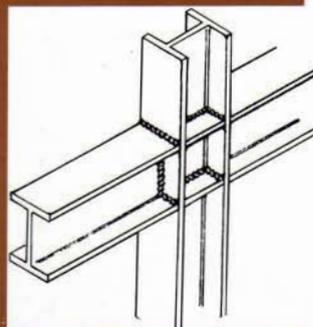
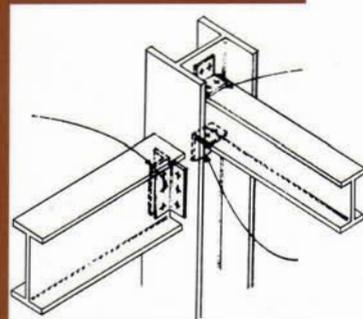
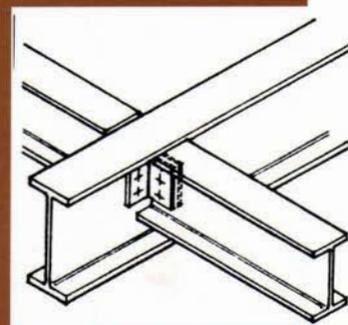


# GUÍA DE CONSTRUCCIÓN ILUSTRADA



**CHING • ADAMS**

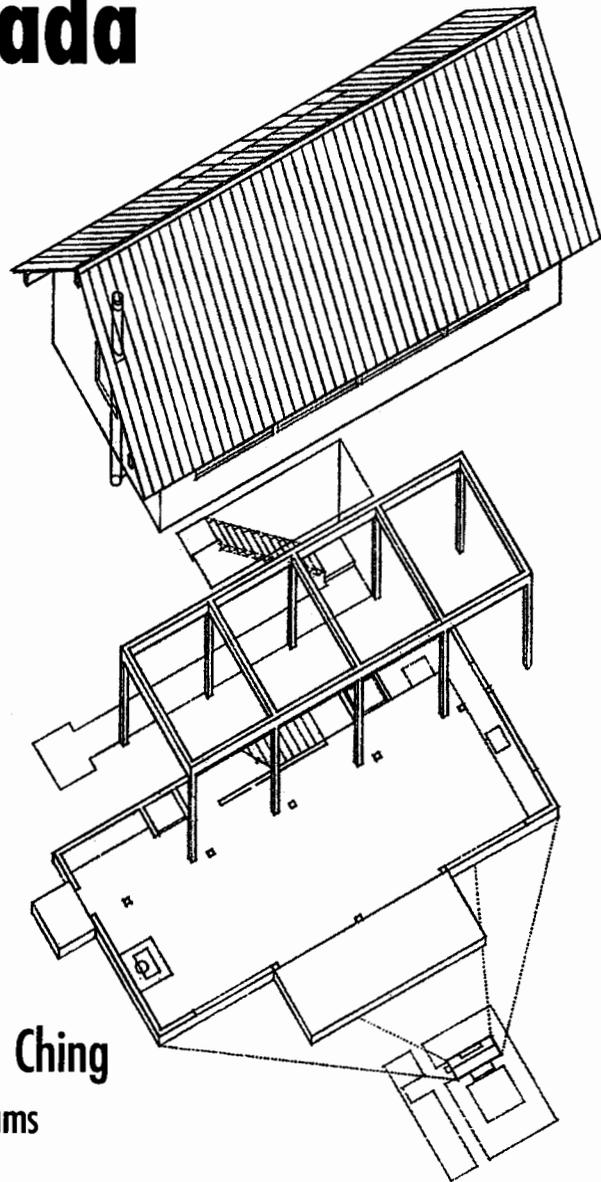
LIMUSA WILEY

---

# Guía de construcción ilustrada



www.ARQUIFUTURA.com



Francis D. K. Ching  
y Cassandra Adams

LIMUSA WILEY

---

Ching, Francis

*Guía de la construcción ilustrada* = Building construction illustrated / Francis Ching. -- México : Limusa wiley, 2008.  
456 p. : il. , fot.; 27.5 X 21 cm.  
ISBN-13 : 978-968-18-6292- 3  
Rústica.

**1. Construcción**

I. Adams, Cassandra, coaut. II. Arrijo Juárez, Raul, tr.

Dewey: 691 | 22 / C5397g

LC: TH146

TRADUCCIÓN AUTORIZADA DE LA EDICIÓN EN INGLÉS,  
PUBLICADA POR JOHN WILEY & SONS, LTD., CON EL TÍTULO:  
**BUILDING CONSTRUCTION ILLUSTRATED**

© JOHN WILEY & SONS.

NUEVA YORK, CHICHESTER, BRISBANE, SINGAPORE, AND  
TORONTO. NINGUNA PARTE DE ESTE LIBRO PODRÁ SER  
REPRODUCIDA DE NINGUNA FORMA SIN LA AUTORIZACIÓN POR  
ESCRITO DE JOHN WILEY & SONS, INC.

© EDITORIAL LIMUSA, S.A. AND JOHN WILEY & SONS, (HK) LTD.

COLABORADOR EN LA TRADUCCIÓN:

**RAÚL ARRIJO JUÁREZ**

INGENIERO CIVIL POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO. MASTER OF SCIENCE DE LA UNIVERSIDAD DE  
CALIFORNIA, BERKELEY, ESTADOS UNIDOS. DOCTOR EN  
HIDRÁULICA POR LA UNIVERSIDAD DE SAO PAULO, BRASIL.  
PROFESOR ASOCIADO "C" EN LA ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA, CULHUACÁN, MÉXICO.

REVISIÓN:

**ÁLVARO SÁNCHEZ GÓMEZ**

DOCTOR EN ARQUITECTURA POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO. PROFESOR DE TIEMPO COMPLETO EN  
LA FACULTAD DE ARQUITECTURA.

LA PRESENTACIÓN Y DISPOSICIÓN EN CONJUNTO DE

**GUÍA DE CONSTRUCCIÓN ILUSTRADA**

SON PROPIEDAD DEL EDITOR. NINGUNA PARTE DE ESTA OBRA  
PUEDE SER REPRODUCIDA O TRANSMITIDA, MEDIANTE NINGÚN  
SISTEMA O MÉTODO, ELECTRÓNICO O MECÁNICO (INCLUYENDO  
EL FOTOCOPIADO, LA GRABACIÓN O CUALQUIER SISTEMA DE  
RECUPERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN), SIN  
CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL EDITOR.

DERECHOS RESERVADOS:

© 2008, EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V.  
GRUPO NORIEGA EDITORES  
BALDERAS 95, MÉXICO, D.F.

C.P. 06040

5130 0700

5512 2903

limusa@noriega.com.mx

www.noriega.com.mx

CANIEM Núm. 121

HECHO EN MÉXICO

ISBN-13: 978-968-18-6292-3

2.1



**Prefacio**

- 1 • EL SITIO DE CONSTRUCCIÓN**
- 2 • EL EDIFICIO**
- 3 • SISTEMAS DE CIMENTACIÓN**
- 4 • SISTEMAS DE PISO**
- 5 • SISTEMAS DE MUROS**
- 6 • SISTEMAS DE TECHOS**
- 7 • PROTECCIÓN CONTRA LA HUMEDAD Y PROTECCIÓN TÉRMICA**
- 8 • PUERTAS Y VENTANAS**
- 9 • CONSTRUCCIÓN ESPECIAL**
- 10 • ACABADOS**
- 11 • SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS**
- 12 • NOTAS SOBRE MATERIALES**
- A • APÉNDICE**

**Bibliografía**

**Índice**

---

## PREFACIO

---

Esta guía ilustrada dirigida a estudiantes y arquitectos presenta los principios fundamentales que rigen la construcción de edificios. Se trata de una introducción completa, con material gráfico de gran calidad.

La organización del material coincide con las etapas principales del proceso de diseño arquitectónico, desde la selección del sitio, los materiales de construcción y sistemas mecánicos, hasta los acabados.

En los casos en que ha sido pertinente, se tuvieron en cuenta los lineamientos de la *Americans with Disabilities Act* (ADA), ley que establece la importancia de considerar las necesidades de las personas con discapacidad para el diseño de edificios públicos y para uso residencial. En relación con la ley mencionada, así como en lo que se refiere a cualquier reglamento o disposición aplicable en Estados Unidos, se recomienda apearse a los ordenamientos de cada país en particular.

Sería casi imposible cubrir todos los materiales y técnicas de construcción, pero la información presentada es aplicable a la mayoría de las situaciones actuales de construcción de residencias y construcción comercial. Las técnicas de construcción siguen ajustándose al desarrollo de nuevos materiales, productos y estándares de construcción; lo que no cambia son los principios fundamentales que sustentan la construcción de edificios. Esta guía ilustrada enfoca estos principios que pueden servir como puntos de referencia cuando se evalúa y aplica nueva información en la planificación, el diseño y la construcción de un edificio.

Cada elemento, componente o sistema de construcción se describe en términos de su uso final. La forma, calidad, capacidad y disponibilidad específicas de un elemento o de un componente varía según el fabricante y la localidad. Por lo tanto, es importante seguir siempre las recomendaciones de la fábrica para el uso de un material o de un producto y poner especial atención a los requerimientos del reglamento de construcciones en vigor para el uso y la ubicación de un edificio. El lector debe evaluar y juzgar si la información contenida en este manual es adecuada para un propósito específico. Se recomienda buscar el consejo experto de un profesional cuando sea necesario.

### Equivalentes del sistema métrico decimal

El Sistema Internacional de Unidades (SI) es un sistema de unidades físicas coherentes que es aceptado prácticamente en todo el mundo; emplea el metro, el kilogramo, el segundo, el amperio, el kelvin y la candela como unidades básicas de longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura e intensidad luminosa, respectivamente. Para que el lector pueda manejar con soltura el SI y el sistema inglés, se suministran los equivalentes respectivos a lo largo de la obra con las siguientes convenciones:

- Las dimensiones de 3 pulgadas y mayores se redondean al múltiplo más cercano de 5 milímetros.
  - Las dimensiones nominales se convierten directamente; por ejemplo, un 2 × 4 nominal se convierte a 51 × 100 mm, aun cuando sus dimensiones reales de 1½" × 3½" se convertirían a 38 × 90 mm.
  - Observe que 3487 mm = 3.487 m.
  - En todos los demás casos, se especifican las unidades de medición métricas e inglesas que corresponden.
  - En el apéndice se proporcionan los factores de conversión.
-

---

# 1

## EL SITIO DE CONSTRUCCIÓN

- 1.02 La construcción en su contexto urbano
- 1.03 Análisis del sitio
- 1.04 Suelos
- 1.05 Mecánica de suelos
- 1.06 Topografía
- 1.08 Vegetación
- 1.09 Árboles
- 1.10 Radiación solar
- 1.12 Diseño solar pasivo
- 1.14 Protección solar
- 1.15 Iluminación diurna
- 1.16 Precipitación pluvial
- 1.17 Drenaje del sitio
- 1.18 Viento
- 1.19 Sonido y vistas
- 1.20 Factores reguladores
- 1.21 Reglamento de zonificación
- 1.22 Acceso y circulaciones del sitio
- 1.23 Circulación de peatones
- 1.24 Circulación de vehículos
- 1.25 Estacionamiento de vehículos
- 1.26 Protección de taludes
- 1.27 Muros de contención
- 1.30 Pavimentos
- 1.32 Información de la obra
- 1.34 Descripción del sitio



Los edificios no existen en forma aislada. Se conciben para albergar y sustentar una gama de actividades humanas como respuesta a necesidades socioculturales, económicas y políticas, y se levantan en ambientes naturales y artificiales que restringen y al mismo tiempo ofrecen oportunidades de desarrollo. Por lo tanto, deberán tenerse en cuenta las fuerzas ambientales que presenta el sitio de construcción para la planificación del diseño y de la construcción.

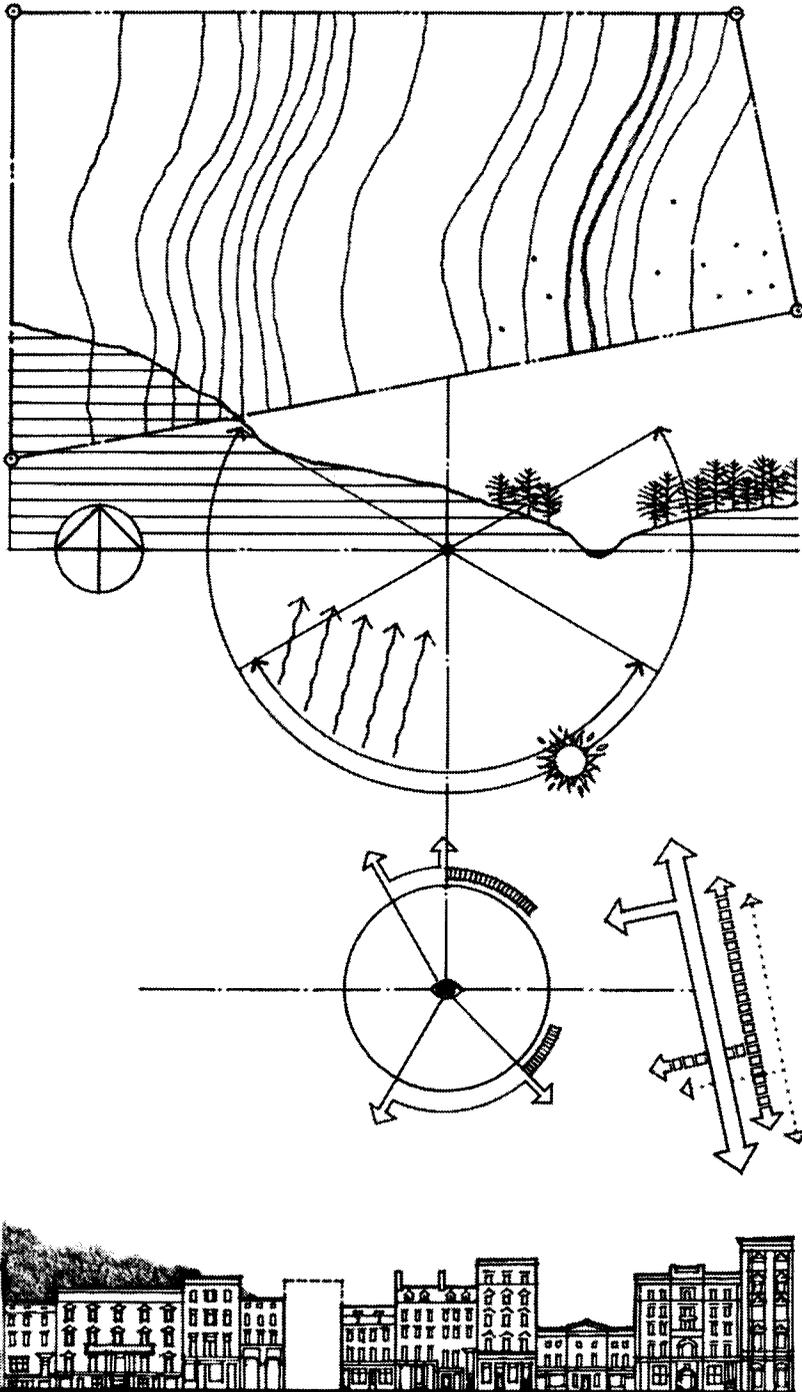
La topografía, la vegetación y el microclima de un sitio influyen todos en las decisiones de construcción desde las primeras etapas del proceso de diseño. Para garantizar la comodidad humana, así como para conservar energía y recursos, el diseño responsable respeta las cualidades autóctonas de un sitio, adapta la forma y disposición de un edificio al paisaje y toma en consideración la trayectoria del sol, el embate del viento y el flujo de agua en el terreno.

Además de las fuerzas ambientales, existen las fuerzas reguladoras del reglamento de zonificación. Este reglamento prescribe los usos y las actividades aceptables del sitio de construcción, al tiempo que limita el tamaño y la forma de la masa del edificio y su ubicación en el sitio.

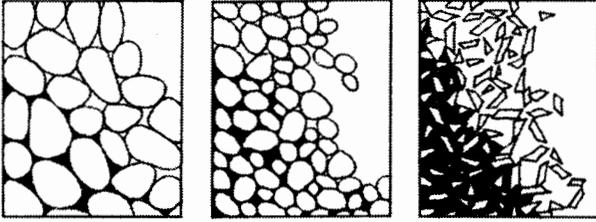
Así como los factores ambientales y reglamentarios influyen en dónde y cómo se construye un edificio, la construcción y el uso de un edificio imponen inevitablemente una demanda sobre los sistemas de transporte, servicios públicos y otros servicios. Una interrogante fundamental es qué volumen de construcción puede sustentar un sitio sin sobrepasar la capacidad de estos sistemas de servicios o sin causar efectos dañinos al medio ambiente. Además de la alteración del uso del suelo, la construcción de un edificio afecta al medio ambiente por el uso de energía y por el consumo de materiales. Construir solamente lo indispensable es un primer paso necesario para reducir la cantidad de recursos que demanda el proyecto.

La consideración de estas fuerzas contextuales, así como los elementos de planificación de la obra que modifican un sitio en lo que respecta al acceso y al uso, comienza con un análisis cuidadoso como se esboza a continuación.

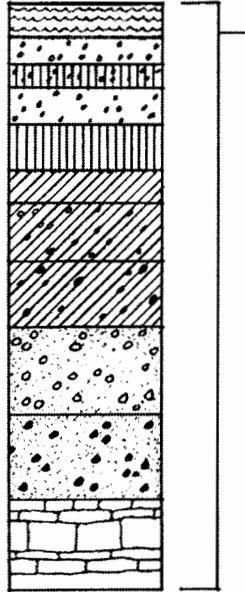
El análisis del sitio (terreno) es el proceso de estudiar las fuerzas contextuales que influyen en la ubicación del edificio, su disposición y la orientación de sus espacios, la forma y articulación de su recinto y el establecimiento de su relación con el paisaje. Cualquier levantamiento del sitio comienza con la recopilación de datos físicos del terreno.



- Dibujar el área y la forma del terreno, como lo definen sus linderos oficiales.
- Indicar las salientes requeridas y los derechos de paso y de vía existentes.
- Estimar el área y el volumen que se requieren para el programa de construcción, los servicios de infraestructura y la expansión futura, si se desea o requiere.
- Analizar las pendientes del terreno y las condiciones del subsuelo para ubicar las áreas adecuadas para la construcción y para las actividades al aire libre.
- Identificar las pendientes pronunciadas y moderadas que puedan ser inadecuadas para la construcción.
- Ubicar las áreas del suelo que sean adecuadas para usarse como campo de drenado (absorción), si es aplicable.
- Trazar un mapa de los patrones de drenaje existentes.
- Determinar la elevación del nivel freático.
- Identificar las áreas sujetas a un escurrimiento directo excesivo debido a agua superficial, inundación o erosión.
- Localizar los árboles existentes y la vegetación natural que deben preservarse.
- Registrar en gráficas las características hidráulicas existentes, como los pantanos, las corrientes, las cuencas colectoras, las planicies de inundación, o las riberas que deben protegerse.
- Trazar un mapa de las condiciones climáticas: la trayectoria del sol, la dirección de los vientos dominantes y la cantidad esperada de precipitación pluvial.
- Considerar el impacto de la geomorfología y de las estructuras adyacentes sobre iluminación, los vientos dominantes y el potencial de fulgor o deslumbramiento.
- Evaluar la radiación solar como una fuente potencial de energía.
- Determinar los puntos posibles de acceso desde las carreteras públicas y paraderos de transporte público.
- Estudiar las trayectorias posibles de circulaciones para peatones y vehículos desde los puntos de acceso hasta las entradas de los edificios.
- Confirmar la disponibilidad de los servicios públicos: tuberías maestras de agua, drenajes sanitario y pluvial, tuberías para gas, líneas de energía eléctrica, líneas telefónicas y televisión por cable, hidrantes para incendio.
- Determinar la disponibilidad de otros servicios municipales, como policía y bomberos.
- Identificar el alcance de vistas deseables, así como de vistas indeseables.
- Citar las fuentes potenciales de congestionamiento y de ruido.
- Evaluar la compatibilidad de usos de suelo adyacentes existentes y propuestos.
- Tomar en consideración cómo la escala existente y el carácter del vecindario o del área puedan afectar al diseño del edificio.
- Trazar un mapa de la proximidad de instalaciones públicas, comerciales, médicas y recreativas (equipamiento urbano).



• Grava • Arena • Arcilla



Existen dos amplias clases de suelos: suelos de grano grueso y suelos de grano fino. Los suelos de grano grueso incluyen grava y arena, que constan de partículas relativamente grandes visibles a simple vista; los suelos de grano fino, como el limo y la arcilla, constan de partículas mucho más pequeñas. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de la American Society for Testing and Materials (ASTM) divide aún más las gravas, las arenas, los limos y las arcillas en tipos de suelo con base en su composición física y en sus características. Véase la tabla en la parte inferior.

El suelo que subyace a un sitio de construcción consiste en capas superpuestas, cada una de las cuales contiene una mezcla de tipos de suelo, desarrollados por el intemperismo o el depósito. Para ilustrar esta sucesión de capas o estratos denominados "horizontes", los ingenieros en geotecnia dibujan un perfil del suelo, un diagrama de una sección vertical del suelo desde la superficie del terreno hasta el material subyacente, utilizando información recolectada de un pozo de prueba o de una perforación que produzca muestras inalteradas.

La integridad de la estructura de un edificio depende finalmente de la estabilidad y de la resistencia bajo condiciones de carga del suelo o de la roca que subyace a la cimentación. La estratificación, la composición y la densidad del lecho de suelo, las variaciones del tamaño de partícula y la presencia o la ausencia de agua subterránea son todos factores críticos para determinar si un suelo es adecuado como material de cimentación. Cuando se diseña cualquier construcción que no sea una casa habitación unifamiliar, es aconsejable hacer que un ingeniero en geotecnia lleve a cabo una investigación subsuperficial.

Una investigación subsuperficial incluye el análisis y el ensayo de suelo expuesto por la excavación de un pozo de prueba de hasta 3 m (10') de profundidad o por perforaciones de prueba más profundas con objeto de conocer la estructura del suelo, su resistencia a la fuerza cortante y resistencia a la compresión, su contenido de agua y permeabilidad, y el grado esperado y la velocidad de consolidación bajo condiciones de carga. A partir de esta información, el ingeniero en geotecnia está en condiciones de estimar los asentamientos total y diferencial anticipados bajo condiciones de carga causados por el sistema de cimentación propuesto.

Clasificación del suelo*	Símbolo	Descripción	Capacidad de carga presuntiva†		Susceptibilidad a la acción de las heladas	Permeabilidad y drenado		
			lb/pie <sup>2</sup> ‡	kPa				
<b>Gravas</b> 6.4–76.2 mm	Gravas limpias	GW	Grava bien graduada	10 000	479	Ninguna	Excelentes	
		GP	Grava mal graduada	10 000	479	Ninguna	Excelentes	
	Gravas con finos	GM	Grava limosa	5 000	239	Ligera	Malos	
		GC	Grava arcillosa	4 000	192	Ligera	Malos	
<b>Arenas</b> 0.05–6.4 mm	Arenas limpias	SW	Arena bien graduada	7 500	359	Ninguna	Excelentes	
		SP	Arena mal graduada	6 000	287	Ninguna	Excelentes	
	Arenas con finos	SM	Arena limosa	4 000	192	Ligera	Buenos	
		SC	Arena arcillosa	4 000	192	Media	Malos	
<b>Limos y arcillas</b> 0.002–0.05 mm < 0.002 mm	LL > 50 <sup>§</sup>	ML	Limo inorgánico	2 000	96	Muy alta	Malos	
		CL	Arcilla inorgánica	2 000	96	Media	Impermeable	
	LL < 50 <sup>§</sup>	OL	Limo-arcilla inorgánico			Muy mala	Alta	Impermeable
		MH	Limo inorgánico elástico	2 000	96	Muy alta	Malos	
		CH	Arcilla plástica inorgánica	2 000	96	Media	Impermeable	
<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Pt	Turba			Muy mala	Media	Impermeable	
					No es adecuada	Ligera	Malos	

\* Basado en el sistema unificado de clasificación de suelos de la ASTM.

† Consultar a un ingeniero en geotecnia y el reglamento de construcciones sobre las capacidades de carga permisibles.

‡ 1 lb/pulg<sup>2</sup> = 0.0479 kPa.

§ LL = límite líquido: el contenido de agua, expresado como un porcentaje del peso seco, con el cual un suelo pasa del estado plástico al líquido.

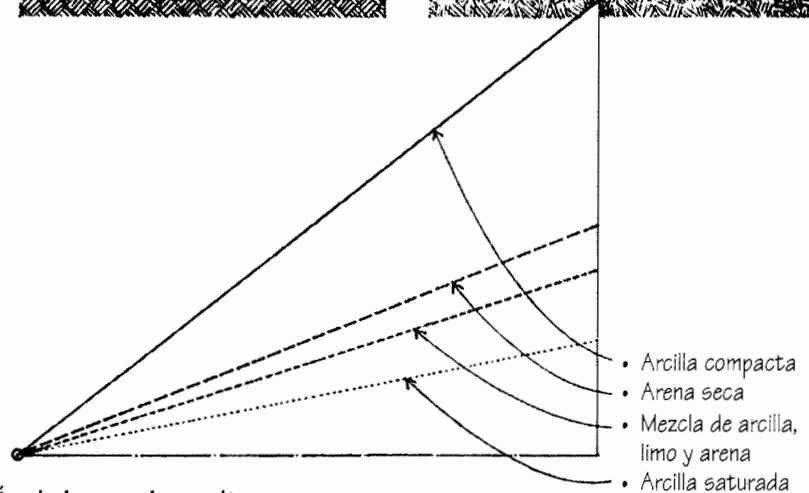
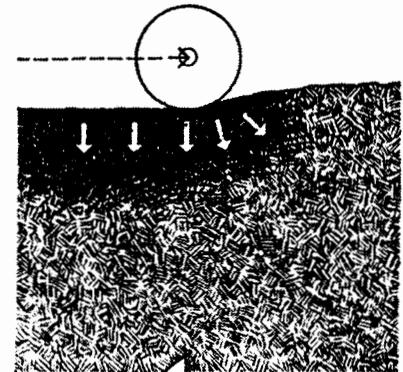
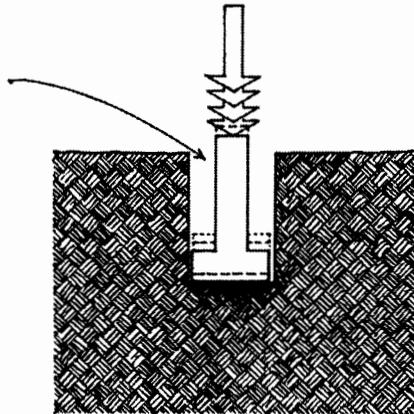
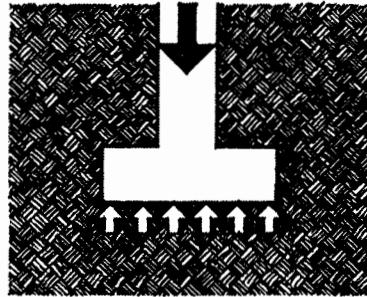
La capacidad de carga permisible de un suelo es la presión unitaria máxima que se permite que un cimiento imponga en sentido vertical o lateral sobre la masa del suelo. En ausencia de una investigación y un ensayo geotécnicos, el reglamento de construcciones permite el uso de valores conservadores de capacidad de carga para diferentes clasificaciones de suelo. Mientras que los suelos de alta capacidad de carga presentan pocos problemas, los suelos de baja capacidad de carga pueden dictar el uso de un cierto tipo de cimentación y de un cierto tipo de patrón de distribución de carga y, en ciertos casos, la forma y disposición de un edificio.

La densidad es un factor crítico en la determinación de la capacidad de carga de los suelos granulares. La prueba estándar de penetración mide la densidad de los suelos granulares y la consistencia de algunas arcillas en el fondo de una perforación barrenada, registrando el número de impactos que se requieren para que un martillo haga avanzar a un muestreador estándar de suelo. En algunos casos, la compactación mediante rodillos, apisonamiento o humedecimiento para alcanzar el contenido óptimo de humedad puede aumentar la densidad de un lecho de suelo.

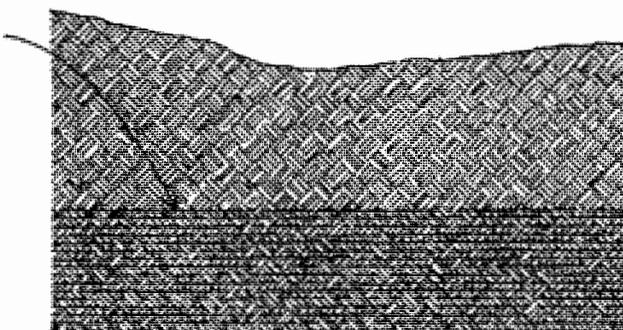
Los suelos de grano grueso tienen un porcentaje de espacios vacíos relativamente bajo y son más estables como material de cimentación que el limo o la arcilla. Específicamente, los suelos arcillosos tienden a ser inestables porque se contraen y se expanden considerablemente con los cambios del contenido de humedad. Los suelos inestables pueden hacer que un sitio no sea adecuado para la construcción a no ser que se coloque en ese lugar un sistema de cimentación apropiado desde el punto de vista de la ingeniería.

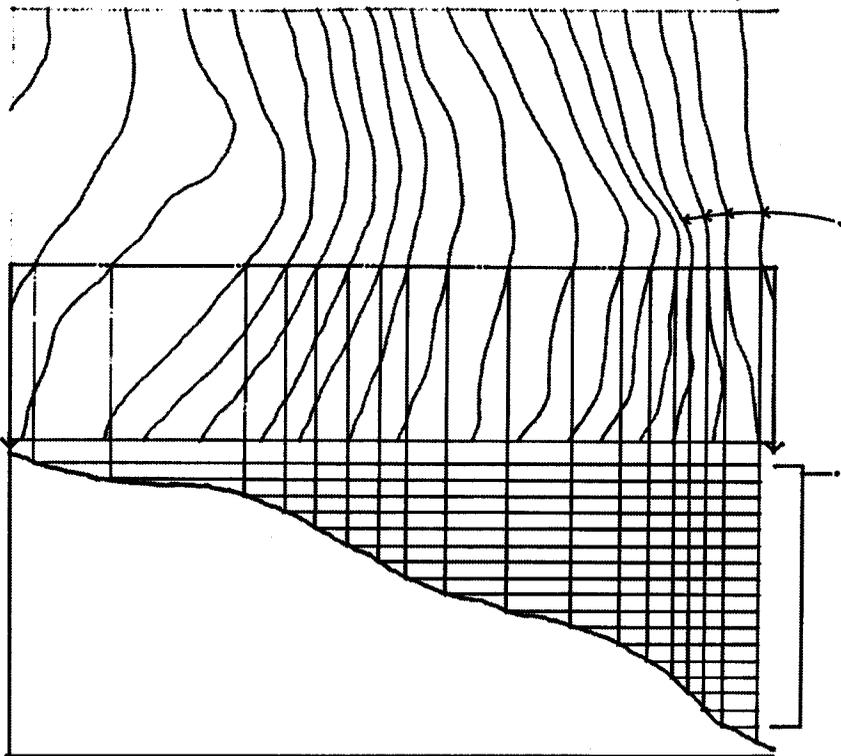
La resistencia a la fuerza cortante de un suelo es una medida de su capacidad para resistir desplazamientos cuando se aplica una fuerza externa, debido principalmente a los efectos combinados de la cohesión y de la fricción interna. En los sitios con pendiente, así como durante la excavación en un sitio plano, el suelo no confinado tiene el potencial de desplazarse lateralmente. Los suelos cohesivos, como la arcilla, conservan su resistencia cuando no están confinados; los suelos granulares, como la grava, la arena o algunos limos, requieren una fuerza confinante para su resistencia a la fuerza cortante y tienen un ángulo de reposo relativamente pequeño.

El nivel freático es el punto por debajo del cual el suelo está saturado con agua subterránea. Algunos sitios de construcción están sujetos a fluctuaciones estacionales del nivel de agua subterránea. Todo tipo de agua subterránea que esté presente debe drenarse del sistema de cimentación para evitar una reducción de la capacidad de carga del suelo y para minimizar la posibilidad de filtraciones de agua en el sótano. Los suelos de grano grueso son más permeables y se drenan mejor que los suelos de grano fino, también son menos susceptibles a la acción de las heladas.



Ángulo de reposo de terraplén

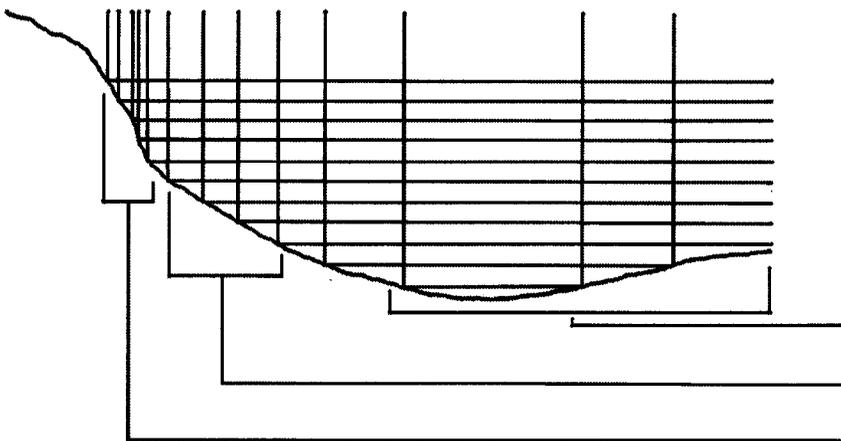




La topografía se ocupa de la configuración de las características de la superficie en un lote de terreno, lo que influye en dónde y cómo construir y desarrollar un sitio. Para estudiar la respuesta del diseño de un edificio a la topografía de un sitio, se puede usar una serie de secciones del sitio o una planta del sitio con curvas de nivel a  $\pm 1$  metro.

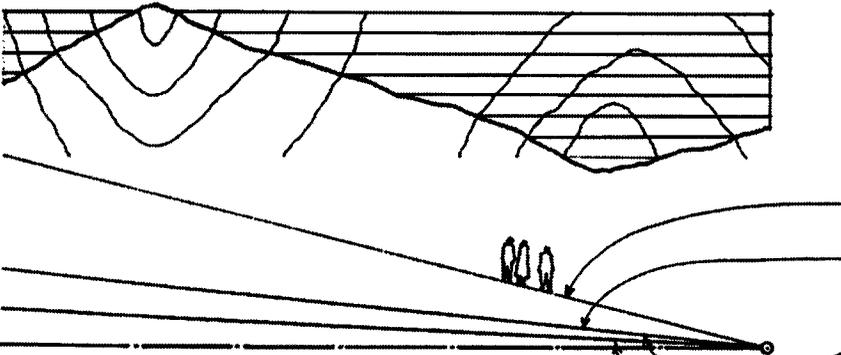
Las curvas de nivel son líneas imaginarias que unen puntos de igual elevación por encima de un plano de referencia o un banco de nivelación. La trayectoria de cada curva de nivel indica la naturaleza geomorfológica del terreno en esa elevación. Observe que las curvas de nivel siempre son continuas y nunca se cruzan entre ellas; éstas coinciden en una vista de planta solamente cuando cortan una superficie vertical.

El intervalo entre curvas de nivel es la diferencia de elevación representada por dos curvas de nivel adyacentes cualesquiera en un mapa topográfico o en la planta de un sitio. El intervalo que se usa se determina mediante la escala del dibujo, el tamaño del sitio y la naturaleza de la topografía. Entre mayor sea el área y entre más pronunciadas sean las pendientes, mayor es el intervalo entre curvas de nivel. Para sitios grandes o que tienen pendientes pronunciadas, pueden emplearse intervalos de curvas de nivel de 5 o 10 m (20' o 40'). Para sitios pequeños que tienen pendientes relativamente graduales, pueden ser necesarias curvas de nivel a 0.5 o 1.0 m (1', 2' o 5').



Se puede discernir la naturaleza topográfica de un sitio leyendo el espaciamiento horizontal y la forma de las curvas de nivel.

- Las curvas de nivel muy espaciadas indican una superficie relativamente plana o con una pendiente suave.
- Las curvas de nivel equiespaciadas denotan una pendiente constante.
- Las curvas de nivel muy cerradas revelan un aumento relativamente pronunciado de la elevación (fuerte pendiente).
- Las curvas de nivel representan una cima (o loma) cuando apuntan hacia elevaciones más bajas; representan una sima o valle cuando apuntan hacia elevaciones más altas.



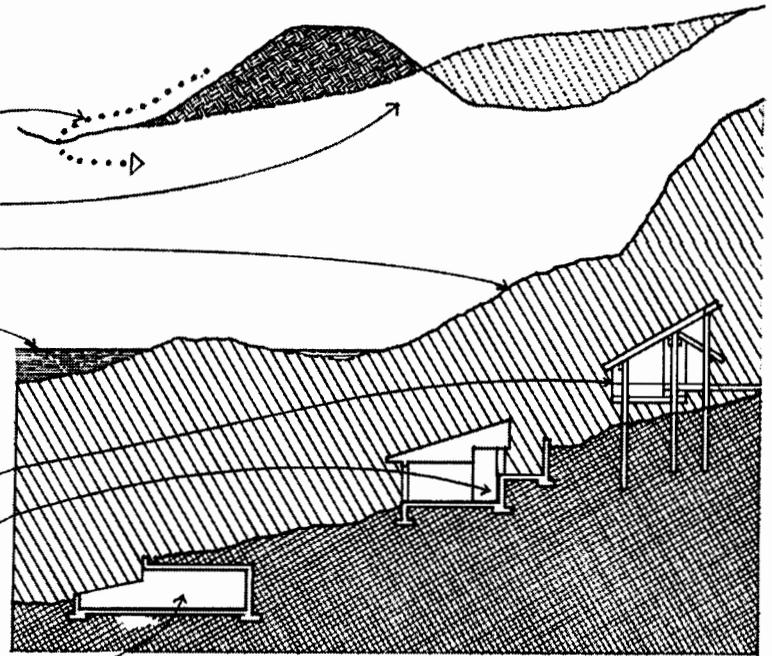
- Las pendientes del suelo mayores que 25% están sujetas a erosión y es difícil construir en ellas.
- Las pendientes del suelo mayores que 10% son problemáticas para usarse en actividades al aire libre y es más caro construir en ellas.
- Las pendientes del suelo desde 5% hasta 10% son adecuadas para actividades informales al aire libre y se puede construir en ellas sin demasiadas dificultades.
- Las pendientes del suelo hasta de 5% son utilizables en la mayoría de las actividades al aire libre y es relativamente fácil construir en ellas.

