



LA009 Cimentación de postes

NORMA TÉCNICA

Revisión #:	Entrada en vigencia:
3	20 Diciembre 2023



Esta información ha sido extractada de la plataforma Likinormas de Enel colombia en donde se encuentran las normas y especificaciones técnicas. Consulte siempre la versión actualizada en <https://liki.appsmccann.com>





1 GENERALIDADES

La presente norma contiene las dimensiones y características de las cimentaciones para cada poste de acuerdo con el tipo de terreno donde emplazaran.

2 GLOSARIO

BASE (Dp) : Plano o sección transversa extrema en la base inferior del poste

CARGA DE ROTURA : Es aquella que aplicada a 20cm de la cima, produce el Colapso estructural del poste por fluencia del acero, por aplastamiento del concreto o por ambas causas simultaneas.

CARGA DE TRABAJO: Carga mínima real que se puede aplicar al pote, en sentido normal a su eje y a 20 cm de la cima, sin que se presente deformaciones permanentes mayores que el 5% de la deflexión máxima permitida. Debe ser igual al 40% de la carga mínima de rotura.

CIMA: Plano o sección transversal extrema en la parte superior del poste.

CIMENTACIÓN: Obra civil cuya función es transmitir las cargas de los postes al suelo, distribuyéndolas de manera que no superen su presión admisible.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD: Relación entre la carga de rotura mínima y la carga de trabajo especificadas, que para esta norma se establece en 2.5.

ESFUERZO: Intensidad de fuerza por unidad de área.

ESFUERZO ADMISIBLE: Capacidad límite de absorber presiones el suelo, cuando éstas se le suministran por medios externos.

LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO (E): Distancia entre la sección de empotramiento y la base del poste.

LONGITUD DEL POSTE (Lp): Distancia entre la cima y la base del poste.

MOMENTO DE VUELCO: Momento externo que se desarrolla en la base del poste, debido a la carga de trabajo aplicada a 20 cm de la cima del poste.

MOMENTO ESTABILIZADOR: Momento de resistencia al vuelco, producido por el peso de la cimentación y las reacciones del terreno sobre las paredes de la cimentación.

MOMENTO FLECTOR: momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal del poste que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.



PERFIL DE SUELO: Son los diferentes estratos de suelo existentes debajo del sitio de la edificación.

RESISTENCIA: Capacidad de un elemento estructural para soportar las cargas o fuerzas que se le apliquen.

SECCIÓN DE EMPOTRAMIENTO: Plano o sección transversal del poste, a nivel de piso donde se produce el máximo momento flector, por efecto de las cargas de trabajo

3 CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENO

Los tipos de cimentaciones para la presente normativa están de acuerdo con los siguientes tipos de terreno y características:

3.1 Suelos blandos

Corresponde a suelos anegados con nivel freático alto, presencia de suelo vegetal con capa de 50 cm o más, la superficie del fondo de la excavación se puede marcar con el mango de la pala, el material de excavación se puede moldear con facilidad, o suelos sueltos que no permiten mantener las paredes de la excavación.

3.2 Suelos semiblandos

Corresponde a suelos sin presencia de agua en la excavación, que se pueden excavar fácilmente y que los lados de la excavación se mantienen estables, al cortar y al sacar con la paladraga la muestra se desmorona o fluye sin conservar la geometría del corte.

3.3 Suelos semiduros

Corresponde a suelos secos que se componen de arcillo arenoso o arena compacta, permiten el corte manual. Al cortarse con la paladraga permanece el bloque sin desmoronarse.

3.4 Suelos duros

Corresponde a suelos secos compuestos por arenas duras, arenas con gravas consolidadas, rocas, que requieren para su corte equipo de percusión o pesado. Las paredes del corte permanecen estables.

3.5 Propiedades mecánicas de los suelos

Las siguientes son las propiedades mecánicas de los suelos utilizados para el análisis de las cimentaciones:



Clasificación de los suelos	Tipos de suelos	Capacidad portante	Índice de compresibilidad ^[1]	Coefficiente de fricción terreno y concreto	Cohesión	Angulo de fricción
		(kg/cm ²)	(kg/cm ³)	°	(kg/cm ²)	°
Blando	Terrenos muy blandos	0.5 a 0.8	3 a 8	0.3	15 a 25	20
	Arena Fina húmeda					
	Arcilla Blanda					
Semiblandos	Arcilla medio dura seca	0.8 a 1.8	8 a 12	0.4	25 a 50	30
	Arena fina seca					
Semiduro	Arcilla rígida	1.8 a 2.5	12 a 16	0.4	50 a 100	35
	Arena gruesa y pedregullo					
Duro	Arcilla gruesa dura	>2.5	> 16	0.4	>100	40
	Rígido pedregullo y canto rodado					

[1] El índice de compresibilidad se refiere a la profundidad del fondo de la cimentación. Método de Sulzberger, Tadeo Maciejewski, AMIEE.

Aquellas cimentaciones que tengan propiedades del terreno distintas a las anteriores deberán de ser calculadas conforme a sus características particulares.

3.6 Estudios de suelos

Para la selección de cimentaciones, se debe ejecutar un estudio de suelos constituido por sondeos, que permita conocer los parámetros de los suelos implicados en el trazado.

