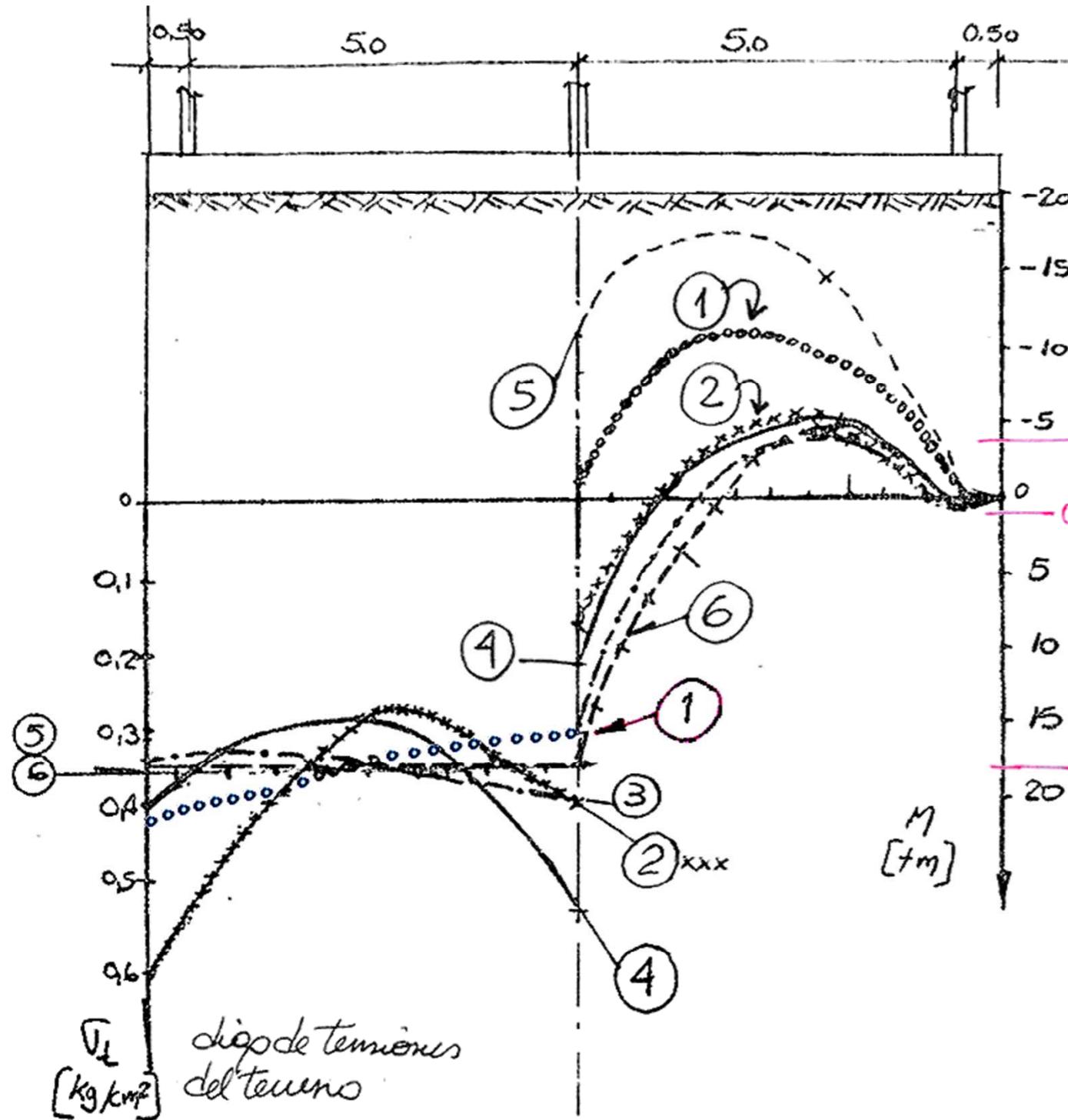
Influencia del modelo de cálculo según rigidez suelo-estructura: análisis de las reacciones

CIMENTACIONES

rigidez



Influencia del modelo de cálculo según rigidez suelo-estructura: tensión suelo y momento flexor

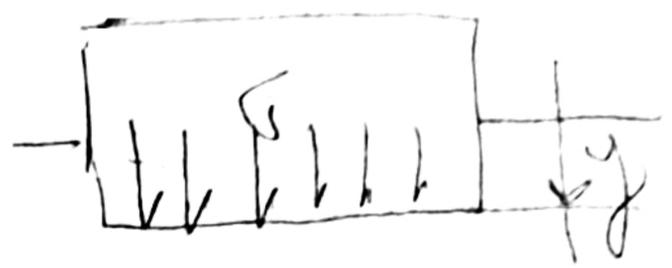


tipos de bases combinadas

concepto y etimología
(el "terrible" y "enigmático" BALASTO)

etimología → lastre

suelo como un fluido



$$Empuje = \gamma_{\text{fluido}} \cdot \text{Volsumergido}$$

$$= \gamma_{\text{fluido}} \cdot A_{\text{se}} \cdot y \quad \uparrow E$$

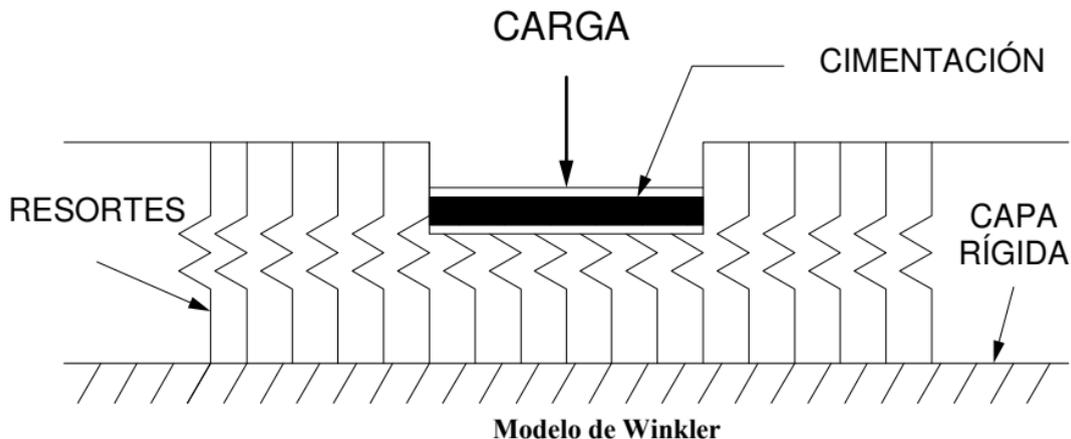
WINKLER

$$\frac{F}{A_{\text{se}}} = \underbrace{\gamma_{\text{fluido}} \cdot y}_{\text{presión reactiva}} \quad \text{lastre o lastre}$$

