

61

Diseño estructural

Unidad 2

Francisco Robles F. V.



UAM
TA658
R6.23
v.2!

21756'
C.B. 2893194

Diseño estructural

Unidad 2

Francisco Robles F. V.



2893194

UAM
TA 658
R6.23

UAM-AZCAPOTZALCO
RECTORA
Mtra. Mónica de la Garza Malo
SECRETARIO
Lic. Guillermo Ejea Mendoza
COORDINADOR DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA
Lic. Enrique López Aguilar
JEFA DE LA SECCIÓN DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EDITORIALES
Lic. Silvia Aboytes Perete

ISBN: 970-654-570-0
© UAM-Azcapotzalco
Francisco Robles F. V.

Corrección:
Marisela Juárez Capistrán
Ilustración de Portada y Gráficos:
Consuelo Quiroz Reyes
Diseño de Portada:
Modesto Serrano Ramírez

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco

Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas
Deleg. Azcapotzalco, C.P. 02200
México, D.F.

Sección de producción
y distribución editoriales
tel. 5318-9222/9223. Fax 5318-9222

2a. edición, 2000

Impreso en México.

DISEÑO ESTRUCTURAL

UNIDAD 2

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS: CONCEPTOS GENERALES

F. Robles F.-V.

Revisado jul 1980

PROPÓSITOS

Presentar conceptos introductorios sobre las principales acciones externas a las que puede quedar sometida una estructura.

OBJETIVOS

1. Definir carga concentrada, carga lineal y carga distribuida.
2. Distinguir entre cargas estáticas y cargas dinámicas.
3. Definir carga de impacto, carga oscilatoria y resonancia.
4. Definir acción permanente, acción variable, acción accidental, carga muerta, carga viva.
5. Clasificar una acción dada como permanente, variable o accidental.
6. Dado un material y con la ayuda de un manual, escoger el valor adecuado del peso volumétrico para cálculo de cargas muertas.

7. Dado el uso de un local, con la ayuda de un manual, escoger el valor apropiado de la carga viva.
8. Dado un conjunto de datos de cargas determinar la intensidad nominal de la carga de acuerdo con las recomendaciones del Reglamento del Distrito Federal.
9. Describir cualitativamente las principales características y efectos de las siguientes acciones: cambios de temperatura y contracciones, empuje de líquidos, empuje de suelos, acciones debidas a procesos de construcción.
10. Determinar la magnitud y la localización del empuje de un líquido.
11. Calcular la magnitud del presfuerzo requerido para lograr determinada condición de deformación en vigas isostáticas.
12. Calcular la magnitud del presfuerzo requerido para lograr determinada condición de esfuerzos en vigas isostáticas.
13. Indicar los factores que deben considerarse en la formulación de las cargas vivas para el diseño de puentes carreteros.
14. Cuantificar los esfuerzos debidos a cambios de temperatura o a contracción en estructuras semejantes a las de los ejercicios 3.10, 3.11, 3.12, 3.13.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

1. Capítulo 3 de la ref 2.
2. Capítulo XXXII de la ref 8.

3. Capítulo 3 de la ref 16
4. Capítulo 2 de la ref 17.

UNIDAD 2

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS: CONCEPTOS GENERALES

2.1 INTRODUCCIÓN

Consideraremos como acción todo aquello que produce deformaciones en los edificios.

La determinación de las acciones a las que pueden quedar expuestas las estructuras es uno de los aspectos esenciales del diseño estructural. En efecto, su importancia es comparable a la del análisis o el dimensionamiento. Todo refinamiento en estos aspectos del diseño es inútil si no se cuenta con información adecuada sobre las acciones que deban considerarse. Esta información es difícil de obtener debido a la naturaleza variable de la mayor parte de las acciones. Considérese, por ejemplo, la dificultad de determinar las cargas que deben suponerse en el diseño de un sistema de piso para tener en cuenta el peso de los posibles ocupantes y del mobiliario del local en estudio. Lo mismo sucede con la carga de vehículos que deba considerarse al diseñar un puente. Idealmente las intensidades de los diversos tipos de acciones deberían cuantificarse utilizando métodos estadísticos y probabilísticos. Todavía son escasos los datos de cargas basados en estudios de este tipo. La mayoría de los valores recomendados en los códigos y reglamentos se basan en la experiencia, algunas mediciones y la lógica.

El problema del análisis de acciones no se limita a la determinación de su magnitud, sino que incluye también la elección de las acciones que debe suponerse actúen simultáneamente. Por ejemplo, ¿es razonable, al diseñar la estructura de un edi-

ficio, considerar que actúan simultáneamente el viento, el sismo y el peso del número máximo de ocupantes? Para la solución de este tipo de problemas también es necesario recurrir a métodos probabilísticos. Los reglamentos dan algunas reglas sencillas para los casos más usuales.

Las acciones pueden clasificarse de diversas maneras. Así, por ejemplo, pueden distinguirse las acciones debidas al hombre, como el peso propio de las estructuras y el de sus ocupantes, que en cierto grado pueden controlarse, y las acciones debidas a fenómenos naturales, como los sismos. Para efectos del análisis estructural las acciones o cargas pueden idealizarse de alguna de las siguientes maneras: a) como cargas concentradas, que son fuerzas que actúan sobre una superficie relativamente pequeña, por ejemplo las cargas de las ruedas de un vehículo o la carga de una columna; b) como cargas lineales, que actúan a lo largo de una línea, como la carga procedente de un muro; y c) como carga distribuida o de superficie, como la presión del viento o el peso de un piso. Otra clasificación, que se presenta en el inciso siguiente, consiste en dividir las acciones en estáticas y dinámicas. Posteriormente se describirá la clasificación de acciones propuesta en el Reglamento de Construcción para el Distrito Federal y se comentará la forma en que este reglamento tiene en cuenta la naturaleza aleatoria de las acciones y la forma en que éstas pueden combinarse.

En el capítulo 3 de la ref 2 y en el capítulo 2 de la ref 17 se trata en forma introductoria el tema de las acciones o fuerzas que deben resistir las estructuras. Para un tratamiento más amplio consúltese el capítulo 3 de la ref 16. Las recomendaciones sobre acciones del Reglamento del Distrito Federal se encuentran en el capítulo XXXII de la ref 8. Los efectos de las acciones se muestran en forma gráfica en la película "Loads on Structures", que puede conseguirse en la Coordinación de Servicios de Información.

2.2 ACCIONES ESTÁTICAS Y ACCIONES DINÁMICAS

Las estructuras tienden a oscilar debido a su naturaleza elástica. Cuando se aplica una carga a una estructura de materiales con comportamiento elástico la estructura se deforma, pero recupera su forma original una vez retirada la carga.

El tiempo que tarda una estructura en completar una oscilación en vibración libre se llama período natural.

Cuando la duración de aplicación de la carga es mayor que el período natural se dice que la carga es estática y dinámica en caso contrario. (El viento puede ser una carga estática o dinámica según la duración de la ráfaga y el valor del período natural del edificio.)

De una manera simplista, se puede decir que son cargas dinámicas las que cambian rápidamente con el tiempo, y, estáticas, las que no cambian rápidamente con el tiempo. ¿Qué ejemplos de cargas estáticas y de cargas dinámicas puedes citar?

Se llama carga de impacto a una carga que alcanza su intensidad máxima en un período de tiempo muy corto. El efecto de una carga aplicada con impacto puede llegar a ser el doble del de la misma carga aplicada lentamente. Da algún ejemplo de carga de impacto.

Se llaman cargas oscilatorias aquellas que crecen y decrecen periódicamente con el tiempo. Son peligrosas cuando su período coincide con el período natural de la estructura sobre la que actúan. En tal caso se dice que la carga oscilatoria está en resonancia con la estructura. Las deformaciones que puede producir una carga en resonancia pueden llegar a ser varias veces mayores que las producidas por una carga estática de la misma magnitud. Así un regimiento de soldados marcando el paso por un puente puede producir deformaciones considerables. Muchas de las fallas de estructuras durante los sismos se deben a fenómenos de resonancia.

2.3 RECOMENDACIONES SOBRE ACCIONES DEL REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL

2.3.1 Clasificación

En el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (ref 8) se distinguen tres categorías de acciones de acuerdo con la duración con que obran sobre la estructura con su intensidad máxima: acciones permanentes, acciones variables y acciones accidentales.

Acciones permanentes. Son las que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad puede considerarse que no varía con el tiempo. Entran en esta categoría:

- a) La carga muerta, debida al peso propio de los elementos estructurales y no estructurales cuya posición no se alterará con el tiempo.
- b) El empuje estático de líquidos y tierras.
- c) Las deformaciones y desplazamientos impuestos a los edificios, como los debidos a presfuerzo, a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos, o al ajuste forzado de elementos estructurales.

Acciones variables. Son aquellas que obran sobre la estructura con una intensidad variable con el tiempo. Figuran

en esta categoría:

- a) La carga viva, que corresponde a las fuerzas gravitacionales que obran en la construcción y que no tienen carácter permanente.
- b) Los efectos de cambios de temperatura y de contracciones.
- c) Las deformaciones impuestas y los hundimientos diferenciales que tengan una intensidad variable con el tiempo.
- d) Los efectos de maquinaria y equipo, incluyendo las acciones dinámicas que el funcionamiento de máquinas induce en las estructuras debido a vibraciones, impacto o frenaje.

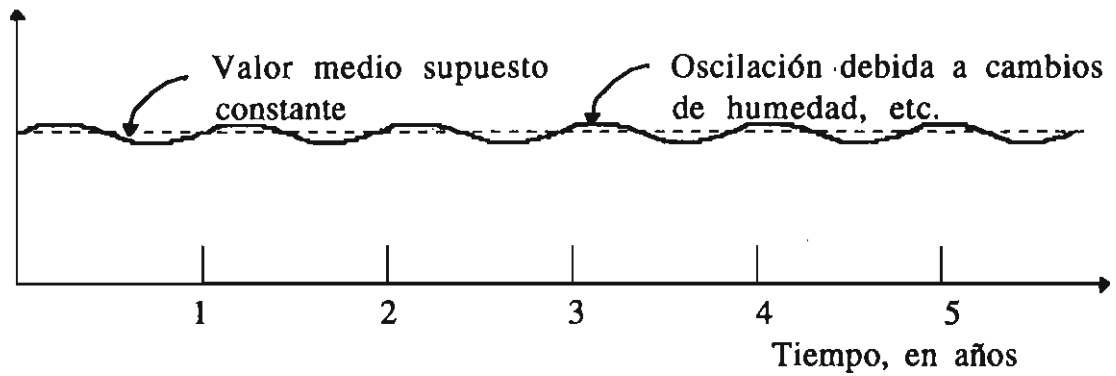
Acciones accidentales. Son aquellas que no se deben al funcionamiento propio de la construcción y que toman valores significativos sólo durante pequeñas fracciones de la vida de la estructura. Se incluye en esta categoría:

- a) Los sismos
- b) El viento
- c) Otras acciones como las explosiones, los incendios etc.

