

VIBRACIONES

Se define a la vibración como una perturbación en el medio, es decir que una fuerza aplicada a un medio que se encuentra a su alrededor provoca una perturbación de este.

El problema mas habitual de sollicitación dinámica es el de las cimentaciones de maquinas. Las maquinas alternativas y las rotativas mal equilibradas producen fuerzas dinámicas periódicas.

Las frecuencias de funcionamientos típicos varían de 200 Hz para grandes compresores alternativos hasta unos 12000 Hz en las turbinas y compresores rotatorios de alta velocidad. Las prensas estampadoras y los martillos de forja también aplican cargas intermitentes a las cimentaciones.

En general es necesario realizar un calculo dinámico para asegurar el cumplimiento de estos criterios. Para hacer este calculo puede representarse el sistema maquina-cimentación-terreno, por un sistema equivalente maquina-muelle-amortiguador, que variara de un problema a otro, según el numero de modos de movimiento que pueda sufrir el sistema real. Para la cimentación de maquinas es de vital importancia los sistemas con un solo grado de libertad es decir aquellos que solo tiene movimiento vertical.

MOVIMIENTOS DINAMICOS ADMISIBLES

Una cimentación sometida a una carga dinámica periódica sufrirá un desplazamiento dinámico p_d de la misma frecuencia que la carga aplicada. Las velocidades y aceleraciones máximas de la cimentación pueden expresarse en función del desplazamiento máximo y de la frecuencia máxima de la forma siguiente:

$$p_{d1} = 2\pi f p_d$$

$$p_{d2} = (2\pi f)^2 p_d$$

donde el numero 1 o 2 indica la derivada con respecto del tiempo. Para evitar daños a las maquinas o a sus cimentaciones, la velocidad máxima de vibración no debe de ser superior a 2 cm/s. Sin embargo, si va a trabajar personal en las proximidades de la maquina, pueden ser necesarias condiciones aun mas estrictas. Las vibraciones comienzan a ser molestas para una persona cuando la velocidad máxima supera los 2 mm/seg y se aprecian si la velocidad supera los .2 mm/s. Para una frecuencia de 1000 Hz, estas velocidades corresponden a amplitudes de desplazamiento de 0.2, 0.02, 0.002 mm respectivamente. Para otras frecuencias de funcionamiento la amplitud de desplazamiento admisible será diferente. Adviértase que el movimiento que puede ser

apreciado por las personas es de 1/100 del que puede producir daños en las maquinas. El proyectista de cimentaciones deberá trabajar en todos los problemas en estrecha colaboración con el cliente para establecer criterios de proyecto adecuados al problema particular tratado.

La respuesta a una carga periódica de un sistema masa-muelle-amortiguador con un solo grado de libertad viene dada por las curvas. La magnitud característica que determina la respuesta de este sistema es la frecuencia natural no amortiguada f_n :

$$f_n = 1/2\pi (K/m)^{1/2}$$

donde K es la constante del muelle o resorte y M la mas.

Si la frecuencia de funcionamiento f es mucho menor que la frecuencia natural no amortiguada f_n , la fuerza aplicada es resistida principalmente por el muelle, siendo de escasa importancia la amortiguación y la inercia. La amplitud del movimiento en este caso es simplemente la respuesta estática.

Si $f \gg f_n$, la fuerza aplicada es resistida principalmente por la inercia y el muelle, siendo despreciable el amortiguamiento.

Si $f = f_n$ se dice que el sistema esta en resonancia. Los movimientos en estado de resonancia vienen determinados por el factor de amortiguamiento D, relación entre el amortiguamiento real y el amortiguamiento critico.

ELECCIÓN DEL AMORTIGUAMIENTO DE SISTEMAS EQUIVALENTES AGRUPADOS

Los amortiguadores de un sistema agrupado representan el amortiguamiento del terreno. Existen dos tipos de amortiguamiento: la perdida de energía por la propagación de ondas en la proximidad inmediata de la zapata y la perdida de energía interna del terreno debido a efectos de histéresis y viscosos. El empleo de amortiguadores en el sistema equivalente no implica necesariamente que se crea que el terreno tiene propiedades viscosas. Por el contrario, los amortiguadores se utilizan para obtener expresiones matemáticas sencillas y útiles para la respuesta del sistema equivalente. Los factores de amortiguamiento se eligen para representar un grado equivalente de amortiguamiento y no para producir un tipo particular de amortiguamiento.

El amortiguamiento debido a la propagación de ondas suele llamarse amortiguamiento por radiación. Cada vez que la cimentación se mueve hacia abajo, contra el suelo, se origina una onda de presión.

Cuando esta onda se desplaza a partir de la cimentación, transmite parte de su energía al suelo. Como esta energía no puede participar en un fenómeno de resonancia se introduce un efecto de amortiguación

ELECCIÓN DE LA MASA DEL SISTEMA AGRUPADO EQUIVALENTE

Evidentemente, la masa del sistema equivalente debe ser como mínimo igual a la del bloque de cimentación mas la de la maquinaria. A primera vista puede parecer que conviene utilizar también un termino de masa adicional para representar la inercia del suelo situado bajo el bloque de cimentación.

Realmente, no existe una masa de terreno identificable que se mueva con la misma amplitud y en fase con el bloque de cimentación. En cualquier instante los diversos puntos del terreno se mueven en direcciones diferentes, con aceleraciones diferentes. El empleo de una "masa efectiva" solo se justifica en cuanto se requiere una masa superior a la del bloque de cimentación mas la maquinaria para ajustar la curva del sistema equivalente a la del sistema real.

