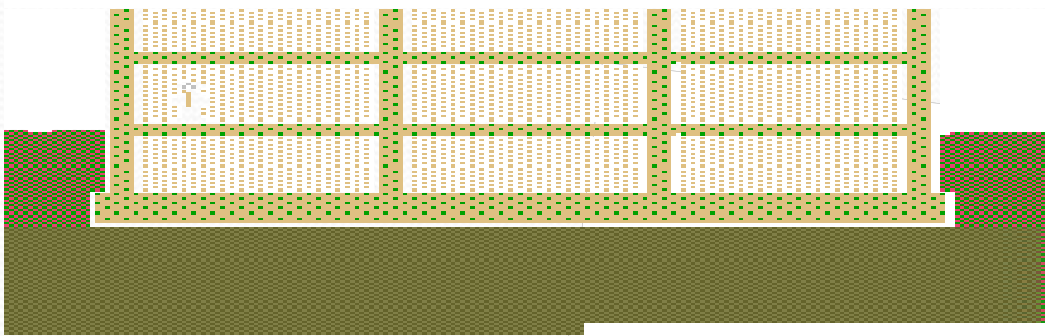


# Fundaciones elásticas

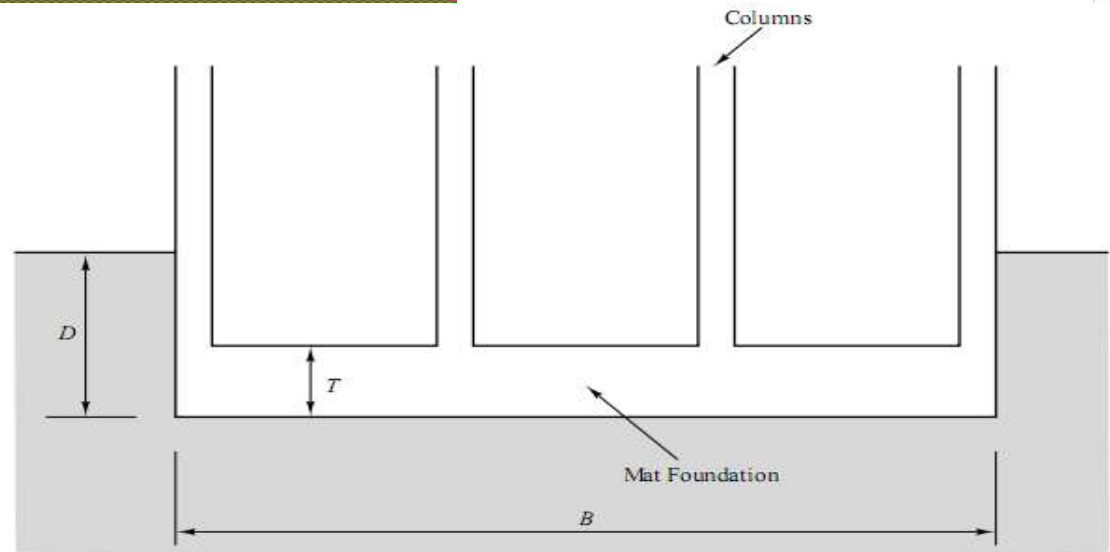
Prof. Dr. Ing. Marcelo Zeballos  
Prof. Dr. Ing. Guillermo Gerbaudo  
Prof. M. Sc. Ing. Pedro Covassi

# Platea de Fundación

- ❖ Es un sistema de fundación el cual esencialmente el edificio entero es apoyado en una gran base continua.
- ❖ Usualmente una sola losa soporta muchas columnas.
- ❖ Es comunmente utilizada para fundar silos, chimeneas, y grandes máquinas.
- ❖ Consiste en una fina losa de hormigón, altamente armada.



3D - Mat Foundation



A mat foundation supported directly on soil.



Las Plateas son utilizadas cuando se tiene las siguientes condiciones:

- ❖ El área de la fundación superficial cubre el 50% del área de fundación debido a grandes cargas a transmitir.
- ❖ El suelo es blando con una pequeña capacidad de carga.
- ❖ Se necesita resistencia al levantamiento hidrostático.



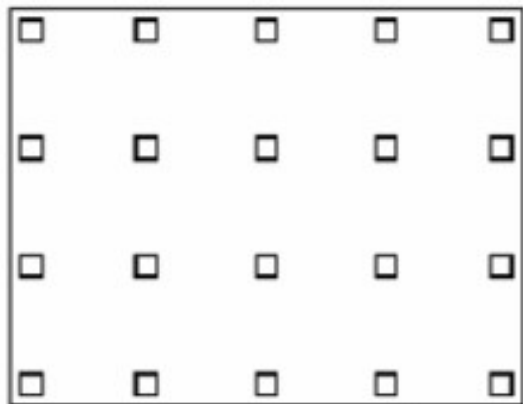
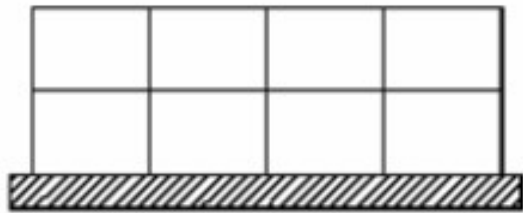
## Platea de fundación

4/20/2018

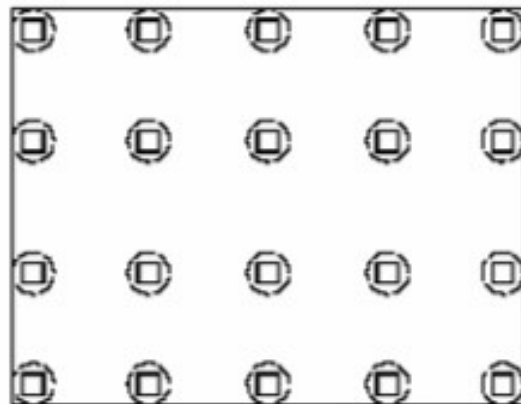
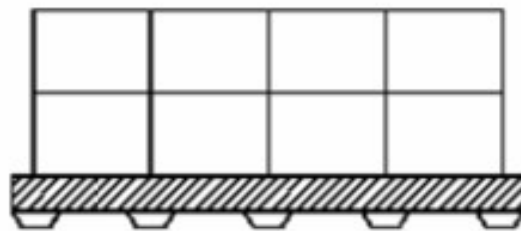
Geotecnia III

5

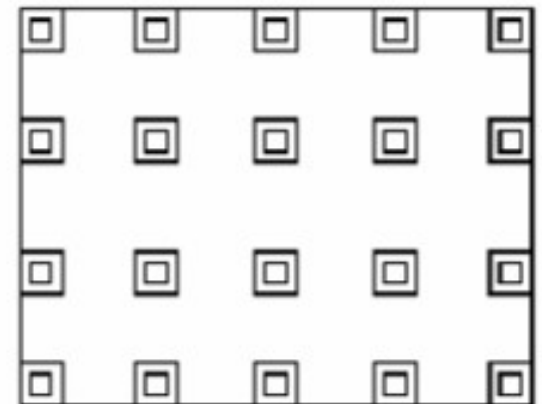
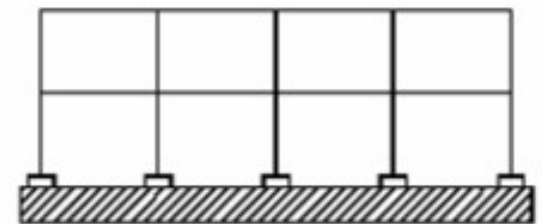
# Tipos de plateas de fundación



**Losa continua uniforme**

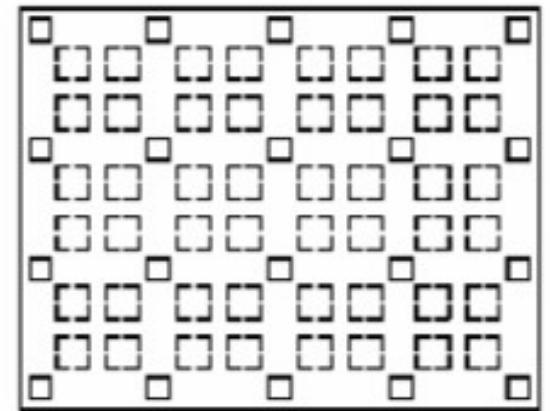
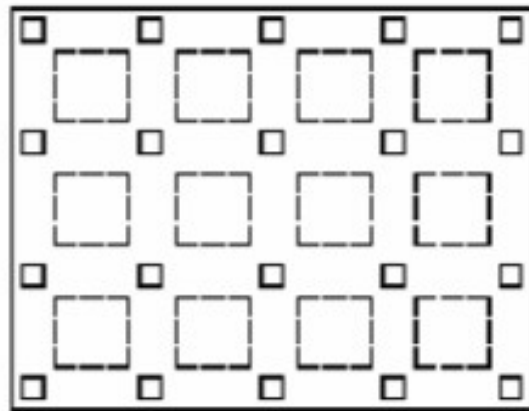
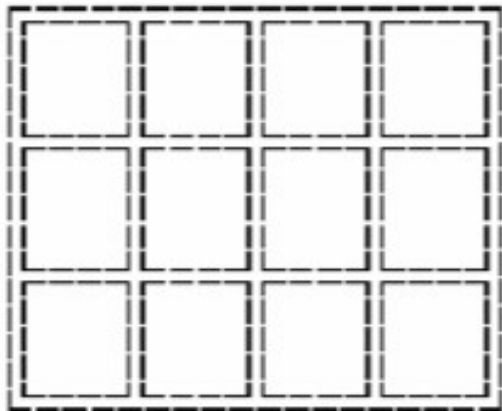
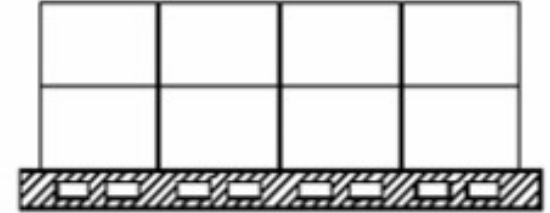
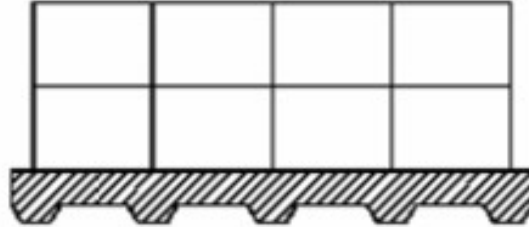
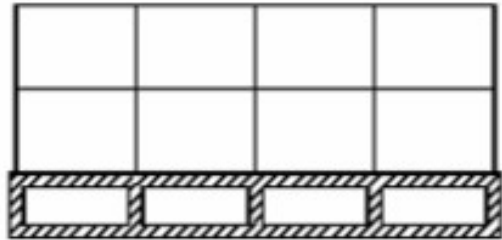


**Losa con refuerzos  
bajo columnas**



**Losa con pedestales**

# Tipos de plateas de fundación



**Losa "cajón"**

**Losa nervada**

**Losa aligerada**

## Tipos de plateas de fundación

**Losa plana:** columnas poco espaciadas en forma uniforme y el suelo de fundación no es muy compresible

**Losa nervada:** para columnas con grandes separaciones y cargas diferentes

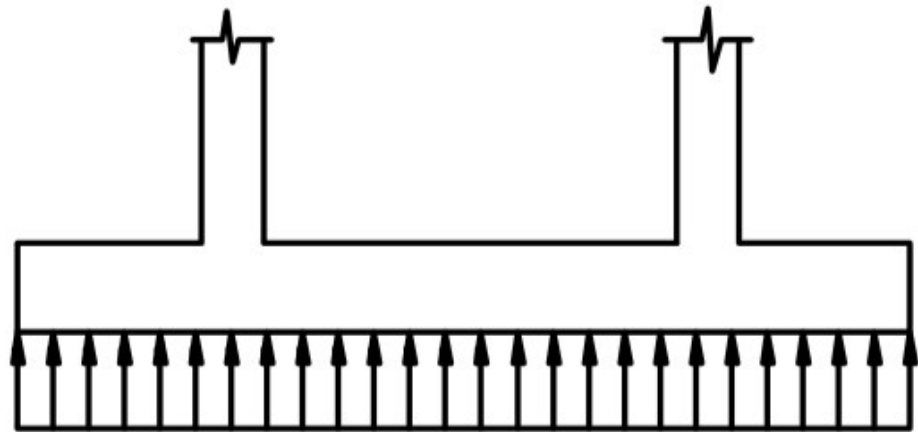
**Losa con pedestales:** columnas con grandes cargas que requieran gran resistencia a corte o flexión

**Losa cajón:** Para fundaciones compensadas, para evitar asentamiento diferenciales.

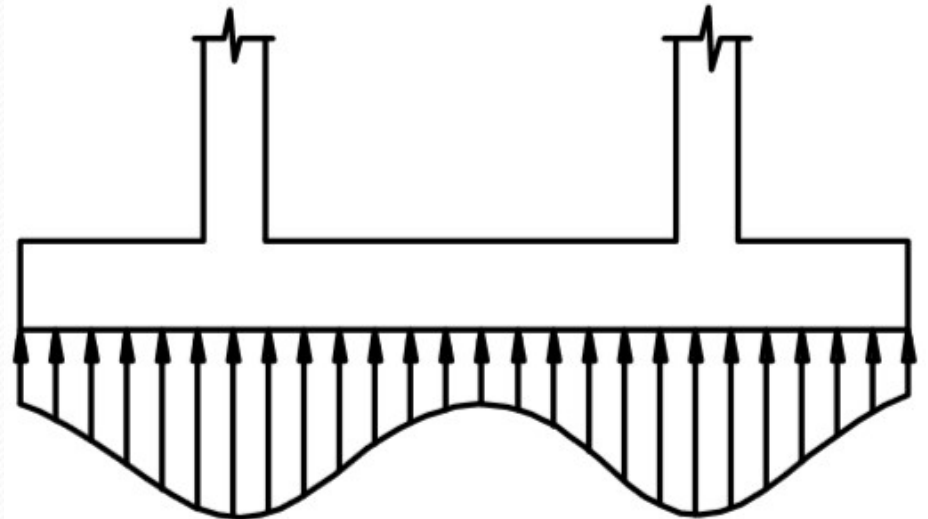
**Platea alijerada:** Diseño económico para reducir material