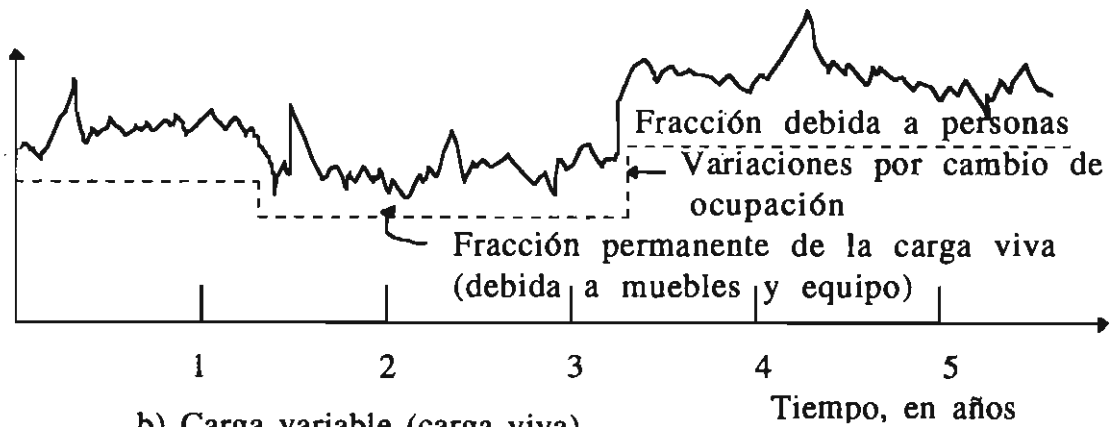
La clasificación es aplicable esencialmente a construcciones urbanas. Para puentes y otras obras civiles existen recomendaciones análogas. En secciones posteriores se hacen algunas observaciones sobre las acciones mencionadas, incluyendo las cargas vivas para puentes.

2.3.2 Forma de tener en cuenta la aleatoriedad de las acciones y la forma en que éstas pueden combinarse

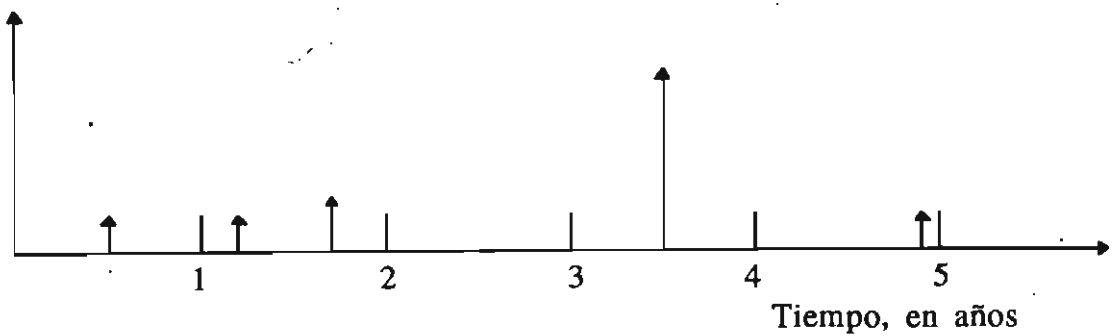
Como se indicó en el inciso anterior, pueden distinguirse tres tipos de acciones: permanentes, variables y accidentales. Estrictamente los tres tipos de acciones son variables con el tiempo. Así, por ejemplo, la carga muerta sobre una estructura varía debido a cambios de humedad y efectos de intemperismo en la forma mostrada en la fig 3.1-a. Sin embargo, en este caso las variaciones son relativamente pequeñas, de manera que para efectos de diseño la carga muerta puede considerarse constante. La carga viva, por el contrario, varía considerablemente con el tiempo, como puede apreciarse en la fig 3.1-b. Está compuesta por una parte semipermanente debida al peso de muebles y equipo fijos y otra parte debida a personas y equipo móvil que varía continuamente con el tiempo. La variación con el tiempo de cargas accidentales como el sismo es del tipo mostrado en la fig 3.1-c. Su intensidad presenta picos con lapsos muy cortos y muy espaciados en el tiempo. Las intensidades que deben considerarse en las diversas combinaciones que pueden presentarse son difíciles de determinar de una manera racional. Las recomendaciones a este efecto del Proyecto de Reglamento del Distrito Federal se basan en las consideraciones siguientes.



a) Carga permanente (carga muerta)



b) Carga variable (carga viva)



a) Carga accidental (sismo)

Fig. 3.1 Variación de las cargas con el tiempo. (Figura tomada de la ref. 8)

Para las cargas variables, la intensidad considerada en el diseño es distinta según el tipo de combinación de carga en estudio y según el efecto que se está estudiando.

Interesa principalmente la carga viva máxima que se puede presentar en la vida útil de la estructura; ésta, superpuesta a las cargas permanentes, forma la combinación de carga básica que debe considerarse en el diseño. Los valores de la carga viva máxima se suelen determinar haciendo un análisis teórico de las cargas máximas que pueden colocarse en un local para un uso dado. Por ejemplo, para establecer la carga viva máxima a considerar en el caso de salones de clase intentaría uno visualizar el número máximo de alumnos, bancas y mesas que pueden alojarse en un salón típico. Evidentemente debe tenerse en cuenta de alguna manera la variabilidad de los pesos de los alumnos y del mobiliario.

Por otra parte, cuando se considera el efecto simultáneo de cargas permanentes y una carga accidental, sismo, por ejemplo, no es razonable suponer que en el instante en que ocurre el sismo está actuando también la carga viva máxima. Para estas combinaciones hay que considerar la carga viva que puede estar actuando en un instante cualquiera. Los valores de la carga viva instantánea se pueden determinar a partir de un análisis estadístico de un gran número de mediciones de cargas vivas en locales para determinado uso realizadas en forma aleatoria en distintos momentos del día y a lo largo de un lapso de tiempo considerable.

Finalmente cuando se quieran calcular los efectos a largo plazo, como hundimientos de la estructura en arcilla, lo que interesa es el valor promedio de la carga viva en un plazo relativamente grande. Las cargas vivas promedio se pueden determinar a partir del análisis estadístico de valores promedio de conjuntos de observaciones hechas durante lapsos de tiempo grandes.

Cada uno de los valores indicados para las cargas vivas está sujeto a incertidumbres. La intensidad promedio es para la que menos incertidumbre existe. La variabilidad de la intensidad máxima de la carga viva en la vida de una estructura es mayor que la de la intensidad promedio y menor que la de la carga en un instante dado. La distribución de probabilidades para los tres valores se presenta en forma esquemática en la fig 3.2. Obsérvese que las medias de las cargas vivas promedio y las de las cargas vivas instantáneas son muy parecidas mientras que la dispersión de los datos correspondientes a cada uno de los valores, es decir, su variabilidad, es muy diferente.

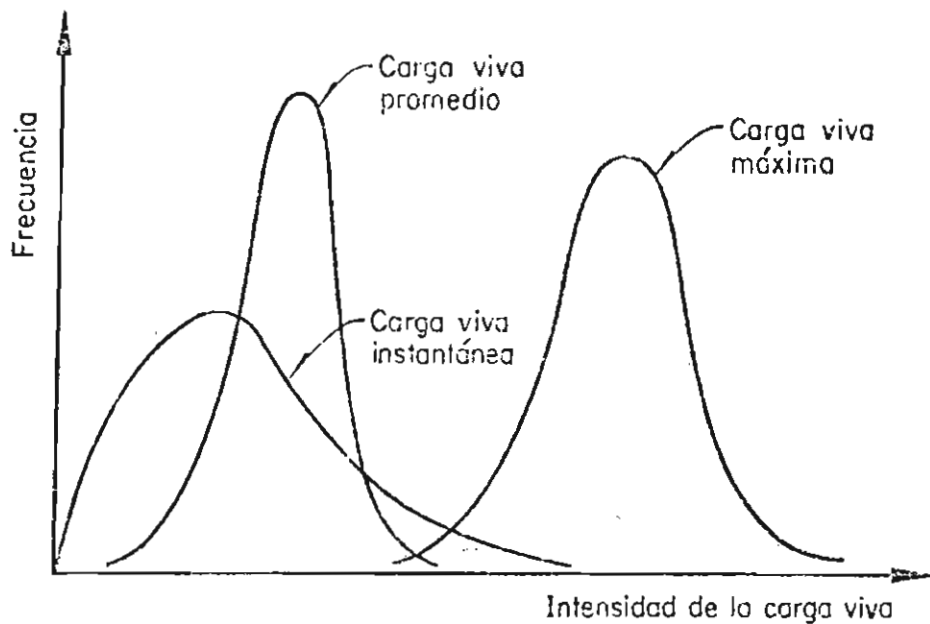


Fig. 3.2 Distribuciones de frecuencias de cargas vivas instantáneas, promedio y máximas según la ref. 8

Las acciones accidentales son las que están sujetas a mayor incertidumbre.

De acuerdo con lo anterior todas las acciones son variables aleatorias y prácticamente en ningún caso puede fijarse un límite superior que no pueda ser excedido por la intensidad de la acción. Por lo tanto, si en el diseño se quiere tomar un valor conservador, éste deberá fijarse con criterios probabilísticos; o sea, que este valor deberá ser tal que la probabilidad de que sea excedido sea pequeña y prefijada. En el Reglamento del D.F. se ha llamado a tal valor conservador intensidad nominal de la acción, que se define como el valor que tiene una probabilidad del 2 por ciento de ser excedido; éste representa lo que podría llamarse un valor máximo probable. En otros reglamentos se fijan probabilidades que varían entre 1 y 10 por ciento.

Existen casos para los que es más desfavorable que alguna acción tome un valor mínimo, como el efecto de la carga viva cuando se esté revisando el riesgo de volteo de una estructura. En estos casos, para ser conservadores en el diseño, hay que considerar un valor mínimo probable, que debe fijarse con el mismo criterio anterior; o sea, tal que la probabilidad de que no sea alcanzado sea del 2 por ciento. Para la carga viva usualmente existe una probabilidad no despreciable de que su valor sea cero en algún momento. Por lo tanto, cuando su efecto sea favorable para la estabilidad de la estructura, la carga viva deberá considerarse nula.

