

# **NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DE EMERGENCIA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES**

## ÍNDICE

### 1. CONSIDERACIONES GENERALES

- 1.1. Alcance
- 1.2. Unidades

### 2. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

- 2.1. Clasificación de las edificaciones
- 2.2. Investigación de las colindancias
- 2.3. Reconocimiento del sitio
- 2.4. Estudios geotécnicos
  - 2.4.1. Obligatoriedad de los estudios
  - 2.4.2. Alcances de los estudios
- 2.5. Exploraciones
- 2.6. Determinación de propiedades en el laboratorio
- 2.7. Investigación del hundimiento regional

### 3. VERIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS CIMENTACIONES

- 3.1. Acciones de diseño
- 3.2. Factores de carga y de resistencia
- 3.3. Cimentaciones someras, zapatas y losas
  - 3.3.1. Estados límite de falla
  - 3.3.2. Estados límite de servicio
- 3.4. Cimentaciones compensadas
- 3.5. Cimentaciones con pilotes de fricción
- 3.6. Cimentaciones con pilotes de punta o pilas
- 3.7. Pruebas de carga en pilotes
- 3.8. Cimentaciones especiales

### 4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN

### 5. ANÁLISIS Y DISEÑO DE EXCAVACIONES

### 6. MUROS DE CONTENCIÓN

### 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

- 7.1. Procedimiento constructivo de cimentaciones
- 7.2. Cimentaciones someras
- 7.3. Excavaciones
- 7.4. Consideraciones generales

### 8. OBSERVACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

### 9. CIMENTACIONES ABANDONADAS

### 10. CIMENTACIONES SOBRE RELLENOS CONTROLADOS

### 11. RECIMENTACIONES

### 12. MEMORIA DE DISEÑO

## JUSTIFICACIÓN

Las “Normas Técnicas Complementarias de Emergencia (NTCE)” del Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca, son el resultado de la suma del esfuerzo de colegios de profesionistas, cámaras e instituciones educativas y de investigación, así como de la Secretaría de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable (SINFRA), a través de la Subsecretaría de Ordenamiento Territorial. Estas NTCE, están dirigidas a todos los Ayuntamientos, constructoras, colegios, cámaras y profesionistas de la construcción y edificación, cuyo cumplimiento o incumplimiento no tendrá por ahora ninguna consecuencia de derecho y tampoco serán consideradas vinculantes para quienes puedan ser sujetos de las mismas, ya que son unilaterales e incoercibles, hasta en tanto no se estipule lo contrario.

El Plan Estatal de Desarrollo 2016–2022, tiene como objetivo principal mejorar de forma significativa la calidad de vida de las familias oaxaqueñas y heredar a sus nuevas generaciones una plataforma de impulso más sólida, con los elementos necesarios para asegurar un mayor progreso y un mejor porvenir.

Las Normas Técnicas Complementarias de Emergencia surgen como parte de las actividades del Grupo de Trabajo 4 denominado: “Actualización del marco jurídico en materia de ordenamiento territorial y desarrollo urbano” del Consejo Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Oaxaca (CEOTDU), presidido por SINFRA e integrado por 35

Consejeros de instituciones gubernamentales, educativas y de investigación, colegios y cámaras de profesionistas relacionados con la construcción y el desarrollo urbano.

Por otra parte, para la aplicación del Programa Nacional de Reconstrucción (PNR) en el estado de Oaxaca se instaló la Coordinación Estatal para la Reconstrucción (CER) la cual solicitó a la SINFRA la integración y coordinación de una “Mesa Técnica y de Normatividad” para la Reconstrucción en el estado, misma que se integró con los expertos del Grupo de Trabajo 4 del CEOTDU.

La SINFRA es una institución clave para impulsar el desarrollo sostenible de nuestra entidad; por lo cual, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 37 de la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Oaxaca; 2, 7 y demás numerales respectivos del Reglamento Interno de la Secretaría de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable, se permite emitir las siguientes **Normas técnicas complementarias de emergencia del Reglamento de construcción y seguridad estructural para el estado de Oaxaca:**

1. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño por sismo.
2. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño por viento.
3. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño y construcción de cimentaciones.
4. Norma Técnica Complementaria de Emergencia sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones.

## AGRADECIMIENTOS

La SINFRA reconoce el entusiasmo de los expertos que participaron en la “Mesa Técnica y de Normatividad” para lograr en pocas semanas la revisión, discusión y aprobación de las NTCE. De manera desinteresada apoyaron esta actividad los profesionistas del: Colegio de Ingenieros Civiles de Oaxaca (CICO); Colegio Oaxaqueño de Ingenieros Civiles, Unidos para el Desarrollo del Estado (COIC UNDEO), Colegio de Arquitectos del Estado de Oaxaca (CAEO), Colegio Libre e Independiente de Arquitectos de Oaxaca (CLIAO), Colegio de Urbanistas de Oaxaca, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS), Sociedad Mexicana de Seguridad Estructural (SMSE), Sociedad Mexicana de Ingeniería (SMI), Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Asociación Mexicana de la Industria de la Construcción (AMIC), Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables (AMDROC).

