# EDIFICACIÓN

## Tema 3 Cimentaciones y excavaciones

## 3.4 Cimentaciones superficiales y someras

**Autores:**

**Ing. Esp. Alejandro Ponce Serano**

**Alejandro Velázquez**

# ÍNDICE

Introducción ..... 1
3.4.1 Definición y Características ..... 2
*3.4.1.1 Funcionamiento de las Cimentaciones Superficiales. ..... 3*
*3.4.1.2 Factores que Determinan la Selección del Tipo de Cimentación Superficial. ..... 3*
3.4.2 Clasificación ..... 4
*3.4.2.1 Zapatas. ..... 5*
*3.4.2.2 Losas de Cimentación. ..... 8*
3.4.3 Equipo Utilizado ..... 12
3.4.4 Degradación de los Materiales ..... 17
3.4.5 Procedimiento Constructivo ..... 19
3.4.6 Control de Calidad ..... 20
*3.4.6.1 Medio Ambiente. ..... 21*
*3.4.6.2 Medidas de Seguridad. ..... 23*
*3.4.6.3 Pruebas de Integridad. ..... 24*
Conclusiones Capitulares ..... 28
Bibliografía ..... 29
Índice de Figuras ..... 30
Índice de Tablas ..... 31

## *Introducción*

El objetivo del capítulo es que el alumno adquiera conocimiento sobre las cimentaciones superficiales y someras en México, destacando su importancia en el procedimiento constructivo. Se busca examinar los métodos de evaluación del terreno, los criterios para seleccionar los tipos de cimentación, y las mejores prácticas en su implementación, con el fin de contribuir al desarrollo de edificaciones seguras para las personas.

Sabemos que es importante considerar los criterios al momento de elegir de los tipos de cimentación superficial. Entre los más comunes se encuentran las zapatas aisladas, zapatas corridas y losas de cimentación. Cada uno de estos tipos tiene aplicaciones diferentes según sus características específicas en el proceso constructivo.

### *3.4.1 Definición y Características*

La cimentación de una estructura es aquello que la sustenta sobre el terreno. Generalmente, se encuentra enterrada y transmite al terreno su propio peso y las cargas recibidas, de modo que la estructura que soporta sea estable, la presión transmitida sea menor a la admisible y los asientos se encuentren limitados. La figura 1 nos muestra las solicitudes de cargas en una Zapata Aislada, donde sabemos que:

N = Carga normal que actúa verticalmente hacia abajo en la cimentación.

M = Momento que actúa sobre la cimentación, puede generar una tendencia a rotar la cimentación.

V = Fuerza cortante que actúa horizontalmente en la cimentación.

P = Carga puntual que actúa verticalmente hacia abajo.

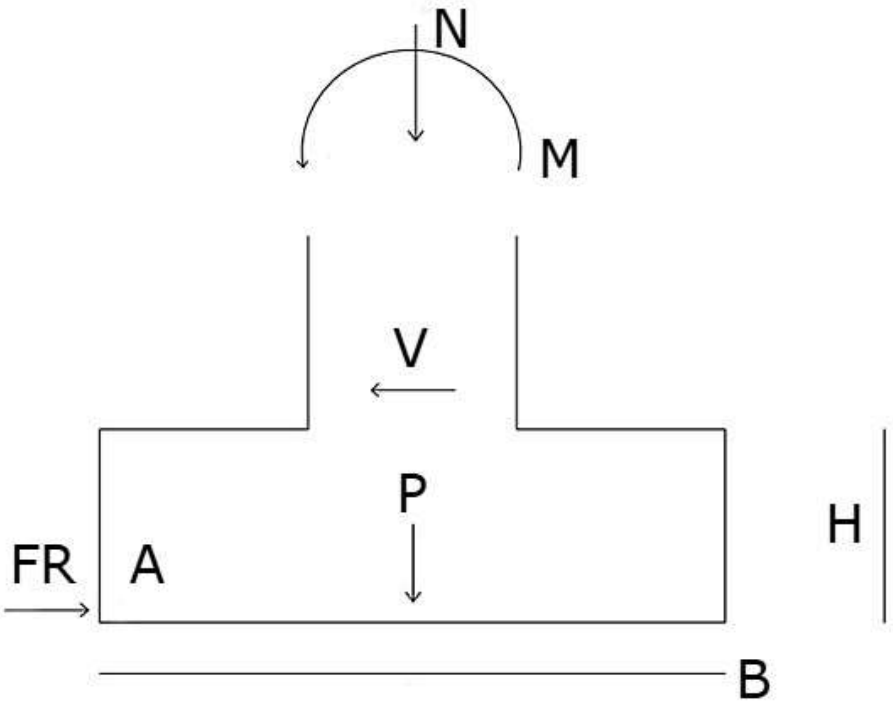
A = Área de la cimentación.

B = Ancho de la cimentación

H = Peralte de la cimentación.

FR = Fuerza de reacción del suelo, actúa horizontalmente.

**Figura 1.** *Cargas sobre una cimentación superficial*




*Nota: Adaptada de Cargas sobre una cimentación superficial (*Diagrama) por Departamento de Construcción, 05 de agosto del 2024. Colección personal del autor.

### 3.4.1.1 Funcionamiento de las Cimentaciones Superficiales.

La cimentación consta de dos partes, el elemento estructural encargado de transmitir las cargas al terreno, o cimiento, y la zona del terreno afectada por dichas cargas, o terreno de cimentación.

