



ANEXO N° 05

ECUACIÓN MATRICIAL DE ASENTAMIENTOS

(EMA)

PLANTEAMIENTO MATRICIAL DEL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

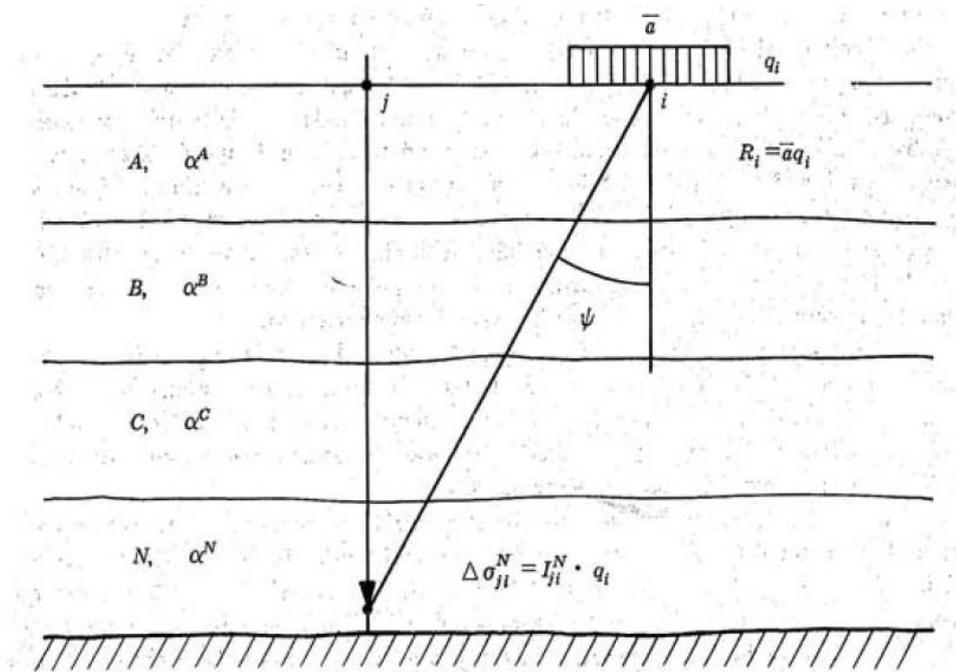
TESIS: “EVUALUACION DE LOS EFECTOS DE INTERACCION SUELO ESTRUCTURA EN EL ESTADIO UNIVERSITARIO UNA – PUNO”.

APLICACIÓN: BLOQUE II TRIBUNA OCCIDENTE ESTADIO UNA-PUNO.

SUSTENTO TEÓRICO

La determinación de hundimientos y presiones de contacto sobre la cimentación de un edificio desplantado en suelo compresible, requiere que se tengan en cuenta las propiedades carga - deformación vertical de la superestructura, de la cimentación y del suelo, figura 1.

Figura 1: Esfuerzo vertical en un punto.



Fuente: Zeevaert L. (1980). Interacción suelo - estructura de cimentación.

Por consiguiente, la deformación en el estrato N en este punto es:

$$\Delta \delta_{ji}^N = \alpha^N \cdot \Delta \sigma_{ji}^N \quad (1)$$

Donde:

$\Delta \delta_{ji}^N$: Incremento medio de esfuerzo en un punto j para el mismo estrato N debido a la carga aplicada en un área tributaria \bar{a}_i .

α^N : Deformación volumétrica de un estrato N, para un tiempo determinado t.

El desplazamiento vertical de La superficie en el punto j será la suma de las deformaciones de todos los estratos:

$$\Delta \delta_{ji}^N = \sum_A^N \alpha^N \cdot \Delta \sigma_{ji}^N \quad (2)$$

El valor de $\Delta\sigma_{ji}^N$ en cualquier punto de la masa del suelo se puede expresar en función de la carga unitaria superficial q_i aplicada en un área tributaria \bar{a}_i , figura 1.

$$\Delta\sigma_{ji}^N = I_{ji}^N \cdot q_i \quad (3)$$

En donde N indica el estrato en cuestión. El punto i se entiende localizado al centro del área tributaria \bar{a}_i donde se aplica la carga unitaria q_i , y j el punto donde se calculan los efectos resultantes. Sustituyendo (3) en (2) se tiene.

$$\Delta\delta_{ji}^N = \sum_A^N \alpha^N \cdot I_{ji}^N \cdot q_i \quad (4)$$

Donde:

I_{ji}^N : Factor de influencia de carga en área tributaria.

q_i : Carga unitaria superficial.

