

Diseño estructural

Unidad 3

Acciones sobre las estructuras:
Sismos y vientos

Francisco Robles F. V.
Rafael García Gama



217 561
C.B. 2893195

Diseño estructural

Unidad 3

Acciones sobre las estructuras:
Sismos y vientos

Francisco Robles F. V.
Rafael García Gama



2893195

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

UAM
TA 658
R6.23
V.3

ISBN: 970-654-571-9

© UAM-Azcapotzalco
Francisco Robles F. V.
Rafael García Gama

Corrección:
Mansela 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 3

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS: SISMOS Y VIENTO

F. Robles F.-V.*

R. García Gama **

PROPÓSITOS

Presentar nociones sobre la naturaleza de los sismos y el viento y sobre la forma de tomar en cuenta estas acciones en el diseño de estructuras.

OBJETIVOS

1. Explicar el orden de los fenómenos sísmicos y describir su naturaleza así como sus efectos sobre las estructuras.
2. Distinguir entre ondas de cuerpo (longitudinales y primarias) y ondas de superficie.
3. Definir foco y epicentro.
4. Identificar las características vibratorias de los sismos.
5. Explicar el origen de las fuerzas sísmicas y explicar

* Profesor titular del Departamento de Materiales

** Ayudante del Departamento de Materiales

presar su magnitud en función del peso del cuerpo afectado y de la aceleración debida al sismo.

6. Definir magnitud e intensidad de un sismo.
7. Explicar en qué consiste la escala de Richter.
8. Explicar en qué consiste la escala de Mercalli.
9. Explicar en qué consiste un acelerograma y cómo se obtiene.
10. Explicar qué se entiende por sismicidad.
11. Explicar qué es una carta de regionalización sísmica.
12. Describir la respuesta de los edificios e identificar los principales factores que influyen en ella.
13. Distinguir entre los métodos estáticos y dinámicos de diseño sísmico.
14. Explicar en qué consisten los métodos estáticos de diseño sísmico.
15. Cuantificar las fuerzas cortantes debidas a sismo que actúan en un edificio por el método estático del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

16. Describir cualitativamente el fenómeno del viento.
17. Definir velocidad gradiente, ráfaga.
18. Distinguir entre velocidad instantánea y velocidad media.
19. Distinguir entre los efectos estáticos y dinámicos del viento sobre los edificios.
20. Describir la respuesta de los edificios ante la acción del viento.
21. Cuantificar las presiones y succiones debidas al viento de acuerdo con el método que se resume en esta unidad.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS:

1. Capítulos 19 y 20 de la ref. M1.
2. Capítulo 2 de la ref. B4
3. Capítulos 2 y 3 de la ref. E8.

UNIDAD 3

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS: SISMOS Y VIENTO

3.1 LOS SISMOS

3.1.1 Origen y naturaleza de los sismos

Los sismos o temblores pueden tener origen volcánico o tectónico. Se clasifican como acciones accidentales. Los temblores tectónicos, que son los que suelen tener consecuencias graves, consisten en movimientos irregulares del suelo producidos por las ondas sísmicas ocasionadas por una falla en el terreno. Las ondas sísmicas tienen su origen en la liberación de energía acumulada en los bloques de la corteza terrestre por deformaciones provocadas por surgimiento y/o hundimiento de tales bloques, por rozamiento entre los mismos u otras causas.

Esta liberación de energía se presenta cuando la energía acumulada no es soportada por los materiales rocosos de manera que se provocan fallas en la forma indicada en la fig. 3.1. A veces los movimientos se realizan a lo largo de fracturas que existían previamente. Los desplazamientos relativos pueden ser del orden de dos metros o más, en algunos casos.

En la fig. 3.2 se muestran los principales tipos de falla que pueden presentarse.

Las fallas pueden tener longitudes de varios cientos de kilómetros y generalmente se originan a profundidades de -- unos 10 a 50 kilómetros o aún mayores. Se llama foco al lugar donde tiene su origen el sismo. El punto sobre la superficie terrestre directamente encima del foco se denomina epicentro.

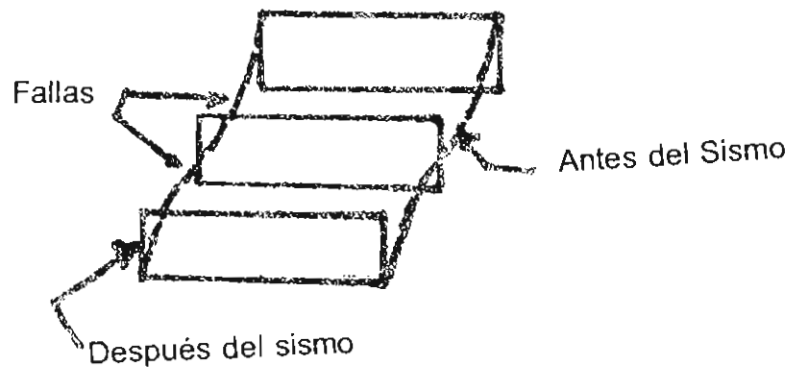


FIG. 3.1

FALLA TECTONICA

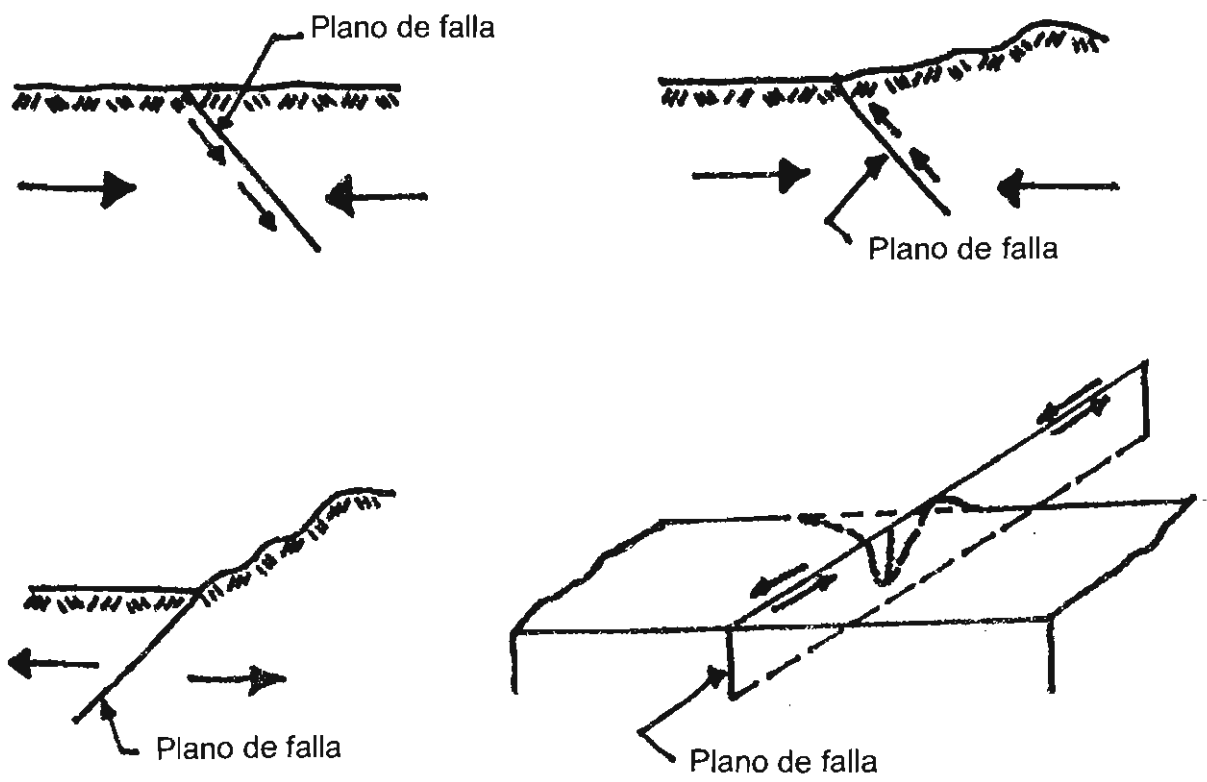


FIG. 3.2

TIPOS DE FALLA

3.1.2 Las ondas sísmicas

Las ondas sísmicas producidas por la liberación de energía pueden equipararse a las ondas concéntricas que origina una piedra arrojada a un estanque. El movimiento del suelo se transmite a las estructuras a través de la cimentación, provocando en aquellas movimientos aún mayores. El efecto es semejante al que resultaría de agarrar el edificio por su base y sacudirlo de manera esporádica tanto vertical como horizontalmente. El fenómeno se ilustra en forma simplificada en la fig. 3.3.

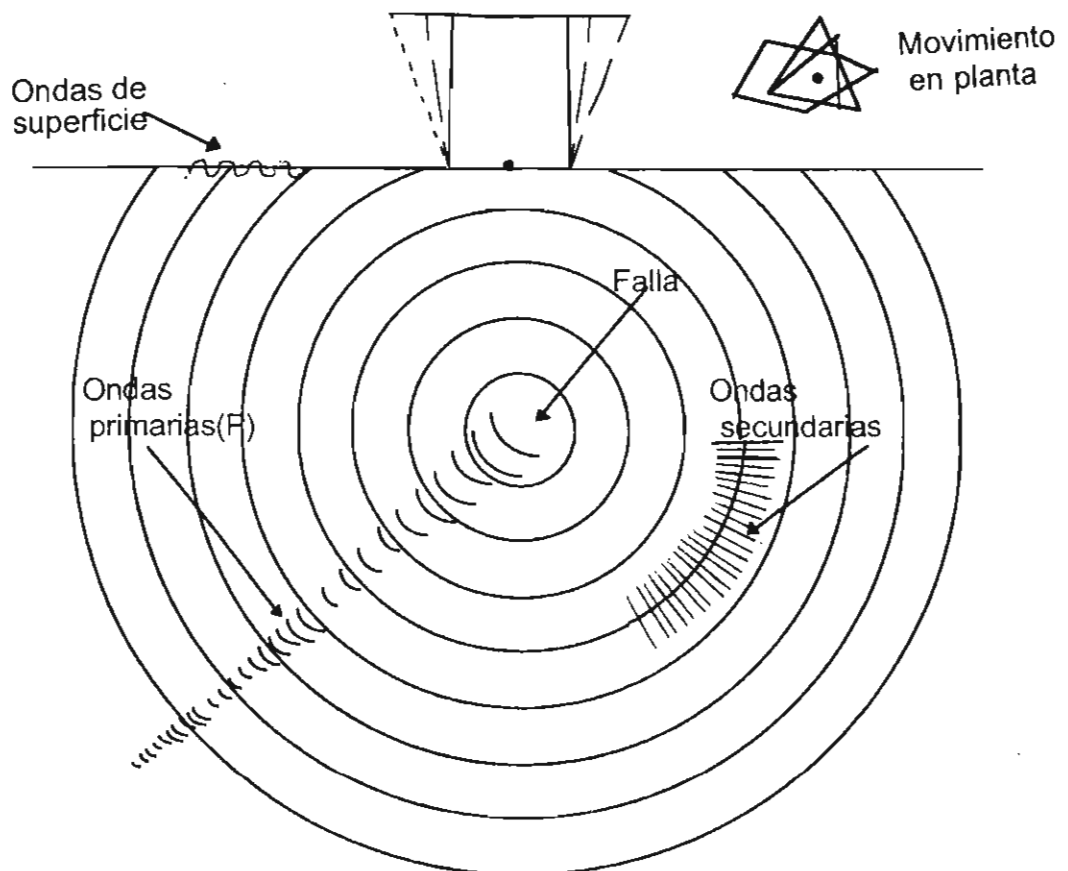


FIG. 3.3

ONDAS SISMICAS

Las ondas sísmicas son de dos tipos: ondas de cuerpo y ondas superficiales.

Las ondas de cuerpo pueden ser longitudinales y transversales. Las ondas longitudinales, también designadas como ondas P (primarias), son las más rápidas y son las que primero se registran en los sismógrafos. Estas ondas se producen por movimientos de compresión y expansión de partículas en el sentido de propagación de la onda, provocando esfuerzos normales a la roca. Las ondas transversales, también llamadas ondas S (secundarias), son más lentas y ocasionan vibraciones en un plano normal a su dirección de propagación. Estas ondas transversales se denominan de cortante para distinguirlas de las primarias o de compresión. Aunque las ondas S son más lentas que las ondas P, pueden transmitir más energía, por lo que son las que pueden producir mayor daño en las estructuras.

Las ondas superficiales, parecidas a las ondas en la superficie del mar, se trasladan, como su nombre lo indica, por la superficie terrestre desde el epifoco, donde son generadas por las ondas primarias y secundarias. Son más lentas que las primarias y secundarias. Suelen denominarse ondas largas u ondas L.

En el capítulo 20 de la ref. M1 puedes encontrar una descripción más amplia sobre la naturaleza de las ondas sísmicas.