Los valores nominales máximo probable y mínimo probable de las cargas se fijan con base en las distribuciones de probabilidades de la variable; éstas se determinan con base en la información estadística existente o en la suposición de un modelo matemático o en ambos.

De esta manera se han determinado los valores nominales consignados en el Proyecto de Reglamento para los casos más usuales. Por lo tanto, sólo para casos poco comunes el proyectista deberá suponer en el diseño un valor nominal acorde con la definición establecida. En algunos casos el proyectista tendrá idea de un valor suficientemente conservador para que cumpla con la definición; en otros podrá por lo menos hacer una estimación de la media y coeficiente de variación. Si sólo se conocen estos datos, una forma aproximada de obtener el valor nominal (máximo probable) es con la expresión siguiente:

$$X_M = m_x (1 + 2 C_x) \quad (3.1)$$

en que m_x es la media y C_x el coeficiente de variación estimado para la variable (fig 3.3).

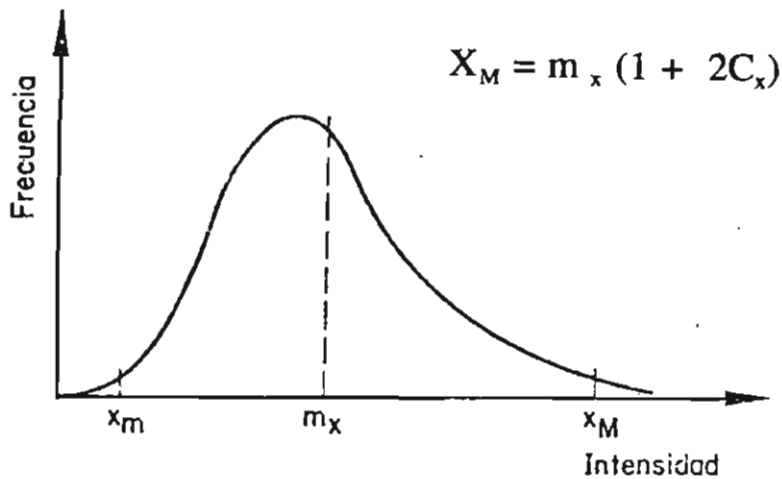


Fig. 3.3 Significado de valor nominal según la ref. 8

Ejercicio 3.1. Supóngase que se han obtenido los siguientes datos de carga viva instantánea (en Kg/m^2) para bodegas en que se almacena un determinado producto: 0, 180, 384, 430, 389, 208, 503, 244, 320, 177, 680, 425, 395, 628, 290, 757, 670, 773, 84, 392, 212, 680, 327, 255, 882, 450, 503, 329, 543, 515, 792, 409, 748, 569, 282, 491, 213, 425, 222, 438, 371, 223, 288, 685, 276. Determinar el valor nominal (máximo probable) correspondiente a estos datos.

En cuanto a las combinaciones de carga que deben considerarse en el diseño y la forma en que esto debe hacerse, el Reglamento del Distrito Federal establece recomendaciones relativas a la intensidad con que deben considerarse las diversas cargas y el factor de carga que debe aplicarse al efecto que producen. Los valores de las intensidades de cargas y de los factores de carga son tanto mayores cuanto mayor es la probabilidad de que se presente la combinación en estudio. Por ejemplo, para las combinaciones que incluyan acciones accidentales se recomienda que las cargas variables se tomen todas con sus valores instantáneos y no se tomará más de una acción accidental en cada combinación debido a que la probabilidad de que ocurran simultáneamente con intensidades significativas más de una de estas acciones es despreciable. En lo que se refiere a factores de carga, para combinaciones de cargas permanentes y variables; que son las más normales, se toma $F_c = 1.4$, mientras que para el caso menos probable de acciones permanentes, variables y accidentales, se toma $F_c = 1.1$.

Los fundamentos teóricos del Reglamento del D.F., se exponen en la ref 18 y el comentario de la ref 8.

En los incisos siguientes se presenta información adicional sobre los distintos tipos de acciones que deben tomarse en cuenta al diseñar una estructura. Las acciones debidas a viento y sismo se tratan en la Unidad 4.

2.4 CARGA MUERTA

La carga muerta, uno de los principales tipos de carga permanente, como se vio en la sección 3.3.1, incluye el peso de los elementos estructurales y no estructurales de las construcciones (vigas, losas, columnas, muros, acabados de fachada, revestimientos de pisos, herrería, etc.) que gravitan en forma constante sobre la estructura. Es quizá el tipo de carga más fácil de tratar puesto que su magnitud puede determinarse con relativa facilidad a partir de las dimensiones de los elementos considerados y los pesos volumétricos de los materiales que los integran. Aun así en su determinación son usuales errores hasta de un 20 por ciento, casi siempre en defecto. Se debe esto a errores de cimbra, correcciones en el acabado de los pisos, reparación de impermeabilizaciones, variaciones en los pesos volumétricos reales de los materiales, etc. Una dificultad particular en la determinación del peso propio de elementos estructurales es que en las etapas iniciales del diseño se desconocen las dimensiones de éstos de manera que es necesario partir de valores estimados, que deben ajustarse a medida que se va afinando el diseño de la estructura en estudio. En estructuras como las de algunos puentes en los que el peso propio es la acción predominante, los ajustes sucesivos de peso propio constituyen un aspecto importante del diseño.

En algunos materiales, sobre todo los suelos, debe considerarse la influencia del contenido de humedad.

Quando el efecto del peso propio en una estructura es favorable, como sucede en los muros de gravedad y en los puentes con contrapeso, debe tenerse cuidado de tomar los pesos volumétricos mínimos al calcular las cargas muertas.

El Reglamento del Distrito Federal da dos valores de peso volumétrico para los materiales de construcción más comunes. Cuando es oportuno se ha considerado el material tanto en condición húmeda como en condición seca. En su mayoría los valores fueron determinados con base en estudios estadísticos como los mencionados en el inciso anterior. En la ref 19 se explica el procedimiento seguido. En el Anexo A se dan los valores de los pesos volumétricos de los principales materiales de construcción propuestos en el Reglamento citado.

Ejercicio 3.2.-La mampostería se forma combinando piedras con mortero, En el Anexo A se dan pesos volumétricos de diversos morteros y piedras naturales, pero no se dan pesos de mampostería. Intenta determinar el peso volumétrico correspondiente a una mampostería hecha con piedra braza y mortero de cal y arena, como la que comúnmente se utiliza para cimentar los muros de edificios ligeros. Considera que la piedra braza está seca.

Quando se escogen valores de pesos volumétricos para efectos de diseño debe cuidarse que éstos sean congruentes con los criterios de seguridad de las normas o reglamento que se estén utilizando, ya que los criterios con que se especifican estos pesos pueden variar considerablemente. En general el combinar recomendaciones de reglamentos diferentes puede resultar peligroso. Estas observaciones son aplicables a las recomendaciones sobre cualquier tipo de acción.

Ejercicio 3.3.- Usando los datos del anexo A o de algún manual como las refs 20 ó 25 determina los pesos de

los siguientes elementos estructurales. Considera siempre los valores máximos dados e indica la referencia utilizada.

- a) Peso por metro lineal de una viga de concreto reforzado de 30x60 cm de sección.
- b) Peso por metro lineal de una viga de madera de pino de 10x20 cm de espesor.
- c) Peso por metro cuadrado de un muro de tabique rojo hecho a mano con 2 centímetros de revestimiento de yeso en cada cara.
- d) Peso por metro lineal de una viga de acero I-15" ligera. (Ver ref 20.)
- e) Peso por metro cuadrado de un piso de concreto reforzado de 10 cm de espesor, con un firme de 2 cm de mortero y un revestimiento de loseta asfáltica.

2.5 EMPUJE ESTÁTICO DE LÍQUIDOS Y TIERRAS

Según el Proyecto de Reglamento del D.F., estos empujes, se clasifican como acciones permanentes. La presión ejercida por un líquido es normal a la superficie de un objeto sumergido. La magnitud de la presión está dada por la expresión

$$p = r h \quad (3.2)$$

donde r es el peso volumétrico del líquido y h es la distancia entre la superficie del líquido y el punto considerado. Esto significa que en las paredes de un tanque la presión varía linealmente con la profundidad y que, por lo tanto, el diagrama de presiones es triangular (fig 3.4-a).

Las tierras o suelos ejercen empujes sobre los muros de contención y retención, sobre los muros de ciertas cimentaciones y sobre las paredes de los túneles. La magnitud de estos empujes depende de muchos factores tales como el tipo de suelo, su peso volumétrico, el contenido de humedad y la rigidez de la estructura. La determinación de empujes de suelos es materia de los cursos de Geotecnia.

La presión vertical que ejercen los suelos se obtiene multiplicando su peso volumétrico por la profundidad del punto

considerado. La presión horizontal o empuje puede ser menor que la vertical en un 40% a un 80%, según el tipo de suelo. De una manera aproximada puede calcularse el empuje de un suelo seco como si se tratara de un líquido con un peso volumétrico de 500 kg/m^3 (fig 3.4-b). Las estructuras cimentadas sobre suelos que contienen agua pueden estar sometidas a una subpresión que tiende a levantarlas (fig 3.4-c).