La hipótesis mas sencilla que puede hacerse para elegir la masa del sistema equivalente consiste simplemente en tomar una masa igual a la de la cimentación y la maquinaria, e ignorar cualquier "masa efectiva" del terreno. Además, para la mayoría de los problemas de cimentaciones esta hipótesis sencilla proporcionara la frecuencia de resonancia y el desplazamiento dinámico con un error menor del 30%.

ESTIMACIÓN DE LA CONSTANTE DE MUELLE

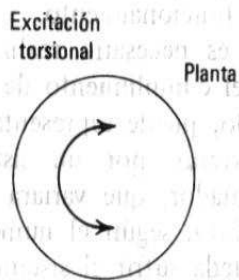
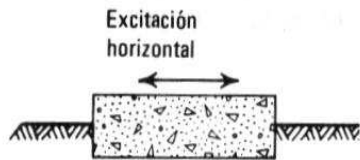
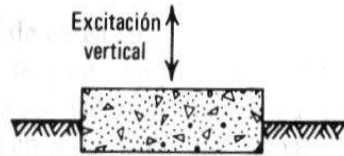
El método mas habitualmente utilizado consiste en el uso de formulas las cuales se presentan en la tabla de a continuación. Siendo G el modulo de deformación tangencial. El coeficiente de poisson μ utilizado en estas ecuaciones puede estimarse en general, con una precisión suficiente, como 0.35 para suelos poco saturados y como 0.5 para suelos totalmente saturados.

ASENTAMIENTOS PRODUCIDOS POR VIBRACIONES

Los esfuerzos dinámicos en el terreno situado bajo la cimentación de una maquina producen asentamientos de la cimentación, debiendo evitarse los asentamientos excesivos en un dimensionamiento correcto. Como en el caso de los asentamientos producidos, los asentamientos provocados por las vibraciones en las cimentaciones sobre arena se deben en parte a ala disminución de volumen pero principalmente a las deformaciones por esfuerzo cortante.

El mejor método para calcular la magnitud de los asentamientos provocados por las vibraciones consiste en someter una muestra de suelo a los esfuerzos iniciales y a las variaciones dinámicas de esfuerzos previsibles bajo la cimentación.

CIMENTACIONES REALES



SISTEMA EQUIVALENTE

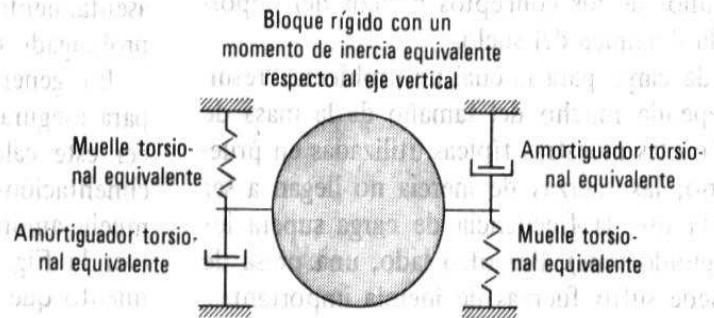
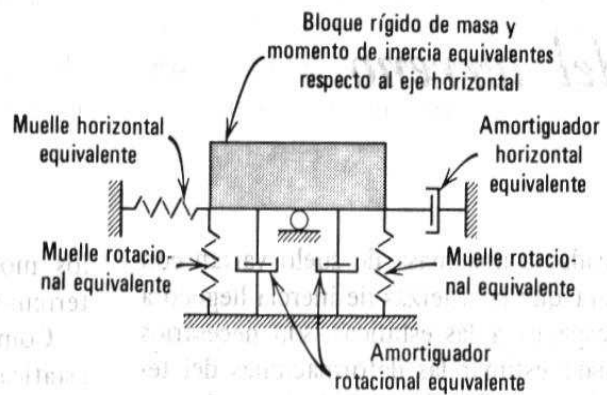
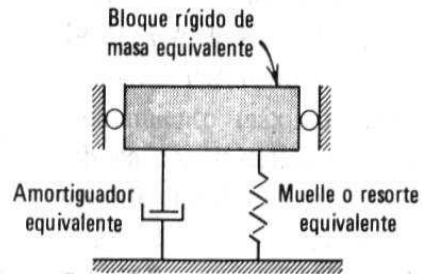


Fig. 15.1. Sistemas equivalentes típicos.

CIMENTACIÓN DE CONCRETO SOBRE TERRENOS

El objetivo de una cimentación es proporcionar el medio para que las cargas de la estructura, concentradas en columna o en muros, se transmitan al terreno produciendo en este un sistema de esfuerzos que puedan ser resistidos con seguridad sin producir asentamientos, o con asentamientos tolerables, ya sean estos uniforme o diferenciales.

En toda estructura es necesario distinguir dos partes principales: La superestructura y la subestructura.

La superestructura, en el caso de edificios, es aquella parte de la estructura que esta formada por losas, traveses, muros, columnas, etc. La subestructura es la parte de la estructura que sirve para transmitir las cargas de ésta al suelo de cimentación.