$$\frac{\sigma}{y} = k$$

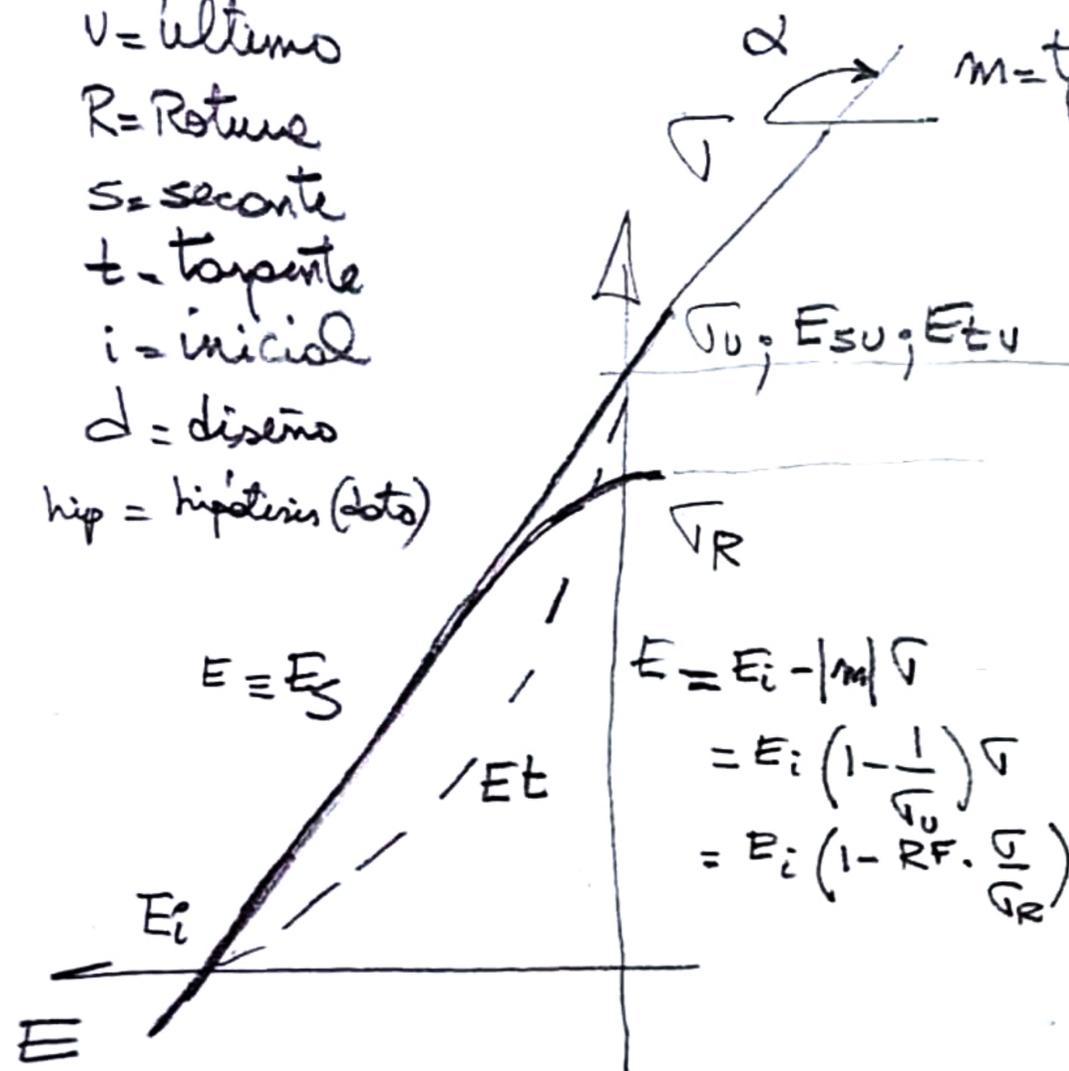
modelo elástico lineal

Modelo de Winkler

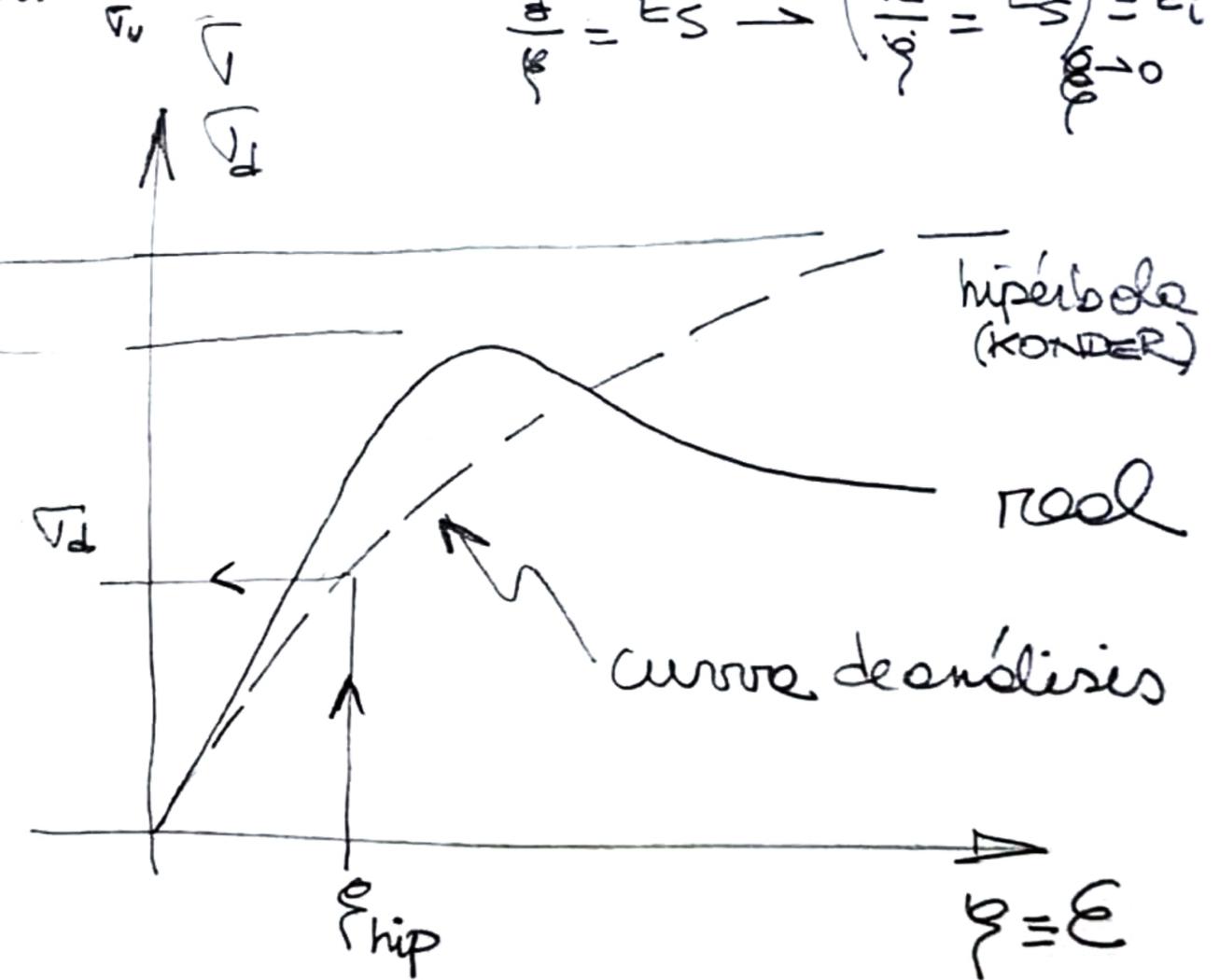


Corresponde a un grupo discreto y muy cercano entre sí, de resortes elásticos lineales mutuamente independientes. La relación de gobierno es $p = kw$, donde p : presión, w : deflexión, k : coeficiente o módulo del suelo. El problema es encontrar la rigidez de los resortes elásticos. Las limitaciones: 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 (foto)



$$\frac{\sigma}{\sigma_R} = E_s \rightarrow \left(\frac{\sigma}{\sigma_R} = E_s\right) = E_i$$



Relación de Fallo = $RF = \frac{\sigma_R}{\sigma_u} \sim \begin{matrix} 0,8 \\ 0,9 \end{matrix}$
 $R = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{E}{\sqrt{A} f} = R_i \left(1 - RF \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_R}\right)$
 válido con confinamiento lateral

teoría de elasticidad
 fórmula de VESIC (expresión de Steinbrenner)

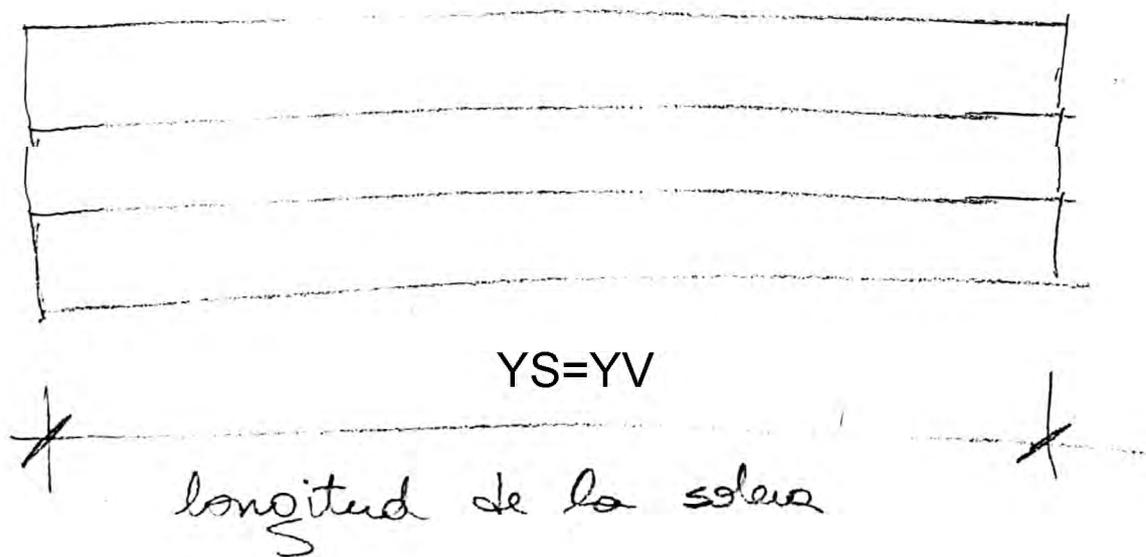
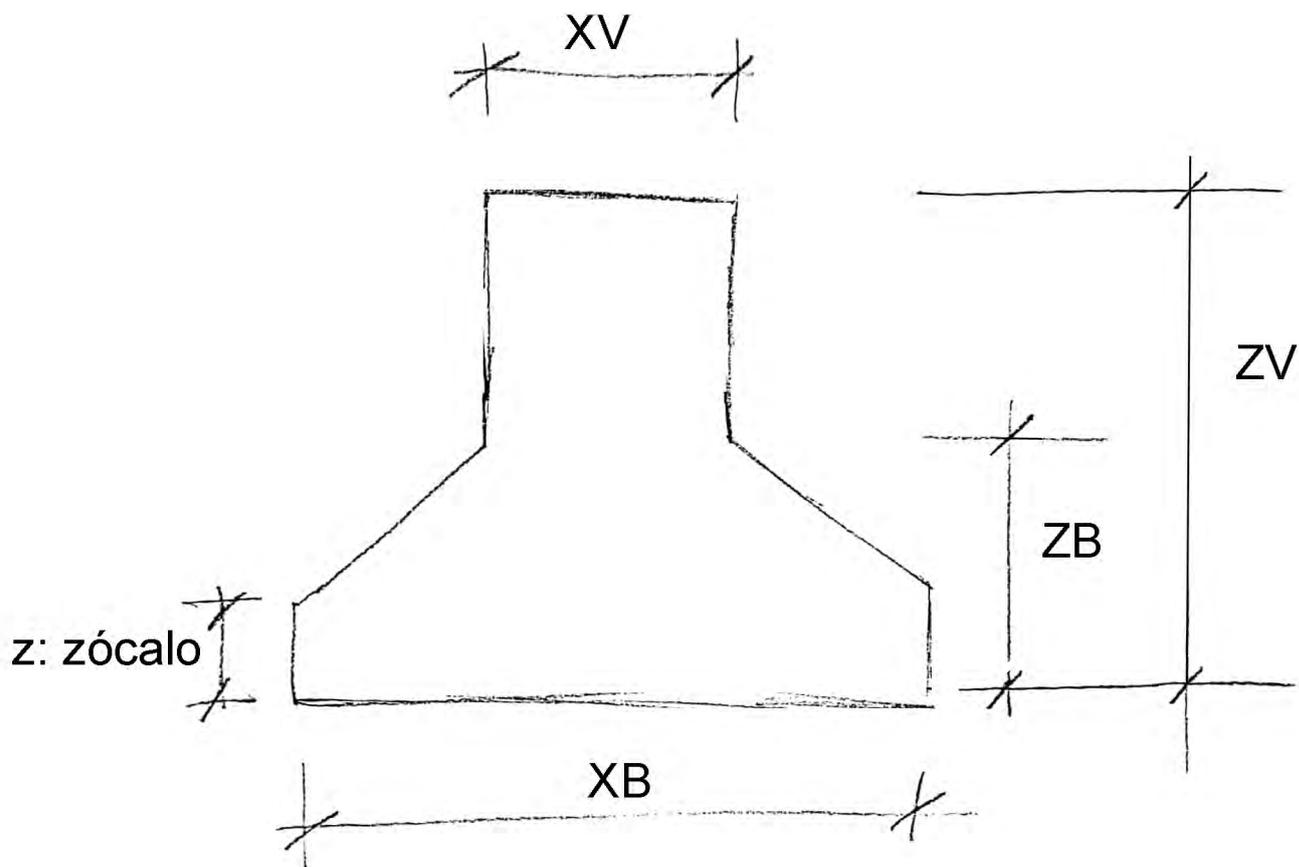
$$\epsilon = \sigma \cdot \sqrt{A} \frac{(1 - \nu^2) \alpha}{E}$$

se reemplaza este valor en la expresión de balasto

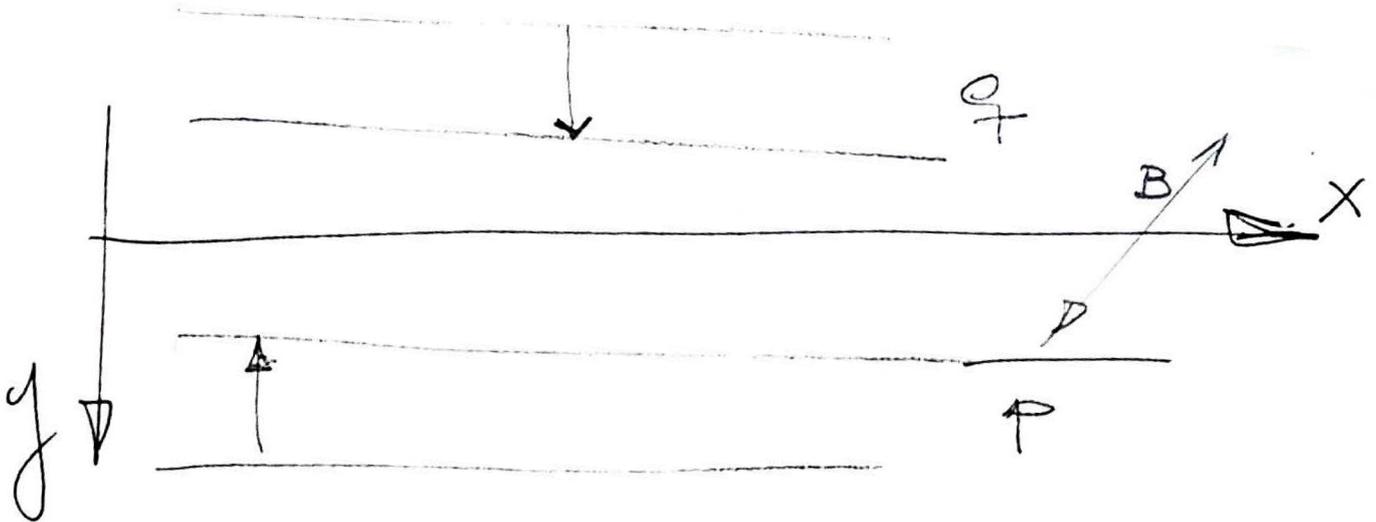
f = coef de forma de estructura de apoyo
 A = sección de estructura de apoyo