• Pendiente (%) =  $\frac{\text{ganancia de elevación (v)}}{\text{distancia horizontal (h)}} \times 100$

La pendiente del terreno entre dos curvas de nivel cualesquiera es una función del cambio total de la elevación y de la distancia horizontal entre las dos curvas de nivel.

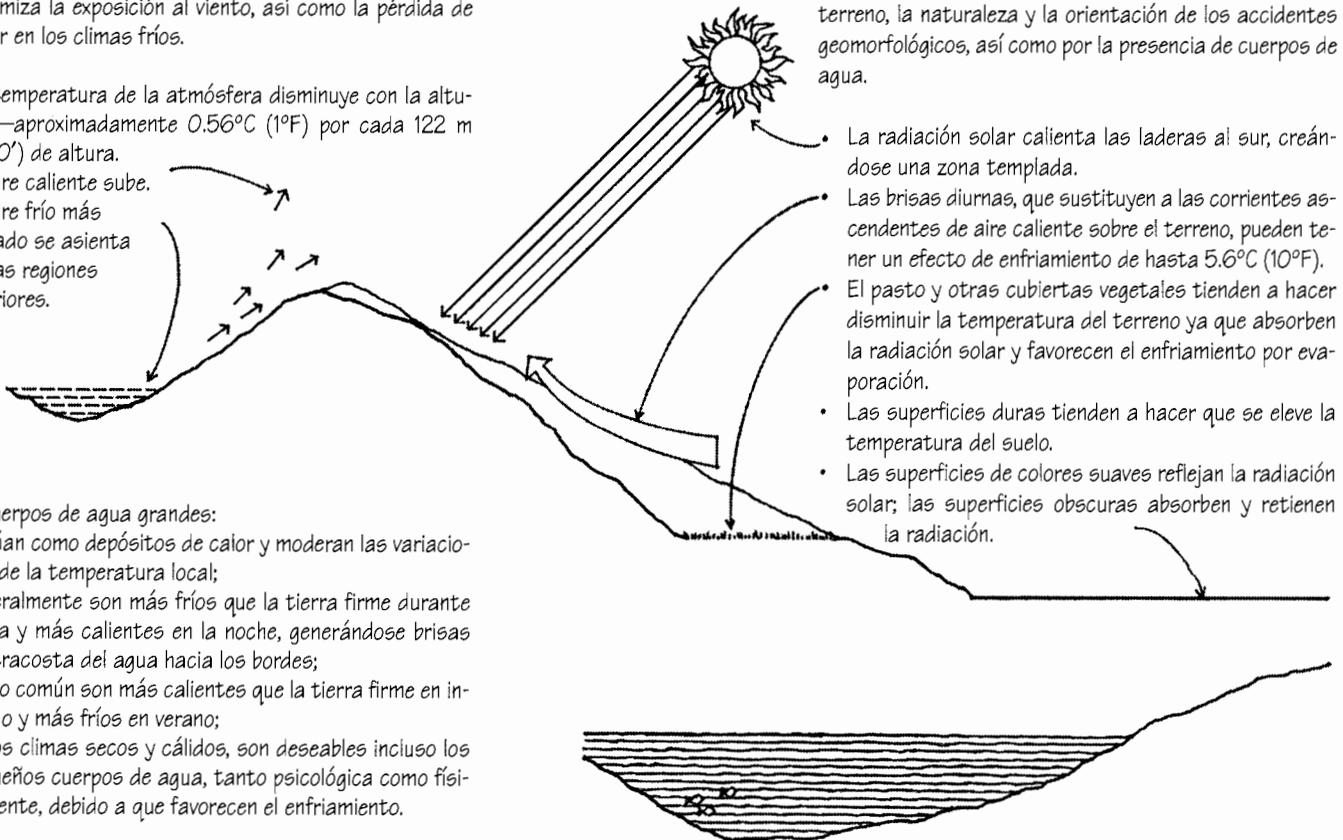
Por razones de estética y de economía, así como por razones ecológicas, el propósito general del desarrollo de un sitio debe ser minimizar la perturbación de la geomorfología existente al mismo tiempo que se aprovechan las pendientes naturales del terreno y el microclima del sitio.

- El desarrollo y la construcción del sitio deben minimizar la destrucción de los patrones naturales de drenaje del sitio y de las propiedades adyacentes.
- Cuando se modifique la geomorfología, incluir medidas para el drenaje del agua superficial y del agua subterránea.
- Intente igualar los volúmenes de corte y de relleno (consolidado) que se requieren en la construcción de la cimentación y del desarrollo del sitio.
- Evite construir en pendientes empinadas sujetas a la erosión o a deslizamientos.
- Los pantanos y otros hábitats de vida silvestre pueden requerir protección y limitar el área para construcción de un sitio.
- Se debe poner especial atención a las restricciones de construcción en sitios localizados en una llanura de inundación, o cerca de ella.
- La colocación de una estructura sobre postes o pilares minimiza la perturbación del terreno natural y de la vegetación existente.
- La construcción de una estructura mediante terrazas o escalones a lo largo de una pendiente requiere de excavación y del uso de muros de contención o de terrazas en escalón.
- Empotrar la estructura en la ladera o colocarla semi-enterrada modera los extremos de temperatura y minimiza la exposición al viento, así como la pérdida de calor en los climas fríos.



El microclima de un sitio está influido por la elevación del terreno, la naturaleza y la orientación de los accidentes geomorfológicos, así como por la presencia de cuerpos de agua.

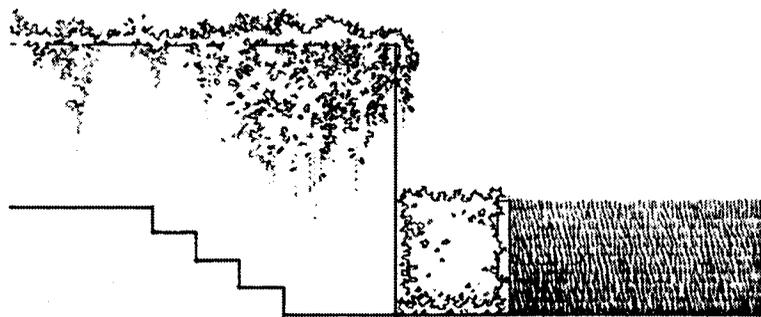
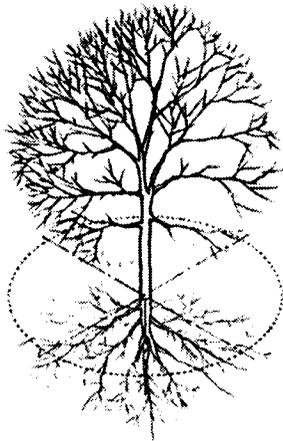
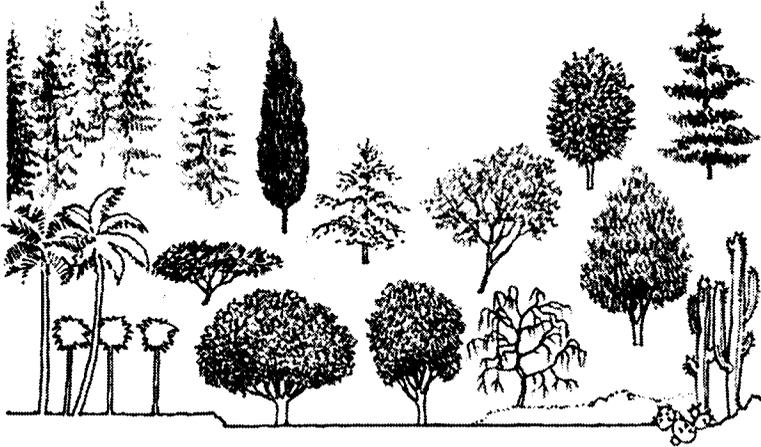
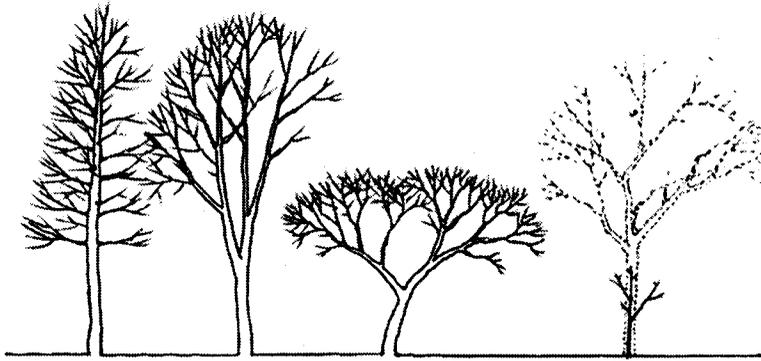
- La temperatura de la atmósfera disminuye con la altura —aproximadamente 0.56°C (1°F) por cada 122 m (400') de altura.
- El aire caliente sube.
- El aire frío más pesado se asienta en las regiones inferiores.



- La radiación solar calienta las laderas al sur, creándose una zona templada.
- Las brisas diurnas, que sustituyen a las corrientes ascendentes de aire caliente sobre el terreno, pueden tener un efecto de enfriamiento de hasta 5.6°C (10°F).
- El pasto y otras cubiertas vegetales tienden a hacer disminuir la temperatura del terreno ya que absorben la radiación solar y favorecen el enfriamiento por evaporación.
- Las superficies duras tienden a hacer que se eleve la temperatura del suelo.
- Las superficies de colores suaves reflejan la radiación solar; las superficies oscuras absorben y retienen la radiación.

Los cuerpos de agua grandes:

- actúan como depósitos de calor y moderan las variaciones de la temperatura local;
- generalmente son más fríos que la tierra firme durante el día y más calientes en la noche, generándose brisas contracosta del agua hacia los bordes;
- por lo común son más calientes que la tierra firme en invierno y más fríos en verano;
- en los climas secos y cálidos, son deseables incluso los pequeños cuerpos de agua, tanto psicológica como físicamente, debido a que favorecen el enfriamiento.



La vegetación suministra beneficios estéticos, así como funcionales en la conservación de energía, contribuye a ocultar o enmarcar las vistas, moderar el ruido, retardar la erosión y a asociar visualmente el edificio con el sitio. Los factores que se deben considerar en la selección y el uso de la vegetación para diseñar el paisaje incluyen:

- la estructura y la forma de los árboles,
- la densidad estacional, la textura y el color del follaje,
- la velocidad o la tasa de crecimiento,
- la altura de madurez y la expansión del follaje,
- los requerimientos de suelo, agua, luz solar e intervalo de temperatura,
- la profundidad y la extensión de la estructura de raíces.

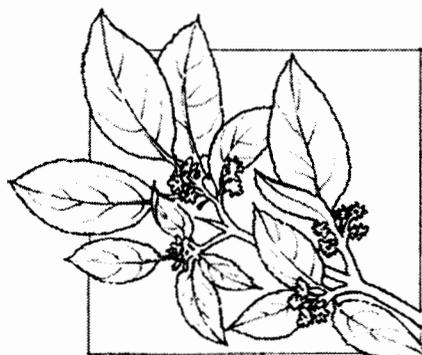
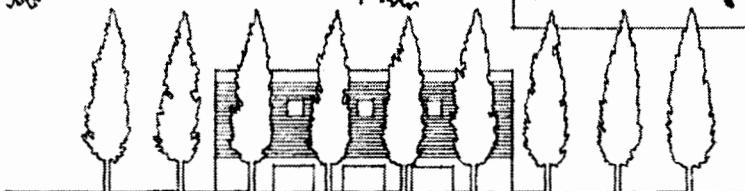
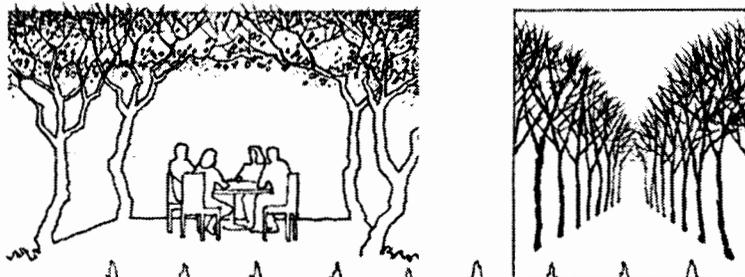
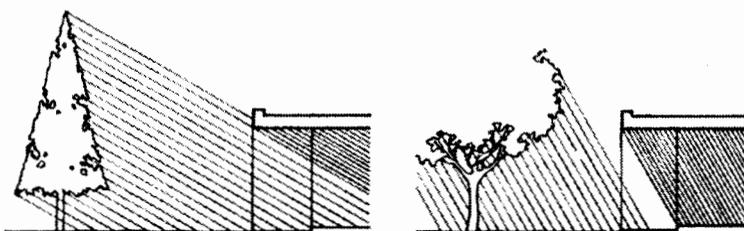
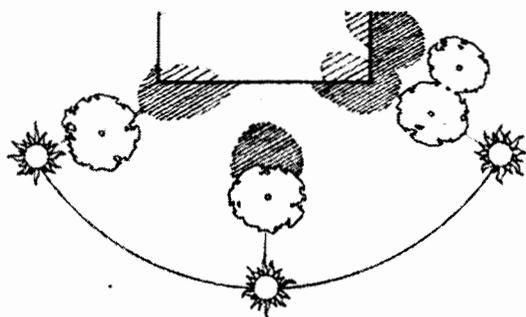
- Los árboles y otro tipo de vegetación adaptan sus formas al clima.

- Los árboles y la vegetación autóctona saludables existentes deben preservarse siempre que sea posible. Durante la construcción y cuando se remodele un sitio, los árboles existentes deben protegerse en un área que sea igual al diámetro de la corona. Los sistemas de raíces de los árboles plantados demasiado cerca de un edificio pueden perturbar el sistema de cimentación. Las estructuras de raíces también pueden interferir con las líneas subterráneas de servicios públicos.
- Para sustentar la vegetación, un suelo debe ser capaz de absorber humedad, suministrar los nutrientes apropiados, tener capacidad de aireación y estar libre de sales concentradas.

El pasto y otras cubiertas:

- pueden reducir la temperatura del aire mediante la absorción de la radiación solar y la estimulación del enfriamiento por la evaporación;
- ayudan a la estabilización de los terraplenes y a evitar la erosión;
- aumentan la permeabilidad del suelo al aire y al agua.
- Las enredaderas pueden reducir la transmisión del calor a través de un muro asoleado suministrando sombra y enfriando el ambiente inmediato por evaporación.

Los árboles afectan el ambiente inmediato de un edificio de la siguiente manera:



### Ofrecen sombra

La cantidad de radiación solar obstruida o filtrada por un árbol depende de:

- la orientación del sol
- su proximidad a un edificio o un espacio al aire libre
- su forma, su expansión y su altura
- la densidad de su follaje y la estructura de sus ramas.

- Los árboles ofrecen sombra a un edificio o a un espacio al aire libre de la manera más efectiva desde el sureste durante la mañana y desde el suroeste durante las últimas horas de la tarde cuando el sol se encuentra a baja altitud y proyecta una sombra larga.
- La vegetación colgante que mira hacia el sur suministra una sombra más eficiente durante el periodo del mediodía cuando el sol está alto y proyecta una sombra corta.
- Los árboles deciduos suministran sombra y protección contra el resplandor durante el verano y permiten que la radiación solar penetre por la estructura de sus ramas durante el invierno.
- Los árboles perennes suministran sombra durante todo el año y ayudan a reducir el resplandor de la nieve durante el invierno.

### Sirven como guardabrisa

- Los árboles perennes pueden formar una cortina contra el viento efectiva y reducir la pérdida de calor de un edificio durante el invierno.
- El follaje de la vegetación reduce el polvo transportado por el viento.
- Véase también 1.18.

### Definen los espacios

- Los árboles pueden conformar espacios al aire libre para actividades y movimientos.

### Encuadran u ocultan vistas

- Los árboles pueden enmarcar vistas agradables.
- Los árboles pueden ocultar vistas desagradables y suministrar privacidad para espacios al aire libre.

### Atenúan los sonidos

- Una combinación de árboles deciduos y perennes es muy efectiva para interceptar y atenuar el sonido transportado por el aire, especialmente cuando se combina con montículos de tierra.

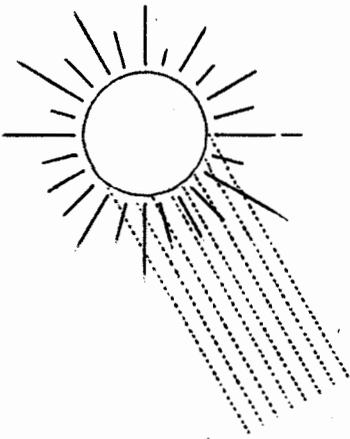
### Mejoran la calidad del aire

- Los árboles atrapan partículas en sus hojas, las cuales posteriormente son deslavadas al suelo durante la lluvia.
- Las hojas también pueden asimilar contaminantes gaseosos y de otro tipo.
- El proceso fotosintético puede metabolizar vapores y otros olores.

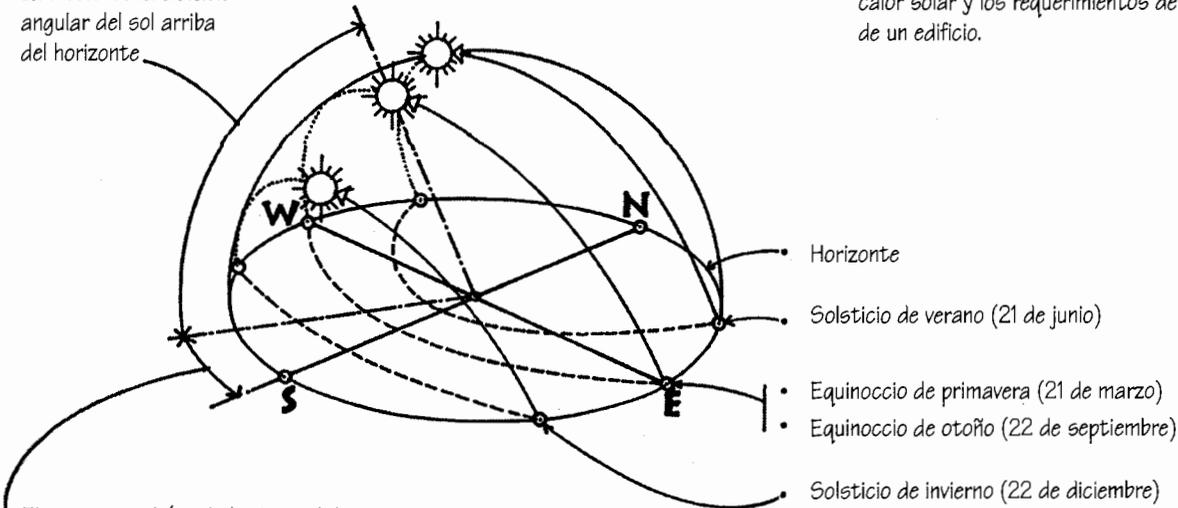
### Estabilizan el suelo

- La estructura de raíces de los árboles ayuda a estabilizar el suelo, aumentando su permeabilidad al agua y al aire y evitando la erosión.

# 1.10 RADIACIÓN SOLAR

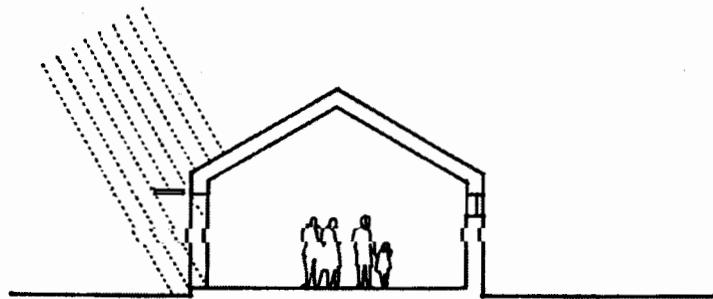


• La altura es la elevación angular del sol arriba del horizonte.



• El azimut es el ángulo horizontal de desviación, medido en el sentido de las manecillas del reloj, de un rumbo a partir de una dirección estándar hacia el sur.

**Diagrama de trayectorias solares**



La ubicación, la forma y la orientación de un edificio y de sus espacios deben aprovechar los beneficios térmicos, higiénicos y psicológicos de la luz solar. Sin embargo, la radiación solar no siempre será benéfica, dependiendo de la latitud y el clima del sitio. En la planificación del diseño de un edificio, el objetivo debe ser conservar un equilibrio entre periodos de baja insolación cuando la radiación solar es benéfica y periodos de alta insolación cuando debe evitarse la radiación.

La trayectoria del sol en la bóveda celeste varía con las estaciones y la latitud del sitio de construcción. El intervalo de ángulos solares para un sitio específico debe obtenerse de un almanaque del tiempo o del servicio meteorológico antes de calcular la ganancia potencial de calor solar y los requerimientos de sombra para el diseño de un edificio.

## Ángulos solares representativos

Latitud norte	Ciudad representativa	Altura al mediodía		Azimut del orto del sol y del ocaso del sol*	
		22 de diciembre	21 de marzo/22 de septiembre	22 de diciembre	21 de junio
48°	Seattle	18°	42°	54°	124°
44°	Toronto	22°	46°	56°	122°
40°	Denver	26°	50°	58°	120°
36°	Tulsa	30°	54°	60°	118°
32°	Phoenix	34°	58°	62°	116°

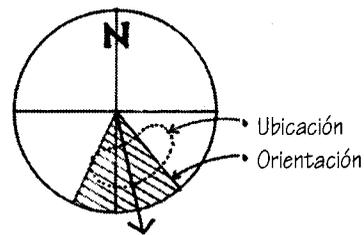
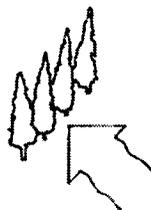
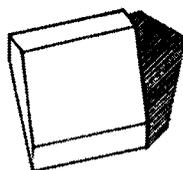
\* El azimut se encuentra al este del sur para el orto del sol y al oeste del sur para el ocaso del sol.

Las siguientes son formas y orientaciones recomendadas para edificios aislados en diferentes regiones climáticas. La información presentada debe considerarse junto con otros requerimientos contextuales y programáticos.

**Regiones frías**

Minimizar el área superficial de un edificio reduce la exposición a las bajas temperaturas.

- Maximiza la absorción de la radiación solar.
- Reduce la pérdida de calor por radiación, por conducción y por evaporación.
- Suministra protección contra el viento.

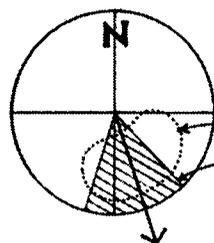
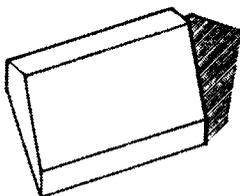


Ubicación  
Orientación

**Regiones templadas**

Alargar la forma de un edificio en el eje este-oeste maximiza los muros que miran hacia el sur.

- Minimiza la exposición hacia el este y hacia el oeste, que generalmente es más cálida en el verano y más fría en el invierno que la exposición hacia el sur.
- Equilibra la ganancia de calor solar con protección de sombra basada en las estaciones.
- Estimula el movimiento del aire en clima cálido; protege del viento en clima frío.

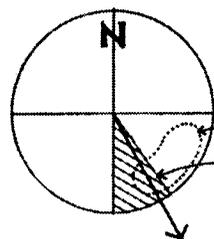
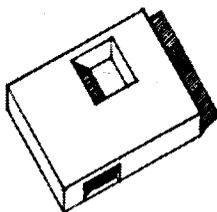


Ubicación  
Orientación

**Regiones áridas cálidas**

Las formas del edificio deben comprender espacios para patios interiores.

- Reduce la ganancia de calor solar y por conducción.
- Promueve el enfriamiento por evaporación usando elementos acuáticos e implantes.
- Suministra sombra a ventanas y espacios al aire libre.

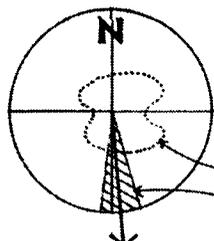
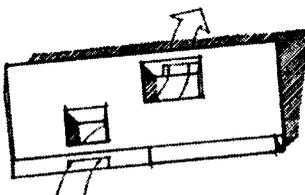


Ubicación  
Orientación

**Regiones húmedas cálidas**

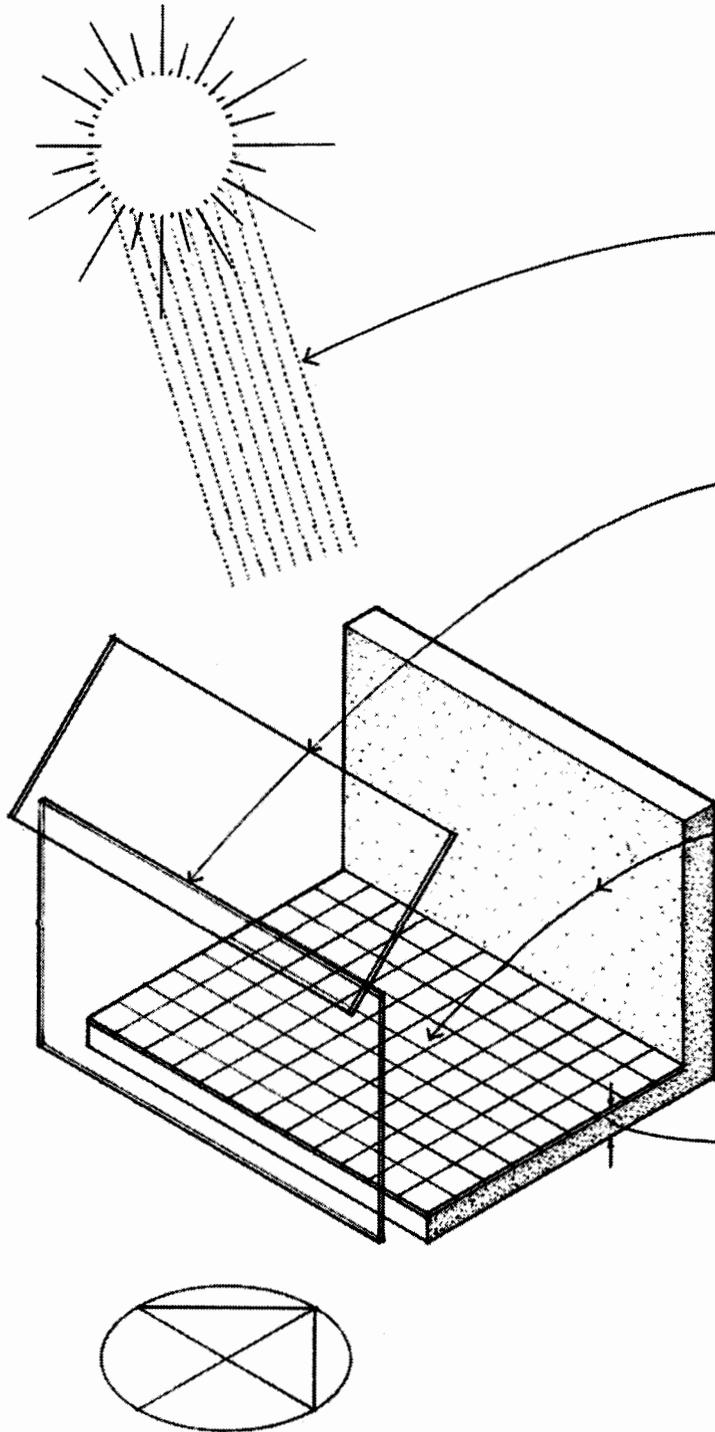
La forma del edificio alargada a lo largo del eje este-oeste minimiza la exposición hacia el este y hacia el oeste.

- Reduce la ganancia de calor solar.
- Utiliza el viento para promover el enfriamiento por evaporación.
- Suministra protección solar para ventanas y espacios al aire libre.



Ubicación  
Orientación

## 1.12 DISEÑO SOLAR PASIVO



El calentamiento solar pasivo se refiere al uso de la energía solar para calentar los espacios interiores de un edificio sin depender de aparatos mecánicos que requieren energía adicional. En lugar de eso, los sistemas solares pasivos dependen de los procesos naturales de transferencia de calor de conducción, convección y radiación para la recolección, el almacenamiento, la distribución y el control de la energía solar.

• La constante solar es la tasa promedio a la cual la Tierra recibe la energía radiante del sol, igual a  $1353 \text{ W/m}^2/\text{hr}$  (430 Btu por pie cuadrado por hora), que se usa para calcular los efectos de la radiación solar en los edificios.

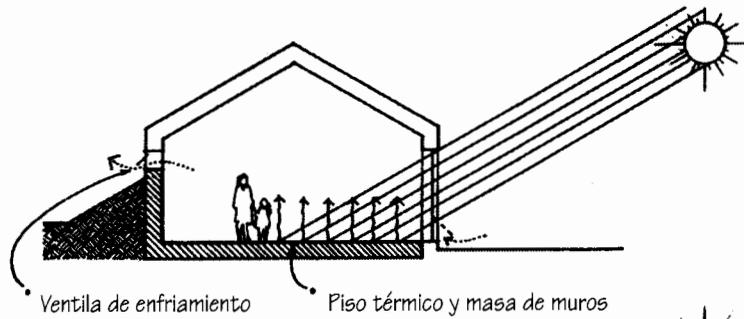
Existen dos elementos esenciales en todo sistema solar pasivo:

1. Un cristal o un plástico transparente que mire hacia el sur para la recolección solar.
    - El área del cristal debe ser de 30% a 50% del área de piso en climas fríos y de 15% a 25% del área de piso en climas templados, dependiendo de la temperatura media exterior en invierno y de la pérdida de calor proyectada.
    - El material del cristal debe ser resistente a la degradación causada por los rayos ultravioleta del sol.
    - Se requieren vidrios dobles y aislador para minimizar la pérdida de calor nocturna.
  2. Una masa térmica para la recolección, el almacenamiento y la distribución de calor, orientada para recibir una exposición solar máxima.
    - Los materiales de almacenamiento térmico incluyen concreto, ladrillo, material pétreo, mosaico, tierra apisonada, arena y agua u otro líquido. También son factibles los materiales de cambio de fase, como las sales eutécticas y las parafinas.
    - Concreto: 305 a 455 mm (12" a 18")
    - Ladrillo: 255 a 355 mm (10" a 14")
    - Adobe: 200 a 305 mm (8" a 12")
    - Agua: 150 mm (6") o más
    - Las superficies de color oscuro absorben más radiación solar que las superficies de color claro.
- Los respiraderos, los reguladores de tiro, los paneles aislantes móviles y los accesorios de sombra pueden ayudar a balancear la distribución del calor.

Basándose en la relación entre el sol, el espacio interior y el sistema de recolección de calor, hay tres maneras de obtener el calentamiento solar pasivo: ganancia directa, ganancia indirecta y ganancia aislada.

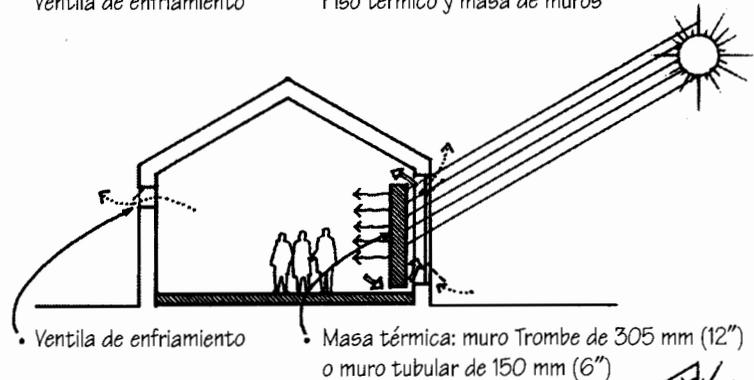
**Ganancia directa**

Los sistemas de ganancia directa recolectan el calor directamente dentro de un espacio interior. El área superficial de la masa de almacenamiento, que se incorpora en el espacio, debe ser de 50% a 66% del área superficial total del espacio. Durante la estación fría, se usan ventanas operables y muros para la ventilación natural o inducida.



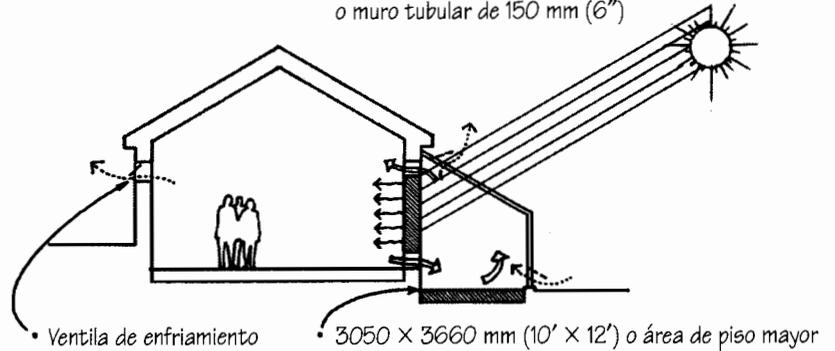
**Ganancia indirecta**

Los sistemas de ganancia indirecta controlan la ganancia de calor en el revestimiento exterior del edificio. La radiación solar incide primero sobre la masa térmica, ya sea un muro de concreto o un muro Trombe de mampostería, o un muro tubular de barriles o tubos llenos de agua, que se ubica entre el sol y el espacio habitable. La energía solar absorbida se mueve dentro del muro por conducción y luego hacia el espacio por radiación y por convección.



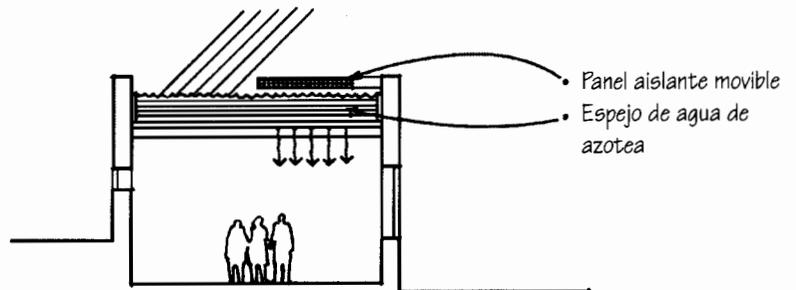
**Espacio de asoleo**

Un cuarto de asoleo o solarío es otro medio para la ganancia indirecta de calor. El espacio de asoleo, que tiene un piso de masa térmica elevada, está separado del espacio principal de vivienda por un muro de almacenamiento térmico del cual se extrae calor cuando se requiera. Para su enfriamiento, el espacio de asoleo puede ventilarse hacia el exterior.



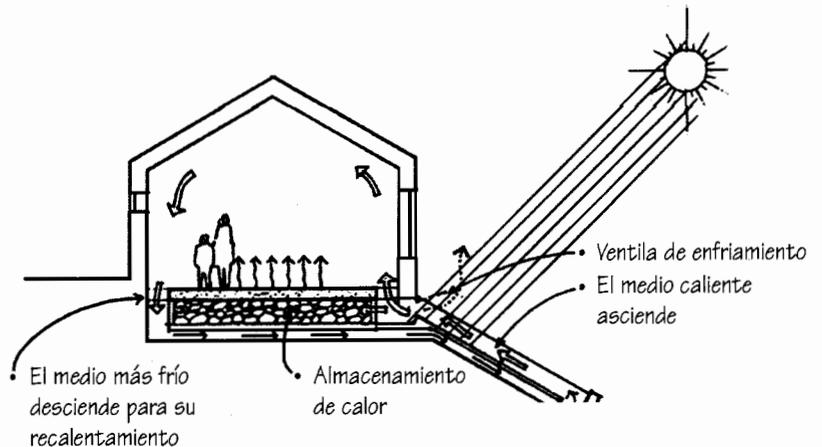
**Espejo de agua de azotea**

Otra forma de ganancia indirecta es un espejo de agua de azotea que sirve como masa líquida para absorber y almacenar la energía solar. En la noche se coloca un panel aislante sobre este espejo, permitiendo la irradiación del calor almacenado hacia el ambiente inferior. En verano, el proceso se invierte para permitir la irradiación del calor interno absorbido durante el día hacia el techo en la noche.

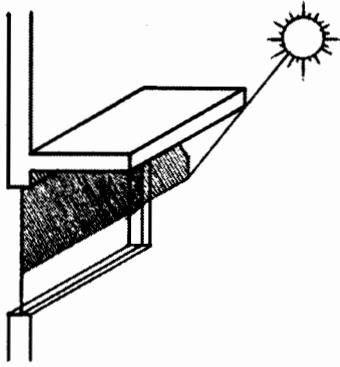


**Ganancia aislada**

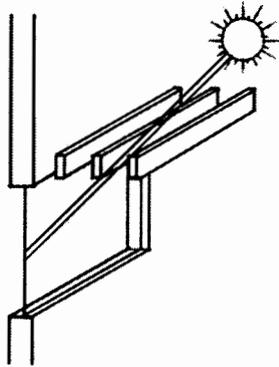
Los sistemas de ganancia aislada recolectan y almacenan la radiación solar del espacio que se va a calentar. A medida que el aire o el agua de un colector se calienta por el sol, se eleva al espacio servido o se almacena en la masa térmica hasta que sea necesario. Simultáneamente, el aire o el agua más fríos son jalados desde el fondo del almacenamiento térmico, creando un circuito natural de convección.