3.1.3 Fuerzas debidas a los sismos

Al llegar a una estructura las ondas sísmicas producen movimientos erráticos en todas las direcciones. Las componentes horizontales de estos movimientos son las que interesan de manera particular al ingeniero estructural por su efecto sobre las estructuras. Las componentes verticales suelen despreciarse por que la mayoría de las estructuras tiene una importante reserva de resistencia a acciones verticales.

Los movimientos sísmicos producen fuerzas en las estructuras por su aceleración, es decir por los cambios en su velocidad. Puesto que los movimientos sísmicos son vibratorios, las aceleraciones y fuerzas que originan en las estructuras cambian de sentido periódicamente.

La fuerza ejercida sobre un cuerpo por los movimientos sísmicos puede determinarse por medio de la Segunda Ley de Newton, que puede expresarse como sigue:

$$F = ma \quad (3.1)$$

En esta expresión F es la fuerza que produce una aceleración en un cuerpo de masa m . Puesto que la masa m de un cuerpo es igual a su peso, W , dividido entre la aceleración de la gravedad g , que es aproximadamente igual a 9.8 m/seg^2 , la ecuación (3.1) puede tomar la forma:

$$F = \frac{W}{g} \cdot a \quad (3.2)$$

La relación a/g , se denomina coeficiente sísmico -- (c). La fuerza ejercida por un sismo sobre un cuerpo de peso W puede entonces calcularse simplemente multiplicando el peso -- por el coeficiente sísmico.

$$F = W \cdot c \quad (3.3)$$

Por ejemplo, si la aceleración de un sismo es 0.98 m/seg^2 el coeficiente sísmico será

$$c = \frac{a}{g} = \frac{0.98}{9.8} = 0.1$$

En este caso la fuerza ejercida por el sismo sobre un cuerpo rígido que pese 1000 kg , apoyado sobre el suelo, se rá

$$F = W \cdot c = 1000 \times 0.1 = \underline{100} \text{ kg}$$

Evidentemente la aceleración del suelo varía continuamente de manera irregular. El valor de la aceleración que - interesa es el máximo que se estima puede presentarse.

3.1.4 Magnitud de un sismo

La magnitud de un sismo es una medida cuantitativa - del tamaño de un sismo, que es independiente del lugar de obser - vación. Se determina a partir de la medición de las amplitudes registradas en sismogramas. Los sismogramas se obtienen con -- sismómetros estándar que registran amplitudes de onda. La esca - la de magnitudes más común es la de Richter, que es una escala

logarítmica, de tal manera que un incremento de una unidad en la escala constituye un aumento de diez veces en la energía liberada. Así un sismo de magnitud 6.0 es diez veces mayor que uno de magnitud 5. La máxima magnitud registrada hasta la fecha fue dd 8.9.

La magnitud según la escala de Richter (M) se define como sigue:

$$M = \log A - \log A_0 \quad (3.4)$$

En esta expresión A es la máxima amplitud registrada para un temblor dado por un sismómetro estándar a una distancia dada y A_0 es la amplitud correspondiente a un temblor escogido como patrón.

Se han propuesto varios procedimientos para relacionar la magnitud con la energía liberada. Uno de ellos está dado por la siguiente expresión propuesta por Richter (E1):

$$\log E = 11.4 + 1.5M \quad (3.5)$$

En esta expresión M es la magnitud según la escala de Richter y E es la energía en ergs. ¿Qué energía se liberaría en un temblor de magnitud 6.5?

3.1.5 Intensidad de un sismo

Intensidad es una medida subjetiva de los efectos de un sismo en un lugar dado. La escala de intensidades más comúnmente utilizada es la denominada Escala de Mercalli Modificada.

La clasificación de un sismo según esta escala se basa en las reacciones de las personas ante el movimiento sísmico, el daño percibido en las estructuras y la observación de otros fenómenos físicos. A un sismo con una magnitud dada según la escala de Richter corresponderán intensidades diferentes según la distancia al epifoco y las características del suelo del lugar donde se efectúa la observación. La Escala de Mercalli Modificada tiene doce grados (Tabla 3.1). La escala original no da valores que puedan utilizarse en el diseño antisísmico. Las aceleraciones que aparecen en la Tabla 3.1 son estimaciones toscas de las aceleraciones que parecen estar asociadas a las diversas intensidades. La utilidad principal de la Escala de Mercalli Modificada es como escala de comparación de las intensidades de distintos sismos en diferentes lugares.

TABLA 3.1 ESCALA DE INTENSIDAD SÍSMICA MERCALLI MODIFICADA (MM)

<u>Grado</u>		<u>Descripción</u>	<u>Aceleración</u> (cm/seg ²)
I	Instrumental	Se observará únicamente con instrumentos especiales.	0-0.25
II	Muy ligero	Se siente solamente por personas que se encuentren en reposo absoluto. Los objetos suspendidos oscilan ligeramente.	0.25-0.5
III	Ligero	Sentido por muchas personas, especialmente en los pisos altos de los edificios. Se sienten vibracio <u>u</u>	0.5-1

<u>Grado</u>		<u>Descripción</u>	<u>Aceleración</u>
		ciones semejantes a las de un camión. Puede estimarse la duración	0.5-1
IV	Mediano	Sentido por muchas personas en el interior de los edificios y por algunas en el exterior. Se mueven objetos ligeros. No causa pánico.	1-2.5
V	Fuerte	Se siente en las habitaciones por todos y por muchos en el exterior de los edificios. Se rompen algunos vidrios y aparecen grietas en algunos recubrimientos.	2.5-5
VI	Muy fuerte	Se siente por todos, Produce daños ligeros en edificios pobremente construídos	5.10
VII	Muy violento	Daños insignificantes en edificios bien diseñados y construídos. Daños moderados en edificios ordinarios bien construídos. Daños considerables en edificios pobremente construídos o mal diseñados.	10-25
VIII	Ruinoso	Daño ligero en estructuras construídas especialmente para soportar sismos. Daños considerables en edificios ordinarios	25-50
IX	Destructor	Considerable daño en estructuras especialmente construídas para soportar temblores. Estructuras bien diseñadas se inclinan por daños en la cimentación. La Tierra se agrieta notablemente. Desplazamiento de vías férreas y caminos.	50-100

<u>Grado</u>	<u>Descripción</u>	<u>Aceleración</u>	
X	Muy destructor	Destruídas muchas estructuras especialmente diseñadas. Grandes grietas en la tierra y deslizamientos de montañas. Edificios destruidos incluyendo sus cimentaciones.	100-250
XI	Catastrófico	Pocas estructuras permanecen en pie. Destrucción -- completa de sistemas de tuberías subterráneas.	250-500
XII	Catastrófico	Destrucción completa	más de 500

3.1.6. Acelerogramas

De los incisos anteriores se desprende que para poder analizar los efectos de los sismos es necesario contar con información sobre las características vibratorias de estos, es decir su amplitud, período y aceleración. Esta información puede obtenerse de los acelerogramas (fig. 3.4.a). Los acelerogramas son gráficas que dan la aceleración en distintos momentos de un temblor. Los acelerogramas se obtienen por medio de aparatos llamados acelerógrafos. Los acelerogramas se preparan según tres direcciones ortogonales: dos componentes horizontales y una vertical. De los acelerogramas pueden obtenerse, por medio de integraciones sucesivas, gráficas de tiempo-velocidad (fig. 3.4.b) y tiempo-desplazamiento (fig. 3.4.c). Se observa que las vibraciones son irregulares.

Suele definirse un período predominante, que es el que mayor veces se presenta durante la duración de un temblor. Puede variar desde 0.3 de segundo para terrenos firmes hasta 3 segundos para terrenos suaves. Las amplitudes varían de 2 a 8 cm, siendo mayores cuanto más suave es el terreno.

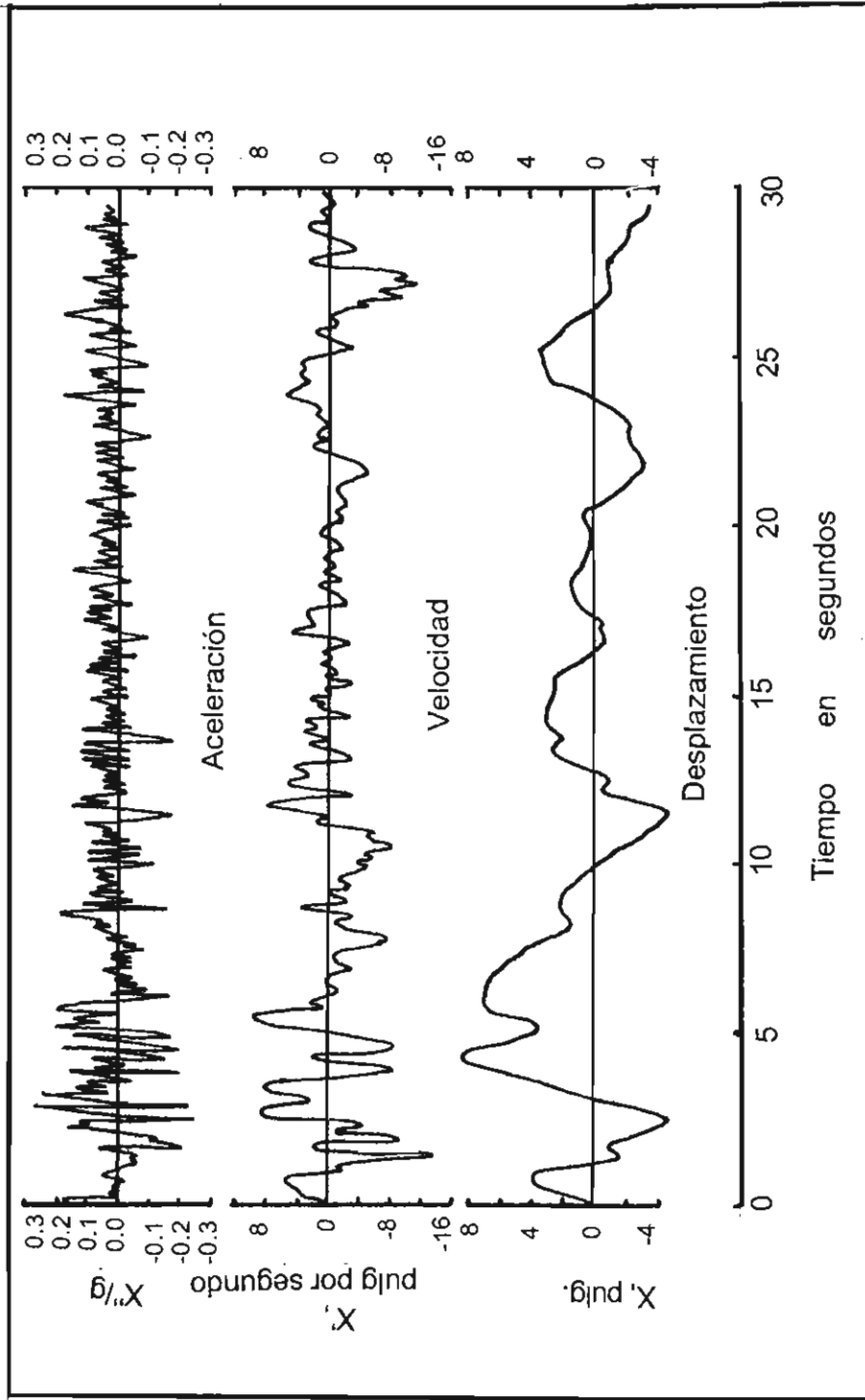


FIG. 3.4 ACELERACION, VELOCIDAD Y DESPLAZAMIENTO DEL SUELO DURANTE EL TEMBLOR DE "EL CENTRO", CALIFORNIA, DE 18 DE MARZO DE 1940

3.1.7. Sismicidad

De una manera informal la sismicidad puede definirse como la actividad sísmica de una región dada, reflejada en la magnitud intensidad, frecuencia y demás características de los sismos de la región. Esta información es importante para efectos del diseño estructural.

No se puede predecir de manera determinista la magnitud, el lugar, el momento de ocurrencia y la frecuencia de los sismos. Sin embargo, pueden establecerse funciones de distribución de probabilidades de la ocurrencia e intensidad de sismos en distintos lugares. Para poder determinar estas distribuciones de probabilidades es necesario contar con gran número de datos sobre movimientos sísmicos. El Instituto de Ingeniería de la UNAM ha establecido una red de estaciones con equipo electrónico que permite concentrar en una estación central los registros obtenidos en diversos lugares de la República.

La fig. 3.5 muestra la distribución mundial de epicentros de sismos importantes. Se observa que México se encuentra en una zona sísmica claramente definida: la del cinturón Circum-Pacífico. En la fig. 3.6 se presentan datos sobre la sismicidad de la República Mexicana. Los planos o cartas de regionalización sísmica como el de la fig. 3.6 se elaboran con base en la frecuencia, distribución e intensidad de los sismos. Las zonas en que se divide la región representada tienen una sismicidad semejante.