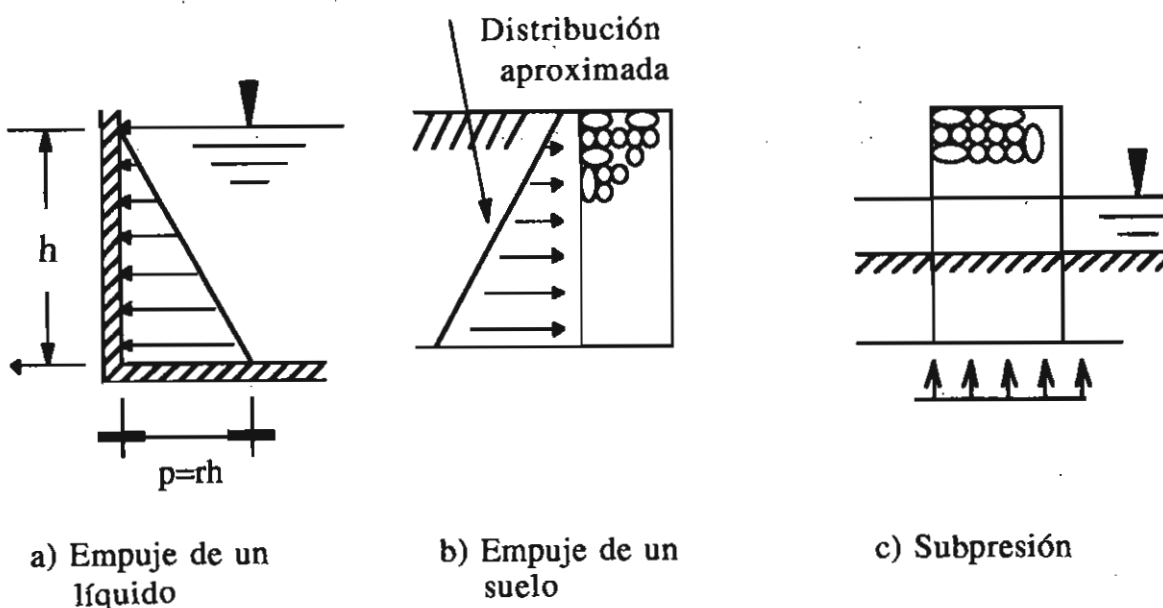
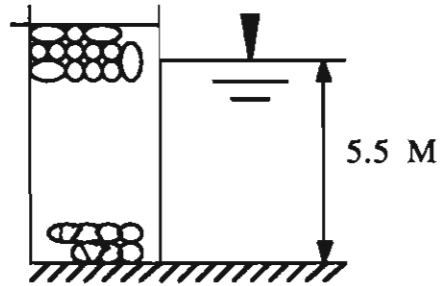


Fig. 3.4 Empujes de líquidos y suelos.

Ejercicio 3.4 - Determinar el valor y la localización del empuje total que ejerce el agua sobre el muro del croquis.



2.6 DEFORMACIONES IMPUESTAS

Se consideran como acciones permanentes al igual que las cargas muertas y el empuje estático de líquidos y tierras. Como se indicó en la sección 3.3.1 figuran entre estas acciones los movimientos diferenciales permanentes de los apoyos de las estructuras, el ajuste forzado de elementos estructurales y el presfuerzo.

Los movimientos diferenciales producen deformaciones en las estructuras hiperestáticas, que a su vez dan origen a acciones internas que pueden llegar a ser de importancia considerable. En la fig 3.5 se ilustra el efecto de un hundimiento diferencial en un marco sencillo.

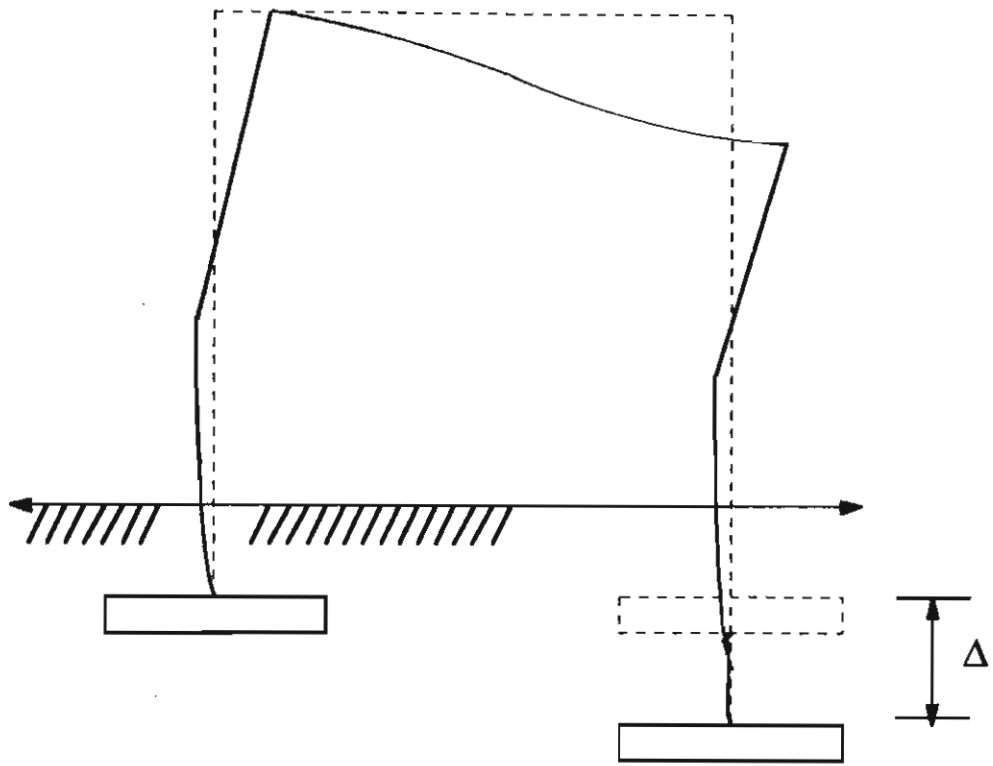


Fig. 3.5 Deformaciones inducidas por un hundimiento diferencial Δ

Un ejemplo de los efectos producidos por el ajuste forzado de piezas estructurales es el que se presenta en el montaje de estructuras de acero cuando no se han respetado las tolerancias especificadas para las dimensiones.

El presfuerzo puede considerarse como una acción creada artificialmente con el fin de modificar el comportamiento de una estructura con determinado propósito. Por ejemplo en una viga puede reducirse la deformación que producen las cargas transversales introduciendo una fuerza de compresión excéntrica, como se muestra en la fig. 3.6

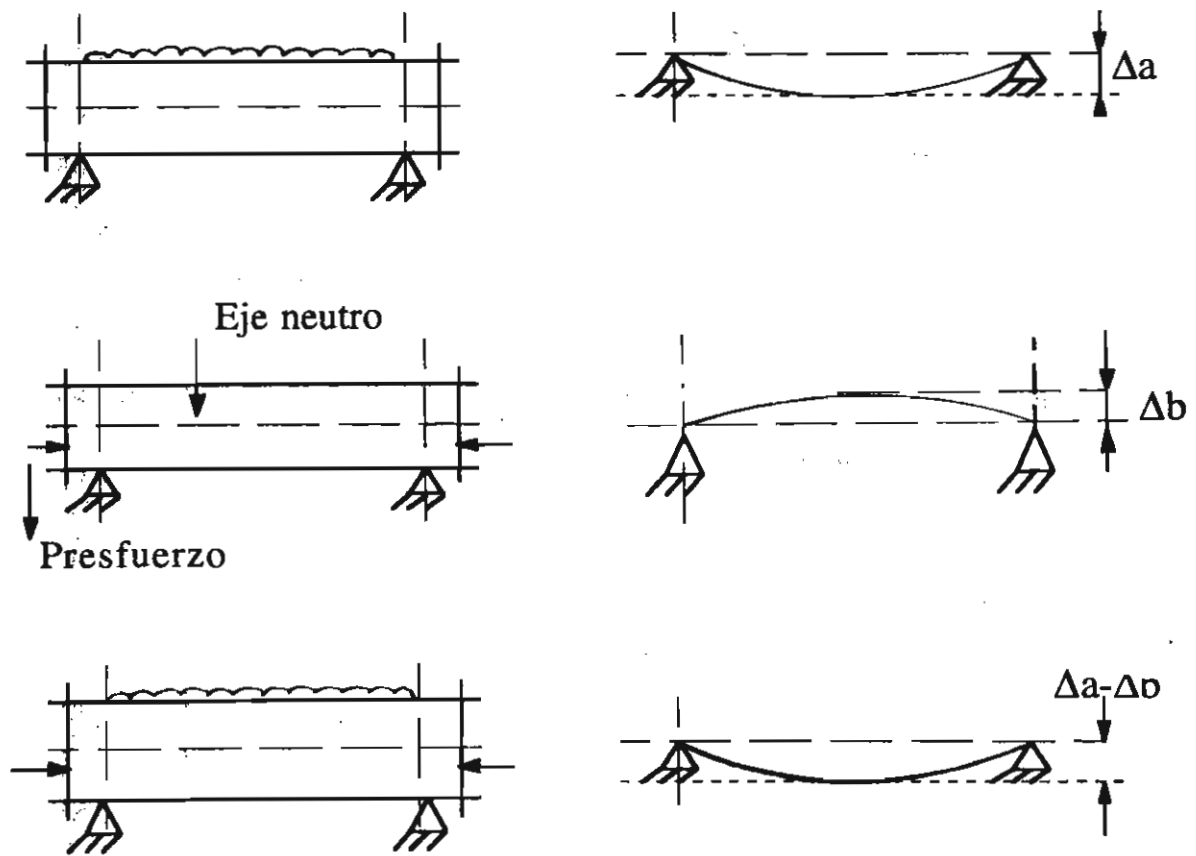
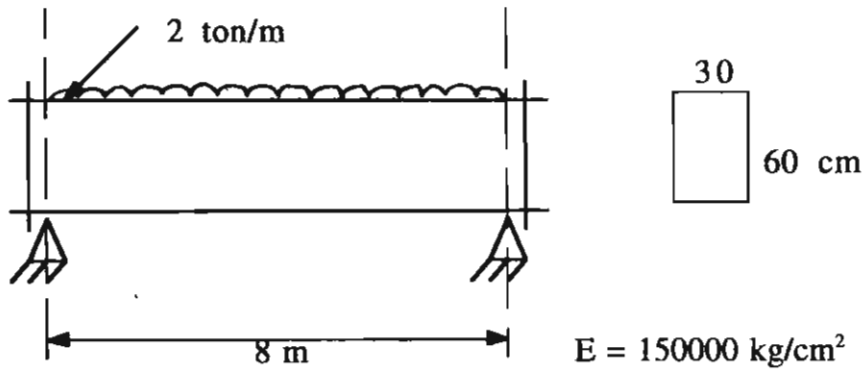


Fig. 3.6 Control de deformaciones por medio de presfuerzo.

Ejercicio 3.5.- Considérese la siguiente viga



¿Que fuerza de presfuerzo P deberá aplicarse en el límite del núcleo central para que la deflexión total sea la mitad de la que produce la carga uniforme? ¿Cuánto es esta deflexión total?

El presfuerzo también sirve para eliminar o reducir a límites admisibles, las tensiones debidas a flexión en vigas de materiales como el concreto con poca resistencia a este tipo de esfuerzo. En la fig 3.7 se ilustra el efecto de aplicar presfuerzo a una viga de concreto simple. Puede apreciarse la diferencia entre aplicar el presfuerzo axialmente o aplicarlo con cierta excentricidad. Si el esfuerzo de compresión producido por el presfuerzo en la fibra inferior es igual al esfuerzo de tensión debido a la carga transversal, el esfuerzo resultante es nulo.