## 1.14 PROTECCIÓN SOLAR

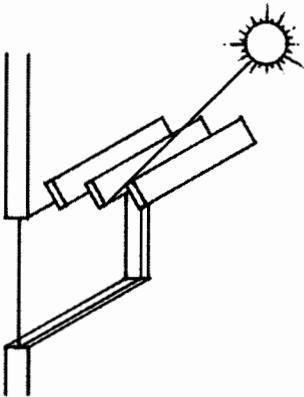


- Los voladizos horizontales son muy efectivos cuando tienen una orientación hacia el sur.

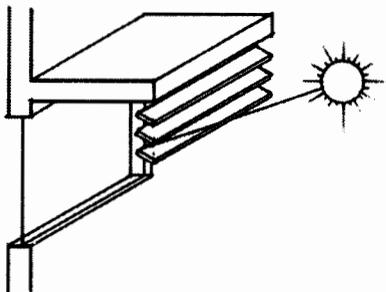


- Las persianas horizontales paralelas al muro permiten la circulación del aire cerca del muro y reducen la ganancia conductiva de calor.

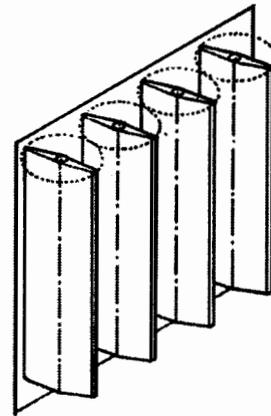
- Las persianas pueden operarse de manera manual o controlarse automáticamente por tiempo o mediante controles fotoeléctricos para adaptarse al ángulo del sol.



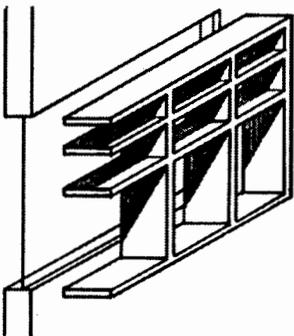
- Las persianas sesgadas suministran mayor protección que aquellas paralelas a los muros.
- El ángulo varía de acuerdo con el rango de ángulos del sol.



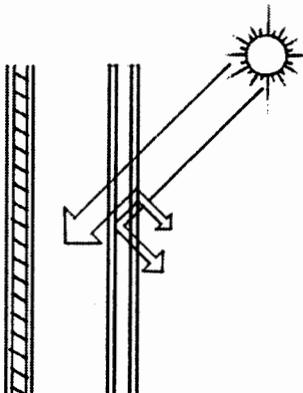
- Las persianas que cuelgan de una saliente sólida protegen contra los ángulos bajos del sol.
- Las persianas pueden interferir con el panorama.



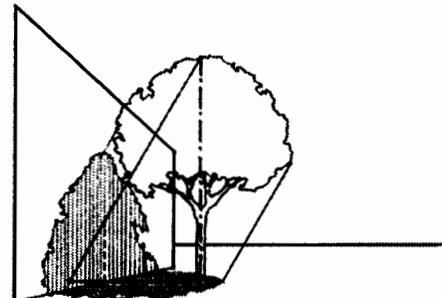
- Las persianas verticales son muy efectivas para la exposición al este o al oeste.
- Las persianas pueden operarse en forma manual o controlarse automáticamente por tiempo o mediante controles fotoeléctricos para adaptarse al ángulo del sol.
- El distanciamiento del muro reduce la ganancia conductiva de calor.



- Las persianas con forma de huacal para huevo combinan las características de sombra de las persianas horizontales y verticales y tienen un alto índice de sombreado.
- Las persianas con forma de huacal para huevo, también denominadas *brise-soleil*, son muy eficientes en los climas cálidos.



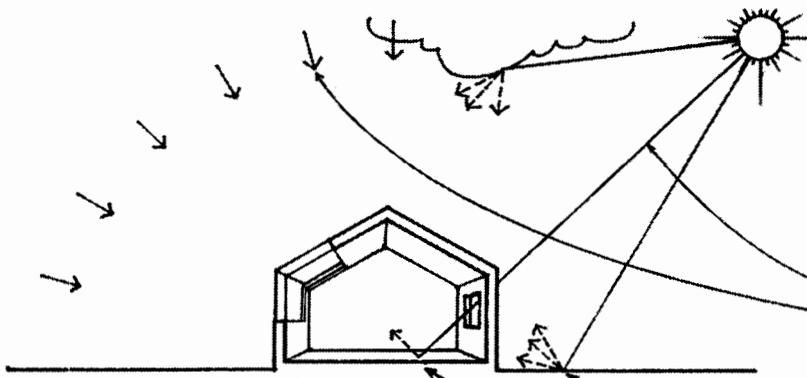
- Las celosías y las cortinas pueden suministrar una reducción hasta de 50% de radiación solar dependiendo de su reflectividad.
- El vidrio que absorbe calor puede absorber hasta 40% de la radiación que llega a su superficie.



- Los árboles y las estructuras adyacentes pueden suministrar sombra dependiendo de su proximidad, su altura y su orientación.

Los accesorios para sombra protegen las ventanas y otras áreas vidriadas de la luz solar directa con objeto de reducir el resplandor y la ganancia excesiva de calor solar en clima cálido. Su efectividad depende de su forma y orientación en relación con la altura y el azimut del sol para la hora del día y la estación del año. Los accesorios exteriores son más eficientes que aquellos ubicados en espacios interiores porque interceptan los rayos solares antes de que lleguen a un muro exterior o a una ventana.

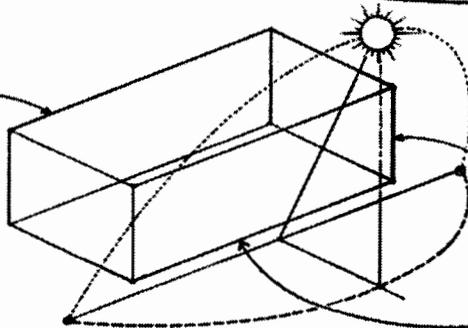
Se ilustran tipos básicos de accesorios para protección solar. Su forma, orientación, materiales y construcción pueden variar para ajustarse a situaciones específicas. Sus cualidades visuales de patrón, textura y ritmo, y las sombras que proyectan, deben tomarse en cuenta cuando se diseña la fachada de un edificio.



La radiación del sol suministra no solamente calor sino también luz a los espacios interiores de un edificio. Esta iluminación diurna tiene beneficios psicológicos, así como utilidad práctica al reducir la cantidad de energía que se requiere para la iluminación artificial. La intensidad de la luz solar directa varía con la hora del día, de estación a estación y de un lugar a otro. La luz puede ser difusa por la cubierta de nubes, la neblina y la precipitación, y puede ser reflejada por el suelo y por otras superficies circundantes.

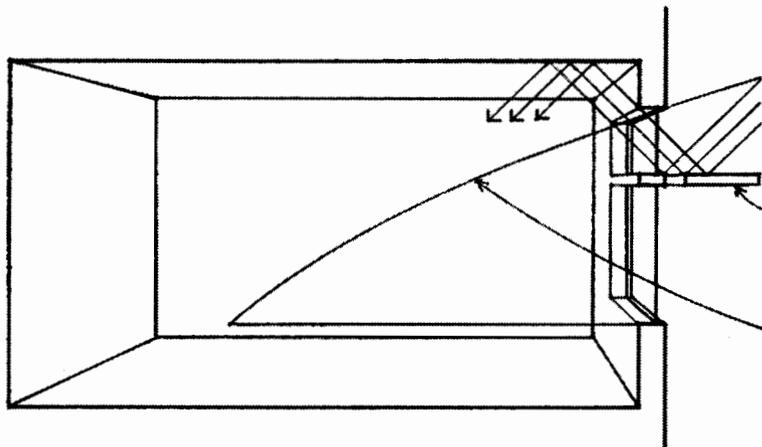
- Luz solar directa
- Luz de la bóveda celeste reflejada y difundida por las moléculas de aire
- Reflectancia externa por el suelo y estructuras adyacentes
- Reflectancia interna por las superficies de la habitación

• Las ventanas que miran hacia el norte dejan entrar luz natural suave y difusa.



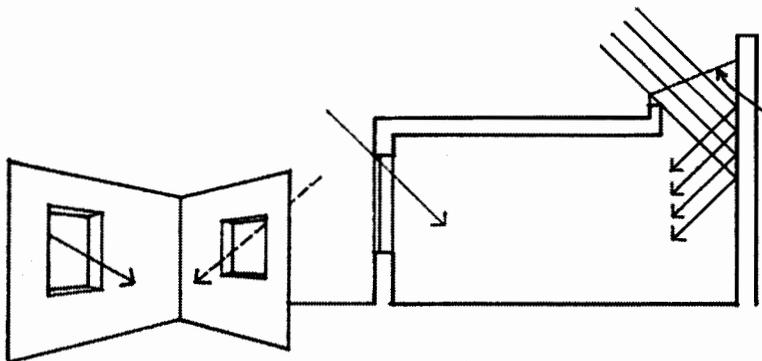
La cantidad y la calidad de la luz diurna en un espacio se determinan por el tamaño y la orientación de los vanos de sus ventanas, la transmitancia del resplandor, la reflectancia de las superficies de la habitación y de las superficies exteriores, y de las obstrucciones de los voladizos y de los árboles circundantes.

- Las ventanas que miran al este y al oeste requieren accesorios de sombra para evitar el sol brillante de las primeras horas de la mañana y de la tarde.
- Las ventanas que miran hacia el sur son una fuente ideal de luz diurna si los accesorios horizontales de sombra pueden controlar la radiación solar y el resplandor excesivos.



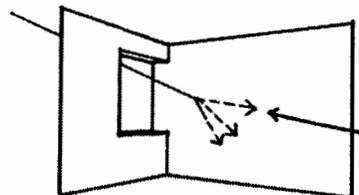
El nivel de iluminación suministrado por la luz diurna disminuye a medida que penetra en un espacio interior. Generalmente, entre más grande y más alta sea una ventana, más luz diurna entrará a la habitación.

- Los toldos suministran sombra a las vidrieras al tiempo que reflejan la luz diurna hacia el plafón de un techo. Una serie de persianas blancas paralelas y opacas también puede suministrar sombra y reflejar la luz diurna difusa hacia el interior.
- Una regla empírica útil es que la luz diurna puede ser efectiva como iluminación del área de trabajo hasta una profundidad igual a dos veces la altura de una ventana.
- El plafón y el muro de fondo de un espacio son más efectivos que los muros laterales o el piso para la reflexión y la distribución de la luz diurna; las superficies de color suave reflejan y distribuyen la luz más eficientemente, pero las áreas grandes de superficies brillantes pueden causar resplandor.
- Los tragaluces con vidrioado translúcido pueden suministrar luz diurna a un espacio de forma efectiva desde arriba sin una ganancia excesiva de calor.
- Los monitores de techo son otro medio de reflejar la luz diurna hacia un espacio.



Los cocientes excesivos de intensidad luminosa pueden llevar a un resplandor y a una deficiencia de la función visual. El resplandor puede controlarse mediante el uso de accesorios de sombra, la orientación apropiada de las superficies de trabajo y permitiendo que la luz diurna ingrese a un espacio desde cuando menos dos direcciones.

• Para que la iluminación diurna sea equilibrada, permita que la luz diurna entre a un espacio por lo menos desde dos direcciones.

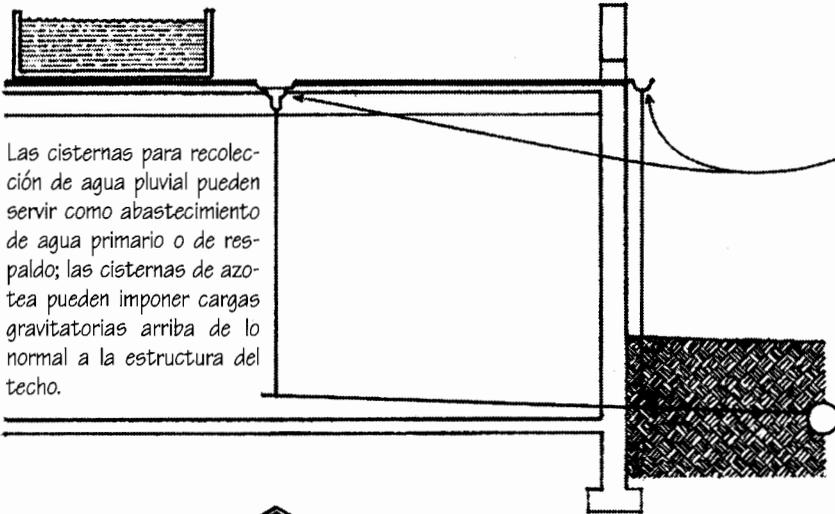


- Colocar ventanas adyacentes a las paredes laterales para tener una reflectancia y una iluminación adicionales.

## 1.16 PRECIPITACIÓN PLUVIAL

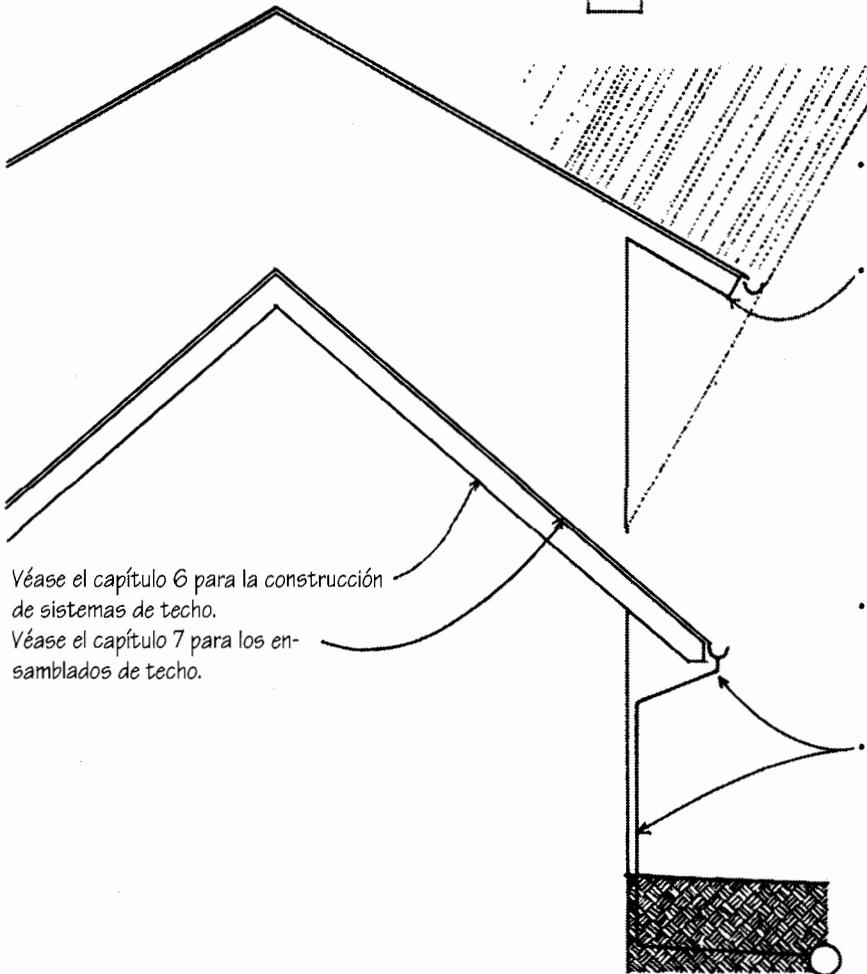


- Las cisternas para recolección de agua pluvial pueden servir como abastecimiento de agua primario o de respaldo; las cisternas de azotea pueden imponer cargas gravitatorias arriba de lo normal a la estructura del techo.



La cantidad de precipitación anual y estacional esperada para un sitio de construcción debe influir en el diseño y en la construcción de la estructura del techo de un edificio, en la elección de los materiales de construcción y en el detallado de los ensambles de los muros exteriores. Además, el escurrimiento directo de la lluvia y de la nieve derretida proveniente de las áreas construidas de los techos y de las superficies pavimentadas aumenta la cantidad de agua pluvial que debe drenarse del sitio.

- Los techos planos requieren ya sea drenes de techo interiores o rejillas a lo largo del perímetro para el drenaje.
- En los climas fríos, los techos planos están sujetos a pesadas cargas de nieve. La capa de nieve puede servir como aislante adicional.



- Véase el capítulo 6 para la construcción de sistemas de techo.
- Véase el capítulo 7 para los ensambles de techo.

- Los techos con inclinación moderada desalojan fácilmente la lluvia, pero pueden retener la nieve.

- Los aleros protegen los muros exteriores de un edificio de los efectos intemperizantes del sol y de la lluvia.

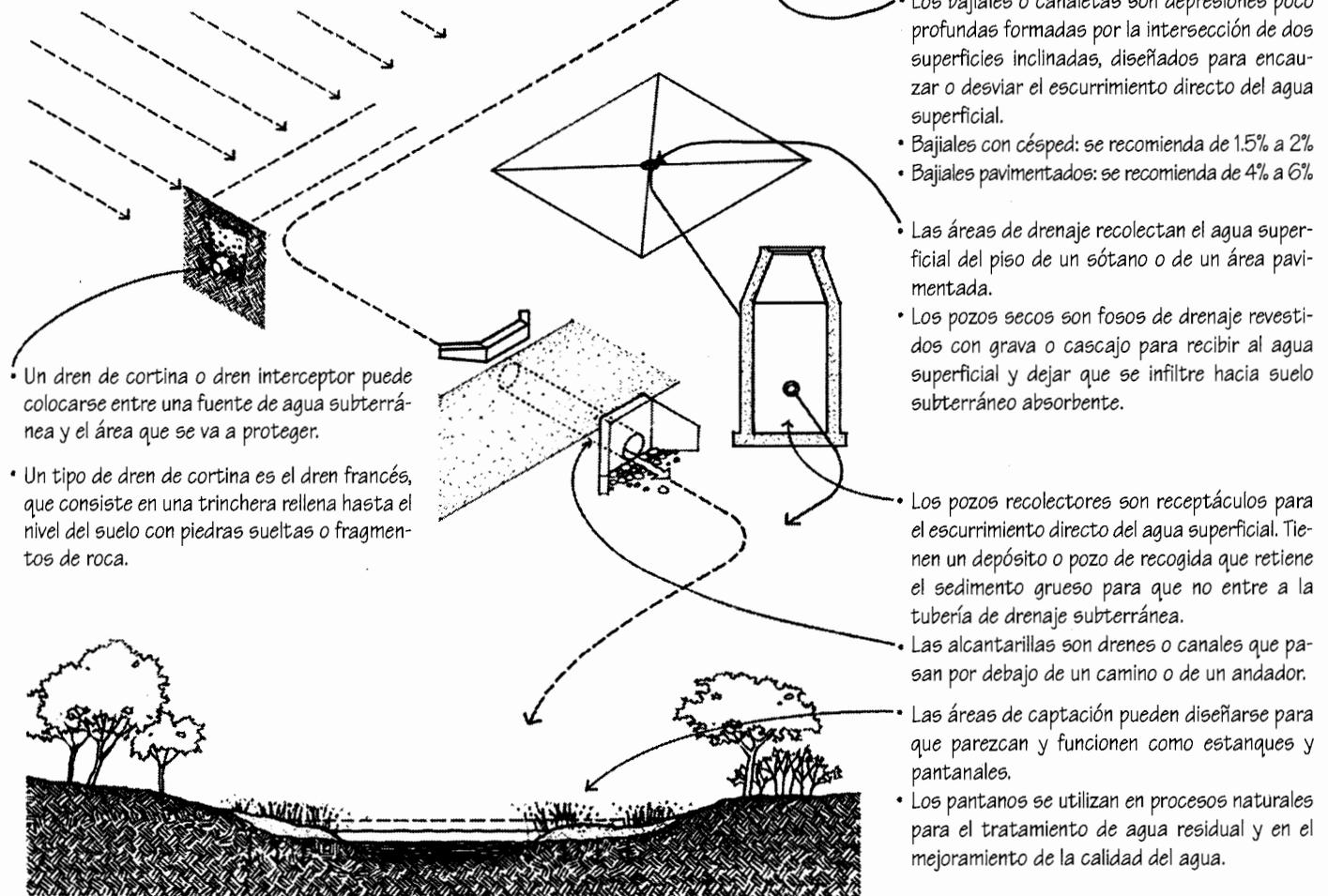
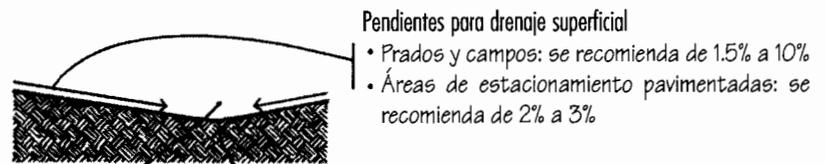
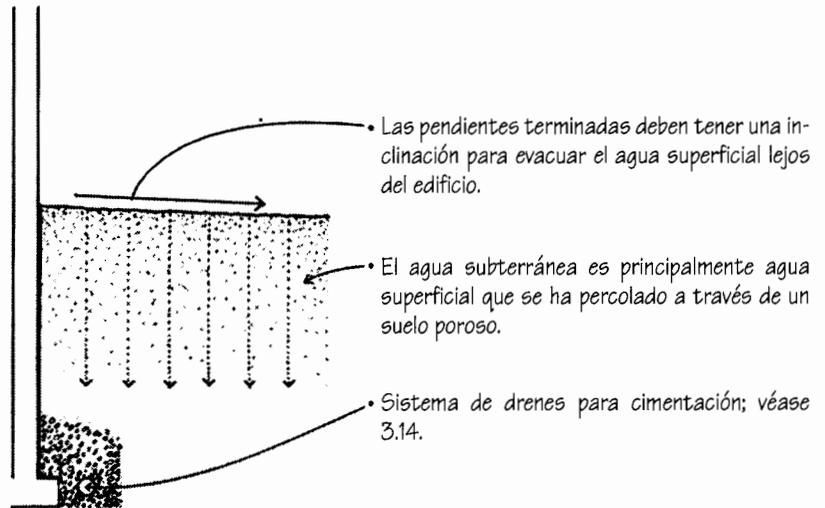
- Los techos con inclinación pronunciada desalojan rápidamente al agua pluvial. Si el ángulo de inclinación es mayor que  $60^\circ$ , el techo también puede desalojar la nieve.

- Las canaletas y las bajadas pluviales conducen al drenaje pluvial o a una descarga natural en el sitio.

Cualquier desarrollo de un sitio interrumpe el patrón de drenaje existente y crea un flujo adicional de agua proveniente de las áreas de los techos y de las superficies pavimentadas construidas. Es necesario el drenaje del sitio para evitar la erosión y la recolección del agua superficial o del agua subterránea en exceso que resulta de la nueva construcción.

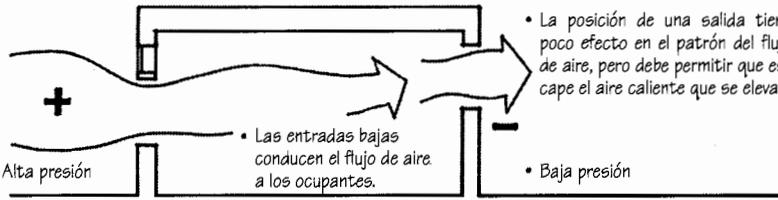
Existen dos tipos básicos de drenaje de sitio: los sistemas de drenaje subsuperficial y superficial. El drenaje subsuperficial consiste en una red subterránea de tuberías para conducir agua subterránea a un punto de disposición, como un sistema de drenaje pluvial o una descarga natural en una elevación menor del sitio. El agua subterránea en exceso puede reducir la capacidad de carga del suelo en una cimentación y aumentar la presión hidrostática en la cimentación de un edificio. Se requiere una impermeabilización de las estructuras del sótano que se sitúan cerca del nivel de agua freática o debajo de éste.

El drenaje superficial se refiere a la nivelación y al acondicionamiento superficial de un sitio con objeto de desviar la lluvia y otra agua superficial hacia patrones naturales de drenaje o hacia un sistema municipal de drenaje pluvial. Puede ser necesario un tanque de almacenamiento cuando la cantidad de escurrimiento directo exceda la capacidad del sistema de drenaje pluvial.



# 1.18 VIENTO

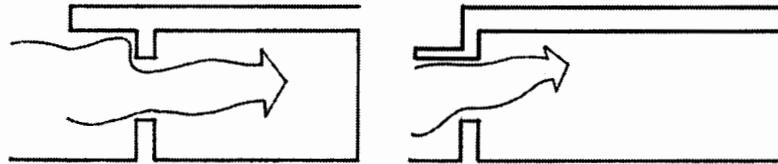
- Las entradas altas conducen el flujo de aire hacia arriba, resultando en una pérdida del efecto de enfriamiento.



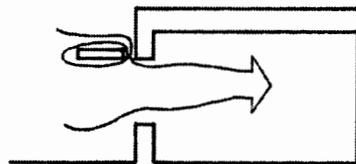
- Las salidas deben ser tan grandes o mayores que las entradas para un flujo de aire máximo.

- La posición de una salida tiene poco efecto en el patrón del flujo de aire, pero debe permitir que escape el aire caliente que se eleva.

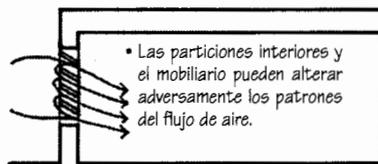
- Las entradas bajas conducen el flujo de aire a los ocupantes.



- Las salientes del techo aumentan el flujo de aire que entra.



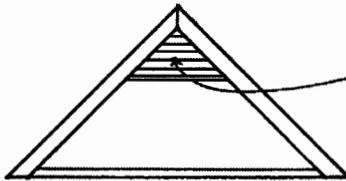
- Las salientes sobre los vanos conducen el flujo hacia arriba, lo que puede ser inconveniente para el enfriamiento.



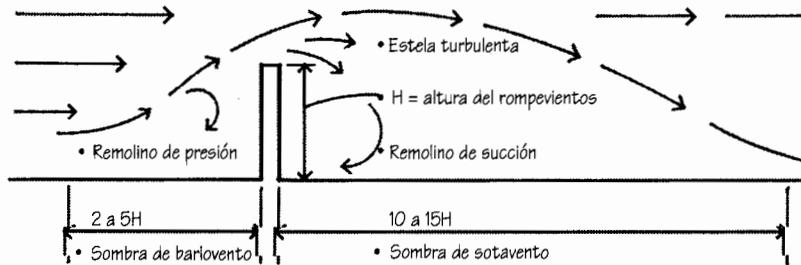
- Las particiones interiores y el mobiliario pueden alterar adversamente los patrones del flujo de aire.

- Las ranuras en las salientes ecualizan la presión externa.

- Las persianas pueden redireccionar y difundir benéficamente el flujo de aire.



Véase 7.45 para la ventilación de los espacios ocultos.



La dirección y la velocidad de los vientos dominantes en un sitio son consideraciones importantes en todas las regiones climáticas. Las variaciones estacionales y diarias del viento deben considerarse cuidadosamente en la evaluación de su potencial para la ventilación de espacios interiores y patios al aire libre en clima cálido, ya que son causa de pérdida de calor en clima frío e imponen cargas laterales en la estructura de un edificio.

La ventilación inducida por el viento de los espacios interiores ayuda al intercambio de aire que es necesario para la salud y para la remoción de olores. En clima cálido, y especialmente en climas húmedos, la ventilación es benéfica para el enfriamiento por convección o por evaporación. La ventilación natural también reduce la energía requerida por los ventiladores y por el equipo mecánico.

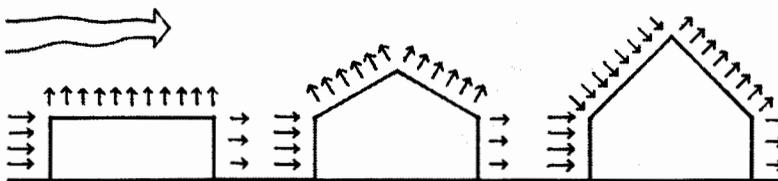
El movimiento del aire en un edificio se genera por diferencias de presión de aire y de temperatura. Los patrones resultantes de flujo de aire se ven más afectados por la geometría y la orientación del edificio que por la velocidad del aire.

Se requiere la ventilación de espacios ocultos y estrechos en el techo para retirar la humedad y controlar la condensación. En clima cálido, la ventilación del ático también puede reducir la ganancia de energía de radiación de la cubierta exterior.

En climas fríos, un edificio debe ser amortiguado contra corrientes frías para reducir la infiltración hacia espacios interiores y disminuir la pérdida de calor. Un rompevientos puede tener la forma de un bancal de tierra, un muro jardinero o una pared densa de árboles. Los rompevientos reducen la velocidad del viento y producen un área de calma relativa en el lado de sotavento. La extensión de esta protección eólica depende de la altura, la profundidad y la densidad del rompevientos, de su orientación con respecto al viento y de la velocidad del viento.

- Un guardabrisa parcialmente penetrable crea un diferencial de presión menor, originándose una protección de viento grande en el lado de sotavento del guardabrisa.

La estructura, los componentes y el revestimiento de un edificio deben anclarse para resistir el volteo, el levantado y el deslizamiento o vibración inducidos por el viento. Este elemento ejerce una presión positiva en las superficies de barlovento de un edificio y en las superficies de los techos de barlovento que tengan una inclinación mayor que 30°. El viento ejerce una presión negativa o una succión en los lados y en las superficies de sotavento y ejerce una presión normal en las superficies de los techos de barlovento que tengan una inclinación menor que 30°. Véase 2.09 para más información sobre fuerzas eólicas.



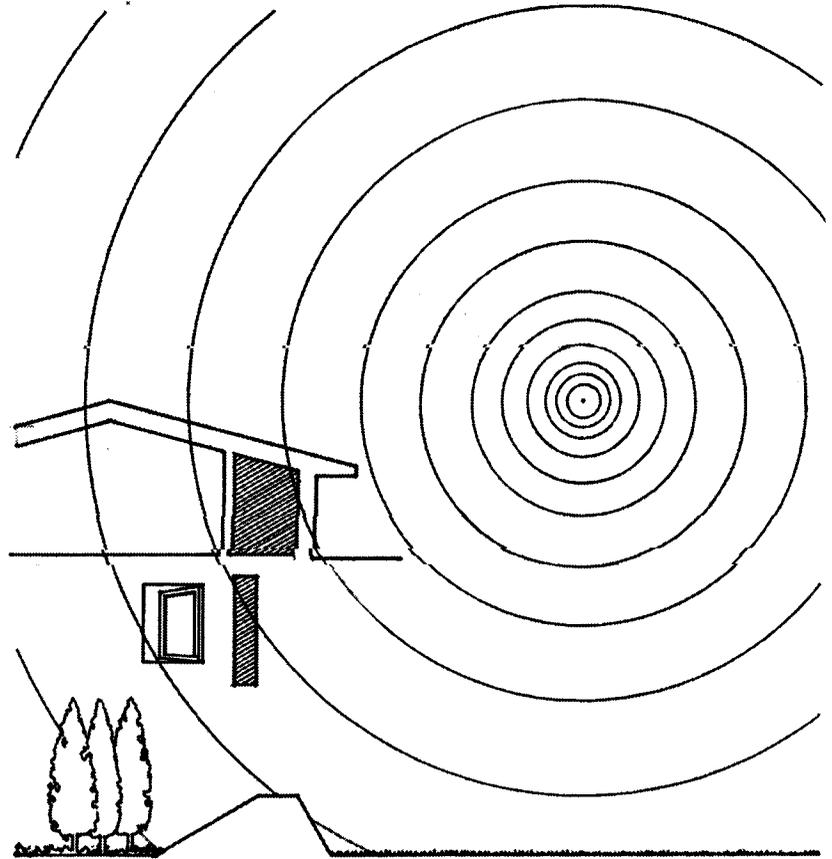
- Techo plano

- Inclinación del techo de hasta 7:12

- Inclinación del techo mayor que 7:12

El sonido requiere una fuente y una trayectoria. Los sonidos o el ruido indeseables del exterior pueden ser causados por el tráfico de vehículos, los aviones y otra maquinaria. La energía sonora que generan viaja por el aire alejándose de la fuente en todas direcciones en una onda que se expande continuamente. Sin embargo, esta energía sonora disminuye en intensidad a medida que se dispersa en un área mayor. Por lo tanto, para reducir el impacto del ruido del exterior, la primera consideración debe ser la distancia —un edificio debe ubicarse tan alejado de la fuente de ruido como sea posible. Cuando la ubicación o las dimensiones de un sitio no lo permiten, entonces los espacios interiores de un edificio pueden protegerse de la fuente de ruido de las siguientes maneras:

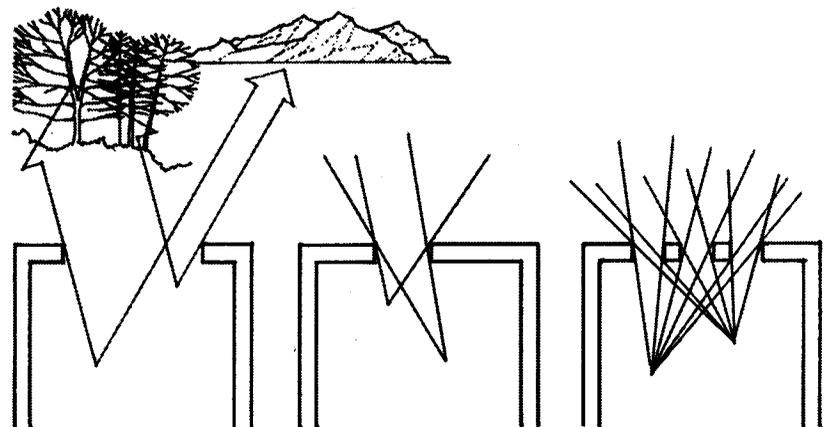
- Usar zonas del edificio como amortiguador en las cuales el ruido puede tolerarse, por ejemplo, áreas mecánicas, de servicio y de servicios públicos.
- Emplear materiales de construcción y ensambles de construcción diseñados para reducir la transmisión de sonido por el aire o por la estructura.
- Orientar los vanos de puertas y ventanas alejándolos de las fuentes de ruido indeseable.
- Colocar una masa física, como bermas de tierra, entre la fuente de ruido y el edificio.
- Utilizar plantaciones densas de árboles y arbustos, que pueden ser efectivas en la difusión o la dispersión del sonido.
- Sembrar pasto u otra cubierta vegetal, que es más absorbente que las superficies duras y reflectoras de los pavimentos.



Un aspecto importante de la planificación de un sitio es la orientación de los espacios interiores del edificio hacia las atracciones y características de un sitio. Dada la orientación apropiada, los vanos de las ventanas en estos espacios deben situarse no solamente para satisfacer los requerimientos de luz natural y de ventilación, sino también para revelar y enmarcar vistas agradables. Dependiendo de la ubicación del sitio, estas vistas pueden ser de naturaleza cercana o distante. Incluso si no hay vistas agradables, puede crearse un panorama agradable dentro del sitio del edificio mediante el paisajismo.

Una ventana puede crearse en un muro de varias maneras, dependiendo de la naturaleza de la vista y de la manera en que se encuadre en la construcción del muro. Es importante observar que el tamaño y la ubicación de las ventanas también afectan la calidad espacial y la iluminación diurna de una habitación, así como el potencial de la ganancia o pérdida de calor.

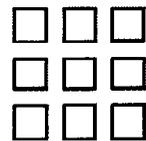
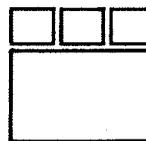
- Las ventanas que miran al sur pueden sombreadse efectivamente al tiempo que admiten luz diurna.
- Las ventanas que miran al norte están expuestas a los vientos de invierno en climas fríos.
- Las ventanas que miran al este y al oeste son fuentes de sobrecalentamiento y es difícil sombrearlas con efectividad.



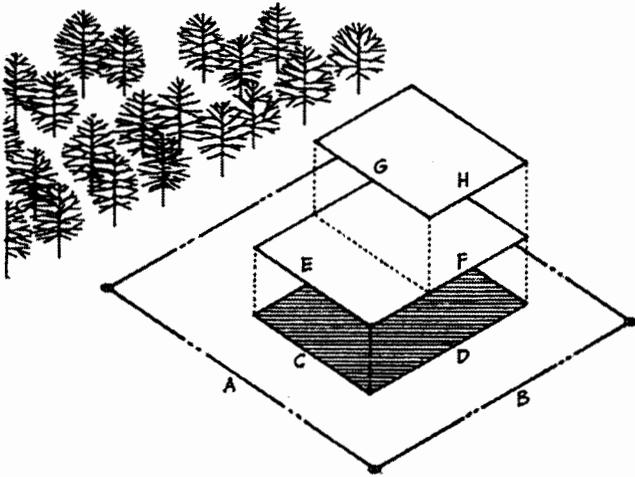
• Vista expansiva

• Vista restringida

• Vista filtrada



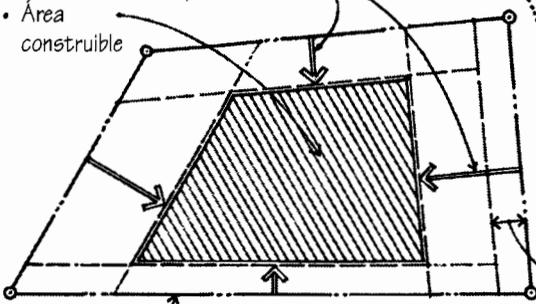
# 1.20 FACTORES REGULADORES



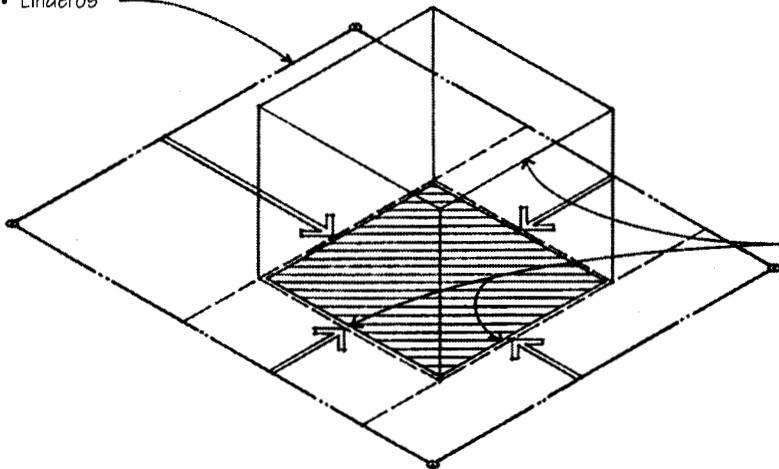
- Porcentaje de cobertura permisible del predio =  $(C \times D) / (A \times B)$
- Porcentaje del área de piso total permisible =  $[(C \times D) + (E \times F) + (G \times H)] / (A \times B)$

- Porcentaje de ancho o profundidad permisibles =  $C/A$  o  $D/B$

- Derecho de paso requerido para el frente, el lado y la parte trasera
- Área construible



- Linderos



El reglamento de zonificación se promulga en una municipalidad o un distrito de uso del suelo para administrar el crecimiento, regular los patrones de uso del suelo, controlar la densidad de edificación, encauzar el desarrollo a áreas con servicios y atracciones adecuados, proteger las áreas ambientalmente sensibles y conservar espacios abiertos.

