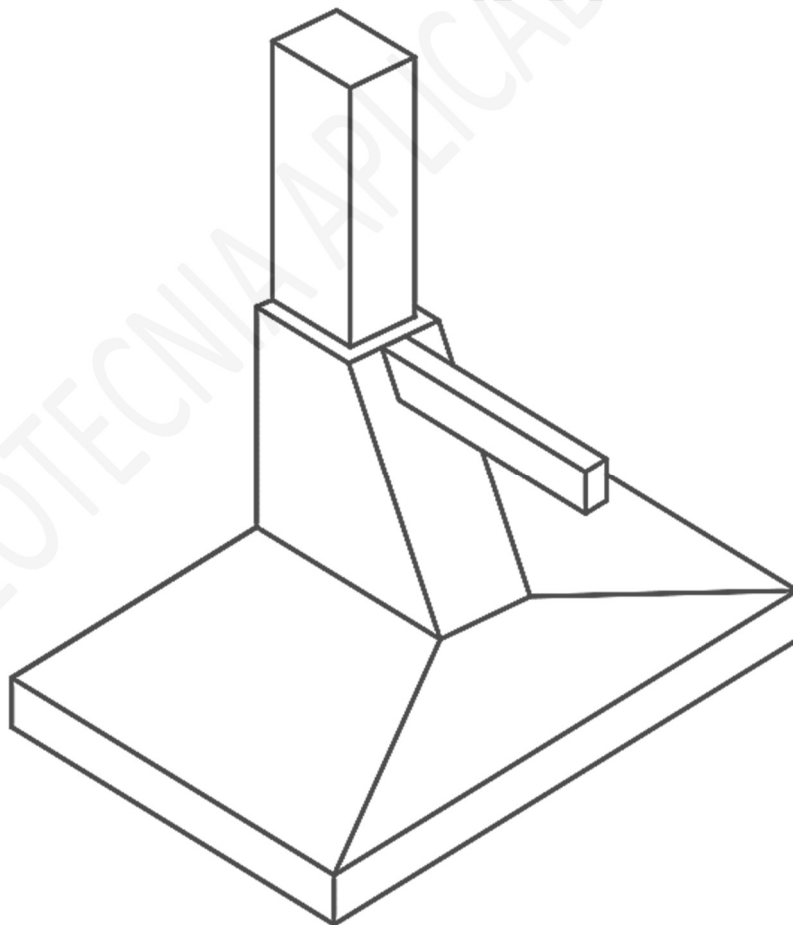
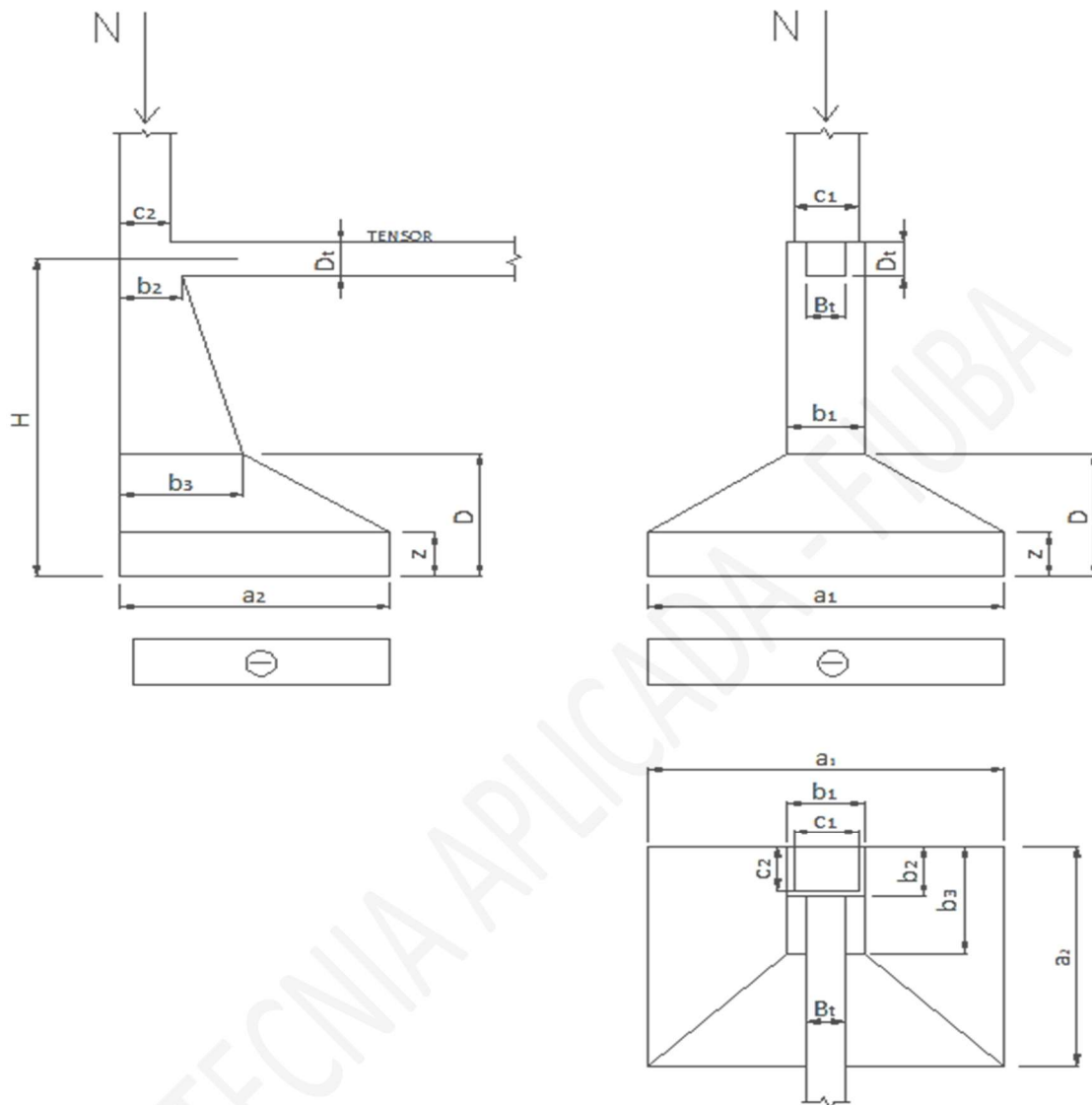