La cimentación debe resistir las cargas y estabilizar la estructura frente a acciones horizontales como el viento y el sismo, conservando su integridad. La tensión que actúa sobre el terreno se debe a los esfuerzos producidos por la estructura sobre el cimiento, a los que hay que añadir el peso propio del cimiento más las tierras u otras acciones que actúen sobre él. La interacción entre el suelo y la estructura depende de la naturaleza del propio terreno, de la forma y tamaño, de la cimentación y de la flexibilidad de la estructura.

### 3.4.1.2 Factores que Determinan la Selección del Tipo de Cimentación Superficial.

La interacción entre el suelo y la estructura depende de la naturaleza del propio terreno, así como de las dimensiones y configuración de la cimentación, y de la flexibilidad de la estructura.

Los procedimientos constructivos influyen notablemente en el comportamiento de una cimentación. Teniendo en cuenta que la construcción de la cimentación altera el terreno circundante, lo cual puede modificar algunas de las hipótesis de cálculo.

Otros problemas a considerar son la estabilidad de la excavación, los problemas de ataques químicos al concreto, la posibilidad de heladas, el crecimiento de vegetación que deteriore la cimentación, los agrietamientos y levantamientos asociados a las arcillas, procedimientos de construcción de cimentaciones y muros de contención, disolución kárstica, socavación, los movimientos del nivel freático, los daños producidos a construcciones existentes como se muestra en la siguiente figura 2 laderas inestables, deslizamientos, las vibraciones de maquinaria o los efectos sísmicos sobre el terreno, especialmente cuando existe posibilidad de licuefacción, o terrenos colapsables (yesíferos, eólicos, loess, cenizas volcánicas).

**Figura 2.** *Recalces de cimentación*

*Nota:* Adaptada de *Soluciones Constructivas, Recalces De Cimentación* [Fotografía], por ARQUITECTURAYEMPRESA, 03 de diciembre de 2024, (https://arquitecturayempresa.es/noticia/recalces-de-cimentacion)

### *3.4.2 Clasificación*

La cimentación superficial consiste en zapatas y elementos de conexión entre ellas. Existen distintos tipos de cimentaciones superficiales, tal y como se puede apreciar en la figura 3.

**Figura 3.** *Algunos tipos de cimentaciones superficiales*

*Nota: Adaptada de* Algunos tipos de cimentaciones superficiales. *Procedimientos de Construcción de Cimentaciones y Estructuras de Contención* (p.11), por V. Y. Piqueras, 2020, Universitat Politècnica de València.

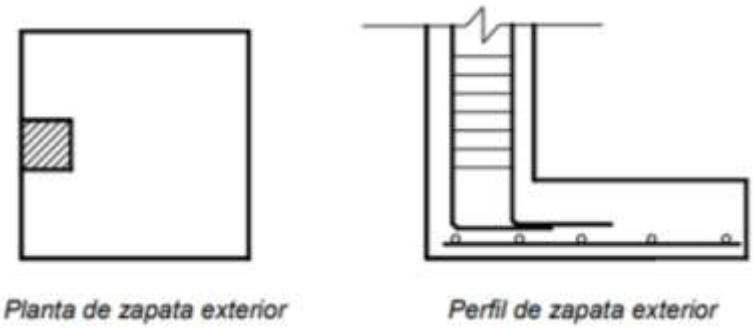
### 3.4.2.1 Zapatas.

Las zapatas son el tipo de cimentación superficial más utilizado, debido a su economía y facilidad en la construcción, utilizada normalmente en terrenos con resistencia media o alta a la compresión, sobre terrenos homogéneos. Su función es anclar y transmitir las tensiones que genera una estructura al terreno sobre el que se encuentra. Se ubica en la base de la estructura y suele encontrarse como un prisma de concreto debajo de los pilares (o columnas) de la estructura.

Las zapatas se pueden dividir en los siguientes tipos:

a) *Zapata exterior:* Es aquella que soporta una columna excéntrica, es decir, que la columna está a un costado de la zapata. Este tipo de zapatas se presenta cuando la columna está en un lindero del lote.

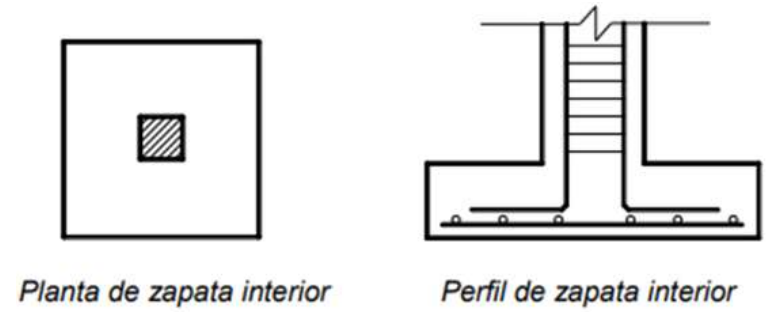
**Figura 4.** *Zapata exterior*




*Nota:* Adaptada de Zapata Exterior (Imagen). Botero, G. J. Manual de Cimentaciones (2020). Scribd website. https://es.scribd.com/document/462454505/Manual-de-cimentaciones-zapatas

b) *Zapata interior:* Es aquella que soporta una columna céntrica, es decir, que la columna está en el centro de la zapata. Este tipo de zapatas se presenta en columnas interiores de una edificación.