criterio de rigidez
concepto de longitud característica L_0

geometría típica general simplificada, nomenclatura



SOLERA



caso particular de cuerpo único

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

pero

$$q_{total} = \frac{d^2 M}{dx^2} \quad y$$

$p =$ reacción del suelo $= kby$

entonces \rightarrow

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

$$\frac{EIv d^2 y}{dx^2} = M$$

$$EIv \frac{d^4 y}{dx^4} = q - kyB$$

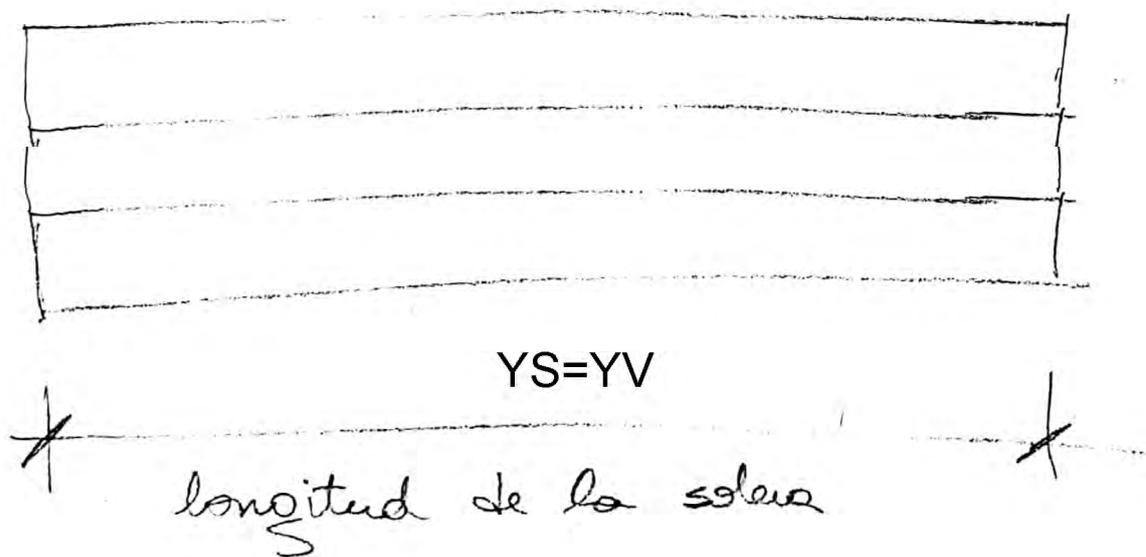
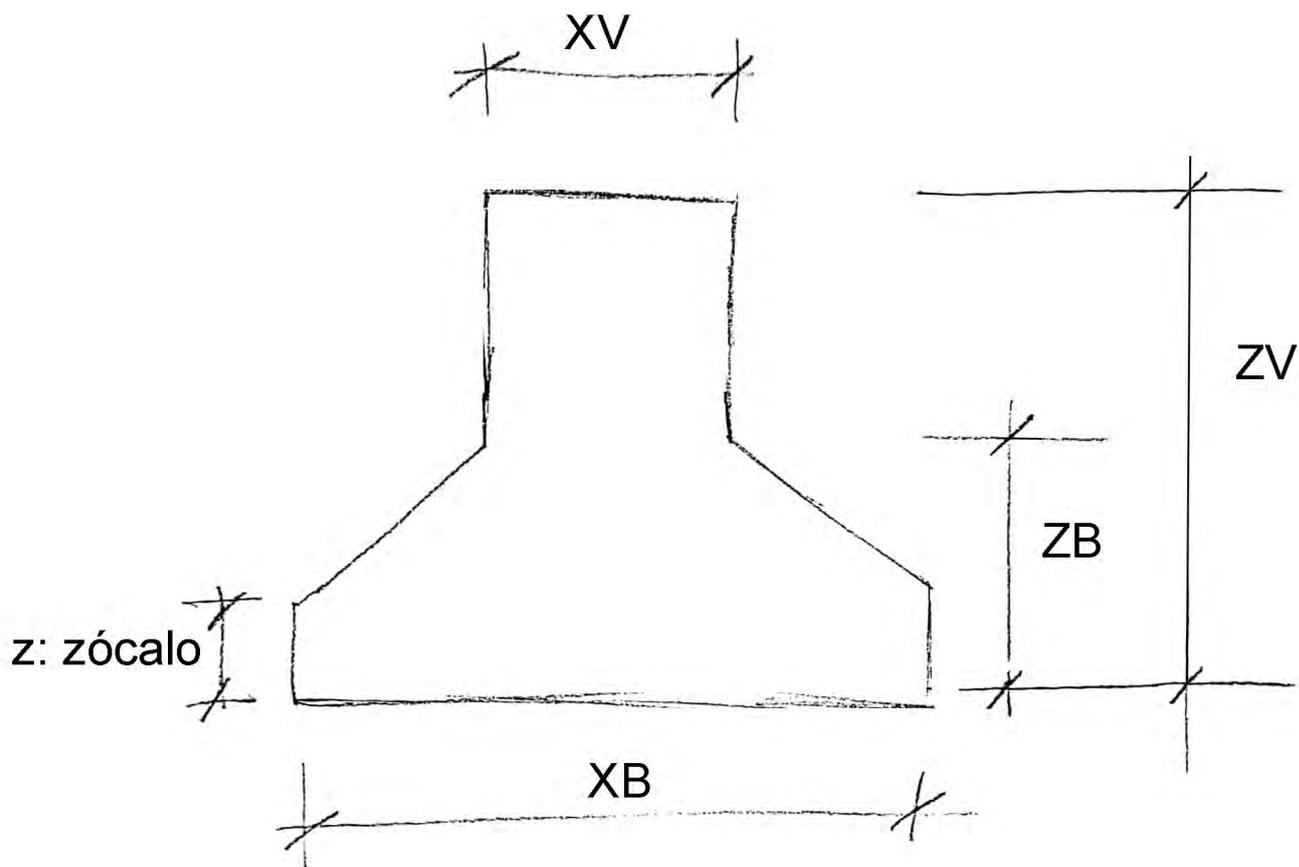
haciendo $\beta = \sqrt[4]{\frac{kB}{4EI}} = 1/L_0$

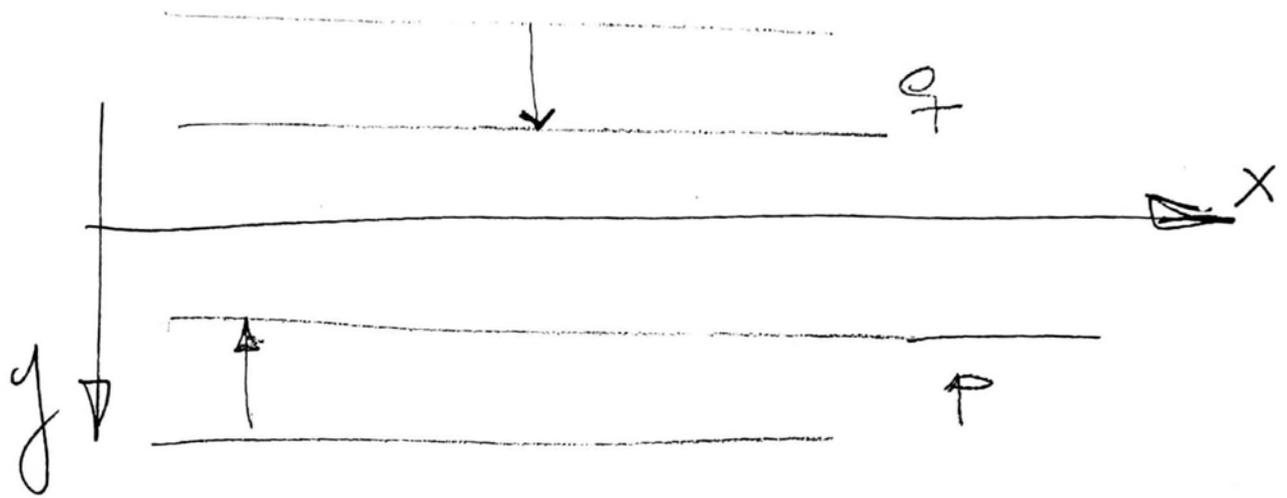
aquí aparece el concepto de L_0 (longitud característica)

la solución general es

$$y = e^{\beta x} (A \cos(\beta x) + B \sin(\beta x)) + e^{-\beta x} (C \cos(\beta x) + D \sin(\beta x))$$

geometría típica general simplificada, nomenclatura





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

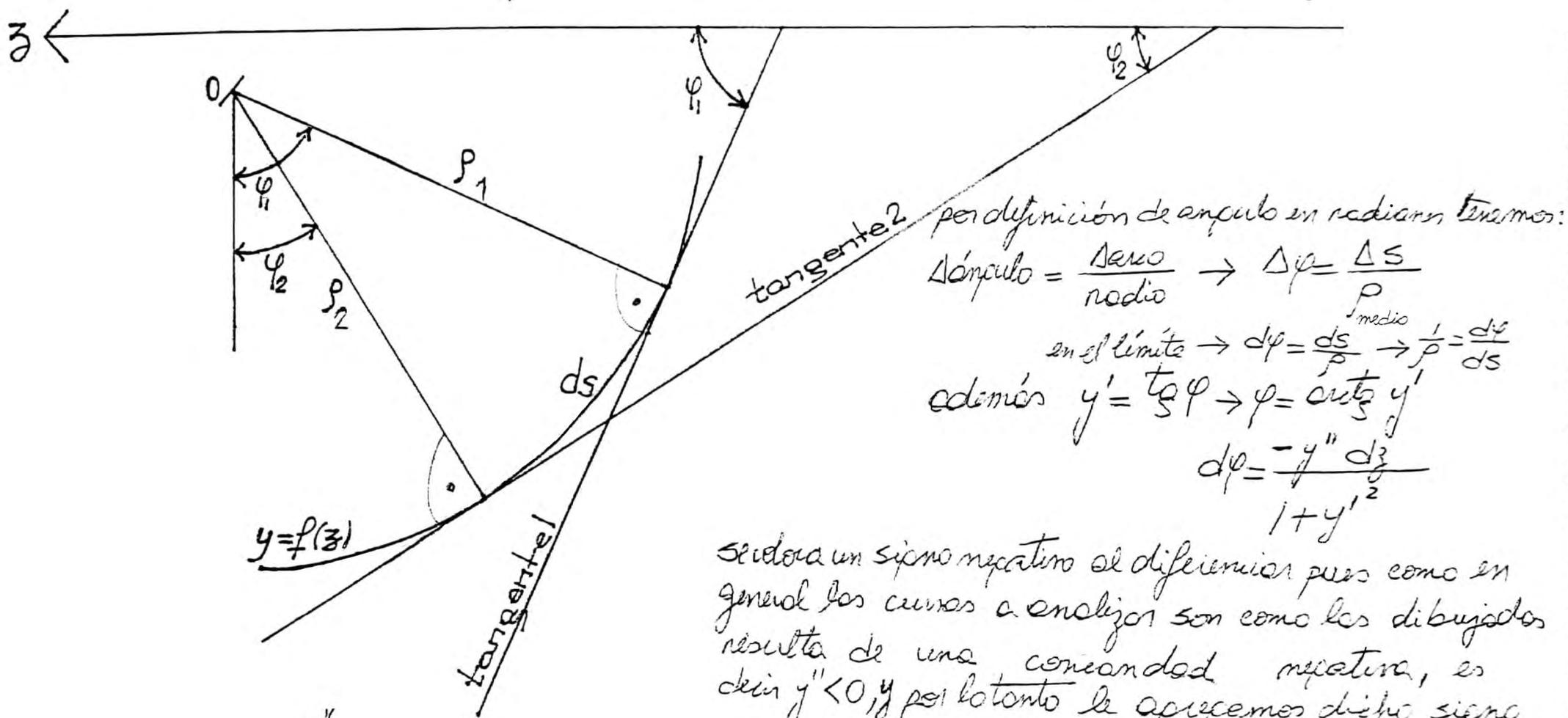
pero $q_{total} = \frac{d^2 M}{dx^2}$ y $p = \text{reacción del suelo} = kby$

