

Criterios que influyen en el dimensionamiento de cimientos

Jorge I. Pacheco M.¹

RESUMEN

El problema de la cimentación de edificios para la ingeniería civil consiste en la transmisión de un efecto de carga entre dos medios con consistencias diferentes. En la construcción, estos dos medios son el concreto de las estructuras y el suelo como elemento de apoyo. La solución está en adecuar el comportamiento mecánico entre ellos, buscando con esto la estabilidad de ambos al momento de la transmisión de la carga. De todo se generan los diferentes criterios que se adoptan para el dimensionamiento de la cimentación.

Palabras clave: Cimentaciones, dimensionamiento, asentamiento, interacción, propiedades mecánicas.

“Un contacto perdurable entre dos medios distintos sólo puede existir si se crea un medio de transición. La no existencia de este medio provoca irremisiblemente la destrucción del más débil. Este medio de transición debe obrar en el sentido de amortiguar propiedades de signo opuesto.”⁽¹⁾

Lo anterior es la razón por la que los pavimentos se construyen por capas con materiales de diferentes consistencias (la superior con mayor consistencia que la inferior), con el propósito de propiciar la transmisión de los esfuerzos del flujo vehicular; también del mismo razonamiento anterior se deriva el problema muy tratado de la interacción suelo-estructura.

Aludiendo a las propiedades opuestas “entre estructura y suelo, y tomando una de ellas, quizá la más característica - la deformabilidad -, anotamos que para mantener una estructura rígida en servicio es necesario un elemento intermedio capaz de amortiguar suficientemente los posibles asientos que produciría un apoyo directo en el suelo y que pudieran no ser absorbidos por la estructura. El elemento capaz de amortiguar el efecto de estas deformaciones convenimos en denominarlo cimiento.”⁽¹⁾ Varias son las razones por las que la estructura requiere de la rigidez y que no guardan relación con el suelo; entre estos se puede mencionar:

Los sismos y el efecto del viento huracanado. “Intentando agrupar el conjunto de condiciones que influyen sobre las características dimensionales de un cimiento en función de las propiedades antitéticas de los medios de contacto (suelo-estructura) hemos ordenado la siguiente relación:

Condiciones que impone el terreno:

Profundidad a la que se encuentra el estrato resistente.

Capacidad de asentamiento del estrato de apoyo.

Variaciones del nivel freático.

Cota de socavaciones debidas a corrientes subterráneas.

Heladicidad y variaciones de humedad en las capas superficiales.

Condiciones que impone la estructura:

Valor de cargas transmitidas.

Capacidad de asiento diferencial (capacidad de desplazamiento vertical relativo de un pilar antes de provocar la rotura por flexión)

Influencia de estructuras próximas.”⁽¹⁾

(Existen otros criterios para definir condiciones que dependen de situaciones contextuales y de experiencias en el ejercicio de la profesión, pero las mencionadas anteriormente sintetizan a las más representativas y comunes).

“A las condiciones antes mencionadas las llamamos intrínsecas del sistema y vamos a analizarlas a continuación:

La profundidad a la que se encuentra el estrato resistente actuará directamente sobre una de las

¹ Coordinador del Cuerpo Académico de Geotecnia y Vías Terrestres. FIUADY

dimensiones del cimiento; en general, cuando este estrato se encuentra a gran profundidad, nos podremos beneficiar de la acción de rozamiento lateral entre el suelo y el fuste del cimiento a fin de absorber las cargas que transmite la estructura.”

“Sobre la capacidad de asentamiento del estrato de apoyo anotamos que al sobrecargar un suelo coherente saturado puede muy bien suceder que, aun cuando por efecto de la carga aplicada y del tamaño del cimiento escogido se encuentre muy lejano de su rotura por punzonamiento, se originen importantes deformaciones verticales. Las causas de estos asientos se encuentra en la consolidación de los estratos más inmediatos al cimiento, al producirse, por efecto de la carga aplicada, una expulsión parcial del agua que contenía el suelo originariamente, con la consiguiente disminución de volumen.”