FIG. 3.5 EPIFOS DE LOS MAYORES TEMBLORES OCURRIDOS EN EL MUNDO DURANTE EL PRESENTE SIGLO. (SEGUN GUTENBERG Y RICHTER).

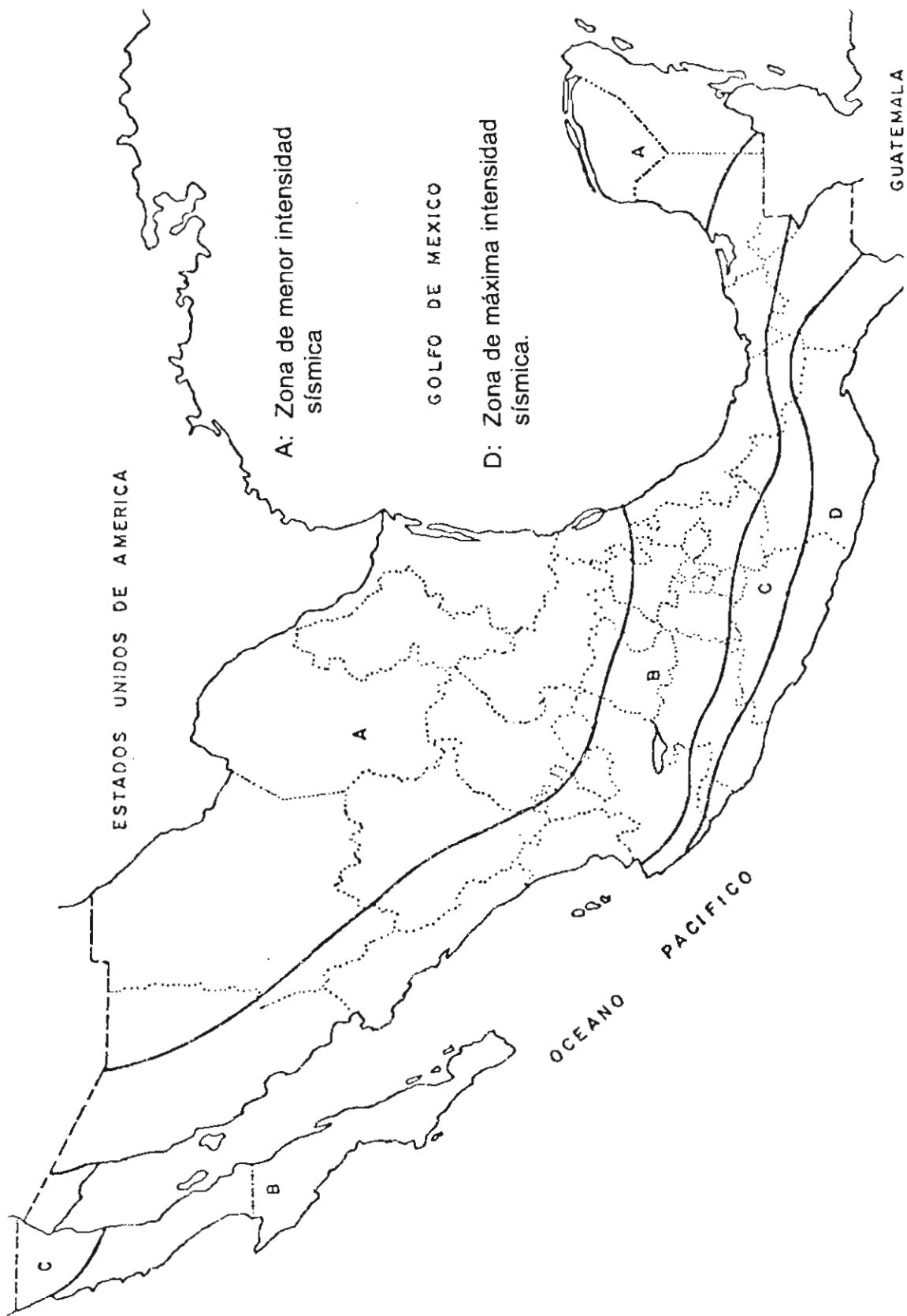


FIG. 3.6 SISMICIDAD DE LA REPUBLICA MEXICANA

3.1.8. Respuesta de las estructuras ante los sismos

Durante un sismo el suelo se mueve al azar en todas las direcciones. Para diseñar una estructura cimentada sobre un suelo sometido a este tipo de movimientos es necesario contar con algún procedimiento para determinar las fuerzas internas producidas en el edificio por los movimientos del suelo.

Las ondas sísmicas producen sacudidas esporádicas en el edificio en todas las direcciones. Estas sacudidas producen fuerzas que actúan sobre la estructura y que tienen su origen en el peso y la rigidez de ésta.

Cuando la base de la estructura es movida, la estructura misma resiste el desplazamiento debido a su inercia. Esto produce deformaciones en la estructura, ya que el moverse la base el resto de la estructura tiende a permanecer estacionaria. Las sacudidas cíclicas ocasionan en un edificio flexible una serie de complicadas oscilaciones, estableciéndose diversos modos de vibración como en una vara sacudida por un extremo (fig. 3.7).

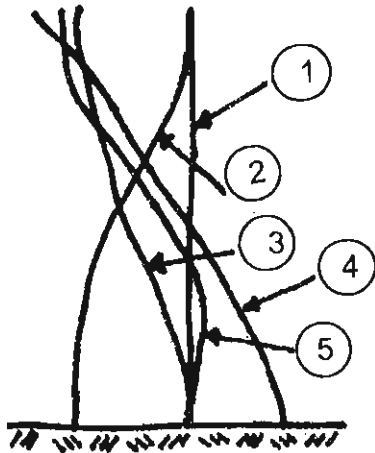
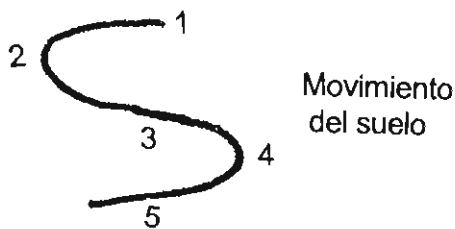


FIG. 3.7 CONFIGURACIONES DE UNA ESTRUCTURA FLEXIBLE AL MOVERSE EL SUELO



La influencia de la rigidez puede apreciarse en la fig. 3.8. En una estructura muy rígida, como la del detalle (a), la fuerza que actúa sobre la estructura es igual a la masa de la estructura por la aceleración del suelo. Si la estructura es ligeramente flexible y su período natural es distinto del período del movimiento del suelo, la fuerza puede ser menor porque la estructura al deformarse puede absorber parte de la energía, detalle (b). Sin embargo, si la estructura es muy flexible y el período del movimiento del suelo es semejante al período natural de la estructura pueden resultar fuerzas bastante mayores (fig. 3.8c). Los períodos de los edificios varían de 0.2 seg a 1.5 seg. Cuando el período natural coincide con el de la onda sísmica se presenta el fenómeno de resonancia, al que se asocian fuerzas muy grandes. Evidentemente, salvo en las estructuras muy rígidas las aceleraciones en las

estructuras son diferentes de la aceleración del suelo.

a = aceleración del suelo

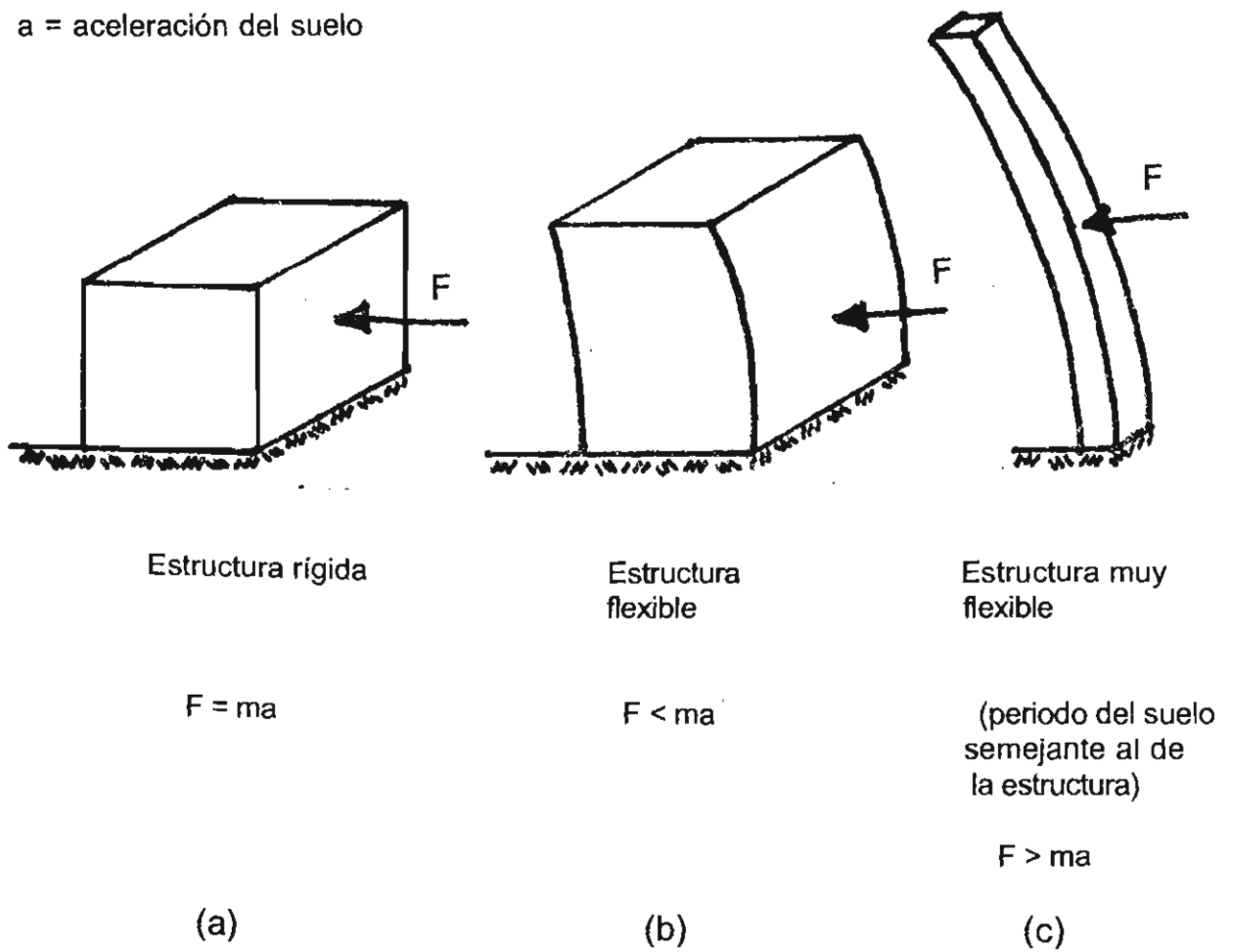


FIG. 3.8 INFLUENCIAS DE LA RIGIDEZ EN LAS FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE LA ESTRUCTURAS.

El comportamiento difiere también según el sistema estructural. Un muro se deforma esencialmente por flexión mientras que en un marco predomina la deformación por cortante (fig. 3.9).

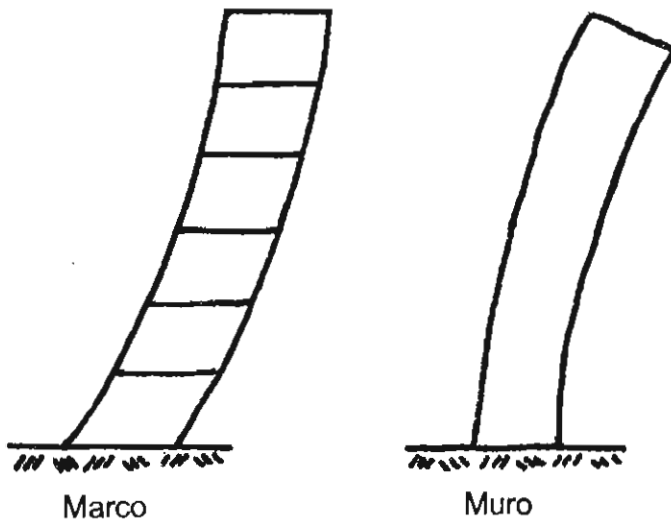


FIG. 3.9 DEFORMACION
BAJO FUERZAS
LATERALES DE
MARCOS Y MUROS

El daño ocasionado por un sismo en un edificio depende de la aceleración, amplitud y dirección de las ondas así como de la respuesta dinámica del edificio y su cimentación. La respuesta dinámica es una función del período natural y del modo de vibración del edificio. Influye también la importancia del amortiguamiento.