**Figura 5.** *Zapata interior*




*Nota:* Adaptada de Zapata Interior (Imagen). Botero, G. J. Manual de Cimentaciones (2020). Scribd website. https://es.scribd.com/document/462454505/Manual-de-cimentaciones-zapatas

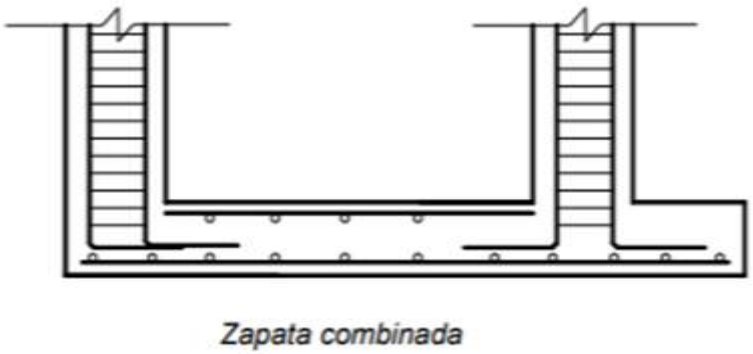
c) *Zapata aislada:* Son utilizadas para la creación de columnas singulares, se suelen incorporar en estructuras de carga moderada, son aplicadas en edificaciones u obras que tienen juntas de dilatación y recaen en una sola columna para transmitir las cargas sobre el terreno.

**Figura 6.** *Zapata aislada*

*Nota:* Adaptada de Zapata Aislada (Imagen). Botero, G. J. Manual de Cimentaciones (2020). *Scribd website*. https://es.scribd.com/document/462454505/Manual-de-cimentaciones-zapatas

d) *Zapata combinada:* Es aquella que soporta dos o más columnas. Se presenta cuando existen dos columnas muy cerca y una zapata se intersecta con la otra. Este tipo de zapatas debe llevar refuerzo positivo y negativo, debido a los momentos que se presentan.

**Figura 7.** *Zapata combinada*




*Nota:* Adaptada de Zapata Combinada (Imagen). Botero, G. J. Manual de Cimentaciones (2020). *Scribd website*. https://es.scribd.com/document/462454505/Manual-de-cimentaciones-zapatas

e) *Zapata rígida:* El canto es igual o menor que el vuelo máximo medido en ambas direcciones. Diseñadas para resistir momentos flexionantes generados por cargas excéntricas o fuerzas laterales.

f) *Zapata maciza:* se emplean en cimentaciones continuas, transfieren las fuerzas de manera piramidal, presentando una forma triangular, su muro de carga puede ser excéntrico o centrado. Su esfuerzo es de compresión y pueden o no tener armadura en su interior.

g) *Zapata flexible:* Permiten que la estructura se ajuste a los movimientos del suelo, evitando daños por contracción o expansión del suelo. Pueden soportar fuerzas de tracción y compresión, su ángulo no asciende a los 45 grados en el triángulo de distribución de los esfuerzos, se deben emplear entre 50 y 100kg/m3 de hierro para realizar su armazón.

A manera de resumen, en la tabla 1 se muestra los tipos de elementos estructurales más usuales que sirven a cada tipo de cimentación superficial.

**Tabla 1.** *Tipología de cimiento y elemento estructural más usual al que sirve de cimentación.*

| Tipo de cimiento directo | Elementos estructurales más usuales a los que sirve de cimentación |
|---|---|
| Zapata aislada | Pilar aislado, interior, medianero o de esquina |
| Zapata combinada | Dos o más pilares contiguos |
| Zapata corrida | Alineaciones de tres o más pilares o muros |
| Excavación de cimentación | Pilar aislado |
| Malla de refuerzo | Conjunto de pilares y muros distribuidos, en general, en retícula |
| Losa | Conjunto de pilares y muros |

*Nota: Adaptada de Tipología de cimiento y elemento estructural más usual al que sirve de cimentación. Procedimientos de Construcción de Cimentaciones y Estructuras de Contención* (p.11), por V. Y. Piqueras, 2020, Universitat Politècnica de València.

#### 3.4.2.2 Losas de Cimentación.

Las losas o placas de cimentación se caracterizan porque la dimensión en planta es mucho mayor que el perfil, se utiliza cuando la superficie de las zapatas supera el 50% de la superficie de la planta. Se recomiendan en construcciones con sótanos impermeables cuya cota inferior esté por debajo del nivel freático, así como para reducir las dimensiones de los cimientos. También son útiles en edificaciones de gran altura o estructuras con grandes cargas verticales, como torres, depósitos o silos. Así, es frecuente su uso en edificios de más de 8 plantas con una capacidad de carga media-baja, estando comprendida la tensión admisible entre 0,08 y 0,15 N/mm².

La figura 8 muestra diferentes tipos de losas utilizadas en construcción, cada una representada por una vista superior y una vista lateral y se detallan a continuación.

a) Losa continua uniforme:

- Vista superior: Una cuadrícula regular.
- Vista lateral: Una sección transversal, simple y uniforme.

b) Losa con refuerzos bajo columnas:

- Vista superior: Una cuadrícula con círculos indicando los refuerzos bajo las columnas.
- Vista lateral: Una sección transversal con pequeñas proyecciones en la parte inferior, representando los refuerzos.