Se deberá presentar un informe en el cual incluirá la información más relevante del estudio de suelos, tal como el perfil estratigráfico, posición del nivel de aguas freáticas, contenido natural de agua, clasificación, pesos unitarios, propiedades de resistencia al corte, deformación, permeabilidad, densidad de compactación de los diferentes materiales obtenidos y un análisis detallado de los resultados de las pruebas con recomendaciones y conclusiones.

El número de sondeos dependerá de las características de cada proyecto y en general se deberán realizar en sitios sobre el alineamiento espaciados mínimo cada 1 km y en cada cambio de dirección.

La exploración de campo se realizará mediante la ejecución de apiques, trincheras, perforaciones profundas estáticas o dinámicas, u otros procedimientos exploratorios reconocidos en la práctica hasta profundidades que permitan definir niveles de fundación óptimos para las cimentaciones de las estructuras de la línea. La profundidad mínima de exploración será de 4.0 m, y podrá ser menor si se encuentra en el sitio explorado roca o un suelo muy compacto. En caso de no encontrarse adecuado el suelo para soportar cimentaciones superficiales, por la presencia de pantanos, suelos de baja compacidad relativa, dunas, etc., el Contratista deberá informar oportunamente a ENEL, para autorizar la exploración a mayores profundidades.



Características y propiedades mecánicas principales de los suelos:

- Peso específico.
- Capacidad portante (presión admisible).
- Coeficientes de compresibilidad (lateral y de fondo) - Sulzberger.
- Coeficiente de fricción entre el suelo y el concreto

Los tipos de suelos deberán ser clasificados como suelos Blando, Semiblandos, Semiduro y Duro, de acuerdo con la Tabla 3 1, teniendo en cuenta como la variable principal el coeficiente de compresibilidad del terreno.

4 TIPOS DE CIMENTACIONES

Las siguientes son los tipos de cimentaciones, dependiendo el material de relleno utilizado en la cimentación y la forma de su sección transversal.

Esquema y nomenclatura general de las cimentaciones es la siguiente:

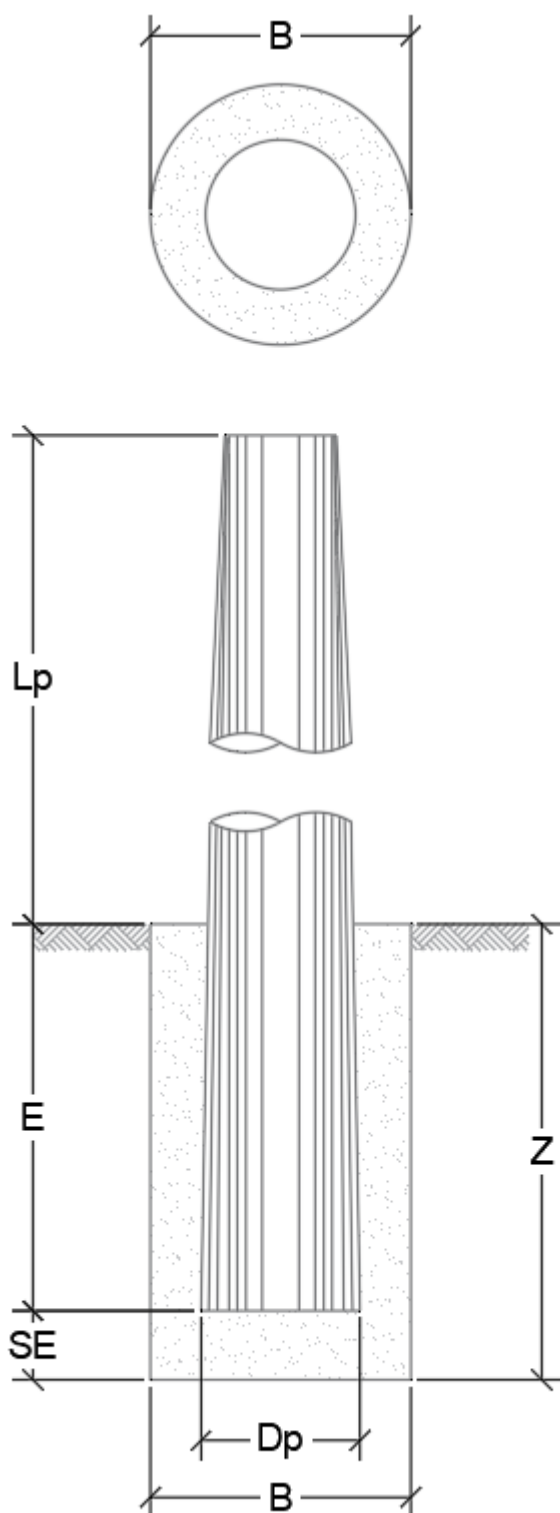


Figura 1 Esquema general cimentaciones

Lp: Longitud del poste

Dp: Diámetro en la base del poste

E: Empotramiento del poste.

B: Diámetro de excavación / cimentación.



SE: Sobre excavación.

Z: Profundidad de excavación.

4.1 Cimentación circular relleno B-200

Este tipo de cimentación comprende el empotramiento directo del poste en el terreno reemplazando el material de terreno natural con material de relleno seleccionado tipo B-200.