Podemos expresar la ecuación (4) matricialmente como:

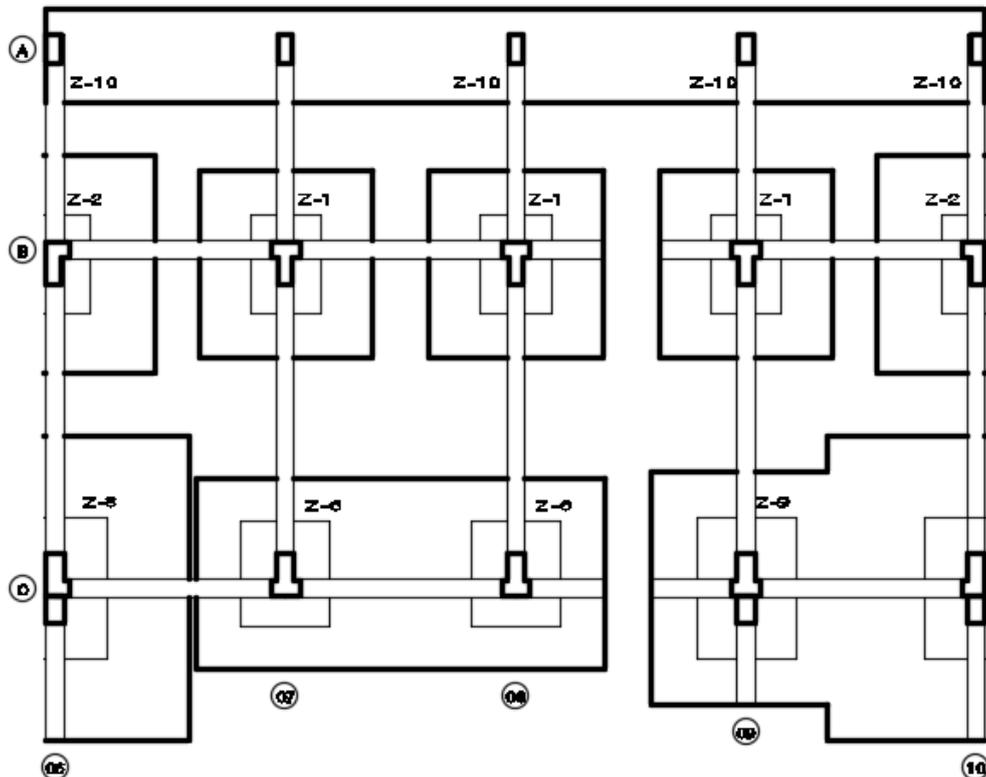
$$|\delta_i| = [\bar{\delta}_{jl}]^T \cdot |q_i| \quad (5)$$

La ecuación (5) es denominada como ecuación matricial de asentamientos (EMA).

$$\begin{vmatrix} \delta_1 \\ \vdots \\ \delta_N \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\delta}_{11} & \dots & \bar{\delta}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{\delta}_{N1} & \dots & \bar{\delta}_{NN} \end{bmatrix} \cdot \begin{vmatrix} q_1 \\ \vdots \\ q_N \end{vmatrix} \quad (6)$$

APLICACIÓN AL BLOQUE II ESTADIO UNA-PUNO

Figura 2: Bloque II Estadio UNA - Puno.



Fuente: OAC. UNA - Puno.