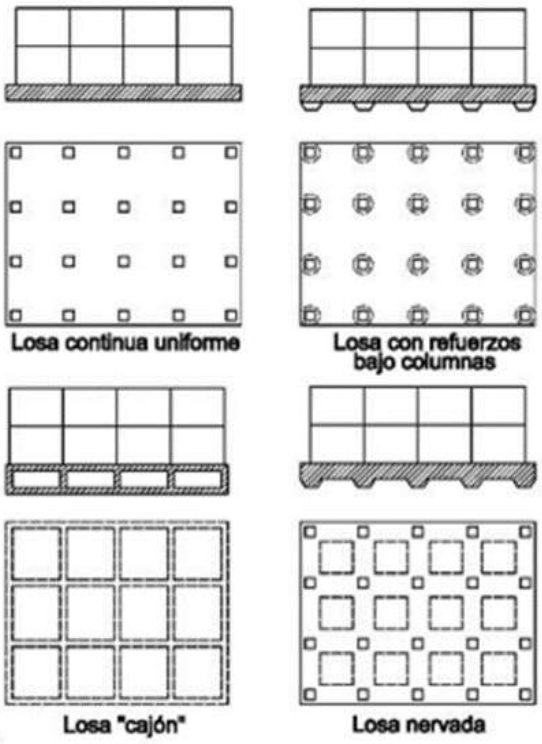
c) Losa "cajón":

- Vista superior: Una cuadrícula más densa y regular.
- Vista lateral: Una sección transversal mostrando una estructura hueca similar a un cajón.

d) Losa nervada:

- Vista superior: Una cuadrícula con cuadrados más pequeños dentro de cada celda.
- Vista lateral: Una sección transversal con nervaduras que sobresalen en la parte inferior.

**Figura 8.** *Diferentes tipos de losas utilizadas en construcción*



Nota: Adaptada de Figura 54 Tipos de Losa De Cimentación, según CTE DB SE-C (Imagen). Piqueras, V. Y. (2020). Procedimientos De Construcción De Cimentaciones Y Estructuras De Contención. Valencia, España: Universitat Politècnica de València.

Cada tipo de losa tiene una aplicación específica en construcción, dependiendo de los requisitos estructurales y de carga del edificio o estructura.

**Figura 9.** *Cimentaciones por Losa*

*Nota:* Adaptada de *Cimentaciones por Losa* [Fotografía], por CONSTRUMÁTICA, 09 de junio de 2021, (https://www.construmatica.com/blog/cimentaciones-por-losa/)

Un aspecto para tener en cuenta en el diseño, normalmente asociado a una excavación importante para ejecutar los sótanos de un edificio, es el posible levantamiento del fondo durante la ejecución de la cimentación. En efecto, la excavación supone la supresión de las presiones verticales que actuaban sobre el suelo al nivel de la cota de cimentación. Por tanto, si esta excavación supera determinado valor, el fondo se hace inestable y falla,

cualesquiera que sean la resistencia y tipo de entibación utilizado en las paredes laterales. Para ello deben ejecutarse en estos casos pantallas laterales con empotramiento suficiente por debajo del fondo de excavación para evitar este tipo de fallos, se deben ejecutar pantallas laterales con un empotramiento adecuado por debajo del fondo de la excavación. Además, las losas de cimentación se emplean en el diseño de cimentaciones “compensadas”.

En este tipo de edificaciones, los sótanos son tales que el peso de las tierras excavadas equivale aproximadamente al peso total del edificio. De esta forma, la losa distribuye uniformemente las tensiones en toda la superficie y los asientos esperados son reducidos. Hay que tener en cuenta las juntas estructurales entre las distintas zonas del edificio, que afectan también a la cimentación.

En la figura 10 se puede observar la necesidad de varias bombas de concreto cuando se quiere verter el concreto en una losa de grandes dimensiones. A este respecto, se debe prever una adecuada logística y equipos de reposición para garantizar el vertido continuo al efecto de minimizar el número de juntas de trabajo.

**Figura 10.** *Bombas de concreto*

*Nota:* Adaptada de Figura Bombas de concreto. (Imagen). Piqueras, V. Y. (2020). *Procedimientos De Construcción De Cimentaciones Y Estructuras De Conteción.*

Valencia, España: Universitat Politècnica de València.

Un caso interesante es la losa de cimentación postensada. La rigidez de este tipo de losas permite una construcción rápida y segura, recomendándose su uso en superficies planas sin suelo expansivo. Como ventajas destacan la rapidez en la ejecución de los cimientos, el menor volumen de excavación, la mayor capacidad de carga, y una durabilidad mayor que la losa sólida convencional. Los cables postensados colocados en ambas direcciones de la losa crean una cimentación extremadamente rígida y la habilitan para resistir las fuerzas de flexión.

### *3.4.3 Equipo Utilizado*

Por la experiencia, sabemos que el principal equipo que se utiliza para la construcción de una cimentación superficial es el siguiente:

#### *Excavadoras y retroexcavadoras*

Estas máquinas se utilizan para excavar el suelo y crear el hueco donde se colocará la cimentación. Ejemplos de ellas son las excavadoras hidráulicas y las retroexcavadoras.