Como lo especifica el RETIE, el poste debe ser empotrado a una profundidad igual a 60 cm más el 10% de la longitud del poste y siempre se debe verificar que no presente peligro de volcamiento.



CIMENTACIÓN CIRCULAR RELLENO B-200

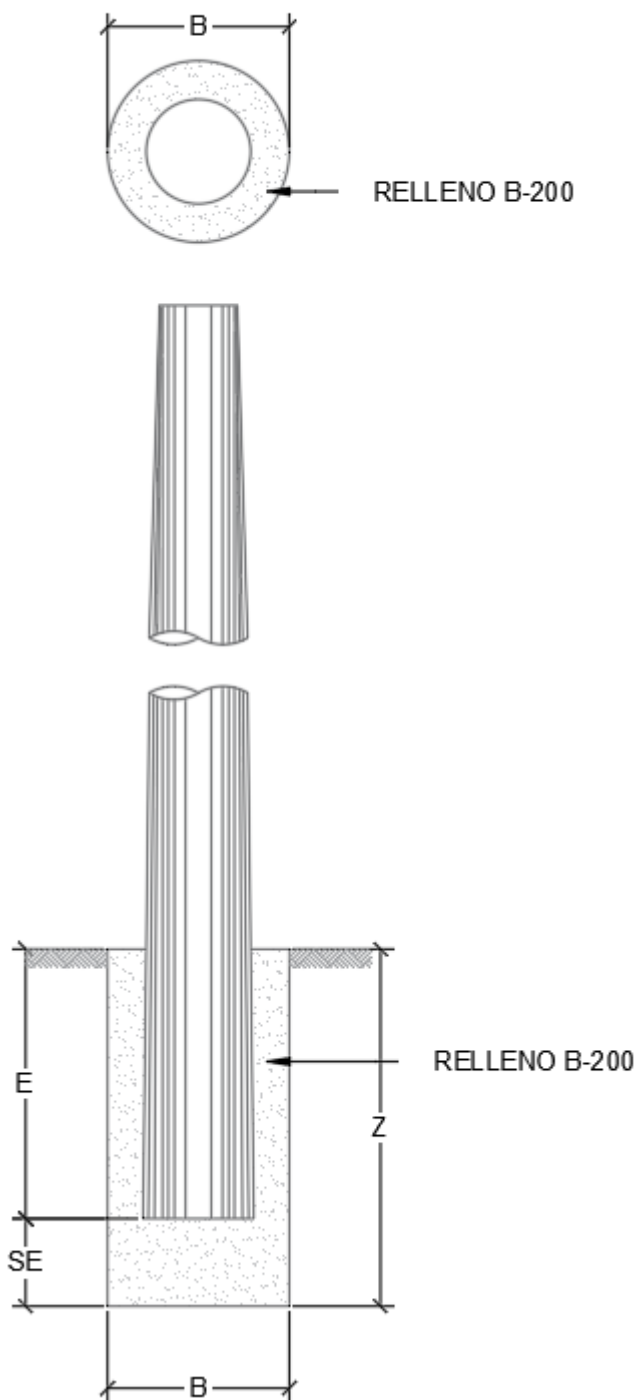


Figura 2 Cimentación circular relleno B-200



4.2 Cimentación cilíndrica relleno en concreto

Cimentación en la que la excavación es circular cilíndrica, en el poste se empotra directamente en el terreno y en el cual el terreno natural excavado se reemplaza por concreto simple (sin acero de refuerzo) para aumentar el área de contacto del poste con el suelo y así aumentar su capacidad al volcamiento.