FUNDACIONES SUPERFICIALES

BASE EXCÉNTRICA CON TENSOR



BASE EXCÉNTRICA CON TENSOR



Con el objetivo de controlar las deformaciones en el tensor y limitar los giros en la columna, este tipo de fundaciones se recomienda no implementar cuando la carga de las columnas supera las 120 ton (en servicio).

1. GEOMETRÍA DE LA BASE

Se asumen como válidas las hipótesis de Winkler para pequeñas deformaciones de que el suelo es elástico y lineal. El área necesaria de la base será estimada a partir de las cargas de servicio y de la tensión admisible del terreno mediante la siguiente expresión:

$$A_{nec} = \frac{1,1 \cdot N_t}{\sigma_{adm}}$$

$$a_1 \cdot a_2 = A_{adop} \geq A_{nec}$$

Con respecto a la relación de lados, resulta conveniente que la base tenga la menor dimensión posible en la dirección perpendicular al eje medianero. Sin embargo, para no tener que aumentar excesivamente la altura de la base manteniendo las condiciones de rigidez, se recomienda que la relación de lados sea menor a 2.

La relación entre las rigideces de la columna y la base puede expresarse como:

$$\beta = \frac{36 E_{col} J_{col}}{k h a_1 a_2^3}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{a_1 a_2} \cdot \left(1 \pm \frac{3(a_2 - c_2)}{a_2(1 + \beta)} \right) \quad T = \frac{N}{2H} \cdot \frac{(a_2 - c_2)}{(1 + \beta)}$$

Si se logra un β infinito, las tensiones en el terreno serán uniformes y el esfuerzo en el tensor será mínimo. Para lograrlo se proponen dos soluciones que pueden aplicarse simultáneamente:

- **Aumentar la rigidez de la columna:** Se incrementa el valor del fuste hasta alcanzar b_3 que, como puede observarse, aumentará en gran medida el valor J_{col} .
- **Disminuir a_2**

Una vez determinados los lados de la base, se procede a calcular las restantes dimensiones.