**Figura 11.** *Excavadora*

*Nota:* Adaptada de *¿Qué es una excavadora hidráulica?* [Fotografía], por RECANPRI, 29 de diciembre de

2020, (https://www.recambiosdemaquinariaop.com/una-excavadora-hidraulica/#:~:text=Se%20trata%20de%20una%20m%C3%A1quina%20que%20se%20utiliza%20normalmente%20para,cimientos%20en%20obras%20de%20construcci%C3%B3n)

### *Compactadoras*

Sirven para compactar el suelo en capas para asegurar una base firme y estable para la cimentación. Ejemplos: Rodillos vibratorios, placas vibradoras, compactadoras de mano.

**Figura 12.** *Compactadora*

*Nota:* Adaptada de Compactadores de suelo o rodillos compactadores. (Imagen) (2024). Tracsa Cat : https://tracsa.com.mx/productos/muevetierra/compactadores-de-suelo-o-rodillos-compactadores/cat/CS10GC

### *Bulldozers*

Nos ayudan a nivelar y preparar el terreno, removiendo el exceso de suelo y distribuyendo material. Ejemplos: Bulldozers de oruga y de ruedas.

**Figura 13.** *Bulldozers*

*Nota:* Adaptada de Guía completa de bulldozers: Tipos, usos y precios. (Imagen) (2023, julio 25). Boom & Bucket: https://www.boomandbucket.com/es/blog/comprehensive-guide-to-bulldozers-types-uses-and-prices

### *Niveles láser y teodolitos*

Garantizan que la excavación y la base de la cimentación estén a la profundidad y nivel adecuado. Con una medición precisa de ángulos y niveles en el sitio de construcción.

**Figura 14.** *Láser rotatorio*

*Nota:* Adaptada de Nivel Láser RL-H5A con Baterías Alcalinas. (Imagen) (2024). RMS Geoespacial: https://rmsgeoespacial.com/producto/nivel-laser-rl-h5a-con-baterias-alcalinas/

### *Camiones de volquete*

Transportan el material excavado fuera del sitio y traen materiales como grava y arena. También ayudan a la movilización de grandes volúmenes de materiales de construcción.

**Figura 15.** *Camión de volteo*

*Nota:* Adaptada de Maquinaria Camión de Volteo. (Imagen) (2024). Dimaco: https://www.maquinariadimaco.com/product-page/torton

### *Bombeo de concreto*

Facilitan el traslado y la colocación de concreto en la excavación de manera eficiente. Ejemplos de ellos son las bombas de concreto estacionarias y móviles, así como los camiones mezcladores de concreto.

**Figura 16.** *Bomba pluma*

*Nota:* Adaptada de Bomba pluma: características, funcionamiento y recomendaciones. (Imagen) (2022, agosto 01). PSI Concreto: https://psiconcreto.com/bomba-pluma/

### *Moldes*

Nos ayudan a mantener la forma del concreto hasta que este fraguado y haya alcanzado suficiente resistencia. Como ejemplos tenemos los moldes de madera, acero o plástico.

**Figura 17.** *Moldes*

*Nota:* Adaptada de ¿Qué es, tipos, usos y para qué sirven? (Imagen) (2024). Grupo MAQ: https://www.grupomaq.es/encofrado/

### *Herramientas de mano*

Para realizar lo básico; ajustes finos y trabajos detallados. Ejemplos de esas herramientas son las palas, picos, niveladoras de mano y martillos.

**Figura 18.** *Equipamiento para la construcción*

*Nota:* Adaptada de Guía de equipamiento para la construcción: herramientas, equipos y maquinarias. (Imagen) (2022, diciembre 04). Arch Daily : https://www.archdaily.mx/mx/905445/guia-de-equipamiento-para-la-construccion-herramientas-equipos-y-maquinarias

### *Equipos de seguridad*

Garantizan la seguridad de los trabajadores en el sitio de construcción y ejemplos de ellos son los cascos, guantes, gafas de protección y arneses.

**Figura 19.** *Equipo de protección personal*

*Nota:* Adaptada de ¿Sabes qué es el Equipo de Protección Personal (EPP)? (Imagen) (2019, junio 11). (S/a): https://www.gob.mx/cenapred/articulos/sabes-que-es-el-equipo-de-proteccion-personal-epp

## *3.4.4 Degradación de los Materiales*

Las principales degradaciones que pueden ocurrir con los materiales son:

a) Factores de degradación en el concreto

- Reacciones Químicas: La reacción álcalis-agregado (AAR) puede causar expansión y agrietamiento en el concreto.
- Carbonatación: La reacción del $CO_2$ del aire con el hidróxido de calcio en el concreto puede reducir el pH y favorecer la corrosión del refuerzo de acero.
- Sulfatos: Los suelos y aguas subterráneas con alto contenido de sulfatos pueden reaccionar con el hidróxido de calcio y el aluminato tricálcico en el concreto, causando expansión y desintegración.