3.1.9. Métodos de diseño sísmico

De las breves consideraciones anteriores se desprende la dificultad de establecer procedimientos de diseño sísmico sencillos y confiables. Intervienen muchos factores tales como la rigidez de la estructura, las dimensiones y el peso del edificio, las características del suelo y el tipo de cimentación. Otros parámetros que influyen en el comportamiento de la estructura son: el material o materiales con los que se ha formado el sistema estructural, las cualidades y características geométricas de los elementos y el diseño de las conexiones o uniones entre elementos. Los parámetros mencionados darán al sistema estructural una ductilidad definida.

De una manera general, al diseñar estructuras se busca que ante temblores frecuentes de baja intensidad los edificios no sufran daños; ante temblores de intensidad moderada el daño no estructural sea limitado y fácilmente reparable y que para temblores excepcionalmente intensos se tenga un nivel aceptable de seguridad contra el colapso, aunque los daños sean apreciables. Para conseguir esto, los edificios deben ser no solamente resistentes sino también dúctiles, es decir, deben tener una gran capacidad para absorción de energía y deformación. En la fig. 3.10 se comparan las relaciones carga-deformación de un edificio elástico y uno dúctil.

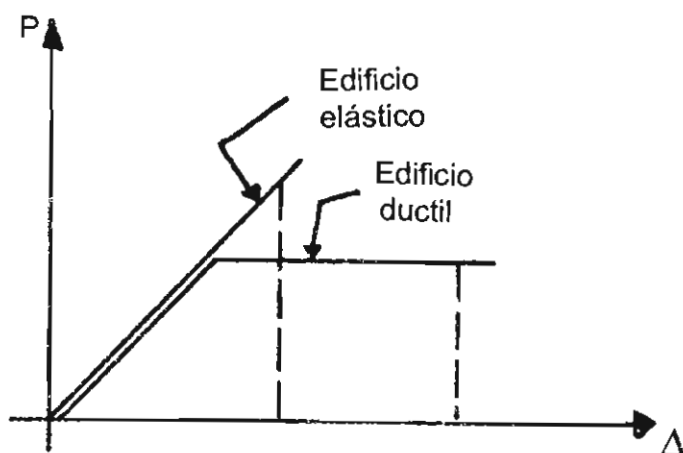


FIG. 3.10 COMPARACION ENTRE UN EDIFICIO ELASTICO Y UNO DUCTIL

Los métodos de análisis sísmico utilizados para lograr estas finalidades pueden clasificarse en dos grupos: los dinámicos y los estáticos.

Métodos dinámicos

Los métodos dinámicos tienen en cuenta la naturaleza dinámica de la acción sísmica. Implican el análisis de los distintos modos de vibrar de las estructuras y el cálculo de las fuerzas sísmicas a partir de las aceleraciones correspondientes a distintos niveles. Estos métodos se estudian en el curso de Ingeniería Sísmica.

Métodos estáticos

En muchos casos es posible utilizar métodos simpli

ficados de análisis que dan resultados aproximados aceptables. Un método simplificado es el denominado método estático. Los métodos estáticos, que según el Reglamento del Distrito Federal, pueden utilizarse para estructuras hasta de 60 m de altura, dan distribuciones de fuerzas tales que su efecto en cada piso es aproximadamente equivalente a los efectos dinámicos de un sismo, cayendo siempre por supuesto del lado de la seguridad.

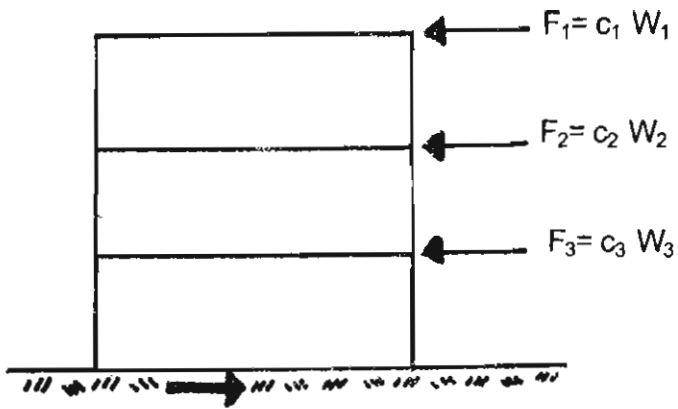
Las fuerzas equivalentes consideradas en un análisis estático no tienen relación directa con el comportamiento de la estructura ante un sismo. Sin embargo, al dimensionar las estructuras para que resistan las fuerzas ficticias que resulten de estos métodos aproximados se les proporciona una resistencia adecuada para resistir las fuerzas reales originadas por los sismos.

Los métodos estáticos están basados en la hipótesis de que las aceleraciones producidas por las vibraciones sísmicas provocan una fuerza de inercia que actuará sobre la estructura de acuerdo con la ley física.

$$F = ma \quad (3.1)$$

En la fig. 3.11 se resumen los principios generales en que están basados los métodos estáticos. Las fuerzas F_i se suponen aplicadas en los distintos niveles y se tratan como fuerzas estáticas con las cuales se calculan las fuerzas

internas correspondientes en los distintos miembros de la estructura. Las fuerzas deben considerarse actuando por lo menos en dos direcciones perpendiculares y en ambos sentidos. - Los valores de los coeficientes sísmicos C_1 varían según los distintos reglamentos.



m = masa

W = peso

g = aceleración debida a la gravedad = 9.8 m/seg^2

a = aceleración debida al sismo

$c = \frac{a}{g}$ = coeficiente sísmico

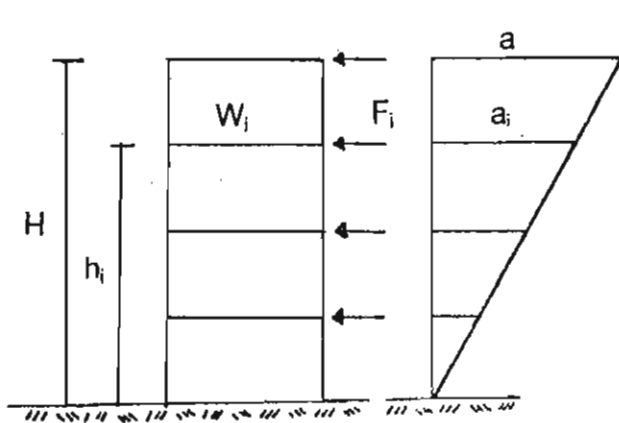
$$m_i = \frac{W_i}{g}; F_i = m_i a_i = a_i = \frac{a_i}{g} = c_i W_i$$

FIG. 3.11 PRINCIPIOS DE LOS METODOS ESTATICOS

RECOMENDACIONES DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES
PARA EL DISTRITO FEDERAL

Según el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en el método estático, para calcular las fuerzas estáticas de diseño a diferentes niveles de un edificio, se supone una distribución lineal de aceleraciones horizontales con valor nulo en la base de la estructura. En el extremo superior se supone un valor máximo de la aceleración de tal modo que la relación V/W en la base sea igual a c/Q . V es la fuerza cortante en la base, W es el peso de la estructura, c es el coeficiente sísmico, adimensional, y Q es un factor de ductilidad también adimensional. El coeficiente sísmico varía de 0.16 a 0.31 según el uso del edificio y según la naturaleza del suelo sobre el cual esté cimentada la estructura.

El valor de c es tanto mayor cuanto más importante sean las consecuencias de una falla y cuanto más compresible sea el terreno. El coeficiente Q es un factor que varía de uno a seis, por el cual se puede dividir el coeficiente sísmico c . Depende de la ductilidad de la estructura. Cuanto mayor la ductilidad de la estructura mayor será el coeficiente Q aplicable. En la fig. 3.12 se presenta en forma esquemática la manera de determinar las fuerzas a considerar en un piso cualquiera. La fuerza cortante en un nivel cualquiera será igual a la suma de las fuerzas de inercia encima de ese nivel. En la fig. 3.13 se sugiere una forma de tabular los cálculos.



c = coeficiente sísmico (0.16 - 0.31)

Q = factor de ductilidad (1 - 6)

g = aceleración de gravedad

m_i = masa de un piso cualquiera

W_i = peso de un piso cualquiera

F_i = fuerza de inercia de un piso cualquiera

a_i = aceleración de un piso cualquiera

La fuerza de inercia en un piso cualquiera i es:

$$F_i = m_i a_i = \frac{W_i}{g} a_i = \frac{W_i}{g} \frac{h_i}{H} a \quad \text{(a)}$$

La fuerza cortante en la base es:

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{g} \frac{h_i}{H} a = \frac{a}{gh} \sum_{i=1}^n W_i h_i \quad \text{(b)}$$

La fuerza cortante en la base según Reglamento DDF es:

$$V = \frac{c}{Q} \sum_{i=1}^n W_i = \frac{c}{Q} W \quad \text{(c)} \quad \left(\sum_{i=1}^n W_i = W = \text{peso total del edificio} \right)$$

Igualando (b) y (c):

$$\frac{c}{Q} W = \frac{a}{gh} \sum_{i=1}^n W_i h_i ; a = \frac{c}{Q} gh \frac{W}{\sum_{i=1}^n W_i h_i}$$

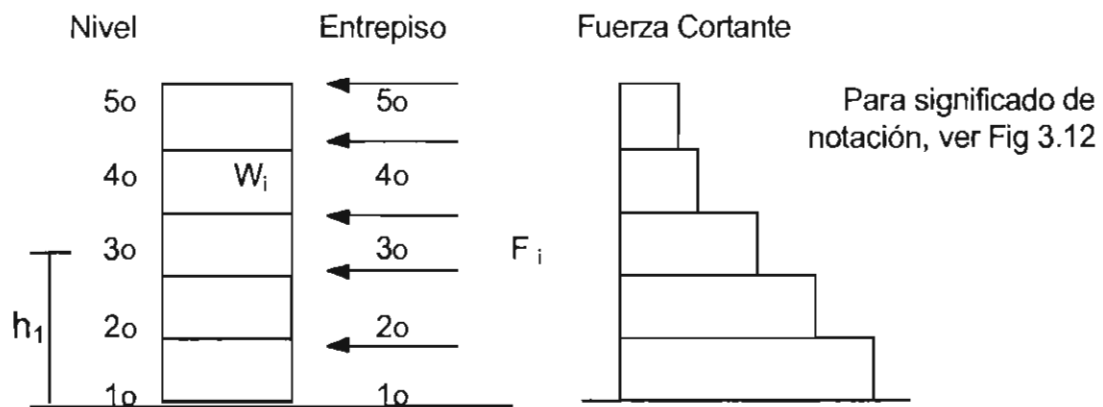
Sustituyendo en (a) :

$$F_i = \frac{W_i}{g} \frac{h_i}{H} \frac{c}{Q} gh \frac{W}{\sum_{i=1}^n W_i h_i}$$

$$F_i = \frac{c}{Q} \frac{W}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \cdot W_i h_i$$

2893195

FIG. 3.12 FUERZAS SISMICAS EN UN PISO CUALQUIERA SEGUN REGLAMENTO D.D.F.

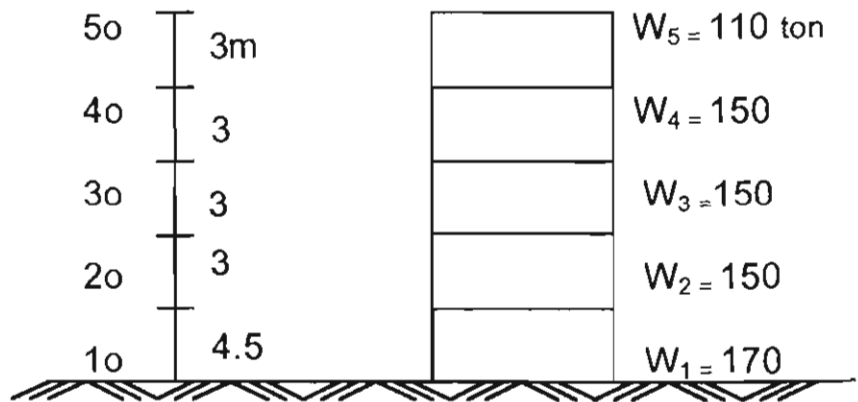


Nivel	Entrepiso	W_i	h_i	$W_i h_i$	F_i	V_i
5		90	16	1440	12.36	
	5					12.36
4		120	13	1560	13.39	
	4					25.75
1						
	1					
		$W = \sum_{i=1}^n W_i h_i$		$\sum W_i h_i$		

$$F_i = \frac{c}{Q} \frac{W}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \cdot W_i h_i$$

FIG. 3.13 EJEMPLO DE TABLA PARA CALCULO DE FUERZAS CORTANTES DEBIDAS A SISMO (METODO ESTATICO REGLAMENTO D.D.F.)