CIMENTACIÓN CIRCULAR
RELLENO EN CONCRETO

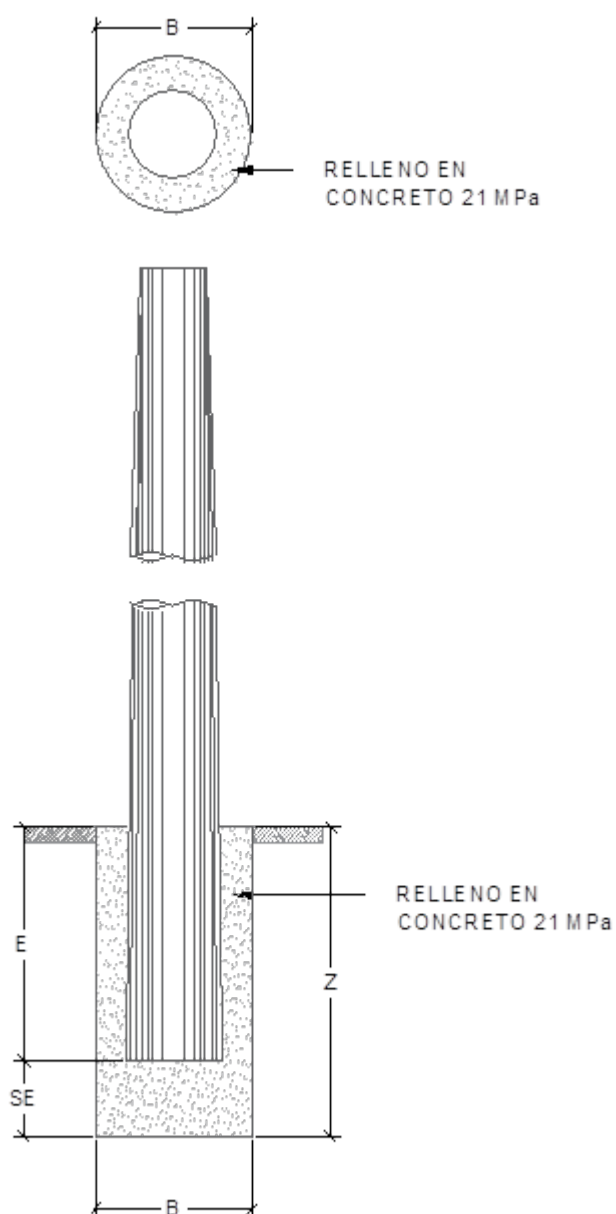


Figura 3 cimentación cilíndrica relleno en concreto



4.3 Cimentación cuadrada relleno en concreto

Cimentación en la que la excavación es cuadrada prismática, el poste se empotra directamente en el terreno y en el cual el terreno natural se remplaza por concreto simple (sin acero de refuerzo), esto con el fin de aumentar el área de contacto del poste con el suelo y así aumentar su capacidad al volcamiento. Esta cimentación al ser cuadrada ofrece una mayor área de contacto y por ende una mayor resistencia que la cimentación cilíndrica.

CIMENTACIÓN CUADRADA
RELLENO EN CONCRETO

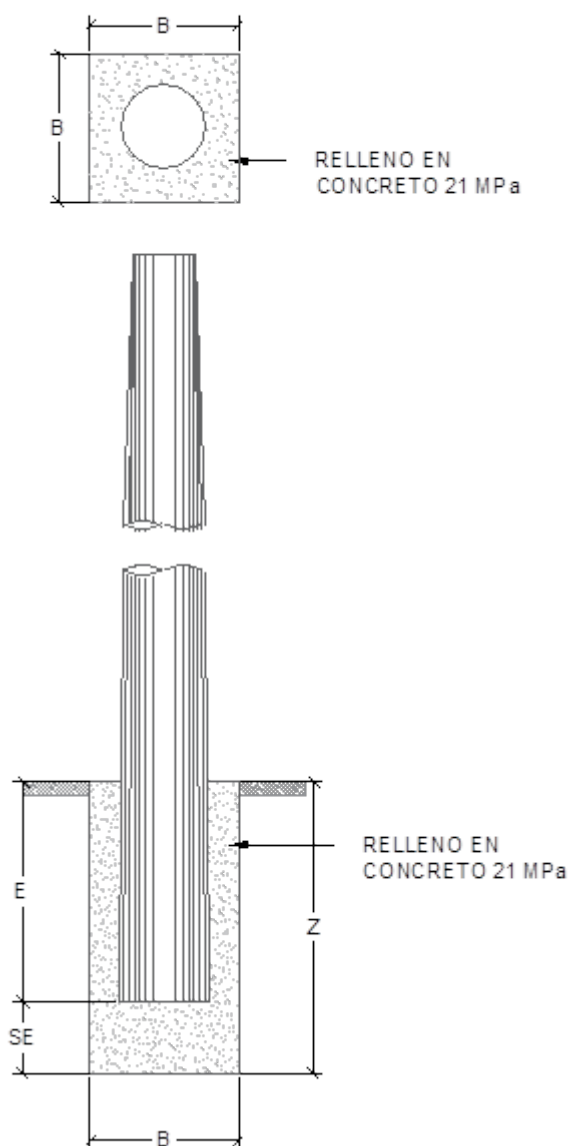


Figura 3 cimentación ccuadrada relleno en concreto



4.4 Cimentación circular en concreto reforzado

Cimentación en la que la excavación es circular cilíndrica, en el poste se empotra directamente en el terreno y en el cual el terreno natural excavado se reemplaza por concreto reforzado para aumentar el área de contacto del poste con el suelo, aumentar la resistencia de la cimentación por momentos flectores y al volcamiento.