Para que la base efectivamente cumpla con las hipótesis de que la tensión del terreno es uniforme en toda su extensión, es preciso que la base sea rígida. Para eso debe cumplirse la siguiente condición:

$$D = \max (D_1 ; D_2)$$

$$D_1 = \frac{a_1 - b_1}{3} ; D_2 = \frac{a_2 - b_3}{1,5}$$

Como para calcular D es necesario conocer el valor de b_3 y viceversa, el proceso resulta iterativo. A saber,

$$D_s = \frac{a_1 - b_1}{3}$$

$$b_3 = c_2 + \frac{(H - D_s)}{H} \cdot e$$

$$D_2 = \frac{a_2 - b_3}{1,5}$$

$$D = \max (D_1 ; D_2)$$

En caso que $D_2 > D_1$, será necesario realizar una nueva iteración tomando como valor semilla (D_s) el valor calculado. "H" es la distancia entre el baricentro del tensor y el plano de fundación, es decir, la superficie inferior de la base.

El parámetro b_3 se obtiene por semejanza de triángulos y es así para que se pueda desarrollar la biela de compresión entre la columna y la base. En cierta forma, podría decirse que "une" la carga N y la reacción de la base R .

- Dimensiones del fuste: $b_1 = c_1 + r_b$; $b_2 = c_2 + \frac{r_b}{2}$
- Altura del zócalo: $z = \max \left[25 \text{ cm} ; \frac{D}{5} \right]$

Cabe destacar que la metodología aquí presentada tiene como premisa la distribución lineal de tensiones en el terreno. La expresión definida para la determinación de la altura de la base asegura una base suficientemente rígida y, por ende, una distribución aproximadamente lineal de presiones. Por otra parte, respetando la expresión anterior (Altura de base) se asegura la seguridad a la falla por punzonado.

Alturas de base menores podrán adoptarse siempre y cuando se verifique la distribución de presiones de contacto en el terreno y fallas en la fundación por corte (punzonado).

2. VERIFICACIONES DE ESTABILIDAD GLOBAL

La excentricidad será: $e = (a_2 - c_2)/2$

Se recomienda que: $e \leq H/4$

Se calcula el esfuerzo ' T_s ' de servicio en el tensor:

$$F_t = T_s = \frac{N_s \cdot e}{H}$$

Se deberá verificar el deslizamiento comparando la fuerza producida por la fricción entre el suelo y la base con el esfuerzo del tensor:

$$\mu \cdot N_t \geq v_d \cdot T_s$$

$$v_d = 1,50$$

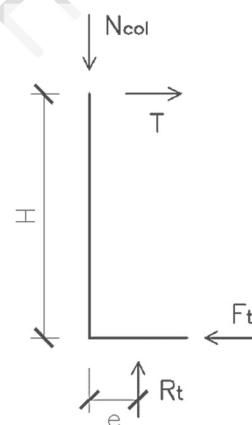
Conocido el coeficiente de fricción interna del suelo de ϕ , es posible estimar el coeficiente de rozamiento entre el suelo y la base como:

$$\mu = \text{tg} \left(\frac{3}{4} \phi \right)$$

3. DISEÑO DE REFUERZOS ESTRUCTURALES

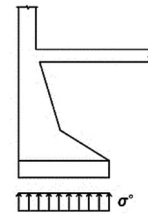
El diseño de los refuerzos estructurales se efectuará mediante los estados límites últimos de cargas. Las cargas y combinaciones de carga respetarán en todo momento lo establecido por el reglamento CIRSOC 201-2005.

Las tensiones en las armaduras se determinarán mediante el método de líneas de rotura, cabe destacar que, debido al procedimiento constructivo, el peso propio de la base no genera tensiones en las armaduras y por ende no se deberá tener en cuenta para el diseño de los refuerzos estructurales.