Ejercicio 3.1 Encontrar las fuerzas cortantes debidas a sismo en el edificio del croquis. Considerar un coeficiente sísmico $c=0.20$ y un factor de ductilidad $Q = 4$.



Las fuerzas cortantes determinadas por este procedimiento producen acciones internas en los distintos miembros de la estructura. En unidades posteriores se presentarán métodos aproximados para calcular estas acciones o fuerzas internas en edificios.

Para mayor información sobre diseño sísmico de estructuras puede consultar las refs: E1, E2, E3, E4 y E5.

3.2 EL VIENTO

3.2.1 Consideraciones generales

El viento, como los sismos, es un fenómeno aleatorio. Se clasifica también como acción accidental. Deforma las estructuras y, por lo tanto, produce acciones internas en ellas que deben considerarse en el diseño. Puede definirse como el movimiento del aire de la atmósfera producido por la acción de la gravedad sobre masas de aire de diferente densidad, por las fuerzas debidas a la rotación de la tierra y por las fuerzas centrífugas debidas a la curvatura de la trayectoria del viento. Influyen también las irregularidades del terreno así como los gradientes de presión y de temperatura. Si se miden sobre una vertical las velocidades medidas del viento a diversas alturas se encuentra que éstas varían desde un valor nulo al nivel del suelo hasta un valor que permanece constante a partir de una altura lo suficientemente grande para que no influyan los efectos de la fricción debida a las irregularidades del terreno. A esta altura la velocidad del viento depende fundamentalmente del gradiente horizontal de presiones y de las aceleraciones debidas a la rotación de la tierra. Esta velocidad del suelo suele dominarse velocidad gradiente. Se presenta a una altura que varía entre 300 y 600 m. La ley de variación de la velocidad con la altura depende de diversos factores el principal de los cuales es la rugosidad del terreno. En la fig 3.14

se muestran dos configuraciones típicas. Se aprecia que cuanto mayor es la rugosidad del suelo mayor es la altura a la que se presenta la velocidad gradiente. En zonas con muchas irregularidades, como las urbanas, las velocidades del viento a alturas bajas son menores que en regiones poco accidentadas como los llanos y el mar. De acuerdo con el Reglamento del Distrito Federal la velocidad del viento para efectos de diseño se toma proporcional a la raíz cúbica de la altura sobre el terreno.

Ejercicio 3.2 Si la velocidad del viento a una altura de 10 m es 100 km/h y se supone que la velocidad varía con la raíz cúbica de la altura sobre el terreno, trácese una gráfica, que muestre la variación de la velocidad con la altura en un edificio de 100 m.

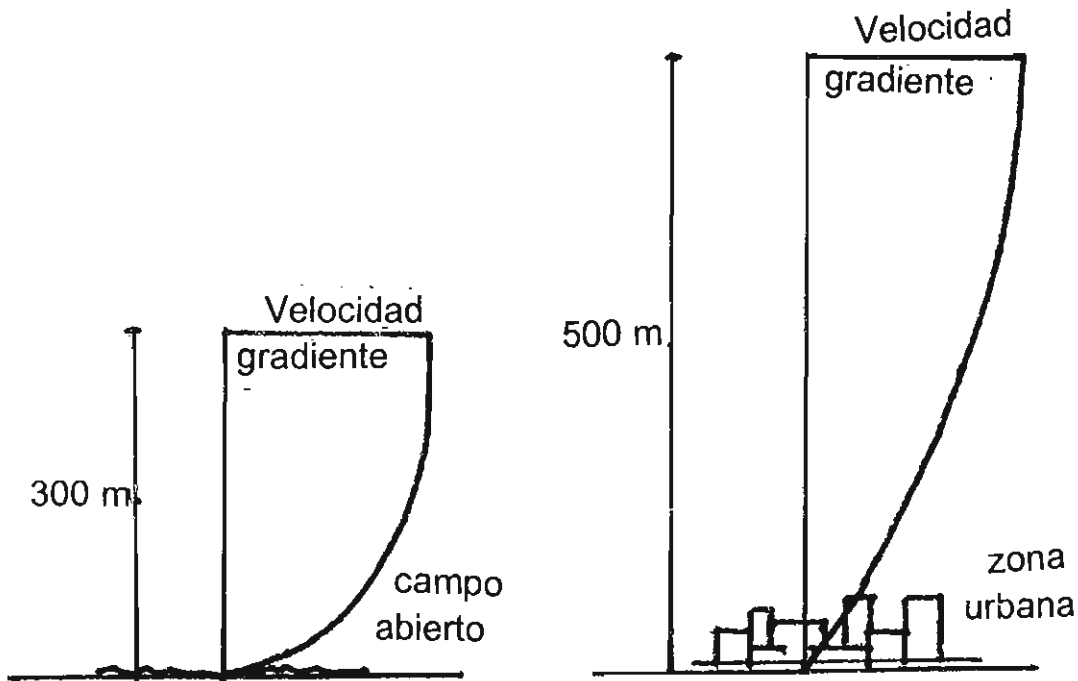


FIG. 3.14 VARIACION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO CON LA ALTURA

Para establecer recomendaciones para el diseño de estructuras por viento es necesario contar con datos sobre las máximas velocidades anticipadas y la frecuencia con que puedan presentarse. A alturas bajas estos datos pueden variar mucho de un lugar a otro debido a las turbulencias producidas por las irregularidades del terreno.

La información sobre valores y frecuencias de velocidades del viento se obtiene haciendo estudios de los registros de velocidades proporcionados por aparatos llamados anemógrafos. Para estandarizar la información las velocidades suelen referirse a una altura de 10 m. Como los anemógrafos pueden estar instalados a distintas alturas es necesario hacer

ajustes de acuerdo con las leyes de variación del viento con la altura. En la fig. 3.15 se muestra un registro típico de velocidades instantáneas registradas por un anemógrafo. Se observa que las velocidades del viento pasan de un máximo a un mínimo en ciclos de varias horas de duración. Además hay oscilaciones en la intensidad con amplitudes de 6m/seg a 20 m/seg, con duraciones de unos cuantos segundos. Estas oscilaciones reciben el nombre de ráfagas. Las velocidades máximas varían también con la época del año.

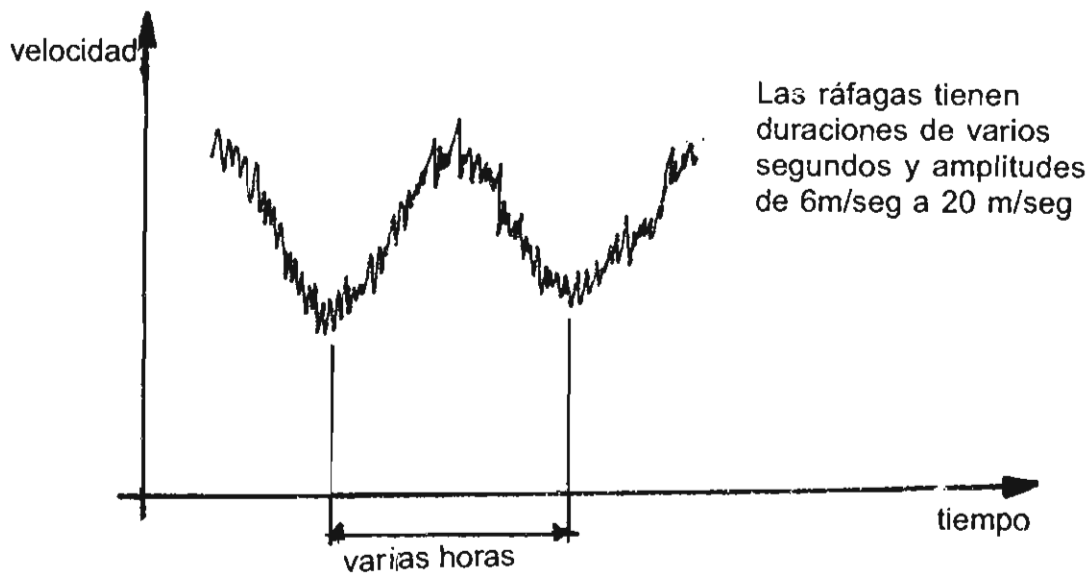


FIG. 3.15 REGISTRO DE UN ANEMOGRADO MOSTRANDO LA VARIACION DE LA VELOCIDAD INSTANTANEA CON EL TIEMPO.

Para describir las características del viento suele recurrirse al concepto de velocidad media. Es necesario conocer el tiempo considerado para su determinación ya que los valores difieren considerablemente según el período considerado. Así si la velocidad media se refiere a períodos de diez minutos, la velocidad instantánea es prácticamente el doble de la velocidad media. Los períodos de medición que se han utilizado para determinar velocidades medias varían de dos segundos a una hora.

3.2.2 Respuesta de las estructuras ante la acción del viento

Cuando una masa de aire en movimiento tropieza con un edificio, se comporta como cualquier fluido, dividiéndose en cada lado del obstáculo para unirse después nuevamente al flujo general del aire. La velocidad del aire aumenta al rodear el obstáculo por la reducción de sección y se generan turbulencias (fig. 3.16).

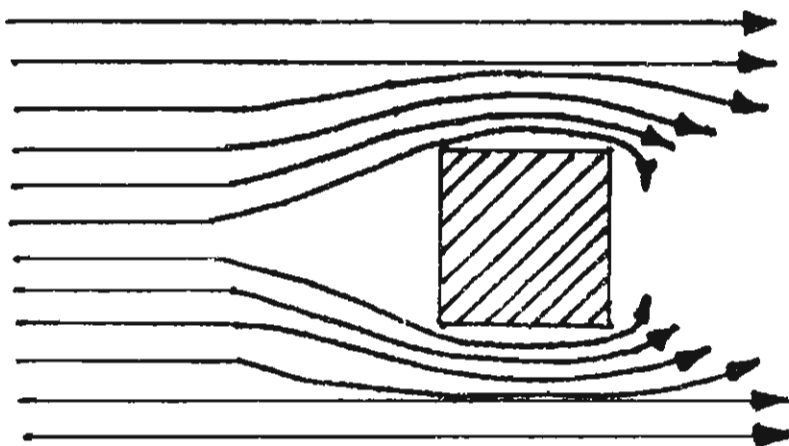


FIG. 3.16
FLUJO TURBULENTO
EN TORNO A UN
OBSTACULO

En una condición de flujo turbulento creada por la presencia de un edificio el aire produce presiones siempre que esté en contacto con la superficie del edificio. Cuando - por efecto de la turbulencia la masa de aire se separa de la superficie del edificio se crean zonas de baja presión que producen efectos de succión sobre el edificio. Así en el edificio de la fig. 3.16 habrá presiones en la fachada de barlovento y succiones en las fachadas laterales y en la fachada de sotavento. En las zonas de baja presión los vientos turbulentos generan corrientes circulares de aire denominadas vórtices. En la fig. 3.17 se muestra esquemáticamente el flujo del aire en torno a un edificio.