# Rigidez de la fundación - Reacción del Suelo

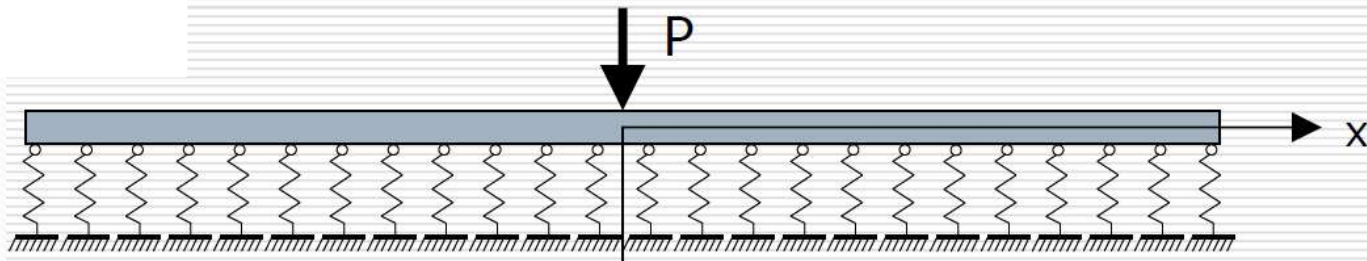


Fundación Rígida



Fundación Flexible

## Viga sobre Fundación Elástica



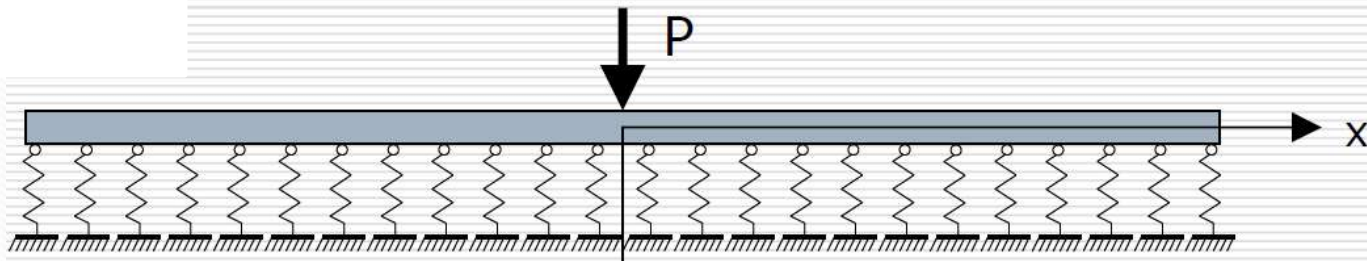
$$E \cdot I \frac{d^4 u}{dx^4} + ku = 0$$

$$u = e^{\alpha x} \longrightarrow \alpha^4 + \lambda^4 = 0$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1+i \\ -1+i \\ -1-i \\ 1-i \end{pmatrix} \lambda$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{kB}{4E_c I}}$$

## Viga sobre Fundación Elástica



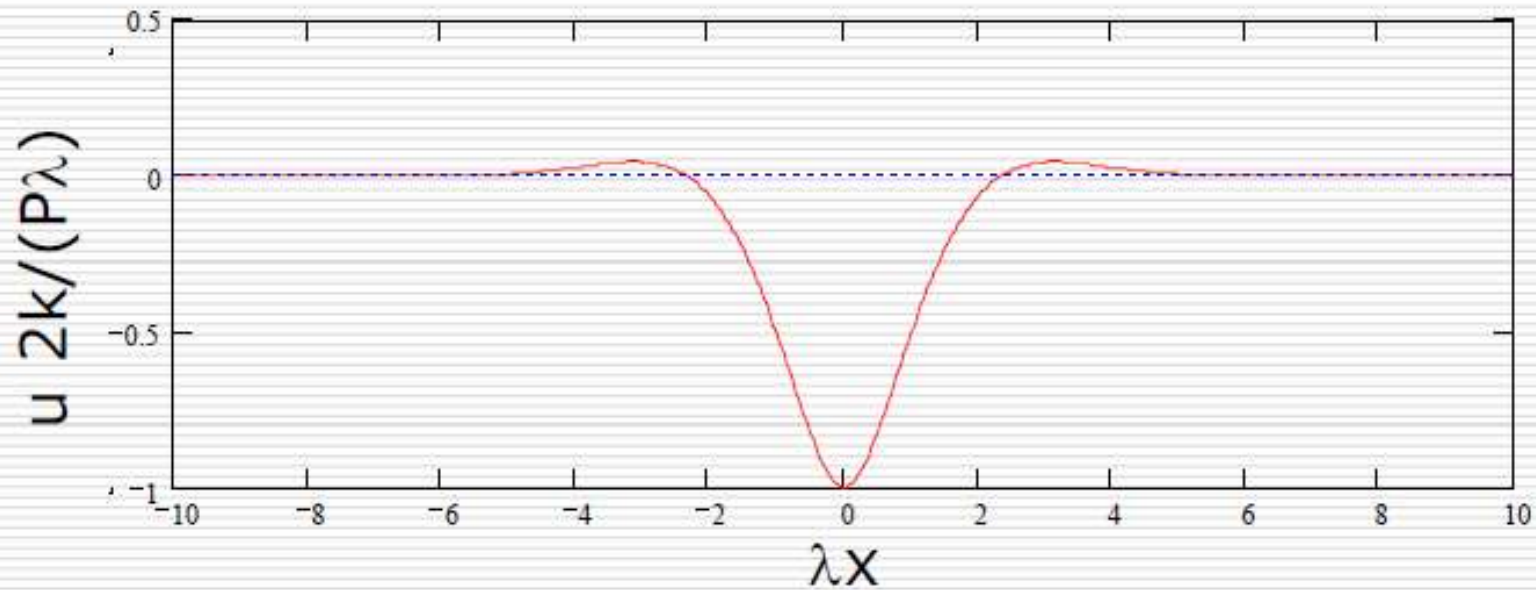
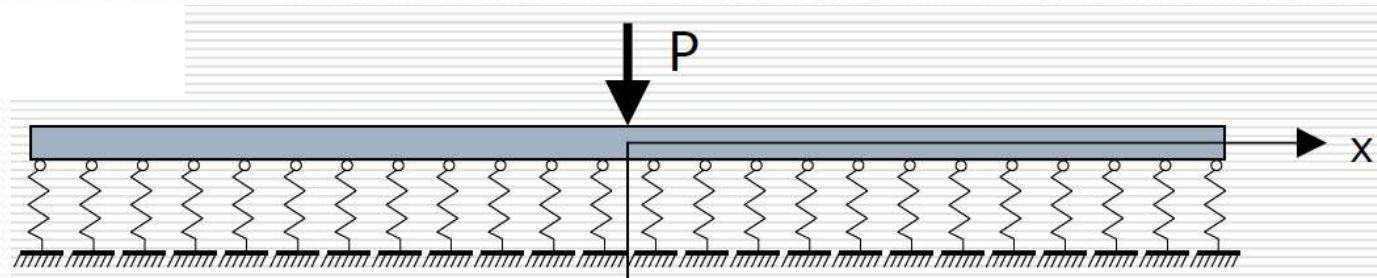
$$E \cdot I \frac{d^4 u}{dx^4} + ku = 0$$

$$u = e^{\alpha x}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{kB}{4E_c I}}$$

$$u(x) = \frac{P\lambda}{2 \cdot k} e^{-\lambda \cdot |x|} \left[ \cos(\lambda \cdot |x|) + \sin(\lambda \cdot |x|) \right]$$

# Viga sobre Fundación Elástica



## Rigidez del sistema

- El comportamiento de las plateas dependen de la rigidez relativa de tres componentes:

❖ Superestructura

Plataea

Suelo

$$\lambda = \frac{4\sqrt{kB}}{\sqrt{4E_c I}} \longrightarrow \text{Characteristic Length Parameter, } L_e = \frac{1}{\lambda}$$

k = módulo de balasto [Kg/cm<sup>3</sup>] para una base de ancho B

B = ancho de la platea [cm]

E<sub>c</sub> = módulo de elasticidad del hormigón [Kg/cm<sup>2</sup>]

I = momento de inercia de la platea [cm<sup>4</sup>]

## Rigidez del sistema

La rigidez de la fundación puede ser definida mediante la separación entre columnas

$L < 1.75 \times L_e \Rightarrow$  Foundations may be treated as short beam, hence rigid

$L > (3\pi/2) \times L_e \Rightarrow$  Foundations may be treated as long beam, hence flexible

$1.75 \times L_e < L < (3\pi/2) \times L_e \Rightarrow$  Foundations may be treated as finite beam with intermediate rigidity

### ■ Hetenyi's (1946) recommendations

$L < 0.8 \times L_e \Rightarrow$  Rigid Foundation

$L > 3 \times L_e \Rightarrow$  Flexible Foundation

$0.8 \times L_e < L < 3 \times L_e \Rightarrow$  Intermediate Flexibility of Foundation

# MÓDULO DE BALASTO

- Definición: Relación entre la tensión capaz de generar una penetración de la placa de 1,27 mm.
- Calculado a partir de la curva  $q$  vs  $\delta$  obtenida del ensayo del plato de carga