Agradecemos especialmente a los profesionistas que participaron en las reuniones de trabajo para analizar y aprobar las NTCE: Arodi Carballo Bernabé, Carlos Espinoza Castellanos, Cuauhtémoc Hernández Sibaja, Darío Vasconcelos Martínez, Erika Morales García, Ernesto A. López V., Everardo García Mendoza, Humberto Mario Durán Gómez, Jaime Rojas Arellano, Javier Vázquez Ortiz, Jorge Parada Vicente, Juan Alfredo Bautista León, Luis Felguerez Guzmán, Manuel Meza Corres, Porfirio Cruz Cruz, Rafael Jiménez Toledo, Rolando Ortiz Ramos, Romeo E. Ávila García, Romeo Gutiérrez Vásquez, Sergio P. Ríos Aquino, Víctor E. Flores González.

## DIRECTORIO

### **Alejandro I. Murat Hinojosa**

Gobernador Constitucional del Estado de Oaxaca

### **Fabian Sebastián Herrera Villagómez**

Secretario de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable y Presidente del CEOTDU.

### **Fabián Alejandro Vázquez Martínez**

Subsecretario de Ordenamiento Territorial y Secretario Técnico del CEOTDU.

### **Rodolfo Díaz Jiménez**

Director de Ordenamiento Territorial y Coordinador de los Grupos de Trabajo del CEOTDU.

## 1. CONSIDERACIONES GENERALES

### 1.1. Alcance

Las presentes Normas Técnicas tienen por objeto fijar criterios y métodos de diseño y construcción de cimentaciones que permitan cumplir los requisitos mínimos definidos en el Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural del Estado de Oaxaca (RCSEEO). Los aspectos no cubiertos por ellas quedan a criterio del Director Responsable de Obra (DRO) y, en su caso, del Corresponsable en Seguridad Estructural (CSE) y serán de su responsabilidad. El uso de criterios o métodos diferentes de los que aquí se presentan también pueden ser aceptables, pero requerirán la aprobación expresa del Ayuntamiento o de la Secretaría correspondiente del gobierno del Estado.

### 1.2. Unidades

En los estudios para el diseño de cimentaciones, se usará un sistema de unidades coherente, de preferencia el Sistema Internacional (SI); sin embargo, será aceptable usar como unidad de fuerza la tonelada métrica, que se considerará equivalente a 10 kN.

## 2. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

### 2.1. Clasificación de las edificaciones

Para fines de estas Normas Técnicas, independientemente de las clasificaciones existentes en el reglamento u otras normas del mismo reglamento, las edificaciones se clasificarán de acuerdo a lo siguiente:

**Tipo A.** Construcciones ligeras o medianas

de poca extensión y con excavaciones someras.

Son de esta categoría las edificaciones que cumplen con los siguientes tres requisitos:

Peso unitario medio de la estructura:

$$w \leq 30 \text{ kPa (3 t/m}^2\text{)}$$

Área de la construcción en planta baja:

$$A \leq 250 \text{ m}^2$$

Profundidad de desplante:

$$D_f \leq 1.8 \text{ m}$$

**Tipo B.** Construcciones pesadas, extensas o con excavaciones profundas.

Son de esta categoría las edificaciones que tienen al menos una de las siguientes características:

Peso unitario medio de la estructura:

$$w > 30 \text{ kPa (3 t/m}^2\text{)}$$

Área de la construcción en planta baja:

$$A > 250 \text{ m}^2$$

Profundidad de desplante:

$$D_f > 1.8 \text{ m}$$

Se entenderá por peso unitario medio de una estructura,  $w$ , la suma de la carga muerta y de la carga viva con intensidad media al nivel de apoyo de la subestructura dividida entre el área de la proyección en planta de dicha subestructura. En edificios formados por cuerpos con estructuras desligadas, cada cuerpo deberá considerarse separadamente. En el caso de desarrollos habitacionales de

cualquier tipo, se sumarán las áreas de la planta baja de todas las viviendas.

## 2.2. Investigación de las colindancias

En el diseño y construcción de la cimentación en proyecto, en el caso de las estructuras del Tipo B, deberán investigarse el tipo y las condiciones de cimentación de las construcciones colindantes en materia de estabilidad, hundimientos, emersiones, agrietamientos del suelo y desplomes, y tomarse en cuenta en el diseño y construcción de la cimentación en proyecto.

Asimismo, se investigarán la localización y las características de las obras subterráneas cercanas, existentes o proyectadas, pertenecientes a los servicios públicos, con objeto de verificar que la construcción no cause daños a tales instalaciones ni sea afectada por ellas.

## 2.3. Reconocimiento del sitio

Para fines de las presentes Normas Técnicas los suelos en el Estado se clasifican en tres tipos, con las características y parámetros generales siguientes:

### Tipo I. Características generales:

Rocas o limos y arcillas de consistencia de muy compacta a dura o materiales granulares de compactidad de compactos a muy compactos.