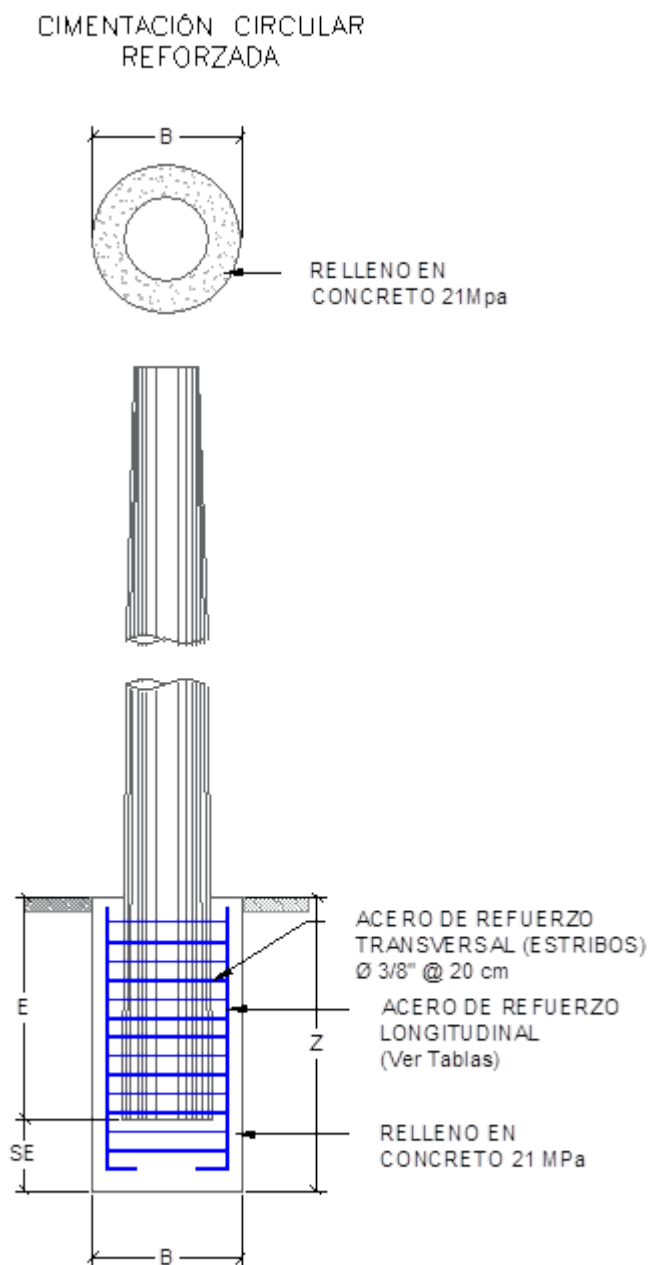


Figura 5 Cimentación circular en concreto reforzado

Recubrimiento del acero de refuerzo 7.5 cm.



5 MATERIALES DE LA CIMENTACIÓN

5.1 Relleno seleccionado B-200

En suelos de capacidad mayor a 0,5 kg/cm², se debe utilizar relleno clasificado B-200, deberá estar libre de terrones de arcilla, material orgánico, basuras, escombros u otros elementos objetables.

El desgaste del material determinado mediante NTC 93 ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste por abrasión e impacto de agregados gruesos mayores de 19 mm, utilizando la máquina de los ángeles, no podrá ser superior al 50%.

El contenido de la materia orgánica debe ser inferior al dos por ciento 2%.

La fracción del material de relleno clasificado tipo B-200 deberá presentar un límite líquido menor al 40% y un índice de plasticidad menor de 12%.

La compactación del relleno en material granular debe estar constituido por materiales que no contengan limo orgánico ni material vegetal, basuras o escombros, puede ser realizado por métodos mecánicos o manuales, el material suelto debe disponerse en capas de máximo 15 cm de espesor, se deberá garantizar tener la densidad requerida o según las indicaciones del geotecnista.

El relleno será con materiales importados o material seleccionado de la excavación que cumpla con las especificaciones de relleno, los cuales pueden ser compactados por medios manuales o mecánicos.

Si se van a utilizar materiales obtenidos por fuera del área de la obra o de préstamo, se deben presentar los resultados de los ensayos necesarios: Proctor modificado, CBR, límites de consistencia, gradación por mallas, lavado sobre malla N°200, contenido de material orgánico y otros que se consideren necesario.

5.2 Concreto y acero de refuerzo

Las cimentaciones en concreto tendrán las siguientes características:

Parámetro	Valor
Resistencia a la compresión a 28 días del concreto, f'c	210 kg/cm ² (21 MPa)
Densidad del concreto	2400 kg/m ³ (24 kN/m ³)
Acero de refuerzo ASTM A-706 grado 60	60000psi (4200 Kg/cm ²)



Tabla 5 1 Propiedades concreto y acero de refuerzo

6 CIMENTACIONES PARA POSTES

Las siguientes son las tablas de cimentaciones para cada uno de los postes tipificados en la actual normativa de acuerdo con al tipo de suelo:

Notas aclaratorias:

- Las tablas de cimentaciones para postes incluidas en la presente norma aplican para los tipos de redes desnuda, compacta y aislada.
- La selección del poste se debe realizar con base en la norma correspondiente para el tipo de Red: Desnuda, Compacta o Aislada, de la familia de normas LA010
- La selección del tipo de suelo dependerá de los resultados de la caracterización del terreno realizada en el estudio de suelo.
- Considerar en las cimentaciones en concreto reforzado que:
 - Para el refuerzo longitudinal, 17 - #6, quiere decir que se deben colocar 17 varillas numero 6 (3/4") dentro de la cimentación. Ver dimensiones "a" y "b" en las tablas de cimentaciones para el figurado del acero.
 - Para el refuerzo transversal (Estribos), 3/8" @0.20, quiere decir que se deben colocar varillas de 3/8" dentro de la cimentación separadas verticalmente cada 0.20 m (20 cm). Ver dimensiones "c" y "d" en las tablas de cimentaciones para el figurado del acero.