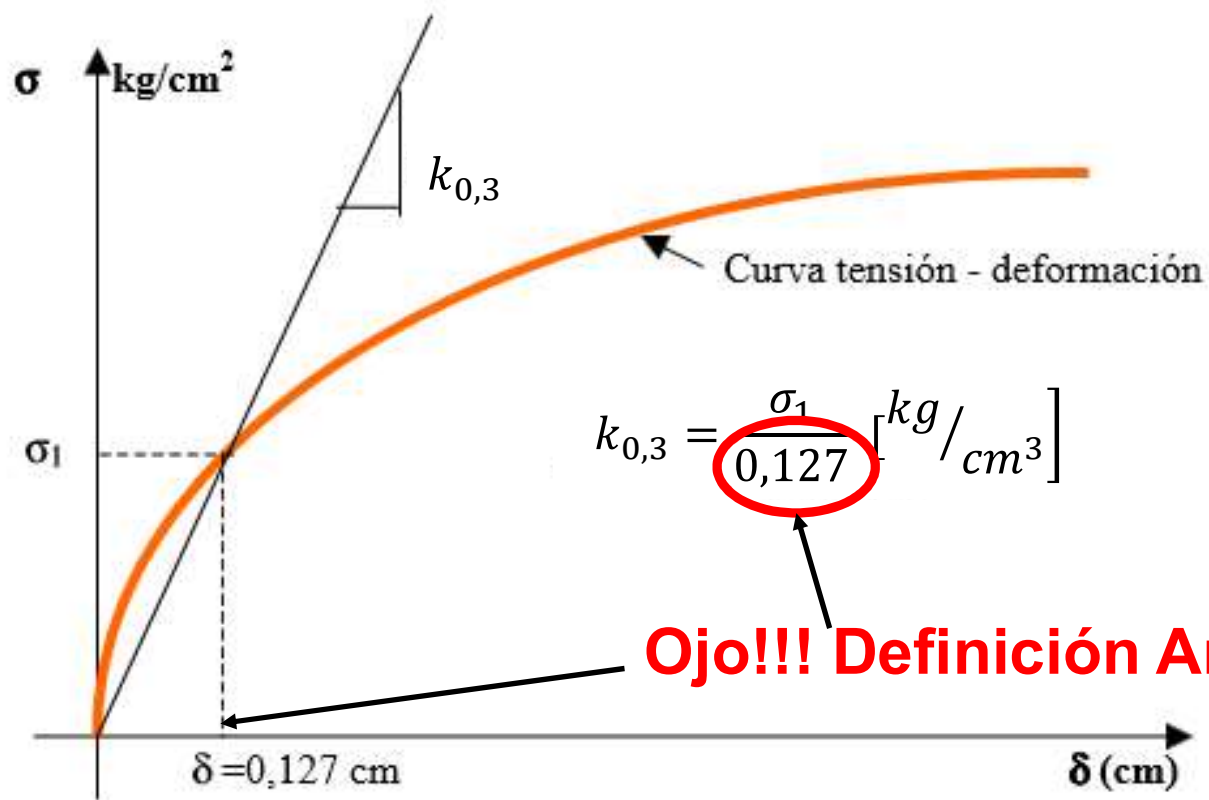
$$K = q/\delta$$

$q$  = presión de contacto

$K$  = módulo de balasto

$\delta$  = asentamiento medio

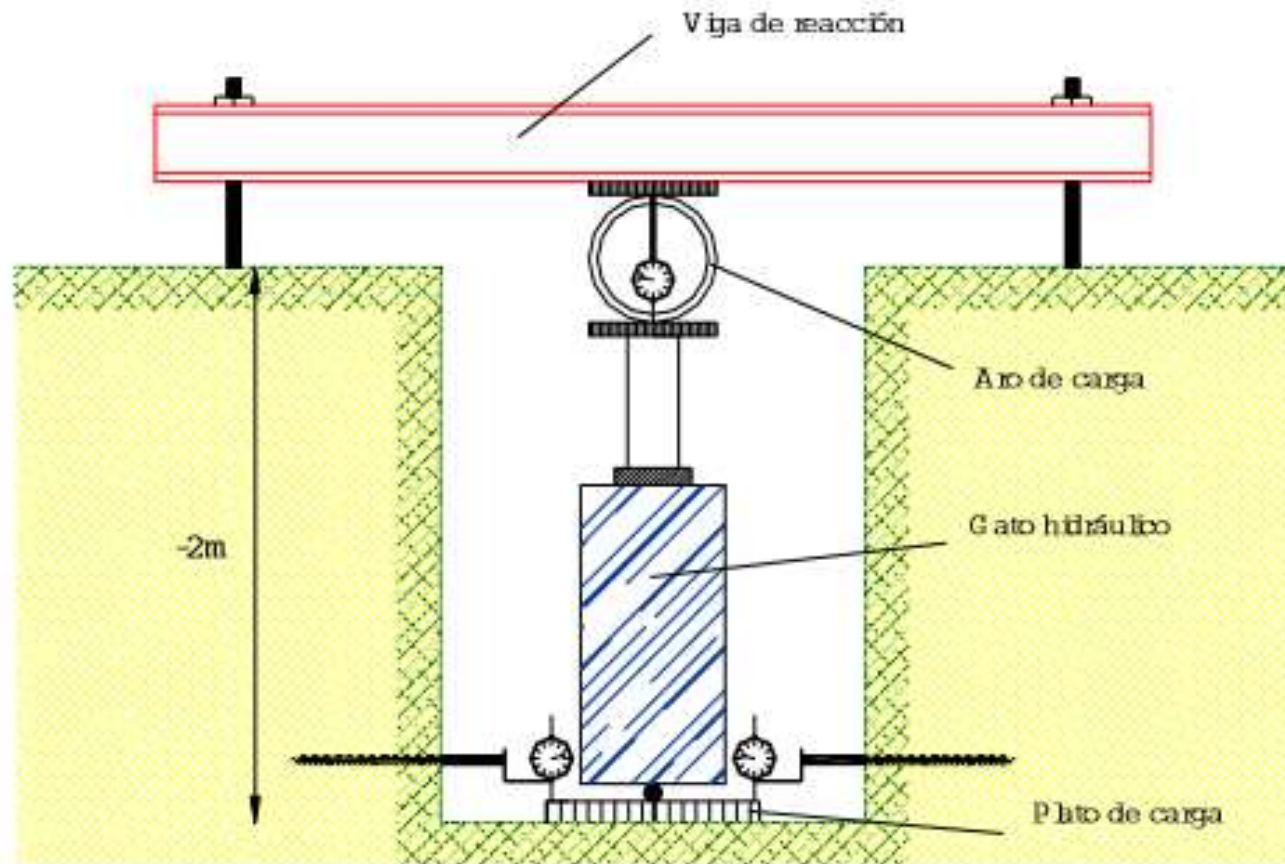
# CURVA CARGA DEFORMACIÓN DEL ENSAYO DEL PLATO DE CARGA



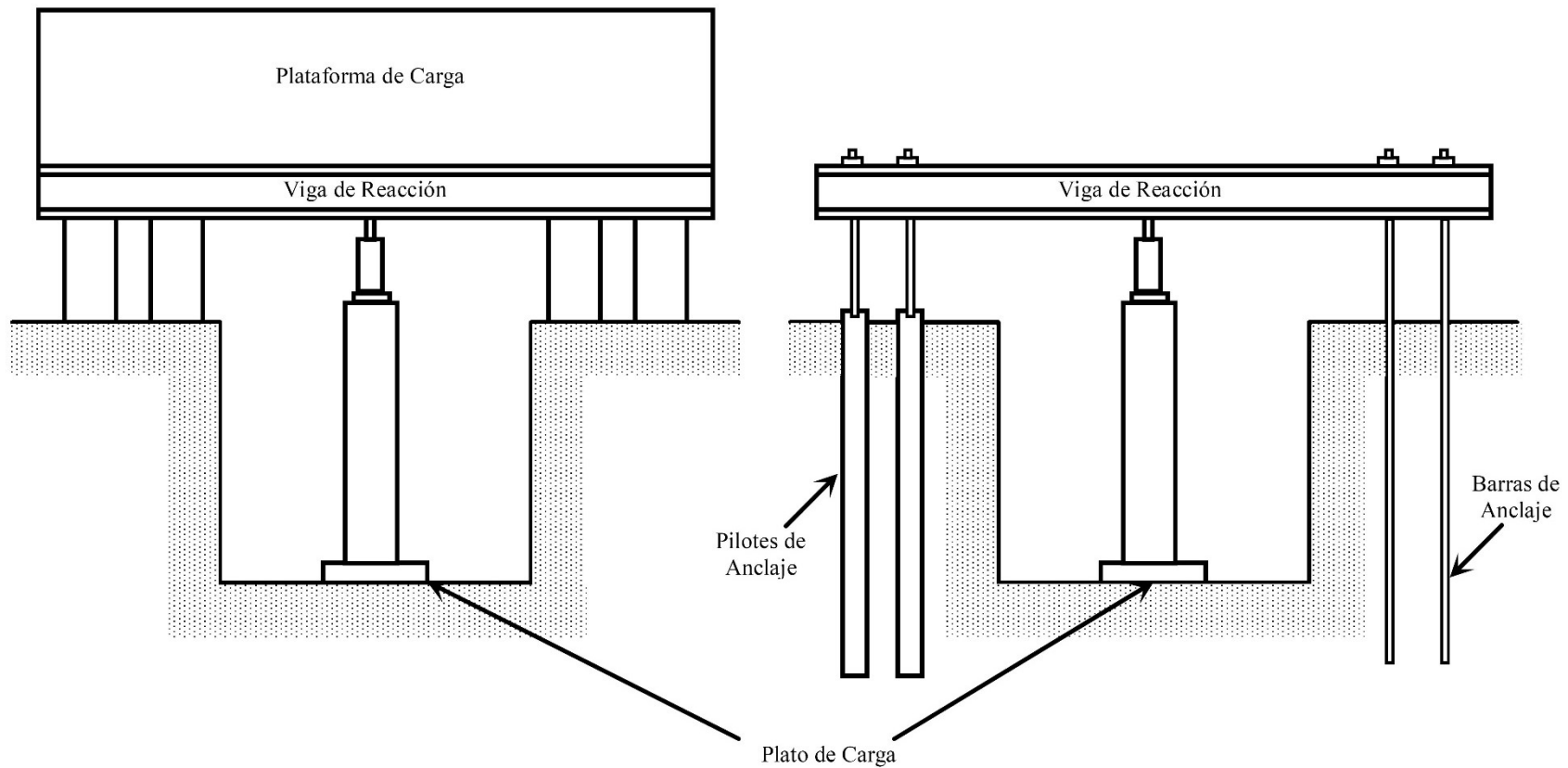
**Ojo!!! Definición Arbitraria!!!!**



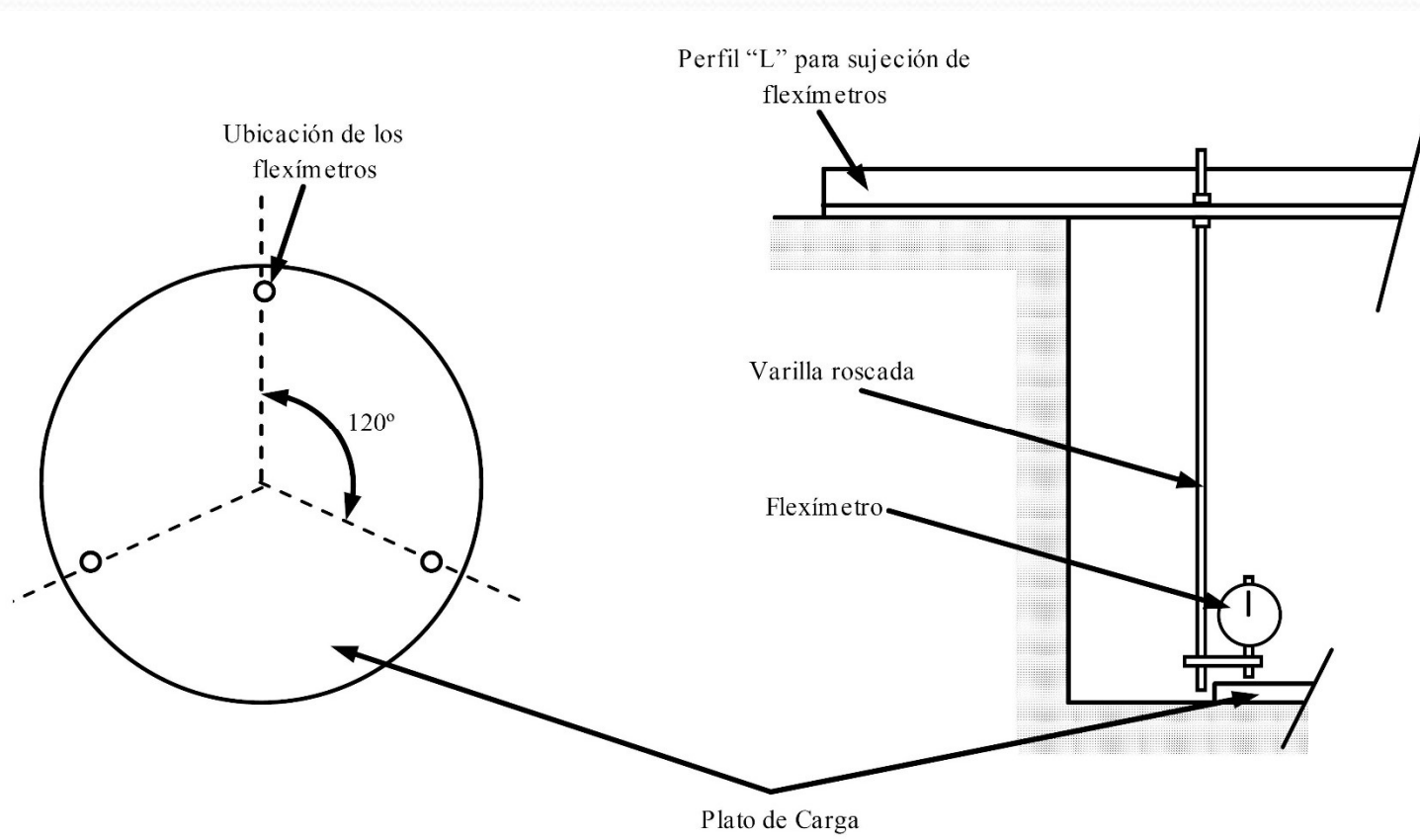
# ENSAYO DE PLATO DE CARGA



# ENSAYO DE PLATO DE CARGA



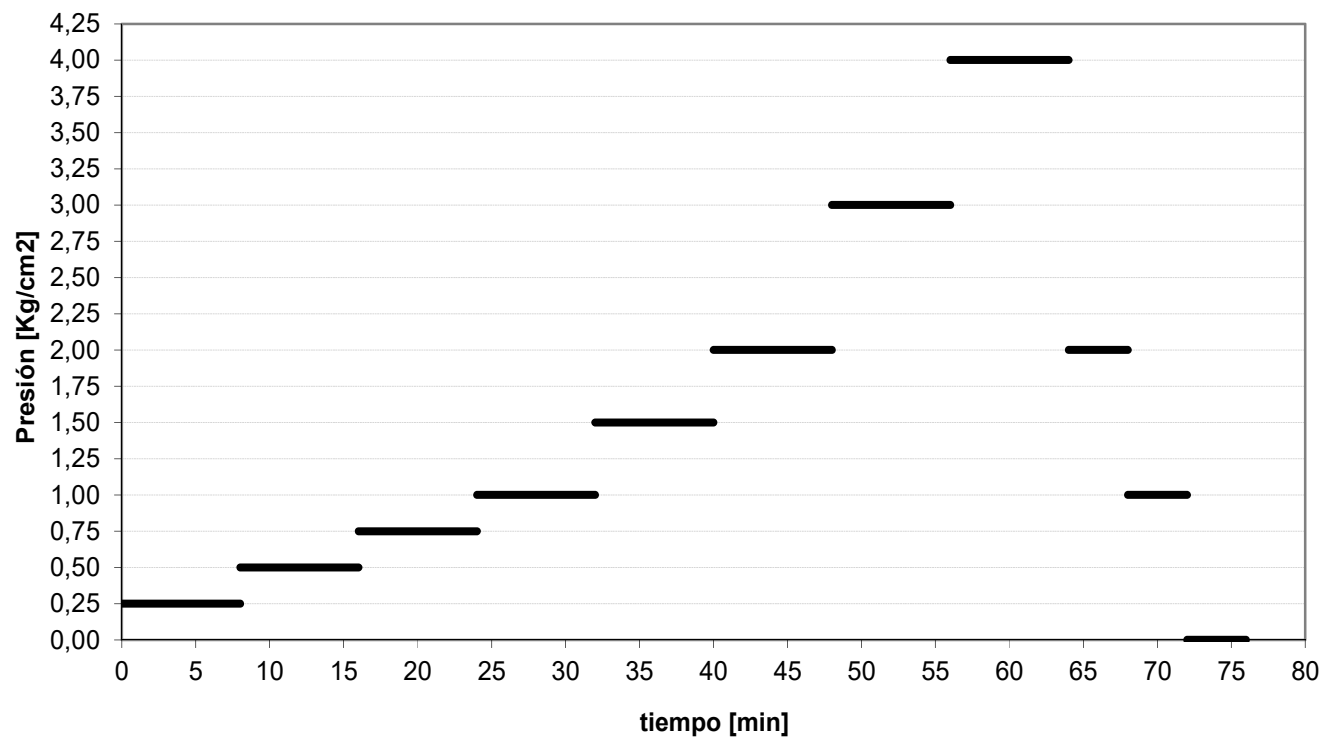
# ENSAYO DE PLATO DE CARGA



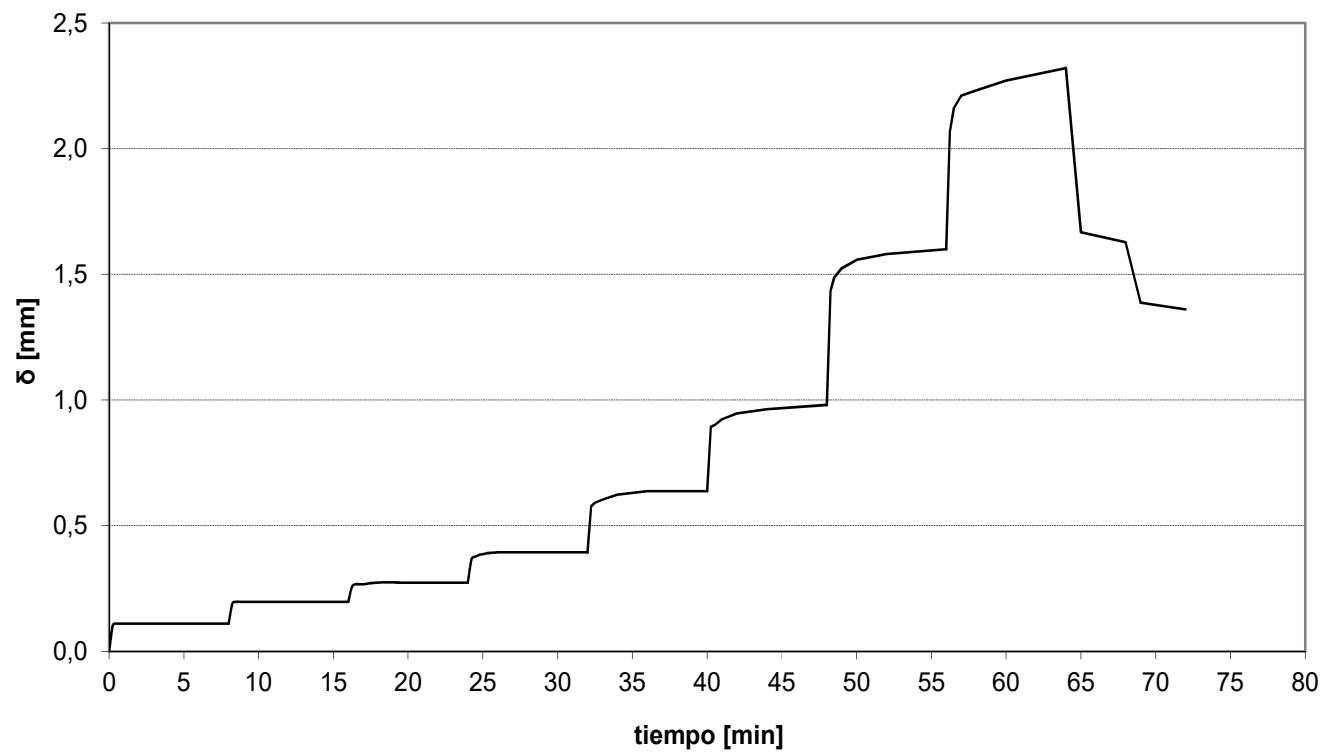
# ENSAYO DE PLATO DE CARGA



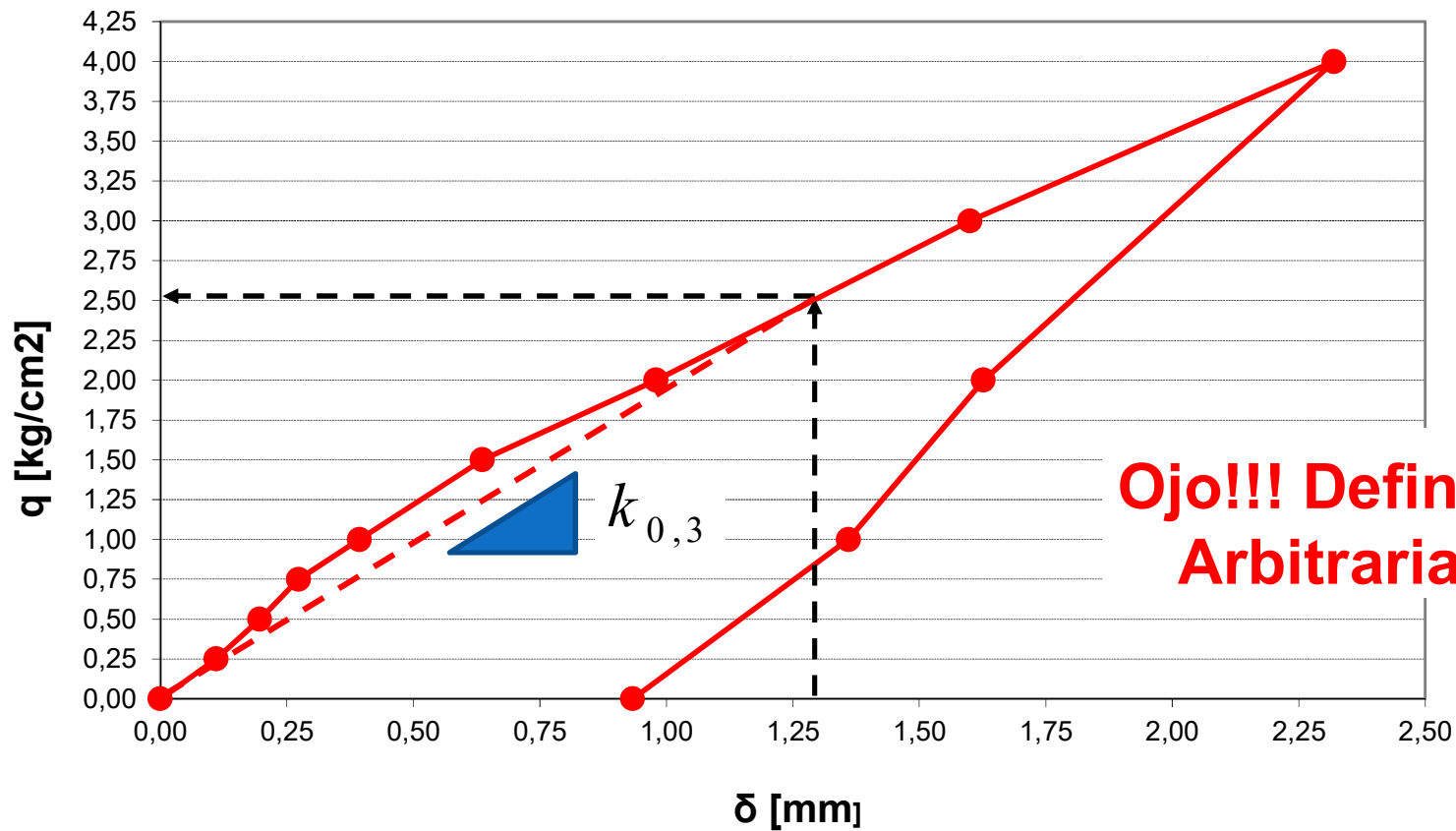
# ENSAYO DE PLATO DE CARGA



# ENSAYO DE PLATO DE CARGA



# ENSAYO DE PLATO DE CARGA



**Ojo!!! Definición Arbitraria!!!!