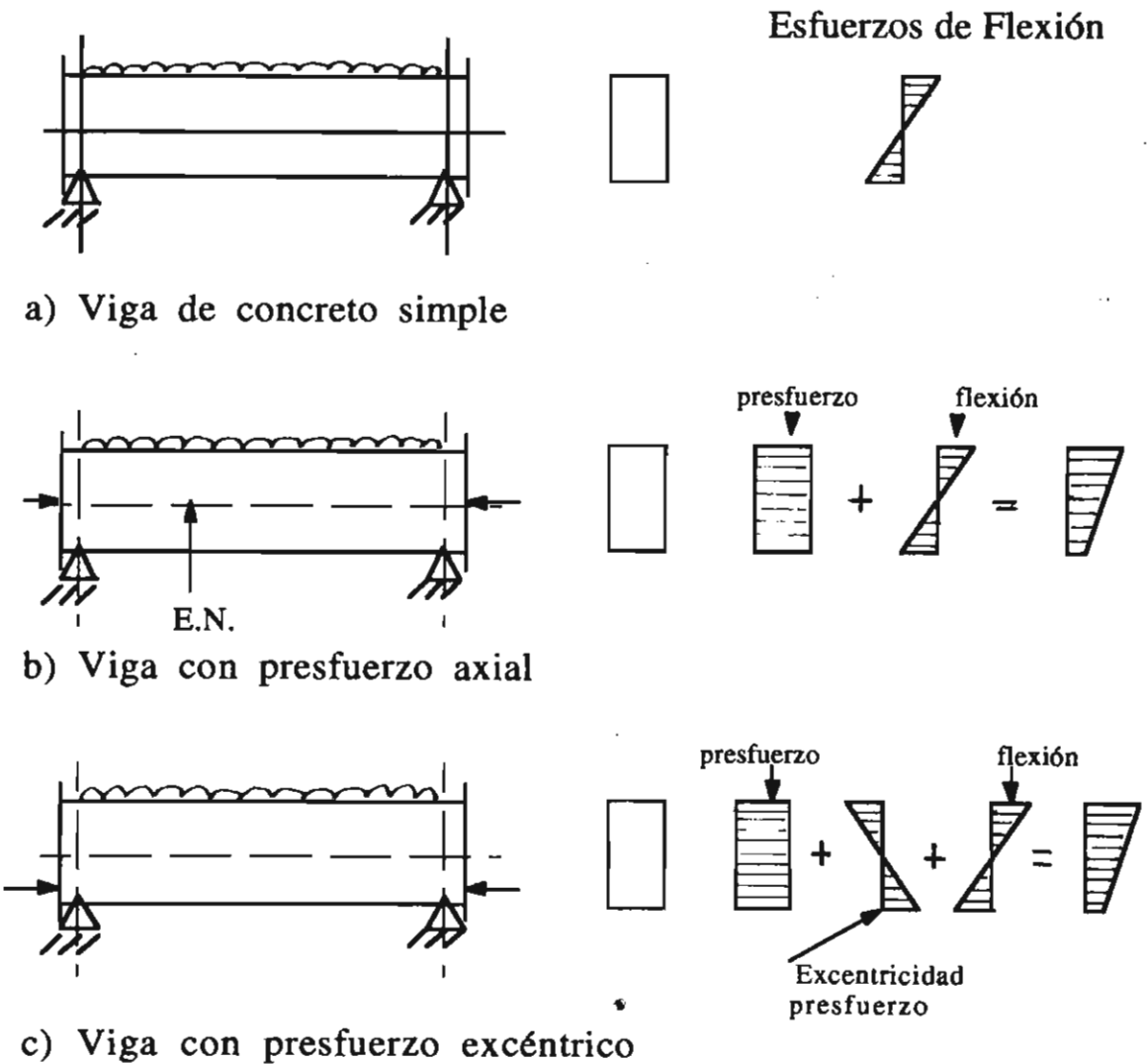
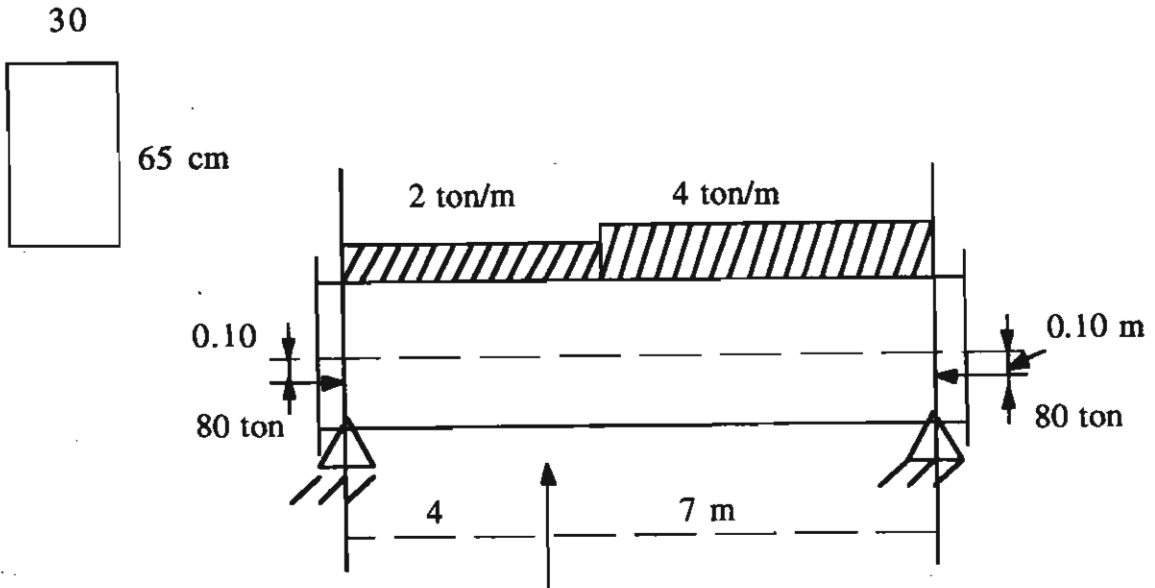
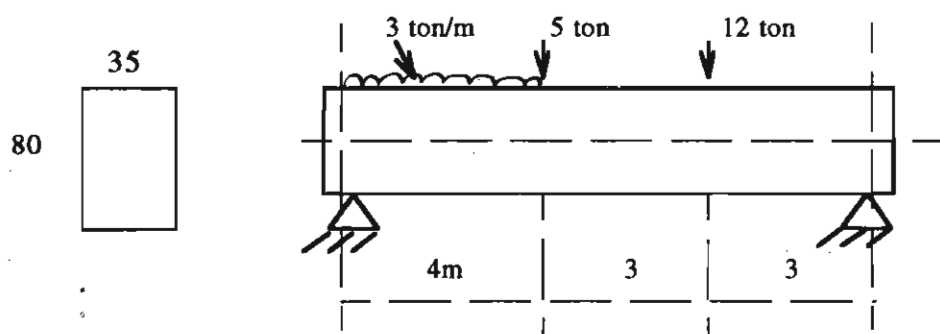


Fig. 3.7 Efecto del Presfuerzo

Ejercicio 3.6 Determinar los esfuerzos en las fibras superior e inferior de la viga del croquis en la sección de momento máximo.



Ejercicio 3.7.- Determinar la fuerza P que debe aplicarse en el límite inferior del núcleo central para que el esfuerzo en la fibra inferior de la sección donde el momento es máximo sea nulo.



Las cargas vivas son acciones variables que tienen un origen en las fuerzas gravitacionales tales como el peso de personas, muebles, mercancías y vehículos. La magnitud de las cargas vivas es bastante más difícil de cuantificar que la de las cargas muertas. No es fácil saber de antemano cuántas personas van a encontrarse en un momento dado en un local dado, ni qué posiciones van a ocupar. Una cosa semejante sucede con los muebles y las mercancías. Los reglamentos suelen recomendar que las cargas vivas se tengan en cuenta considerando cargas estáticas uniformemente distribuidas cuyo efecto sea análogo al que se espera tengan las cargas vivas reales. (Los efectos dinámicos que producen las cargas vivas no suelen considerarse de manera explícita.) Como se indicó en el inciso 3.3.2 los valores de cargas vivas a utilizar en el diseño se determinan haciendo observaciones en edificios reales e interpretando los datos por medios estadísticos y probabilísticos. La probabilidad de que la carga viva total esté actuando en toda la superficie de un local va disminuyendo a medida que el área del local es mayor. Por esta razón muchos reglamentos permiten hacer reducciones de carga de acuerdo con el área tributaria soportada por el elemento estructural en estudio. También se permite hacer reducciones de carga viva según la combinación de acciones considerada en el

diseño. El Reglamento del Distrito Federal establece tres tipos de carga viva: carga viva máxima (w_m), carga viva instantánea (w_a) y carga viva media (w). El significado de estos tres niveles de carga viva y la manera de establecer valores apropiados se comentaron en el inciso 3.3.2.

La carga viva máxima se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales (combinaciones de carga muerta más carga viva). La carga instantánea se deberá usar para diseño sísmico y por viento. La carga media se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos en materiales muy compresibles.

En el Anexo B se reproduce la tabla de cargas vivas para diseño recomendadas en el Reglamento del Distrito Federal (8). Se aprecia que los valores dados para las cargas vivas instantáneas son considerablemente mayores que los correspondientes a las cargas vivas medias. En el inciso 3.3.2 se indicó que las medias de cargas vivas promedio y las cargas vivas instantáneas son parecidas pero que la dispersión de los valores de estas últimas es mayor que de las primeras. Esto, teniendo en cuenta la expresión 3.1, explica las diferencias entre los dos niveles de carga viva.

2893194

Las cargas vivas dadas en el Apéndice B para algunos tipos de locales están expresadas en función del área tributaria soportada por el elemento en cuestión para tener en cuenta la probabilidad de que esté cargada toda el área, como se indicó anteriormente. Esto, combinado al hecho de que se especifican tres niveles de carga viva diferentes hace que la aplicación rigurosa de las recomendaciones del Reglamento del Distrito Federal resulte con frecuencia sumamente tediosa. Sin embargo es posible hacer simplificaciones del lado de la seguridad que faciliten el cálculo, sin grandes sacrificios económicos. Por ejemplo, en lugar de determinar la carga viva que debe aplicarse para cada elemento de una estructura, puede determinarse un va-

lor promedio que corresponda al área tributaria predominante. La aplicación estricta de las recomendaciones puede ser conveniente, por ejemplo, en casos de elementos con áreas tributarias especialmente grandes.