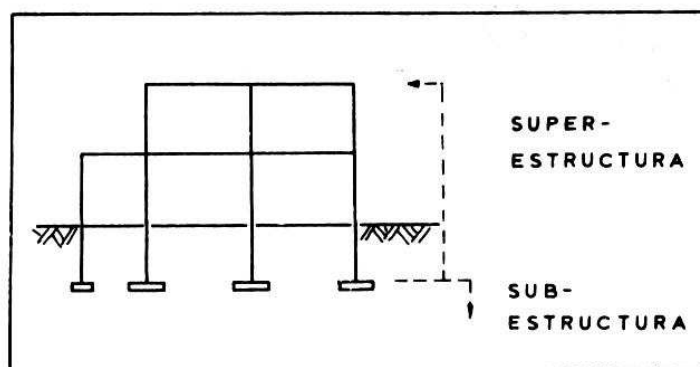


Figura 18.1

TIPOS DE CIMENTACIÓN

En forma general las cimentaciones pueden ser clasificadas en dos grupos: cimentaciones directas y cimentaciones indirectas. Una cimentación directa es aquella en la cual los elementos verticales de la superestructura se prolongan hasta el terreno de cimentación, descansando directamente sobre el mediante el ensanchamiento de su sección transversal con el fin de reducir el esfuerzo unitario que se transmite al suelo. De este tipo son las zapatas aisladas, las zapatas conectadas, las zapatas ligadas, las cimentaciones por traveses y las losas de cimentación.

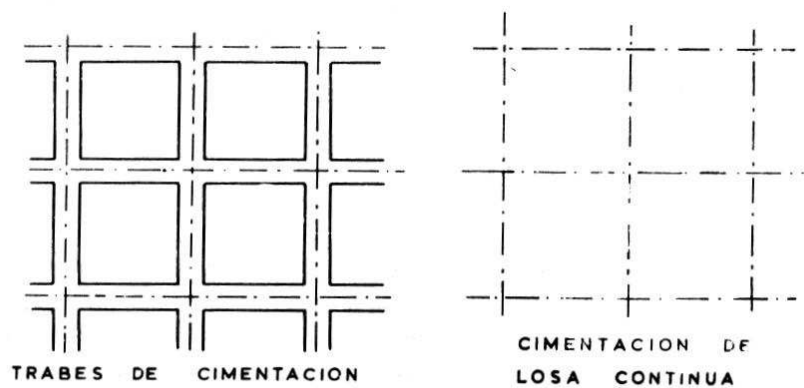
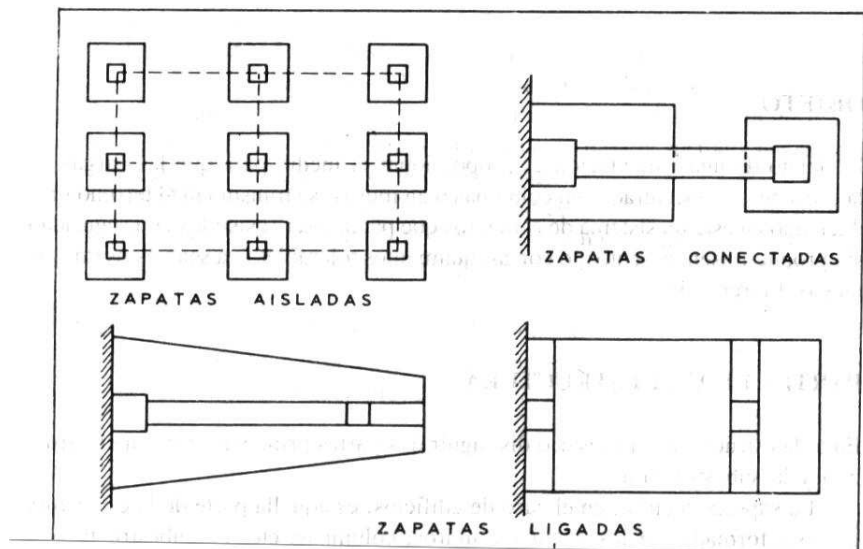


Figura 18.2

Una cimentación indirecta es aquella que se lleva a cabo por elementos intermedios como los pilotes, cilindros y cajones de cimentación, ya que el suelo resistente se encuentra relativamente a gran profundidad.