Parámetros:

El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) es:

$$N \geq 40$$

El periodo dominante del suelo ( $T_s$ ) es:

$$T_s \leq 0.3 \text{ s}$$

La velocidad de ondas de cortante del suelo ( $\beta_s$ ) es:

$$\beta_s \geq 360 \text{ m/s}$$

El peso volumétrico del suelo en estado natural ( $\gamma_s$ ) es:

$$\gamma_s \geq 1,800.0 \text{ kg/m}^3$$

### Tipo II. Características generales:

Limos y arcillas de consistencia media a compacta o materiales granulares de compactidad media, o bien capas intercaladas de estos materiales.

Parámetros:

El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) es:

$$40 > N \geq 10$$

El periodo dominante del suelo ( $T_s$ ) es:

$$0.3 \text{ s} < T_s \leq 0.8 \text{ s}$$

La velocidad de ondas de cortante del suelo ( $\beta_s$ ) es:

$$360 \text{ m/s} > \beta_s \geq 90 \text{ m/s}$$

El peso volumétrico del suelo en estado natural ( $\gamma_s$ ) es:

$$1,800.0 \text{ kg/m}^3 > \gamma_s \geq 1,500.0 \text{ kg/m}^3$$

### Tipo III. Características generales:

Limos y arcillas de consistencia de muy blanda a blanda o materiales granulares de compacidad de muy floja a floja.

Parámetros:

El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) es:

$$N < 10$$

El periodo dominante del suelo ( $T_s$ ) es:

$$T_s > 0.8 \text{ segundos.}$$

La velocidad de ondas de cortante del suelo ( $\beta_s$ ) es:

$$\beta_s < 90 \text{ m/s}$$

El peso volumétrico del suelo en estado natural ( $\gamma_s$ ) es:

$$\gamma_s < 1,500.0 \text{ kg/m}^3$$

## 2.4. Estudios geotécnicos

### 2.4.1. Obligatoriedad de los estudios

Es obligatorio realizar estudios de geotecnia en las estructuras denominadas del Tipo B, definidas en el inciso 2.1. "Clasificación de las edificaciones" de estas Normas Técnicas. En las estructuras denominadas del Tipo A, definidas en el mismo punto, quedará a criterio del DRO la realización de los mismos; en el caso de no realizarse, los parámetros considerados en el diseño quedarán bajo la responsabilidad del mismo DRO.

### 2.4.2. Alcances de los estudios

La información que los estudios arrojen es válida únicamente para el lugar y tipo de obra indicada en el informe; los resultados de las investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones de los estudios, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo; no podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obra.

Todo estudio deberá ser firmado por un profesional o especialista en la materia que asume la responsabilidad del contenido y de las conclusiones del informe.

Los Ayuntamientos o la Secretaría correspondiente del gobierno del Estado, son los responsables de hacer cumplir estas Normas Técnicas.

## 2.5. Exploraciones

En las estructuras denominadas del Tipo A en estas Normas Técnicas, quedará a criterio del DRO (y/o del Corresponsable en Seguridad Estructural en su caso) la realización de las exploraciones, siendo esta responsabilidad del propio DRO (y/o del Corresponsable en Seguridad Estructural en su caso).

En las estructuras denominadas del Tipo B en estas Normas Técnicas se establecen los siguientes puntos:

a. Se realizarán pozos a cielo abierto y/o sondeos para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la

profundidad de desplante.

b. El número mínimo de exploraciones, será de una por los primeros 250 m<sup>2</sup> de construcción en planta baja, a partir de esta área, una por cada 500 m<sup>2</sup> de construcción en planta baja hasta llegar a 1,000 m<sup>2</sup>; a partir de 1,000 m<sup>2</sup> en adelante se realizará una exploración como mínimo por cada 80 m de perímetro del área en estudio, no obstante lo anterior, si se considera conveniente para cada proyecto en particular, el número de exploraciones puede aumentarse.

c. La profundidad de las exploraciones dependerá del tipo de cimentación y de las condiciones del subsuelo pero no será inferior a dos metros bajo el nivel de desplante.

d. Los sondeos a realizar podrán ser de los tipos indicados a continuación:

1. Sondeos con recuperación continua de muestras alteradas mediante la herramienta de penetración estándar.

2. Sondeos mixtos con recuperación alternada de muestras inalteradas y alteradas.

3. Sondeos consistentes en realizar, en forma continua o selectiva, una determinada prueba de campo, con o sin recuperación de muestras. La prueba podrá consistir en medir:

i. El número de golpes requeridos para lograr, mediante impactos, cierta penetración de un muestreador estándar (prueba SPT) o de un dispositivo mecánico cónico (prueba dinámica de cono).

ii. La resistencia a la penetración de un cono mecánico o eléctrico u otro dispositivo similar (prueba estática de cono o prueba penetrométrica). Al ejecutar este tipo de prueba de campo, deberán respetarse los procedimientos aceptados, en particular en cuanto a la velocidad de penetración, la cual estará comprendida entre 1 y 2 cm/s.

iii. Otras pruebas como la prueba presiométrica y la prueba de veleta o similar.