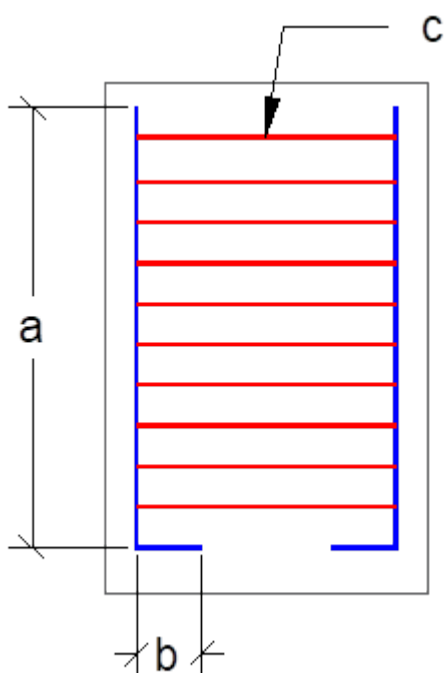
6.1 Tabla de cimentaciones Terreno Blando

TIPO DE POSTE	Tipo de terreno										
	Terreno Blando (K=3)										
	E (m)	B (m)	Z (m)	SE (m)	Tipo de Cimentación	Refuerzo					
						Ref. Long	Estribos	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)*
10/300daN(750kgf)	1.60	0.90	1.90	0.30	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
10/400daN(1050kgf)	1.60	1.00	1.85	0.25	Cuadrada Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
12/300daN (750kgf)	1.80	1.00	1.95	0.15	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
12/400daN(1050kgf)	1.80	1.10	2.05	0.25	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
12/500daN(1350kgf)	1.80	1.10	2.00	0.20	Cuadrada Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
12/1000daN(2550kgf)	1.80	1.10	3.00	1.20	Circular Reforzada	17 - #6	"3/8" @ 20cm	2.85	0.30	0.95	0.15
12/1300daN(3314kgf)	1.80	1.30	3.10	1.30	Circular Reforzada	18 - #7	"3/8" @ 20cm	2.95	0.35	1.15	0.15
14/300daN (750kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/400daN(1050kgf)	2.00	1.15	2.10	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/500daN(1350kgf)	2.00	1.20	2.20	0.20	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-

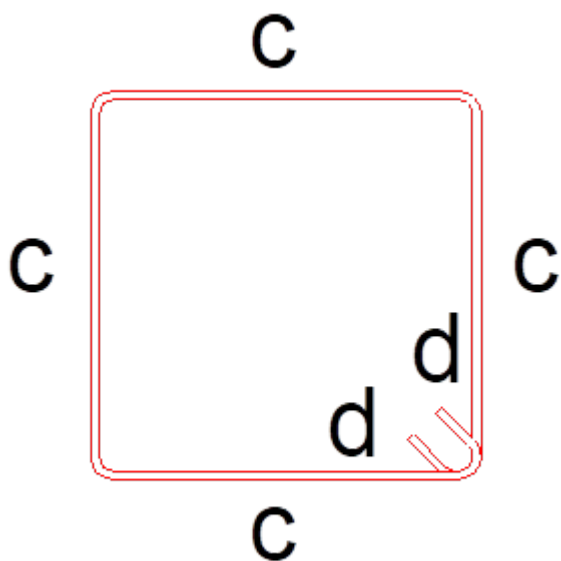


14/1000daN(2550kgf)	2.00	1.30	3.00	1.00	Circular Reforzada	18 - #7	"3/8" @ 20cm	2.85	0.35	1.15	0.15
14/1300daN(3314kgf)	2.00	1.40	3.20	1.20	Circular Reforzada	20 - #7	"3/8" @ 20cm	3.05	0.35	1.25	0.15
14/2000daN(5098kgf)	2.00	2.00	3.23	1.23	Circular Reforzada	32 - #8	"3/8" @ 20cm	3.08	0.40	1.85	0.15
16x1030daN(1050kgf)	2.20	1.00	2.30	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
16/500daN (1350kgf)	2.20	1.20	2.30	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
16/1000daN(2550kgf)	2.20	1.30	3.10	0.90	Circular Reforzada	18 - #7	"3/8" @ 20cm	2.95	0.35	1.15	0.15
16/2000daN(5098kgf)	2.20	2.20	3.30	1.10	Circular Reforzada	38 - #8	"3/8" @ 20cm	3.15	0.40	2.05	0.15

*Recubrimiento del acero de refuerzo 7.5 cm.



Acero de Refuerzo Longitudinal (Ref. Long)



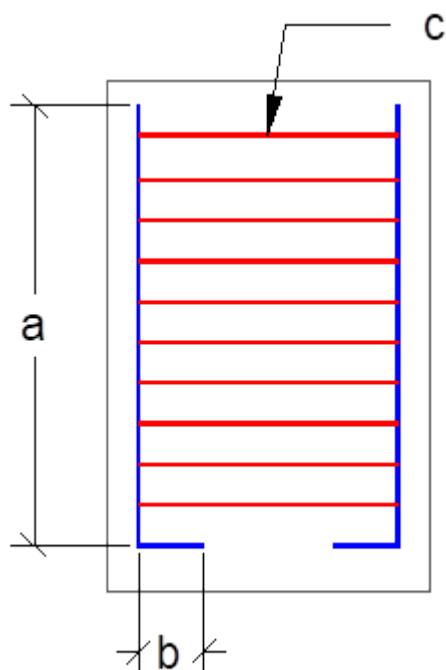
Acero de refuerzo transversal (estribos)