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



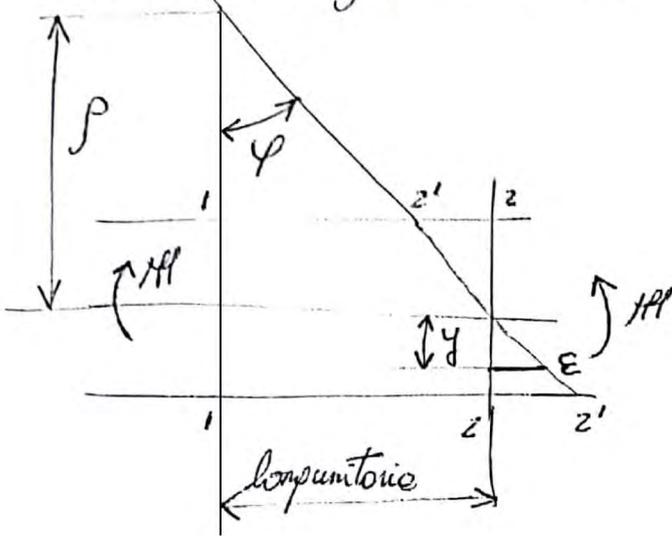
se coloca un signo negativo al diferenciarse pues como en general las curvas a analizar son como las dibujadas resulta de una concavidad negativa, es decir $y'' < 0$, y por lo tanto le agregamos dicho signo para que el valor obtenido sea positivo (GRONVILLE pág 181)

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

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

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

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

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

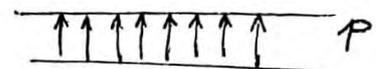
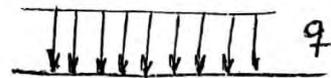
fließ I 409 $\frac{dM}{dz} = Q$

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

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 tuvo 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

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

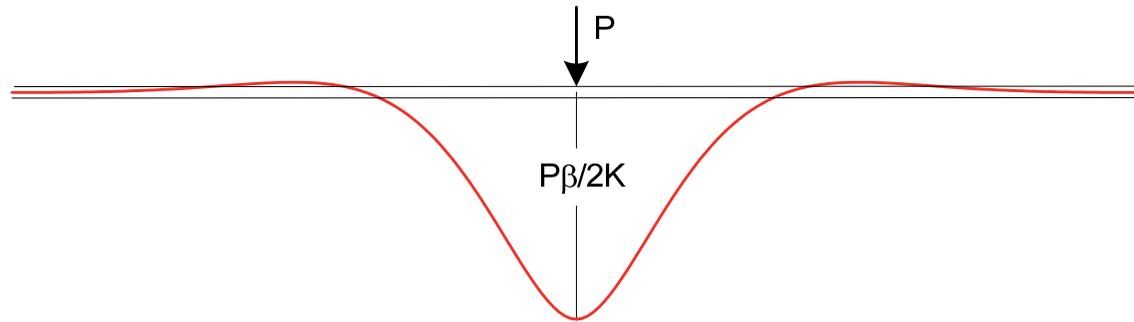
+ y^*

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

o tambien

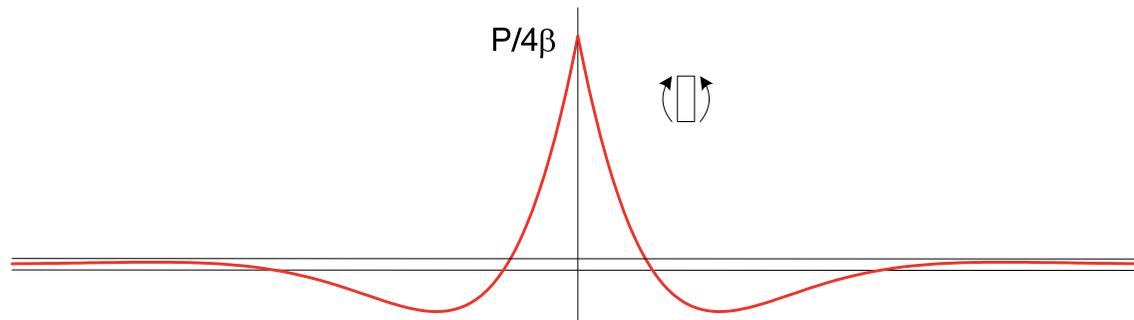
$$y = C_1 \sin \lambda_0 x \operatorname{sh} \lambda_0 x + C_2 \sin \lambda_0 x \operatorname{ch} \lambda_0 x + C_3 \cos \lambda_0 x \operatorname{sh} \lambda_0 x + C_4 \cos \lambda_0 x \operatorname{ch} \lambda_0 x + y^*$$

Viga infinita con carga puntual. Resultados



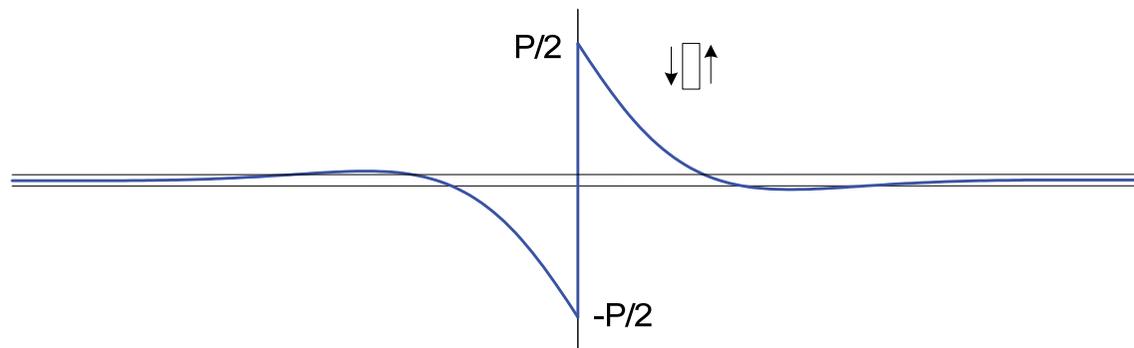
$$v = -\frac{P\beta}{2K} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x)$$

$$v = -\frac{P\beta}{2K} F_1(\beta x)$$



$$M = EI \frac{d^2 v}{dx^2} = \frac{P}{4\beta} e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x)$$

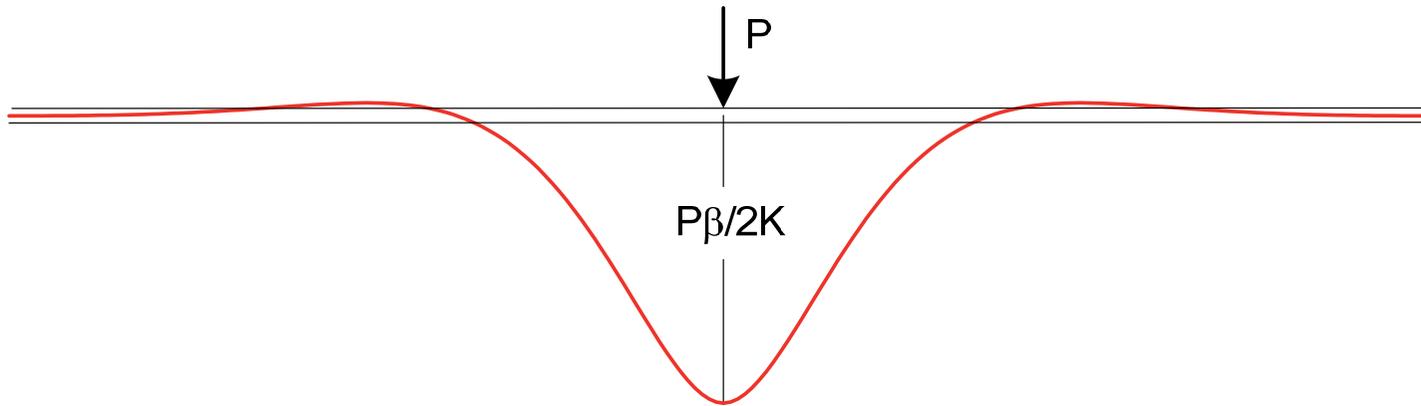
$$M = \frac{P}{4\beta} F_3(\beta x)$$



$$Q = -EI \frac{d^3 v}{dx^3} = \frac{P}{2} e^{-\beta x} \cos(\beta x)$$

$$Q = \frac{P}{2} F_4(\beta x)$$

Viga infinita con carga puntual. Deformada



$$v = -\frac{P\beta}{2K} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x)$$

Deformada **oscilante de amplitud decreciente**

La viga se levanta en una serie de tramos.

El primer punto está en $x=3\pi/4\beta$.

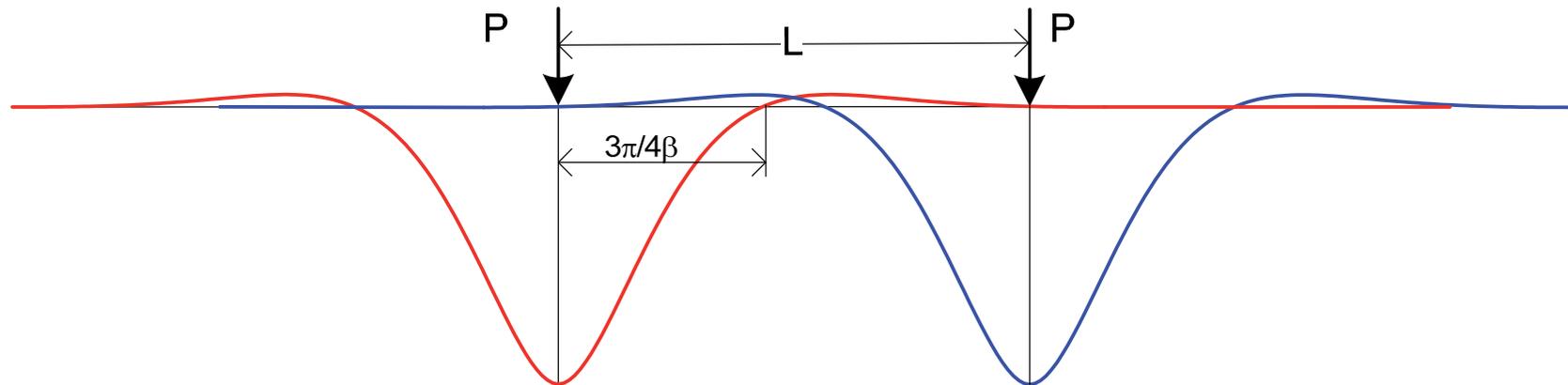
Solución sólo válida si el terreno es bidireccional.