4. Sondeos con equipo rotatorio y muestreadores de barril.

5. Sondeos de percusión o de avance con equipo tricónico.

## 2.6. Determinación de propiedades en el laboratorio

Las propiedades índice relevantes de las muestras alteradas e inalteradas, las propiedades mecánicas (resistencia y deformabilidad a esfuerzo cortante y compresibilidad) e hidráulicas (permeabilidad) de los suelos se determinarán, en su caso, mediante procedimientos de laboratorio aceptados. Asimismo, para determinar las propiedades dinámicas del suelo, podrán emplearse los ensayos de columna resonante, péndulo de torsión, o cualquier otro reconocido; los resultados se interpretarán siguiendo métodos y criterios reconocidos.

A fin de especificar y controlar la compactación de los materiales cohesivos empleados en rellenos, se recurrirá a la prueba Proctor estándar o pruebas equivalentes. En el caso de materiales

compactados con equipo muy pesado, se recurrirá a la prueba Proctor modificada o a otra prueba equivalente. La especificación y el control de compactación de materiales no cohesivos se basarán en el concepto de compacidad relativa.

## 2.7. Investigación del hundimiento regional

En las zonas de suelos altamente compresibles y saturados, en caso de ser necesario se tomará en cuenta la información disponible respecto a la evolución del proceso de hundimiento regional y se preverán sus efectos a corto y largo plazo sobre el comportamiento de la cimentación en proyecto.

## 3. VERIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS CIMENTACIONES

En el diseño de toda cimentación, se considerarán los siguientes estados límite, además de los correspondientes a los miembros de la estructura:

### a) De falla:

- 1) Flotación;
- 2) Flujo plástico local o general del suelo bajo la cimentación; y
- 3) Falla estructural de pilotes, pilas u otros elementos de la cimentación.

La revisión de la seguridad de una cimentación ante estados límite de falla consistirá en comparar para cada elemento de la cimentación, y para ésta en su conjunto, la capacidad de carga del suelo con

las acciones de diseño, afectando la capacidad de carga neta con un factor de resistencia y las acciones de diseño con sus respectivos factores de carga.

La capacidad de carga de los suelos de cimentación se calculará por métodos analíticos o empíricos suficientemente apoyados en evidencias experimentales locales o se determinará con pruebas de carga. La capacidad de carga de la base de cualquier cimentación se calculará a partir de la resistencia media del suelo a lo largo de la superficie potencial de falla correspondiente al mecanismo más crítico.

En el cálculo se tomará en cuenta la interacción entre las diferentes partes de la cimentación y entre ésta y las cimentaciones vecinas.

### b) De servicio:

- 1) Movimiento vertical medio, asentamiento o emersión de la cimentación, con respecto al nivel del terreno circundante;
- 2) Inclinación media de la construcción, y
- 3) Deformación diferencial de la propia estructura y sus vecinas.

En cada uno de los movimientos, se considerarán el componente inmediato bajo carga estática, el accidental, principalmente por sismo, y el diferido, por consolidación, y la combinación de los tres. El valor esperado de cada uno de tales movimientos deberá garantizar que no se causarán daños intolerables a la propia cimentación, a la superestructura y sus instalaciones, a los elementos no estructurales y acabados, a las construcciones vecinas ni a los servicios públicos.

Se prestará gran atención a la compatibilidad a corto y largo plazo del tipo de cimentación seleccionado con el de las estructuras vecinas.

### 3.1. Acciones de diseño

Para efecto de las presentes normas las combinaciones de acciones a considerar en el diseño de cimentaciones serán las siguientes:

#### a) Primer tipo de combinación

Acciones permanentes más acciones variables, incluyendo la carga viva. Con este tipo de combinación se revisarán tanto los estados límite de servicio como los de falla. Las acciones variables se considerarán con su intensidad media para fines de cálculos de asentamientos u otros movimientos a largo plazo. Para la revisión de estados límite de falla, se considerará la acción variable más desfavorable con su intensidad máxima y las acciones restantes con intensidad instantánea. Entre las acciones permanentes se incluirán el peso propio de los elementos estructurales de la cimentación, los efectos del hundimiento regional sobre la cimentación, incluyendo la fricción negativa, el peso de los rellenos y lastres que graviten sobre los elementos de la subestructura, incluyendo el agua en su caso, los empujes laterales sobre dichos elementos y toda otra acción que se genere sobre dichos elementos y toda otra acción que se genere sobre la propia cimentación o en su vecindad.

#### b) Segundo tipo de combinación

Acciones permanentes más acciones

variables con intensidad instantánea y acciones accidentales (viento o sismo). Con este tipo de combinación se revisarán los estados límite de falla y los estados límite de servicio asociados a deformaciones transitorias y permanentes del suelo bajo carga accidental.