“Otra de las condicionantes expuestas hace referencia a la profundidad a la que se encuentra el nivel freático. En áreas emplazadas en campo abierto, suele suceder que las aguas freáticas varíen su profundidad en función del régimen de lluvias de la región. En el centro de las ciudades, además del régimen de lluvias, el nivel freático puede venir influido por otras causas: rotura de canalizaciones, apertura de zonas verdes, realización de excavaciones sostenidas por muros impermeables que desvían corrientes, etc. Cuando por alguno de estos motivos varía el contenido de agua del suelo, pueden producirse modificaciones en las características mecánicas del mismo, lo que suele perjudicar a las estructuras apoyadas sobre este suelo.”⁽¹⁾

“La cota de socavaciones debe ser asimismo superada a no ser que se quiera correr el riesgo de tener desplazamientos ruinosos del cimiento. La causa de la fuga de terreno activo hacia simas de reciente formación es debida a la disolución o al transporte del suelo por efecto de corrientes subterráneas de agua.”⁽¹⁾

“Asimismo, la profundidad del cimiento puede venir condicionada por la cota de heladas. El agua que, o bien entrada por filtración o bien ascendida por capilaridad desde la capa freática, está incluida en el esqueleto del terreno, tiene capacidad de helarse provocando importantes alteraciones en el volumen y en la capacidad portante del suelo.”⁽¹⁾ Esta contingencia podría resolverse desplantando la cimentación a una profundidad tal que no le llegue el efecto de las heladas, en las épocas en que se da este fenómeno.

“Respecto a la forma en que la estructura condiciona a la cimentación anotamos que:

Las cargas transmitidas por la estructura afectan a las dimensiones del cimiento en los siguientes conceptos: Determinan la superficie de cimentación a fin de que ésta no solicite al macizo (dado) bajo tensiones, mayores (de estas tensiones) de las que pueden originar en él, rotura por esfuerzo cortante.

Pueden determinar la búsqueda, en profundidad, de un estrato más resistente si en los superficiales es imposible obtener el anterior equilibrio, lo cual incide sobre la altura del mismo.

Una vez calculados los cimientos según estos criterios de resistencia, se deberá proceder a reconsiderar sus dimensiones a la vista de la deformaciones que producen en el suelo.”⁽¹⁾

“Las causas principales de la existencia de asientos diferenciales entre dos cimientos” (digamos dos columnas, por ejemplo), “son la excesiva deformabilidad del estrato de apoyo y subyacentes y la eventual heterogeneidad de las cargas transmitidas por distintos pilares.

Contra la primera de estas causas nos podemos defender aumentando la superficie de apoyo en todos los cimientos, con la consiguiente disminución de la presión sobre el suelo, y, por lo tanto, de su deformación.

La segunda nos obligará a aumentar las dimensiones de aquellos cimientos que soportan una mayor carga, (aún cuando transmitieran la misma presión que los menos cargados). Un cimiento mayor produce esfuerzos en un volumen mayor de terreno, por lo que el asiento, aún bajo la misma presión de contacto entre cimiento y suelo, será mayor (la deformación de un sólido es directamente proporcional a los esfuerzos que lo solicitan, a las constantes de deformabilidad del material y al volumen de la muestra).⁽¹⁾

“La existencia de una estructura próxima puede determinar”⁽¹⁾, más que en las dimensiones del cimiento, en los procesos constructivos. “Un edificio próximo en estado ruinoso nos decidirá a utilizar con preferencia sistemas de ejecución que no introduzcan vibraciones en el suelo circundante.”⁽¹⁾ “Es frecuente que una cimentación próxima en mal estado nos condicione la forma de resolver la nuestra, a través de obligarnos a utilizar procedimientos sofisticados, en la proximidad de aquélla. En el caso en que las consideraciones realizadas no nos definan suficientemente el tipo de cimiento, podemos recurrir

a otras condiciones que no son directamente dependientes del terreno y de la edificación, y que por ello las llamaremos extrínsecas, algunas de las cuales pasamos a enumerar:

Condiciones que impone el grado sísmico de la región.

Condiciones que impone la seguridad de la ejecución

Condiciones económicas.”⁽¹⁾

Otro aspecto que incide en el dimensionamiento de un cimiento es el tipo de suelo sobre el cual se proyecta edificar. Al mencionar suelo se hace referencia a la superficie de apoyo, ya que en sentido estricto este término califica a “todo material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves”⁽²⁾, variando este concepto dependiendo de los tratadistas. También otro tipo de apoyo sería el conformado por estratos rocosos, el que “por su resistencia parecida a los materiales que empleamos en la edificación, es el material ideal de cimentación”⁽¹⁾. El siguiente proceso, siempre referido a las características del material de soporte, tiene que ver con los “sistemas de clasificación” los cuales “no permiten en la actualidad la cuantificación de los parámetros de cálculo, únicamente dan una idea cualitativa de comportamiento, teniendo que atender para conseguir lo primero a ensayos mecánicos aplicados “in situ” o sobre muestras de suelo. Es posible que en un futuro, si se refinan los procedimientos de identificación y se realizan serios estudios estadísticos sobre gran cantidad de datos, baste para deducir con suficiente exactitud los parámetros de cálculo, la simple definición del tipo a que pertenece el suelo; mientras tanto, debemos pensar que la identificación de un suelo sólo una más de las tareas a realizar para alcanzar su perfecta definición geotécnica.”⁽¹⁾