En todo caso el error cometido si el terreno no es bidireccional es del orden del 4%, en los casos habituales en ingeniería

Distancia máxima para no separación del terreno

La separación de la viga del terreno se produce en $x=3\pi/4\beta$
Para que no haya separación en la zona entre las cargas se debe cumplir:

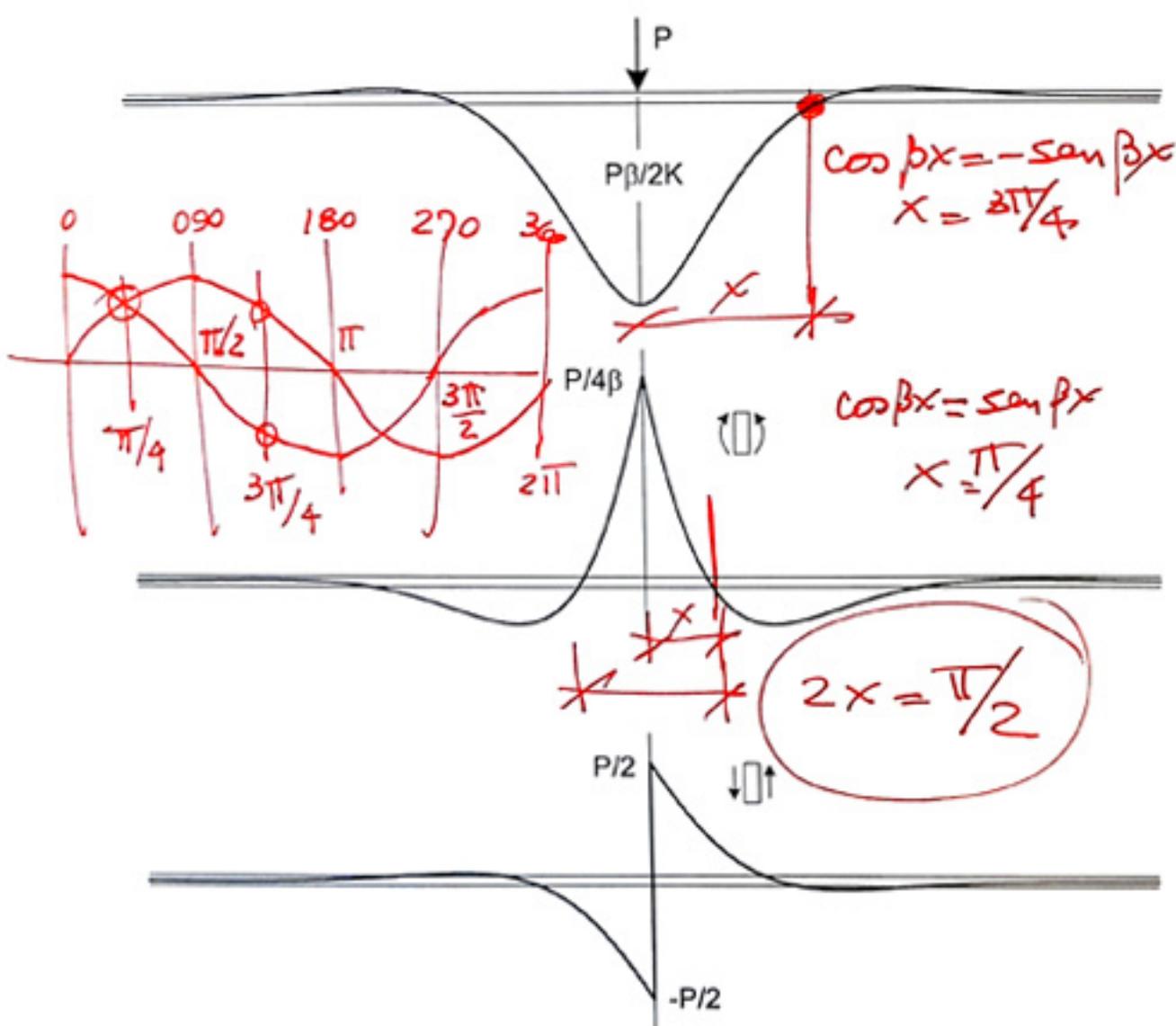
$$L < 2\left(\frac{3\pi}{4\beta}\right) \rightarrow L < \frac{4.71}{\beta}$$



LA LONGITUD CARACTERÍSTICA ADOPTA UN SEMIESPACIO DE UN TERCIO PARA UNIFORMIZAR PRESIONES

de donde se obtiene $\pi/2$?

Viga infinita con carga puntual. Resultados



$$v = -\frac{P\beta}{2K} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x)$$

$$v = -\frac{P\beta}{2K} F_1(\beta x)$$

$$M = EI \frac{d^2 v}{dx^2} = \frac{P}{4\beta} e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x)$$

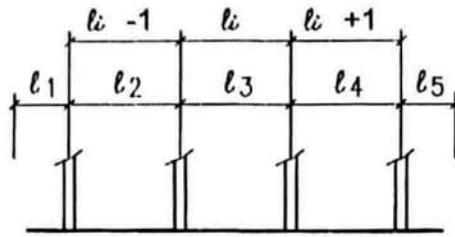
$$M = \frac{P}{4\beta} F_3(\beta x)$$

$$Q = -EI \frac{d^3 v}{dx^3} = \frac{P}{2} e^{-\beta x} \cos(\beta x)$$

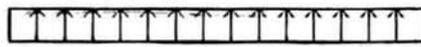
$$Q = \frac{P}{2} F_4(\beta x)$$

SOLUCIONES SIMPLIFICADAS

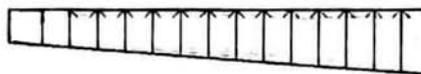
$$\tau_{tmax} < \tau_{tadm}$$



Fundación Rígida

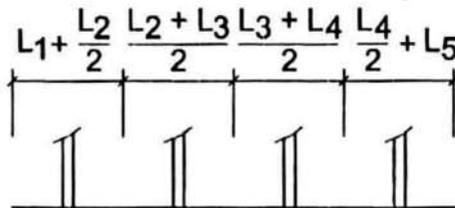


p

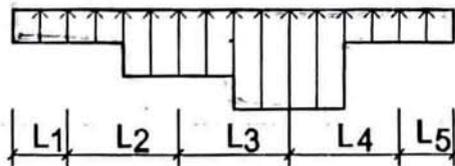


$p + M$

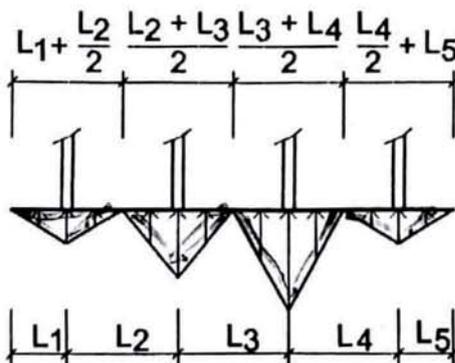
$$l_i \leq \frac{\pi}{2} L_0$$



Fundación Semirígida

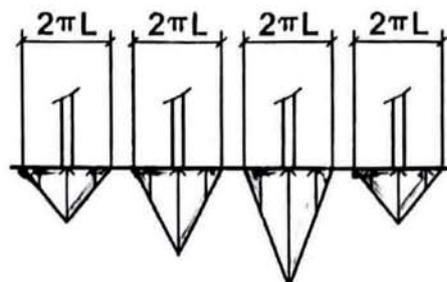


$$\frac{\pi}{2} L_0 < l_i \leq \pi * L_0$$



Fundación Flexible

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



Fundación Muy flexible

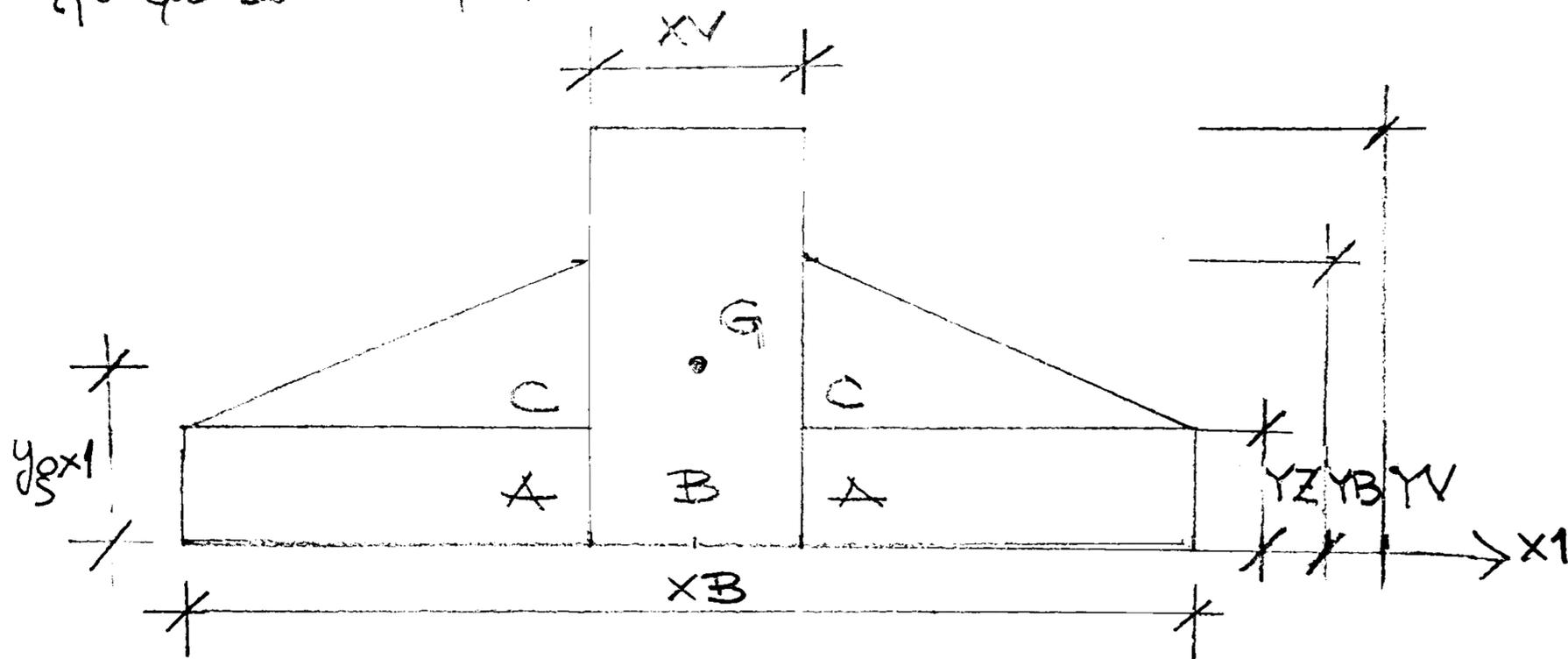
$$l_i > 2 \pi * L_0$$

EJEMPLO

$$L \leq \frac{\pi}{2} * L_0 = \frac{\pi}{2} * \sqrt[4]{\frac{4 * E * J}{k * b}}$$

L cm	E kg/cm ²	BB cm	zF cm	HF cm	BV	HV	J cm ⁴	σadm kg/cm ²	k kg/cm ³	PI/2	L ₀	L/L ₀	lambda=1/L
	300000		276	85	85		14124875		2.5	2.5	1.570796	395.8942	
500													1.262964 rígida
600													1.515556 rígida
700													1.768149 flexible

[En ACAD dibujar polilínea cerrada y luego utilizar el comando REGION seleccionando la entidad y luego solicitar propiedades]