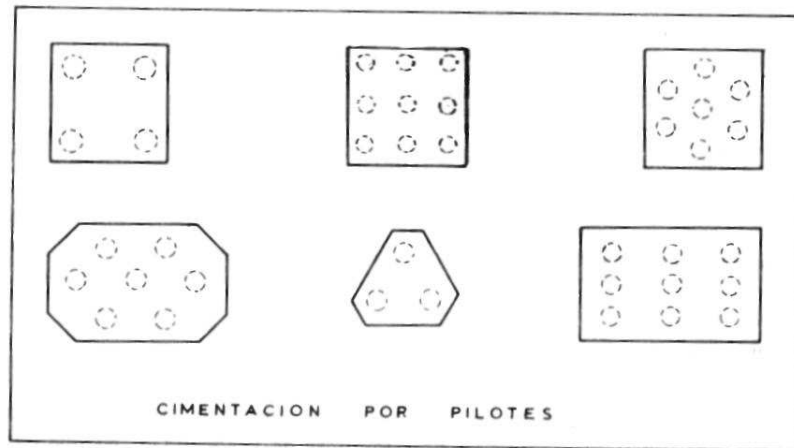


Figura 18.3a

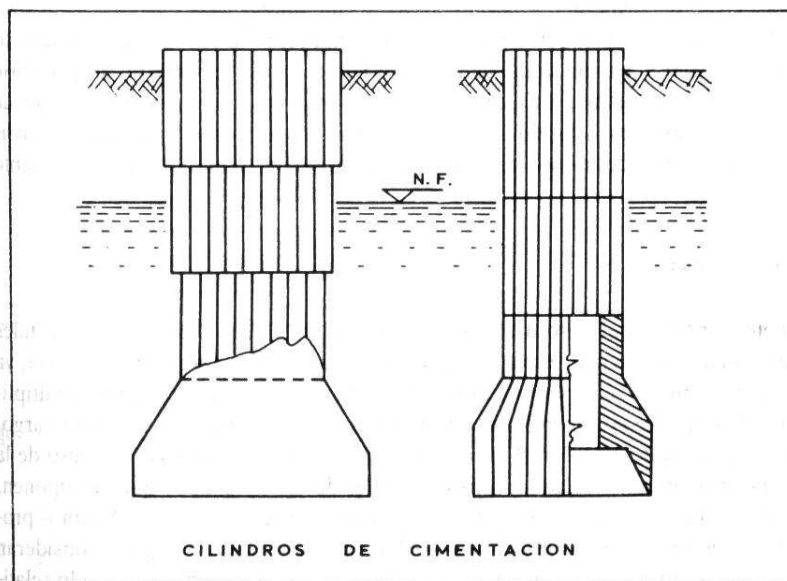


Figura 18.3b

Para poder elegir acertadamente un tipo de cimentación es necesario seguir los siguientes pasos:

- a) Estudio de cargas y de la compatibilidad entre el tipo de cargas y las características del subsuelo.
- b) Determinación de la capacidad de carga del suelo de cimentación y de los asentamientos probables.
- c) Preparación de varios anteproyectos de los diferentes tipos posibles de cimentación
- d) Selección del tipo de cimentación mas adecuado atendiendo a:

- Tipo de subsuelo
- Rapidez en la construcción
- Adaptabilidad
- Economía

ESTUDIO DE LAS CARGAS

Las cargas que gravitan sobre una estructura se dividen en cargas muertas, cargas vivas permanentes y cargas vivas accidentales.

Las cargas muertas son aquellas que forman parte integrante de la estructura. Las cargas vivas son aquellas que gravitan sobre la estructura sin ser parte integrante de la misma. Las cargas vivas permanentes son las que actúan de modo continuo o casi continuo, como muebles y personas, y las cargas vivas accidentales son aquellas que actúan en forma irregular, como la acción del viento y los sismos.

CARGAS MUERTAS: La determinación del peso muerto de cada elemento de la superestructura, tales como losas, trabes, vigas, escaleras y columnas, no presenta ninguna dificultad, ya que solo involucra el conocimiento del volumen de cada elemento y su multiplicación por el peso volumétrico del material con el cual está hecho. También se debe de considerar el peso de los aplanados que debe de ser aproximadamente de 1.5 cm de espesor algunos proyectistas no toman en cuenta estos pero no restan el peso que se quita con puertas y ventanas dando así una aproximación bastante exacta, aunque es mejor estimar el peso del aplanado y posteriormente restar los pesos de puertas y ventanas.

CARGAS VIVAS PERMANENTES: Estas cargas tienen valores anotados en los reglamentos de las oficinas de obras públicas municipales y generalmente se encuentran en función del tipo de edificación en la siguiente tabla se presentan algunas:

CARGAS VIVAS ACCIDENTALES: La carga viva accidental más común es el viento, la presión del viento actúa horizontalmente. En ningún caso el momento de volteo ocasionado por el viento excederá del 70 % del momento de estabilidad de una estructura tomando en cuenta únicamente las cargas muertas. El otro tipo de carga viva accidental más común es el sismo para este se deben de tomar las siguientes consideraciones:

- a) Las uniones entre los diferentes elementos de una estructura deben calcularse de manera que resistan tanto como los elementos que los ligan.
- b) Cada estructura deberá construirse de tal manera que durante un temblor oscile como una sola unidad.

<i>Azoteas</i>	<i>kg/m²</i>
Cargas vivas usuales en azoteas (con pendientes de 0 a 5%)	100
<i>Pisos en lugares de habitación</i>	
Residencias, departamentos, cuartos de hoteles y similares	150
Dormitorios de internados de escuelas, cuarteles, cárceles, hospitales, correccionales y similares	200
<i>Pisos en lugares de reunión</i>	
Templos, salones de espectáculos, teatros, cines, etc.	350
Gimnasios, arenas, plazas de toros, estadios, salones de baile, pistas de patinaje y similares	450
Bibliotecas, museos, aulas, baños públicos, restaurantes, salas de espera, fumadores, salas de juego, de tertulia en clubes y casinos	300
<i>Lugares de comunicación de uso público</i>	
Pasillos, escaleras, rampas, banquetas, pasajes y lugares en que puede haber aglomeración de personas	550
Garajes y lugares de estacionamiento de vehículos	350
<i>Pisos en lugares de trabajo</i>	
Despachos	200
Oficinas	250
Laboratorios	300
<i>Pisos para comercio al menudeo</i>	
a) Ligero	300
b) Semipesado	400

c) Pesado	500
<i>Pisos para comercio al mayoreo</i>	
a) Ligero	350
b) Semipesado	450
c) Pesado	550
Nota: Las mercancías se clasifican como:	
a) <i>Ligeras.</i> Ropa hecha, calzado, sombreros, juguetes, joyas, adornos, cajas mortuorias, muebles, alfarería, envases, candiles, cuadros, artículos de corcho, flores, plantas, artículos de óptica, drogas, bebidas.	
b) <i>Semipesadas.</i> Vidrios, loza, cales y cementos, piedras naturales y artificiales, vehículos, maquinaria ligera, carbón y similares.	
c) <i>Pesadas.</i> Ferrería, herrería, maquinaria pesada, fundición y laminación, artículos de plomo, libros, papel, etc.	
<i>Pisos en fábricas o talleres</i>	
a) Ligero	400
b) Semipesado	500
c) Pesado	600
<i>Pisos en bodegas</i>	
a) Ligero	450
b) Semipesado	550
c) Pesado	650