Comentaremos un aspecto más acerca del dimensionamiento de los cimientos que es el relacionado con el tipo de cimentaciones a utilizar.

Desde luego, esto tiene que ver, primero, con los requerimientos de la estructura, y segundo, con las características del suelo y la interacción entre ambos conceptos. (Únicamente se mencionarán los diferentes tipos de cimentaciones más comunes, ya que los detalles de análisis son “un problema específico de cálculo de estructuras, tema un poco alejado del propósito”⁽¹⁾ de estos comentarios).

“Cimientos aislados. Es frecuente cimentar a través de estos elementos: Cuando se trate de suelos rocosos o muy compactos. Cuando se desee un arriostamiento lateral basado en movilizar una reacción del suelo por empuje pasivo. Cuando el suelo resistente se encuentre a una profundidad intermedia (de 3 a 5 m). Cuando se necesite de un gran peso a nivel de cimientos para equilibrar esfuerzos horizontales sobre el suelo.”⁽¹⁾

“Cimentaciones linealmente asociadas: la viga continua. Este sistema resulta idóneo: Cuando la naturaleza del suelo, la magnitud de las cargas y la separación entre pilares es tal que una disposición por zapatas aisladas provoca colapso entre ellas. Cuando sea necesario reducir los asientos (asentamientos) diferenciales entre cimientos próximos. Cuando pueda obtenerse una solución más económica al cambiar la forma de distribuirse los esfuerzos. Cuando por existir diferencias importantes (en valor y signo) en los esfuerzos localizados en el pie de los pilares próximos se debería disponer un sistema de grandes riostras (contratrabes) que unieran las zapatas aisladas de las mismas”.

“Cimentaciones asociadas en el plano: La placa (losa). Es frecuente cimentar sobre placa continua cuando la naturaleza del suelo, la magnitud de las cargas y la separación entre pilares es tal que la solución por zapatas aisladas nos diera una ocupación del suelo igual a la mitad del área en planta de la construcción. Se usa también este procedimiento cuando se tema la existencia de asientos entre pilares por efecto de pequeñas heterogeneidades locales del terreno. Cuando su utilización sea más económica que la de los pilotes (lo que no puede suceder en el caso en que los pilotes sean cortos)”⁽¹⁾

CONCLUSIÓN

Los conceptos mencionados anteriormente son producto de experiencias de los autores consultados y que rigen con éxito el proceso de dimensionamiento de los cimientos; esto no quiere decir que no existan otras opiniones igualmente válidas que se contrapongan radicalmente, pero más bien todas son convergentes en lo fundamental, es decir, que es necesario para resolver el problema de las cimentaciones, ajustarse a las condiciones de funcionamiento mecánico y de resistencia que impone el suelo y a las necesidades de las edificaciones en materia de estabilidad.

En realidad el problema de la cimentaciones no está resuelto todavía, ya que no es tarea fácil reproducir en el campo de la experimentación y de ahí derivar

Pacheco J. / Ingeniería 8-3 (2004)

teorías, un medio cuyas propiedades de resistencia se generados por las edificaciones.
adecuen sin saltos a la disipación de los esfuerzos

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

(¹) Mañá, Fructuoso. “Cimentaciones Superficiales” (1975). 1ª. Edición. Editorial Blume. (Páginas 9, 10, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 135, 136, 143, 144).

(²) Juárez Badillo-Rico Rodríguez. (2000) “Mecánica de suelos” Tomo I. Editorial Limusa. (Pág. 34)

BIBLIOGRAFÍA

Das, Braja M. (1999) “Principios de Ingeniería de Cimentaciones”. 4ª. Edi. International. Thomson Editores.

Juárez Badillo-Rico Rodríguez. (2000). “Mecánica de suelos”. Tomos I y II. Editorial Limusa.

Mañá, Fructuoso. “Cimentaciones Superficiales” (1975) 1ª. Edición. Editorial Blume