G = CENTROIDE

$$G_T \cdot y_G = \sum G_i y_i$$

$$J_{x1G} = 2J_{x1A} + J_{x1B} + 2J_{x1C}$$

$$J_{x1G} = J_G + G_T \cdot Y_{Gx1}^2 \quad \text{STEINER}$$

$$J_G = J_{x1G} - G_T \cdot Y_{Gx1}^2 \quad \leftarrow$$

KT = contorno o perímetro

$$KT = XB + 2YZ + 2 \left[(YV - YB) + XV + 2 \sqrt{\left[\frac{XB - XV}{2} \right]^2 + \left[\frac{YB - YZ}{2} \right]^2} \right]$$

$$2J_{x1A} = 2 \left[\frac{(XB - XV)/2 \cdot YZ^3}{3} \right]; \quad J_{x1B} = \frac{XV \cdot YV^3}{3}; \quad 2J_{x1C} = 2 \left[\frac{(XB - XV)/2 \cdot (YB - YZ)^3}{36} + \frac{(XB - XV)/2 \cdot (YB - YZ)/2 \cdot \left(YZ + \frac{YB - YZ}{3} \right)^3}{36} \right]$$

$$G_T = \left\{ XV \cdot YV + 2 \left[\left(\frac{XB - XV}{2} \right) \cdot YZ + \left(\frac{XB - XV}{2} \right) \cdot \left(\frac{YB - YZ}{2} \right) \right] \right\} = \left\{ XV \cdot YV + (XB - XV) \left[YZ + \frac{YB - YZ}{2} \right] \right\}$$

$$\frac{YV}{2} (XV \cdot YV) + 2 \left[\frac{YZ}{2} \left(\frac{XB - XV}{2} \right) \cdot YZ + \left(YZ + \frac{YB - YZ}{3} \right) \cdot \left(\frac{XB - XV}{2} \right) \cdot \left(\frac{YB - YZ}{2} \right) \right] = y_{Gx1} \cdot G_T$$

$$y_{Gx1} = \frac{\frac{YV}{2} (XV \cdot YV) + \frac{(XB - XV)}{2} \left[YZ^2 + \left(YZ + \frac{YB - YZ}{3} \right) \cdot (YB - YZ) \right]}{XV \cdot YV + (XB - XV) \left[YZ + \frac{YB - YZ}{2} \right]} = \frac{XV \cdot YV^2 + (XB - XV) \left[YZ^2 + \left(YZ + \frac{YB - YZ}{3} \right) (YB - YZ) \right]}{2XV \cdot YV + (XB - XV) (YZ + YB)}$$

LS/WS/ZZ/WY/ZV/ZS - LS/XB/YZ/XV/YV/YB = /0180/0025/0035/0070/0050 : 2185295.854243700

Criterio de rigidez relativa (fundación – suelo)

sistema suelo/estructura

E: módulo de young o de elasticidad de la estructura

J: momento de inercia de la sección de la estructura

b: ancho de la viga

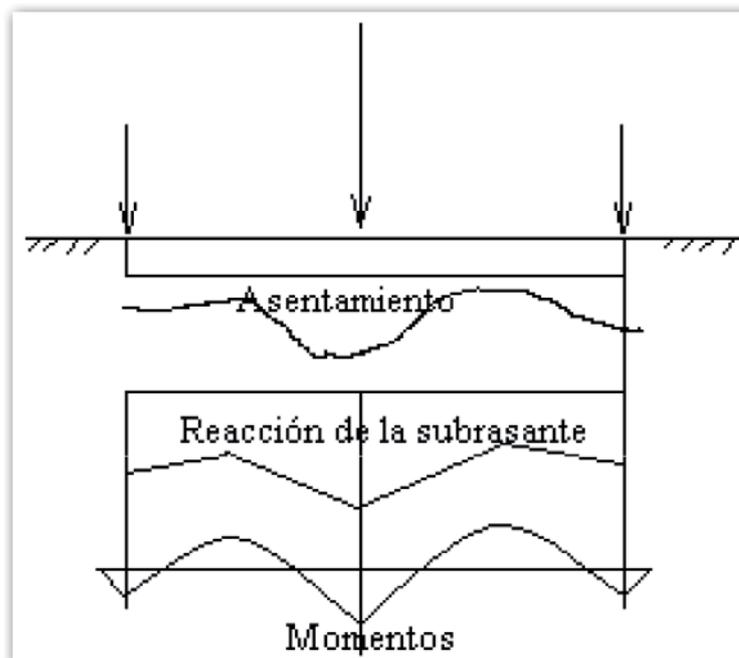
k: coeficiente de balasto representativo del suelo (teoría de winkler)

λ : factor elástico o de amortiguación de primer orden del sistema suelo/estructura

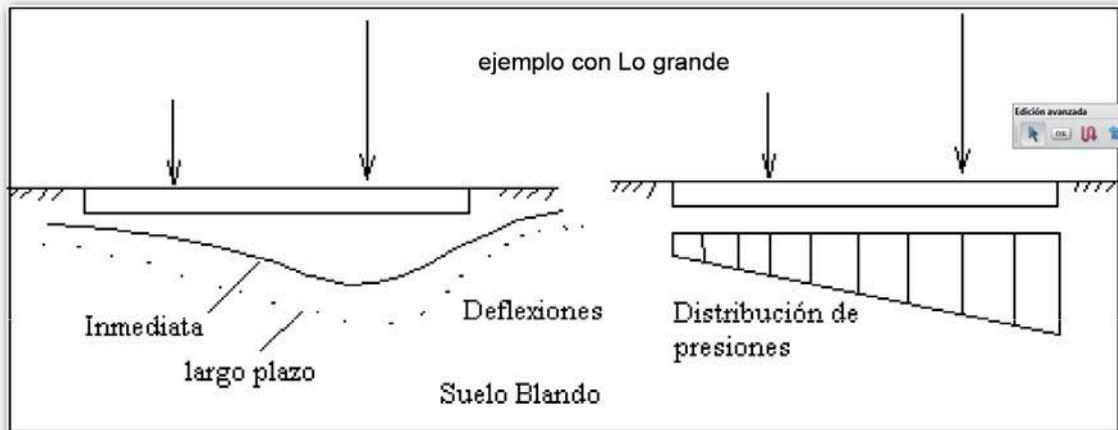
$L_0=1/\lambda$: longitud característica o longitud elástica

$$L_0 = \frac{1}{\lambda} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot J}{k \cdot b}}$$

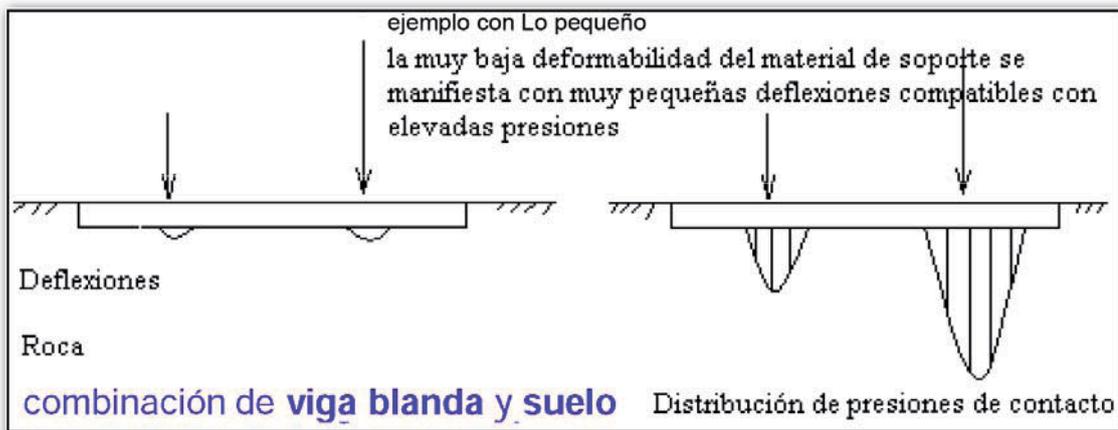
ejemplo conceptual con dos hipótesis de λ			
supongamos:	$\lambda_1=0.1/m$	supongamos:	$\lambda_2=0.5/m$
se deduce	$L_{01}=10m$	se deduce	$L_{02}=2m$
con estos valores se plantea una condición relativa e/los dos ejemplos			
caso1:	MÁS RÍGIDA	caso2:	MENOS RÍGIDA
(hay mayor longitud de interacción)		(hay menor longitud de interacción)	
expresión simplificada sol.ec.diferencial de la elástica			
$y = e^{+\lambda \cdot x} \cdot \text{constanteA} + e^{-\lambda \cdot x} \cdot \text{constanteB}$			
suponemos $x=1$, $A=0.15$, $B=0.10$			
se deduce	$y_1=0.256m$	se deduce	$y_2=0.308$
caso1:	MÁS RÍGIDA	caso2:	MENOS RÍGIDA
(hay menor descenso)		(hay mayor descenso)	



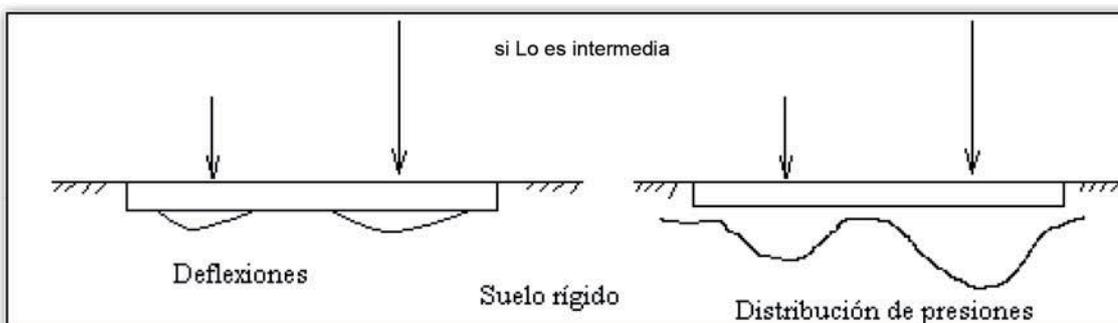
Si L_0 es grande, implica que una carga aplicada sobre la solera causa deflexiones de la misma hasta una distancia considerable del punto de acción de la carga o mayor distancia a cuando L_0 es menor



Si L_0 es pequeña, proviene de una combinación de solera "blanda" y suelo rígido, el tramo de influencia de la carga es relativamente local respecto al punto de aplicación de la carga, y en cuanto a la rigidez relativa la solera se comporta como muy flexible.