Ejercicio 3.8.- Siguiendo las recomendaciones del Reglamento del Distrito Federal, determinar el valor de la carga viva que debe utilizar en cada uno de los siguientes casos (utilizar el Anexo B).

- a) Destino: oficina
Área tributaria: 150 m^2
Finalidad: cálculo combinación efectos carga viva más carga permanente.
- b) Destino: escalera que sirve a 250 m^2 de área habitable
Área tributaria: 20 m^2
Finalidad: cálculo efectos sismos más carga permanente más carga viva.
- c) Destino: biblioteca
Área tributaria: 35 m^2
Finalidad: cálculo hundimientos en suelos compresibles
- d) Destino: bodega con $w_m = 800 \text{ kg/m}^2$
Finalidad: cálculo efectos sismos más carga permanente más carga viva

2.8 CARGAS VIVAS PARA PUENTES

La elección de las cargas vivas que deben tenerse en cuenta en el diseño de los puentes para carreteras es un problema complejo. Entre los factores que deben considerarse figuran los siguientes: magnitud de los pesos de los vehículos, que es muy variable y que tiende a aumentar con el tiempo, la velocidad, el número de ruedas y de ejes, la separación de los vehículos en un carril, la combinación de los vehículos en varios carriles, la magnitud de los claros y otros.

Los reglamentos de puentes suelen especificar dos tipos de carga viva: una carga de un camión idealizado y una carga lineal uniforme combinada con una carga concentrada.

Ejercicio 3.9.- Un reglamento de puentes muy utilizado es el de la AASHTO (35) en el que está inspirado el de la Secretaría de Obras Públicas (22). En estos reglamentos se prevén varios tipos de cargas según la intensidad del tránsito esperado. Basándote en las referencias citadas en cualquier manual o texto adecuado haz un resumen de las principales características de la carga H15 ó H20 en sus dos modalidades.

Para puentes de ferrocarril los manuales también dan sistemas de cargas estandarizadas. Por la naturaleza de las cargas de los ferrocarriles la determinación de los valores de la carga viva correspondiente presenta menos dificultades que la de las cargas vivas para puentes. ¿Puedes justificar esta afirmación?

2.9 ACCIONES DEBIDAS A CAMBIOS VOLUMÉTRICOS

Los materiales de que están formadas las estructuras a veces sufren cambios volumétricos que se deben a dos causas fundamentales: las variaciones de temperatura y la contracción. Si los miembros de la estructura no están libres para dilatarse y contraerse, los cambios volumétricos pueden ocasionar fuerzas internas que deben considerarse en el diseño.

2.9.1 Efectos de las variaciones de temperatura

Casi todos los materiales se dilatan cuando se eleva su temperatura y se contraen cuando son enfriados. Dentro de un intervalo de temperatura bastante amplio esta dilatación o contracción es proporcional a la variación térmica. La proporcionalidad se expresa por medio del coeficiente de expansión térmica lineal (α), que se define como el cambio por unidad de longitud que sufre una barra cuando su temperatura varía en un grado. El coeficiente térmico del acero es $0.0000124/^\circ\text{C}$. El del concreto simple varía entre $0.000006/^\circ\text{C}$ y $0.000013/^\circ\text{C}$.

Para efectos de diseño es común tomar un valor promedio de $0.00001/^\circ\text{C}$ tanto para concreto simple como para concreto reforzado. El coeficiente térmico de la madera, en el sentido paralelo a las fibras, oscila entre $0.000\ 0037/^\circ\text{C}$ y $0.000\ 005\ 4/^\circ\text{C}$.

Si se permite la libre dilatación o contracción de todas las fibras de un cuerpo el cambio de temperatura no origina esfuerzos. Sin embargo, cuando el elemento está restringido o cuando existe un gradiente de temperatura, es decir, cuando la temperatura varía de un punto del cuerpo a otro, se presentan esfuerzos denominados esfuerzos térmicos. En un miembro recto la presencia de un gradiente de temperatura produce curvatura, además de acortamiento.

La evaluación de los efectos de las variaciones térmicas sobre las estructuras es un problema complejo. A continuación se mencionan algunos de los factores involucrados en él.

Influye mucho la temperatura predominante durante la construcción de la estructura; no es lo mismo construir en una época de temperatura cálida que en una época fría o en una época de temperatura media. Por otra parte, lo que interesa para efectos de cálculo no es la temperatura ambiente sino la distribución de la temperatura dentro del elemento estructural en estudio. En algunos materiales, como el concreto, el calor se transmite con relativa dificultad. Significa esto que la variación de la temperatura en el interior de un elemento de grandes proporciones puede ser bastante menor que la del ambiente. Esto se tiene en cuenta en algunos reglamentos haciendo depender del espesor del elemento el intervalo de temperatura que debe considerarse. Así en un elemento de poco espesor se considerará una variación mayor que en uno de gran tamaño. Una recomendación típica indica que para elementos de menos de 15 cm de espesor se tome una variación de $0.8 t_a$, siendo t_a la variación de la temperatura ambiente. Para piezas mayores de 15 cm se dan valores de $t_a/2$ a $t_a/3$.

Es importante también la forma y grado de exposición. Por ejemplo, el techo de un edificio estará expuesto por el lado superior directamente a la acción de las variaciones de la temperatura ambiente, mientras que las temperaturas en el lado inferior serán menores. Por otra parte, las losas, traveses y columnas que queden dentro del edificio estarán sujetas a variaciones mucho menores que las exteriores. En los elementos de la fachada que están expuestos por un lado a variaciones extremas y por otro a una temperatura casi uniforme, pueden presentarse problemas serios debido a los efectos de los gradientes de temperatura, lo mismo que en el caso de los elementos del techo.

Cálculo de esfuerzos térmicos en elementos con restricciones a la deformación

Como se dijo anteriormente, cuando existe restricción a la libre dilatación y contracción de un elemento estructural, y esto sucede en todas las estructuras hiperestáticas, la variación de temperatura puede producir efectos a veces del mismo orden que los debidos a otras acciones. Para determinar estos efectos se puede considerar en el cálculo, que se imponen a los elementos de la estructura deformaciones iguales a las que estos tendrían si pudieran dilatarse o contraerse libremente.

Considérese, por ejemplo, un elemento recto restringido sujeto a una variación térmica. El esfuerzo debido a la variación puede expresarse por medio de la ecuación.

$$f_t = E \cdot \epsilon_t \quad (3)$$

en donde

$$f_t = \text{esfuerzo térmico}$$

$$E = \text{módulo de elasticidad}$$

$\epsilon_t = (t_2 - t_1) \alpha$ = deformación unitaria correspondiente a la variación de temperatura $t_1 - t_2$, dentro del elemento en estudio

α = coeficiente térmico

t_1, t_2 = temperaturas inicial y final respectivamente

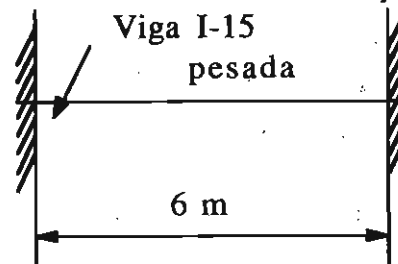
La fuerza total será

$$F_t = Af_t \quad (3.4)$$

donde A es el área de la sección del elemento

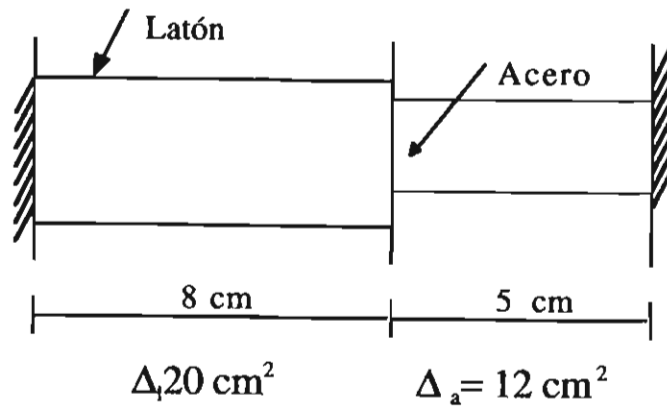
La dificultad principal en cálculos de este tipo reside en la correcta elección del valor de la variación de temperatura dentro del elemento y de los efectos de los gradientes de temperatura, cuando éstos existen.

Ejercicio 3.10 Considérese la siguiente viga de acero empotrada:



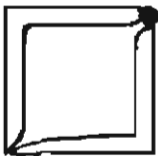
¿Qué esfuerzo se genera en la viga para un incremento de temperatura de 20°C ?

Ejercicio 3.11 Una barra de acero y una de latón se colocan entre dos apoyos fijos, como se muestra en la figura. Si la temperatura desciende 40°C , ¿cuál es el esfuerzo unitario en cada barra?
¿Cuánto son los esfuerzos si un apoyo cede 2.5 mm?

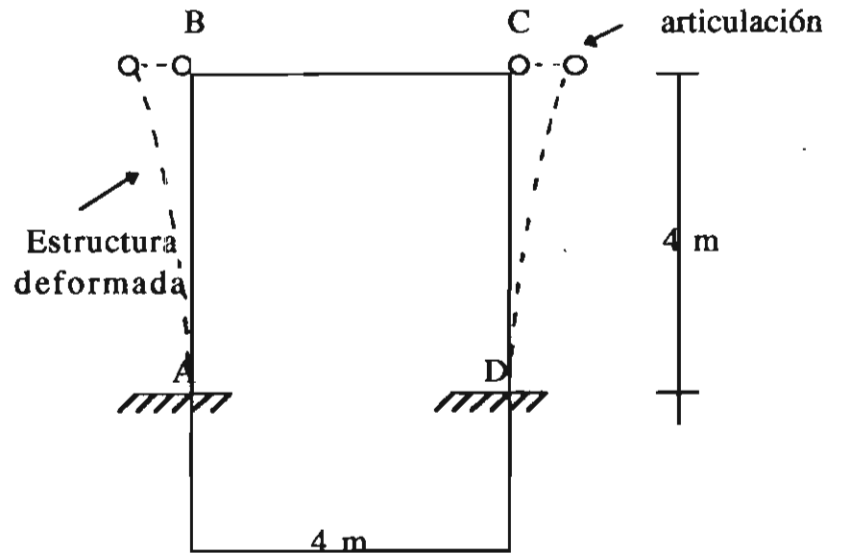


Ejercicio- 3.12 La barra BC del marco del croquis está sujeta a un incremento de temperatura de 20°C , Calcular el esfuerzo en la barra BC, el alargamiento de la barra BC y los momentos en los empotramientos A y D de las barras AB y CD.