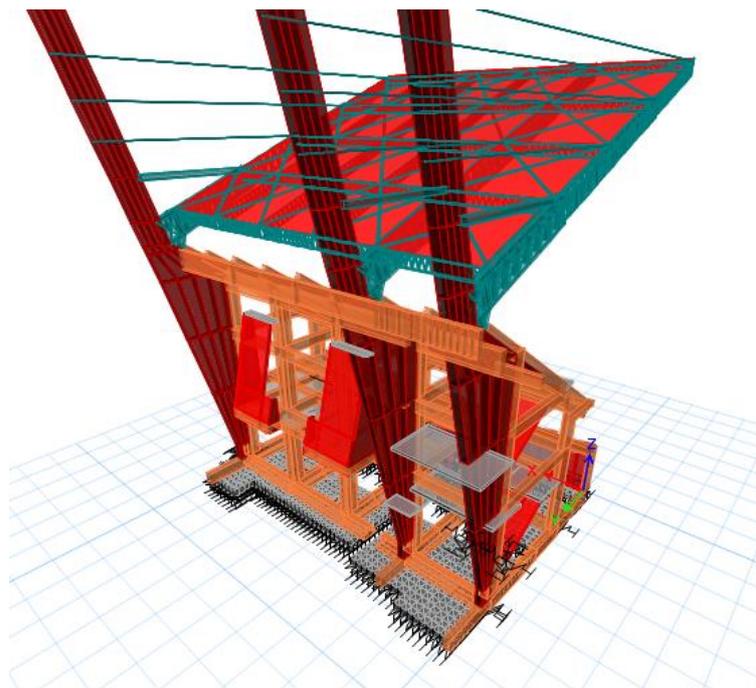
PASO 1:

De la figura 2, determinamos el número de apoyos de la estructura; $N=15$.

PASO 2:

Calculamos las reacciones en la base de la estructura, para lo cual se realiza el análisis estructural por el método de elementos finitos en 3D; dibujando el modelo estructural de la edificación en Etabs V16, como se puede apreciar en la figura (3).

Figura 3: Modelo estructural Bloque II Estadio UNA - Puno.

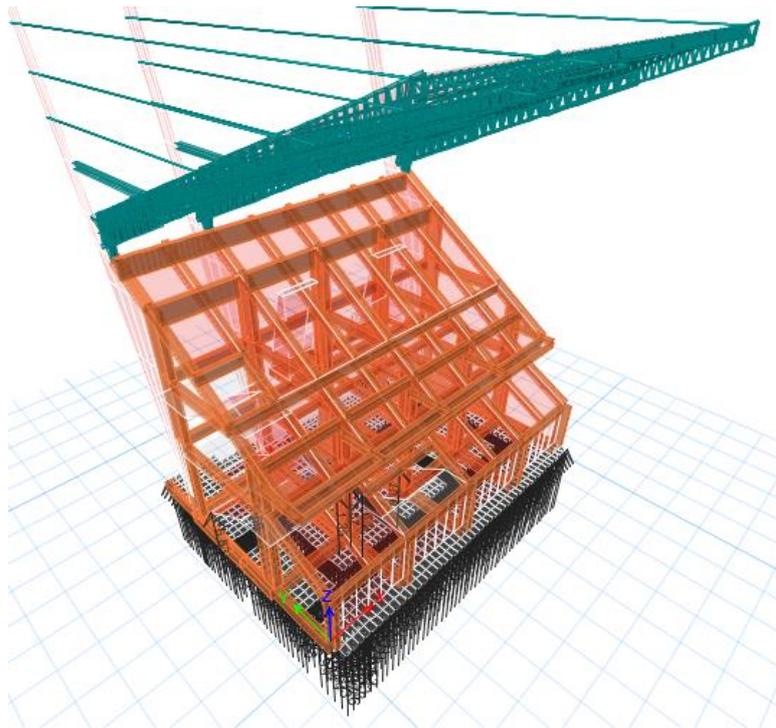


Fuente: Elaboración Propia.

Reacciones (q_i) en la base:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1.- Eje 6A: 3.85 tonf/m ² | 9.- Eje 9B: 9.04 tonf/m ² |
| 2.- Eje 7A: 2.72 tonf/m ² | 10.- Eje 10B: 11.11 tonf/m ² |
| 3.- Eje 8A: 3.76 tonf/m ² | 11.- Eje 6C: 8.30 tonf/m ² |
| 4.- Eje 9A: 3.59 tonf/m ² | 12.- Eje 7C: 8.62 tonf/m ² |
| 5.- Eje 10A: 7.66 tonf/m ² | 13.- Eje 8C: 6.16 tonf/m ² |
| 6.- Eje 6B: 4.44 tonf/m ² | 14.- Eje 9C: 13.09 tonf/m ² |
| 7.- Eje 7B: 7.96 tonf/m ² | 15.- Eje 10C: 13.78 tonf/m ² |
| 8.- Eje 8B: 9.39 tonf/m ² | |

Figura 4: Reacción del suelo, Bloque II Estadio UNA - Puno.