Para cualquier sitio de edificación, un reglamento de zonificación regula tanto el tipo de actividades que puedan llevarse a cabo ahí como la ubicación y el volumen del edificio o de los edificios que se construyen para alojar estas actividades. El propósito de tal reglamento es que permita que una extensión de terreno bastante grande se desarrolle como una entidad individual para tener mayor flexibilidad en la ubicación, el agrupamiento, el tamaño y el uso de las estructuras.

Es importante entender cómo un reglamento de zonificación puede restringir el tamaño y la forma permisibles de un edificio. El volumen de un edificio se regula directamente al especificar diferentes aspectos de su tamaño.

- La cantidad de terreno que puede cubrir la estructura de un edificio y el área total de piso que puede construirse se expresan como porcentajes del área del predio.
- El ancho y la profundidad máximos que puede tener un edificio se expresan como porcentajes de las dimensiones del sitio.
- El reglamento de zonificación también especifica qué tan alta puede ser la estructura del edificio.
- El tamaño y la forma de un edificio también se controlan indirectamente especificando las distancias mínimas requeridas desde la estructura hasta los linderos del sitio con objeto de suministrar aire, luz, exposición al sol y privacidad.

Los derechos de paso y de vía existentes pueden limitar aún más el área de construcción de un sitio.

- El derecho de paso es un derecho legal que tiene una parte para ejercer un uso limitado del terreno de otro, como por ejemplo el derecho de vía o el acceso a luz y aire.
- Un derecho de vía es un derecho legal que se otorga a una parte o al público para que atraviese el terreno de otro, como por ejemplo el acceso o la construcción y mantenimiento de líneas de servicios públicos.

Todos los requerimientos anteriores, junto con cualquier restricción del tipo y la densidad del uso, definen una envolvente tridimensional más allá de la cual no puede prolongarse el volumen de un edificio. Referirse al reglamento de zonificación aplicable para requerimientos específicos.

Pueden existir exclusiones de los requerimientos generales de un reglamento de zonificación en la forma de excepciones o tolerancias. Se pueden hacer excepciones en el derecho de vía normal para:

- Proyecciones de características arquitectónicas, como aleros de techos, cornisas, ventanas de crujea y balcones.
- Estructuras complementarias como plataformas de bajo nivel, cercas y cobertizos para automóviles o garages.
- Precedentes establecidos por estructuras circundantes existentes.

Con frecuencia se hacen excepciones en sitios con declive, o en sitios adyacentes a espacios públicos abiertos.

- Puede permitirse que los techos inclinados, las chimeneas y otras salientes del techo se prolonguen más allá de la limitación normal de la altura.
- El límite de altura puede relacionarse directamente con la pendiente de un sitio.
- Se puede hacer una reducción en los requerimientos de derecho de vía para sitios con inclinación o para sitios que estén frente a un espacio abierto.

Con objeto de suministrar luz, aire y espacio adecuados, y para mejorar la apariencia de la calle y el ambiente de los peatones, pueden existir requerimientos para:

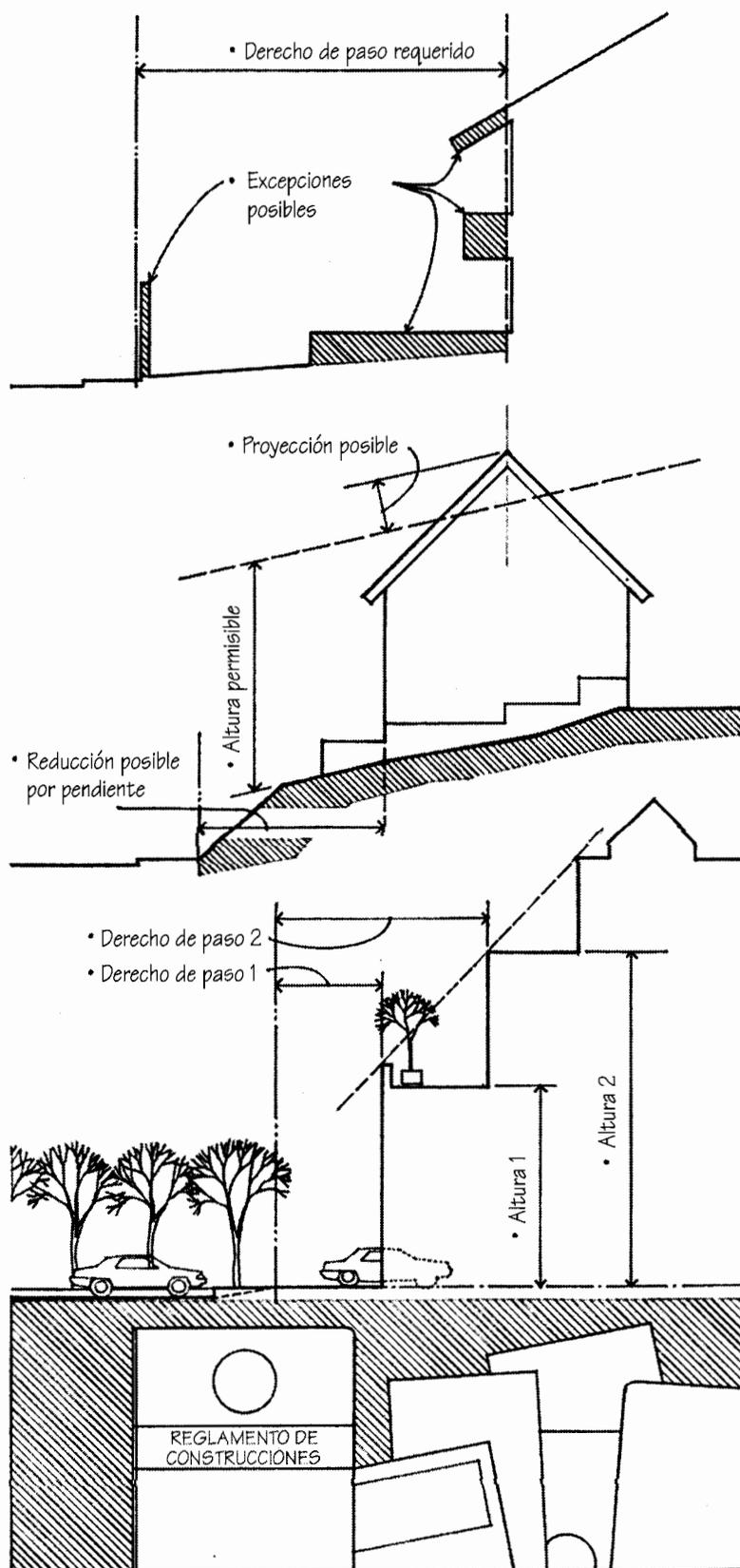
- Espacios abiertos accesibles al público.
- Derecho de vía adicional si la estructura se levanta por arriba de cierta altura.
- Modulación de la fachada de un edificio que está frente a un espacio público.
- Acceso para los vehículos y estacionamiento en la calle.

El reglamento de zonificación también puede contener requerimientos que se aplican solamente a categorías específicas de uso, así como procedimientos para solicitar un cambio en el reglamento.

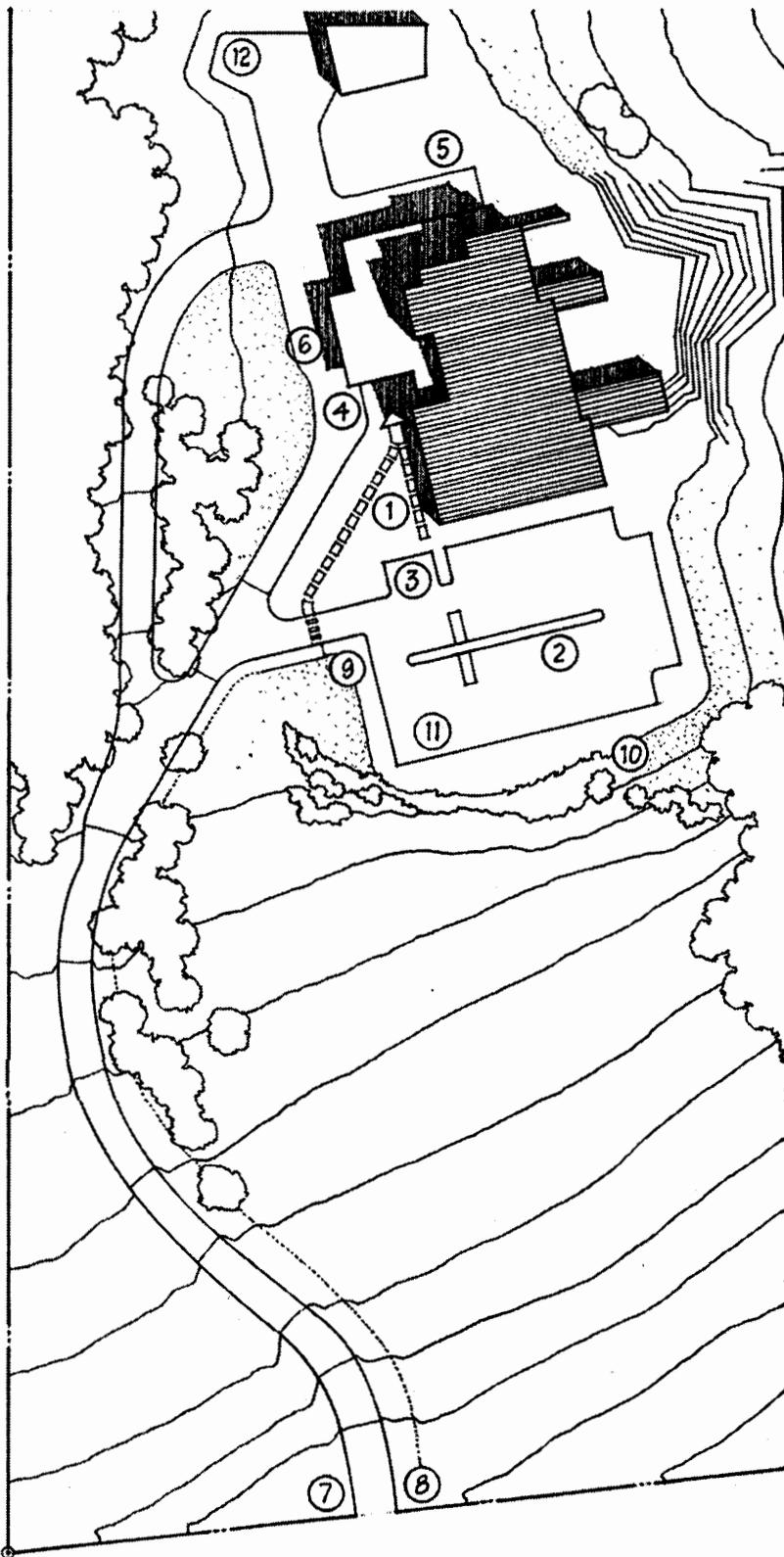
- Los convenios restrictivos son disposiciones en una escritura que restringen la acción de cualquier parte en ella, como un acuerdo entre los dueños de la propiedad que especifique el uso que se le puede dar. Las restricciones raciales y religiosas son inaplicables legalmente.

Existen otros instrumentos reguladores que afectan la manera en que se sitúan y construyen los edificios. Estos estatutos —generalmente denominados reglamento de construcciones— establecen la relación entre:

- El tipo de inquilinos que alberga un edificio.
- La clasificación de incombustibilidad de su estructura y de su construcción.
- La altura y las áreas de piso permisibles del edificio y su separación de las estructuras vecinas.
- Véase 2.05 para mayor información sobre el reglamento de construcción.



## 1.22 ACCESO Y CIRCULACIONES DEL SITIO



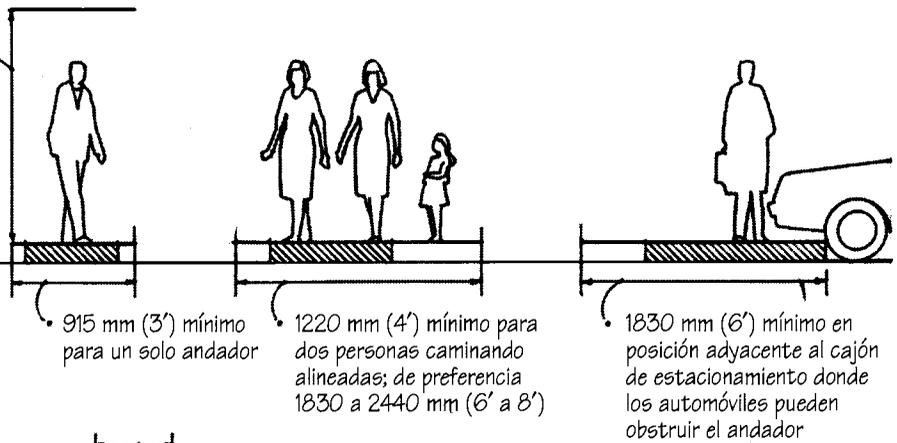
El acceso y circulaciones para peatones, automóviles y vehículos de servicio son aspectos importantes de la planificación de un sitio, que influye tanto en la ubicación de un edificio como en la orientación de sus entradas. Aquí y en las siguientes páginas se esbozan los criterios fundamentales para la estimación y la disposición del espacio requerido para andadores, calzadas y áreas de estacionamiento.

1. Diseñar un acceso seguro y conveniente para los peatones; también, el desplazamiento hacia las entradas de los edificios desde las áreas de estacionamiento o paraderos de transporte público debe cruzar el mínimo de las calzadas.
2. Determinar el número de cajones de estacionamiento que se requieren según el reglamento de zonificación para el tipo de ocupación y el número total de unidades o de área de piso del edificio.
3. Determinar el número de cajones de estacionamiento accesibles, así como cortes de guarnición y rampas requeridos por la ley local, estatal o federal.
4. Diseñar zonas de carga para autobuses y otros vehículos de transporte público cuando sea aplicable.
5. Separar las áreas de servicio y de carga de camiones de los peatones y del tráfico de automóviles.
6. Asignar un acceso para los vehículos de emergencia, como camiones de bomberos y ambulancias.
7. Establecer el ancho y la ubicación requeridos de los cortes en la guarnición y la distancia apropiada con respecto a las intersecciones de las calles públicas.
8. Asegurarse de que no se interfiera la visión de los conductores de vehículos que se integran a la circulación.
9. Planificar el control del acceso a áreas de estacionamiento cuando se requiera.
10. Suministrar un espacio para el paisaje; el reglamento de zonificación puede requerir que se oculten las áreas de estacionamiento.
11. Dar pendiente para el drenaje a los andadores pavimentados y a las áreas de estacionamiento.
12. Suministrar espacio para el equipo de remoción de nieve en climas fríos.

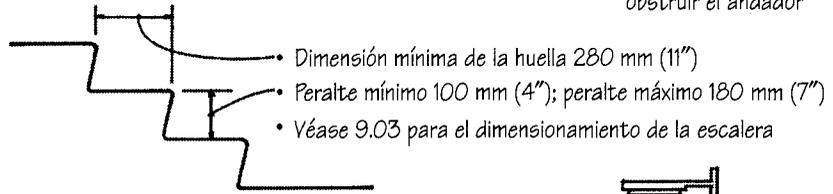
• Ilustración adaptada del plano de sitio de Carré House, diseñada por Alvar Aalto.

- Altura libre mínima de 2285 mm (7'-6").
- Minimizar los conflictos con las calzadas y las áreas de estacionamiento.
- Suministrar tracción en áreas sujetas a condiciones de hielo.
- Pendiente mínima de 0.5% para el drenaje, de preferencia 1.5%.

Andadores para peatones



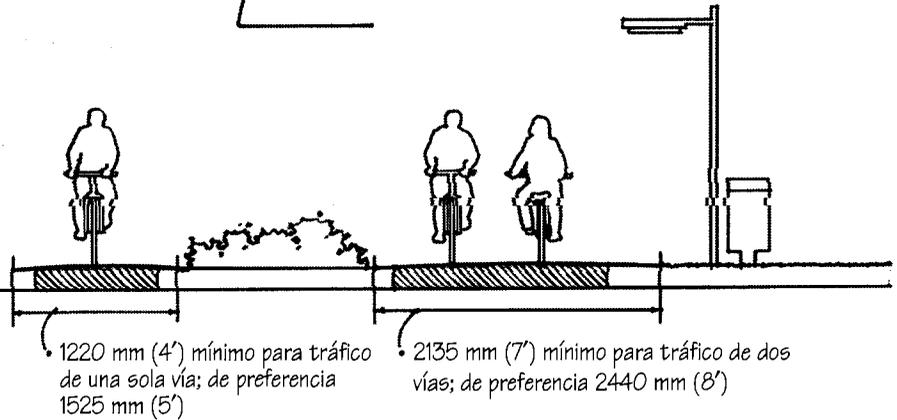
- Tres peraltes como mínimo por tramo de escalera.
- Se requieren pasamanos en escaleras que tengan cuatro o más peraltes, o si existen condiciones de hielo.



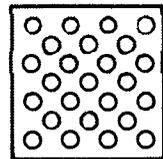
Escaleras exteriores

- Suministrar accesorios atractivos, como bancas, botes de basura e iluminación.

Senderos de bicicletas

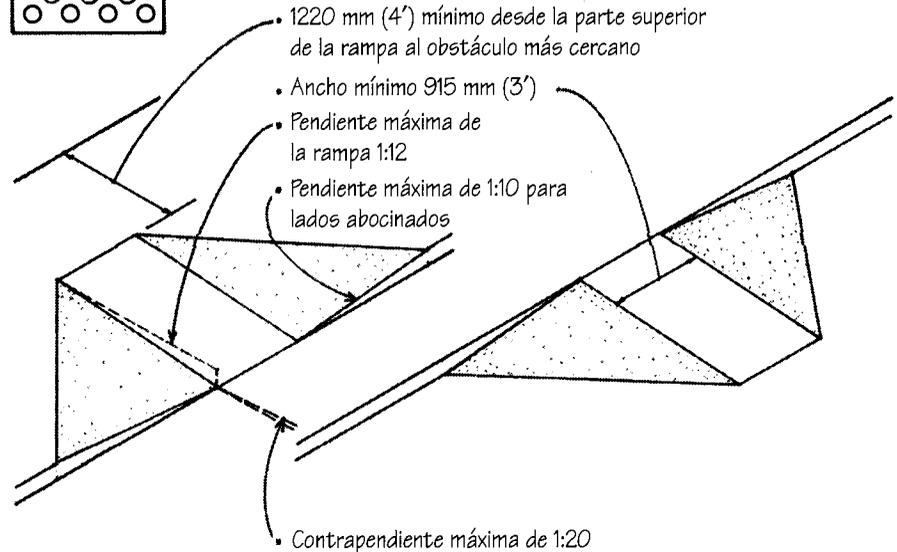
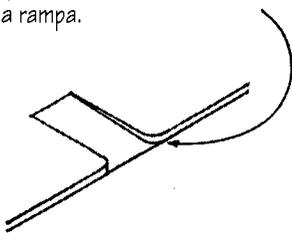


- Evite las irregularidades superficiales que puedan impedir el tránsito de sillas de ruedas.
- Instale tiras de advertencia táctiles para los ciegos en los cambios de pendiente y en las áreas de vehículos de alto riesgo.
- Véase A.03 ADA Accessibility Guidelines para los lineamientos de accesibilidad.



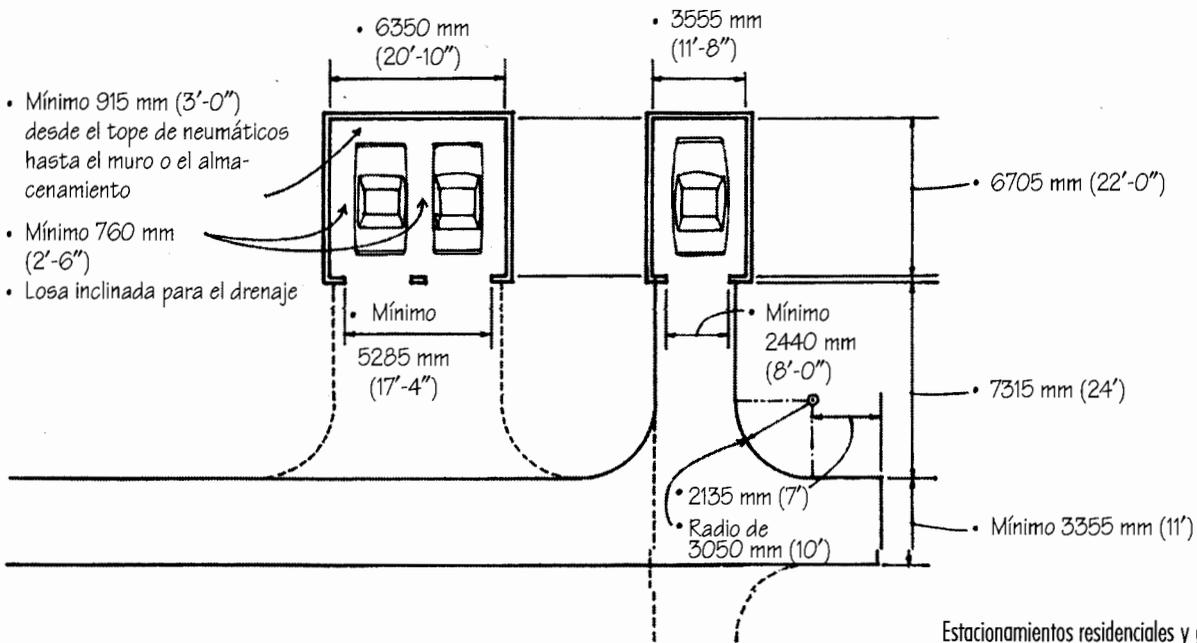
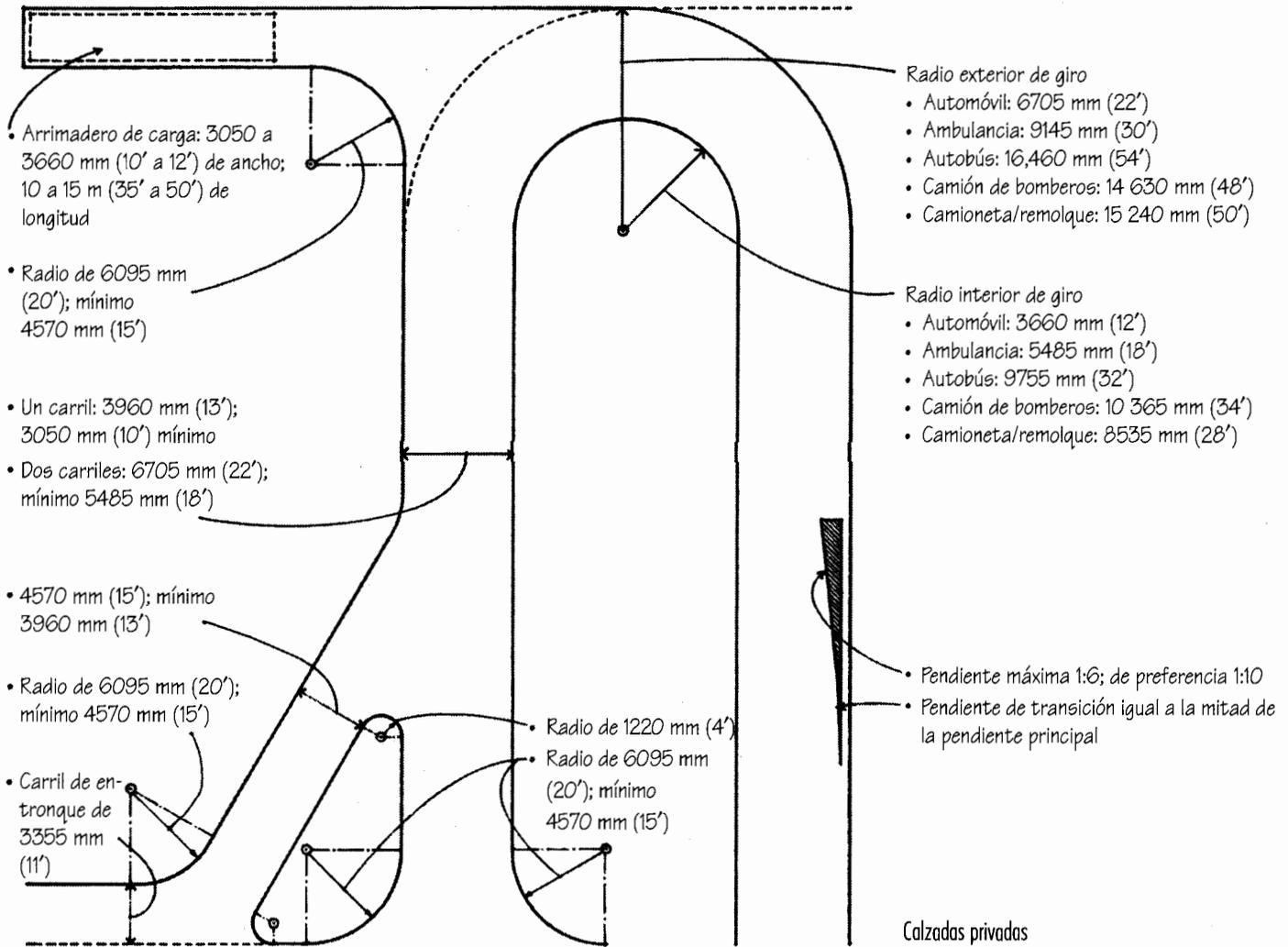
Lineamientos de accesibilidad ADA

- Se requieren rampas en la guarnición siempre que una ruta de acceso cruce una guarnición.
- La superficie de la rampa debe ser estable, firme y antiderrapante.
- Las guarniciones redondeadas son permisibles donde los peatones normalmente no caminan a través de la rampa.



Rampas de guarnición

# 1.24 CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS



**Dimensiones del vehículo**

- Automóvil compacto: 1725 X 4875 mm (5'-8" X 16'-0")
- Automóvil estándar: 1980 X 5485 mm (6'-6" X 18'-0")

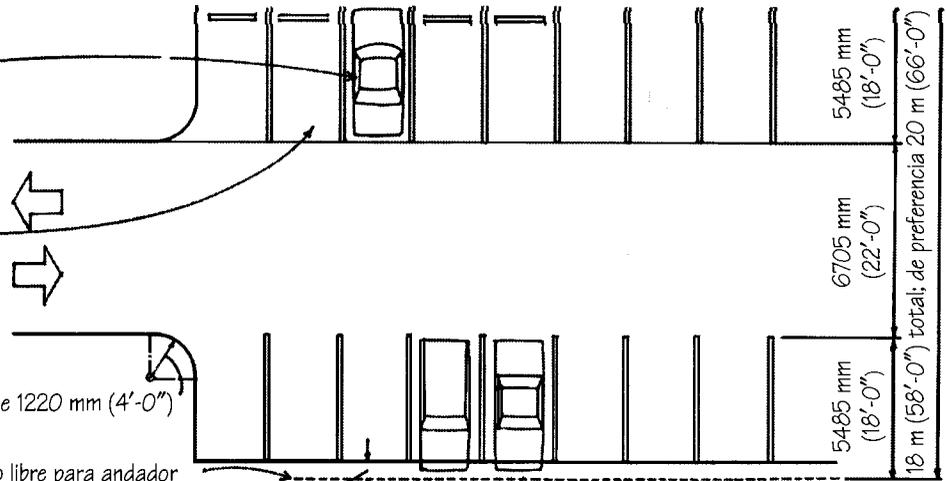
**Cajones de estacionamiento**

- Automóviles estándar: 2590 a 2745 mm (8'-6" a 9'-0") X 5485 a 6095 mm (18'-0" a 20'-0")
- Automóviles compactos: 2440 mm (8'-0") X 4875 mm (16'-0")

- Pendiente de 1% a 5% para drenaje, se recomienda de 2% a 3%

• Radio de 1220 mm (4'-0")

- Espacio libre para andador
- 760 mm (2'-6") hasta el andador o el tope de neumáticos
- Guarnición o tope de neumáticos



**Estacionamientos**

- Altura libre mínima 2135 mm (7'-0")

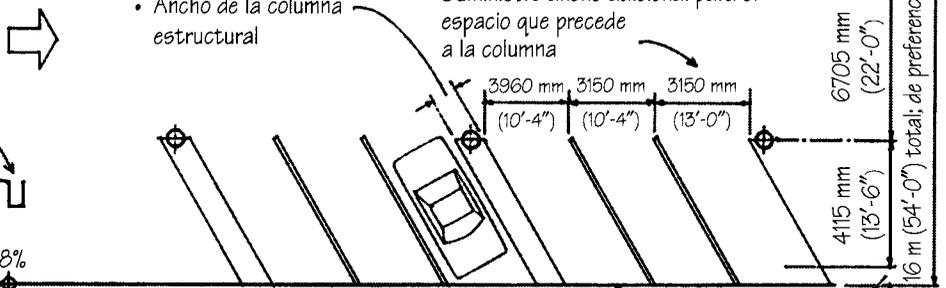
• 8%

• 16% 8%

- La pendiente de transición es igual a la mitad de la pendiente de la rampa; longitud de 3050 mm (10').

- Ancho de la columna estructural
- Suministre ancho adicional para el espacio que precede a la columna

3960 mm (10'-4") 3150 mm (10'-4") 3150 mm (13'-0")



- Línea del muro
- 760 mm (2'-6")

**Rampas de garage**

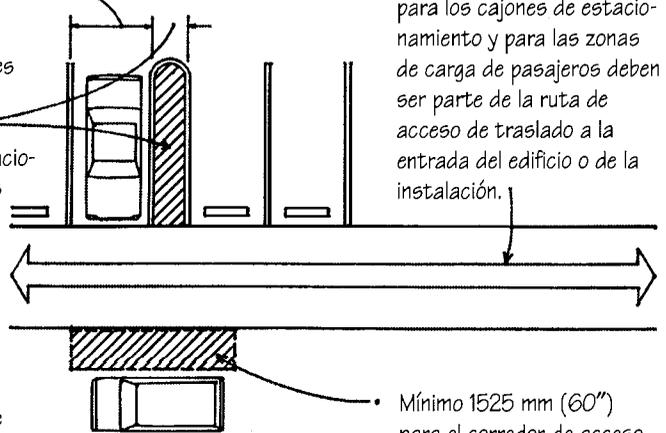


- Ancho mínimo 2440 mm (96")
- Mínimo 1525 mm (60") para el corredor de acceso; puede ser compartido por dos cajones de estacionamiento que sean accesibles.

- Identifique los cajones de estacionamiento para discapacitados con un letrero que muestre el símbolo internacional para discapacitados.

- Los cajones de estacionamiento para vans que usan personas discapacitadas deben tener una altura libre de 2490 mm (98") y un corredor de acceso de cuando menos 2440 mm (96") de ancho.

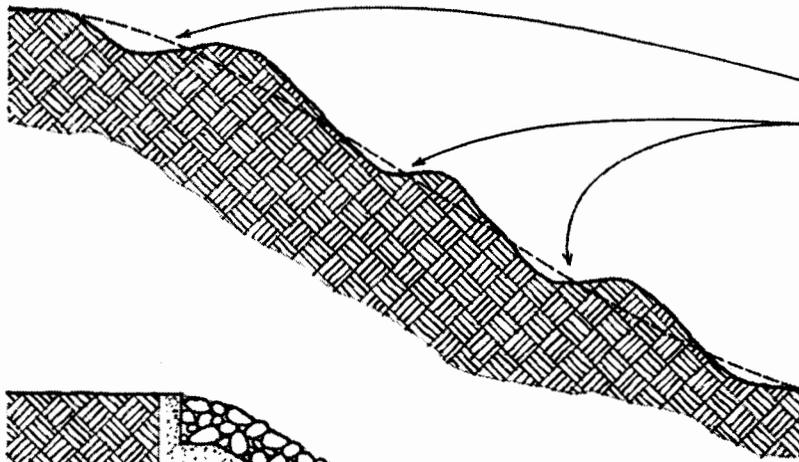
- Los corredores de acceso para los cajones de estacionamiento y para las zonas de carga de pasajeros deben ser parte de la ruta de acceso de traslado a la entrada del edificio o de la instalación.



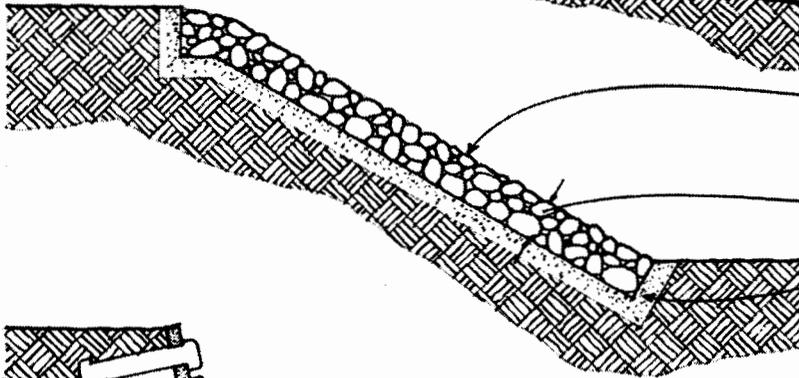
- Mínimo 1525 mm (60") para el corredor de acceso, 6 m (20') de longitud para zonas de carga de pasajeros adyacentes y paralelas al espacio para que el vehículo se orille.

**Lineamientos de accesibilidad ADA**

## 1.26 PROTECCIÓN DE TALUDES

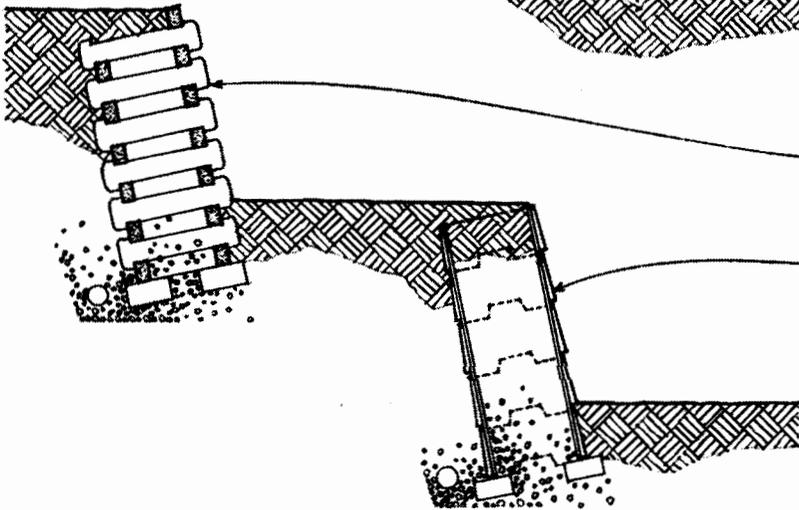


Los taludes requieren algún medio de estabilización si están sujetos a la erosión por el escurrimiento directo de agua superficial. La necesidad de estabilización puede reducirse desviando el escurrimiento directo en la parte superior del talud, o creando una serie de terrazas para reducir la velocidad del escurrimiento directo.



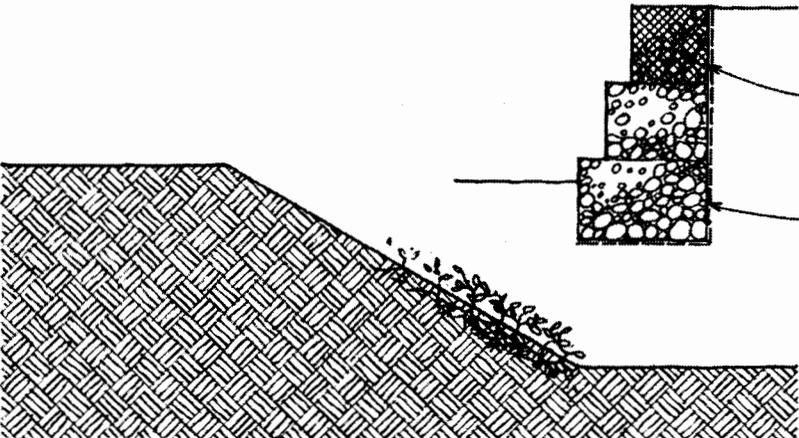
El principal medio mecánico para proteger un terraplén de la erosión es un revestimiento de piedraplén o de gabiones (cantos rodados).

- El piedraplén es una capa de piedras quebradas irregularmente y de tamaño mediano que se colocan en la pendiente de un terraplén para evitar la erosión.
- La profundidad de la capa debe ser mayor que el tamaño máximo de la piedra.
- Material geotextil o arena y grava graduadas para el drenaje.



También se pueden emplear encubados o muros de arcones para retener y proteger los terraplenes empinados.

