



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**



ANEXO 1: CÁCULOS

ANEXO 1: CÁLCULOS.....	1
1 COMPROBACIONES CIMENTACIÓN	3
1.1 COMPROBACIÓN A VUELCO DE LA CIMENTACIÓN	3
1.2 COMPROBACIÓN DE LA CIMENTACIÓN FRENTE A DESLIZAMIENTO	3
1.3 COMPROBACIÓN DE LA CIMENTACIÓN FRENTE A HUNDIMIENTO	4
2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA INTERNA DEL PARQUE	6
2.1 VOLUMEN DE EXCAVACIÓN DE ZANJAS	6
2.2 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DEL CABLE	6
<i>Tres líneas de media tensión:.....</i>	<i>7</i>

1 COMPROBACIONES CIMENTACIÓN

1.1 COMPROBACIÓN A VUELCO DE LA CIMENTACIÓN

El factor de seguridad frente al vuelco se define como el cociente entre el sumatorio de momentos estabilizadores y el sumatorio de momentos de vuelco.

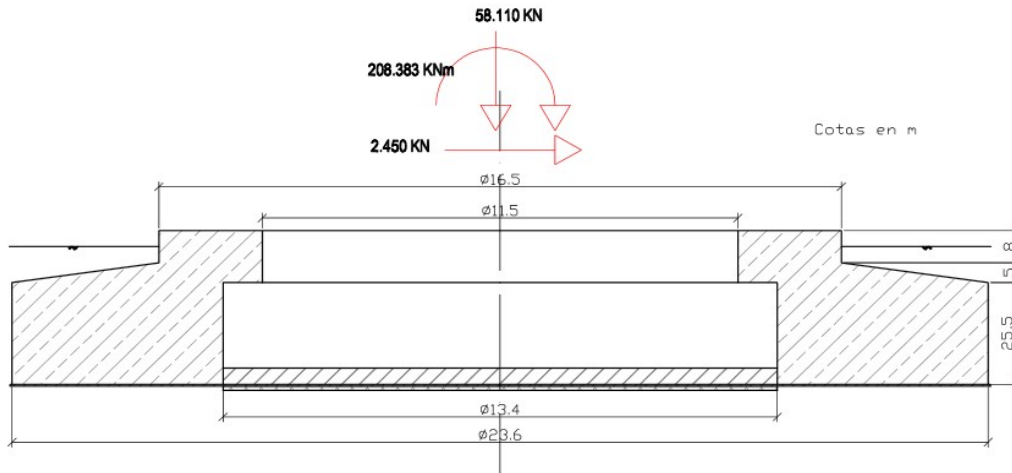


Ilustración 1. Sección de la cimentación

$$Fv = \frac{\sum M_{est.}}{\sum M_{vuel.}} = \frac{58.110 \times 11.80}{208.383} = 3.29 > 2$$

El factor de seguridad es mayor de dos, por lo que la cimentación cumple.

1.2 COMPROBACIÓN DE LA CIMENTACIÓN FRENTE A DESLIZAMIENTO

No es necesario comprobar el fallo por deslizamiento en aquellas cimentaciones en las que la resultante de las cargas actuantes tiene una inclinación máxima, medida respecto a la normal al plano de cimentación, que sea, en cualquier situación, inferior al 20% ($\tan \delta < 0,20$).

$$\tan \delta = \frac{H}{V}$$

Dónde:

V= Resultante vertical efectiva

H= Resultante de las fuerzas horizontales que actúan sobre el plano de cimentación.

$$\tan \delta = \frac{2450}{58110} = 0.042$$

Como $\tan \delta$ es menos de 0.20, no es necesario comprobar el fallo.

1.3 COMPROBACIÓN DE LA CIMENTACIÓN FRENTE A HUNDIMIENTO

En este caso tenemos dos supuestos:

1. Cimentación sobre arcillas
2. Cimentación sobre calizas

Supuesto 1: ARCILLAS

Cohesión= 10

Ángulo de rozamiento $\phi=25^\circ$

Peso específico $\gamma=18 \text{ KN/m}^3$

- *Coeficiente de seguridad frente a hundimiento:* al tratarse de una cimentación en terreno cohesivo, el cálculo de coeficiente de seguridad frente a hundimiento se debe calcular a corto y a largo plazo.

Corto plazo

El cálculo de la carga de hundimiento a corto plazo se debe realizar en totales. Aplicando la fórmula de Brinch-Hansen, la carga de hundimiento total se puede obtener con la siguiente expresión:

$$q_h = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \cdot N_\gamma \cdot B' \cdot \gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

En arcillas a corto plazo el ángulo de rozamiento es 0.

- Presión transmitida

$$Q_v = 58.110 \text{ KN}$$

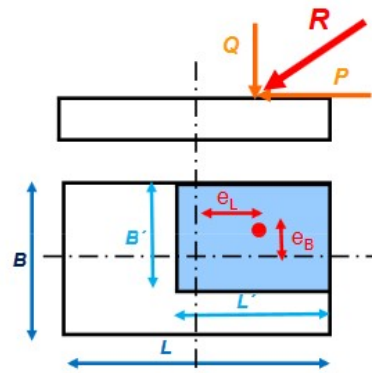
$$Q'_v = 58.110 \text{ KN}$$

$$Q_H = 2.450 \text{ KN}$$

- Presión total: $q = 3,45 \cdot 18 = 62,1 \text{ KN}$
- Presión intersticial: $u=0$
- Presión efectiva: $q' = q - u = 62,1 \text{ KN}$
- Excentricidad:

$$e = \frac{M}{Q'} = \frac{208.383}{58.110} = 3,586 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e$$



$$L' = L - 2e$$

Al tratarse de una zapata circular $B' = L' = \text{diámetro de la cimentación}$.