**

# DETERMINACION DEL MODULO DE BALASTO

## PRINCIPALES PROBLEMAS

- El suelo no es perfectamente elástico y los resultados están afectados por la magnitud de la presión y deformación.
- Tamaño de la base afecta el valor
- La forma también
- Estratificación del suelo y otros cambios en profundidad pueden no ser mostrados en el ensayo con el pequeño plato

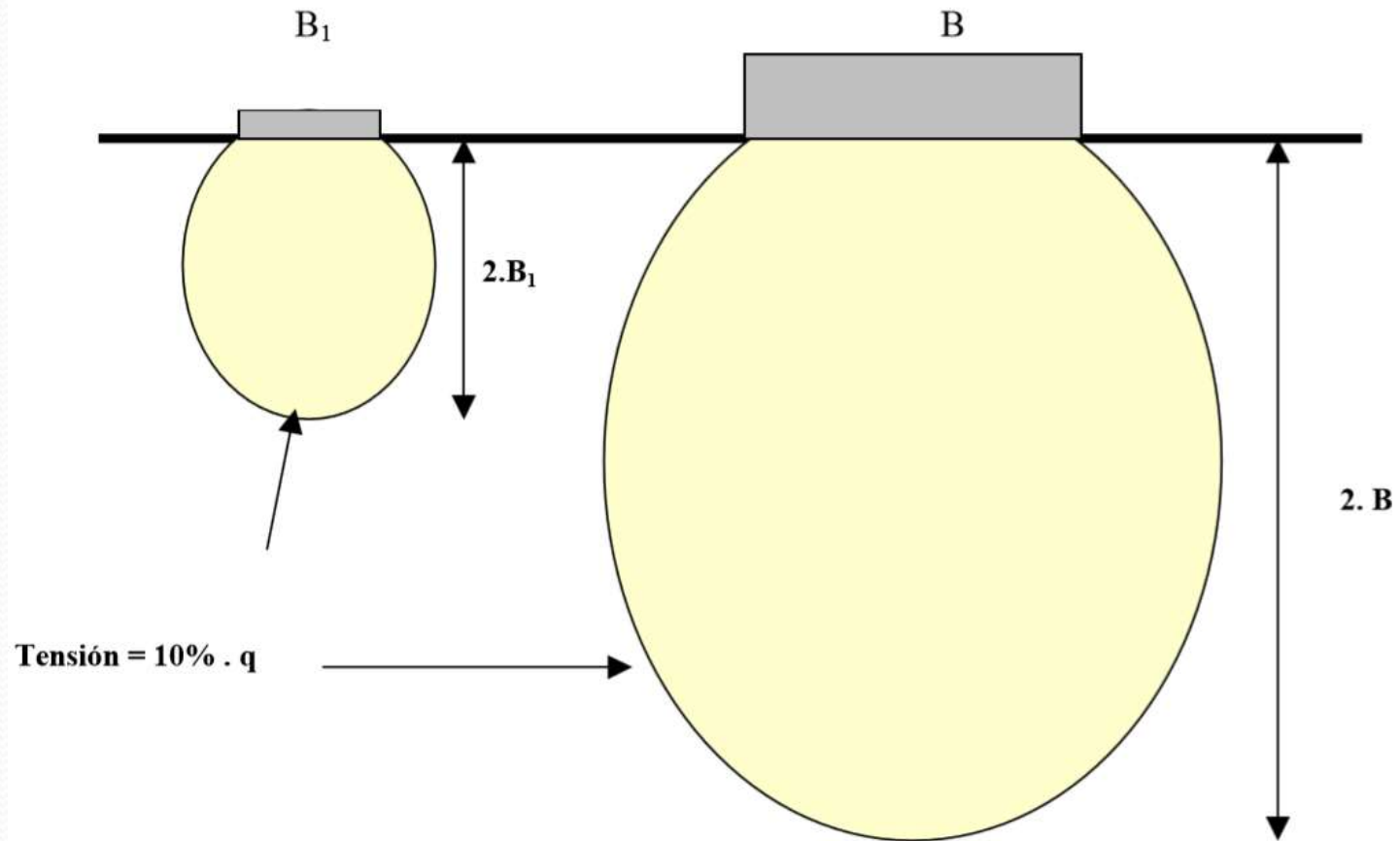


# DETERMINACION DEL MODULO DE BALASTO

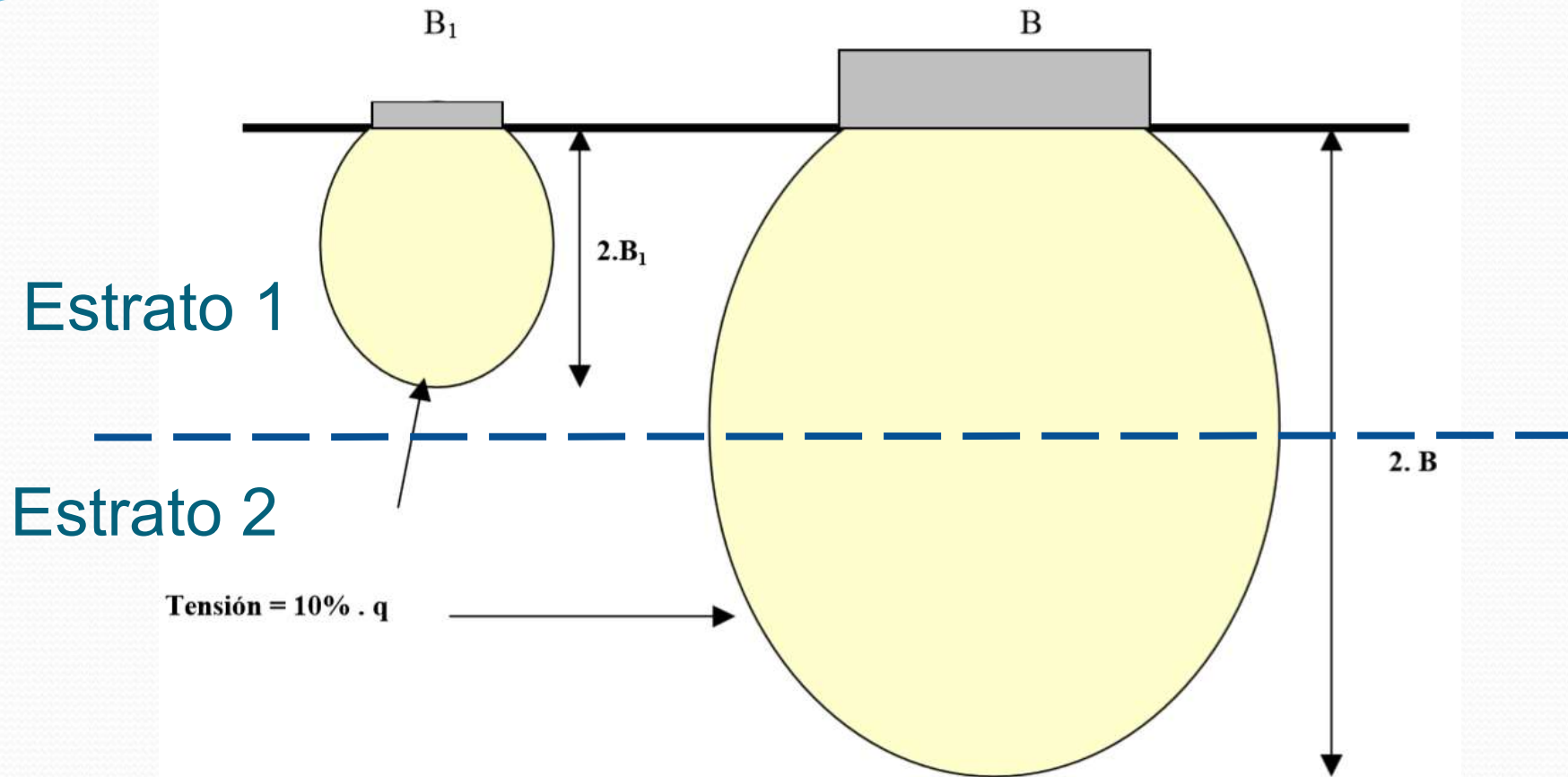
## PRINCIPALES PROBLEMAS

- EL MÓDULO DE BALASTO **NO ES UN PARÁMETRO “INTRÍNSECO” DEL SUELO SINO QUE ES UN PARÁMETRO DE LA FUNDACIÓN.** ES DECIR, DEPENDE DE LA RIGIDEZ DEL SUELO, RIGIDEZ DE LA LOSA (PLACA) Y FUNDAMENTALMENTE DE LA GEOMETRÍA DEL PROBLEMA (TAMAÑO DE FUNDACIÓN RESPECTO DE LA ESTRATIFICACIÓN DEL SUELO).