- El encubado es una armazón celular de miembros cuadrados de acero, concreto o madera, ensamblado en capas en ángulo recto, y lleno con tierra o piedras.
- Un muro de arcones es una contención por gravedad formado con unidades de concreto precolado modulares apiladas e intertrabadas con los huecos rellenos con piedra o grava trituradas.



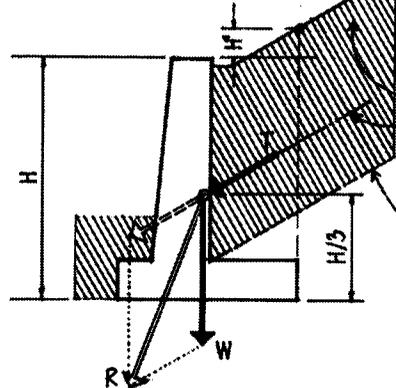
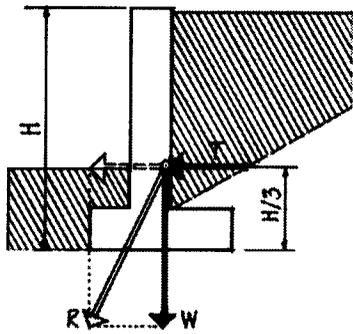
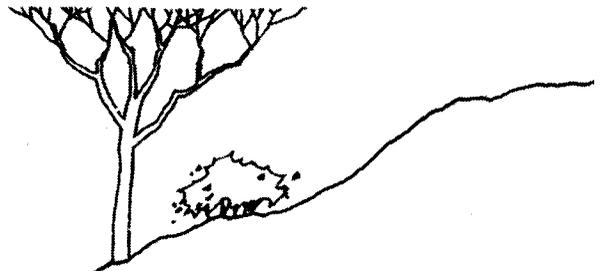
Los gabiones son canastas de alambre recubiertas con PVC, llenas con piedras y apiladas para formar un contrafuerte o una estructura de retención, o como piedraplén para estabilizar un terraplén.

- Material geotextil o arena y grava graduadas para el drenaje.

Un medio natural de estabilización incluye los cementantes de suelo –vegetación que inhibe o evita la erosión mediante una cubierta vegetal y al formar una densa red de raíces que cementan al suelo.

Cuando un cambio en la elevación del suelo excede su ángulo de reposo, se hace necesario un muro de contención para retener la masa de tierra en el lado cuesta arriba del cambio de pendiente.

Un muro de contención debe diseñarse y construirse para que resista la presión lateral del suelo que se retiene. Esta presión activa aumenta proporcionalmente desde cero en el nivel superior de la cuesta hasta un valor máximo en la profundidad máxima del muro. Puede suponerse que la presión total o empuje actúa pasando por el centroide del patrón triangular de distribución, a un tercio por arriba de la base del muro.



La sobrecarga es una carga adicional, que es la de la tierra que está por encima del muro de contención. La línea de empuje es paralela a la pendiente de la sobrecarga.

Suponer 33° como el ángulo de reposo de la mayoría de los suelos. Véase 1.05 para el ángulo de reposo de terrenos de suelo sin revestir.

$T = 0.286 \times 5H^2/2$

T = presión total o empuje

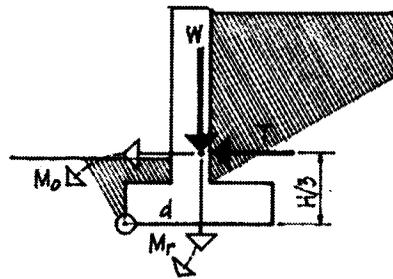
S = peso de suelo retenido; valor típico de 1600 kg/m<sup>3</sup> (100 lb/pie<sup>3</sup>)

W = peso compuesto del muro que actúa pasando por el centroide de la sección

R = resultante de T y W

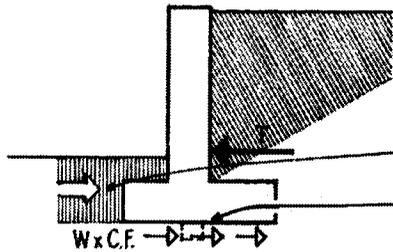
$T = 0.833 \times S(H + H')^2/2$  (para un muro de contención con sobrecarga)

Un muro de contención puede fallar por volteo, deslizamiento horizontal o asentamiento excesivo.



El empuje tiende a voltear al muro alrededor del pie de la base.

Para evitar que un muro de contención se voltee, el momento resistente (Mr) del peso compuesto del muro y de cualquier porción de suelo que ejerza una presión sobre el pie de la base (W x d) debe contrarrestar al momento de volteo (M0) creado por la presión del suelo (T x H/3). Usando un factor de seguridad de 2, Mr ≥ 2M0.

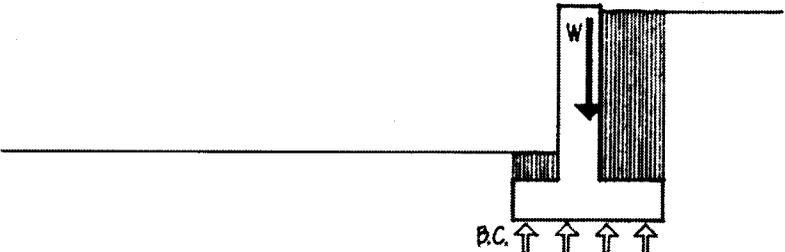


Para evitar el deslizamiento de un muro de contención, el peso compuesto del muro multiplicado por el coeficiente de fricción del suelo que sustenta al muro (W x C. F.) debe contrarrestar el empuje lateral sobre el muro (T). Usando un factor de seguridad de 1.5, W x C. F. ≥ 1.5 T.

La presión pasiva del suelo que estriba en el nivel inferior del muro ayuda a resistir el empuje lateral (T).

Un rediente también aumenta la resistencia del muro al deslizamiento.

Coefficientes promedio de fricción: grava, 0.6; limo/arcilla seca, 0.5; arena, 0.4; arcilla húmeda, 0.3.



Para evitar el asentamiento de un muro de contención, la fuerza vertical (W) no debe exceder a la capacidad de carga del suelo (B. C.), donde W = peso del muro y cualquier porción de suelo que ejerza una presión sobre la base más el componente vertical del empuje del suelo para un muro con sobrecarga. Usando un factor de seguridad de 1.5, B. C. ≥ 1.5 W/A.

# 1.28 MUROS DE CONTENCIÓN

## Muros de contención de concreto reforzado

Los siguientes lineamientos de diseño son solamente para un diseño preliminar. Consultar a un ingeniero especializado en estructuras para el diseño final, especialmente cuando un muro de contención se construya en suelo adverso o esté sujeto a sobrecarga o a cargas vivas.

### Muro de gravedad

Un muro de contención de gravedad resiste el volteo y el deslizamiento únicamente por el peso y el volumen de su masa. Los muros de gravedad pueden usarse para estructuras de retención menores que 3048 mm (10') de altura.

### Muro en cantilever tipo T

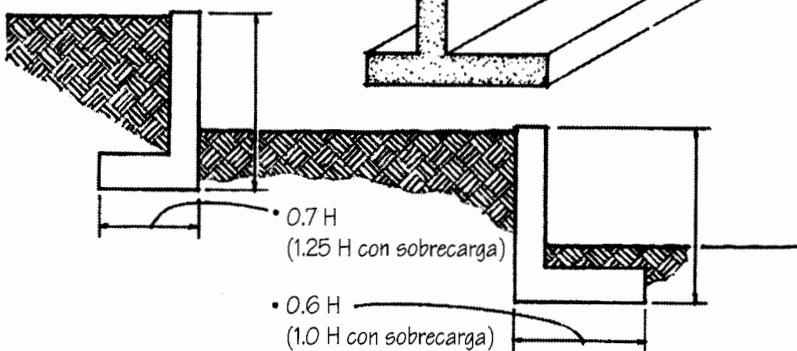
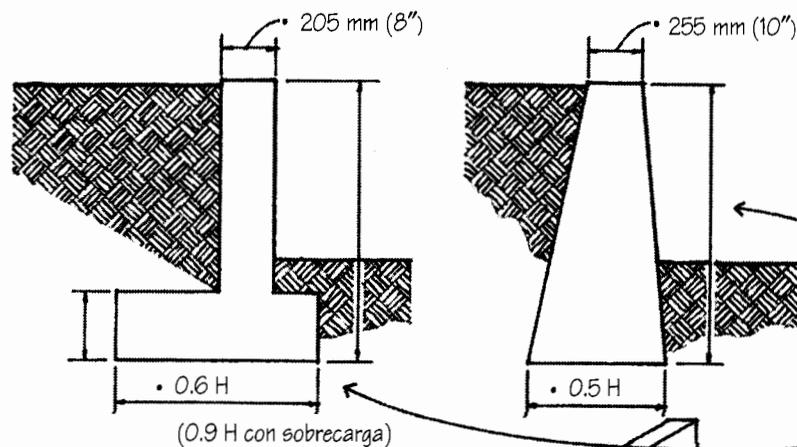
Los muros en cantilever de concreto reforzado se usan para muros de retención de hasta 6096 mm (20') de altura. Por encima de esta altura, se emplean muros con contrafuertes.

### Muro con contrafuertes

Un muro con contrafuertes utiliza muros transversales con forma triangular para dar rigidez a la losa vertical y añadir peso a la base. Los contrafuertes se colocan a intervalos regulares iguales a la mitad de la altura del muro.

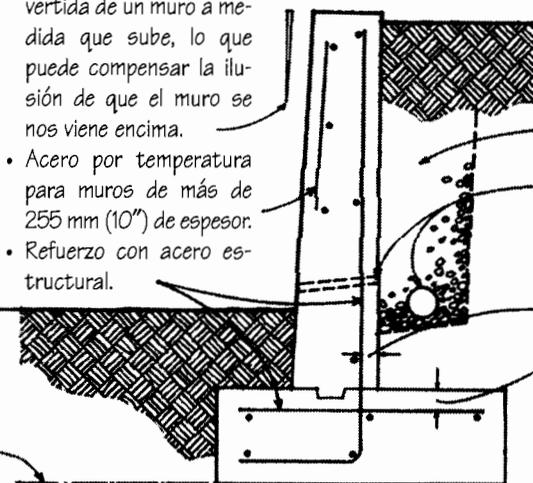
### Muro en cantilever tipo L

Este tipo de muro de contención se usa cuando el muro estriba en un lindero u otra obstrucción.



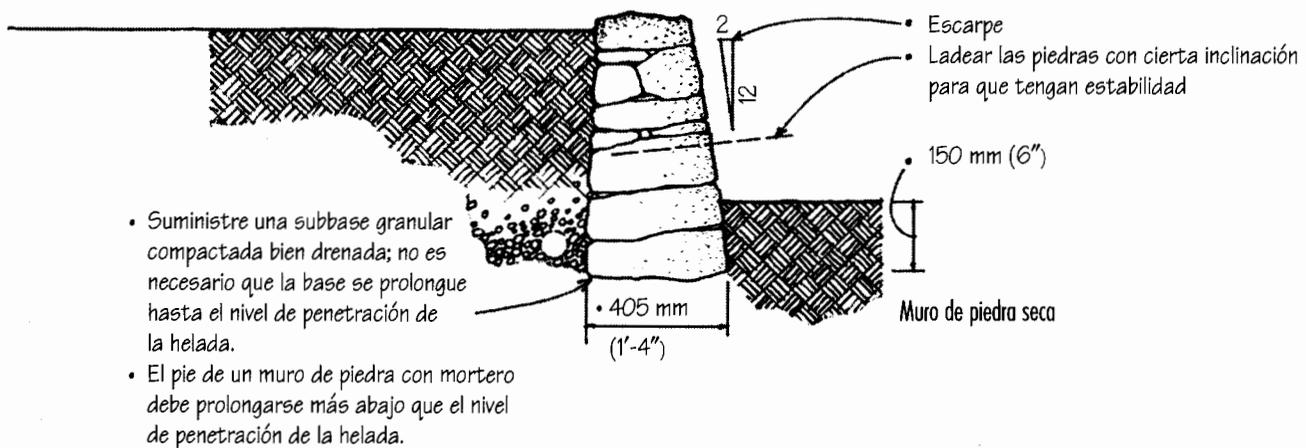
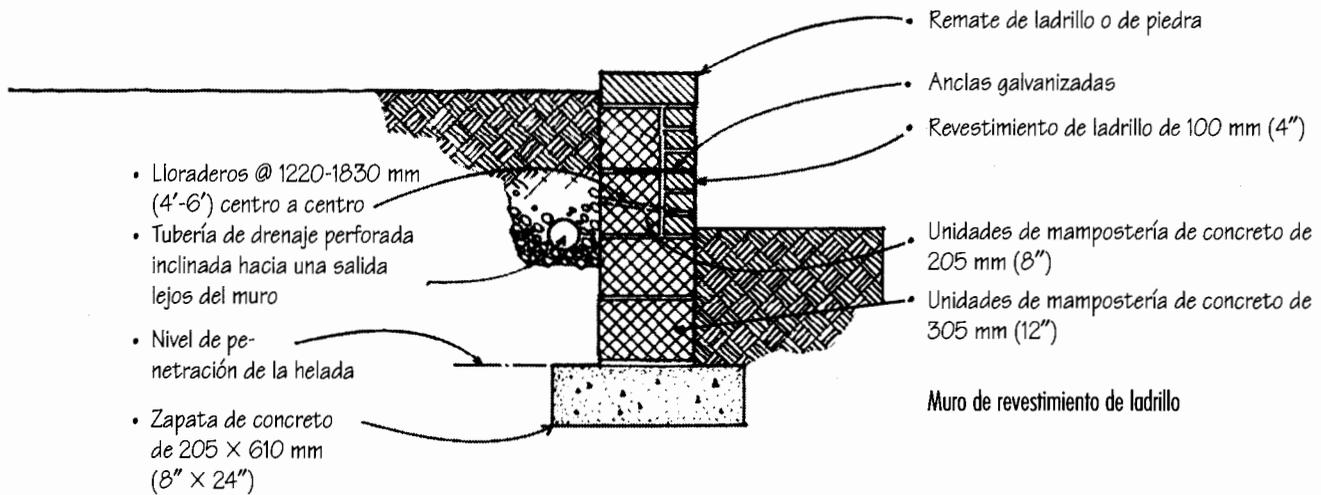
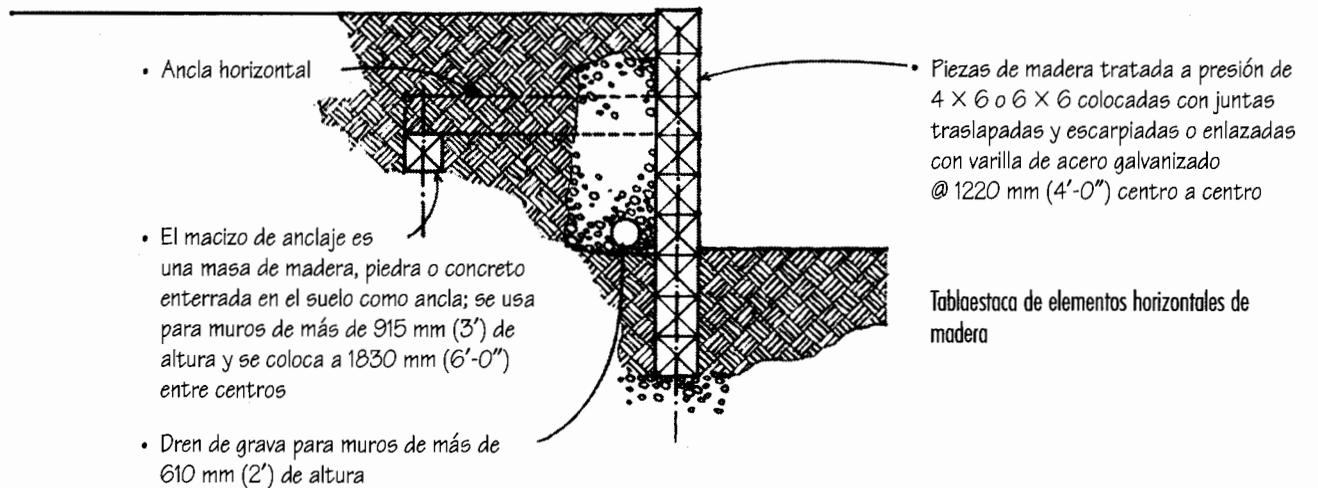
- El escarpe se refiere a la cara con pendiente invertida de un muro a medida que sube, lo que puede compensar la ilusión de que el muro se nos viene encima.
- Acero por temperatura para muros de más de 255 mm (10") de espesor.
- Refuerzo con acero estructural.

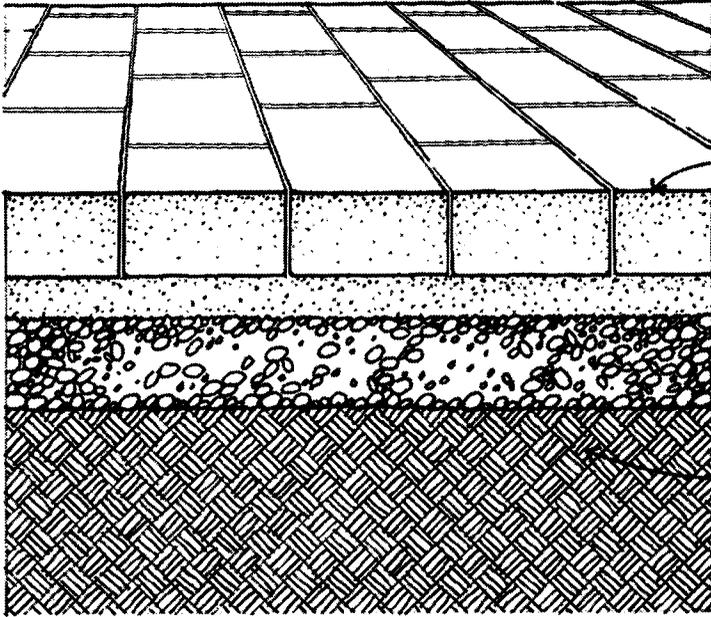
• La zapata debe prolongarse debajo del nivel de penetración de la helada o 610 mm (2') debajo de la rasante de nivel más bajo, cualquiera que sea mayor.



- Puede requerirse de un sistema de drenaje para aliviar la acumulación de la presión hidráulica detrás del muro.
- Colchón de drenaje con material geotextil o relleno de grava porosa
- Lloraderos de 51 mm (2") de diámetro @ 1220-1830 mm (4'-6") centro a centro, o manguera perforada inclinada a una salida lejos del muro
- Mínimo 51 mm (2")
- Mínimo 75 mm (3")
- Suministre juntas de control vertical @ 7620 mm (25') centro a centro y juntas de expansión vertical a cada cuarta junta de control.

En muros de contención relativamente bajos se puede emplear madera y concreto, ladrillo o mampostería de piedra.





La pavimentación suministra una superficie de desgaste para tráfico de peatones o de vehículos en el sitio. Es una estructura compuesta cuyo espesor y construcción se relacionan directamente con el tipo y la intensidad del tráfico y de las cargas que debe soportar, así como la capacidad de carga y la permeabilidad de la subrasante.

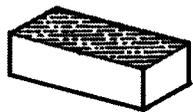
- El pavimento recibe el desgaste del tráfico, protege a la base y transfiere la carga a la estructura base. Existen dos tipos de pavimento: flexible y rígido.
- La base es un cemento de agregado bien graduado que transfiere la carga del pavimento a la subrasante. También evita la inmigración hacia arriba del agua capilar. Las cargas pesadas pueden requerir una capa adicional —una subrasante de agregado más grueso, como piedra triturada.
- La subrasante, que finalmente debe sustentar la carga del pavimento, debe ser suelo no perturbado o relleno compactado. Debido a que puede recibir humedad proveniente de la infiltración, debe tener una pendiente para el drenaje.

Los pavimentos flexibles, que consisten en piezas unitarias de pavimentación de concreto, ladrillo o piedra colocadas sobre un lecho de arena, son ligeramente elásticos y distribuyen las cargas a la subrasante de manera radial. Requieren de cantos de madera, acero, piedra, mampostería o concreto para restringir el movimiento horizontal del material de pavimentación.

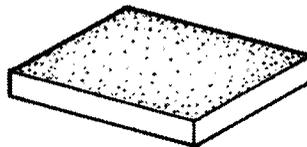
Los pavimentos rígidos, como las losas de concreto reforzado o las unidades de pavimentación argamasadas a una losa de concreto, distribuyen sus cargas internamente y las transfieren a la subrasante sobre un área amplia. Requieren de refuerzo y de una extensión del material base a lo largo de sus cantos.



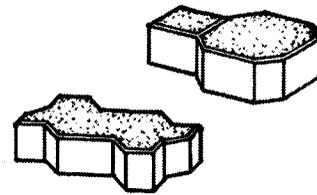
- Pendiente mínima de 1% para el drenaje; el pavimento muy texturizado puede requerir una pendiente mayor.



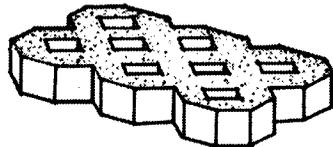
- Adoquinador de ladrillo: 100 × 100, 205, 305; 25-57 mm de espesor (4" × 4", 8", 12"; 1"-2" de espesor).



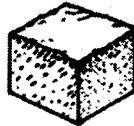
- Adoquinador de loseta de concreto: cuadrado de 305, 455, 610; 38-75 mm (12", 18", 24"; 1½"-3") de espesor



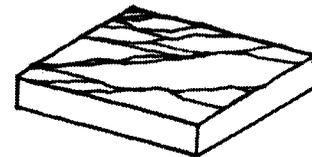
- Adoquinadores entrelazados: 64-90 mm (2½"-3½") de espesor



- Bloque de rejilla o para césped: 90 mm (3½") de espesor



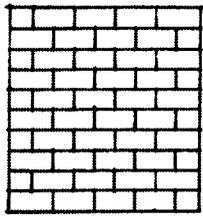
- Pedruzco de granito: cuadrado de 100 o 150 mm; 150 mm de espesor (cuadrado de 4" o 6"; 6" de espesor)



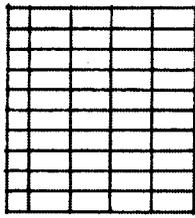
- Cantería: el ancho y la longitud varían; 25-51 mm de espesor (1"-2" de espesor)

### Materiales de pavimentación

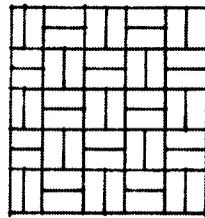
- Consultar al proveedor local en cuanto a disponibilidad de formas, tamaños, colores, texturas, propiedades de absorción, resistencia a la compresión y recomendaciones de instalación.



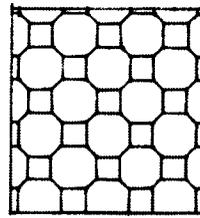
• Trabazón americana



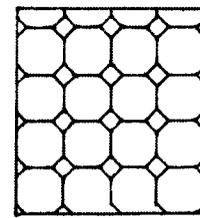
• Trabazón apilada



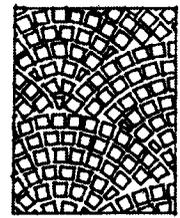
• Trabazón de cesto



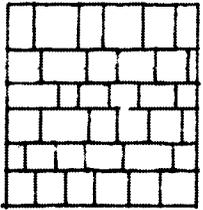
• Trabazón de cesto intercerrada



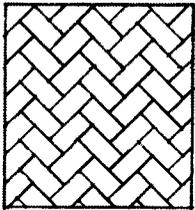
• Octágono y punto



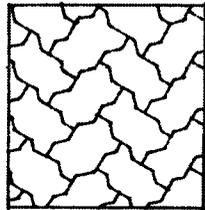
• Matatenas romanas



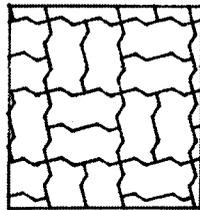
• Sillería en hiladas



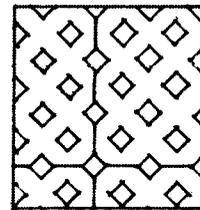
• Espinazo de pescado



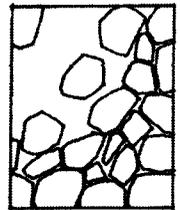
• Espinazo de pescado intercerrado



• Trabazón de cesto intercerrada



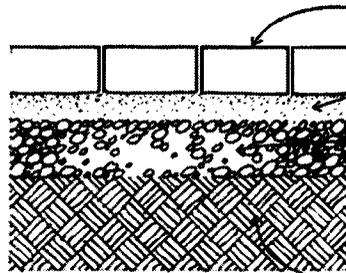
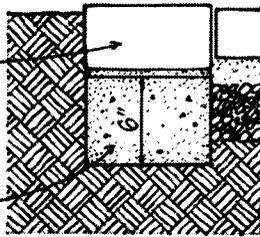
• Bloque para césped



• Piedra al azar

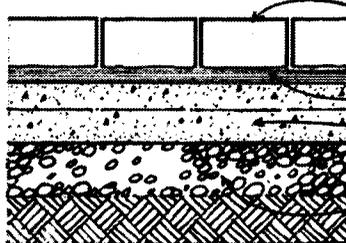
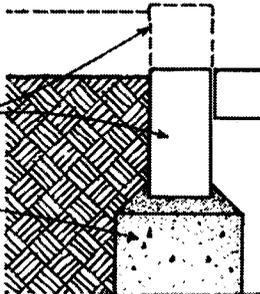
Diseños para pavimentos

- Elemento pavimentador sobre lecho de mortero, asentado de cara o de canto
- Zapata de concreto; coloque grava bajo la zapata si el nivel de penetración de la helada es más profundo que la zapata.



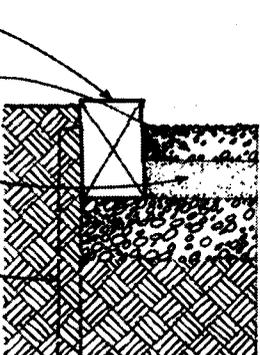
Base flexible

- Elemento pavimentador colocado en dirección vertical sobre lecho de mortero; el elemento puede prolongarse 1/2 adicional de su altura para formar la guarnición.
- Zapata de concreto

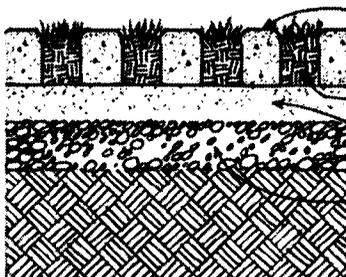


Base rígida

- Canto o guarnición de madera tratada a presión de 2x, 4x, o 6x
- Capa de 51 mm (2") de astillas de madera, piedra triturada o confitillo
- Base de 51 mm (2") de mezcla de suelo-cemento o piedra triturada
- Estacas de madera tratada a presión de 2 x 2 ó 2 x 4, de 610 mm (24") de longitud, @ 915 a 1220 mm (3' a 4') entre centros



Condiciones de canto



Detalles del pavimentado

- Elementos pavimentadores con juntas de arena apretadas a mano
- Lecho de asiento de arena de 25-51 mm (1"-2")
- Agregado compactado de 51-150 mm (2"-6") cuando se requiera en áreas de mucho tráfico o sobre suelo expansivo
- Subrasante compactada o suelo sin perturbar

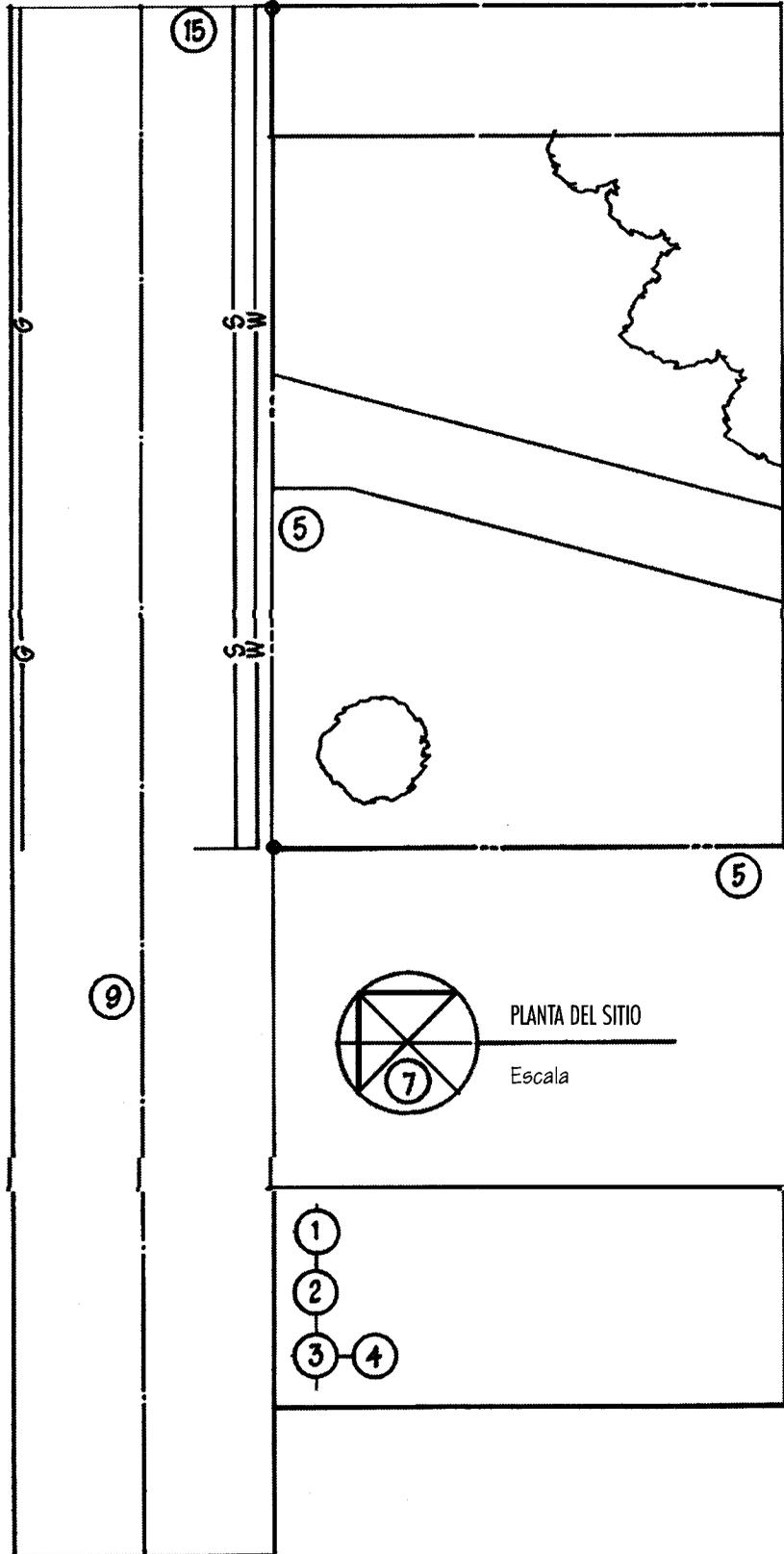
- Pavimentadores de ladrillo o de concreto
- Lecho de asiento bituminoso de 19 mm (3/4")
- Losa de concreto de 100 a 150 mm (4" a 6")
- Agregado compactado, si se requiere

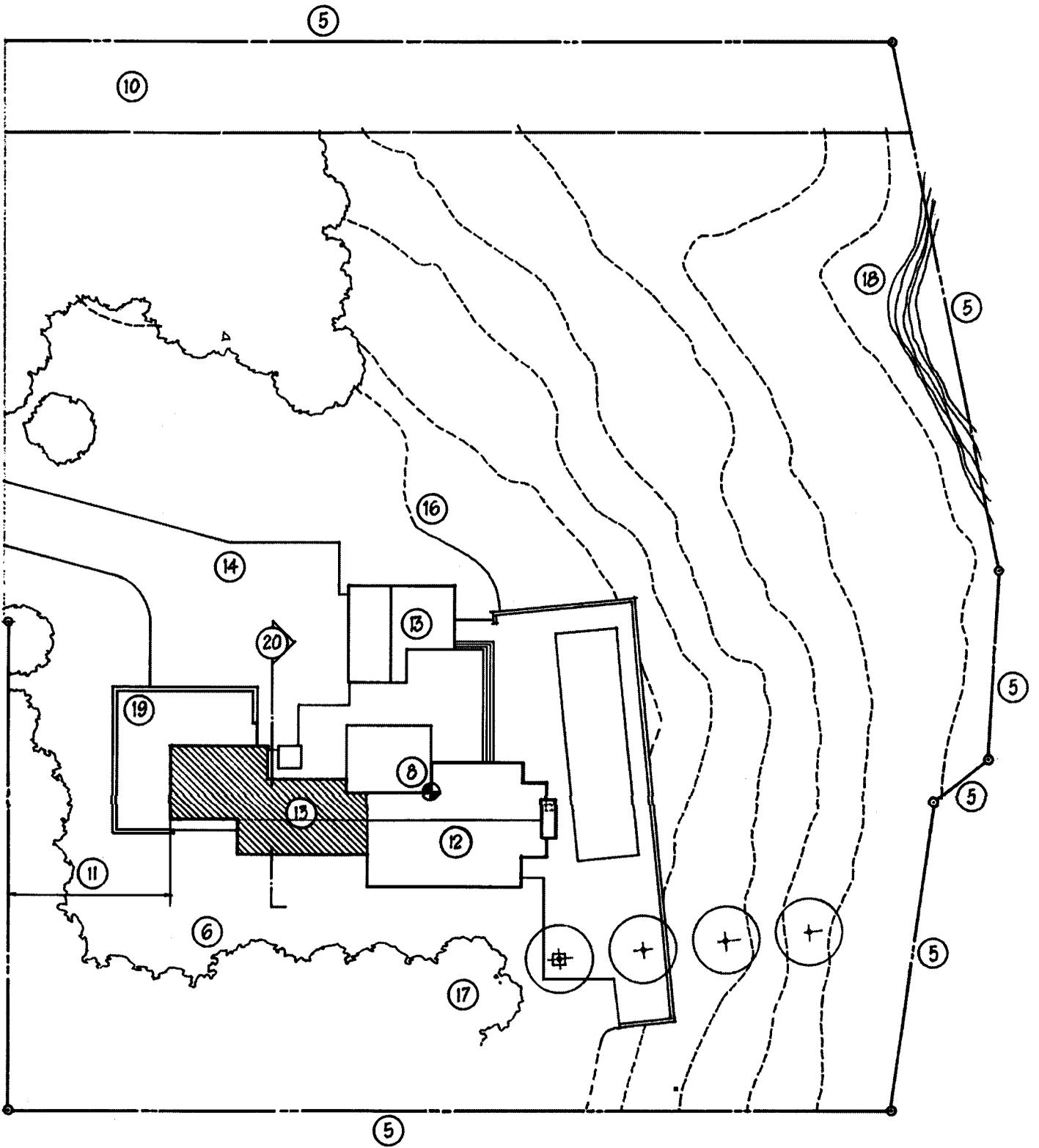
- Bloque para césped
- Mezcla para la capa vegetal superior para el césped o la cubierta vegetal
- Lecho de asiento de arena de 51 mm (2")
- Agregado compactado de 51-150 mm (2"-6")

## 1.32 INFORMACIÓN DE LA OBRA

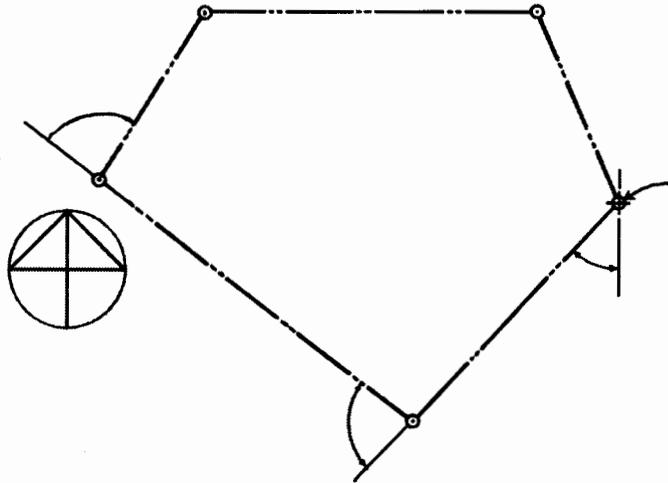
La información de la obra o planta del sitio ilustra las características existentes naturales y artificiales de un sitio y describe la construcción propuesta en relación con estas características existentes. Por lo general, basándose en el mapa topográfico de un ingeniero, la planta del sitio es una pieza esencial de un conjunto de documentos de construcción. Una planta de sitio completa debe incluir los siguientes elementos:

1. Nombre y dirección del dueño de la propiedad
2. Dirección de la propiedad, si es diferente de la dirección del dueño
3. Descripción legal de la propiedad
4. Fuente y fecha del levantamiento topográfico
5. Descripción de los linderos: dimensiones de los linderos, sus rumbos en relación con el norte, los ángulos de las esquinas y los radios de curvatura
6. Linderos de contrato o de proyecto, si son diferentes de los linderos del sitio
7. Flecha del norte magnético y escala del dibujo
8. Ubicación y descripción de los bancos de nivel, los cuales establecen los puntos de referencia para la ubicación y las elevaciones de la construcción nueva
9. Identificación y dimensiones de las calles y callejones adyacentes y otros derechos de vía públicos
10. Ubicación y dimensiones de cualquier derecho de paso o derecho de vía que atraviese al sitio
11. Dimensiones de los derechos de vía requeridos por el reglamento de zonificación
12. Ubicación y tamaño de las estructuras existentes y una descripción de cualquier demolición que sea requerida por la nueva construcción
13. Ubicación, forma y tamaño de las estructuras propuestas para la construcción, incluyendo los aleros de los techos y otras salientes
14. Ubicación y dimensiones de los andadores, lugares de estacionamiento y áreas de estacionamiento
15. Ubicación de los servicios públicos existentes: tuberías maestras de agua, drenaje sanitario y pluvial, líneas de gas, líneas de energía eléctrica, líneas telefónicas y de cable, hidrantes para incendio, así como puntos propuestos de las conexiones
16. Curvas de nivel existentes, curvas de nivel nuevas y la rasante terminada de los lugares de estacionamiento, de los andadores, prados u otras superficies mejoradas después de terminar la construcción o las operaciones de nivelación
17. La vegetación existente que va a permanecer y la que va a ser retirada
18. Características hidráulicas existentes, como bajiales o canalitos, arroyos, planicies de inundación, cuencas colectoras o riberas
19. Características propuestas para la arquitectura de paisaje, como cercas, muros de contención y plantíos; si es muy extenso, el paisaje y otras mejoras del sitio pueden mostrarse en una planta de sitio aparte
20. Referencias a los dibujos y detalles relacionados.