CIMENTACIÓN DE PILOTES

Para el proyecto de una cimentación por medio de pilotes se requiere como elemento esencial un perfil de suelo que represente los sondeos de resultados exploratorios. Comúnmente este perfil de suelos provee toda la información necesaria para decidir si la cimentación puede establecerse sobre pilotes de fricción, sobre pilotes resistentes de punta o sobre pilotes mixtos.

El siguiente paso consiste en elegir la profundidad de hincado y el tipo de pilote que se empleará, basándose en aspectos económicos y en las condiciones impuestas por las características de la obra.

Se determina luego la capacidad de carga última de un pilote y este valor se divide por un coeficiente de seguridad apropiado para obtener la carga admisible por pilote.

El número de pilotes para una carga será igual a dicha carga entre la capacidad admisible del pilote empleado.

Determinado el número de pilotes, el siguiente paso es elegir su espaciamiento. Por razones de índole económica y práctica se ha establecido que la distancia d entre ejes de pilotes debe estar comprendida entre 2.5 y 4.0 veces el diámetro superior de dichos pilotes. Una distancia D menor a 2.5 veces el diámetro superior del pilote dificulta su hincado, y una distancia D de cuatro veces mayor el diámetro del pilote aumenta el costo de la zapata-cabezal de los mismos, sin beneficiarse la cimentación.

Elegida la distancia entre pilotes, estos se disponen en hileras paralelas formando cuadros o a tresbolillo (fig 27.4)

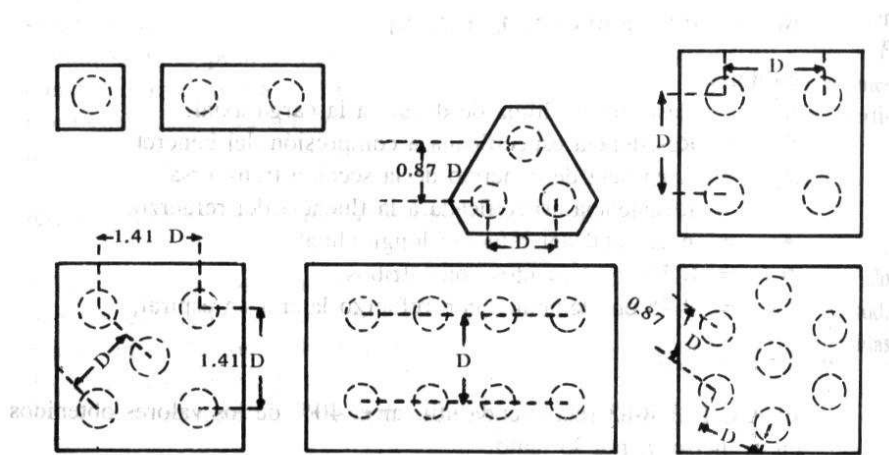


Figura 27.4.

y se calcula el área de cada zapata-cabezal. Si el área de los cabezales es considerablemente menor que la mitad del área total cubierta por la estructura, los pilotes se disponen en grupos que contienen zapatas comunes (fig. 27.5 a), pero si el área es mayor en extremo que el área ocupada por la estructura (fig 27.5 b),

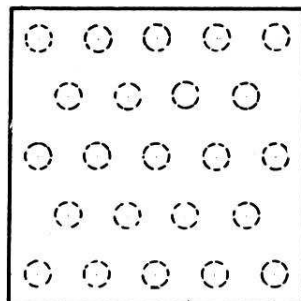


Figura 27.5a. Planta con distribución regular.

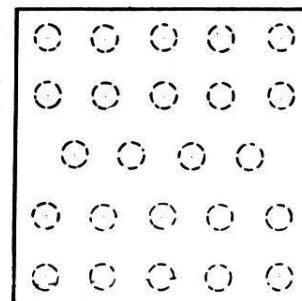


Figura 27.5b. Planta con distribución irregular.

se proyecta una platea soportada por un solo grupo de pilotes, en cuyo caso la separación entre los mismos se aumenta hasta conseguir una distribución singular. Si la intensidad de carga que actúa en las diferentes partes de la platea es muy distinta, la distancia entre pilotes se acondiciona en dicha parte a cada intensidad (fig 27.6).

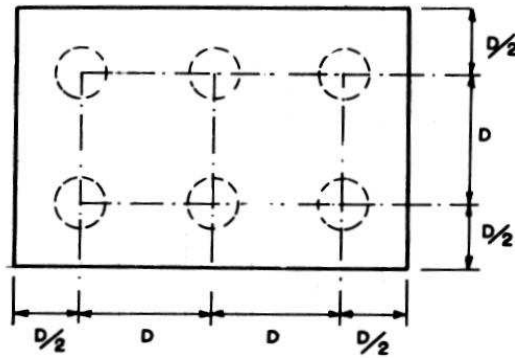


Figura 27.6.