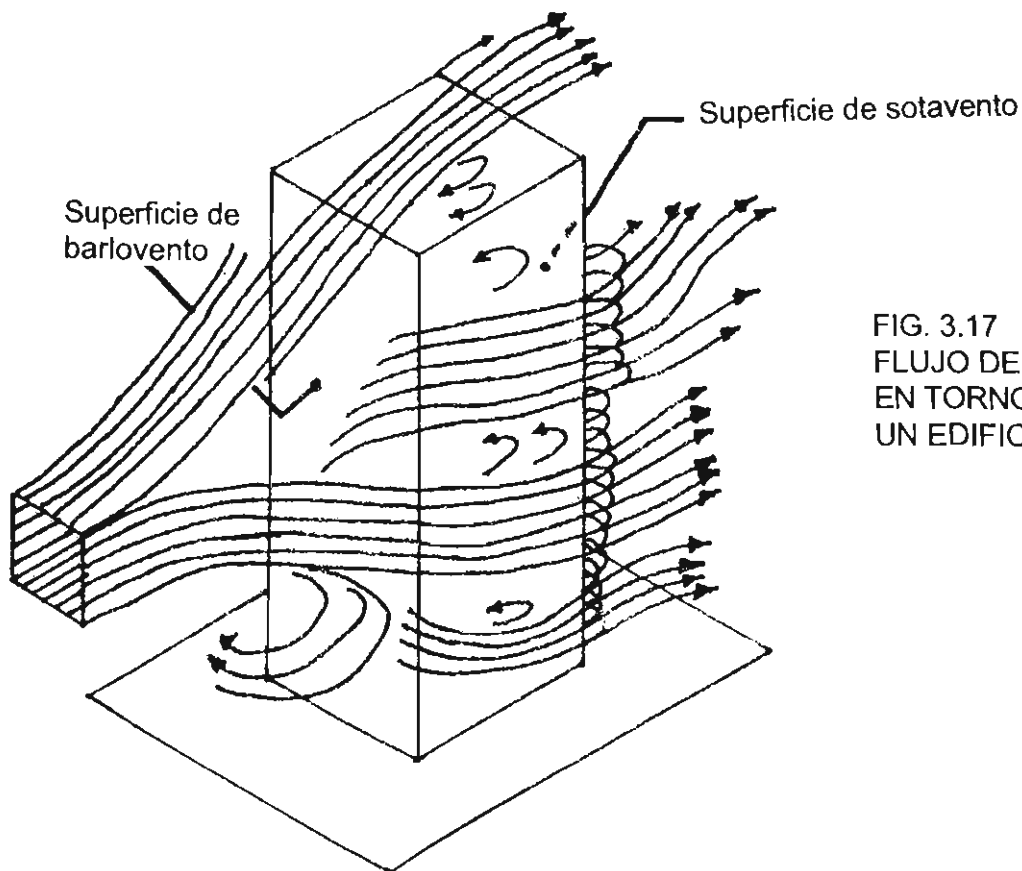


FIG. 3.17
FLUJO DEL AIRE
EN TORNO A
UN EDIFICIO

En la dirección paralela a la del viento, éste puede tener efectos tanto estáticos como dinámicos. Esto se aprecia si la velocidad del viento se subdivide en dos componentes: una velocidad constante y la velocidad variable de las ráfagas. Esto se ilustra en la fig. 3.18. Puesto que las velocidades medias se obtienen considerando períodos relativamente largos, la presión correspondiente del viento es también una presión promedio que ejerce una acción constante sobre los edificios que puede considerarse como estática. Las velocidades variables de las ráfagas dan origen a presiones dinámicas que producen vibraciones con desplazamientos adicionales que pueden llegar a ser del mismo orden que el desplazamiento debido a la presión promedio constante del viento. Esto puede apreciarse en la fig. 3.19. La importancia de los efectos dinámicos depende de la flexibilidad de los edificios afectados. En estructuras poco flexibles y con períodos naturales de vibración cortos (no mayores de dos segundos) predomina la presión estática; en estos casos pueden depreciarse los efectos dinámicos. En edificios flexibles, los efectos dinámicos, son críticos.

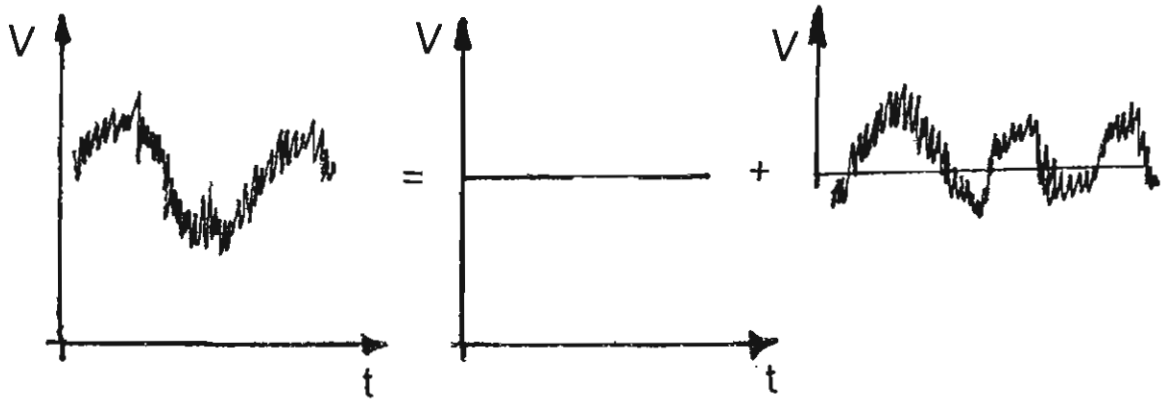


FIG. 3.18 DESCOMPOSICION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN VELOCIDAD MEDIA Y VELOCIDAD DE RAFAGAS

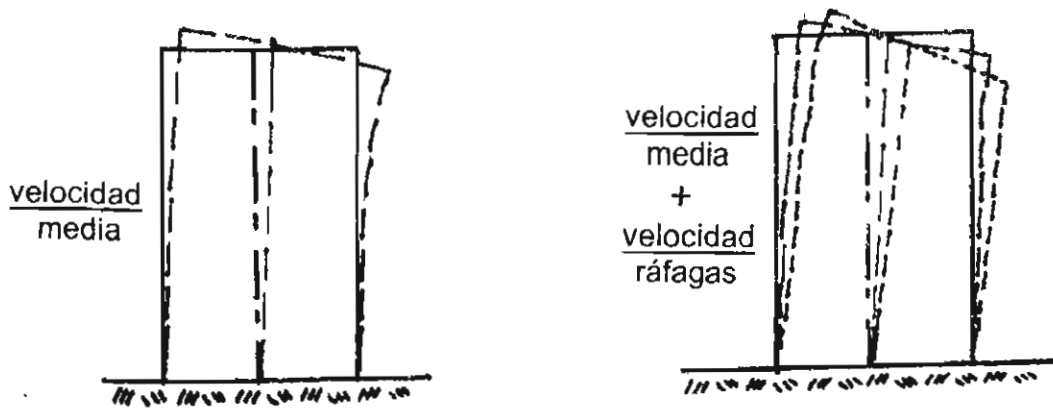


FIG. 3.19 MOVIMIENTOS ESTATICOS Y DINAMICOS DE UN EDIFICIO BAJO LA ACCION DEL VIENTO.

La formación de vórtices puede originar desplazamientos dinámicos alternantes críticos en dirección perpendicular a la del viento. Estos efectos también pueden ser críticos en edificios flexibles.

En la fig. 3.20 se muestran gráficamente algunas de las formas en que el viento puede hacer fallar a las estructuras. Pueden presentarse efectos más complejos como en las cubiertas y puentes colgantes en los que las acciones dinámicas predominan.

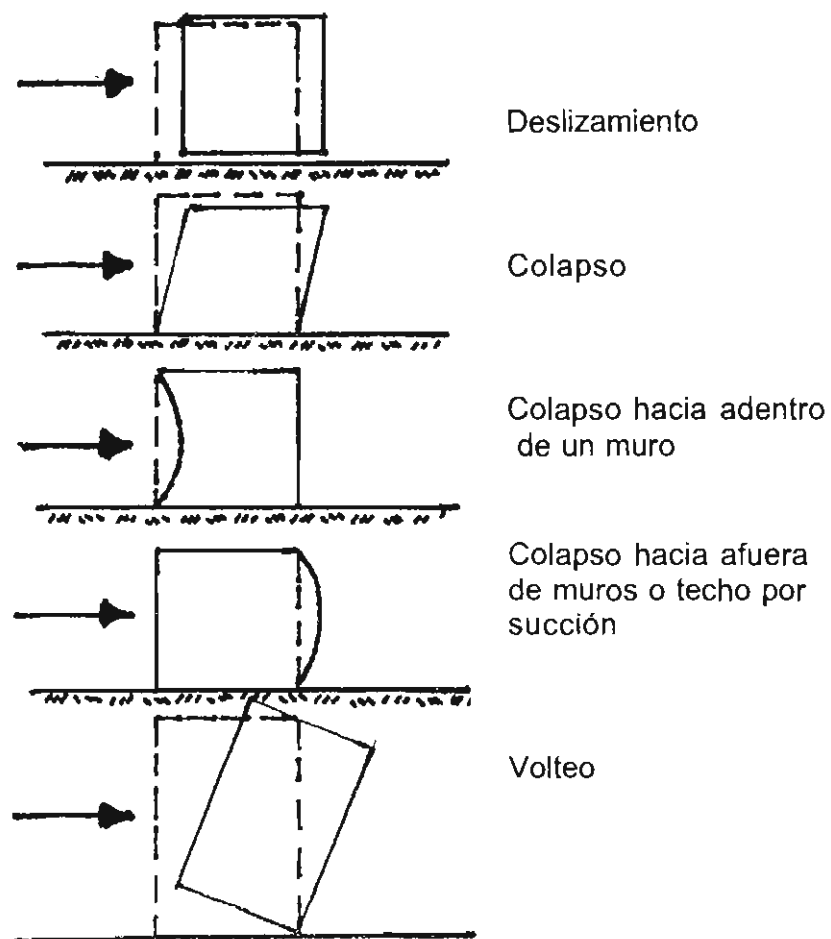


FIG. 3.20 FALLAS POR VIENTO.

Para poder diseñar edificios que tengan suficiente resistencia a las acciones del viento es necesario tener información sobre las magnitudes de las presiones y succiones debidas al viento, sobre la influencia de la forma y del tamaño, y en el caso de estructuras flexibles, sobre la influencia de sus características dinámicas. (En este curso se tratan exclusivamente estructuras lo suficientemente rígidas para que se puedan despreciar los efectos dinámicos).

La presión del viento sobre un objeto es reposo, al igual que en el caso de cualquier otro fluido, puede estimarse a partir del principio de Bernoulli. La aplicación de este principio da el siguiente valor de la presión

$$p = \frac{\omega V^2}{2g} \quad (3.2)$$

donde ω es el peso volumétrico del aire, V es su velocidad y g es la aceleración de la gravedad. A este efecto se suman otros, llamados aerodinámicos, consistentes principalmente en el "drag" o arrastre y la succión a sotavento. Para evaluar las presiones o succiones debidas a la combinación de estos efectos se suelen proponer expresiones de la siguiente forma:

$$p = k_1 k_2 V^2 \quad (3.3)$$

donde k_1 representa esencialmente la influencia del peso volumétrico del aire y la aceleración, y k_2 es una constante denominada coeficiente de empuje, que depende de la forma del edificio

y de la parte del edificio donde se desea determinar la presión o succión. Los valores de k_2 se basan en gran parte en estudios experimentales realizados con modelos en túneles de viento.

3.2.3 Recomendaciones del Reglamento de construcción para el Departamento del D.F.

El Reglamento de Construcciones para el Departamento del Distrito Federal indica que las construcciones deben analizarse suponiendo que el viento puede actuar por lo menos en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí. También distingue entre estructuras que por sus características puede sufrir efectos dinámicos importantes (torres, chimeneas, etc.) y estructuras en que estos efectos son poco significativos, que son los únicos que se considerarán en estas notas.

A este segundo grupo de estructuras, pertenecen edificios de habitación u oficinas con altura menor de 60 m o período natural menor de dos segundos; en estos edificios la acción del viento puede considerarse como una presión o succión estática.

Para este tipo de edificios el reglamento propone la siguiente expresión para el cálculo de presiones o succiones, la cual sigue la forma de la expresión (3.3):

$$p = 0.0055 cV^2 \quad (3.4)$$

siendo:

p = presión o succión del viento (kg/m^2)

c = factor de empuje (adimensional)

V = velocidad de diseño (km/h)

Si c es positivo se trata de un empuje y cuando es negativo se trata de una succión. El reglamento da valores de c para los tipos más usuales de edificios, los cuales pueden variar según la parte del edificio considerada.

Algunos de los casos que el reglamento puede contemplar son:

- a) Muros rectangulares verticales o muros aislados. El valor de c se toma igual a 0.75 para presión e igual a -0.68, para succión
- b) Edificios con planta y elevación rectangulares
- c) Cubiertas de dos aguas. Los valores para este caso dependen de la inclinación de la cubierta del lado de barlovento, de la altura máxima de la construcción y de la flecha de la cubierta
- d) Cubierta de un agua
- e) Cubiertas de arco circular y en forma de dientes de sierra
- f) Armaduras, y otras estructuras particulares.

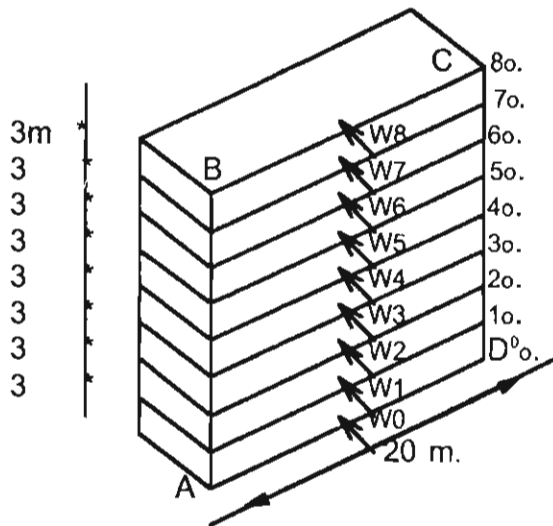
El reglamento contempla el caso en que la estructura tenga aberturas importantes, donde se originen presiones y succiones internas adicionales.

También el reglamento recomienda que la velocidad

del viento a una altura igual o menor que 10 m, no se tome me
nos de 80 km/h. A partir de los 10 m, como se indicó anterior-
mente se considera que la velocidad del viento es proporcional
a la raíz cúbica de la altura sobre el terreno.