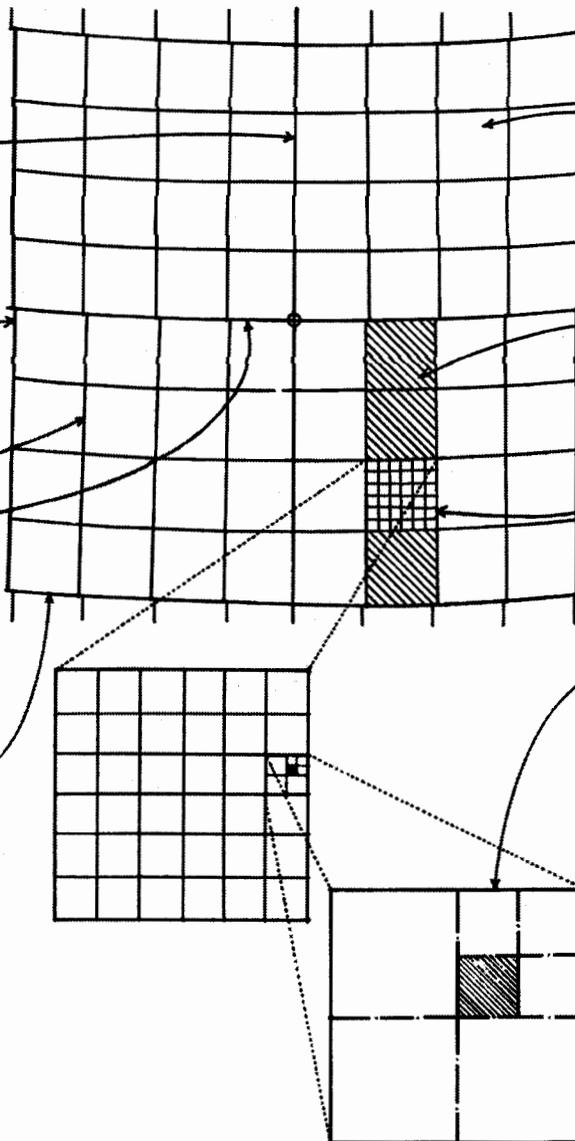
## 1.34 DESCRIPCIÓN DEL SITIO



La descripción legal de un sitio consiste en la ubicación y los linderos de un lote específico de terreno, basándose en un levantamiento topográfico con teodolito o en un sistema rectangular de levantamiento topográfico, o hecho en referencia a una poligonal ya levantada.

- En un levantamiento con teodolito se registra el rumbo y la longitud de cada lindero de un lote de terreno, comenzando en un punto de referencia ya conocido y recorriendo la periferia de la poligonal hasta regresar al lugar de inicio.
- Una poligonal es un documento legal que describe la ubicación, los linderos y las dimensiones de una porción o lote de terreno, incluyendo las aprobaciones de la comisión de zonificación y planificación, los derechos de paso y las restricciones, y para una subdivisión, las líneas divisoras de calles, cuadras y lotes, y la numeración y dimensiones de cada lote.

- Los meridianos principales son líneas de referencia de norte a sur que se establecen en mojones importantes para grandes áreas de terreno.
- Los meridianos guía son líneas de referencia de norte a sur que se ubican entre líneas de corrección a intervalos de 38.62 km (24 millas) al este y al oeste de los meridianos principales.
- Las líneas de rango son líneas de referencia de norte a sur ubicadas a intervalos de 9.66 km (6 millas) entre los meridianos guía.
- Línea base este-oeste.
- Las líneas de corrección son líneas de referencia de este a oeste ubicadas a intervalos de 38.62 km (24 millas) al norte y al sur de una línea base para corregir la convergencia de los meridianos e igualar las distancias este-oeste.



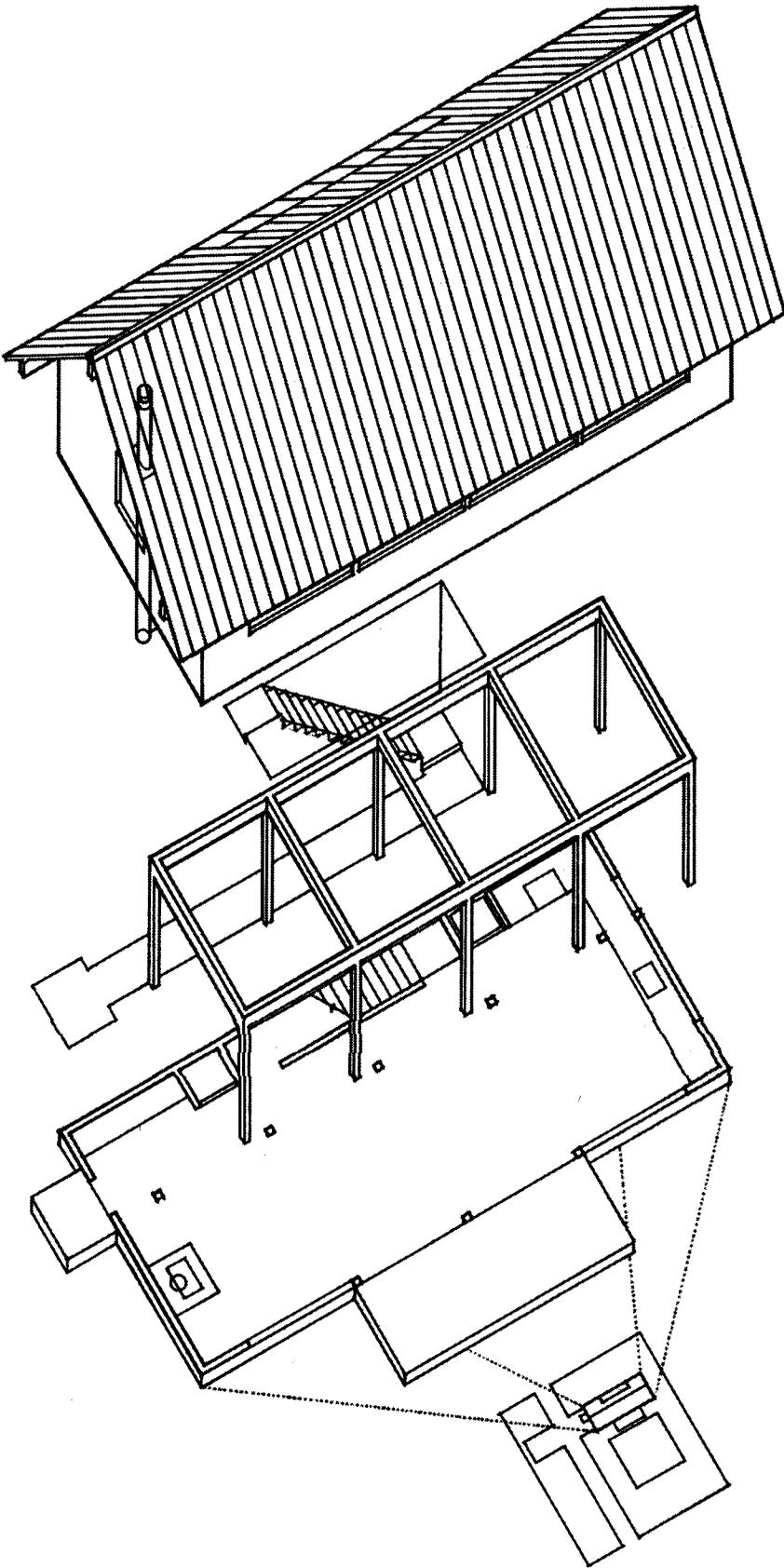
- El sistema rectangular para levantamiento topográfico se basa en una cuadrícula modificada de meridianos principales y meridianos guía, así como líneas base este-oeste.
- El rango es una de una serie de divisiones numeradas hacia el este o al oeste de un meridiano guía y que consiste en una hilera de áreas unitarias de seis millas cuadradas que están numeradas al norte o al sur de una línea base.
- El township (área urbana) es un área unitaria de terreno, de aproximadamente 93.2 km<sup>2</sup> (6 millas por lado) que contiene 36 secciones.
- Una sección es una de las 36 subdivisiones numeradas de un township, de aproximadamente 2.59 km<sup>2</sup> o 640 acres (una milla cuadrada) y adicionalmente subdividida en mitades, cuartos y cuartos de cuartos.

---

# 2

## EL EDIFICIO

- 2.02 El edificio
- 2.03 Sistemas de construcción
- 2.05 Reglamento de construcciones
- 2.06 Tipos de construcción
- 2.08 Cargas en los edificios
- 2.09 Cargas de viento
- 2.10 Cargas sísmicas
- 2.11 Fuerzas estructurales
- 2.12 Equilibrio estructural
- 2.13 Columnas
- 2.14 Vigas
- 2.15 Claros de las vigas
- 2.16 Armaduras
- 2.17 Marcos y muros
- 2.18 Placas
- 2.19 Unidades estructurales
- 2.20 Claros estructurales
- 2.21 Patrones estructurales
- 2.22 Estabilidad lateral
- 2.24 Estructuras de gran altura
- 2.25 Arcos y bóvedas
- 2.26 Domos
- 2.27 Cascarones
- 2.28 Estructuras con cables
- 2.29 Membranas
- 2.30 Juntas y conexiones



Arquitectura y construcción de edificios no son necesariamente una y la misma cosa. Para el diseño y construcción de un edificio, es necesario conocer bien los métodos para el ensamblado de diferentes materiales, elementos y componentes. Sin embargo, este conocimiento, aun cuando capacita para hacer arquitectura, no garantiza el conocimiento práctico de la construcción de edificios. Un conocimiento práctico de la construcción de edificios es solamente uno de los varios factores críticos para ejercer la arquitectura. Cuando se habla de la arquitectura como el arte de la construcción, deben considerarse los siguientes sistemas conceptuales de orden, además de los sistemas físicos de la construcción:

- La definición, la escala, la proporción y la organización de los espacios interiores de un edificio
- El ordenamiento de las actividades humanas mediante su escala y sus dimensiones
- La zonificación funcional de los espacios de un edificio de acuerdo con el propósito y el uso
- El acceso a las rutas de desplazamiento y circulaciones horizontales y verticales en el interior del edificio
- Las cualidades sensibles de un edificio son la forma, el espacio, la luz, el color, la textura y el patrón
- El edificio como un componente integrado dentro de los ambientes natural y de la construcción.

En este libro son de interés primordial los sistemas físicos que definen, organizan y refuerzan el ordenamiento perceptivo y conceptual de un edificio.

Un sistema puede definirse como el conjunto de partes interrelacionadas e interdependientes que forman un todo unificado más complejo y que sirven a un propósito común. Un edificio puede entenderse como un cuerpo físico de varios sistemas y subsistemas que necesariamente deben estar relacionados, coordinados e integrados unos con otros, así como con la forma tridimensional y la organización espacial del edificio en conjunto.

**El sistema estructural**

El sistema estructural de un edificio se diseña y se construye para sustentar y transmitir con seguridad al suelo cargas aplicadas gravitacionales y laterales sin sobrepasar los esfuerzos permisibles en sus miembros.

- La superestructura es la prolongación vertical de un edificio por arriba de la cimentación.
- Las columnas, las vigas y los muros de carga sustentan las estructuras de los pisos y de los techos.
- La subestructura forma la cimentación de un edificio.

**El sistema de envolvente**

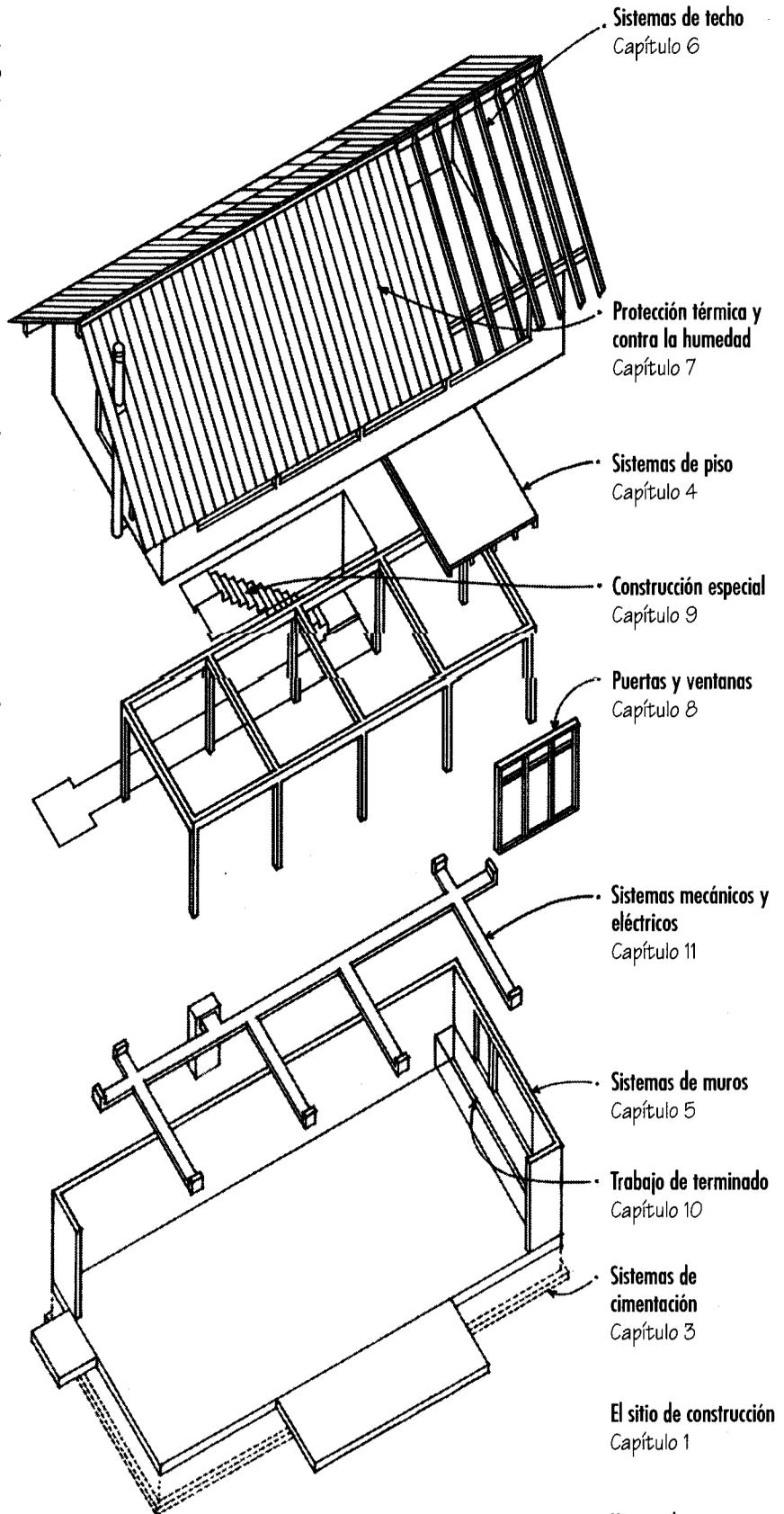
El sistema de envolvente es la cáscara o envoltura de un edificio, que consiste en el techo, los muros exteriores, las ventanas y las puertas.

- El techo y los muros exteriores protegen a los espacios interiores de las inclemencias del clima y controlan la humedad, el calor y el flujo de aire a través de la formación de capas con los ensamblados de construcción.
- Los muros exteriores y los techos también amortiguan el ruido y proporcionan seguridad y privacidad a los ocupantes de un edificio.
- Las puertas permiten el acceso físico.
- Las ventanas dejan pasar la luz y el aire, y permiten admirar el panorama.
- Los muros interiores y las particiones dividen el interior de un edificio en unidades espaciales.

**Sistemas mecánicos**

Los sistemas mecánicos suministran servicios esenciales para el edificio.

- El sistema de abastecimiento de agua suministra agua potable para consumo humano y para saneamiento.
- El sistema de drenaje elimina los desechos y la materia orgánica de un edificio.
- La calefacción, la ventilación y los sistemas de aire acondicionado acondicionan los espacios interiores de un edificio para la comodidad ambiental de los ocupantes.
- El sistema eléctrico controla, mide y protege el suministro de energía eléctrica de un edificio. Asimismo, distribuye de una manera segura la energía, la iluminación, la seguridad y los sistemas de comunicación.
- Los sistemas de transporte vertical trasladan personas y bienes de un nivel a otro en edificios de altura media y de gran altura.
- Los sistemas contra incendio detectan y combaten los incendios.
- Las estructuras de gran altura también pueden requerir sistemas de disposición de desechos y sistemas de reciclado.



• Sistemas de techo  
Capítulo 6

• Protección térmica y  
contra la humedad  
Capítulo 7

• Sistemas de piso  
Capítulo 4

• Construcción especial  
Capítulo 9

• Puertas y ventanas  
Capítulo 8

• Sistemas mecánicos y  
eléctricos  
Capítulo 11

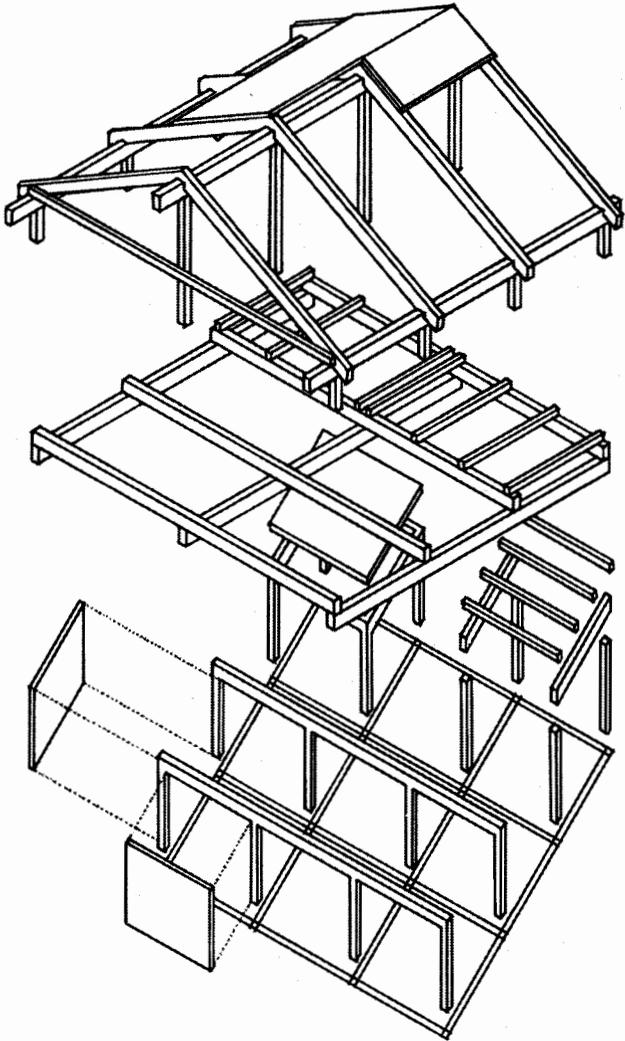
• Sistemas de muros  
Capítulo 5

• Trabajo de terminado  
Capítulo 10

• Sistemas de  
cimentación  
Capítulo 3

• El sitio de construcción  
Capítulo 1

• Notas sobre  
materiales  
Capítulo 12



- La U. S. Occupational Health and Safety Act (OSHA) regula el diseño de los lugares de trabajo y establece los estándares de seguridad bajo los cuales debe construirse un edificio.

La manera en la cual se seleccionan, se ensamblan y se integran los diferentes sistemas de construcción en la edificación debe considerar los siguientes factores:

### Requerimientos de funcionamiento

- Compatibilidad estructural, integración y seguridad
- Resistencia al fuego, prevención y seguridad
- Espesor permisible o deseable de los ensamblados de construcción
- Control de los flujos de calor y de aire a través de los ensamblados del edificio
- Control de la migración y de la condensación del vapor de agua
- Acomodo del movimiento del edificio debido a asentamientos, deflexión estructural y expansión o contracción con cambios de temperatura y humedad
- Reducción de ruido, aislamiento del sonido y privacidad acústica
- Resistencia al desgaste, la corrosión y el intemperismo
- Requerimientos de acabados, limpieza y mantenimiento
- Seguridad en el uso

### Cualidades estéticas

- Relación deseable del edificio con su sitio, con las propiedades adyacentes y con el vecindario
- Cualidades preferidas de forma, volumen, color, patrón, textura y detallado

### Restricciones de reglamento

- Cumplimiento con los ordenamientos de zonificación y con el reglamento de construcción

### Consideraciones económicas

- Costo inicial, que incluye material, transporte, equipo y los costos de mano de obra
- Costos del ciclo de vida útil, que incluyen no solamente el costo inicial, sino también los costos de mantenimiento, consumo de energía, vida útil, costos de reemplazo e interés del capital invertido

### Impacto ambiental

- Conservación de energía y de recursos mediante la ubicación y el diseño del edificio
- Eficiencia energética de los sistemas mecánicos
- Uso de materiales eficientes en cuanto a recursos y materiales no tóxicos

### Prácticas de construcción

- Requerimientos de seguridad
- Tolerancias previsibles y ajuste apropiado
- Conformidad con los estándares y las garantías industriales
- División del trabajo entre el taller y el campo
- División de las actividades y coordinación de las especialidades de construcción
- Restricciones de presupuesto
- Equipo de construcción que se requiera
- Tiempo requerido de edificación
- Prevenciones para clima inminente

Las dependencias locales de gobierno adoptan y promulgan el reglamento de construcciones para regular el diseño, la construcción, la alteración y la reparación de los edificios con objeto de proteger la seguridad, la salud y el bienestar públicos.

**Modelos de reglamento**

Los modelos de reglamento son reglamentos de construcción desarrollados por las organizaciones nacionales de funcionarios del reglamento de construcciones, sociedades profesionales y gremios de oficios para que adopten las comunidades locales. Si es necesario modificar o agregar ciertas disposiciones para enfrentar requerimientos o preocupaciones locales, los modelos de reglamento pueden ser promulgados y enmendados por la municipalidad.

Aun cuando los modelos de reglamento difieren en detalle, están organizados de manera similar. Cada uno comienza con la definición de categorías del uso o de la ocupación y de los tipos de construcción de acuerdo con el grado de incombustibilidad y de combustibilidad. Cada modelo de reglamento establece entonces las limitaciones de altura y de área en relación con la ocupación o el uso de un edificio y del tipo de construcción empleada.

Los modelos de reglamento también establecen estándares para el diseño estructural, la construcción de muros, pisos y techos, los sistemas de protección contra incendio, los medios para la evacuación de emergencia, la luz natural y la ventilación, la accesibilidad para los discapacitados, y la eficiencia energética y conservación de energía.

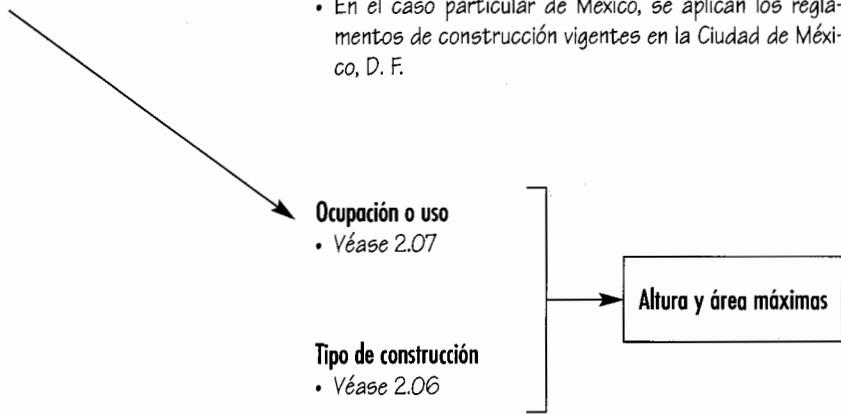
Cada modelo de reglamento está basado en el funcionamiento y estipula cómo debe funcionar un componente o sistema específico sin suministrar necesariamente los medios que deben emplearse para alcanzar los resultados. Es frecuente la referencia a los estándares establecidos por la American Society for Testing and Materials (ASTM), el American National Standards Institute (ANSI) y otras sociedades técnicas y profesionales para indicar las propiedades deseables de un material o de un componente y los métodos de ensayo requeridos para verificar el funcionamiento de los productos.

**Reglamentos adicionales**

Además de estos modelos de reglamento, los reglamentos adicionales se desarrollan para regular otros aspectos de la construcción, como la plomería y el trabajo mecánico. Aun cuando los estados o las municipalidades locales puedan desarrollar algunos de ellos, la mayoría son publicados por los mismos grupos que editan los modelos de reglamentos.

Actualmente existen tres modelos de reglamento principales:

- El *National Building Code* es desarrollado y publicado por Building Officials and Code Administrators International, Inc. (BOCA) y se usa principalmente en el noroeste de Estados Unidos.
- El *Uniform Building Code* (UBC) es desarrollado y publicado por la International Conference of Building Officials (ICBO) y se usa principalmente en el centro y el oeste de Estados Unidos.
- El *Standard Building Code* (SBC) es desarrollado y publicado por la Southern Building Code Conference (SBCC) y se usa principalmente en el sureste de Estados Unidos.
- Actualmente se está desarrollando el *International Building Code* (IBC) por el International Code Council (ICC) para su pronta publicación. Aun cuando éste será el primer modelo de reglamento unificado en la historia de Estados Unidos, no se sabe cuánto tiempo demorará la adopción completa de este reglamento.
- En el caso particular de México, se aplican los reglamentos de construcción vigentes en la Ciudad de México, D. F.



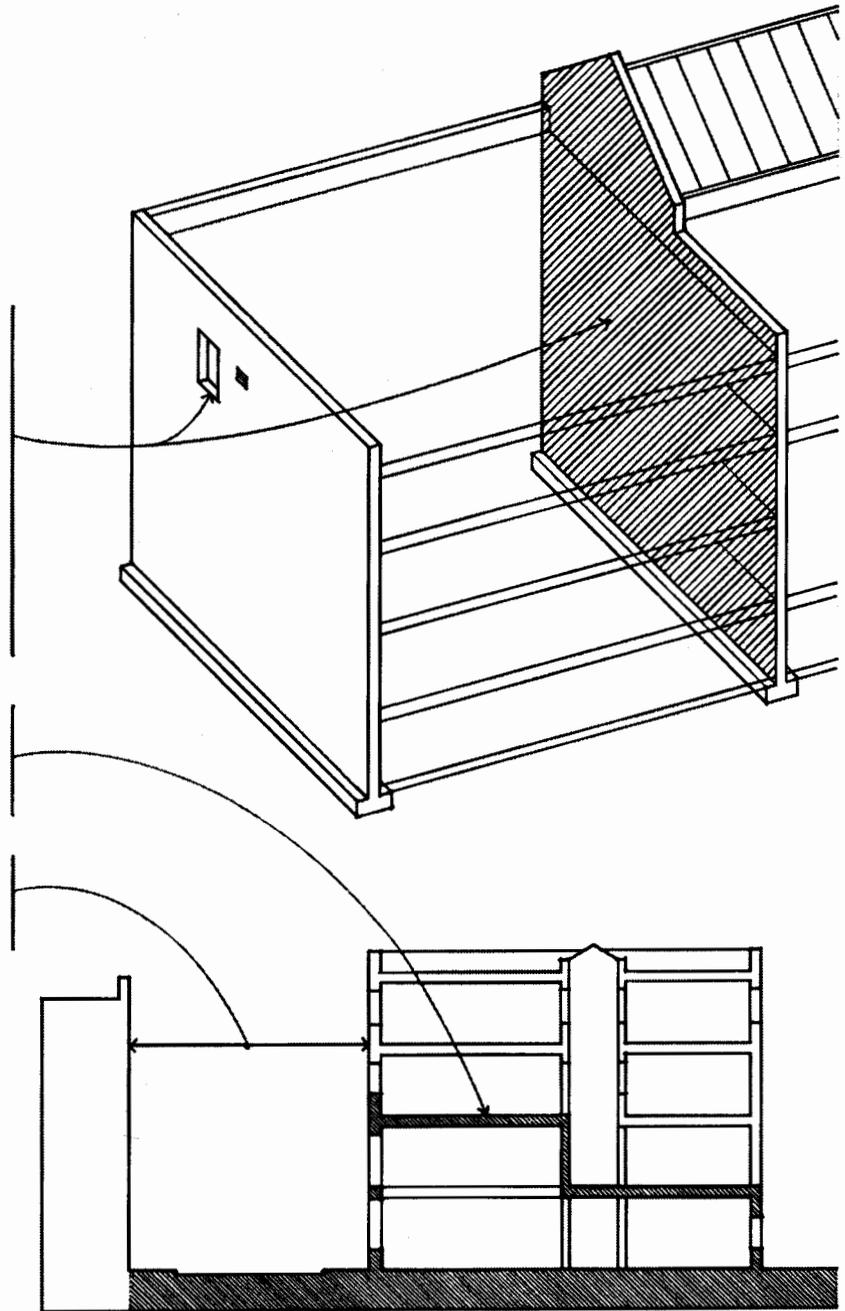
**Otros reglamentos importantes**

- El *National Electrical Code* es publicado por la National Fire Protection Association (NFPA) para garantizar la seguridad de las personas y la salvaguarda de los edificios y su contenido de los riesgos que surgen del uso de la electricidad para la luz, la calefacción y la energía.
- El *Life Safety Code*, también publicado por la NFPA, establece requerimientos mínimos para la seguridad contra incendios, la prevención del peligro por incendio, humo y gases, los sistemas de alarma y de detección de incendio, los sistemas de extinguidores de incendio y las salidas de emergencia.
- El *Safety Code for Elevators and Escalators* es publicado por el American National Standards Institute para fijar las normas de seguridad para elevadores y escaleras eléctricas.



Aun cuando cada uno de los modelos de reglamento difiere en los requerimientos detallados de cada tipo de construcción, todos ellos limitan la altura y el área máximas por piso de un edificio de acuerdo con el tipo de construcción y la ocupación o el uso. El objetivo de estas disposiciones es proteger al edificio del fuego y contener un incendio el tiempo suficiente para permitir que las personas evacuen el edificio con seguridad. La limitación del tamaño puede ser excedida si el edificio está equipado con un sistema automático de rociadores contra incendio, o si está dividido mediante muros contra incendio en áreas que no sobrepasen la limitación del tamaño.

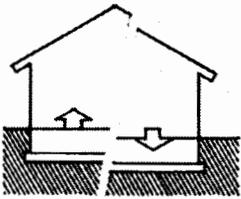
- Se requiere que los muros contra incendio tengan un grado de resistencia al fuego que sea suficiente para evitar la propagación del fuego de una parte del edificio a otra. Deben prolongarse de manera continua desde la cimentación hasta un parapeto arriba del techo del edificio, o hasta el lado de debajo de un techo incombustible. Todos los vanos en los muros contra incendio están restringidos a un cierto porcentaje de longitud de muro y deben protegerse mediante puertas contra incendio de cierre automático, ensamblados para ventanas de grado contra incendio y en el caso de ductos de aire, mediante amortiguadores contra fuego y humo.
- Los separadores de habitaciones son las construcciones verticales u horizontales resistentes al fuego, que se requieren para evitar la propagación del fuego de una habitación a la otra en un edificio de uso mixto.
- El libramiento contra incendio se refiere al espacio requerido entre un lindero o un edificio adyacente y un muro exterior que tenga un grado especificado de resistencia al fuego.



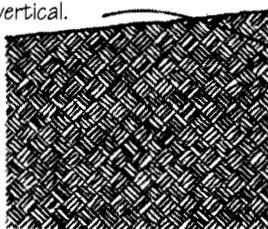
**Ejemplos de grupos de ocupación**

- A Uso colectivo  
Auditorios, teatros, estadios
- B Negocios  
Oficinas, tiendas al menudeo, restaurantes
- E Educativo  
Escuelas, guarderías
- F Fábricas  
Plantas de manufactura, molinos
- H Usos peligrosos  
Instalaciones de manejo de materiales inflamables o explosivos
- I Institucional  
Hospitales, hospicios, reformatorios
- R Residencial  
Casas, edificios de departamentos, hoteles
- S Almacenamiento  
Instalaciones para bodegas

- Las cargas muertas son cargas estáticas que actúan hacia abajo en sentido vertical sobre una estructura, incluyendo el peso propio de la estructura y el peso de los elementos de construcción, los accesorios y el equipo permanentemente fijo en ella.

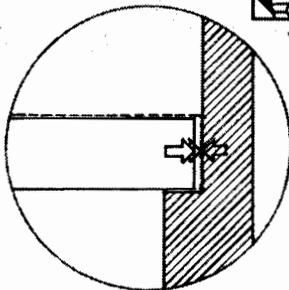


- Las cargas por asentamiento se imponen sobre una estructura por el hundimiento de una parte del suelo sustentante y el asentamiento diferencial resultante de su cimentación.
- La presión del suelo es la fuerza horizontal que una masa de suelo ejerce sobre una estructura de retención vertical.



- La presión hidráulica es la fuerza hidráulica que el agua subterránea ejerce sobre un sistema de cimentación.

- Los esfuerzos térmicos son los esfuerzos de compresión o de tensión desarrollados en un material que está restringido contra la expansión o la contracción térmicas.



Para el espacio cerrado de una habitación, el sistema estructural de un edificio debe contemplar que sea capaz de sustentar dos tipos de cargas: estáticas y dinámicas.

### Cargas estáticas

Se supone que las cargas estáticas se aplican lentamente a una estructura hasta que alcanzan su valor pico sin variar rápidamente su magnitud o su posición. Bajo una carga estática, una estructura responde lentamente y su deformación alcanza un pico cuando la fuerza estática es máxima.

- La carga viva incluye toda carga móvil o movable en una estructura que resulta de la ocupación, de la nieve y el agua acumuladas, o del equipo movable. Una carga viva actúa típicamente en dirección vertical hacia abajo, pero también puede actuar horizontalmente para reflejar la naturaleza dinámica de una carga móvil.

- Las cargas de ocupación resultan del peso de las personas, los muebles, el material almacenado y otros elementos similares en un edificio. Los reglamentos de construcción especifican las cargas unitarias mínimas uniformemente distribuidas para diferentes usos y ocupaciones.
- Las cargas de nieve son creadas por el peso de la nieve que se acumula en un techo. Estas cargas varían con la ubicación geográfica, la exposición del sitio, las condiciones eólicas y la geometría del techo.
- Las cargas pluviales resultan de la acumulación de agua en un techo debido a su forma, deflexión o el atascamiento de su sistema de drenaje.

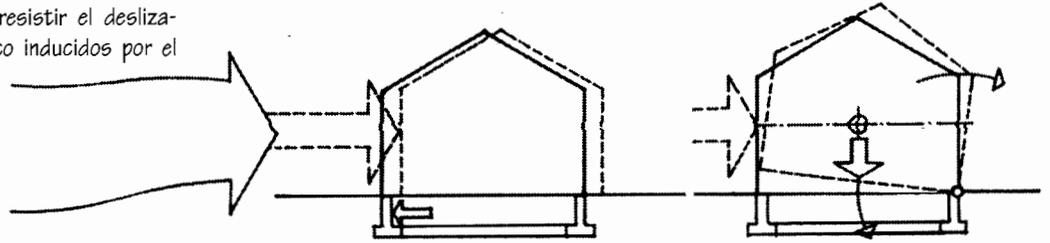
- Las cargas de impacto son cargas cinéticas de corta duración debido a vehículos, equipo y maquinaria en movimiento. Los reglamentos de construcciones tratan esta carga como una carga estática, compensando su naturaleza dinámica al amplificar la carga estática.

### Cargas dinámicas

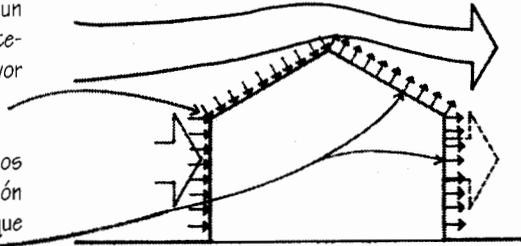
Las cargas dinámicas se aplican súbitamente a una estructura, con frecuencia con cambios rápidos de magnitud y del punto de aplicación. Bajo una carga dinámica, una estructura desarrolla fuerzas de inercia en relación con su masa y su deformación máxima no corresponde necesariamente a la magnitud máxima de la fuerza aplicada. Los dos tipos principales de cargas dinámicas son las cargas de viento y las cargas sísmicas.

Las cargas de viento son las fuerzas ejercidas por la energía cinética de una masa de aire en movimiento, suponiendo que provenga de cualquier dirección horizontal.

- La estructura, los componentes y el revestimiento de un edificio deben diseñarse para resistir el deslizamiento, el levantamiento o el vuelco inducidos por el viento.