La magnitud de las acciones sobre la cimentación provenientes de la estructura se obtendrá como resultado directo del análisis de ésta. Para fines de diseño de la cimentación, la fijación de la magnitud de todas las acciones pertinentes y de su distribución será responsabilidad conjunta de los diseñadores de la superestructura y de la cimentación. Se estimarán con especial cuidado las concentraciones de carga que pueden generar en ciertas partes específicas de la cimentación los elementos más pesados de la estructura (salientes, muros de fachada, cisternas, etc.) y que son susceptibles de inducir fallas locales o generales del suelo.

Para la revisión de los estados límite de falla de una cimentación sujeta a acciones sísmicas, se considerará de la siguiente forma: 100 por ciento del sismo en una dirección y 30 por ciento en la dirección perpendicular a ella, con los signos que para cada concepto resulten desfavorables y se repetirá este procedimiento en la otra dirección.

Para una evaluación más precisa de las acciones accidentales por sismo al nivel de la cimentación, será válido apoyarse en un análisis de interacción dinámica suelo-estructura recurriendo a métodos analíticos o numéricos aceptados para este fin.

En el caso de cimentaciones profundas construidas en suelos altamente compresibles o en rellenos compresibles, se incluirá entre las acciones permanentes la fricción negativa que puede desarrollarse en el fuste de los pilotes o pilas por consolidación del terreno circundante.

### 3.2. Factores de carga y de resistencia

Los factores de carga,  $F_c$ , que deberán aplicarse a las acciones para el diseño de cimentaciones serán los indicados en el Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural del Estado de Oaxaca (RCSEEO).

Para estados límite de servicio, el factor de carga ( $F_c$ ) será unitario en todas las acciones. Para estados límite de falla se aplicará un factor de carga ( $F_c$ ) de 1.1 al peso propio del suelo y a los empujes laterales de éste. La acción de la subpresión y de la fricción negativa se tomará con un factor de carga unitario.

Los factores de resistencia,  $FR$ , relativos a la capacidad de carga de cimentaciones determinada a partir de estimaciones analíticas o de pruebas de campo serán los siguientes para todos los estados límite de falla:

a)  $FR = 0.35$  para la capacidad de carga ante cualquier combinación de acciones en la base de zapatas de cualquier tipo desplantadas en suelos tipo I, zapatas de colindancia desplantadas a menos de 5 m de profundidad en los suelos tipo II y III y de los pilotes y pilas apoyados en un estrato resistente; y

b)  $FR = 0.70$  para los otros casos.

Los factores de resistencia se aplicarán a la capacidad de carga neta de las cimentaciones.

### 3.3. Cimentaciones someras, zapatas y losas

#### 3.3.1. Estados límite de falla

Para cimentaciones someras desplantadas en suelos sensiblemente uniformes, para el cálculo de la capacidad de carga del suelo, podrán utilizarse las expresiones desarrolladas por Terzaghi u otras similares que cuenten con aceptación y reconocimiento.

#### 3.3.2. Estados límite de servicio

Los asentamientos instantáneos de las cimentaciones bajo solicitaciones estáticas, la magnitud de las deformaciones permanentes y los asentamientos diferidos se calcularán por medio de métodos reconocidos. El desplazamiento horizontal y el giro transitorios de la cimentación bajo las fuerzas cortantes y el momento de volteo generados por la segunda combinación de acciones se calcularán cuando proceda, por medio de métodos reconocidos.

### 3.4. Cimentaciones compensadas

Se entiende por cimentaciones compensadas aquéllas en las que se busca reducir el incremento neto de carga aplicado al subsuelo mediante excavaciones del terreno y uso de un cajón desplantado a

cierta profundidad. Según que el incremento neto de carga aplicado al suelo en la base del cajón resulte positivo, nulo o negativo, la cimentación se denomina parcialmente compensada, compensada o sobrecompensada, respectivamente.

Para el diseño de este tipo de cimentaciones, podrá utilizarse cualquier criterio elegido por el responsable del estudio, con la condición de que cuente con aceptación y reconocimiento.

### **3.5. Cimentaciones con pilotes de fricción**

Los pilotes de fricción son aquellos que transmiten cargas al suelo principalmente a lo largo de su superficie lateral. En suelos blandos, se usan comúnmente como complemento de un sistema de cimentación parcialmente compensada para reducir asentamientos, transfiriendo parte de la carga a los estratos más profundos (diseño en términos de deformaciones). En este caso, los pilotes no tienen generalmente la capacidad para soportar por sí solos el peso de la construcción y trabajan al límite en condiciones estáticas, por lo que no pueden contribuir a tomar solicitaciones accidentales e inclusive pueden, de acuerdo con la experiencia, perder una parte importante de su capacidad de carga en condiciones sísmicas, por lo que resulta prudente ignorar su contribución a la capacidad de carga global. Opcionalmente, los pilotes de fricción pueden usarse para soportar el peso total de la estructura y asegurar su estabilidad (diseño en términos de capacidad de carga). En este último caso, en suelos blandos en

proceso de consolidación, la losa puede perder el sustento del suelo de apoyo por lo que resulta prudente considerar que no contribuye a la capacidad de carga global.

Para el diseño de este tipo de cimentaciones, podrá utilizarse cualquier criterio elegido por el responsable del estudio, con la condición de que cuente con aceptación y reconocimiento.