Sección de todas las barras



Perfil 4A-65
(Monterrey)



Algunas ilustraciones de los efectos de la temperatura

a) Viga de acero articulada en sus extremos y sujeta una carga uniforme

Si la viga de la fig 3.8 sufre un aumento de temperatura aparecerán unas reacciones P_t en sus extremos, al no poder alargarse libremente, que originan esfuerzos uniformes de compresión. Pueden también ser significativos los esfuerzos de flexión producidos por la excentricidad de P_t respecto al centro de la sección correspondiente al centro del claro. Esta excentricidad se debe a la deflexión de la viga (Δ), ocasionada por la carga uniforme.

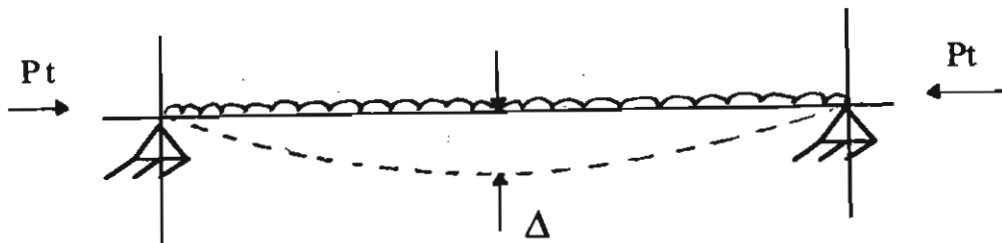


Fig. 3.8 Efecto de la variación de temperatura en una viga con articulaciones fijas en ambos extremos.

b) Marcos.

Los efectos de la temperatura en marcos rígidos se ilustran de manera aproximada en la figura 3.9.

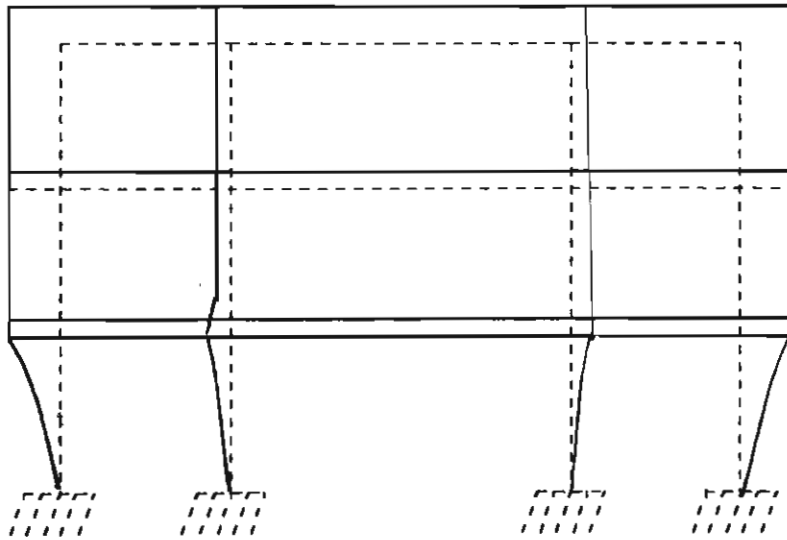
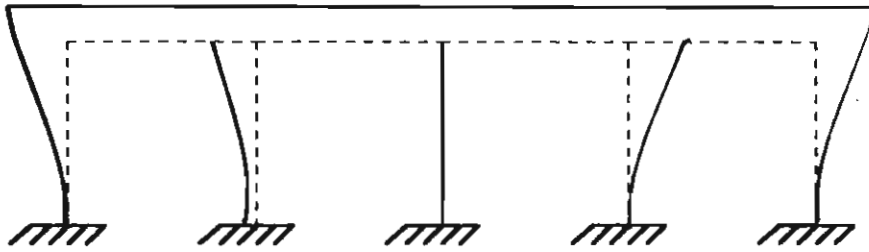
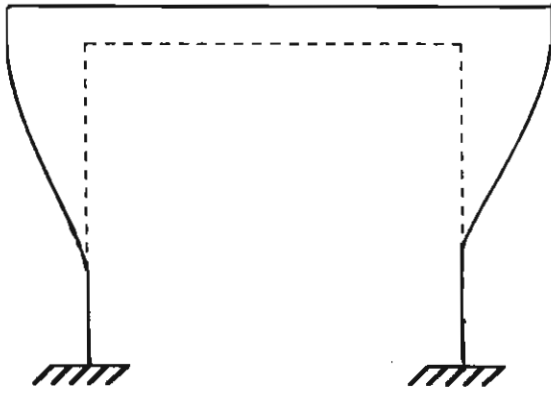


Fig. 3.9 Efectos de variaciones térmicas en marcos.

c) Arcos

Los efectos térmicos en arcos son casi siempre de importancia y deben considerarse en el análisis con cuidado.

En un arco articulado una elevación de la temperatura levantará la clave mientras que un descenso la hará bajar (fig 3.10).

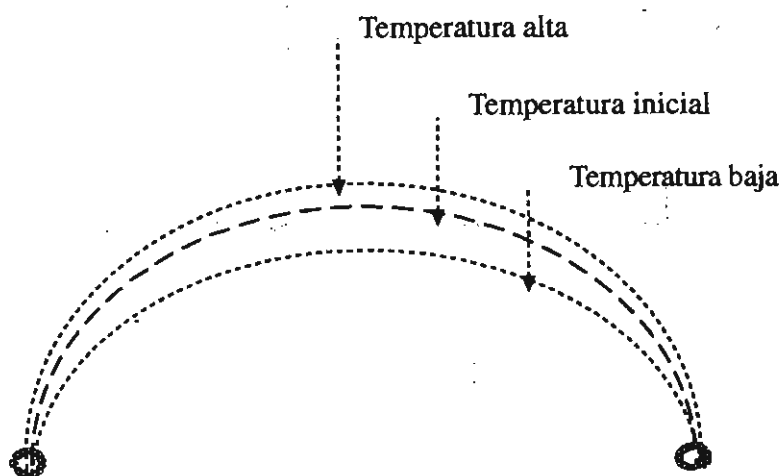


Fig. 310 EFECTOS DE TEMPERATURA EN UN ARCO ARTICULADO

d) Domos

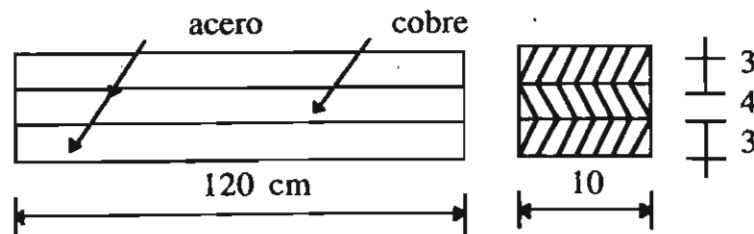
Los efectos de la temperatura en domos son semejantes a los descritos para arcos. En domos que contienen algún tipo de vidriería para iluminación es necesario predecir los movimientos probables con el fin de detallar la herrería con holguras adecuadas.

Los domos son especialmente sensibles a las variaciones de temperatura a lo largo del día. El análisis de los efectos térmicos es complicado porque el calentamiento del domo es desigual, por la posición variable del sol. La estructura tiende a dilatarse en dirección de la fuente de calor. Un caso típico donde se presentan problemas térmicos de esta clase es el Palacio de los Deportes. Para determinar los efectos de un calentamiento desigual se recurrió a un modelo a escala.

e) Elementos estructurales compuestos de dos materiales con coeficientes térmicos diferentes

A veces se emplean materiales con coeficientes térmicos distintos para formar un elemento estructural. Las variaciones de temperatura originan esfuerzos de tensión en uno de los materiales y esfuerzos de compresión en el otro. Cuando existe asimetría se provoca la curvatura del elemento.

Ejercicio 3.13.- Una barra de cobre y acero como la mostrada en la figura se calienta uniformemente de 10°C a 35°C . Determinen los esfuerzos en el acero y en el cobre.



2.9.2 Efectos de la contracción

Algunos materiales, en particular el concreto, ciertos tipos de mampostería y la madera, están sujetos al fenómeno de contracción. Estos materiales disminuyen de volumen en determinadas condiciones independientemente de los descensos de temperatura y de la acción de las cargas externas. Los efectos de la contracción a veces son más importantes en las estructuras de concreto que los debidos a las variaciones de temperatura. Existe cierta analogía entre la contracción y la temperatura. Así, es frecuente suponer que la contracción equivale a un descenso de temperatura.

La deformación unitaria del concreto simple debida al fenómeno de contracción varía bastante con los tipos de concreto. Se citan valores que van desde 0.0002 a 0.001.

2.9.3 Algunas consideraciones sobre el tratamiento de los cambios volumétricos en el diseño estructural

De los incisos anteriores se deduce la complejidad de los problemas relacionados con los efectos sobre las estructuras de la temperatura y la contracción por su naturaleza aleatoria, aun cuando se consideren independientemente.

Afortunadamente los efectos de los cambios volumétricos no suelen afectar la resistencia última de las estructuras si éstas son suficientemente dúctiles. Podría afirmarse que más importante que intentar evaluar las acciones internas provocadas por los efectos de temperatura y contracción, es detallar las estructuras de manera que se asegure un comportamiento dúctil que proporcione reservas de resistencia para situaciones desfavorables no previstas en los cálculos.

El comportamiento de las estructuras bajo condiciones de servicio puede ser afectado seriamente. Los cambios de dimensiones pueden producir daños que aunque no pongan en peligro a la estructura implican reparaciones costosas. Esto justifica que en el diseño de toda estructura de importancia se tenga en cuenta los posibles efectos de las acciones debidas a cambios volumétricos.

Los efectos de la temperatura y la contracción sobre una estructura son tanto más importantes cuanto mayor su rigidez. Desde este punto de vista es deseable hacer las estructuras flexibles, lo que puede estar en contradicción con otras condiciones de funcionamiento que exigen rigidez. En estructuras sujetas a variaciones fuertes de temperatura y cargas poco importantes deben buscarse soluciones flexibles. En el caso contrario, la rigidez será la propiedad deseada.