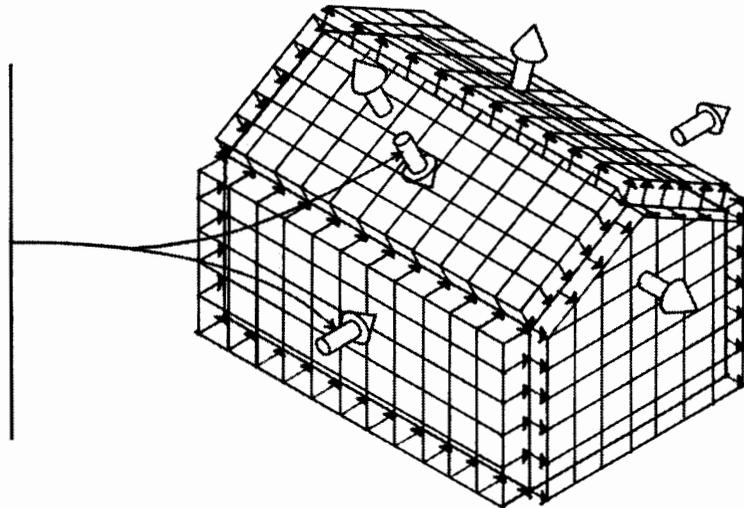


- El viento ejerce una presión positiva en sentido horizontal sobre las superficies verticales de barlovento de un edificio y en sentido normal a las superficies de los techos de barlovento que tengan una inclinación mayor que  $30^\circ$ .

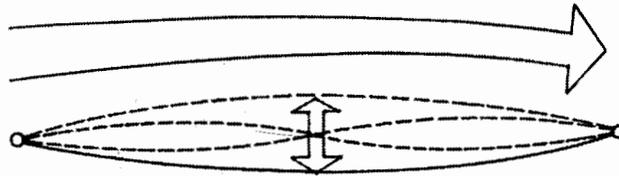


- El viento ejerce una presión negativa o succión en los lados y en las superficies de sotavento y en dirección normal a las superficies del techo de barlovento que tengan una inclinación menor que  $30^\circ$ .

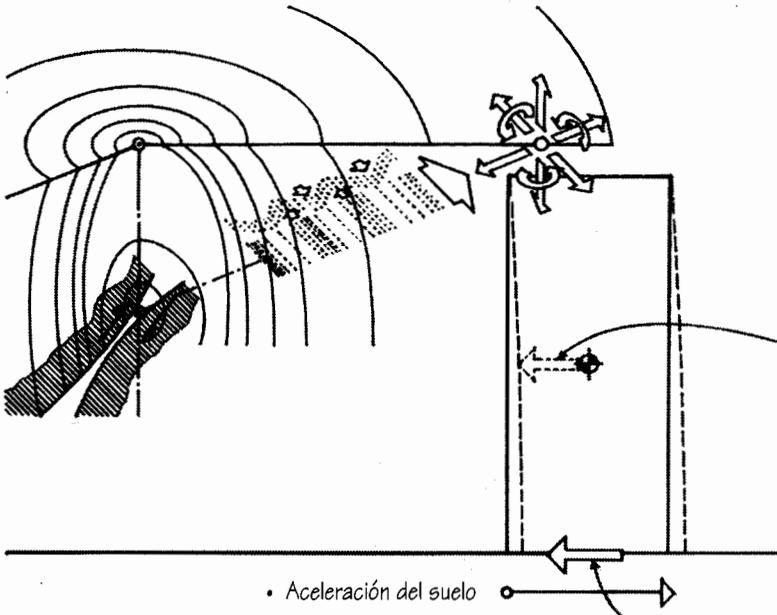
- La presión de viento de diseño es un valor mínimo de diseño de la presión estática equivalente sobre las superficies exteriores de una estructura que resulta de una velocidad crítica del viento, igual a una presión de referencia del viento que se mide a una altura de 10 m (33') modificada por varios coeficientes que toman en cuenta los efectos de las condiciones de exposición, la altura del edificio, las ráfagas del viento y la geometría y orientación de la estructura con respecto al flujo de aire incidente.
- Un factor de amplificación puede aumentar los valores de diseño del viento o de las fuerzas sísmicas en un edificio debido a su ocupación grande, su contenido potencialmente peligroso, o su naturaleza esencial ante un huracán o un sismo.



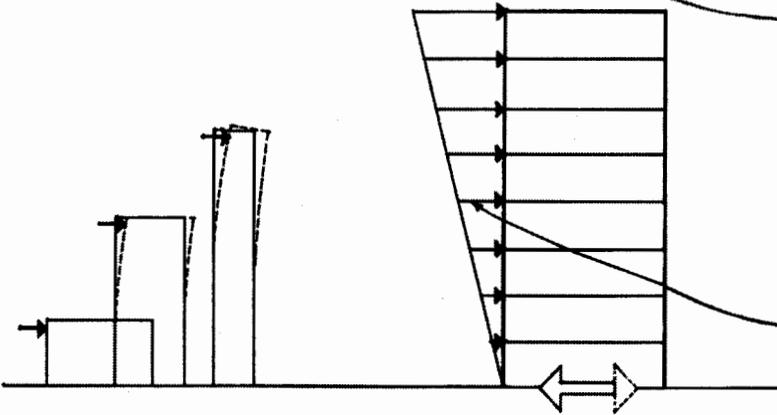
- La vibración se refiere a las rápidas oscilaciones de un cable flexible o de una estructura de membrana causadas por los efectos aerodinámicos del viento.
- Los edificios altos y esbeltos, las estructuras con formas complejas o poco comunes y las estructuras flexibles y ligeras sujetas a vibraciones requieren de ensayos en un túnel de viento o de modelación por computadora para investigar cómo responden a la distribución de la presión del viento.



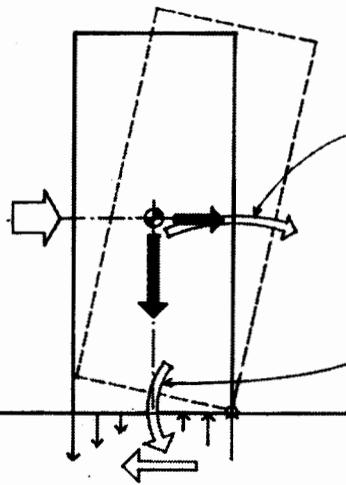
## 2.10 CARGAS SÍSMICAS



• Aceleración del suelo



- El periodo natural de una estructura varía de acuerdo con su altura arriba de la base y su dimensión paralela a la dirección de las fuerzas aplicadas. Las estructuras relativamente rígidas oscilan rápidamente y tienen periodos cortos, mientras que las estructuras más flexibles oscilan más lentamente y tienen periodos mayores.



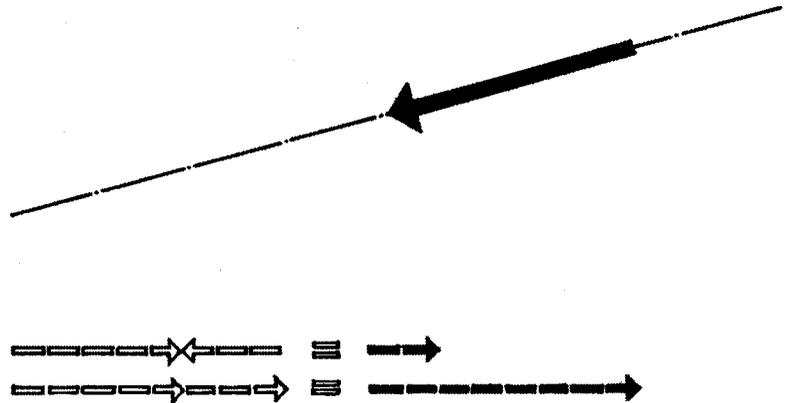
Un sismo consiste en una serie de vibraciones longitudinales y transversales inducidas en la corteza terrestre por el movimiento abrupto de las placas a lo largo de las líneas de falla. Los impactos de un sismo se propagan a lo largo de la superficie en forma de ondas y se atenúan logarítmicamente con la distancia desde la fuente. Aun cuando estos movimientos del suelo son de naturaleza tridimensional, se considera que sus componentes horizontales son las más críticas en el diseño estructural; los elementos que sustentan cargas verticales en una estructura generalmente tienen una reserva considerable para resistir cargas verticales adicionales.

- La masa superior de una estructura desarrolla una fuerza de inercia cuando tiende a permanecer en reposo mientras que la base se desplaza por los movimientos del suelo por el sismo. De la segunda ley de Newton, esta fuerza es igual al producto de la masa por la aceleración.
- Una fuerza lateral estáticamente equivalente, la fuerza cortante en la base, puede calcularse para estructuras regulares menores que 73 m (240') de altura, estructuras irregulares no mayores que cinco pisos de altura y estructuras con un bajo riesgo sísmico.
- La fuerza cortante en la base es el valor mínimo de diseño de la fuerza sísmica lateral total en una estructura que se supone responde en cualquier dirección horizontal. Se calcula multiplicando la carga muerta total de la estructura por varios coeficientes que reflejan el carácter y la intensidad de los movimientos del suelo en la zona sísmica, el tipo de perfil del suelo que subyace a la cimentación, el tipo de ocupación, la distribución de la masa y la rigidez de la estructura, y el periodo natural de la estructura —el tiempo que requiere una oscilación completa.
- La fuerza cortante en la base se distribuye en cada diagrama horizontal arriba de la base de las estructuras regulares proporcionalmente al peso del piso en cada nivel y a la distancia desde la base.
- Se requiere un análisis dinámico más complejo para las estructuras de gran altura, para las estructuras de forma irregular o de sistema reticular, o para las estructuras construidas en suelos blandos o plásticos susceptibles de falla o de colapso bajo carga sísmica.
- Cualquier carga lateral aplicada a una distancia por arriba de la rasante genera un momento de vuelco en la base de la estructura. Para el equilibrio, el momento de vuelco debe contrabalancearse mediante un momento externo de restauración y un momento resistente interno suministrado por fuerzas desarrolladas en las columnas y en los muros de cortante.
- La carga muerta de la estructura suministra un momento de restauración que actúa alrededor del mismo punto de rotación que el movimiento de vuelco. El reglamento de construcciones generalmente requiere que el momento de restauración sea por lo menos 50% mayor que el momento de vuelco.

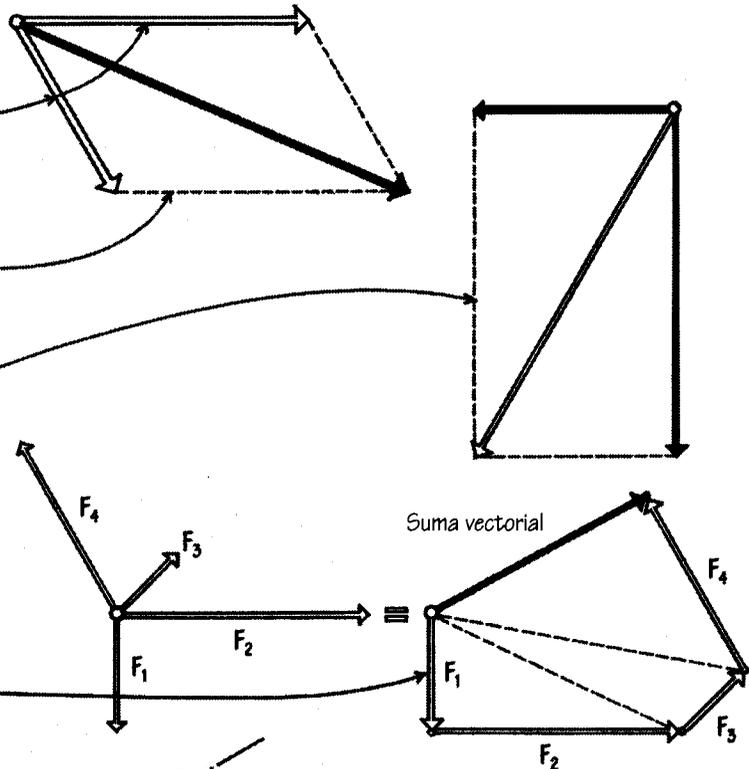
La siguiente es una breve introducción a la manera como un sistema estructural debe resolver todas las fuerzas que actúan sobre un edificio y transmitir las al suelo. Para una información más completa sobre el análisis y el diseño estructural de los edificios, véase la bibliografía.

Una fuerza es cualquier influencia que produzca un cambio en la forma o el movimiento de un cuerpo. Se le considera una cantidad vectorial que posee tanto magnitud como dirección, representada por una flecha cuya longitud es proporcional a la magnitud y cuya orientación en el espacio representa la dirección. Una fuerza individual que actúa sobre un cuerpo rígido puede considerarse que actúa en cualquier punto a lo largo de su línea de acción sin alterar el efecto externo de la fuerza. Dos o más fuerzas pueden estar relacionadas de las siguientes maneras:

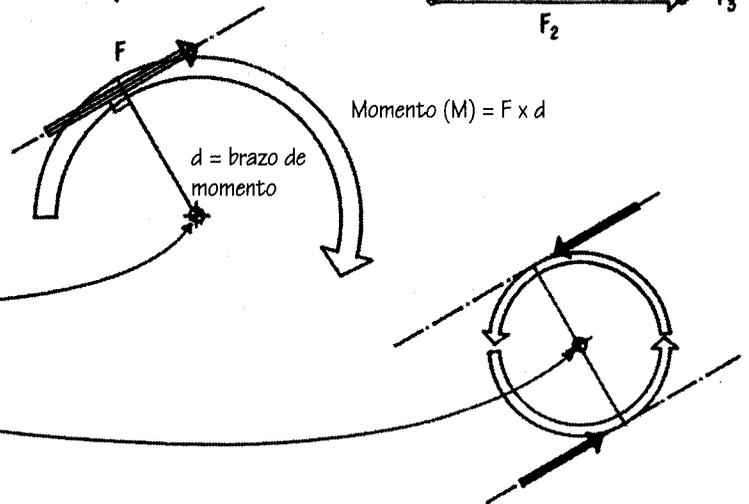
- Las fuerzas colineales se presentan a lo largo de una línea recta, cuya suma vectorial es la suma algebraica de las magnitudes de las fuerzas, actuando a lo largo de la misma línea de acción.



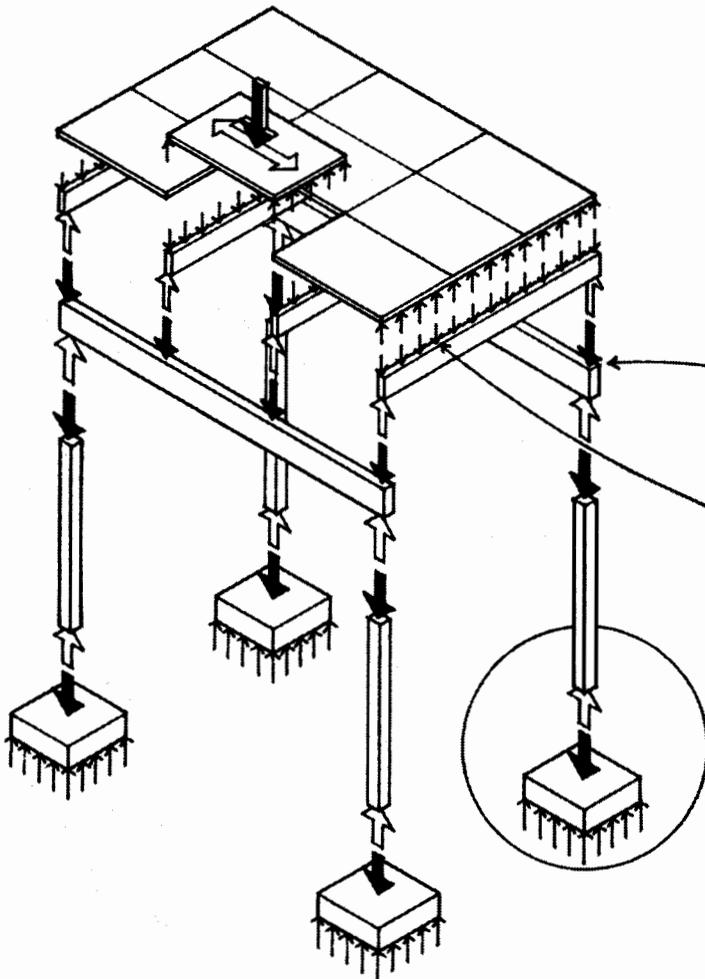
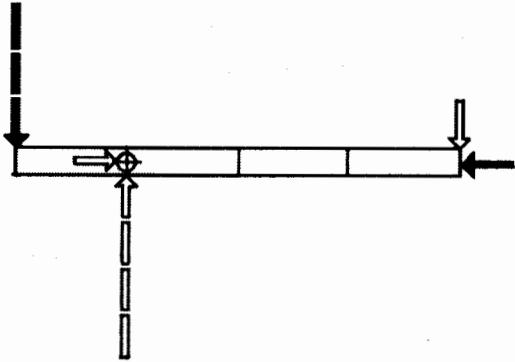
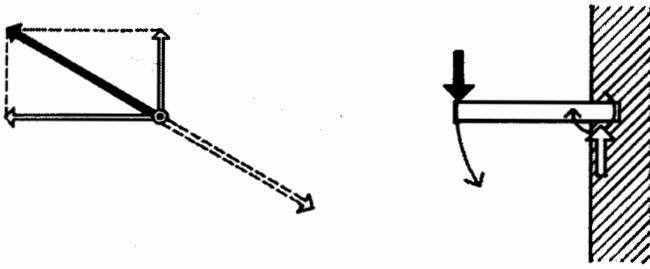
- Las fuerzas concurrentes tienen líneas de acción que se intersecan en un punto común, cuya suma vectorial es equivalente y produce el mismo efecto en un cuerpo rígido que la aplicación de los vectores de las diferentes fuerzas.
- La ley del paralelogramo establece que la suma vectorial o la resultante de dos fuerzas concurrentes puede describirse por la diagonal de un paralelogramo cuyos lados adyacentes representan a los dos vectores de fuerza que se van a sumar.
- De manera similar, cualquier fuerza individual puede descomponerse en dos o más fuerzas concurrentes que tengan un efecto neto sobre un cuerpo rígido equivalente al de la fuerza inicial. Por conveniencia, en el análisis estructural generalmente éstas son las componentes rectangulares o cartesianas de la fuerza inicial.
- El método del polígono es una técnica gráfica para encontrar la suma vectorial de un sistema coplanar de varias fuerzas concurrentes. Se dibuja a escala sucesivamente cada vector de fuerza, con el extremo posterior de cada uno en la cabeza del precedente y se completa el polígono con un vector que represente a la fuerza resultante, prolongándolo desde el extremo posterior del primero a la cabeza del último vector.



- Las fuerzas no concurrentes tienen líneas de acción que no se intersecan en un punto común y cuya suma vectorial es una fuerza individual que causaría la misma traslación y rotación de un cuerpo que el conjunto de las fuerzas originales.
- Un momento es la tendencia de una fuerza a producir rotación de un cuerpo alrededor de un punto o de una línea, de magnitud igual al producto de la fuerza por el brazo de momento y que actúa en la dirección del sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario.
- Un par es un sistema de fuerzas de dos fuerzas iguales y paralelas que actúan en direcciones opuestas y que tienden a producir rotación, pero no traslación. La magnitud del momento de un par es igual al producto de una de las fuerzas por la distancia perpendicular entre las dos fuerzas.



## 2.12 EQUILIBRIO ESTRUCTURAL



Tanto en el diseño como en el análisis estructural, nuestra primera preocupación es la magnitud, la dirección y el punto de aplicación de las fuerzas y su resolución para producir un estado de equilibrio. El equilibrio es un estado de balance o de reposo que resulta de la acción homóloga de fuerzas opuestas. En otras palabras, a medida que cada elemento estructural se carga, sus elementos de apoyo deben reaccionar con fuerzas iguales y opuestas. Para que un cuerpo rígido esté en equilibrio, son necesarias dos condiciones.

- Primero, la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre éste debe ser igual a cero, asegurando el equilibrio en la traslación:

$$\Sigma F_x = 0; \Sigma F_y = 0; \Sigma F_z = 0.$$

- Segundo, la suma algebraica de todos los momentos de las fuerzas alrededor de cualquier punto o línea debe ser igual a cero, asegurando un equilibrio en la rotación:  $\Sigma M = 0$ .



- La tercera ley del movimiento de Newton, la ley de la acción y de la reacción, establece que para cada fuerza que actúa sobre un cuerpo, el cuerpo ejerce una fuerza que tiene igual magnitud y dirección opuesta, a lo largo de la misma línea de acción que la fuerza original.

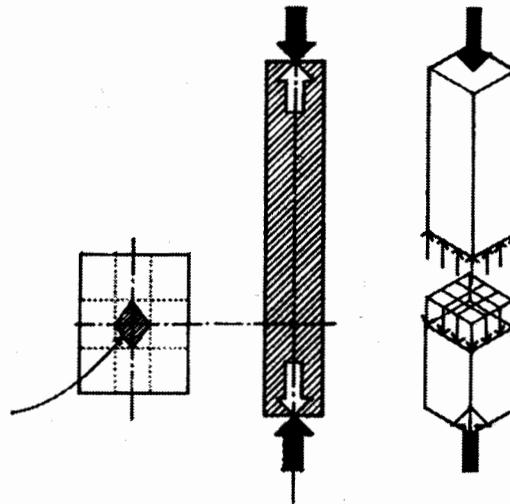
- Una carga concentrada actúa sobre un área muy pequeña o punto específico de un elemento estructural de apoyo, como cuando una viga se apoya sobre un poste o una columna se apoya sobre su zapata.

- Una carga distribuida uniformemente es una carga de magnitud uniforme que se extiende sobre la longitud o el área del elemento estructural de apoyo, como en el caso de la carga viva sobre la cubierta o una vigueta del piso, o una carga eólica sobre un muro.

- Un diagrama de cuerpo libre es una representación gráfica del sistema completo de fuerzas aplicadas y reactivas que actúan sobre un cuerpo o sobre una parte aislada de una estructura. Cada parte elemental de un sistema estructural tiene reacciones que son necesarias para el equilibrio de esa parte, así como el sistema más grande tiene reacciones en sus apoyos que sirven para conservar el equilibrio del todo.

Las columnas son miembros estructurales rígidos y relativamente esbeltos diseñados principalmente para sustentar cargas axiales de compresión aplicadas en los extremos de los miembros. Las columnas relativamente cortas y gruesas están sujetas a falla por aplastamiento más que por pandeo. La falla se presenta cuando el esfuerzo directo proveniente de una carga axial sobrepasa la resistencia a la compresión del material disponible en la sección transversal. Sin embargo, una carga excéntrica puede producir flexión y conduce a una distribución desigual de esfuerzos en la sección.

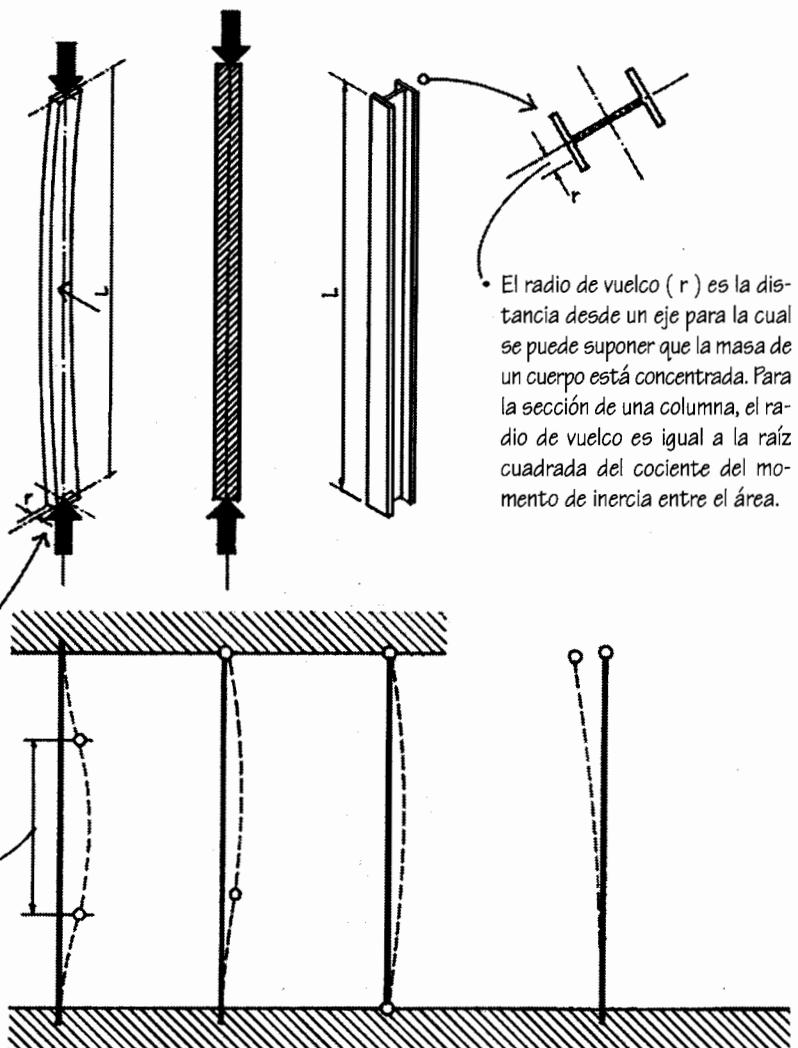
- El núcleo central es el área principal de cualquier sección horizontal de una columna o de un muro en la cual debe situarse la resultante de todas las cargas de compresión si sólo van a estar presentes esfuerzos de compresión en la sección. Una carga de compresión aplicada fuera de esta área causará que se desarrollen esfuerzos de tensión en la sección.



- Las fuerzas externas crean esfuerzos internos dentro de los elementos estructurales.

Las columnas largas y esbeltas están sujetas a falla por pandeo en lugar de por aplastamiento. El pandeo es la inestabilidad súbita lateral o de torsión de un miembro estructural esbelto inducida por la acción de una carga axial antes de alcanzar el esfuerzo de fluencia del material. Bajo una carga de pandeo, una columna comienza a deformarse lateralmente y no puede generar las fuerzas internas necesarias para restituir su condición lineal inicial. Cualquier carga adicional haría que la columna se deformara aún más hasta que se presente el colapso por flexión. Entre mayor sea la relación de esbeltez de una columna, es menor el esfuerzo crítico que causa su pandeo. Un objetivo primario en el diseño de una columna es reducir su relación de esbeltez acortando su longitud efectiva o maximizando el radio de vuelco de la sección transversal.

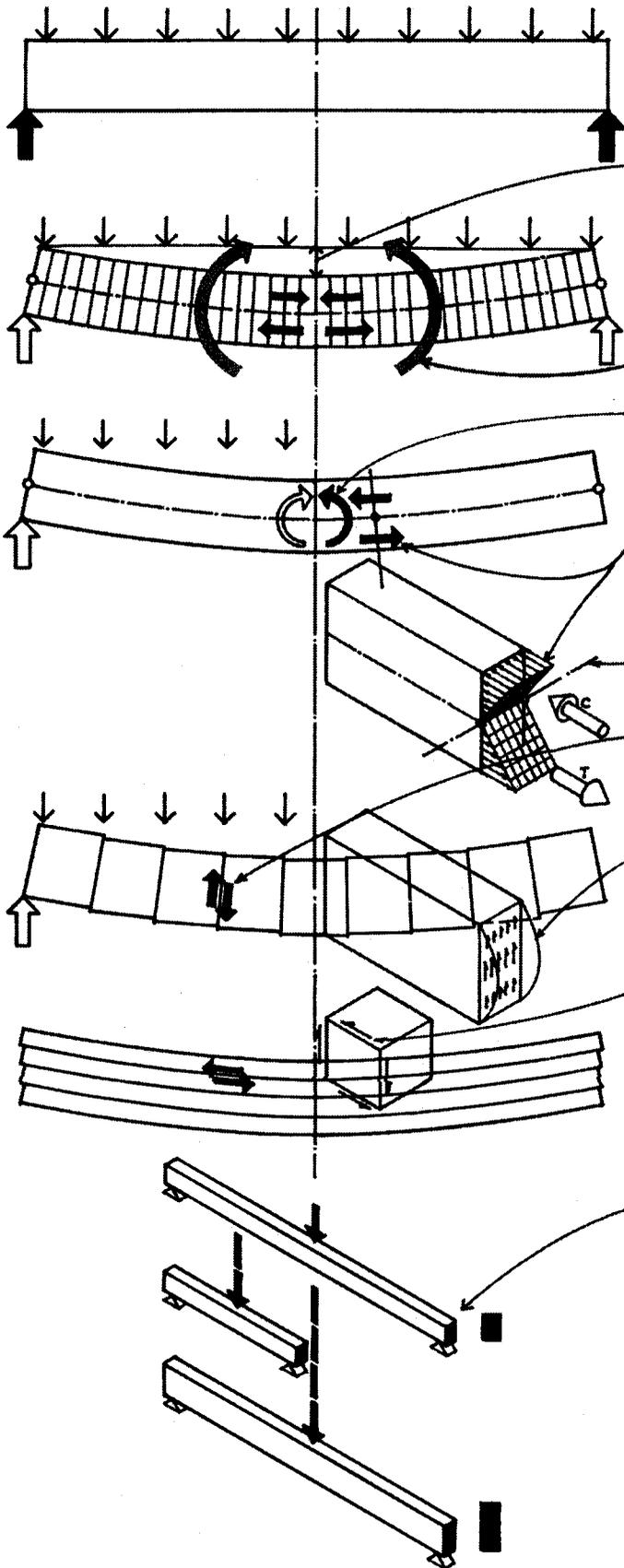
- La relación de esbeltez de una columna es el cociente de su longitud efectiva ( $L$ ) entre el menor radio de vuelco ( $r$ ). Por lo tanto, en las secciones de columnas asimétricas, el pandeo tenderá a presentarse alrededor del eje más débil o en la dirección de la dimensión mínima.
- La longitud efectiva es la distancia entre los puntos de inflexión de una columna sujeta a pandeo. Cuando esta parte de la columna se pandea, la columna completa falla.
- El factor de longitud efectiva ( $k$ ) es un coeficiente para modificar la longitud verdadera de una columna de acuerdo con las condiciones de sus extremos y determinar así su longitud efectiva. Por ejemplo, la fijación de ambos extremos de una columna larga reduce su longitud efectiva a la mitad y aumenta su capacidad de carga en un factor de 4.



- El radio de vuelco ( $r$ ) es la distancia desde un eje para la cual se puede suponer que la masa de un cuerpo está concentrada. Para la sección de una columna, el radio de vuelco es igual a la raíz cuadrada del cociente del momento de inercia entre el área.

- Ambos extremos empotrados;  $k = 0.5$
- Un extremo con pasador, otro extremo empotrado;  $k = 0.7$
- Ambos extremos con pasadores;  $k = 1.0$
- Un extremo libre, otro extremo empotrado;  $k = 2.0$

## 2.14 VIGAS



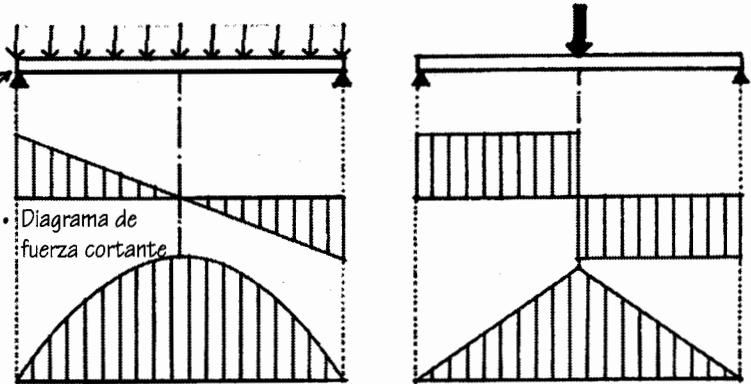
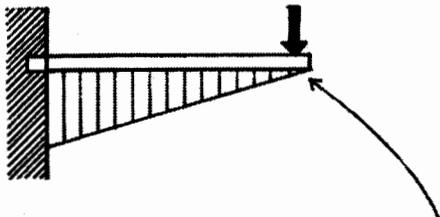
Las vigas son miembros estructurales rígidos diseñados para cargar y transferir cargas transversales a través del espacio a los elementos de apoyo. El patrón no concurrente de fuerzas sujeta a una viga a la flexión y a la deflexión, lo que debe ser resistido por la resistencia interna del material.

- La deflexión es la distancia perpendicular que un miembro que cubre un claro se desvía de la geometría original bajo cargas transversales, aumentando con la carga y con el claro, y disminuyendo al aumentar el momento de inercia de la sección o el módulo de elasticidad del material.
- El momento flexionante es un momento externo que tiende a hacer que parte de la estructura gire o se flexione y es igual a la suma algebraica de los momentos alrededor del eje neutro de la sección considerada.
- El momento resistente es un momento interno igual y opuesto al momento flexionante, generado por un par de fuerzas para conservar el equilibrio de la sección considerada.
- El esfuerzo por flexión es una combinación de esfuerzos de compresión y de tensión que se desarrolla en la sección transversal de un miembro estructural para resistir una fuerza transversal, que alcanza su valor máximo en la superficie más alejada del eje neutro.
- El eje neutro es una línea imaginaria que atraviesa el centroide de la sección transversal de una viga o de otro miembro sujeto a flexión, a lo largo del cual no se presentan esfuerzos por flexión.
- La fuerza cortante transversal se presenta en la sección transversal de una viga o de otro miembro sujeto a flexión, siendo igual a la suma algebraica de las fuerzas transversales en un lado de la sección.
- El esfuerzo cortante vertical se desarrolla para resistir la fuerza cortante transversal, que tiene un valor máximo en el eje neutro y disminuye en forma no lineal hacia las caras externas.
- El esfuerzo cortante horizontal o longitudinal se desarrolla para evitar el deslizamiento a lo largo de los planos horizontales de una viga bajo carga transversal, siendo igual en cualquier punto al esfuerzo cortante vertical en ese punto.

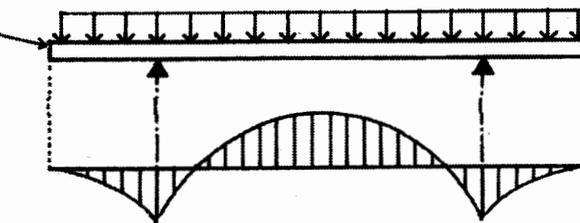
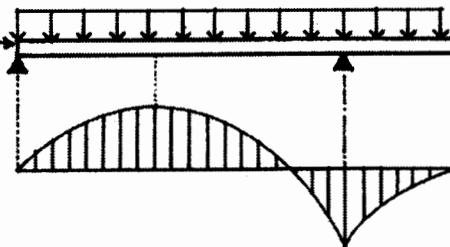
La eficiencia de una viga aumenta si se configura la sección transversal para suministrar el momento de inercia o el módulo de sección requeridos con la menor área posible. Generalmente, esto se logra aumentando el peralte de la sección con la mayor parte del material en los extremos donde se presentan los esfuerzos máximos de flexión. Por ejemplo, si al reducir a la mitad el claro de una viga o al duplicar su ancho se reducen los esfuerzos por flexión por un factor de 2, duplicar el peralte reduce los esfuerzos por flexión por un factor de 4.

- El momento de inercia es la suma de los productos de cada elemento de un área por el cuadrado de su distancia con respecto a un eje de rotación coplanar. Es una propiedad geométrica que indica cómo está distribuida el área transversal de un miembro estructural y no refleja las propiedades físicas intrínsecas de un material.
- El módulo de sección es una propiedad geométrica de una sección transversal, definido como el momento de inercia de la sección dividido entre la distancia desde el eje neutro a la superficie más alejada.

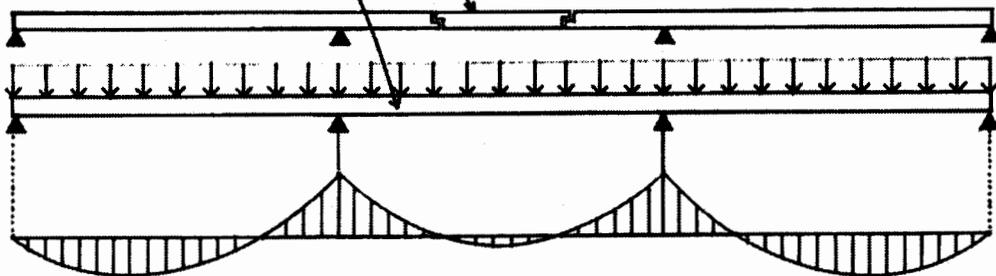
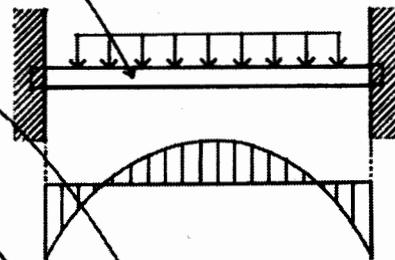
- Una viga simple descansa en apoyos en ambos extremos, con los extremos en libertad de girar y sin ofrecer resistencia a los momentos. Al igual que con cualquier estructura estáticamente determinada, los valores de todas las reacciones, las fuerzas cortantes y los momentos para una viga simple son independientes de la forma de la sección transversal y del material.



- Un cantilever es una viga u otro miembro estructural rígido que se proyecta con sólo un extremo fijo.
- Una viga en voladizo es una viga simple que se prolonga más allá de uno de sus apoyos. El voladizo reduce el momento positivo a la mitad del claro mientras que se desarrolla un momento negativo en la base del cantilever sobre el apoyo. Suponiendo una carga uniformemente distribuida, la proyección para la cual el momento sobre el apoyo es igual y opuesto al momento a la mitad del claro es aproximadamente  $\frac{3}{8}$  del claro.
- Una viga con doble voladizo es una viga simple que se prolonga más allá de ambos apoyos. Suponiendo una carga uniformemente distribuida, las proyecciones para las cuales los momentos sobre los apoyos son iguales y opuestos al momento a la mitad del claro son aproximadamente  $\frac{1}{3}$  del claro.