6.2 Tabla de cimentaciones Terreno Semiblando

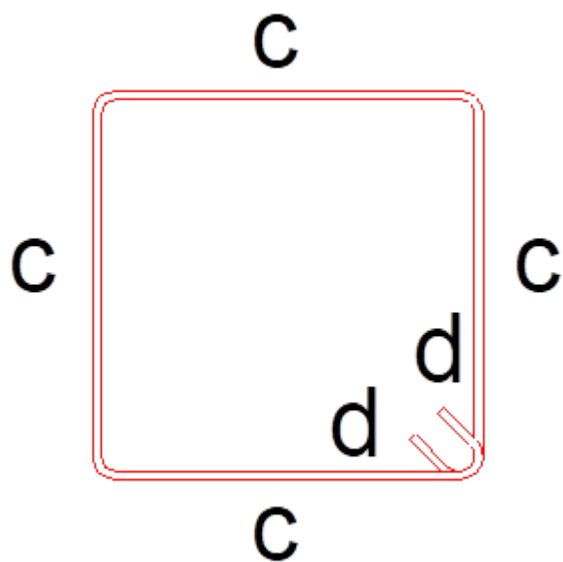
TIPO DE POSTE	Tipo de terreno										
	Terreno Semiblando (K=8)										
	E (m)	B (m)	Z (m)	SE (m)	Tipo de Cimentación	Refuerzo					
						Ref. Long	Estribos	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)*
10/300daN(750kgf)	1.60	0.65	1.70	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
10/400daN(1050kgf)	1.60	0.85	1.70	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
12/300daN (750kgf)	1.80	0.85	1.90	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/400daN(1050kgf)	1.80	0.85	1.90	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/500daN(1350kgf)	1.80	0.85	1.90	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
12/1000daN(2550kgf)	1.80	1.10	1.90	0.10	Cuadrada Relleno Concreto	-					-
12/1300daN(3314kgf)	1.80	1.30	1.90	0.10	Cuadrada Relleno Concreto	-					-
14/300daN (750kgf)	2.00	0.85	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/400daN(1050kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/500daN(1350kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/1000daN(2550kgf)	2.00	1.20	2.10	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/1300daN(3314kgf)	2.00	1.10	2.10	0.10	Cuadrada Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/2000daN(5098kgf)	2.00	1.20	3.30	1.30	Circular Reforzada	15 - #7	"3/8" @ 20cm	3.15	0.35	1.05	0.15
16x1030daN(1050kgf)	2.20	0.95	2.30	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
16/500daN (1350kgf)	2.20	0.95	2.30	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
16/1000daN(2550kgf)	2.20	1.05	2.30	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
16/2000daN(5098kgf)	2.20	1.30	3.40	1.20	Circular Reforzada	18 - #7	"3/8" @ 20cm	3.25	0.35	1.15	0.15



*Recubrimiento del acero de refuerzo 7.5 cm.



Acero de Refuerzo Longitudinal (Ref. Long)



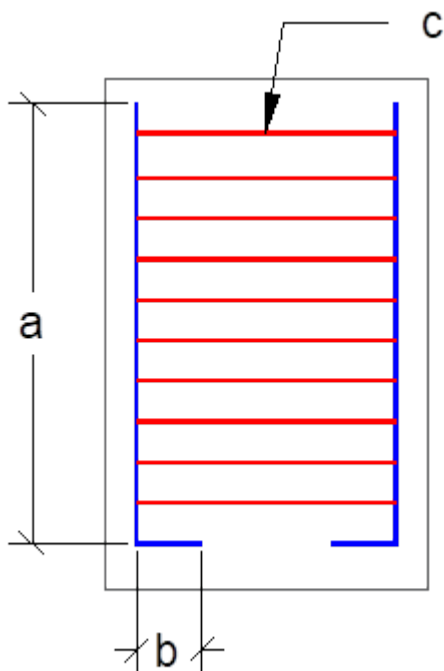
Acero de refuerzo transversal (estribos)