# DETERMINACION DEL MODULO DE BALASTO



# DETERMINACION DEL MODULO DE BALASTO



## EFEECTO DEL TAMAÑO

Suelos Arcillosos

Suelos Arenosos

Bases  
Cuadradas  
(BxB)

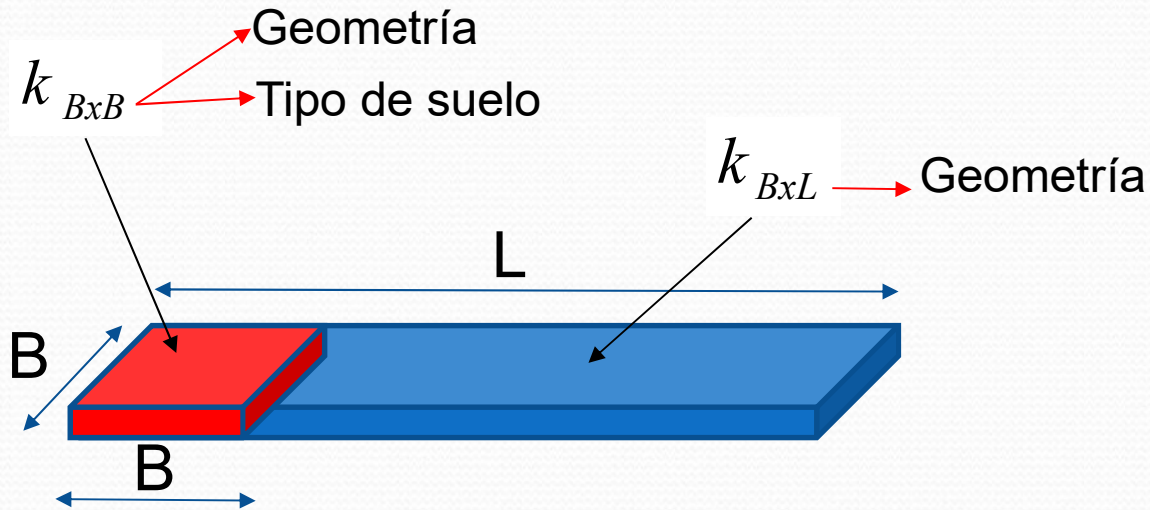
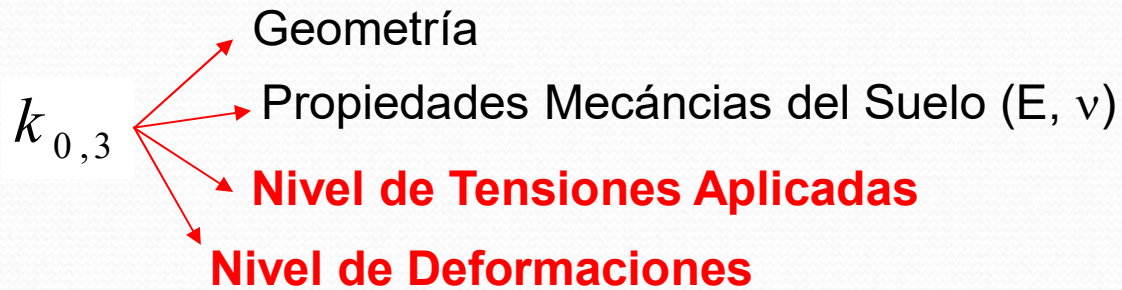
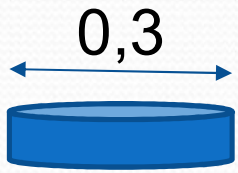
$$k_{BxB} = k_{0,3} \left( \frac{0,3}{B} \right)$$

$$k_{BxB} = k_{0,3} \left( \frac{B + 0,3}{2B} \right)^2$$

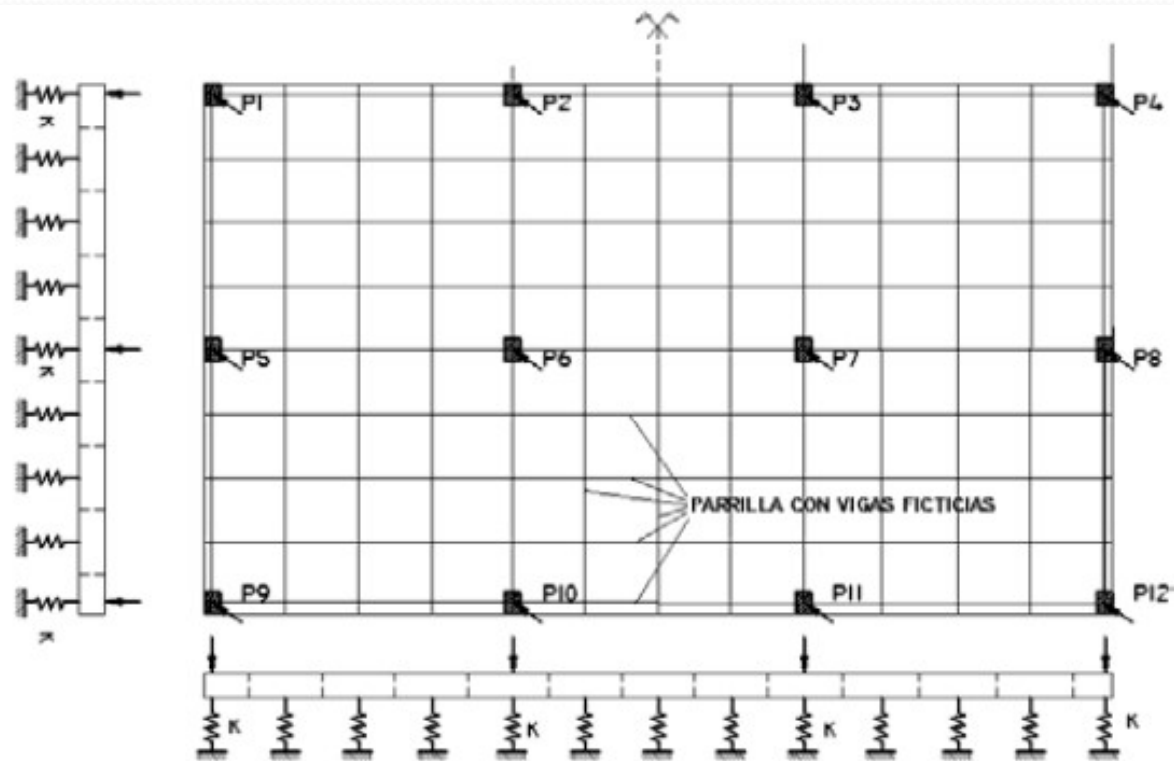
Bases Rectangulares (BxL)

$$k_{BxL} = \frac{k_{BxB} \left( 1 + \frac{B}{L} \right)}{1,5}$$

# EFFECTO DEL TAMAÑO: Variables Consideradas



# ESQUEMA DE CIMENTACION



MODELO DE PLATEA COMO PLACA FLOTANTE

# Rigidez del sistema

## Cohesionless Soil

SOIL CHARACTERISTIC		*MODULUS OF SUBGRADE REACTION ( $k$ ) IN $\text{kg/cm}^3$	
Relative Density	Standard Penetration Test Value ( $N$ )	For Dry or Moist State	For Submerged State
(1)	(2)	(3)	(4)
Loose	< 10	1.5	0.9
Medium	10 to 30	1.5 to 4.7	0.9 to 2.9
Dense	30 and Over	4.7 to 18.0	2.9 to 10.8

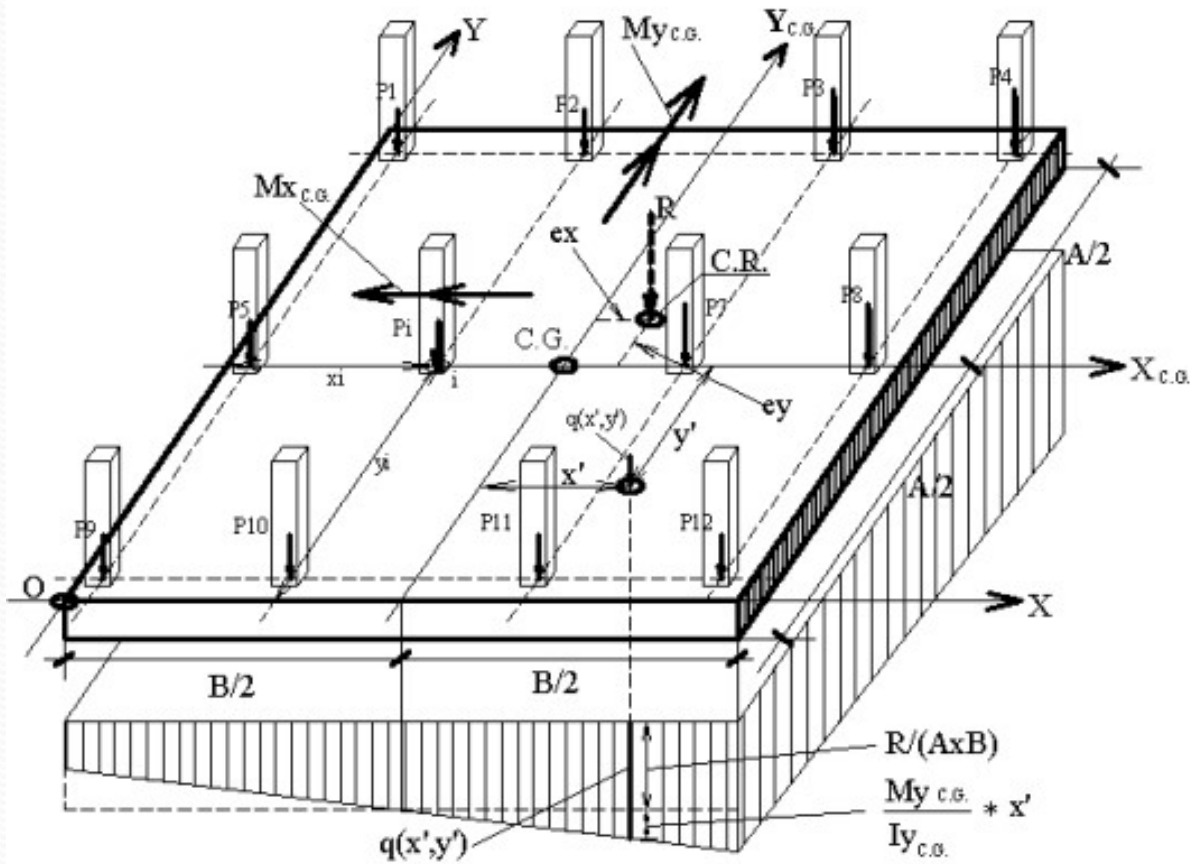
\*The above values apply to a square plate  $30 \times 30$  cm or beams 30 cm wide.

## Cohesive Soil

SOIL CHARACTERISTIC		*MODULUS OF SUBGRADE REACTION ( $K_s$ ) IN $\text{kg/cm}^3$
Consistency	Unconfined Compressive Strength, $\text{kg/cm}^2$	
(1)	(2)	(3)
Stiff	1 to 2	2.7
Very stiff	2 to 4	2.7 to 5.4
Hard	4 and over	5.4 to 10.8

\*The values apply to a square plate  $30 \times 30$  cm. The above values are based on the assumption that the average loading intensity does not exceed half the ultimate bearing capacity.