### **3.6. Cimentaciones con pilotes de punta o pilas**

Los pilotes de punta son los que transmiten la mayor parte de la carga a un estrato resistente por medio de su punta. Generalmente, se llama pilas a los elementos de más de 60 cm de diámetro colados en perforación previa.

Para el diseño de este tipo de cimentaciones, podrá utilizarse cualquier criterio elegido por el responsable del estudio, con la condición de que cuente con aceptación y reconocimiento.

### **3.7. Pruebas de carga en pilotes**

Las estimaciones de la capacidad de carga de pilotes de fricción o de punta basadas en pruebas de campo o en cálculos analíticos se verificarán mediante pruebas de carga cuando exista incertidumbre excesiva sobre las propiedades de los suelos involucrados y la edificación sea de los grupos A o B1. Para la ejecución de estas pruebas, podrá utilizarse cualquier criterio elegido por el responsable del estudio, con la condición de

que cuente con aceptación y reconocimiento.

### 3.8. Cimentaciones especiales

Cuando se pretenda utilizar dispositivos especiales de cimentación, deberá solicitarse la aprobación expresa del Ayuntamiento o de la Secretaría. Para ello se presentarán los resultados de los estudios y ensayos a que se hubieran sometido dichos dispositivos. Los sistemas propuestos deberán proporcionar una seguridad equivalente a la de las cimentaciones tradicionales calculadas de acuerdo con las presentes Normas Técnicas, en particular ante sollicitaciones sísmicas.

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN

Los elementos mecánicos (presiones de contacto, empujes, etc.) requeridos para el diseño estructural de la cimentación deberán determinarse para cada combinación de acciones señalada en la sección 3.1.

Los esfuerzos o deformaciones en las fronteras suelo-estructura necesarios para el diseño estructural de la cimentación, incluyendo presiones de contacto y empujes laterales, deberán evaluarse tomando en cuenta la rigidez y la resistencia de la estructura y de los suelos de apoyo.

Las presiones de contacto consideradas deberán ser tales que las deformaciones diferenciales del suelo calculadas con ellas coincidan aproximadamente con las del

sistema subestructura-superestructura. Para determinar distribuciones de este tipo, será aceptable suponer que el medio es elástico y continuo y usar las soluciones analíticas existentes o métodos numéricos. Será aceptable cualquier distribución que satisfaga las condiciones siguientes:

- a) Que exista equilibrio local y general entre las presiones de contacto y las fuerzas internas en la subestructura y las fuerzas y momentos transmitidos a ésta por la superestructura;
- b) Que los hundimientos diferenciales inmediatos más diferidos con las presiones de contacto consideradas sean aceptables en términos de las presentes Normas Técnicas; y
- c) Que las deformaciones diferenciales instantáneas más las diferidas del sistema subestructura-superestructura sean aceptables en términos de las presentes Normas Técnicas.

La distribución de esfuerzos de contacto podrá determinarse para las diferentes combinaciones de sollicitaciones a corto y largo plazos, con base en simplificaciones e hipótesis conservadoras o mediante estudios explícitos de interacción suelo-estructura.

Los pilotes y sus conexiones se diseñarán para poder soportar los esfuerzos resultantes de las acciones verticales y horizontales consideradas en el diseño de la cimentación y los que se presenten durante el proceso de transporte, izaje e hinca. Los pilotes deberán poder soportar estructuralmente la carga que corresponde a

su capacidad de carga última con factor de resistencia unitario.

Los pilotes de concreto deberán cumplir con lo estipulado en el Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural del Estado de Oaxaca (RCSEEO). Los pilotes de acero deberán protegerse contra corrosión al menos en el tramo comprendido entre la cabeza y la máxima profundidad a la que, se estime, pueda descender el nivel freático.

En el caso de cimentaciones sobre pilotes de punta en suelos altamente compresibles, se tomará en cuenta que, por la consolidación regional, los pilotes pueden perder el confinamiento lateral en su parte superior en una altura igual a la magnitud de la consolidación regional entre la punta del pilote y su parte superior. La subestructura deberá entonces diseñarse para trabajar estructuralmente tanto con soporte del suelo como sin él, es decir, en este último caso, apoyada solamente en los pilotes.

## 5. ANÁLISIS Y DISEÑO DE EXCAVACIONES

En el diseño de las excavaciones se considerarán los siguientes estados límite:

a) De falla: colapso de los taludes o de las paredes de la excavación o del sistema de adomado de las mismas, falla de los cimientos de las construcciones adyacentes y falla de fondo de la excavación por corte o por subpresión en estratos subyacentes, y colapso del techo de cavernas o galerías.

b) De servicio: movimientos verticales y horizontales inmediatos y diferidos por

descarga en el área de excavación y en los alrededores. Los valores esperados de tales movimientos deberán ser suficientemente reducidos para no causar daños a las construcciones e instalaciones adyacentes ni a los servicios públicos.

Además, la recuperación por recarga no deberá ocasionar movimientos totales o diferenciales intolerables para las estructuras que se desplanten en el sitio.