La distancia de los pilotes perimetrales al borde del cabezal se considera igual a $D/2$.

El siguiente paso en el proyecto es el calculo del conjunto de pilotes (fig 27.7).

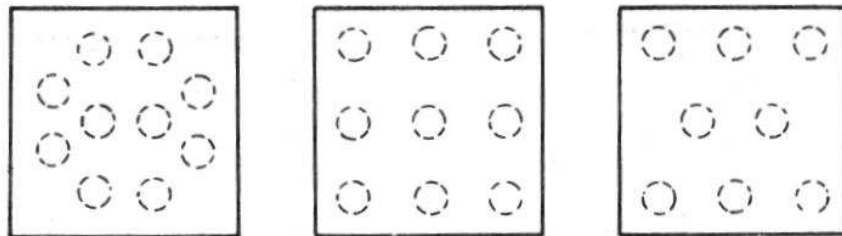


Figura 27.7.

La experiencia ha demostrado que los grupos de pilotes de fricción pueden fallar en conjunto, como una unidad, hundiéndose en el terreno, antes de que la carga por pilote alcance el valor de la carga admisible, la forma de producirse esta falla se muestra en la figura 27.8.

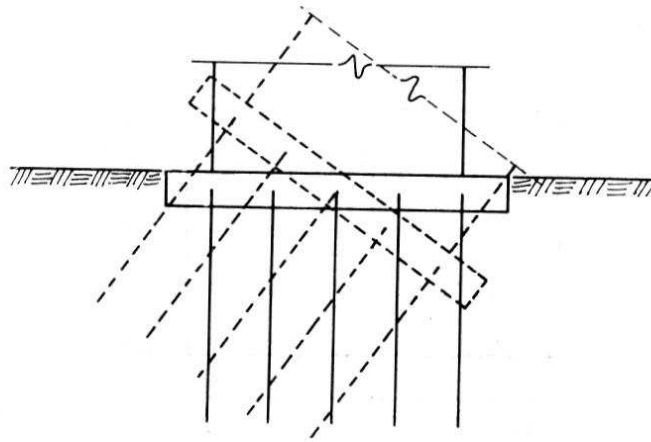


Figura 27.8.

Así pues, hay que calcular que calcular el conjunto de pilotes trabajando como una sola unidad para ver si no falla, como ya se ha indicado.

Se asegura que un grupo de pilotes no fallara cuando la carga total de proyecto sea menor de la capacidad de carga de la base de un pilote dividida entre 3. Si no se satisface esta condición debe cambiarse el proyecto de cimentación.

El siguiente paso corresponde al calculo de la longitud a que debe construirse cada pilote para que pueda ser transportado. Esta longitud esta determinada por la forma de izamiento del pilote (fig. 27.9),

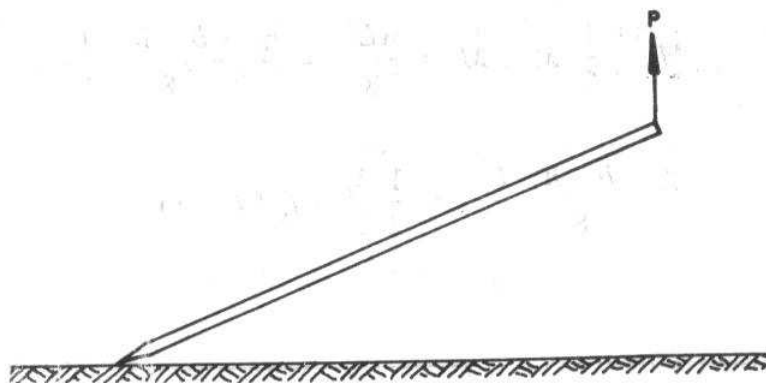


Figura 27.9.

ya que para que resista los esfuerzos estáticos y dinámicos a los que se le somete durante el mismo momento máximo que se produce deberá ser igual al ultimo momento de la sección transversal del pilote, dividido por un factor de seguridad.

El último paso que debe efectuarse en el proyecto corresponde al cálculo de la zapata-cabezal. Una vez conocida la distribución de los pilotes, el cálculo de la zapata-cabezal se lleva a cabo en forma semejante a las zapatas aisladas, con algunas modificaciones. En el caso de las zapatas-cabeceras, la sección crítica para corte se considera localizada a una distancia de $d/2$, medida a partir del parámetro de las columnas o del pedestal, como se hace en las zapatas.

HINCADO DE PILOTES PREFABRICADOS

Para el hincado de pilotes, de cualquier material se usan martinets. Los martinets comprenden dos partes: la base o soporte, y el armazón o castillete, los cuales pueden ser de madera o metálicos. Los modernos equipos de hincadura son metálicos. La base va montada sobre rodillos con el fin de que se facilite su transporte. Encima de la base se encuentra el castillete. Los martinets emplean por lo general el vapor como energía motriz y llevan una caldera vertical montada sobre la base, así como una máquina de vapor y dos cabrias, una para el pilote y la otra para el martillo. Aunque si se dispone de energía eléctrica es mejor utilizar esta.

Los martinets de caída libre consisten de una masa o peso que se desliza entre guías y que golpea la cabeza del pilote para su hincado, una vez que se ha efectuado el choque con la cabeza del pilote, el peso se vuelve a levantar por medio de un motor eléctrico, este proceso se repite hasta que se haya terminado de hincar el pilote.