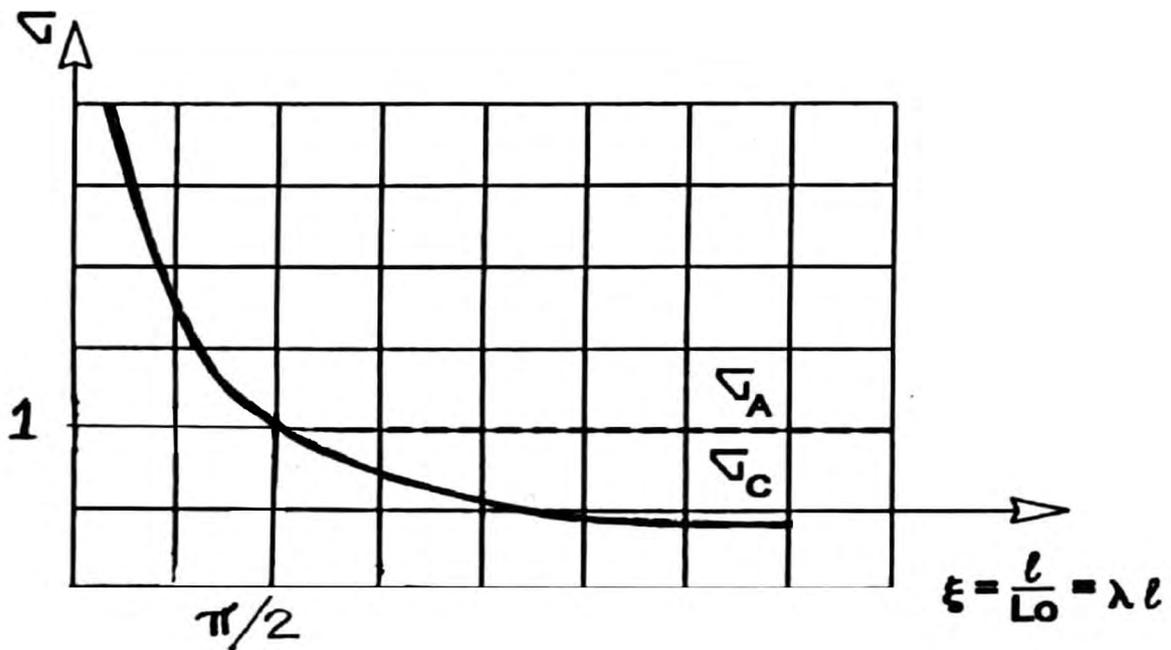
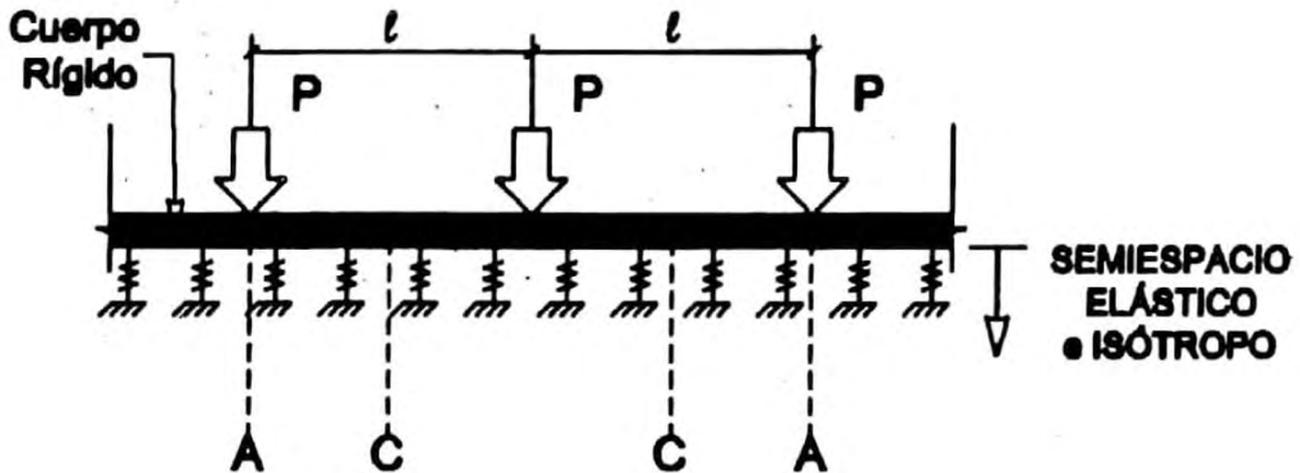


Si L_0 es intermedia



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

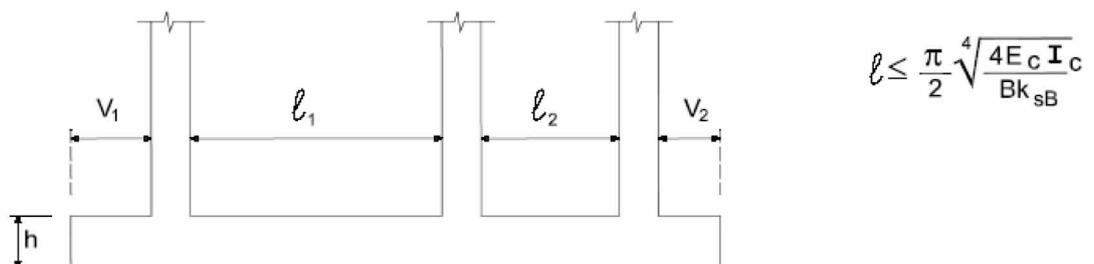
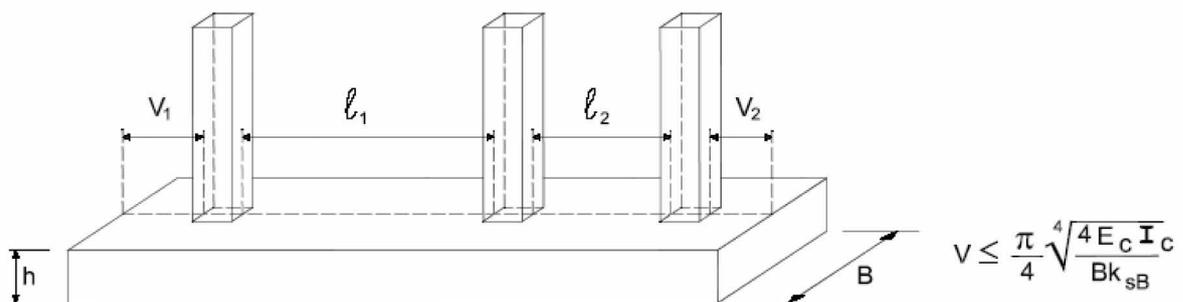
Se considerará que una zapata combinada o corrida es rígida cuando a efectos de cálculo la distribución de presiones a que da lugar sobre el terreno pueda considerarse lineal. A efectos prácticos se considerará aceptable la hipótesis de rigidez relativa cuando:

$$l \leq \frac{\pi}{2} \sqrt[4]{\frac{E_C I_C}{B k_{sB}}}$$

$$v \leq \frac{\pi}{4} \sqrt[4]{\frac{4 E_C I_C}{B k_{sB}}}$$

Siendo

- ℓ: la luz del vano que separa, bien los dos pilares de una zapata combinada, bien dos pilares cualesquiera de una zapata corrida;
- v: la luz de cualquier voladizo en dirección longitudinal;
- B: el ancho de la zapata (dirección transversal);
- E_C: el módulo de deformación del material de la zapata (usualmente hormigón armado) representativo del tipo de carga y su duración;
- I_C: el momento de inercia de la zapata en un plano vertical, transversal (perpendicular al plano de alineación de pilares), respecto a la horizontal que pasa por su centro de gravedad;
- k_{sB}: el módulo de balasto de cálculo, representativo de las dimensiones del cimiento.



Criterio de rigidez relativa para zapatas combinadas y corridas

críticas

CIMENTACIONES

balasto



El método de Winkler posee objeciones al momento de evaluar la interacción suelo-estructura.

Se mencionan algunas:

- Los resortes que simulan el suelo actúan independientemente y deberían hacerlo
- el balasto considera un comportamiento lineal cargas-asentamiento y en gral. es variable
- los esfuerzos y deformaciones se pueden encontrar por debajo de los reales
- No se permite evaluar la influencia de una fundación sobre el entorno.
- No es posible evaluar las variaciones estratigráficas del suelo y la influencia de la fundación en estratos profundos

Por otra parte, el hecho de elegir un único valor k en una base depende de varios factores:

- Tamaño de la fundación.
- Área tributaria del nodo sobre el que se aplica
- Variaciones con la profundidad
- Dependencia del tiempo debido a asentamientos por consolidación y por consolidación parcial.

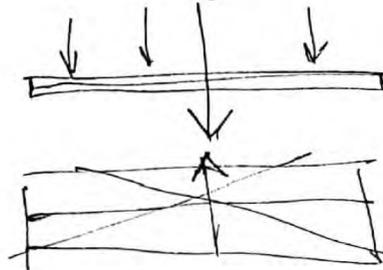
Por ejemplo, bajo las condiciones del método de Winkler, una base extensa sometida a una carga uniforme emplazada sobre un suelo perfectamente uniforme se asentaría con los resortes igualmente comprimidos. Sin embargo, el comportamiento real es el de asentamientos mayores en la zona central y menores en el perímetro. Como alternativas, se sugiere el método de resortes pseudoacoplados (ACI 336.2R-88), resortes acoplados, resortes lineales (Kempfert, Hans Georg-2006) o bien el de elementos finitos del suelo (PLAXIS); este último es el que mejor se aproxima al comportamiento "real", pudiendo modelar la estratigrafía del suelo, la variación de sus parámetros y visualizar la distribución de presiones en profundidad, entre otros aspectos.

Diseño estructural p/cimentaciones

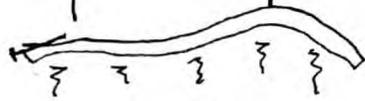
métodos
convencionales
de diseño

método rígido convencional

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



método flexible aproximado



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

Teoría del semiespacio elástico

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

- a) la estructura se supone infinitamente rígida
- b) 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
- $\sigma = f(\text{lineal})$

Winkler E. (1867: hipótesis)

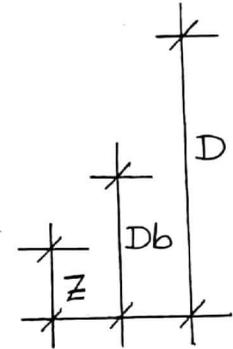
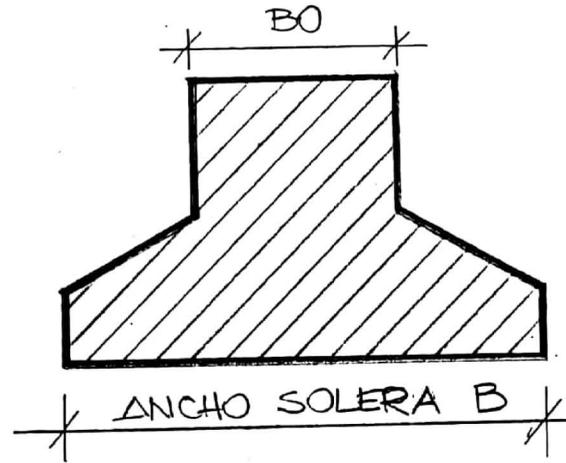
el suelo se supone equivalente a un número infinito de resortes elásticos denominados "cimentación Winkler" y la cte elástica de los resortes se denomina "k: coef de reacción del subsuelo"