En el ejemplo 3.1 se ilustra el cálculo de las fuerz
as debidas al viento en un edificio alto rango el Reglamento
del Distrito Federal.

EJEMPLO 3.1 FUERZAS DEBIDAS A PRESION DEL VIENTO EN UN EDIFICIO ALTO.



Determinar las fuerzas del viento debidas a la presión del viento sobre el muro ABCD que actuan al nivel de cada piso. Suponer un diagrama de presiones simplificado.

$V = 80 \text{ km/h}$ a una altura de 10 m.

$V = kh^{1/3}$ (según Reglamento D.F.)

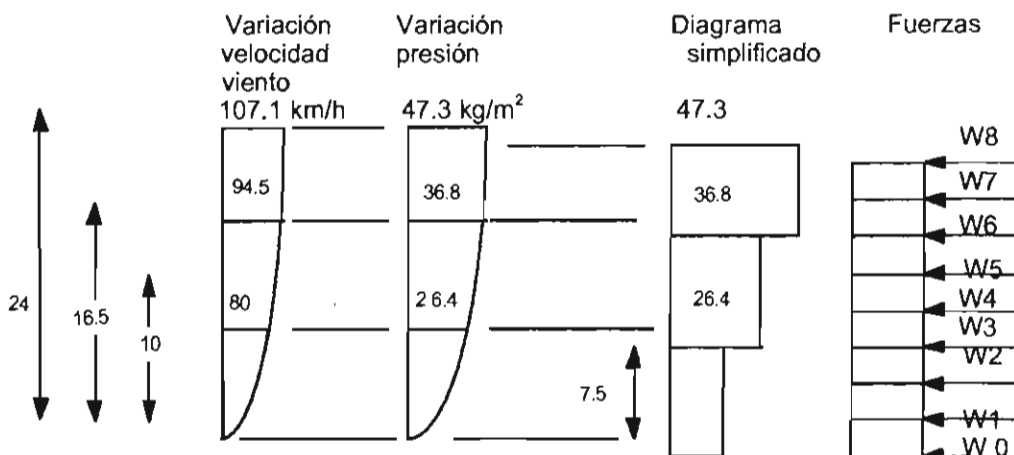
Para $h = 10 \text{ m}$, $V = 80 \text{ km/h}$

$\therefore K = \frac{V}{h^{1/3}} = \frac{80}{10^{1/3}} = 37.13$



Presión : $p = 0.0055 \times c \times V^2$

$c = 0.75$ Coeficiente de empuje del lado de barlovento para muros verticales.



EJEMPLO 3.1 (Continuación)

Cálculo de fuerzas

W0 =	26.4 x 20 x 1.5 =	792 kg
W1 =	26.4 x 20 x 3.0 =	1584
W2 =	26.4 x 20 x 3.0 =	1584
W3 =	36.8 x 20 x 3.0 =	2203
W4 =	36.8 x 20 x 3.0 =	2203
W5 =	36.8 x 20 x 3.0 =	2203
W6 =	47.3 x 20 x 3.0 =	2838
W7 =	47.3 x 20 x 3.0 =	2838
W8 =	47.3 x 20 x 1.5 =	1419

Observaciones

Para facilidad de cálculo los tramos del diagrama simplificado se escogieron de manera que sus límites coincidieran con los puntos medios de entrepiso, que definen las alturas tributarias de cada nivel. En el tramo inferior se consideró la presión correspondiente a 80 km/h, que según el Reglamento del Distrito Federal debe conservarse constante en los diez metros inferiores de las estructuras. Conservadoramente la altura de este tramo se limitó a 7.5 m. Evidentemente, pueden obtenerse resultados más ajustados a la variación teórica de las presiones el viento a expensas de cálculos algo más laboriosos.

El efecto de la succión en la fachada de sotavento podría considerarse simultáneamente con el efecto de la presión tomando $c = 1.43$, ya que el coeficiente dado para succión en muros verticales es 0.68 en valor absoluto según el Reglamento del Distrito Federal.

3.2.4 Análisis simplificado de los efectos del viento

Las acciones debidas a viento propuestas deben utilizarse para verificar que las acciones internas producidas por ellas en los miembros de la estructura son inferiores a las que estas pueden resistir con una seguridad adecuada. También debe comprobarse que el momento de volteo debido al viento es inferior a $2/3$ partes del momento resistente a volteo debido a carga muerta a no ser que se proporcione un anclaje que resista el momento excedente. Por último si la resistencia al resbalamiento debida a fricción es insuficiente para resistir la fuerza del viento deberá preverse un anclaje apropiado. Además de garantizar que la estabilidad y la resistencia general de la estructura son adecuadas es necesario comprobar que la resistencia de los elementos de sujeción de los materiales de revestimiento de los muros y la cubierta sea suficiente para soportar convenientemente la acción de succión, que tiende a desprenderlos de la estructura. Un problema común en los techos ligeros es la falla de los elementos de unión entre los elementos estructurales del techo y los muros por efecto de la succión sobre el techo.

Se presentan en esta sección procedimientos simplificados para la cuantificación de los efectos del viento aplicables a estructuras de alturas menores de 10 m. Los métodos propuestos están basados en las especificaciones del Reglamento del Distrito Federal reseñadas en la sección anterior y en las recomendaciones del American National Standards Institute

(ANSI At8.1-1981, "Minimum Design toads for Buildings and Other Structures).

Siguiendo las indicaciones del Reglamento del Distrito Federal se tomará 80 km/h como velocidad del viento. (En zonas costeras con vientos fuertes deben considerarse velocidades mayores.) En estructuras que presentan una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento, tales como bardas, anuncios y parapetos, la velocidad del viento debe incrementarse multiplicando por un factor de ráfaga igual a 1.3. Esto se hace para tomar en cuenta el efecto de las turbulencias que se presentan en este tipo de estructuras.

Para calcular la presión o succión sobre una superficie de una estructura se utiliza la siguiente expresión:

$$p = q C_p \qquad q = .01 V^2 \qquad (3.6)$$

donde: p = presión en kg/m²

q = coeficiente

C_p = coeficiente de presión

V = velocidad del viento en km/h.

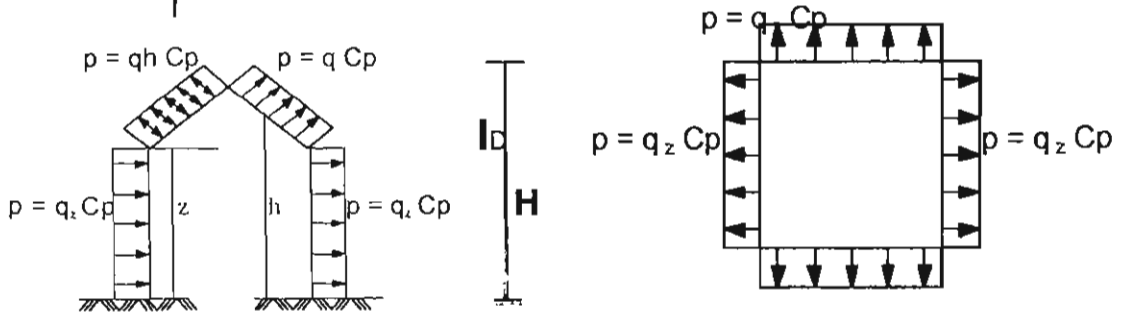
Sustituyendo lo anterior se tiene

$$p = .01 C_p V^2 \qquad (3.7)$$

Nótese la semejanza entre las ecuaciones (3.7) y (3.3) donde $k_1 = 0.01$ y $k_2 = C_p$

La aplicación del método propuesto se resume en la figura 3.21. En los ejemplos 3.2 a 3.5 se ilustran algunas aplicaciones típicas.

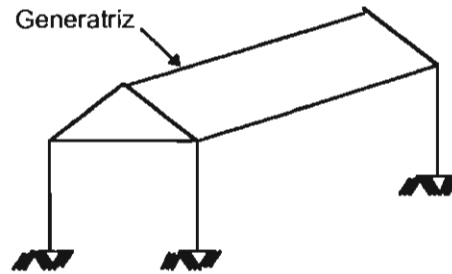
$p = q C_p$; $q \rightarrow q^2$: para superficie de barlovento y sotavento = $\frac{0.01 V^2}{h}$
 qh : para techos
 C_p : coeficiente de presión (ver cuadro).



ELEVACION
 C_p — positivo : presión
 / negativo : succión

COEFICIENTE DE PRESION C_p

Superficie	C_p
Barlovento	+ 0.72
Sotavento	- 0.66
Lateral	- 1.68



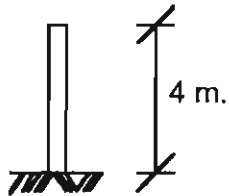
COEFICIENTE DE PRESION C_p

Dirección del viento	BARLOVENTO									SOTAVENTO
	D/H	ANGULO θ , EN GRADOS								
		0	10	20	30	40	50	60	≥ 70	
Normal a la generatriz	≥ 0.3	-1.68	-1.31	-0.94	-0.58	-0.38	+0.38	+0.54	+0.72	-0.66
	0.5	-1.68	-0.83	-0.56	-0.35	-0.32	+0.43	+0.60	+0.72	
	1.0	0	+0.38	+0.38	+0.38	+0.40	+0.58	+0.72	+0.72	
Paralelo a la generatriz		- 1.68								-0.66

- Se puede aplicar interpolación lineal para D/H y para θ .
- El ángulo C_p , jamás deberá tener un valor menor en valor absoluto a 0.29; en caso de ser menor, de aplicará el más desfavorable de ± 0.29 .
- Cuando el porcentaje de aberturas n , de alguna de las paredes de la construcción en el nivel que se analiza, sea mayor de 30% del área expuesta, para todas las paredes, el coeficiente C_p , será. $C_p = C_p \pm 0.3$; tomándose el más desfavorable.

FIG. 3.21 CUANTIFICACION DE LOS EFECTOS DEL VIENTO.

EJEMPLO 3.2 ACCION DEL VIENTO SOBRE UNA BARDA.



Obtener la fuerza por metro lineal de muro debida al empuje del viento. Utilizar las reglas simplificadas de la sección 3.2.4

EMPUJE DEL VIENTO POR M² SOBRE UN PLANO VERTICAL

$$p = 0.01 C_p V^2$$

Para presión: $C_p = + 0.72$

Para succión: $C_p = - 0.66$

combinando presión y succión

$$C_p = 0.72 + 0.66 = 1.38$$

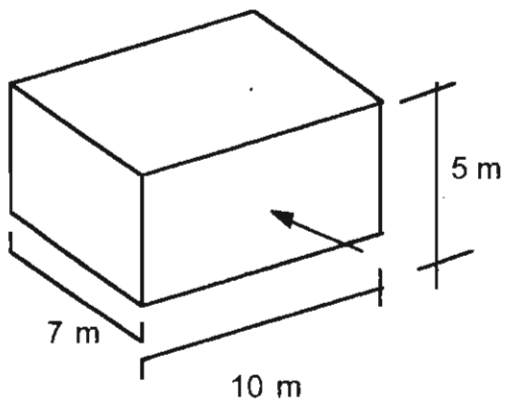
$$p = 0.01 \times 1.38 \times 80^2 = 88.3 \text{ kg/m}^2$$

$$F = 88.3 \times 4 = 353.2 \text{ kg/m}$$

$$F = 353.2 \times 1.3 = 459.2 \text{ kg/m.}$$

Puesto que las acciones de presión y succión actúan en el mismo sentido, se combinan con el mismo signo.

El factor de ráfaga de 1.3 se utiliza pues se trata de una barda.

EJEMPLO 3.3**PRESIONES Y SUCCIONES SOBRE LOS MUROS Y TECHO DE UN EDIFICIO DE TECHO PLANO.**

Encontrar las presiones o succiones que se originan por el empuje del viento en la dirección mostrada. Utilizar las reglas simplificadas de la sección 3.2.4

Superficie de barlovento

$$p = 0.01 C_p V^2 = 0.01 \times 0.72 \times 80^2 = 46.1 \text{ presión}$$

Superficie de sotavento

$$p = 0.01 \times -0.66 \times 80^2 = -42.2 \text{ kg/m}^2 \text{ succión}$$

Superficies laterales

$$p = 0.01 \times -1.68 \times 80^2 = 107.5 \text{ kg/m}^2 \text{ succión}$$

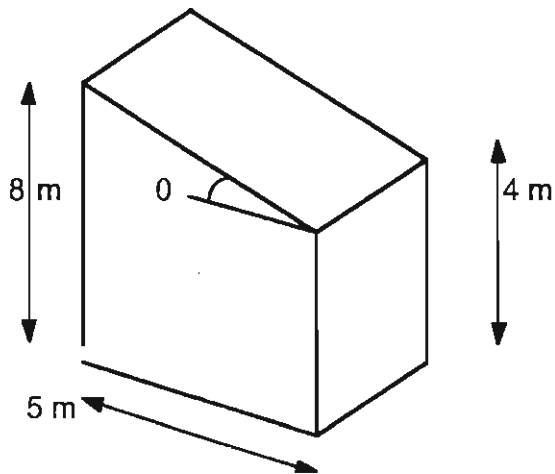
Superficie de techo

$$0 = 0 ; D/H = 0$$

$$p = 0.01 \times -1.68 \times 80^2 = 107.5 \text{ kg/m}^2 \text{ succión}$$

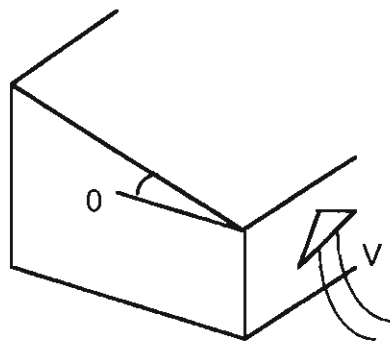
EJEMPLO 3.4

CALCULO DEL EFECTO DEL VIENTO
SOBRE UN TECHO DE AGUA



Encontrar las presiones o succiones en el techo de la estructura, considerando todas las direcciones posibles del viento.