JUNTAS PARA PILOTES

No es aconsejable hincar pilotes demasiado largos debido a que presentan múltiples dificultades tales como requerir grandes mesas de colado, manejo complicado en los patios de construcción, difícil transporte a las obras y aumento en la cantidad de acero para resistir el transporte. Debido a esto los pilotes se fabrican en tramos, los cuales se deben de ir uniendo entre sí a medida que se van hincando, esta unión se hace mediante juntas adecuadas las más comunes se muestran en la siguiente figura.

DIFERENTES TIPOS DE JUNTAS

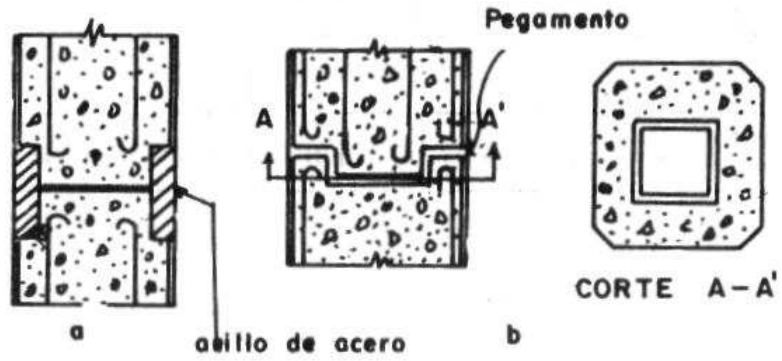


Figura 27.16a.

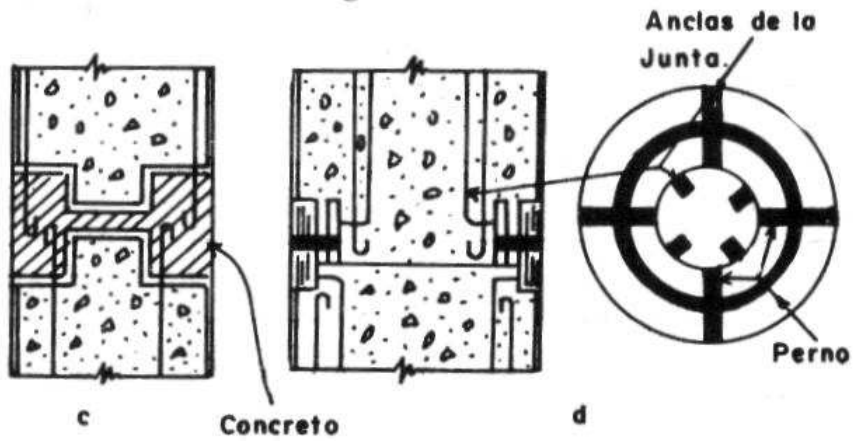


Figura 27.16b

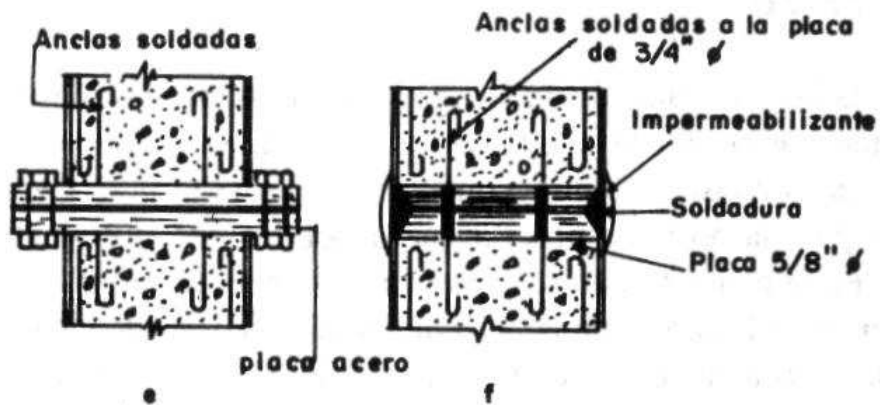


Figura 27.16c

HINCADO DE PILOTES

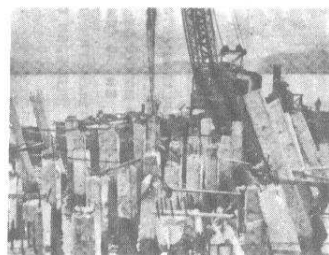
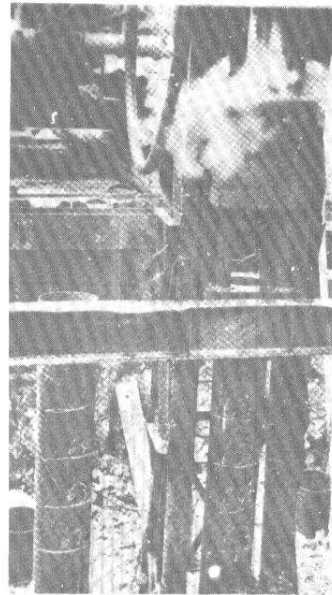
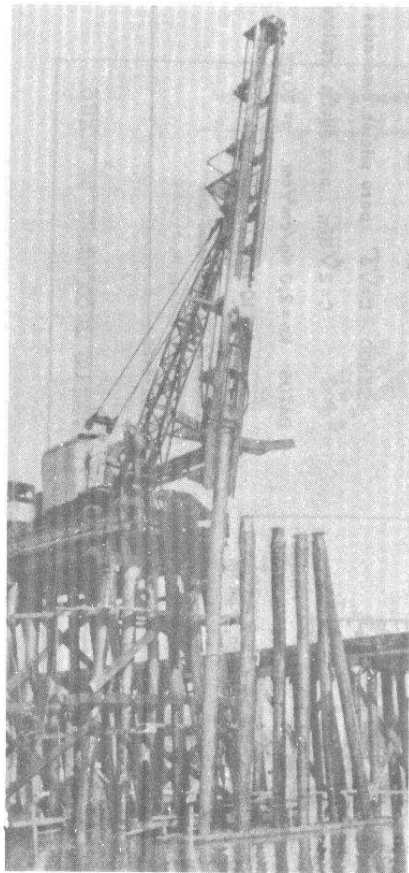


Figura 27.27g. Hincado de pilotes.