- Congelación y Deshielo: En climas fríos, el agua dentro del concreto puede congelarse y expandirse, causando daños y agrietamiento.

b) Factores de degradación en el acero de refuerzo

- Corrosión: La exposición al agua y al oxígeno puede causar la oxidación del acero de refuerzo, especialmente si el concreto no está adecuadamente protegido.
- Carbonatación: Reduce el pH del concreto, lo que desactiva la capa pasiva protectora del acero, acelerando la corrosión.
- Cloruros: Los cloruros, provenientes de sales de deshielo o ambientes marinos, pueden penetrar el concreto y corroer el acero de refuerzo.

c) Factores de degradación en la madera (en moldes y estructuras temporales)

- Ataques Biológicos: Hongos, insectos y bacterias pueden degradar la madera en ambientes húmedos.
- Humedad: La exposición prolongada a la humedad puede causar hinchazón, deformación y pudrición.

d) Impacto de la degradación en la cimentación

- Reducción de la capacidad de carga: La degradación de los materiales puede disminuir significativamente la capacidad de carga de la cimentación, lo que puede llevar a fallos estructurales.
- Aumento de mantenimiento y reparaciones: Los daños causados por la degradación pueden requerir reparaciones frecuentes y mantenimiento, aumentando los costos a lo largo del ciclo de vida de la estructura.
- Problemas de seguridad: La integridad estructural comprometida puede representar un riesgo de seguridad para los ocupantes y usuarios de la edificación.

### *3.4.5 Procedimiento Constructivo*

**Figura 20.** *Procedimiento constructivo*

Pasos principales para el proceso de construcción de una cimentación superficial o somera.

*Nota: Adaptada de Procedimiento constructivo (*Figura) por Departamento de Construcción, 05 de agosto del 2024. Colección personal del autor.

### *3.4.6 Control de Calidad*

De acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción De Cimentaciones en la Ciudad De México:

> *3.4.2.11 En general, no se desplantarán cimentaciones superficiales sobre suelos blandos agrietados, sobre todo si se estima que el agrietamiento pueda seguir evolucionando debido al hundimiento regional, salvo justificación aprobada por la Administración.*

> *6.3.1 Se revisarán los estados límite de servicio: asentamiento, inclinación o deformación excesiva, instantánea o diferida del muro. Cuando el suelo de cimentación sea compresible, deberá calcularse el asentamiento y estimar la inclinación de los muros por deformaciones instantáneas y diferidas del suelo. Se recurrirá a los métodos aplicables a cimentaciones superficiales.*

Como comentario a la cita que refiere a la Norma 3.4.2.11, se ha considerado aceptable desplantar cimentaciones superficiales sobre suelos con grietas con escalón moderado (<10cm) tomando precauciones de mitigación como las señaladas en Sánchez-Guzmán y Auvinet (2020a; 2020b). Las cuáles son medidas diseñadas para reducir o minimizar el impacto de un desastre o riesgo en una comunidad, infraestructura o medio ambiente. Estas medidas suelen enfocarse en reducir la vulnerabilidad y en preparar a las personas y sistemas para resistir o recuperarse rápidamente de un evento adverso, como la infraestructura, construcción, planes de emergencia, conservación del medio ambiente, medidas técnicas y tecnológicas, preparación y almacenamiento.

#### 3.4.6.1 Medio Ambiente.

Se aborda el tema del impacto ambiental que se tiene cuando se realiza una cimentación superficial, por esta razón, es importante identificar los posibles riesgos que podrían impactar durante el procedimiento constructivo de la cimentación:

a) Impacto en el suelo

- *Erosión y sedimentación:* La excavación y el movimiento de tierra pueden causar erosión del suelo, especialmente si no se implementan medidas adecuadas para controlar el flujo de agua y el viento.
- *Compactación del suelo:* La maquinaria pesada utilizada para la excavación y compactación puede alterar la estructura natural del suelo, afectando su capacidad de drenaje a largo plazo.

b) Calidad del agua

- *Contaminación por sedimentos:* Durante la construcción, los sedimentos pueden ser arrastrados hacia los cuerpos de agua cercanos, causando turbidez y afectando a la vida acuática.
- *Infiltración de contaminantes:* Los materiales de construcción, como el concreto y el asfalto, pueden liberar sustancias químicas que se infiltren en las aguas subterráneas.

c) Vegetación y Hábitats Naturales

- *Desplazamiento de la vegetación:* La preparación del terreno para la cimentación a menudo implica la remoción de vegetación, lo cual puede destruir hábitats locales y reducir la biodiversidad.
- *Alteración del paisaje*: La construcción puede cambiar significativamente el paisaje natural, afectando tanto a la flora como a la fauna de la zona.

d) Ruido y Polución del aire

- *Emisiones de maquinaria:* El uso de equipos de construcción genera

emisiones de gases de escape y polvo, lo cual puede afectar la calidad del aire local.

- *Ruido*: La maquinaria y las actividades de construcción pueden generar niveles significativos de ruido, perturbando a las comunidades humanas y a la vida silvestre.

e) Recursos naturales

- *Consumo de materiales:* La construcción de cimentaciones superficiales consume grandes cantidades de recursos naturales, como arena, grava, y cemento, cuya extracción y procesamiento tienen impactos ambientales significativos.
- *Gestión de residuos:* La generación de residuos de construcción y demolición requiere una gestión adecuada para minimizar su impacto ambiental.

f) Efectos a largo plazo

- *Cambios en el hidrograma local:* Las cimentaciones pueden alterar el flujo natural del agua subterránea y superficial, afectando los sistemas hídricos locales.
- *Estabilidad del suelo:* A largo plazo, las cimentaciones mal diseñadas o construidas pueden llevar a problemas de estabilidad del suelo, como asentamientos diferenciales, que pueden tener consecuencias ambientales y estructurales.

g) Medidas Mitigadoras: Se suelen abordar prácticas y técnicas para mitigar estos impactos.