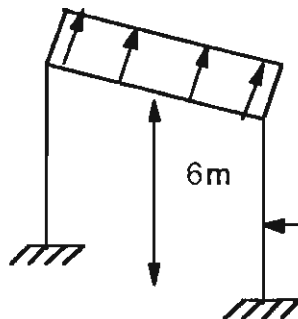
Direccion 1 del viento



Se tiene

$$\theta = \Delta \tan^{-1} = \frac{8 - 4}{5} = 38.70^\circ$$

$$D/H = \frac{4}{8} = 0.05$$



$$C_p = \begin{cases} 30^\circ = -0.35 \\ 40^\circ = -0.32 \end{cases} \xrightarrow{38.7^\circ} C_p = -0.346$$

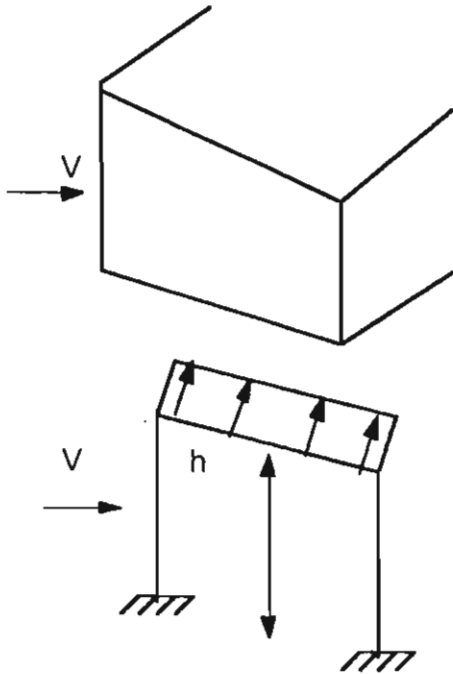
$$q_h = 0.01 V^2 = 0.01 (80)^2 = 64$$

$$p = q_h C_p = 64 (-0.346) = -22.14 \text{ kg/m}^2$$

succión

EJEMPLO 3.4 (continuacion)

Dirección 2 del viento



Para viento normal a la generatriz
y la superficie de sotavento, se
tiene

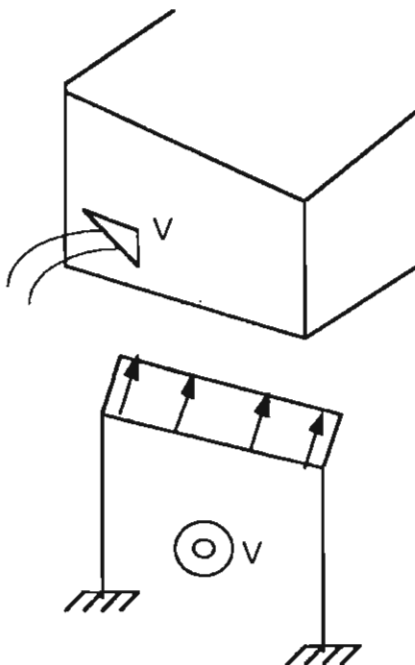
$$C_p = -0.66$$

$$q_h = 0.01 V^2 = 64$$

$$\rightarrow p = 64 (-0.66) = -42.24 \text{ kg/m}^2$$

succión

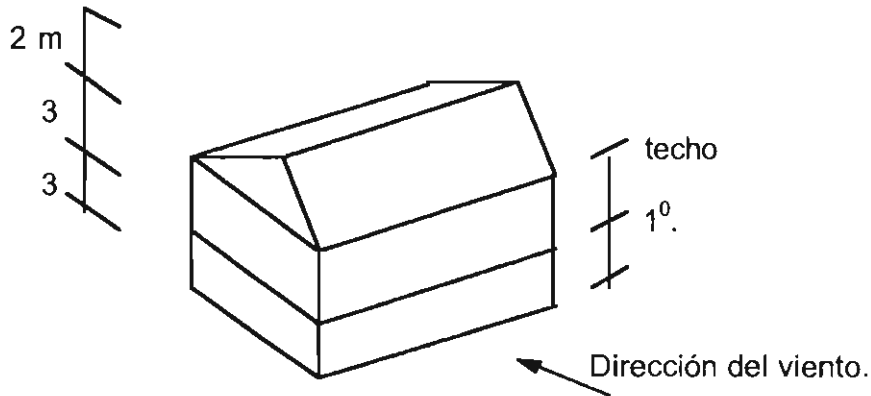
Dirección 3 del viento



$$C_p = -1.68$$

$$q_h = 0.01 V^2 = 64$$

$$p = 64 (-1.68) = -107.52 \text{ kg/m}^2$$

EJEMPLO 3.5**DETERMINACION DE LAS FUERZAS DEBIDAS A VIENTO PARA EL ANALISIS DE LA ESTABILIDAD Y LA RESISTENCIA GENERAL DE UNA ESTRUCTURA**

Encontrar la fuerzas por metro lineal debidas a viento actuando a la altura del primer nivel y del techo. Considerar el viento en la dirección indicada. Utilizar las reglas simplificadas de la sección 3.2.4..

EMPUJE DEL VIENTO POR M² SOBRE UN PLANO VERTICAL

$$p = 0.01 C_p V^2 \quad (3.7)$$

Para presión: $C_p = + 0.72$ Fig. 3.21

Para succión: $C_p = -0.66$

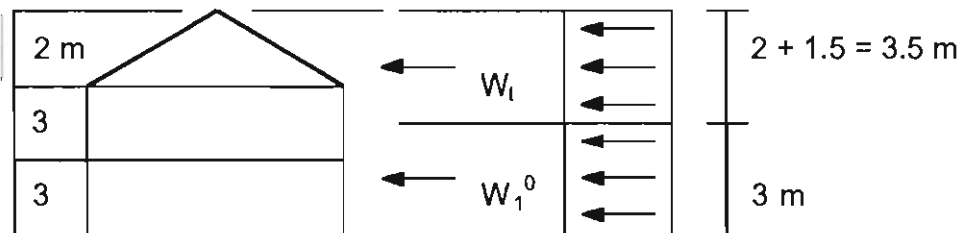
Combinando presión y succión:

$$C_p = 0.72 - 0.66 = 1.38$$

$$p = 0.01 \times 1.38 \times 80^2 = 88.3 \text{ kg/m}^2$$

EJEMPLO 3.5 (Continuación)

CALCULO DE LAS FUERZAS POR m^l A LA ALTURA DEL PRIMER NIVEL Y DEL TECHO.



$$W_t = 88.3 \times 3.5 = 309.1 \text{ Kg/m}$$

$$W_1^0 = 88.3 \times 3 = 264.9 \text{ Kg/m}$$

OBSERVACIONES

En muchos casos resulta conveniente combinar la succión con la presión. Como las dos acciones obran en el mismo sentido deben considerarse con el mismo signo. Este ha sido el criterio seguido en el ejemplo

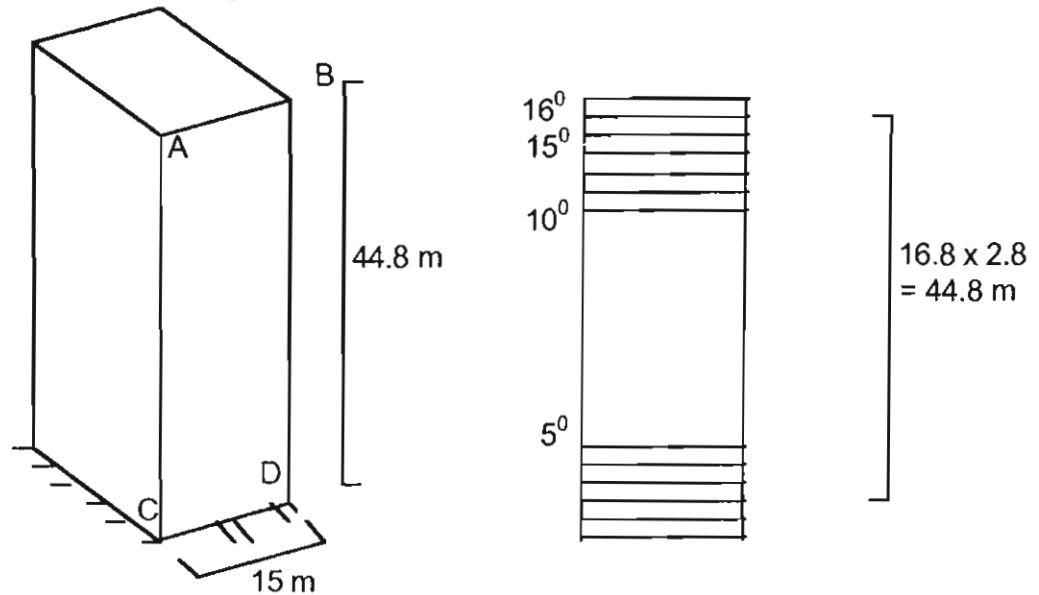
Para el calculo de las fuerzas a utilizar en un análisis de los efectos del empuje horizontal del viento, es frecuente suponer que este empuje actúa sobre la proyección horizontal del edificio.

EJEMPLO 3.5 (Continuación)

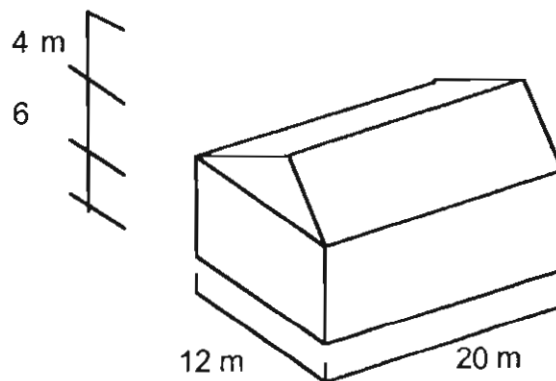
Las fuerzas suelen considerarse concentradas al nivel de los pisos y de la intersección del techo con el muro. la carga por metro lineal a estas alturas se obtiene multiplicando el empuje por m^2 por la altura tributaria de cada nivel. Para techos inclinados se considera la proyección del techo sobre un plano vertical.

No es necesario tomar en cuenta el empuje del viento que actúa sobre la mitad inferior de la planta baja, puesto que éste se transmite directamente a la cimentación.

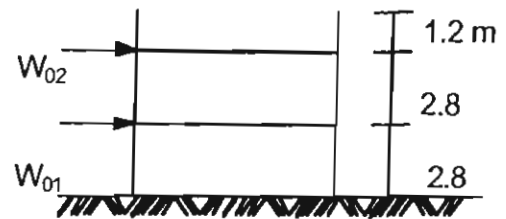
Ejercicio 3.3. Determinar las fuerzas de para el muro ABCD del edificio del croquis, según el Reglamento del Distrito Federal. Calcular las fuerzas del viento en cada piso. Tomar la velocidad del viento igual a 80 km/h.



Ejercicio 3.4. Calcular la intensidad y la distribución de las presiones y succiones debidas al viento que deben considerarse para diseñar el edificio con techo de dos aguas mostrado en el croquis. Tomar la velocidad del viento igual a 80 km/h.



Ejercicio 3.5 Calcular las fuerzas por metro lineal que la presión del viento ejerce sobre el edificio del croquis. Tomar la velocidad del viento igual a 80 km/h. Utilizar el método simplificado.



Diseño estructural

Unidad 3

Acciones sobre las estructuras:

Sismos y vientos

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. 2893195

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.3

2893195
Robles F. V., Francisco
Diseno estructural / Fran



División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Departamento de Materiales

Coordinación de Extensión Universitaria
Sección de Producción y Distribución Editoriales

0092101 05749



18.00 - \$ 18.00