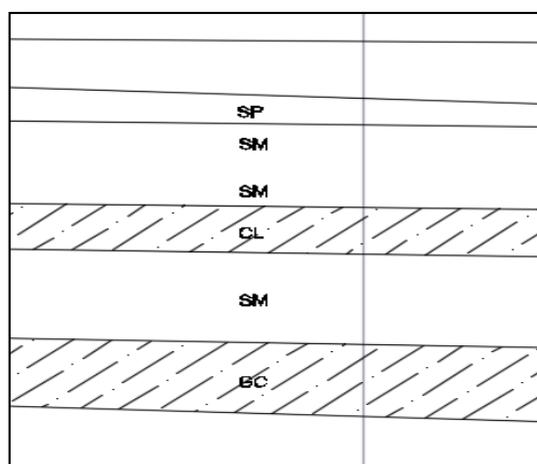


Fuente: Elaboración Propia.

PASO 3:

Definimos los estratos del suelo en los cuales va existir asentamiento debajo de cada zapata para evaluar su asentamiento total $\bar{\delta}_{ij}$.

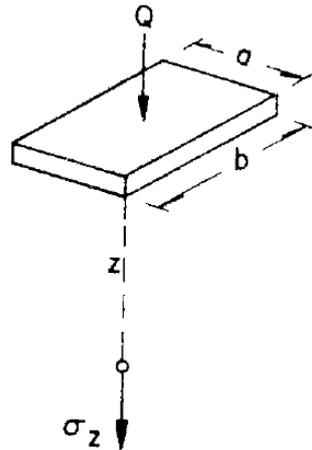
Figura 5: Estrato del suelo eje 6A, Bloque II Estadio UNA - Puno.



Fuente: Elaboración Propia.

PASO 4:

Calculamos la variación de presión en cada punto de interés para calcular los asentamientos producidos por la presencia de la estructura y la cimentación.



Para ello utilizamos la ecuación de Boussinesq.

$$\sigma_z = \frac{Q}{z^3} \frac{3}{2\pi} \left[\frac{1}{1 + (r/z)^2} \right]^{5/2}$$

Suponiendo que la carga se encuentra uniformemente repartida en un área rectangular, la presión a una profundidad z bajo una esquina del área cargada puede obtenerse integrando la ecuación anterior el cual conduce a la fórmula de Newmark.

$$\sigma_z = \frac{Q}{A} I_\sigma$$

donde

$$I_\sigma = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2mn(m^2 + n^2 + 1)^{1/2}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \cdot \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} + \text{ang tan} \frac{2mn(m^2 + n^2 + 1)^{1/2}}{m^2 + n^2 - m^2n^2 + 1} \right]$$

Siendo: $m=b/z$ y $n=a/z$.

PASO 4:

Calculamos los asentamientos δ_{ij} producidos por consolidación en cada punto de análisis utilizando las siguientes formulas:

$$\delta H = \frac{e_m - e}{1 + e_m} H$$

Dónde: H, espesor del estrato y δH su consolidación.

PASO 4:

Con los datos anteriores procedemos a ensamblar la ecuación matricial de asentamientos (EMA)

Bloque II Estadio UNA-Puno.