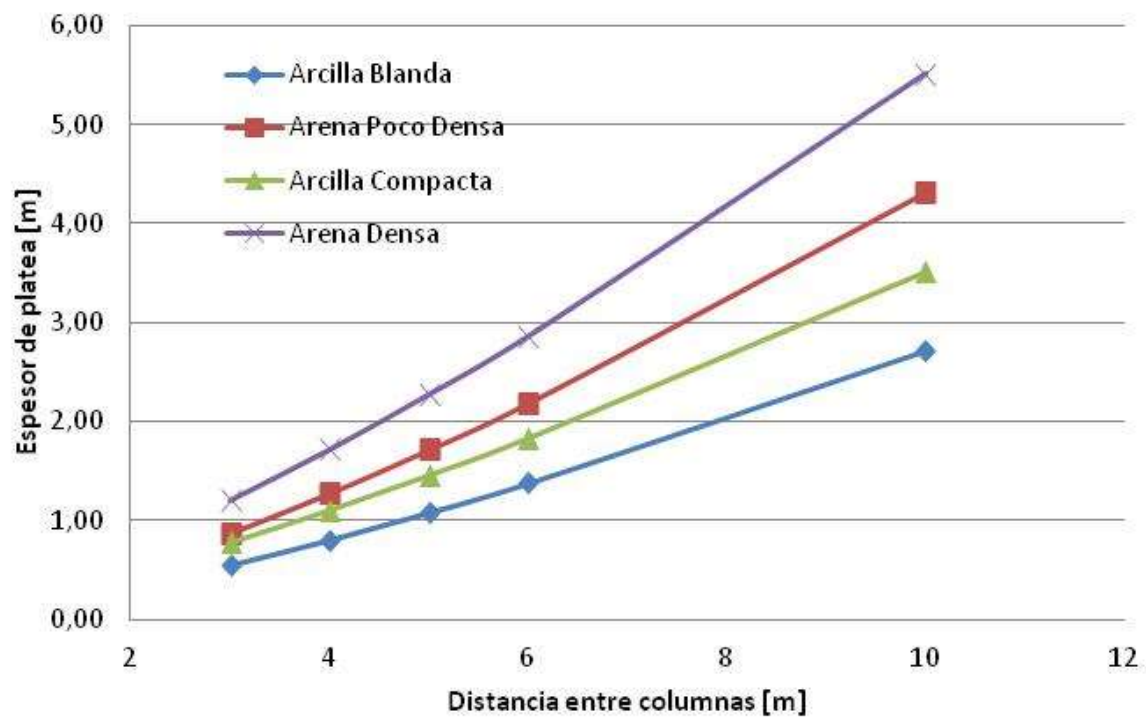
# Rigidez del sistema





# Rigidez del sistema

## Platea Rígida



Columnas [m]	Espesor de placa [m]			
	Arena Poco Densas	Arena Densa	Arcilla Blanda	Arcilla Compacta
10	3,5	5,5	2,7	4,3
6	1,8	2,9	1,4	2,2
5	1,5	2,3	1,1	1,7
4	1,1	1,7	0,8	1,3
3	0,8	1,2	0,5	0,9

# Diseño de plateas:

1. Determinar la capacidad de la fundación
2. Determinar el asentamiento de la fundación
3. Determinar el asentamiento diferencial
4. Determinar la distribución de tensiones debajo de la fundación
5. Diseñar los componentes estructurales de la platea utilizando la distribución de tensiones obtenidos el 4

## Capacidad de la fundación

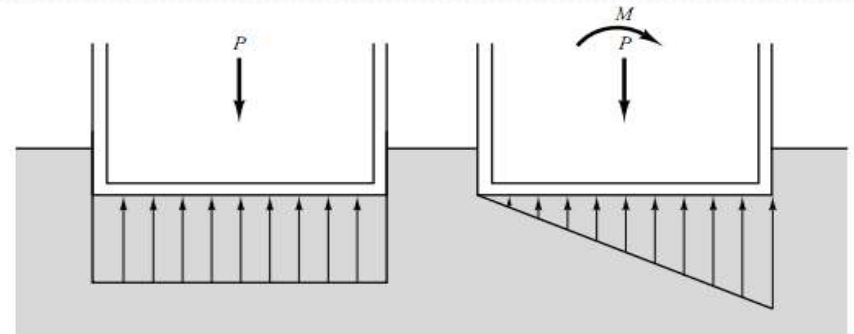
- Capacidad Geotecnica Se sigue la misma aproximación que para zapatas

$$q_{ult} = c'N_c s_c d_c + \sigma'_{zD} N_q s_q d_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

- Factor de seguridad (Das, 2004):

Cargas permanentes normales = 3.0(Min)

Cargas extremas= 1.75-2.0(Min)



Bearing pressure distribution for rigid method.

## 2) Asentamiento de la fundación

Los asentamientos tienden a ser controlados mediante:

- ❖ Uso de grandes fundaciones reducen las tensiones de contacto.
- ❖ Volumen de suelo desplazado (efecto de flotación); teóricamente si el peso de la excavación iguala el peso de la estructura y de la fundación, el sistema “flota” en la masa de suelo y no se producen asentamientos.

❖ Bridging efecto atribuible a:

- a. La rigidez de la platea.
- b. Contribución de la rigidez de la superestructura a la mat.

Tipo de fundación	Asentamiento máximo esperado, mm	Asentamiento diferencial esperado, mm
Base combinada	25	20
Plata	50	20

**By IS Code – 2950 (Part-1)**

# Diseño de Mat Fundaciones

- Asentamiento diferencial de Mat Foundations  
(American Concrete Institute Committee 336, 1988)

Modulo de Elasticidad del Material de la Estructura

Rigidity Factor,  $K_r = \frac{E' I_b}{E_s B^3}$

Momento de inercia de la estructura por unidad de longitud a 90° de B

Modulo de Elasticidad del Suelo

Ancho de la platea

## Diseño de Mat Foundations

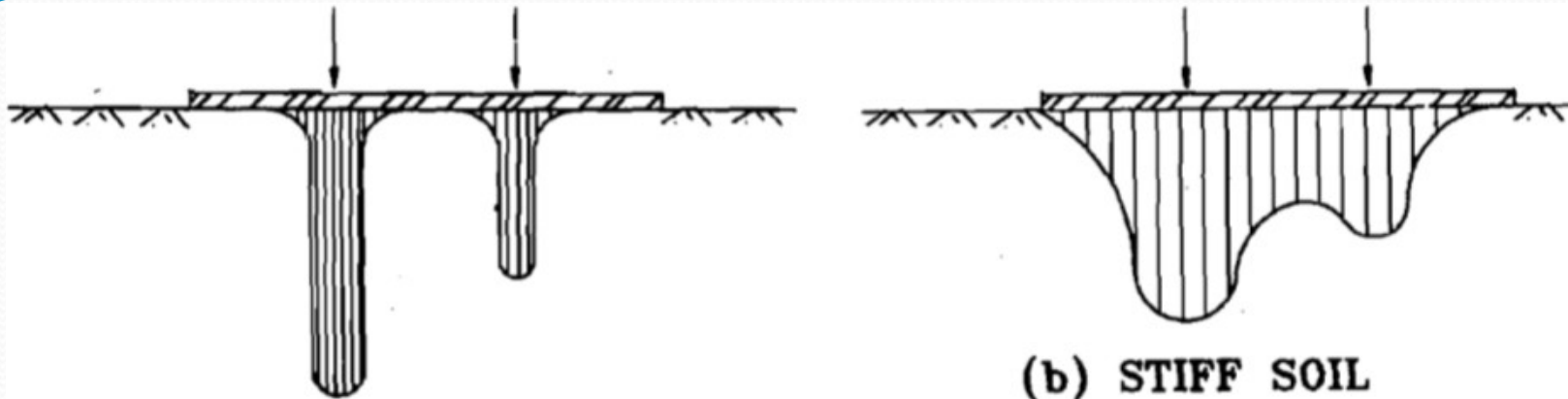
- Asentamiento Diferencial de of Mat Foundations (American Concrete Institute Committee 336, 1988)

If  $K_r > 0.5$ , then mat can be treated as rigid i.e.  $(\delta_d / \delta) = 0$

If  $K_r = 0.5$ , then  $(\delta_d / \delta) \approx 0.1$

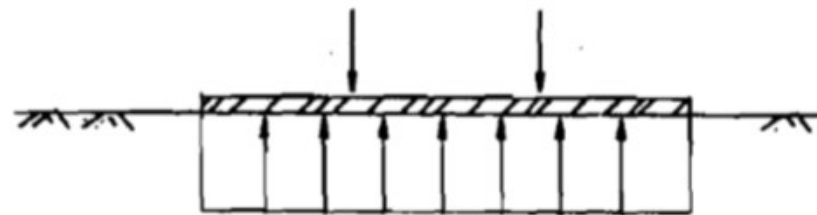
If  $K_r = 0$ , then  $(\delta_d / \delta) \approx 0.35$  (square mats) and  $(\delta_d / \delta) \approx 0.5$  (long mats)

# Distribución de tensiones



(a) ROCK

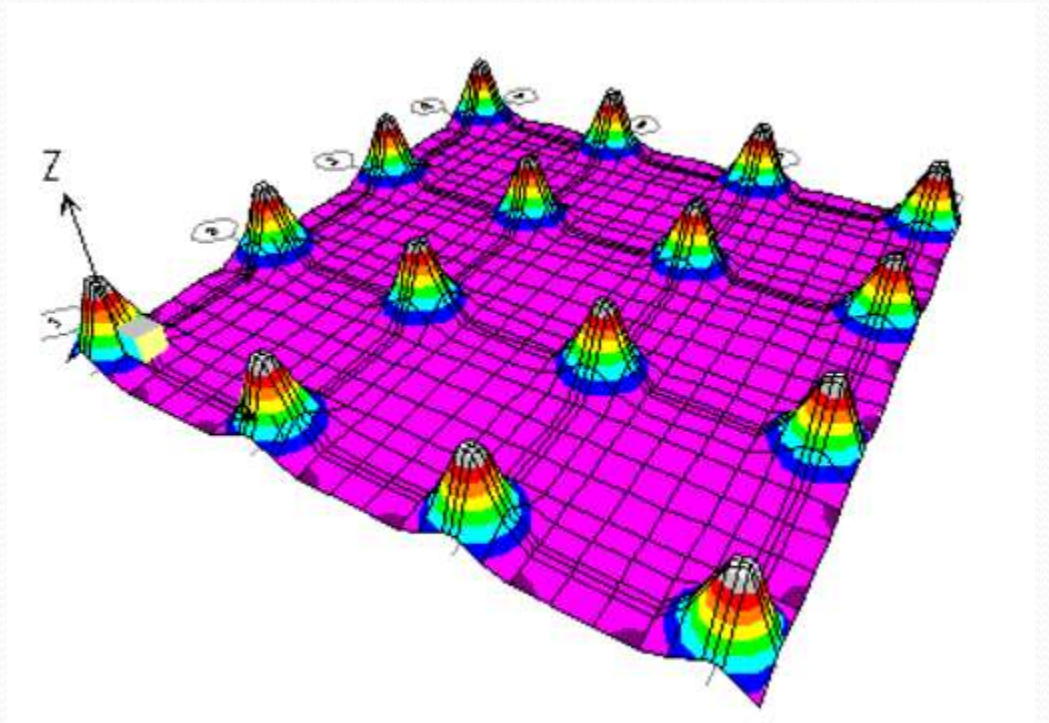
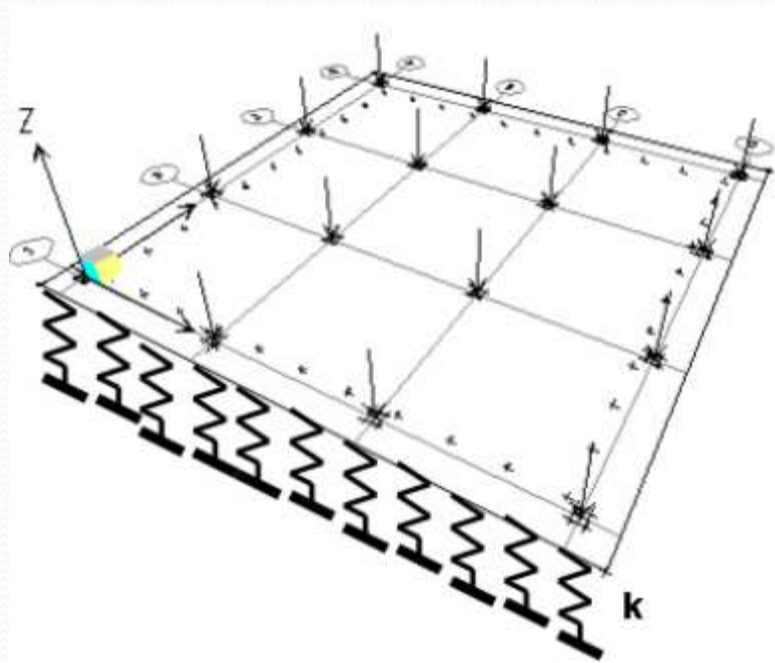
(b) STIFF SOIL



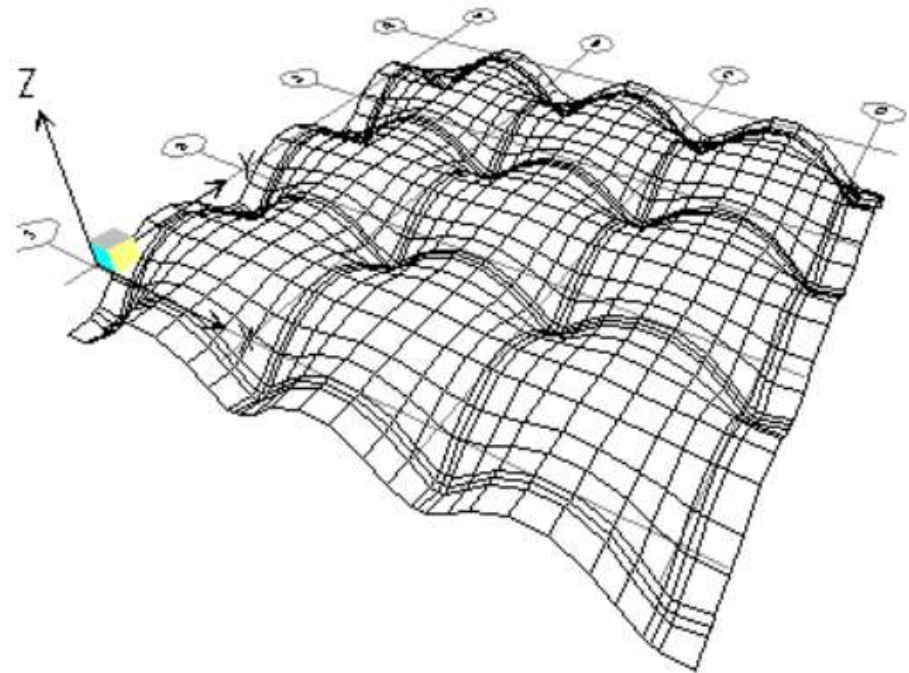
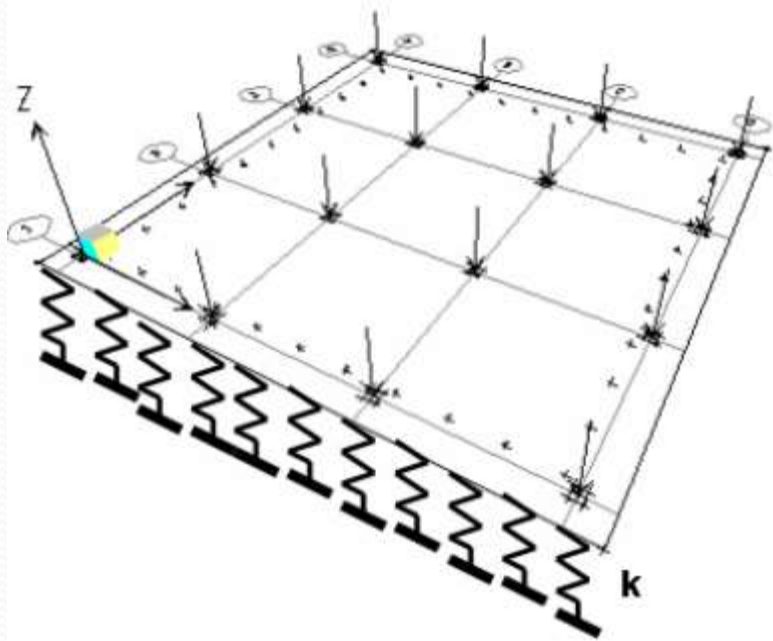
(c) SOFT SOIL