Por lo que el diámetro eficaz es:

$$23,6\text{m} - 2 \cdot 3,586 = 16,43 \text{ m}$$

Para $\phi=0$ nos encontramos que:

- Factores de capacidad de carga

$$N_q = 1$$

$$N_c = 5.14$$

$$N_\gamma = 0$$

- Factores de forma

$$S_q = 1$$

$$S_c = 1 + 0.2 \frac{B'}{L'} = 1.2$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'} = 0.6$$

- Factores de inclinación

$$i_q = 1$$

$$i_c = 1 - \frac{F_{xy}}{c \cdot B' \cdot L' \cdot N_c} = 0.82$$

$$i_\gamma = 1$$

- Factores de profundidad

En general, el efecto de la profundidad en cimentación superficial se considera despreciable, por lo que:

$$d_q = d_c = d_\gamma = 1$$

Sustituyendo en la fórmula de Brinch-Hansen nos queda que la carga de hundimiento a corto plazo es:

$$q_h = 62,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 10 \cdot 5,14 \cdot 1,2 \cdot 0,82 \cdot 1 = 112,67 \text{ KN/m}^2$$

$$q_t = \frac{Q_v}{A'} = \frac{58110}{\pi \cdot 8,21^2} = 274,41$$

El coeficiente de seguridad frente a hundimiento se define como:

$F = \frac{q_{hn} - q}{q_t} = \frac{112,67 - 0,1}{274,41 - 62,1} = 0,23 < 1$; por lo que el terreno de arcillas no aguanta la carga de la estructura.

Supuesto 2: CALIZAS

Para calcular la carga de hundimiento se deben realizar los cálculos estipulados por el apartado 4.5.3 Cimentaciones superficiales en roca, de la guía de cimentaciones en obras de carretera.

Dado que no se ha realizado un estudio geotécnico, esta comprobación no se puede realizar.

2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA INTERNA DEL PARQUE

2.1 VOLUMEN DE EXCAVACIÓN DE ZANJAS

Nº de zanjas	Anchura (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Total m3
3	0,35	0,8	100	84
1	0,35	0,8	352,5	98,7
1	0,35	0,9	352,5	111,0375
1	0,5	0,9	320	144
TOTAL				437,7375

Tabla 1. Tramos de zanjas

2.2 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DEL CABLE.

En líneas de MT, la MT2.31.01 de Iberdrola, sólo considera cables de media tensión de aluminio aislados con HEPR de tres secciones distintas.

Para el cálculo de la sección, en primer lugar obtenemos la Intensidad, sabiendo que se tiene un circuito en paralelo, por lo que la intensidad total será la suma de cada tramo que es lo mismo que multiplicar por el número de aerogeneradores conectados al conductor. La fórmula utilizada para corriente alterna trifásica es la siguiente:

$$Intensidad(A) = n^{\circ} \text{ de aerogeneradores} \times \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi \times \eta}$$

Donde P es la potencia máxima del aerogenerador (W), U es la tensión (V), $\cos \varphi$ es el factor de potencia y η es el rendimiento.

Con la intensidad calculada anteriormente y la tabla que se muestra a continuación se obtiene la sección en mm² de cada tramo de cable:

Sección nominal de los conductores mm ²	Intensidades 3 Unipolares
150	255
240	345
400	450

Tabla 2: Intensidad máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables sunipolares aislados con conductores de aluminio de hasta 18/30kV, bajo tubo.

Una vez calculada la sección, se obtiene la caída de tensión que habitualmente se considera que tiene que ser inferior al 5%, mediante la fórmula de la sección, pero despajada la caída de tensión:

$$\text{Caída de Tensión}(\%) = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi \times \rho}{U \times S} \times 100 < 5\%$$

Donde L es la longitud del cable, I la intensidad calculada, $\cos \varphi$ el factor de potencia, ρ la resistividad del aluminio (0,0283 Ω mm² / m), U la tensión del cable y S la sección calculada.

A continuación, se procede al cálculo de las dos alternativas planteadas. Los datos que se necesitan para realizar los cálculos son:

$$P = 4.200\text{kW} = 4.200.000\text{W}$$

$$U = 20.000\text{V}$$

$$\cos \varphi = 1 \text{ (para obtener la sección mínima)}$$

$$\eta = 100\% \text{ (en la potencia del aerogenerador ya vienen descontadas sus disminuciones).}$$

Tres líneas de media tensión:

$$\text{Intensidad} = \frac{4.200.000}{\sqrt{3} \times 20.000 \times 1 \times 1} = 121,24\text{A}$$

Según la tabla anterior la sección es de 150mm². Como la intensidad va a ser igual en los 3 tramos, lo que nos va a variar es la caída de tensión.

- Para tramo 420m

$$\text{Caída de Tensión}(\%) = \frac{\sqrt{3} \times 420 \times 121,24 \times 1 \times 0,0283}{20.000 \times 150} \times 100 = 0,083\% < 5\%$$

- Para el tramo de 770m:

$$\text{Caída de Tensión}(\%) = \frac{\sqrt{3} \times 770 \times 121,24 \times 1 \times 0,0283}{20.000 \times 150} \times 100 = 0,152\% < 5\%$$

- Para el tramo de 1.125m:

$$\text{Caída de Tensión}(\%) = \frac{\sqrt{3} \times 1125 \times 121,24 \times 1 \times 0,0283}{20.000 \times 150} \times 100 = 0,22\% < 5\%$$