método de diferencias finitas
método de elementos finitos

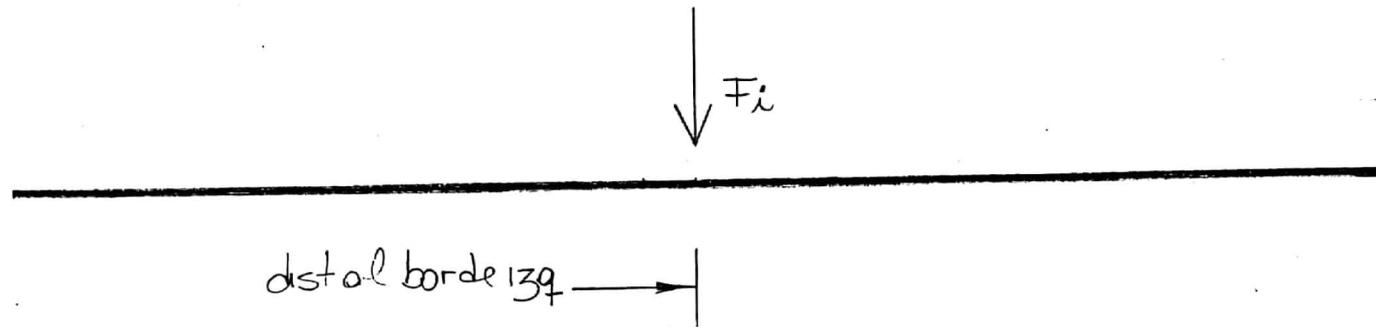
tipos de solución

SOLERA: NOMENCLATURA GRAL

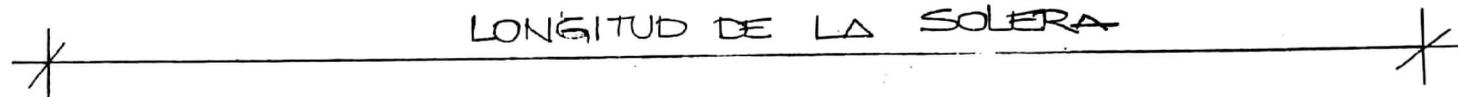
VISTA/CORTE transversal



VISTA/CORTE longitudinal

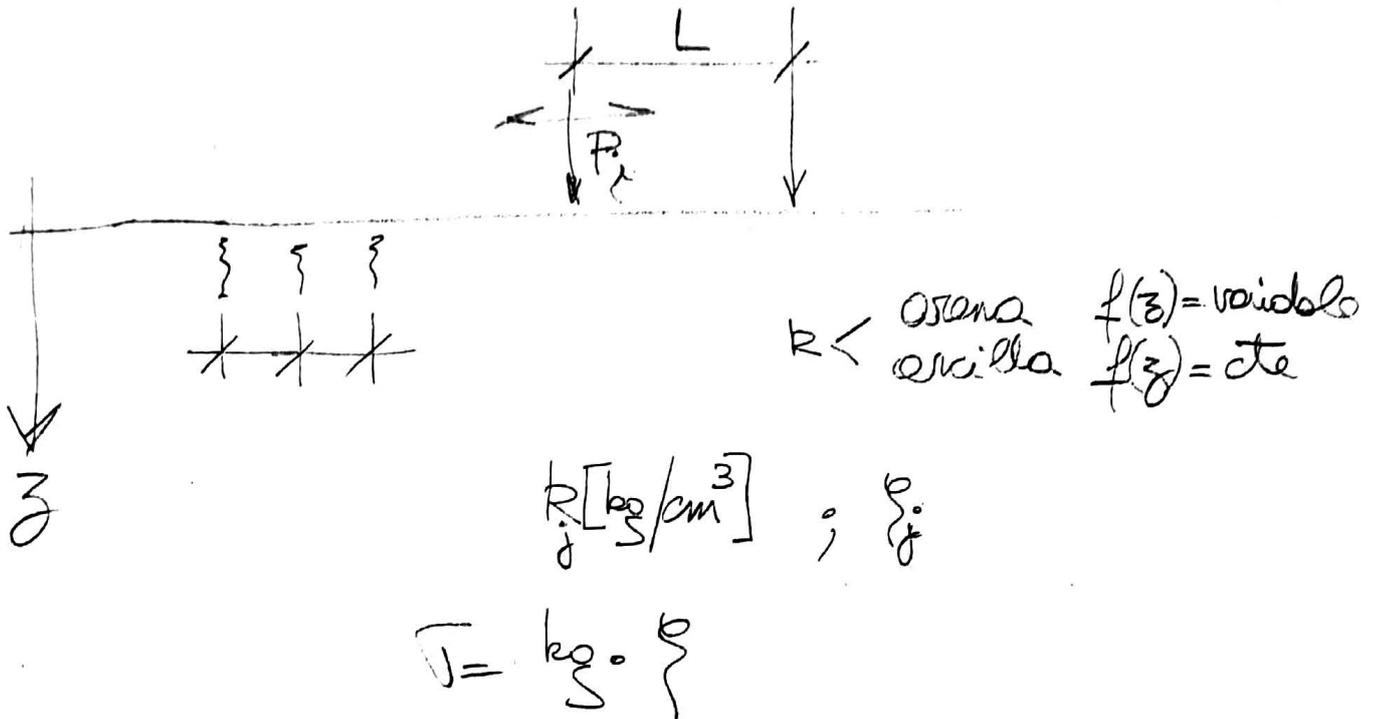


$Z = \text{espesor de la solera}$



Selección: zapata flexible

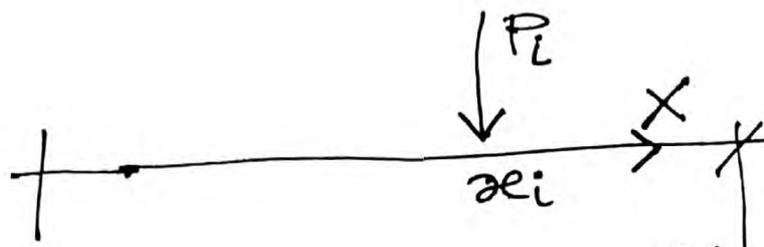
modelación



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

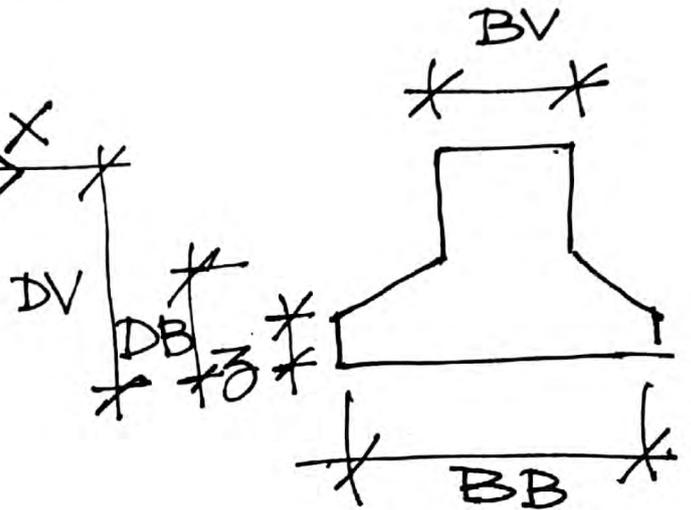
$$L_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 4EJ}{k \cdot BB}}$$

SOLERA



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

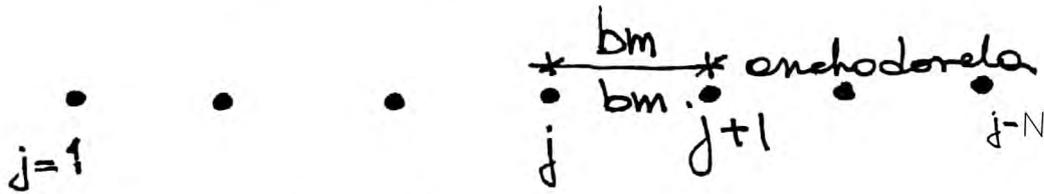
$$L = n_N - n_1$$



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

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

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



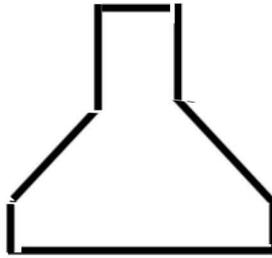
$b = \text{barras} / \text{dorela}$

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

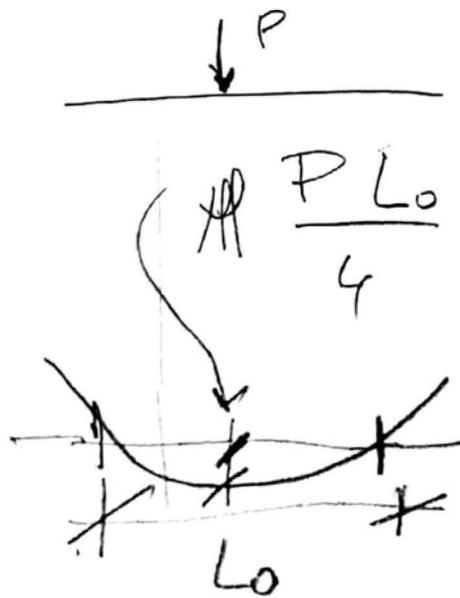


$P = \text{cargas} \begin{cases} \text{modos} \\ \text{barras} \end{cases}$

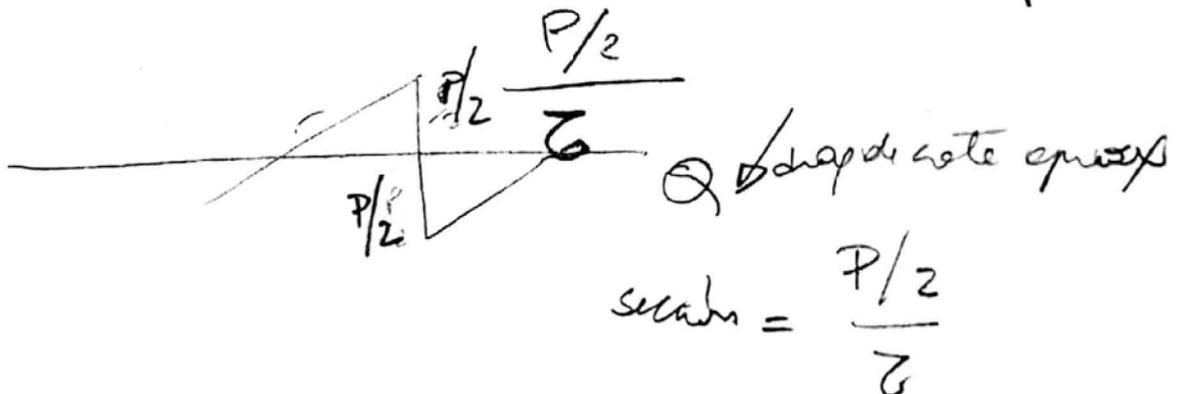
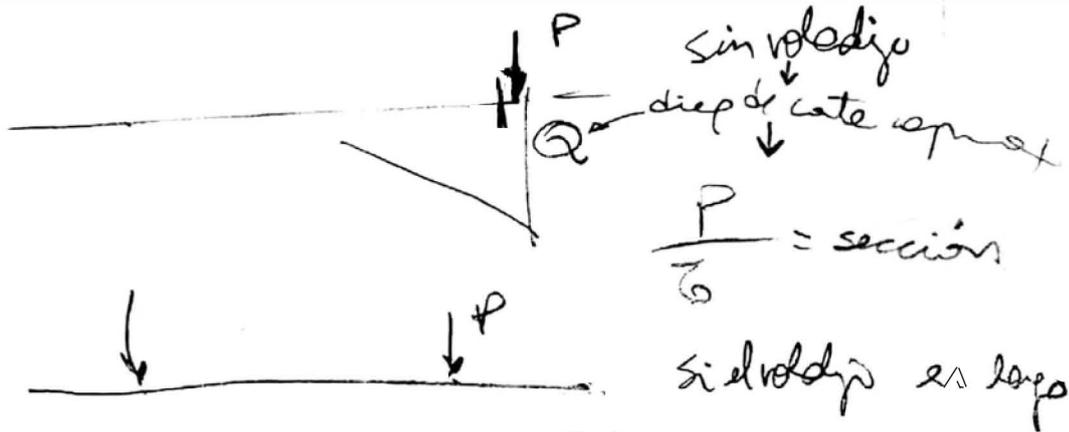
PREDIMENSIONADO DE SOLERAS



11



2



L_0 = longitud característica = distancia entre momentos nulos