# Distribución de tensiones

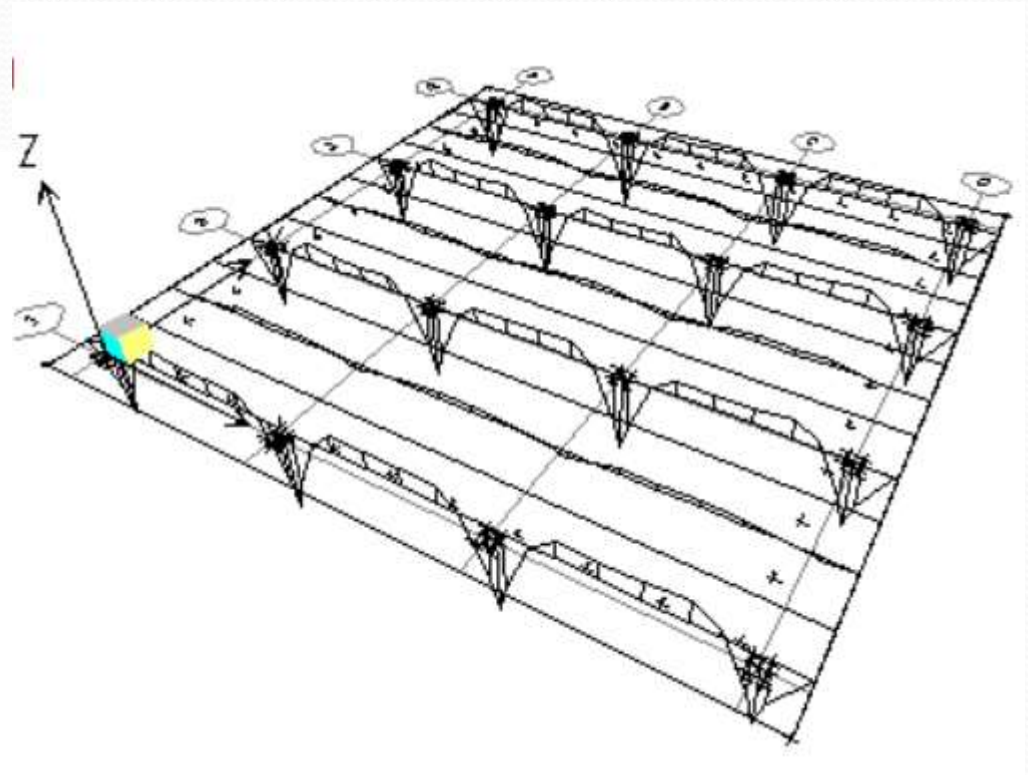
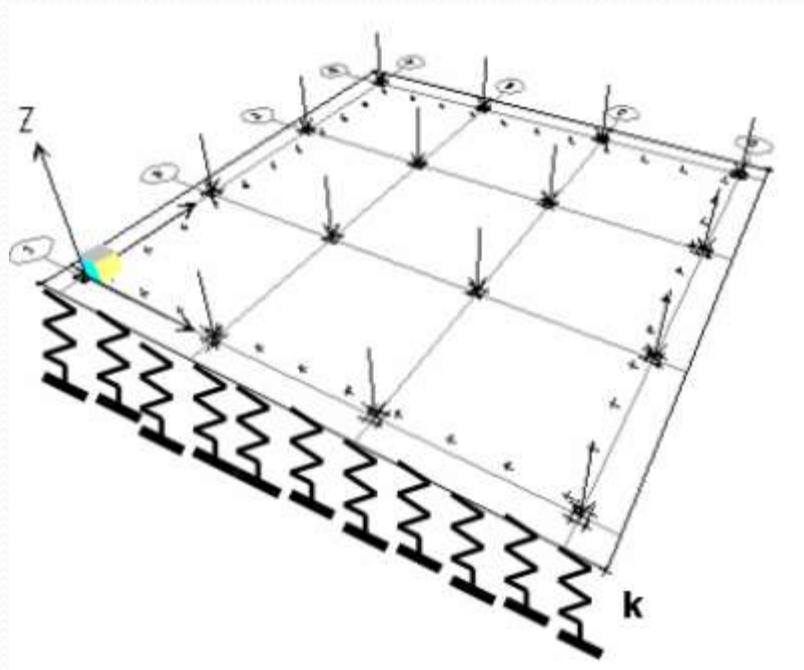


# Distribución de tensiones



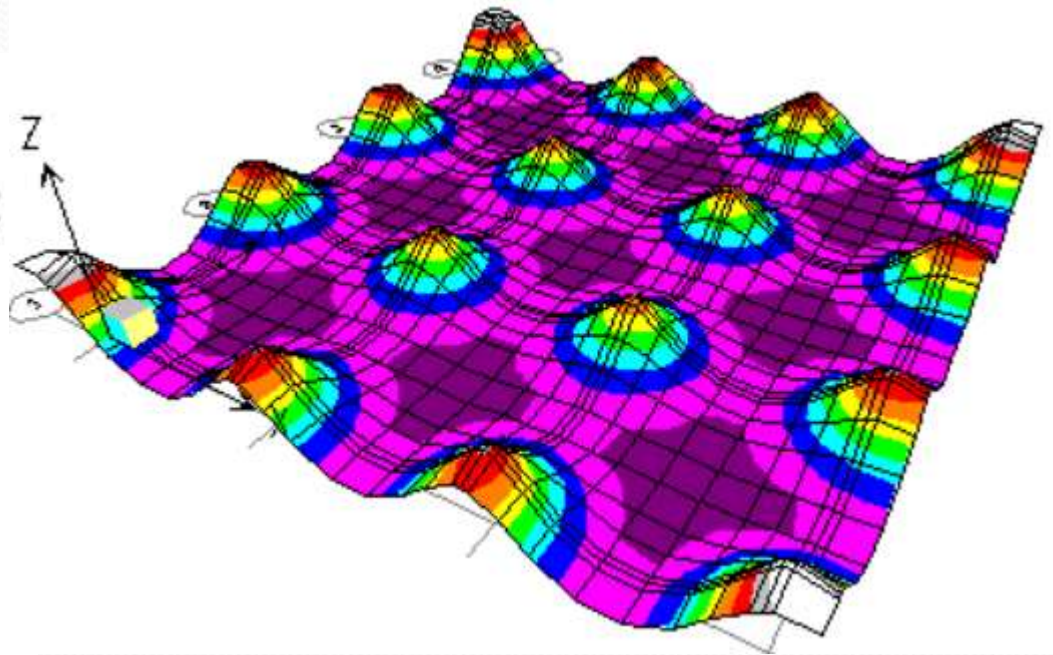
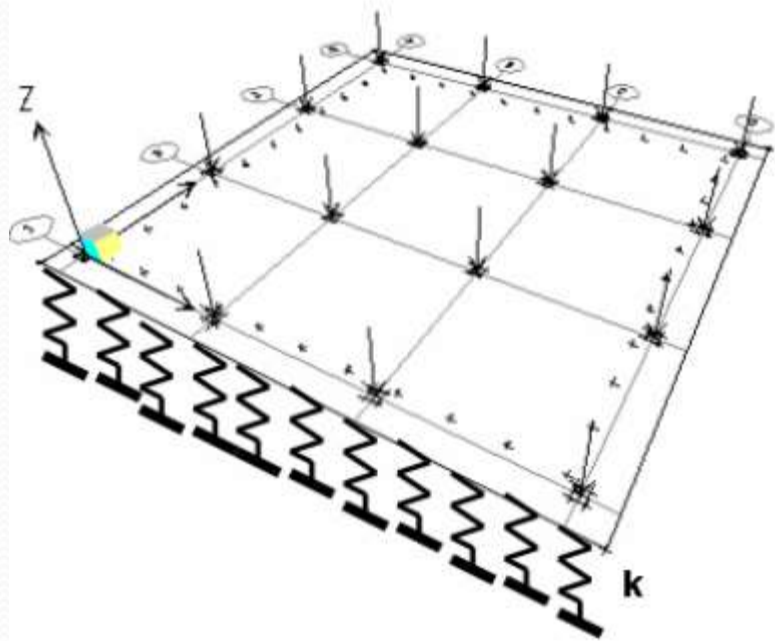
ASENTAMIENTOS

# Distribución de tensiones



MOMENTOS

# Distribución de tensiones



PRESION DE CONTACTO

## MODELO DE LA PLATEA

- Winkler estudio una viga sobre resortes elasticos
- Modelo basado en la teoría de flexión de viga

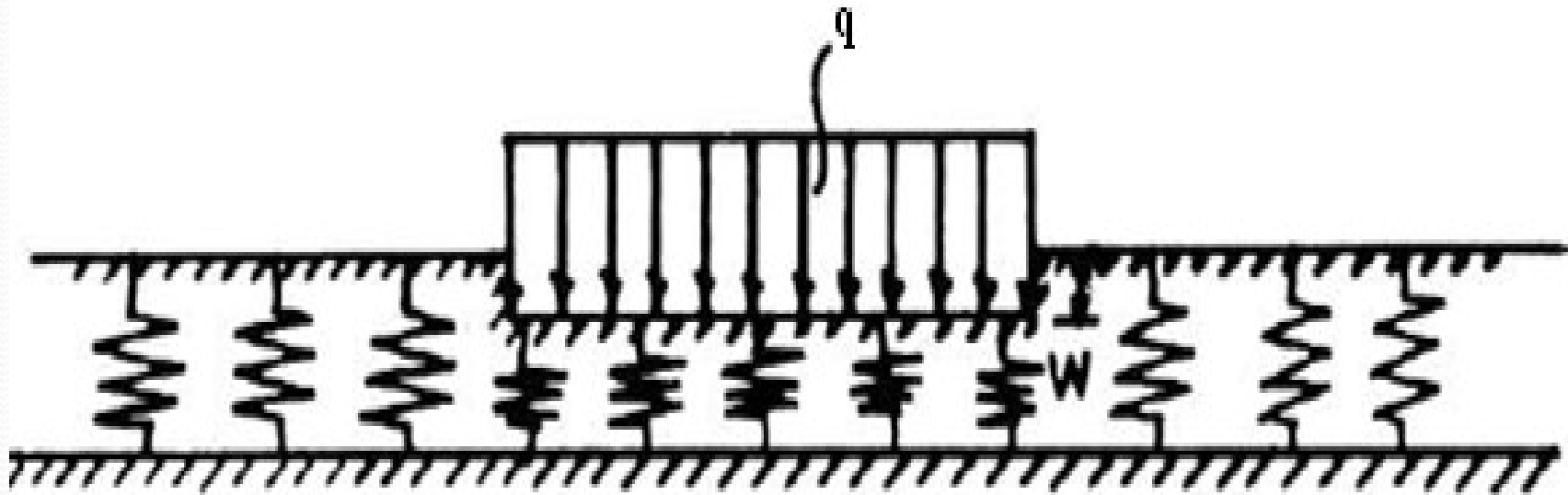
$$p = Kw$$

Here,  $w$  = desplazamiento vertical del suelo

$p$  = presión de contacto

$K$  = módulo de balasto

## DEFORMACION DE UN PLATO UNIFORMEMENTE CARGADO



Source : Kerr A. D., "Elastic and visco-elastic foundation models."  
Journal of Applied Mechanics, ASCE, 31, 1964. p. 491-498



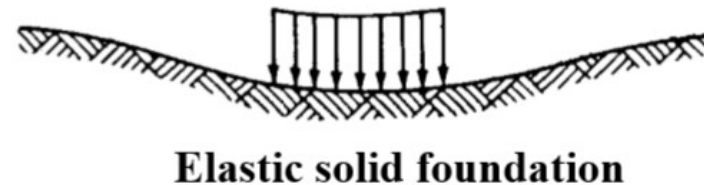
- El modelo de fundación de Winkler tiene dos limitaciones principales:

- No considera la interacción entre los resortes.

- La constante de los resortes depende de un número de factores tales como rigidez de la viga, geometría de la viga, perfil de suelo y comportamiento.