Para el análisis y diseño de excavaciones, podrá utilizarse cualquier criterio elegido por el responsable del estudio, con la condición de que cuente con aceptación y reconocimiento.

## 6. MUROS DE CONTENCIÓN

Las presentes Normas se aplicarán a los muros de gravedad (de mampostería, de piezas naturales o artificiales, o de concreto simple), cuya estabilidad se debe a su peso propio, así como a los muros de concreto reforzado empotrados en su base, con o sin anclas o contrafuertes, y que utilizan la acción de voladizo para retener la masa de suelo. Los muros de contención exteriores construidos para dar estabilidad al terreno en desniveles, deberán diseñarse de tal forma que no se rebasen los siguientes estados límite de falla: volteo, desplazamiento del muro, falla de la cimentación del mismo o del talud que lo soporta, o bien rotura estructural. Además, se revisarán los estados límite de servicio, como asentamiento, giro o deformación excesiva del muro. Los empujes se estimarán tomando en cuenta la flexibilidad

del muro, el tipo de relleno y el método de colocación del mismo.

Los muros incluirán un sistema de drenaje adecuado que impida el desarrollo de empujes superiores a los de diseño por efecto de presión del agua. Para ello, los muros de contención deberán siempre dotarse de un filtro colocado atrás del muro con lloraderos y/o tubos perforados. Este dispositivo deberá diseñarse para evitar el arrastre de materiales provenientes del relleno y para garantizar una conducción eficiente del agua infiltrada, sin generación de presiones de agua significativas. Se tomará en cuenta que, aún con un sistema de drenaje, el efecto de las fuerzas de filtración sobre el empuje recibido por el muro puede ser significativo.

Las fuerzas actuantes sobre un muro de contención se considerarán por unidad de longitud. Las acciones a tomar en cuenta, según el tipo de muro serán: el peso propio del muro, el empuje de tierras, la fricción entre muro y suelo de relleno, el empuje hidrostático o las fuerzas de filtración en su caso, las sobrecargas en la superficie del relleno y las fuerzas sísmicas. Los empujes desarrollados en condiciones sísmicas se evaluarán en la forma indicada en las Normas Técnicas de Emergencia para Diseño por Sismo.

## 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Como parte del estudio de mecánica de suelos, deberá definirse un procedimiento constructivo de las cimentaciones, excavaciones y muros de contención que

asegure el cumplimiento de las hipótesis de diseño y garantice la integridad de los elementos de cimentación y la seguridad durante y después de la construcción. Dicho procedimiento deberá ser tal que se eviten daños a las estructuras e instalaciones vecinas y a los servicios públicos por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo.

Cualquier cambio significativo que se pretenda introducir en el procedimiento de construcción especificado en el estudio geotécnico deberá analizarse con base en la información contenida en dicho estudio o en un estudio complementario si éste resulta necesario.

### 7.1. Procedimiento constructivo de cimentaciones

#### 7.1.1. Cimentaciones someras

El desplante de la cimentación se hará de acuerdo a la decisión del DRO (y/o del Corresponsable en Seguridad Estructural en su caso) de acuerdo con el estudio de ingeniería geotécnica o mecánica de suelos. Sin embargo, deberá tenerse en cuenta cualquier discrepancia entre las características del suelo encontradas a esta profundidad y las consideradas en el proyecto, para que, de ser necesario, se hagan los ajustes correspondientes. Se tomarán todas las medidas necesarias para evitar que en la superficie de apoyo de la cimentación se presente alteración del suelo durante la construcción por saturación o remoldeo. Las superficies de desplante estarán libres de cuerpos extraños o sueltos.

En el caso de elementos de cimentación de concreto reforzado se aplicarán procedimientos de construcción que garanticen el recubrimiento requerido para proteger el acero de refuerzo. Se tomarán las medidas necesarias para evitar que el propio suelo o cualquier líquido o gas contenido en él puedan atacar el concreto o el acero. Asimismo, durante el colado se evitará que el concreto se mezcle o contamine con partículas de suelo o con agua freática, que puedan afectar sus características de resistencia o durabilidad. Se prestará especial atención a la protección de los pilotes en las regiones donde el subsuelo presenta una alta salinidad.

### 7.1.2. Cimentaciones con pilotes o pilas

La colocación de pilotes y pilas se ajustará al proyecto correspondiente, verificando que la profundidad de desplante, el número y el espaciamiento de estos elementos correspondan a lo señalado en los planos estructurales. Los procedimientos para la instalación de pilotes y pilas deberán garantizar la integridad de estos elementos y que no se ocasione daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo. Cada pilote, sus tramos y las juntas entre estos, en su caso, deberán diseñarse y realizarse de modo tal que resistan las fuerzas de compresión y tensión y los momentos flexionantes que resulten del análisis.

Para la construcción de este tipo de cimentaciones, podrá utilizarse cualquier criterio elegido por el responsable del

trabajo, con la condición de que cuente con aceptación y reconocimiento.