Los efectos de temperatura y contracción pueden reducirse por medio de juntas razonablemente distribuidas o por medio de apoyos que permitan el libre desplazamiento de los elementos estructurales. En los puentes, por ejemplo, es frecuente eliminar estos efectos por medio de dispositivos a veces complicados que permiten la libre contracción o dilatación de la estructura. En estructuras de edificios suele considerarse que no es necesario tomar en cuenta los efectos de los cambios volumétricos en el cálculo si se proporcionan juntas a distancia que varían entre 50 y 100 metros, según los distintos reglamentos.

La decisión de usar juntas debe estudiarse con cuidado. Las juntas son caras y en algunos casos pueden presentar problemas más serios que los daños que la estructura habría sufrido por efectos volumétricos si se hubiera construido sin ellas, aun sin haberlos tenido en cuenta en el cálculo.

2.10 ACCIONES DEBIDAS A PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Durante la fabricación, transporte y montaje de elementos prefabricados es común que éstos se vean sujetos a condiciones de carga distintas de las que existirán en la estructura terminada. Estas acciones deben tenerse en cuenta en el diseño. A veces las maniobras a las que pueden quedar sujetos los elementos prefabricados pueden ser bruscas. Por lo tanto las cargas estáticas deben incrementarse con algún coeficiente de impacto.

Un caso muy ilustrativo es el de los pilotes de concreto, cuyo armado está determinado fundamentalmente por las acciones que se presentan durante su transporte e hincado.

En el montaje de estructuras de acero es frecuente tener que recurrir a maniobras que crean esfuerzos a veces importantes. Esto sucede cuando por alguna razón las tolerancias no se han respetado con precisión y es necesario forzar al elemento al montarlo.

Durante la construcción de una estructura pueden presentarse acciones de importancia que el proyectista debe tener en cuenta aun cuando después desaparecen. Por ejemplo, puede haber partes de una estructura de concreto que están sometidas al paso de camiones de carga en cierta etapa de su construcción

En los edificios que se construyen con grúas-torre fijadas a la estructura, es necesario prever los esfuerzos que éstas producirán.

Un ejemplo en el que el procedimiento constructivo influye importantemente en el dimensionamiento es el de los puentes contruidos en voladizo. En estos puentes, la estructura deber ser capaz de soportar su peso propio en cantilever, mientras no se realiza la unión entre los voladizos.



EVALUACIÓN

Para acreditar esta Unidad deberás pasar una prueba sobre el contenido de la misma.

APÉNDICE A

PESOS VOLUMÉTRICOS DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS

MATERIAL	Peso volumétrico, en ton/m ³		
	Máximo	Mínimo	
I <u>Piedras naturales</u>			
Arenisca (chilucas y canteras)	secas	2.45	1.75
	saturadas	2.50	2.00
Basaltos (piedra braza)	secos	2.60	2.35
	saturados	2.65	2.45
Granito		3.20	2.40
Mármol		2.60	2.55
Pizarras	secas	2.80	2.30
	saturadas	2.85	2.35
Tepetates	secas	1.60	0.75
	saturados	1.95	1.30
Tezontles	secos	1.25	0.65
	saturados	1.55	1.15
ii <u>Suelos</u>			
Arena de grano de tamaño uniforme	seca	1.75	1.40
	saturada	2.10	1.85
Arena bien graduada	seca	1.90	1.55
	saturada	2.30	1.95
Arcilla típica del Valle de México en su condición natural		1.50	1.20
III <u>Piedras artificiales, concretos y morteros</u>			
Concreto simple con agregados de peso normal		2.20	2.00
		2.40	2.20
Concreto reforzado		2.40	2.20
Mortero de cal y arena		1.50	1.40
Mortero de cemento y arena		2.10	1.90
Aplonado de yeso		1.50	1.10
Tabique macizo hecho a mano		1.50	1.30
Tabique macizo prensado		2.20	1.60

MATERIAL		Peso volumétrico, en ton/m^3		
		Máximo	Mínimo	
Bloque hueco de concreto ligero (volumen neto)		1.30	0.90	
Bloque hueco de concreto intermedio (volumen neto)		1.70	1.30	
Bloque hueco de concreto pesado (volumen neto)		2.20	2.00	
Vidrio plano		3.10	2.80	
IV	<u>Madera</u>			
	Caoba	seca	0.65	0.55
		saturada	1.00	0.70
	Cedro	seco	0.55	0.40
		saturado	0.70	0.50
	Oyamel	seco	0.40	0.30
		saturado	0.65	0.55
	Encino	seco	0.90	0.80
		saturado	1.00	0.80
	Pino	seco	0.65	0.45
		saturado	1.00	0.80
V	<u>Recubrimientos</u>		Pesos, en kg/m^2	
	Azulejo		15	10
	Mosaicos de pasta		35	25
	Granito o terrazo de	20 x 20	45	35
		30 x 30	55	45
		40 x 40	65	55
	Loseta asfáltica o vinílica		10	5

APENDICE D

TABLA DE CARGAS VIVAS UNITARIAS DE DISEÑO, EN kg/m²

Destino del piso o cubierta	w	w _a	w _m	Observaciones
I. <u>Habitación (casas-habitación, apartamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares), oficinas, despachos y laboratorios</u>	70	90	$120+420A^{-\frac{1}{2}}$	(1)
II. <u>Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público)</u>				
Cuando sirven a no más de 200 m ² de área habitable	40	150	$150+200A^{-\frac{1}{2}}$	
Cuando sirven a un área habitable superior a 200 m ² e inferior a 400 m ²	40	150	$150+400A^{-\frac{1}{2}}$	
Cuando sirven a 400 m ² o más de área habitable o a un lugar de reunión	40	150	$150+600A^{-\frac{1}{2}}$	
III. <u>Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales</u>	40	350	450	
IV. <u>Otros lugares de reunión (templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, salas de juego y similares)</u>	40	250	300	(2)
V. <u>Comercias, fábricas y bodegas</u>				
Área tributaria hasta de 20 m ²	$0.8w_m$	$0.9w_m$	w_m	(3)
Área tributaria mayor de 20 m ²	$0.7w_m$	$0.8w_m$	$0.9w_m$	(3) ^a
VI. <u>Tanques y cisternas</u>	$0.7w_m$	$0.8w_m$	w_m	(4)
VII. <u>Cubiertas y azoteas con pendiente no mayor de 5%</u>	15	70	100	(5)
VIII. <u>Cubiertas y azoteas con pendiente mayor de 5% y menor de 20%</u>	5	20	60	(6)
IX. <u>Cubiertas y azoteas con pendiente mayor de 20%</u>	5	20	30	(6) (7)
X. <u>Volados en vía pública (marquesinas, balcones y similares)</u>	15	70	300	
XI. <u>Garajes y estacionamientos (para automóviles exclusivamente)</u>	40	100	150	(8)
XII. <u>Andamios y cimbras para concreto</u>	15	70	100	(9)

OBSERVACIONES

- 1) Por lo menos en una estancia o sala-comedor de las que contribuyen a la carga de una viga, columna u otro elemento estructural de una casa-habitación, edificio de apartamentos o similar, debe considerarse para diseño estructural $w_m = 250 \text{ kg/m}^2$ y en las demás según corresponda al área tributaria en cuestión.
- 2) Las cargas especificadas no incluyen el peso de muros divisorios de tabique ni de otros materiales de peso comparable, ni de cortinajes en salas de espectáculos, archivos importantes, cajas fuertes, libreros sumamente pesados ni el de otros objetos usuales. Cuando se prevean tales cargas deberán diseñarse elementos estructurales destinados a ellas, especificarse en los planos estructurales y, mediante placas metálicas colocadas en lugares fácilmente visibles de la construcción, señalarse su ubicación y carga permisible.
- 3) Atendiendo al destino del piso se fijará la carga unitaria nominal w_m , que corresponda a un área tributaria menor de 20 m^2 , la que deberá especificarse en los planos estructurales y en placas metálicas colocadas en lugares fácilmente visibles de la construcción. La carga w_m será mayor de 350 kg/m^2 en todos los casos. Cuando se prevean cargas concentradas importantes se debe proceder como se especifica en 2).
- 4) $w_m =$ presión en el fondo del tanque o cisterna, correspondiente al tirante máximo posible.
- 5) Las cargas vivas en estas cubiertas y azoteas pueden disminuirse si mediante lloraderos adecuados se asegura que el nivel máximo que puede alcanzar el agua de lluvia en caso de que se tapen las bajadas no produce una carga viva superior a la propuesta; pero en ningún caso este valor será menor que el correspondiente al especificado para cubiertas y azoteas con pendiente mayor de cinco y menor de 20 por ciento.

Las cargas vivas especificadas para cubiertas y azoteas no incluyen las cargas producidas por tinacos y anuncios. Éstos deben preverse por separado y especificarse en los planos estructurales.

En el diseño de pretilas de cubiertas, azoteas y barandales para escaleras, rampas, pasillos y balcones, se supondrá una carga viva horizontal no menor de 100 kg/m actuando al nivel y en la dirección más desfavorable.
- 6) Adicionalmente los elementos de las cubiertas deberán revisarse con una carga concentrada de 100 kg en la posición más crítica, si ésta resulta más desfavorable que la carga uniforme especificada.
- 7) Además, en el fondo de los valles de techos inclinados se considerará una carga, debida al granizo, de 20 kg por cada metro cuadrado de proyección horizontal del techo que desagüe hacia el valle.
- 8) Más una concentración de 1.5 ton en el lugar más desfavorable del miembro estructural de que se trate.
- 9) Más una concentración de 100 kg en el lugar más desfavorable; debe cumplirse, además, con lo dispuesto en el capítulo de Cables y Anclajes del título V.

Diseño estructural

Unidad 2

Se terminó La edición estuvo
de imprimir a cargo
en el mes de abril de la Sección
del año 2000 de Producción
en los talleres y Distribución Editoriales
de la Sección
de Impresión Se imprimieron
y Reproducción de la 100 ejemplares
Universidad Autónoma Metropolitana, más sobrantes
Unidad Azcapotzalco para reposición.

Formato de Papeleta de Vencimiento

El usuario se obliga a devolver este libro en la fecha señalada en el sello mas reciente

Código de barras. 2893194

FECHA DE DEVOLUCION

- Ordenar las fechas de vencimiento de manera vertical.
- Cancelar con el sello de "DEVUELTO" la fecha de vencimiento a la entrega del libro



**UAM
TA658
R6.23
v.2**

**2893194
Robles F. V., Francisco
Diseno estructural / Fra**



División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Departamento de Materiales

Coordinación de Extensión Universitaria
Sección de Producción y Distribución Editoriales

v092101 05497



16.00 - \$ 16.0