6.3 Tabla de cimentaciones Terreno Semiduro

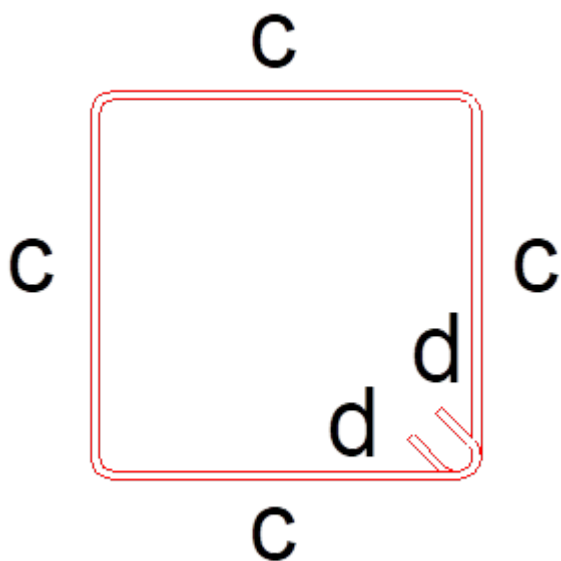


TIPO DE POSTE	Tipo de terreno										
	Terreno Semiduro (K=12)										
	E (m)	B (m)	Z (m)	SE (m)	Tipo de Cimentación	Refuerzo					
						Ref. Long	Estribos	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)*
10/300daN(750kgf)	1.60	0.80	1.70	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
10/400daN(1050kgf)	1.60	0.85	1.70	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/300daN (750kgf)	1.80	0.85	1.90	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/400daN(1050kgf)	1.80	0.85	1.90	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/500daN(1350kgf)	1.80	0.90	1.90	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/1000daN(2550kgf)	1.80	1.05	1.90	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
12/1300daN(3314kgf)	1.80	1.30	1.90	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/300daN (750kgf)	2.00	0.85	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/400daN(1050kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/500daN(1350kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/1000daN(2550kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/1300daN(3314kgf)	2.00	1.10	2.10	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/2000daN(5098kgf)	2.00	1.20	2.50	0.50	Circular Reforzada	15 - #7	"3/8" @ 20cm	2.35	0.35	1.05	0.15
16x1030daN(1050kgf)	2.20	0.95	2.30	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
16/500daN (1350kgf)	2.20	0.95	2.30	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
16/1000daN(2550kgf)	2.20	1.00	2.30	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
16/2000daN(5098kgf)	2.20	1.00	2.30	0.10	Cuadrada Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-

*Recubrimiento del acero de refuerzo 7.5 cm.



Acero de Refuerzo Longitudinal (Ref. Long)

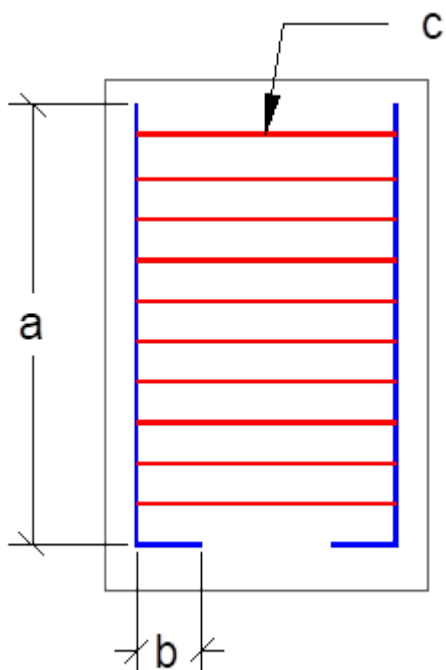


Acero de refuerzo transversal (estribos)

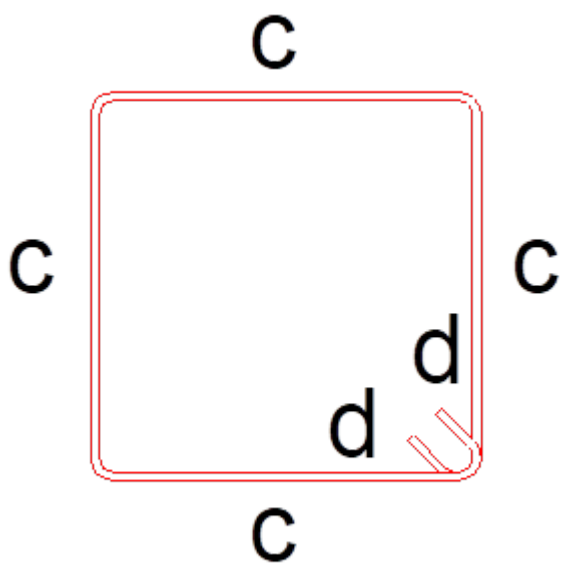
6.4 Tabla de cimentaciones Terreno Duro

TIPO DE POSTE	Tipo de terreno										
	Terreno Duro (K=16)										
	E (m)	B (m)	Z (m)	SE (m)	Tipo de Cimentación	Refuerzo					
						Ref. Long	Estribos	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)*
10/300daN(750kgf)	1.60	0.80	1.70	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
10/400daN(1050kgf)	1.60	0.85	1.70	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/300daN (750kgf)	1.80	0.85	1.90	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/400daN(1050kgf)	1.80	0.85	1.90	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/500daN(1350kgf)	1.80	0.90	1.90	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
12/1000daN(2550kgf)	1.80	0.85	1.90	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
12/1300daN(3314kgf)	1.80	1.05	1.90	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/300daN (750kgf)	2.00	0.85	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/400daN(1050kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/500daN(1350kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/1000daN(2550kgf)	2.00	1.00	2.10	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
14/1300daN(3314kgf)	2.00	0.90	2.10	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
14/2000daN(5098kgf)	2.00	1.25	2.10	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-
16x1030daN(1050kgf)	2.20	0.95	2.30	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
16/500daN (1350kgf)	2.20	0.95	2.30	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
16/1000daN(2550kgf)	2.20	1.00	2.30	0.10	Circular Relleno B-200	-	-	-	-	-	-
16/2000daN(5098kgf)	2.20	1.05	2.30	0.10	Circular Relleno Concreto	-	-	-	-	-	-

*Recubrimiento del acero de refuerzo 7.5 cm.



Acero de Refuerzo Longitudinal (Ref. Long)



Acero de refuerzo transversal (estribos)