- *Control de erosión:* Uso de barreras de sedimentos, revegetación y técnicas de control de escorrentía para minimizar la erosión del suelo.
- *Gestión de aguas pluviales:* Implementación de sistemas de drenaje adecuados para manejar el agua de lluvia y reducir la escorrentía y la contaminación.
- *Protección de hábitats:* Planificación cuidadosa y técnicas de construcción

para minimizar el impacto en la vegetación y los hábitats naturales.

- *Uso de materiales sostenibles:* Selección de materiales de construcción con menor impacto ambiental y prácticas de reciclaje de residuos de construcción.

#### 3.4.6.2 Medidas de Seguridad.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTCDS) de la Ciudad de México establecen medidas específicas de seguridad que deben cumplir las cimentaciones superficiales para garantizar su estabilidad bajo cargas sísmicas.

Las más relevantes son las siguientes:

a) *Capacidad portante adeudada:* Las cimentaciones superficiales deben ser diseñadas para asegurar una capacidad portante adecuada según las características del suelo y las cargas de diseño. Esto incluye consideraciones para evitar fallas por sobrecarga durante eventos sísmicos.

b) *Profundidad de excavación:* Las zapatas aisladas y corridas deben tener una profundidad suficiente para asegurar una adecuada resistencia a los movimientos sísmicos. La profundidad debe ser calculada considerando la capacidad portante del suelo y las cargas aplicadas.

c) *Ancho de la zapata:* El ancho de la zapata debe ser suficiente para distribuir las cargas de manera uniforme sobre el suelo de fundación y para proporcionar estabilidad lateral bajo cargas sísmicas.

d) *Refuerzo de la cimentación:* Se deben utilizar barras de refuerzo adecuadas y bien distribuidas dentro de la zapata para resistir esfuerzos de tracción y compresión inducidos por sismos. El diámetro, la cantidad y la disposición del refuerzo deben cumplir con las especificaciones de diseño.

e) *Control de asentamientos:* Se deben calcular y controlar los asentamientos diferenciales entre las cimentaciones para evitar daños estructurales durante y después de un evento sísmico. Esto puede incluir técnicas de consolidación previa a la construcción y medidas para reducir la compresibilidad del suelo.

f) *Consideraciones sísmicas específicas:* Las cimentaciones superficiales deben ser diseñadas considerando las fuerzas sísmicas horizontales y verticales especificadas en las NTCDS. Esto incluye el análisis de fuerzas actuantes y la respuesta dinámica del suelo y la estructura.

### 3.4.6.3 Pruebas de Integridad.

Las pruebas de integridad son fundamentales para garantizar que la cimentación superficial cumpla con los estándares de diseño y las especificaciones de construcción. Las principales pruebas de integridad para la evaluación de lo que se llevan a cabo en la cimentación superficial nos ayudan a determinar la resistencia del suelo y verificar el diseño de la cimentación y las más realizadas son:

a) Pruebas de carga estática: Se aplican cargas controladas y graduales a la cimentación para medir su capacidad de carga y comportamiento bajo carga. Los tipos son los siguientes:

- *Prueba de carga de placa:* Se aplica una carga sobre una placa de tamaño conocido colocada en la superficie del suelo.
- *Prueba de carga de pila:* Se aplica una carga sobre un elemento de cimentación profunda que se ha instalado en el suelo para medir la capacidad de carga del suelo y la cimentación.

**Figura 21.** *Ensayos y pruebas de pilotes*

*Nota:* Adaptada de Pruebas de carga estática de pilotes. (Imagen) (2022, mayo 10). (S/a): https://fernandeztadeo.com/nuestros-servicios/pruebas-de-carga-de-pilotes-y-cimentaciones/pruebas-de-carga-estatica-de-pilotes/

b) Pruebas de ultrasonido: Utilizan ondas ultrasónicas para evaluar la calidad del concreto y detectar posibles defectos o de laminaciones. También, inspección no destructiva del concreto para verificar la integridad estructural y la calidad del llenado.

**Figura 22.** *Prueba de ultrasonido*

*Nota:* Adaptada de END, ultrasonido. (Imagen) (2020, abril). (S/a): https://www.cjeingenieros.com/end-ultrasonido/

c) Pruebas de permeabilidad: Ayudan con la evaluación de la capacidad del suelo para permitir el paso del agua y determinar si el suelo bajo la cimentación tiene la capacidad de drenar adecuadamente y evitar problemas de acumulación de agua.

**Figura 23.** *Pruebas de permeabilidad*

*Nota:* Adaptada de Estudios Geotécnicos y de Materiales. (Imagen) (2020, enero 17). (S/a): https://mecanicasdesuelos.com/portfolio/pruebas-de-permeabilidad/

d) Pruebas de Resistividad eléctrica: Ayudan con la medición de la resistividad eléctrica del suelo para determinar su calidad y uniformidad, ayudan a identificar áreas de suelo con diferentes propiedades que pueden afectar la capacidad portante y la estabilidad de la cimentación.