δ_1	$\bar{\delta}_{11}$	$\bar{\delta}_{12}$	$\bar{\delta}_{13}$	$\bar{\delta}_{14}$	$\bar{\delta}_{15}$	$\bar{\delta}_{16}$	$\bar{\delta}_{17}$	$\bar{\delta}_{18}$	$\bar{\delta}_{19}$	$\bar{\delta}_{110}$	$\bar{\delta}_{111}$	$\bar{\delta}_{112}$	$\bar{\delta}_{113}$	$\bar{\delta}_{114}$	$\bar{\delta}_{115}$	3.85
δ_2	$\bar{\delta}_{21}$	$\bar{\delta}_{22}$	$\bar{\delta}_{23}$	$\bar{\delta}_{24}$	$\bar{\delta}_{25}$	$\bar{\delta}_{26}$	$\bar{\delta}_{27}$	$\bar{\delta}_{28}$	$\bar{\delta}_{29}$	$\bar{\delta}_{210}$	$\bar{\delta}_{211}$	$\bar{\delta}_{212}$	$\bar{\delta}_{213}$	$\bar{\delta}_{214}$	$\bar{\delta}_{215}$	2.72
δ_3	$\bar{\delta}_{31}$	$\bar{\delta}_{32}$	$\bar{\delta}_{33}$	$\bar{\delta}_{34}$	$\bar{\delta}_{35}$	$\bar{\delta}_{36}$	$\bar{\delta}_{37}$	$\bar{\delta}_{38}$	$\bar{\delta}_{39}$	$\bar{\delta}_{310}$	$\bar{\delta}_{311}$	$\bar{\delta}_{312}$	$\bar{\delta}_{313}$	$\bar{\delta}_{314}$	$\bar{\delta}_{315}$	3.76
δ_4	$\bar{\delta}_{41}$	$\bar{\delta}_{42}$	$\bar{\delta}_{43}$	$\bar{\delta}_{44}$	$\bar{\delta}_{45}$	$\bar{\delta}_{46}$	$\bar{\delta}_{47}$	$\bar{\delta}_{48}$	$\bar{\delta}_{49}$	$\bar{\delta}_{410}$	$\bar{\delta}_{411}$	$\bar{\delta}_{412}$	$\bar{\delta}_{413}$	$\bar{\delta}_{414}$	$\bar{\delta}_{415}$	3.59
δ_5	$\bar{\delta}_{51}$	$\bar{\delta}_{52}$	$\bar{\delta}_{53}$	$\bar{\delta}_{54}$	$\bar{\delta}_{55}$	$\bar{\delta}_{56}$	$\bar{\delta}_{57}$	$\bar{\delta}_{58}$	$\bar{\delta}_{59}$	$\bar{\delta}_{510}$	$\bar{\delta}_{511}$	$\bar{\delta}_{512}$	$\bar{\delta}_{513}$	$\bar{\delta}_{514}$	$\bar{\delta}_{515}$	7.66
δ_6	$\bar{\delta}_{61}$	$\bar{\delta}_{62}$	$\bar{\delta}_{63}$	$\bar{\delta}_{64}$	$\bar{\delta}_{65}$	$\bar{\delta}_{66}$	$\bar{\delta}_{67}$	$\bar{\delta}_{68}$	$\bar{\delta}_{69}$	$\bar{\delta}_{610}$	$\bar{\delta}_{611}$	$\bar{\delta}_{612}$	$\bar{\delta}_{613}$	$\bar{\delta}_{614}$	$\bar{\delta}_{615}$	4.44
δ_7	$\bar{\delta}_{71}$	$\bar{\delta}_{72}$	$\bar{\delta}_{73}$	$\bar{\delta}_{74}$	$\bar{\delta}_{75}$	$\bar{\delta}_{76}$	$\bar{\delta}_{77}$	$\bar{\delta}_{78}$	$\bar{\delta}_{79}$	$\bar{\delta}_{710}$	$\bar{\delta}_{711}$	$\bar{\delta}_{712}$	$\bar{\delta}_{713}$	$\bar{\delta}_{714}$	$\bar{\delta}_{715}$	7.96
δ_8	$\bar{\delta}_{81}$	$\bar{\delta}_{82}$	$\bar{\delta}_{83}$	$\bar{\delta}_{84}$	$\bar{\delta}_{85}$	$\bar{\delta}_{86}$	$\bar{\delta}_{87}$	$\bar{\delta}_{88}$	$\bar{\delta}_{89}$	$\bar{\delta}_{810}$	$\bar{\delta}_{811}$	$\bar{\delta}_{812}$	$\bar{\delta}_{813}$	$\bar{\delta}_{814}$	$\bar{\delta}_{815}$	9.39