CUESTIONARIO

1._ ¿COMO SE DEFINE LA VIBRACIÓN?

- a) Como algo que se mueve
- b) Como algo que brinca
- c) Como un temblor
- d) Como una perturbacion en el medio

2._ ¿QUE ES UNA SUPERESTRUCTURA?

- a) Una estructura muy desarrollada
- b) Las losas, trabes y muros de una construccion
- c) Una estructura muy reforzada
- d) Ninguna de las anteriores

3._ ¿QUE ES UNA SUBESTRUCTURA?

- a) La parte de la estructura que sirve para transmitir las cargas de esta al subsuelo
- b) La que esta debajo de la superestructura
- c) Una estructura de bajo nivel
- d) Ninguna de las anteriores

4._ ¿QUE ES UNA CIMENTACIÓN DIRECTA?

- a) En la que los elementos de la superestructura no se prolongan hasta el terreno
- b) En la que los elementos de la superestructura se prolongan hasta el terreno
- c) Una cimentacion hecha a mano
- d) La que se lleva a cabo por elementos intermedios (pilotes, cilindros, etc.)

5._ ¿QUE ES UNA CIMENTACIÓN INDIRECTA?

- a) Una cimentacion que no se hace a mano
- b) La cimentacion de una super estructura
- c) La cimentacion de subestructura
- d) La que se lleva a cabo por elementos intermedios (pilotes, cilindros, etc.)

6._ ¿QUE SON LAS CARGAS MUERTAS?

- a) Son aquellas que no forman parte integral de la estructura
- b) Son aquellas que forman parte integral de la estructura
- c) Son aquellas que no generan trabajo
- d) Ninguna de las anteriores

7._ ¿QUE SON LAS CARGAS VIVAS PERMANENTES?

- a) Cargas que siempre generan trabajo
- b) Son aquellas que son parte integral de la estructura
- c) Son aquellas que gravitan sobre la estructura sin ser parte integral de la misma
- d) Ninguna de las anteriores

8._ ¿QUE SON LAS CARGAS VIVAS ACCIDENTALES?

- a) Las que estan ahí por error
- b) Las que actuan en forma irregular como la accion del viento, terremotos, etc.
- c) Las que no se planearon y aparecen
- d) Ninguna de las anteriores

9._ ¿QUE ES EL HINCADO DE PÍLOTES?

- a) Es la penetracion del pilote en el terreno que se va a cimentar
- b) Es el desecho del pilote
- c) Es la prueba de resistencia que se le realiza al pilote
- d) Es el proceso de fabricacion del pilote

10._ ¿COMO SE LLAMA LA MAQUINA QUE REALIZA EL HINCADO DE PILOTES?

- a) Maquina hincapilotes
- b) Maquina martillo
- c) Martinete
- d) Pilotera

RESPUESTAS CUESTIONARIO

1._ ¿COMO SE DEFINE LA VIBRACIÓN?

d) Como una perturbacion en el medio

2._ ¿QUE ES UNA SUPERESTRUCTURA?

b) Las losas, trabes y muros de una construccion

3._ ¿QUE ES UNA SUBESTRUCTURA?

a) La parte de la estructura que sirve para transmitir las cargas de esta al subsuelo

4._ ¿QUE ES UNA CIMENTACIÓN DIRECTA?

b) En la que los elementos de la superestructura se prolongan hasta el terreno

5._ ¿QUE ES UNA CIMENTACIÓN INDIRECTA?

d) La que se lleva a cabo por elementos intermedios (pilotes, cilindros, etc.)

6._ ¿QUE SON LAS CARGAS MUERTAS?

b) Son aquellas que forman parte integral de la estructura

7._ ¿QUE SON LAS CARGAS VIVAS PERMANENTES?

c) Son aquellas que gravitan sobre la estructura sin ser parte integral de la misma

8._ ¿QUE SON LAS CARGAS VIVAS ACCIDENTALES?

b) Las que actuan en forma irregular como la accion del viento, terremotos, etc.

9._ ¿QUE ES EL HINCADO DE PÍLOTES?

a) Es la penetracion del pilote en el terreno que se va a cimentar

10._ ¿COMO SE LLAMA LA MAQUINA QUE REALIZA EL HINCADO DE PILOTES?

c) Martinete

BIBLIOGRAFÍA

MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES
CARLOS CRESPO VILLALAZ
EDITORIAL NORIEGA LIMUSA
REFERENCIA EN CID 624.1513 CRE

MECANICA DE SUELOS
T. WILLIAM LAMBE
ROBERT V. WHITMAN
EDITORIAL NORIEGA LIMUSA
REFERENCIA EN EL CID 624.1513 LAM