**Figura 24.** *Pruebas de resistividad*

*Nota:* Adaptada de Pruebas de resistividad. (Imagen) (2024). SIIPEC: https://siipec.com/prueba-de-resistividad/

## *Conclusiones Capitulares*

Las cimentaciones son un elemento fundamental en la ingeniería civil, ya que garantizan la estabilidad y seguridad de las edificaciones construidas sobre el terreno. En México, las cimentaciones superficiales y someras se convierten en un aspecto crítico para la durabilidad de las edificaciones. En este capítulo observamos que se mencionaron los conceptos y prácticas que rigen las técnicas para su construcción, explorando los tipos de cimentaciones más comunes, así como los factores que influyen en su elección, desde las características del suelo hasta las normativas vigentes.

Concluyendo, finalmente con este capítulo, en el cual se obtuvo una comprensión de las cimentaciones superficiales y someras para aplicar este conocimiento en proyectos de construcción, contribuyendo así al desarrollo de infraestructuras seguras y eficientes en México.

## *Bibliografía*


- Foundation Design: Principles and Practices, por Donald P. Coduto, Man-chu Ronald Yeung, y William A. Kitch (2019).
- Gecopre. (2023). *¿Qué es una zapata, para qué sirve y qué tipos existen?* GECOPRE. https://gecopre.es/que-es-una-zapata/#:~:text=Las%20zapatas%20r%C3%ADgidas%20es%C3%A1n%20dise%C3%B1adas,torsiones%20aplicados%20a%20la%20estructura.
- Global, R. A., & Global, R. A. (2023, 26 abril). Zapatas ¿qué son y cómo se clasifican? | Arcus Global. Arcus Global. https://www.arcus-global.com/wp/zapatas-que-son-y-como-se-clasifican/
- Gobierno de la CDMX. (s. f.). Normas Técnicas Complementarias 2023. https://www.isc.cdmx.gob.mx/directores-res/cursos-de-actualizacion-2022/normas-tecnicas-complementarias-2023
- Jaramillo Botero, Ing. (2019). Manual de Cimentaciones. En Zapatas (Edición de prueba Actualizada con la NSR-10). https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/4620/Manual%20de%20cimentaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Luna Rodríguez, Francisco José. (2021). Análisis y Diseño de Cimentaciones Superficiales. Universidad de Guanajuato. Recuperado 29 de abril de 2024, de https://www.ugto.mx/investigacionyposgrado/veranos/images/2021/docs/Marco_teorico_MI_Francisco_Luna.pdf
- "Principles of Foundation Engineering", Braja M. Das (9ª edición, 2021).
- Secretaria De Desarrollo Agrario Territorial y Urbano, S. (2020, 3 julio). *Manual de autoconstrucción*. Gobierno de México. Recuperado 15 de abril de 2024, de https://www.gob.mx/sedatu/documentos/manual-de-autoconstruccion?state=published
- Sociedad Mexicana De Ingeniería Estructural (s. f.). Normas Técnicas Complementarias Por Sismo 2020. https://smie.com.mx/smie-2022/informacion-tecnica/ntc-diseno-sismo.php
- Víctor Yepes Piqueras. (2016). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención.

## *Índice de Figuras*

**Figura 1.** *Cargas sobre una cimentación superficial* ....2
**Figura 2.** *Descalce de una cimentación vecina durante la excavación* ....4
**Figura 3.** *Algunos tipos de cimentaciones superficiales* ....4
**Figura 4.** *Zapata exterior* ....5
**Figura 5.** *Zapata interior* ....6
**Figura 6.** *Zapata aislada* ....6
**Figura 7.** *Zapata combinada* ....7
**Figura 8.** *Diferentes tipos de losas utilizadas en construcción* ....9
**Figura 9.** *Losa de Cimentación* ....10
**Figura 10.** *Bombas de concreto* ....11
**Figura 11.** *Excavadora* ....12
**Figura 12.** *Compactadora* ....13
**Figura 13.** *Bulldozers* ....13
**Figura 14.** *Láser rotatorio* ....14
**Figura 15.** *Camión de volteo* ....15
**Figura 16.** *Bomba pluma* ....15
**Figura 17.** *Enconfrado* ....16
**Figura 18.** *Equipamiento para la construcción* ....16
**Figura 19.** *Equipo de protección personal* ....17
**Figura 20.** *Procedimiento constructivo* ....19
**Figura 21.** *Ensayos y pruebas de pilotes* ....24
**Figura 22.** *Prueba de ultrasonido* ....25
**Figura 23.** *Pruebas de permeabilidad* ....26
**Figura 24.** *Pruebas de resistividad* ....26
**Figura 25.** *Cimentaciones superficiales* .... **¡Error! Marcador no definido.**
**Figura 26.** *Cimentación profunda a base de pilotes* .... **¡Error! Marcador no definido.**
**Figura 27.** *Cimentación profunda a base de pilas* .... **¡Error! Marcador no definido.**
**Figura 28.** *Estructura de un edificio* .... **¡Error! Marcador no definido.**
**Figura 29.** *Desplante de muros de mampostería* .... **¡Error! Marcador no definido.**

## *Índice de Tablas*

**Tabla 1.** *Tipología de cimiento y elemento estructural más usual al que sirve de cimentación.* .....7

**Este trabajo fue desarrollado por académicos y alumnado adscrito al Departamento de Construcción de la División de Ingenierías Civil y Geomática con recursos del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (PAPIME PE101724).**

**Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**

**Facultad de Ingeniería (FI)**

**Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA)**