# MODELO TIMOSHENKO

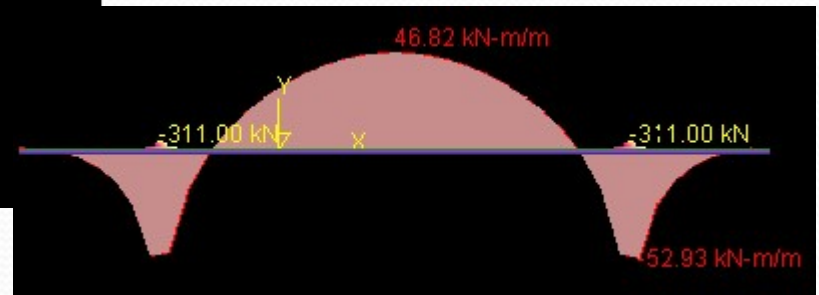
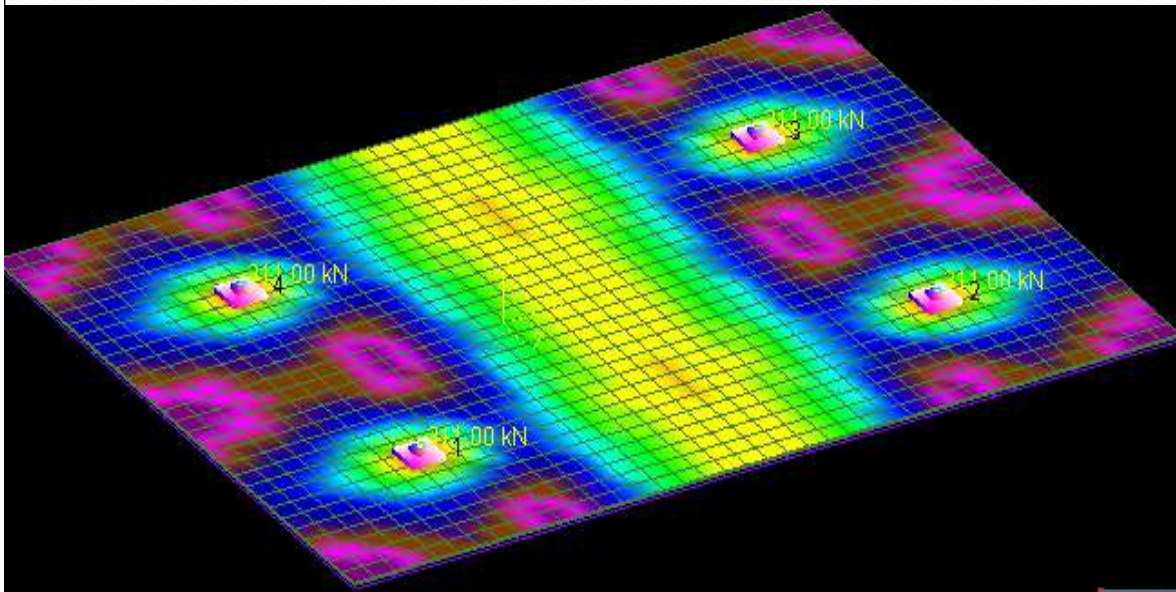
- Este modelo se basa en la teoría de la viga de Timoshenko
- Secciones permanecen planas luego de la flexión pero no normal al eje longitudinal
- El modelo considera deformaciones por flexión y corte.





## DISEÑO DE PLATEAS UTILIZANDO SOFTWARES:

- ABAQUS, STAAD FOUNDATION, RISA FOUNDATION, ANSYS, SAP, etc.



4/20/2018

Geotecnia III

# DETALLES DE ARMADURA



# DETALLES DE ARMADURA





**One of the largest mat foundations cast in Florida is this 9,900 yd<sup>3</sup> performed on Saturday, 11 May 2002, at Sunny Isles Beach, Miami. The mat supports the 51-story Acqualina Ocean Residences and Resort that belongs to the Trump Group. The pour took 14 hours (starting at 0300 hours to 1700 hours, non-stop).**

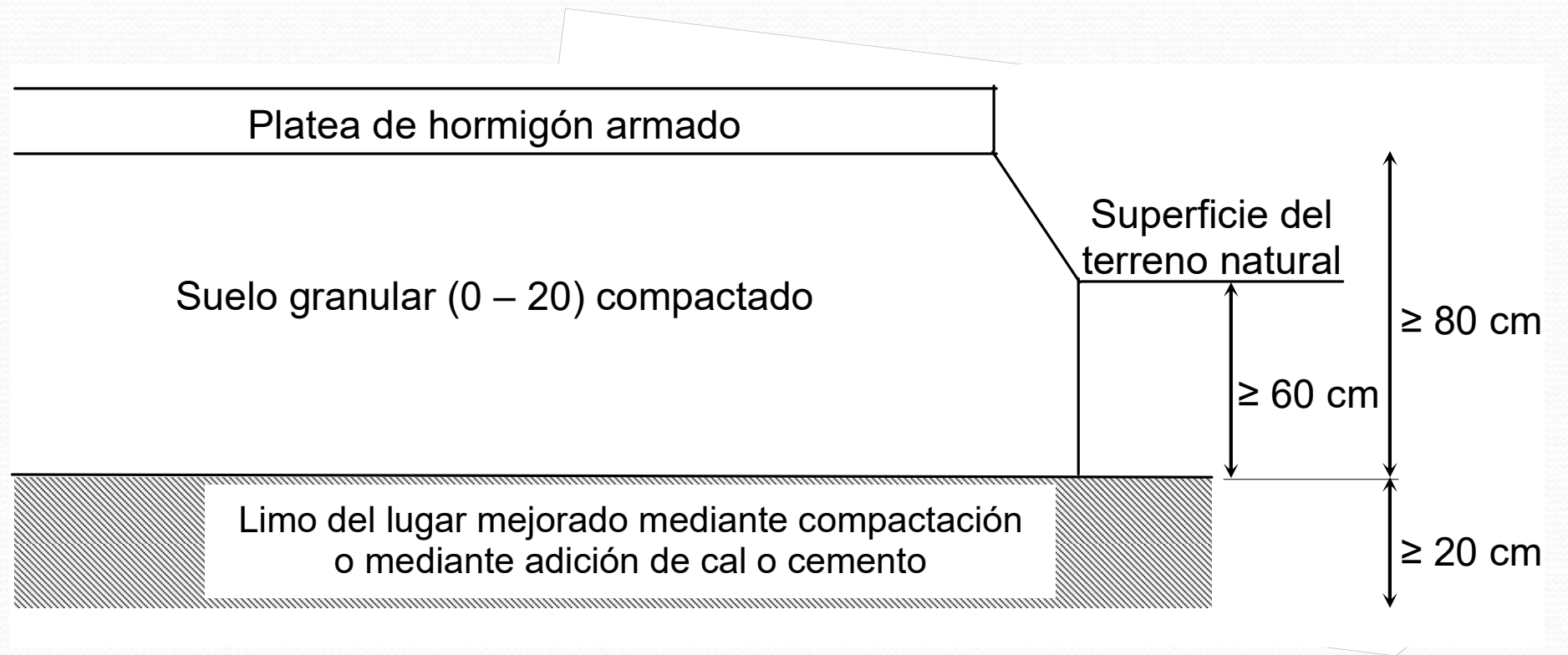


**Large mat foundation in Switzerland.**



**The Izmit, Kocaeli, Turkey earthquake of 17 August, 1999, liquefied the soil beneath this apartment building's shallow mat foundation by reducing the bearing capacity to zero.**

## EJEMPLO VIVIENDA UNIFAMILIAR



# EJEMPLO VIVIENDA UNIFAMILIAR





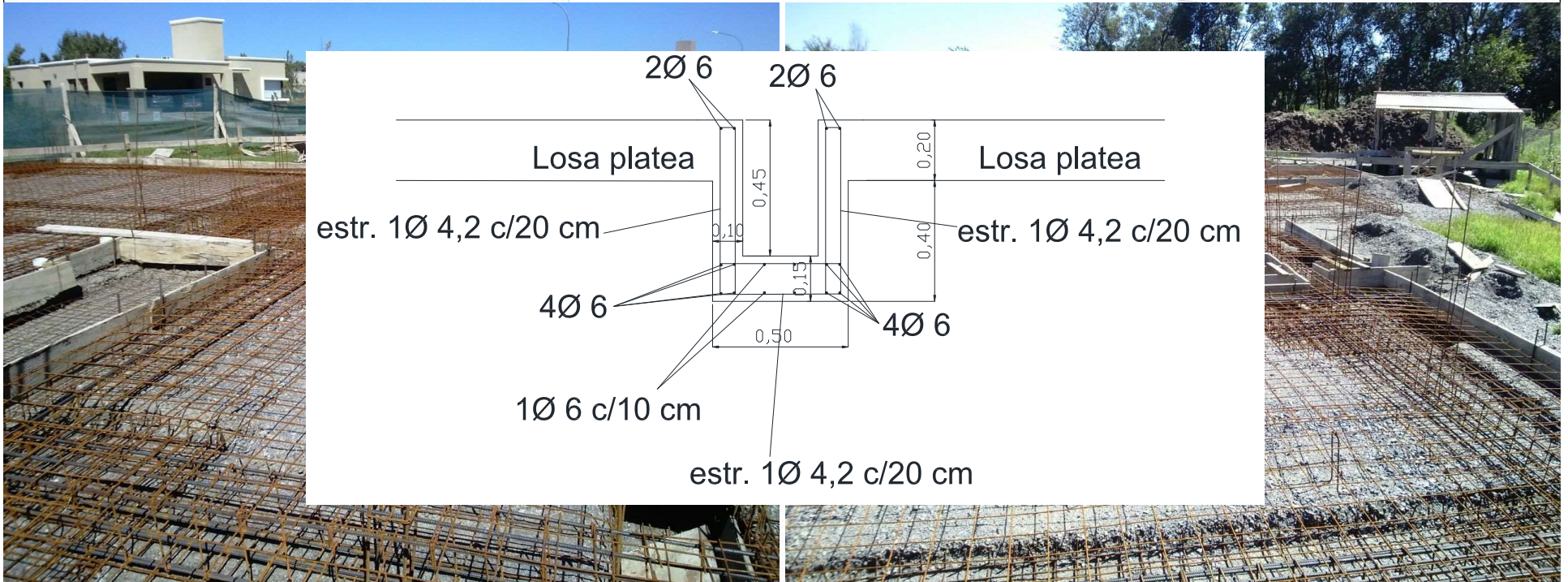
## EJEMPLO VIVIENDA UNIFAMILIAR



# EJEMPLO VIVIENDA UNIFAMILIAR



## EJEMPLO VIVIENDA UNIFAMILIAR



# EJEMPLO VIVIENDA UNIFAMILIAR



# EJEMPLO VIVIENDA UNIFAMILIAR



# EJEMPLO VIVIENDA UNIFAMILIAR



## VIVIENDAS COLECTIVAS



## VIVIENDAS COLECTIVAS





## VIVIENDAS COLECTIVAS



## VIVIENDAS COLECTIVAS



## VIVIENDAS COLECTIVAS



## VIVIENDAS COLECTIVAS



## VIVIENDAS COLECTIVAS



## VIVIENDAS COLECTIVAS



## VIVIENDAS COLECTIVAS



4/20/2018

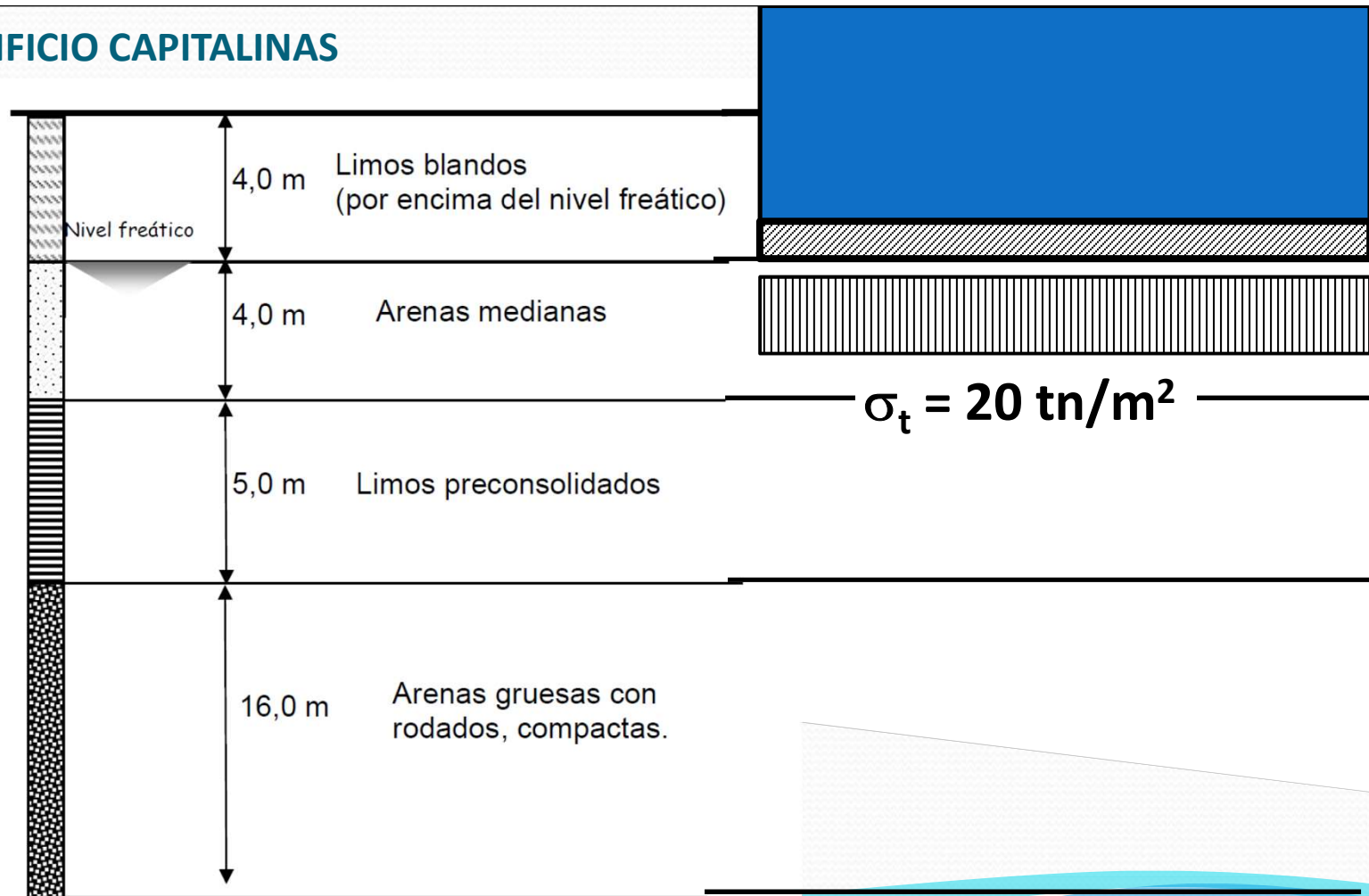
Geotecnia III

# EDIFICIO CAPITALINAS





# EDIFICIO CAPITALINAS



# EDIFICIO CAPITALINAS



# EDIFICIO CAPITALINAS



4/20/2018

Geotecnia III