δ_9	$\bar{\delta}_{91}$	$\bar{\delta}_{92}$	$\bar{\delta}_{93}$	$\bar{\delta}_{94}$	$\bar{\delta}_{95}$	$\bar{\delta}_{96}$	$\bar{\delta}_{97}$	$\bar{\delta}_{98}$	$\bar{\delta}_{99}$	$\bar{\delta}_{910}$	$\bar{\delta}_{911}$	$\bar{\delta}_{912}$	$\bar{\delta}_{913}$	$\bar{\delta}_{914}$	$\bar{\delta}_{915}$	9.04
δ_{10}	$\bar{\delta}_{101}$	$\bar{\delta}_{102}$	$\bar{\delta}_{103}$	$\bar{\delta}_{104}$	$\bar{\delta}_{105}$	$\bar{\delta}_{106}$	$\bar{\delta}_{107}$	$\bar{\delta}_{108}$	$\bar{\delta}_{109}$	$\bar{\delta}_{1010}$	$\bar{\delta}_{1011}$	$\bar{\delta}_{1012}$	$\bar{\delta}_{1013}$	$\bar{\delta}_{1014}$	$\bar{\delta}_{1015}$	11.11
δ_{11}	$\bar{\delta}_{111}$	$\bar{\delta}_{112}$	$\bar{\delta}_{113}$	$\bar{\delta}_{114}$	$\bar{\delta}_{115}$	$\bar{\delta}_{116}$	$\bar{\delta}_{117}$	$\bar{\delta}_{118}$	$\bar{\delta}_{119}$	$\bar{\delta}_{1110}$	$\bar{\delta}_{1111}$	$\bar{\delta}_{1112}$	$\bar{\delta}_{1113}$	$\bar{\delta}_{1114}$	$\bar{\delta}_{1115}$	8.30
δ_{12}	$\bar{\delta}_{121}$	$\bar{\delta}_{122}$	$\bar{\delta}_{123}$	$\bar{\delta}_{124}$	$\bar{\delta}_{125}$	$\bar{\delta}_{126}$	$\bar{\delta}_{127}$	$\bar{\delta}_{128}$	$\bar{\delta}_{129}$	$\bar{\delta}_{1210}$	$\bar{\delta}_{1211}$	$\bar{\delta}_{1212}$	$\bar{\delta}_{1213}$	$\bar{\delta}_{1214}$	$\bar{\delta}_{1215}$	8.62
δ_{13}	$\bar{\delta}_{131}$	$\bar{\delta}_{132}$	$\bar{\delta}_{133}$	$\bar{\delta}_{134}$	$\bar{\delta}_{135}$	$\bar{\delta}_{136}$	$\bar{\delta}_{137}$	$\bar{\delta}_{138}$	$\bar{\delta}_{139}$	$\bar{\delta}_{1310}$	$\bar{\delta}_{1311}$	$\bar{\delta}_{1312}$	$\bar{\delta}_{1313}$	$\bar{\delta}_{1314}$	$\bar{\delta}_{1315}$	6.16
δ_{14}	$\bar{\delta}_{141}$	$\bar{\delta}_{142}$	$\bar{\delta}_{143}$	$\bar{\delta}_{144}$	$\bar{\delta}_{145}$	$\bar{\delta}_{146}$	$\bar{\delta}_{147}$	$\bar{\delta}_{148}$	$\bar{\delta}_{149}$	$\bar{\delta}_{1410}$	$\bar{\delta}_{1411}$	$\bar{\delta}_{1412}$	$\bar{\delta}_{1413}$	$\bar{\delta}_{1414}$	$\bar{\delta}_{1415}$	13.09
δ_{15}	$\bar{\delta}_{151}$	$\bar{\delta}_{152}$	$\bar{\delta}_{153}$	$\bar{\delta}_{154}$	$\bar{\delta}_{155}$	$\bar{\delta}_{156}$	$\bar{\delta}_{157}$	$\bar{\delta}_{158}$	$\bar{\delta}_{159}$	$\bar{\delta}_{1510}$	$\bar{\delta}_{1511}$	$\bar{\delta}_{1512}$	$\bar{\delta}_{1513}$	$\bar{\delta}_{1514}$	$\bar{\delta}_{1515}$	13.78