## 7.2. Excavaciones

### 7.2.1. Consideraciones generales

Cuando las separaciones con las colindancias lo permitan, las excavaciones podrán delimitarse con taludes perimetrales cuya pendiente se evaluará a partir de un análisis de estabilidad de acuerdo con el Capítulo 5. Si por el contrario, existen restricciones de espacio y no son aceptables taludes verticales debido a las características del subsuelo, se recurrirá a un sistema de soporte constituido por ademes, tablaestacas o muros colados en el lugar apuntalados o retenidos con anclas instaladas en suelos firmes. En todos los casos deberá lograrse un control adecuado del flujo de agua en el subsuelo y seguirse una secuela de excavación que minimice los movimientos de las construcciones vecinas y servicios públicos.

Para el control del flujo de agua, la colocación de tablaestacas y muros colados en el lugar, la secuencia de excavación y la protección de taludes permanentes, podrá utilizarse cualquier criterio elegido por el responsable del trabajo, con la condición de que cuenten con aceptación y reconocimiento.

## 8. OBSERVACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

En las edificaciones del Grupo A y subgrupo B1, definidas en el Capítulo I del Título Quinto del Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural del Estado de Oaxaca (RCSEEO) o de las Normas Técnicas de Emergencia sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las y en las estructuras del Tipo B definidas de este mismo modo, en caso de ser necesario, deberán hacerse nivelaciones durante la construcción y hasta que los movimientos diferidos se estabilicen, a fin de observar el comportamiento de las excavaciones y cimentaciones y prevenir daños a la propia construcción, a las construcciones vecinas y a los servicios públicos. Posteriormente a este periodo, se realizarán las mediciones por lo menos cada cinco años o cada vez que se detecte algún cambio en el comportamiento de la cimentación, en particular a raíz de un sismo.

Será obligación del propietario o poseedor de la edificación, proporcionar información de estas mediciones, así como de los planos, memorias de cálculo y otros documentos sobre el diseño de la cimentación a la Administración cuando ésta lo solicite y a los diseñadores de inmuebles que se construyan en predios contiguos.

## 9. CIMENTACIONES ABANDONADAS

Al demoler edificios dañados por sismo o cuya vida útil haya concluido, se tomarán las precauciones necesarias para que los elementos de cimentación dejados en el suelo no causen daños a las construcciones vecinas, a los servicios públicos o a las edificaciones que se construirán en el futuro

en el mismo predio.

## 10. CIMENTACIONES SOBRE RELLENOS CONTROLADOS

En ningún caso será aceptable cimentar sobre rellenos naturales o artificiales que no hayan sido colocados en condiciones controladas o estabilizados.

Será aceptable cimentar sobre terraplenes de suelos no orgánicos compactados, siempre que estos hayan sido construidos por capas de espesor no mayor de 20 cm, con control del contenido de agua y del peso volumétrico seco en las condiciones marcadas por el estudio correspondiente.

La construcción de terraplenes con suelos estabilizados con cemento u otro cementante deberá basarse en pruebas mecánicas y de intemperización realizadas en el laboratorio. Estas pruebas deberán permitir definir los porcentajes de cementante requerido así como las condiciones de colocación y compactación. Las características de los materiales colocados en la obra deberán ser verificadas por muestreo y/o pruebas de campo en el sitio. Las propiedades del material estabilizado deberán ser suficientes para garantizar la estabilidad del terraplén y de las cimentaciones que descansen sobre él a corto y a largo plazo, aun bajo el efecto de infiltraciones de agua y de otros agentes de intemperización.

Al cimentar sobre rellenos controlados, deberán revisarse los estados límites de servicio y de falla de la cimentación del

terraplén, del terraplén mismo y de la propia cimentación, con base en los criterios definidos en las presentes Normas.

## 11. RECIMENTACIONES

La recimentación de una estructura, en su estado actual o con vista a una ampliación o remodelación de la misma, será obligatoria cuando existan evidencias observacionales o analíticas que indiquen que la cimentación en su estado actual o futuro no cumple con las presentes Normas. La recimentación o renivelación podrá ser exigida por el Ayuntamiento o la Secretaría en el caso de construcciones que hayan sido dictaminadas como inseguras y riesgosas para las construcciones vecinas y/o los servicios públicos.

Los trabajos de recimentación o de renivelación deberán basarse en un estudio estructural y de mecánica de suelos formal. En el caso de una recimentación, se verificará la adecuación de la estructuración y de la nueva cimentación. Los elementos de cimentación agregados a los existentes deberán garantizar el trabajo conjunto con el resto de la cimentación.

Los trabajos de recimentación o de renivelación deberán realizarse por etapas de tal forma que, en cualquier instante de la construcción y posteriormente a ella, no se ponga en peligro la seguridad ni se causen daños en la propia construcción, en las construcciones adyacentes y/o en los servicios públicos.

## 12. MEMORIA DE DISEÑO

Todo estudio de ingeniería geotécnica, mecánica de suelos o de ingeniería de cimentaciones deberá incluir un informe o memoria de diseño detallada, con la información suficiente para que pueda ser fácilmente revisada por un experto o revisor externo.