- Cálculo de tensión “última” en el terreno (uniforme):

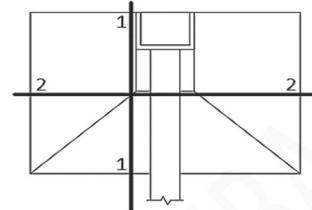
$$\sigma^o = \frac{N_u}{a_1 \cdot a_2}$$



- Determinación de los momentos respecto de cada una de las líneas de rotura:

$$M_{LR1} = \frac{(a_1 - b_1)^2}{8} \cdot a_2 \cdot \sigma^o$$

$$M_{LR2} = \frac{(a_2 - b_3)^2}{2} \cdot a_1 \cdot \sigma^o$$



Una vez determinados los momentos en las líneas de rotura se dimensionará a flexión simple cada una de las secciones transversales de la base determinando los refuerzos para cada dirección.

Expresión simplificada para el cálculo de los refuerzos estructurales en elementos flexionados:

$$A_s = \frac{1,20 \cdot M}{0,80 \cdot h \cdot \phi \cdot f_y}$$

Respecto del fuste, este deberá diseñarse a flexión compuesta con las solicitaciones últimas de diseño. Se tomará como base de cálculo a la sección media de este. Se recuerda que el reglamento CIRSOC 201-2005 permite analizar los elementos comprimidos a partir de la sección “estáticamente necesaria” o “área efectiva reducida” (Cap. 10.8.4).

Finalmente se deberán calcular los refuerzos estructurales del tensor.

$$T_u = \frac{N_u \cdot e}{H}$$

Las dimensiones del tensor se obtendrán a partir de las siguientes recomendaciones:

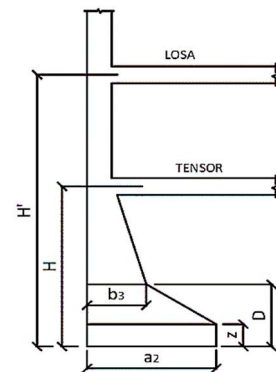
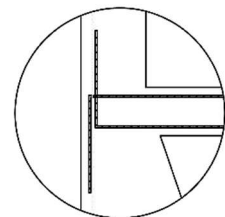
- Altura del tensor: $D_T = \frac{L}{10} \text{ o } \frac{L}{20}$
- Ancho del tensor: $B_T = 2 \cdot r_b + 2 \cdot \phi_{et} + n_b \cdot \phi_b + (n - 1) \cdot s_b$

El ancho del tensor debe ser menor al lado b_1 del fuste para anclar las armaduras dentro de este. Si no se cumple, deberán adoptarse menos barras de mayor diámetro para disminuir el ancho necesario. También debe poder anclarse en la columna a la cual llega el tensor. Se recomienda adoptar medidas múltiplo de 5 cm. Se deberá verificar una deformación admisible en servicio compatible con la estructura. Para ello, se propone la siguiente verificación:

$$\Delta L_{max} = \frac{H'}{1000}$$

NOTA: H' es la distancia desde la superficie inferior de la base hasta el baricentro de la primera losa por sobre el nivel de fundación.

DETALLE DE ANCLAJE DE LA ARMADURA DEL TENSOR



La deformación del tensor será:

$$\Delta L = \frac{L \cdot T_s}{E_s \cdot A_{stadop}} \leq \Delta L_{max}$$

NOTAS:

- En caso de no verificar, debe aumentarse la armadura del tensor de forma de disminuir la deformación de este.
- Para que la base con tensor funcione correctamente, es necesario que la base a la que llega el tensor sea realmente capaz de resistir el momento generado por el mismo además del proveniente de la columna que llega a dicha base. Es por eso que vale la pena recordar que **debe verificarse la base a la que llega el tensor**.
- El tensor no es necesariamente un elemento estructural adicional, sino que puede ser una losa a la cual se le agregan refuerzos adicionales de forma tal que pueda tomar la componente de tracción a la cual la solicita la rotación de la base.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento CIRSOC 201-2005
- Cálculo de estructuras de cimentación - J. Calavera
- Principio de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das
- Curso aplicado de Cimentaciones – J. Ortiz, J. Gesta, C. Mazo
- Geotecnia y Cimientos – Jimenez Salas
- Foundation Analysis and Design – Bowles