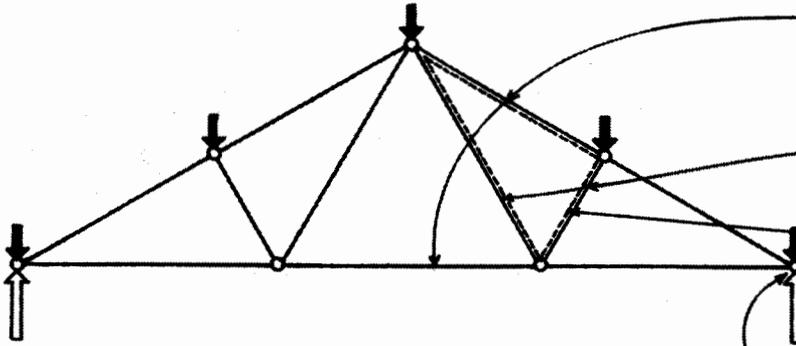


- Una viga doblemente empotrada tiene ambos extremos restringidos contra la traslación y la rotación. Los extremos fijos transfieren los esfuerzos por flexión, aumentan la rigidez de la viga y reducen su deflexión máxima.
- Un tramo suspendido es una viga simple apoyada en los voladizos de dos claros adyacentes con juntas construidas con seguros en los puntos de momento cero.
- Una viga continua se prolonga sobre más de dos apoyos con objeto de desarrollar mayor rigidez y momentos más pequeños que en una serie de vigas simples que tengan claros y carga similares. Tanto las vigas doblemente empotradas como las vigas continuas son estructuras indeterminadas para las cuales los valores de todas las reacciones, las fuerzas cortantes y los momentos dependen no solamente del claro y de la carga, sino también de la forma de la sección transversal y del material de la viga.

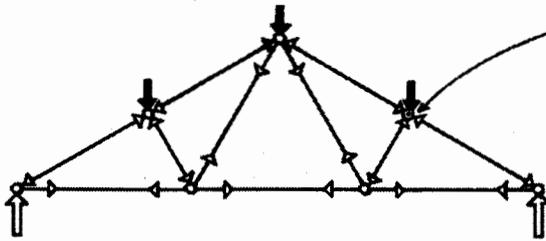


## 2.16 ARMADURAS

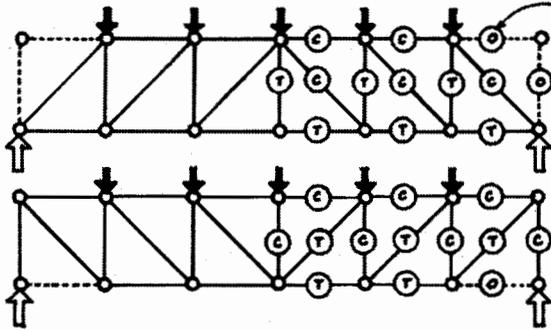
Una armadura es un marco estructural basado en la rigidez geométrica del triángulo y compuesta de miembros lineales sujetos solamente a compresión o tensión axial.



- Los cordones superiores e inferiores son los miembros principales de una armadura; se prolongan de extremo a extremo y se conectan mediante las piezas de enrejado.
- La trabazón es el sistema integral de los miembros que conectan a los cordones superior e inferior de una armadura.
- Un tablero es cualquiera de los espacios dentro de la trabazón de una armadura entre cualesquiera dos puntos del tablero en un cordón y un nodo o par de nodos correspondientes en un cordón opuesto.
- El talón es el extremo inferior apoyado de una armadura.



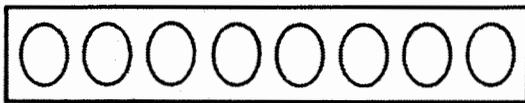
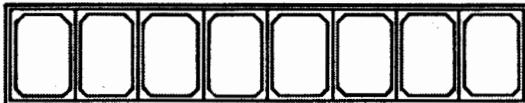
- Un punto de tablero es cualquiera de los nodos entre un miembro principal de la trabazón y un cordón. Una armadura debe estar cargada solamente en los puntos del tablero si sus miembros van a estar sujetos solamente a tensión o compresión axial. Para evitar el desarrollo de esfuerzos secundarios, los ejes centroidales de los miembros de la armadura y la carga en un nodo deben atravesar un punto común.



- Los miembros de fuerza cero teóricamente no sustentan carga directa; su omisión no alteraría la estabilidad de la configuración de la armadura.

• Véase 6.09 para los tipos de armaduras y configuraciones de las armaduras.

• Las armaduras Vierendeel son estructuras de vigas reticuladas que tienen miembros verticales de la trabazón conectados a los cordones paralelos superior e inferior. Las armaduras Vierendeel no son armaduras verdaderas porque sus miembros están sujetos a fuerzas de flexión no axiales.

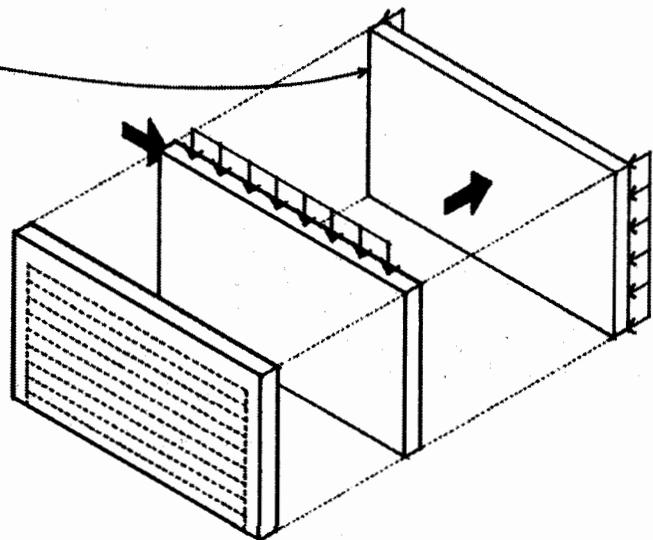
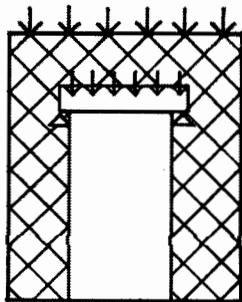
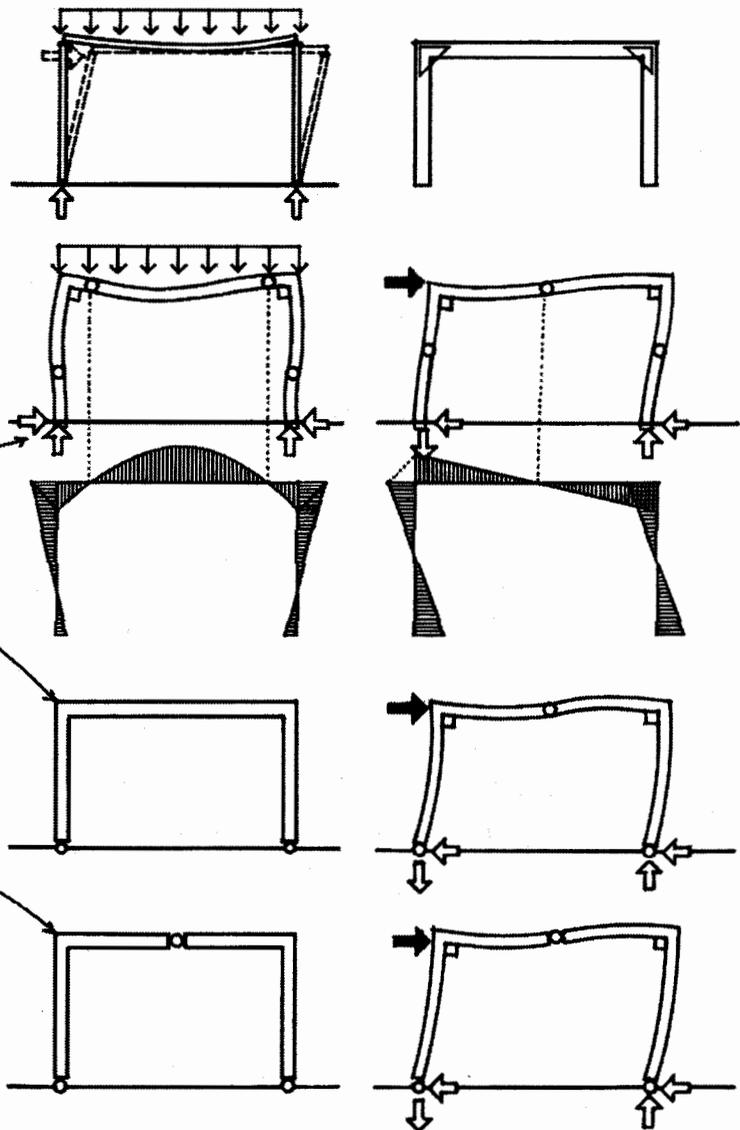


Una viga simplemente apoyada en dos columnas no puede resistir fuerzas laterales a menos que esté apuntalada. Si los nodos que conectan las columnas y la viga pueden resistir tanto fuerzas como momentos, entonces el ensamblado se convierte en un marco rígido. Las cargas aplicadas producen fuerzas axiales, de flexión y cortantes en todos los miembros del marco debido a que los nodos rígidos impiden que los extremos de los miembros giren libremente. Además, las cargas verticales hacen que un marco rígido desarrolle empujes horizontales en la base. Un marco rígido es estáticamente indeterminado y es rígido solamente en su plano.

- Un marco fijo es un marco rígido conectado a sus apoyos mediante empotramientos. Un marco fijo es más resistente a la deflexión que un marco articulado, pero también es más sensible a los asentamientos de los apoyos y a la expansión y contracción térmicas.
- Un marco articulado es un marco rígido conectado a sus apoyos con pasadores. Los pasadores evitan que se desarrollen esfuerzos de flexión elevados al permitir que el marco gire como una unidad cuando se deforma por los asentamientos de los apoyos y que se flexione ligeramente cuando se le somete a esfuerzos por cambios de temperatura.
- El marco de tres articulaciones es un ensamblado estructural de dos secciones rígidas conectadas entre sí y con sus apoyos con pasadores. Aun cuando es más sensible a la deflexión que el marco fijo o el marco articulado, el marco de tres articulaciones se ve menos afectado por los asentamientos en los apoyos y los esfuerzos térmicos. Las tres articulaciones también permiten que el marco se analice como una estructura estáticamente determinada.

Si se rellena el plano definido por dos columnas y una viga se convierte en un muro de carga que actúa como una columna larga y delgada que transmite fuerzas de compresión al piso. Los muros de carga son muy efectivos para cargas coplanares uniformemente distribuidas, pero son muy vulnerables a las fuerzas perpendiculares a sus planos. Para la estabilidad lateral, los muros de carga dependen de nervaduras con pilastras, muros cruzados, marcos rígidos transversales o losas horizontales.

Cualquier vano en un muro de carga debilita su integridad estructural. Un dintel o un arco debe sustentar la carga arriba del vano de una puerta o de una ventana y permitir que los esfuerzos de compresión fluyan alrededor del vano a las secciones adyacentes del muro.



## 2.18 PLACAS

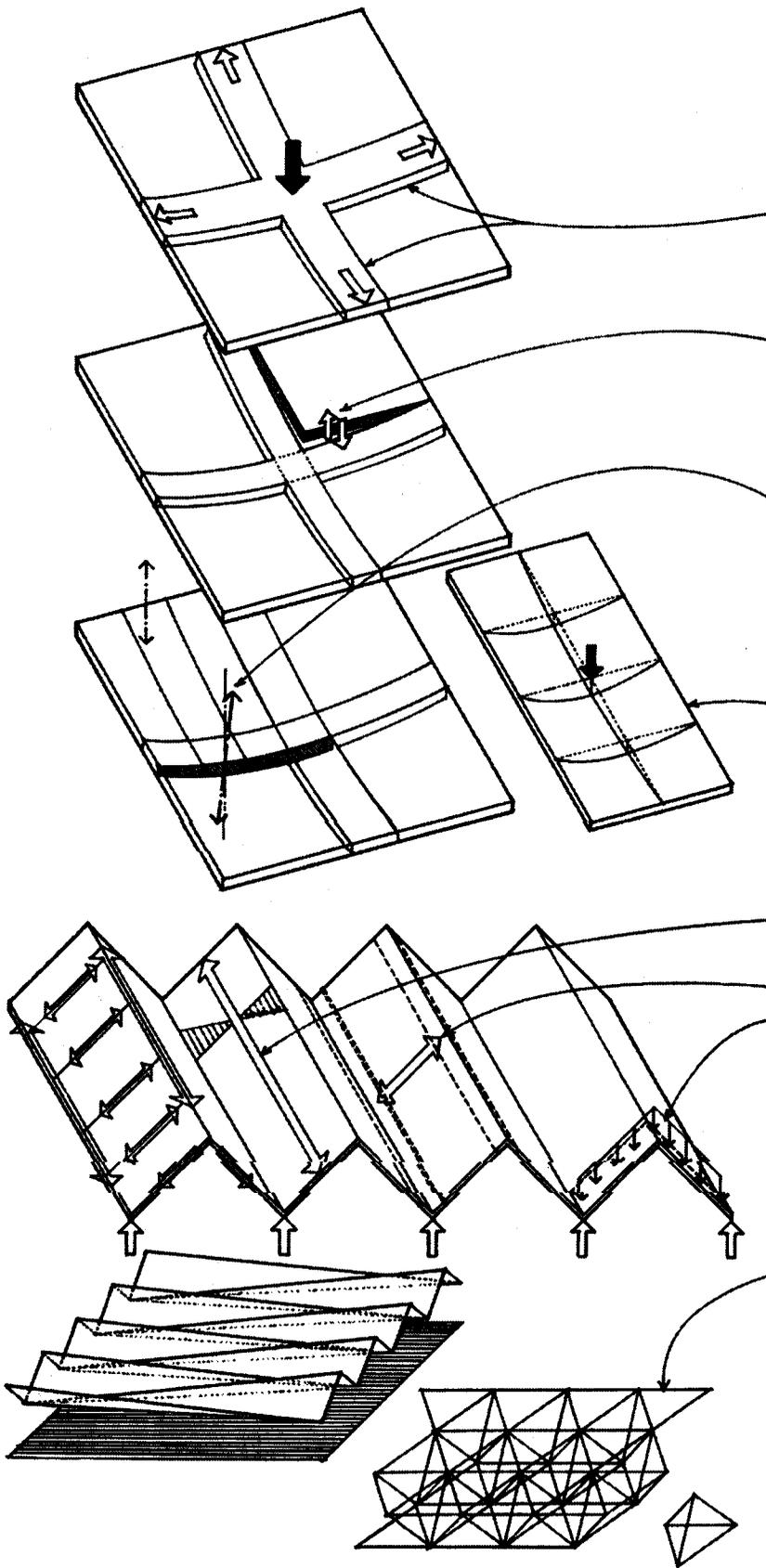
Las placas son estructuras rígidas, planas, generalmente monolíticas, que dispersan las cargas aplicadas según un patrón multidireccional, con las cargas siguiendo generalmente las rutas más cortas y más rígidas hasta los apoyos. Un ejemplo común de una placa es una losa de concreto reforzado.

Una placa puede visualizarse como una serie de vigas adyacentes con forma de franjas interconectadas continuamente a lo largo de sus longitudes. A medida que una carga aplicada se transmite a los apoyos mediante la flexión de una viga en forma de franja, la carga se distribuye en la placa completa mediante fuerza cortante vertical que se transmite desde la franja deflexionada a las franjas adyacentes. La flexión de una viga en forma de franja también causa la torsión de las franjas transversales, cuya resistencia a la torsión aumenta la rigidez total de la placa. Por lo tanto, mientras que la flexión y la fuerza cortante transfieren una carga aplicada en la dirección de la viga en forma de franja con carga, la fuerza cortante y la torsión transfieren la carga en ángulo recto con la franja cargada.

Una placa debe ser cuadrada o casi cuadrada para asegurarse de que se comporte como una estructura de dos sentidos. Cuando una placa se hace más rectangular que cuadrada, disminuye la acción de dos sentidos y se desarrolla un sistema de un sentido que sigue la dirección más corta porque las franjas más cortas de la placa son más rígidas y sustentan una parte mayor de la carga.

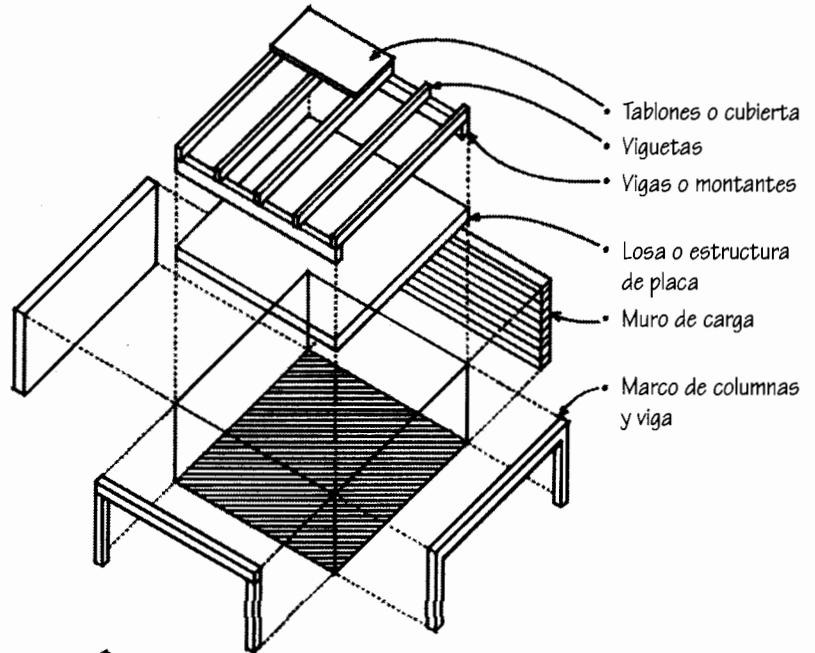
Las estructuras de placas plegadas están compuestas de elementos plegados de gran peralte unidos rigidamente a lo largo de sus bordes y que forman ángulos agudos para apuntalarse entre sí contra el pandeo lateral. Cada plano se comporta como una viga en la dirección longitudinal. En la dirección corta, el claro se reduce por cada pliegue que actúa como un apoyo rígido. Las franjas transversales se comportan como una viga continua apoyada en los puntos de los pliegues. Los diafragmas verticales o los marcos rígidos rigidizan una placa plegada contra la deformación del perfil del pliegue. La rigidez resultante de la sección transversal permite que una placa plegada cubra distancias relativamente largas.

Un marco espacial está compuesto de elementos lineales rígidos cortos triangulados en tres dimensiones y sujetos solamente a tensión o compresión axiales. La unidad espacial más simple de un marco espacial es un tetraedro que tiene cuatro nodos y seis miembros estructurales. Debido a que el comportamiento estructural de un marco espacial es análogo al de una placa, su crujía de apoyo debe ser cuadrada o casi cuadrada para asegurarse de que se comporta como una estructura de dos sentidos. Aumentar el área de contacto de los apoyos aumenta el número de miembros a los cuales se transfiere la fuerza cortante y reduce las fuerzas en los miembros. Véase 6.10 para más información sobre los marcos espaciales.



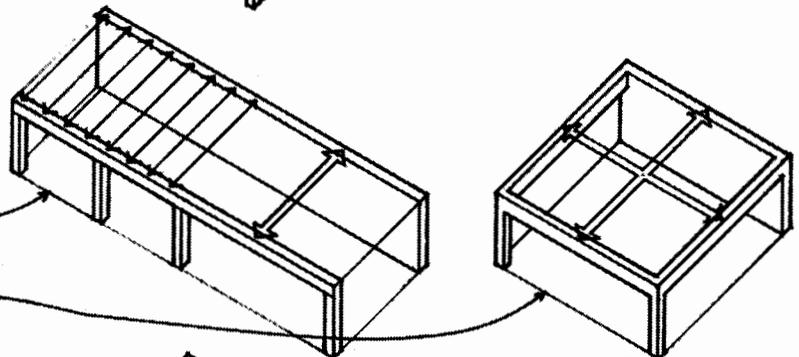
Con los elementos estructurales principales de columna, viga, losa y muro de carga es posible formar una unidad estructural elemental capaz de definir y cercar un volumen de espacio para habitación. Esta unidad estructural es el bloque básico de construcción para el sistema estructural y la organización espacial de un edificio.

- Los claros horizontales pueden ser cubiertos por losas de concreto reforzado o por un arreglo jerárquico en capas de trabes, vigas y viguetas que sustentan tablonos o cubiertas.
- El apoyo vertical de una unidad estructural puede suministrarse mediante muros de carga o por una armazón de columnas y vigas.

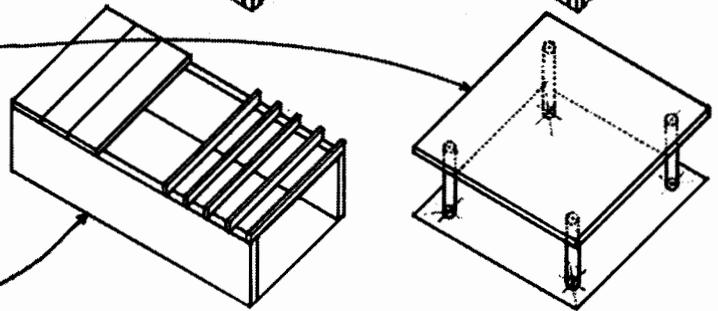


Las dimensiones y las proporciones de una unidad estructural o de una cruja influyen en la selección de un sistema apropiado para cubrir los claros.

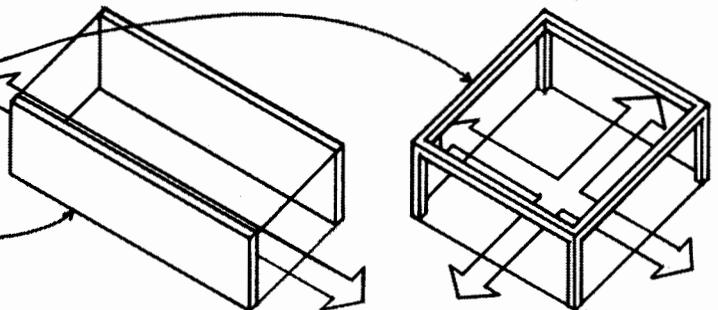
- Los sistemas de un solo sentido de viguetas, tablonos, o losas son más eficientes cuando las crujas estructurales son rectangulares —es decir, cuando la relación de la dimensión larga a la corta es mayor que 1.5:1— o cuando la retícula estructural genera un patrón lineal de espacios.
- Los sistemas de dos sentidos de vigas y losas son más efectivos para crujas cuadradas o casi cuadradas.



- Una losa de dos sentidos apoyada en cuatro columnas define una capa horizontal de espacio.

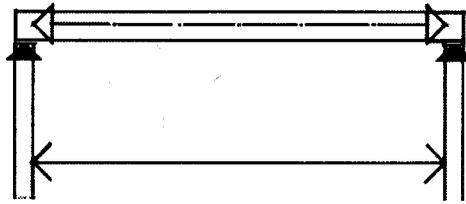


- La naturaleza paralela de los muros de carga conduce naturalmente al uso de sistemas de un solo sentido para cubrir los claros.
- Debido a que los muros de carga son muy efectivos cuando soportan una carga uniformemente distribuida, es típico que soporten una serie de viguetas, tablonos o una losa de un solo sentido.



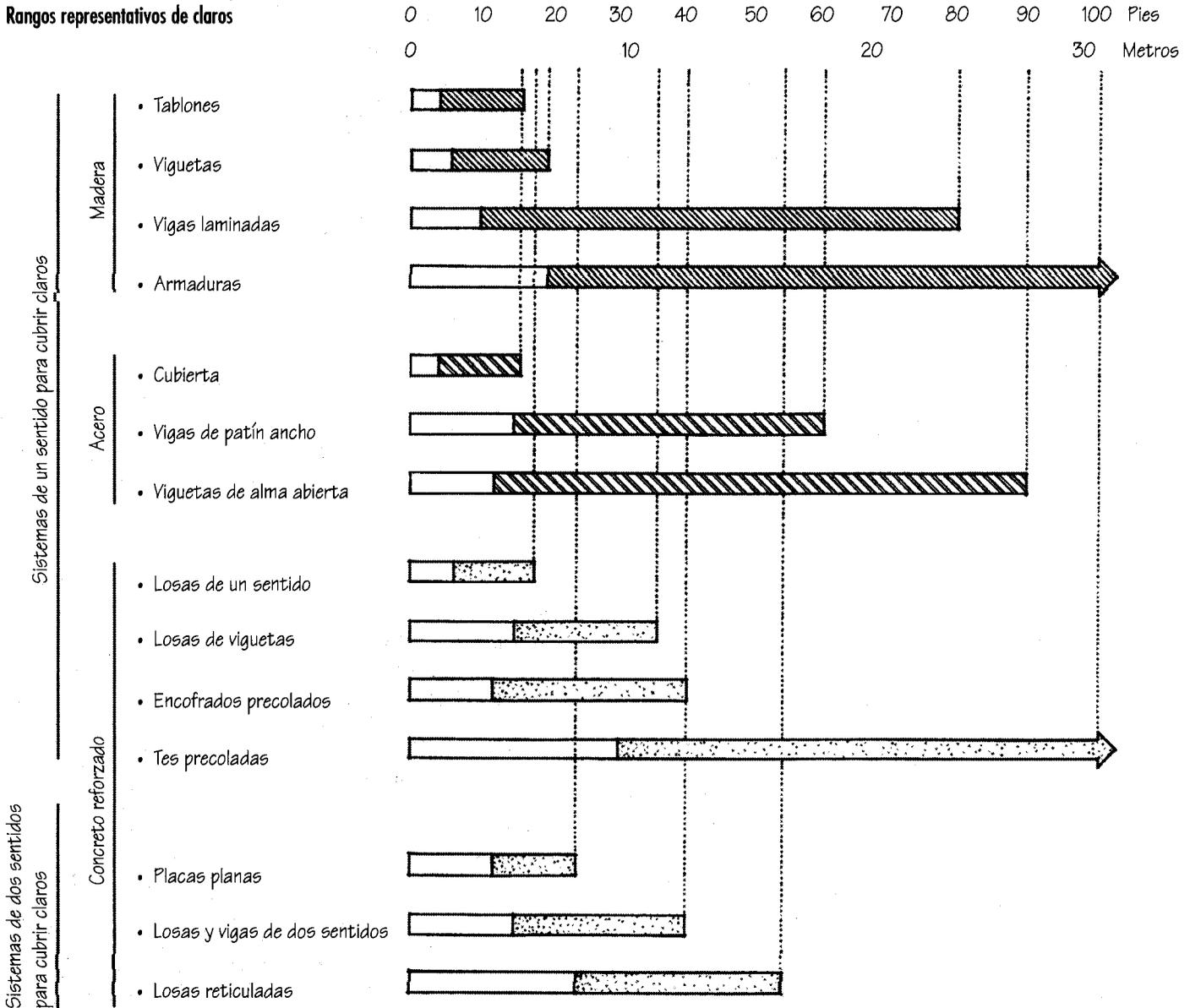
- Una armazón lineal de columnas y vigas define un módulo tridimensional de espacio capaz de expandirse tanto horizontal como verticalmente.
- Dos muros de carga definen en forma natural un espacio axial bidireccional. Pueden desarrollarse ejes secundarios perpendiculares a los ejes primarios con vanos dentro de los muros de carga.

## 2.20 CLAROS ESTRUCTURALES



La capacidad para cubrir claros de los elementos horizontales determina el espaciamiento de los apoyos verticales. Esta relación fundamental entre el claro y el espaciamiento de los elementos estructurales influye en las dimensiones y la escala de los espacios definidos por el sistema estructural de un edificio. Las dimensiones y las proporciones de las crujeas estructurales, a su vez, deben relacionarse con los requerimientos programáticos de los espacios.

### Rangos representativos de claros



La disposición de los principales apoyos verticales no solamente regula la selección de un sistema para cubrir claros, también establece las posibilidades para el ordenamiento de los espacios y de las funciones en un edificio.

Los principales puntos y líneas de apoyo de un sistema estructural definen típicamente una retícula. Los puntos críticos de la retícula son aquellos en los cuales las columnas y los muros de carga colectan cargas de las vigas y de otros elementos horizontales que cubren claros y canalizan estas cargas en sentido vertical hasta la cimentación.

El orden geométrico inherente de una retícula puede usarse en el proceso de diseño para iniciar y reforzar la organización funcional y espacial del diseño de un edificio.

- Los muros sin carga pueden colocarse de modo que definan varias configuraciones espaciales y permitan que un edificio sea más flexible en su respuesta a los requerimientos programáticos de sus espacios.

- Una retícula estructural puede modificarse mediante la adición o la sustracción para acomodar necesidades especiales, como espacios grandes o condiciones poco comunes del sitio.

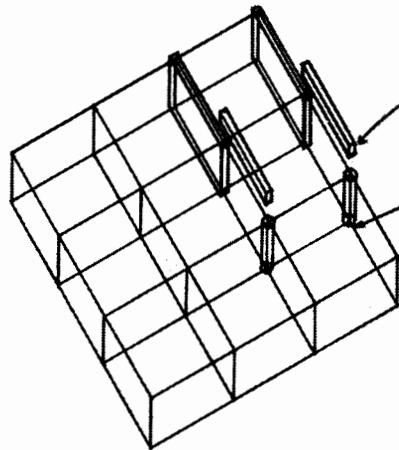
- Una retícula puede ser irregular en una o dos direcciones para acomodar los requerimientos dimensionales de los espacios del programa.

- Una parte de la retícula puede dislocarse y girarse alrededor de un punto en el patrón básico.

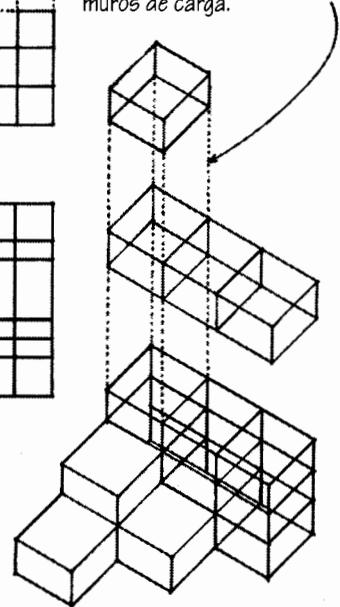
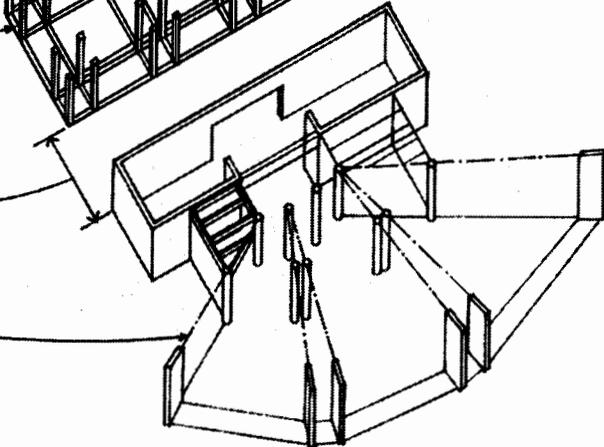
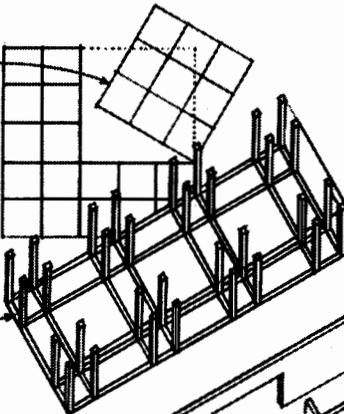
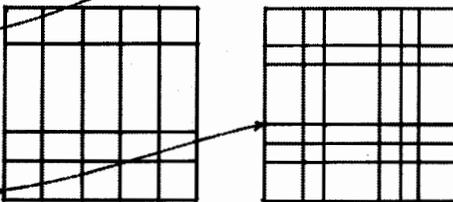
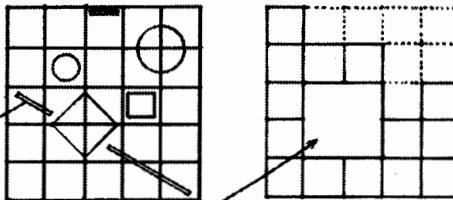
- Dos retículas paralelas pueden desplazarse una de otra para desarrollar espacios intercurrentes o intersticiales que definan patrones de movimiento, que medien entre una serie de espacios más grandes, o que alojen servicios mecánicos.

- Cuando dos patrones estructurales no se puedan alinear convenientemente, puede usarse un tercer elemento, como un muro de carga, un espacio mediador o un sistema, para cubrir claros de textura más fina.

- Pueden emplearse retículas no uniformes o irregulares para reflejar el ordenamiento jerárquico o funcional de los espacios dentro de un edificio.



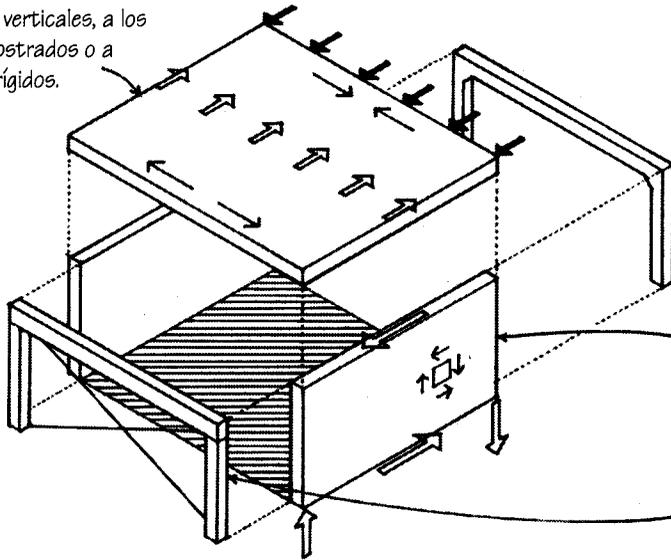
- Las líneas de la retícula representan vigas horizontales y muros de carga.
- Las intersecciones de las líneas de la retícula representan las ubicaciones de columnas o de cargas gravitacionales concentradas.
- Una unidad estructural básica o crujía puede prolongarse lógicamente en sentido vertical a lo largo de los ejes de las columnas y en sentido horizontal a lo largo de los claros de las vigas y de los muros de carga.



## 2.22 ESTABILIDAD LATERAL

### Diafragma horizontal

- Una estructura de piso rígida, comportándose como una viga plana de gran peralte, transfiere las cargas laterales a los muros de cortante verticales, a los marcos arriostrados o a los marcos rígidos.



Los elementos estructurales de un edificio deben dimensionarse, configurarse y unirse para formar una estructura estable bajo cualquier condición posible de carga. Por lo tanto, un sistema estructural debe diseñarse no solamente para sustentar cargas verticales gravitacionales, sino también resistir fuerzas laterales eólicas y sísmicas desde cualquier dirección. Los siguientes son los mecanismos básicos para asegurar la estabilidad lateral.

#### Marco rígido

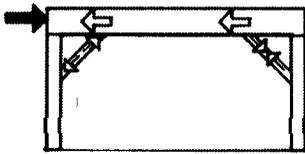
- Un marco de acero o de concreto reforzado con uniones rígidas capaz de resistir cambios en las relaciones angulares

#### Muro de cortante

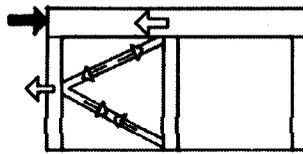
- Un muro de madera, concreto o mampostería capaz de resistir cambios de forma y de transferir cargas laterales a la cimentación

#### Marco arriostrado

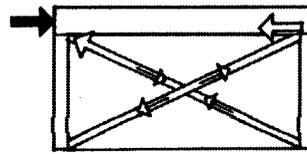
- Un marco de madera o de acero arriostrado con miembros diagonales



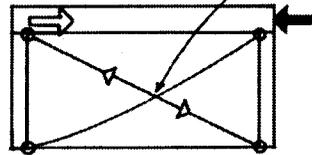
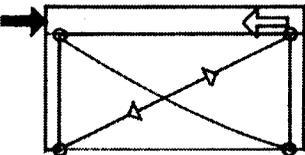
Riostra angular



Riostra en K

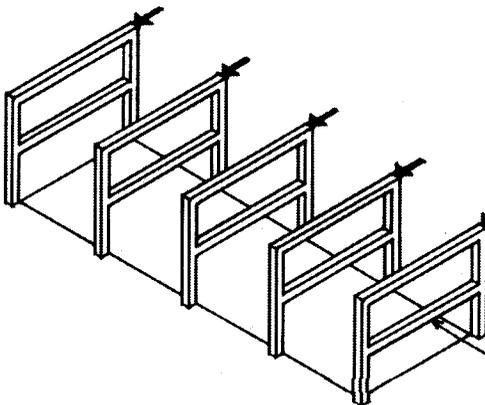


Riostra en cruz



- Cuando se use arriostramiento con cable, son necesarios dos para estabilizar la estructura contra fuerzas laterales de cualquiera de ambas direcciones. Para cada dirección, un cable operará en forma efectiva a tensión mientras que el otro simplemente se pandearía. Si se usa arriostramiento rígido, se incluye un cierto grado de redundancia porque un solo miembro es capaz de estabilizar la estructura.

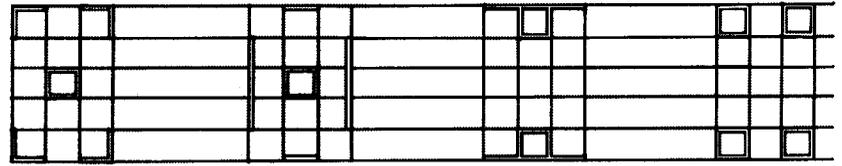
Cualquiera de estos sistemas puede usarse individualmente o en combinación para estabilizar una estructura. De los tres sistemas verticales, el marco rígido tiende a ser el menos eficiente. Sin embargo, los marcos rígidos pueden ser útiles cuando el empleo de marcos arriostrados o muros de cortante formaría barreras indeseables entre espacios adyacentes.



- Las fuerzas laterales tienden a ser más críticas en la dirección corta de los edificios rectangulares y es típico el uso de los muros de cortante o marcos arriostrados más eficientes en esta dirección. En la dirección larga, puede utilizarse cualquiera de los elementos laterales que resisten fuerzas.

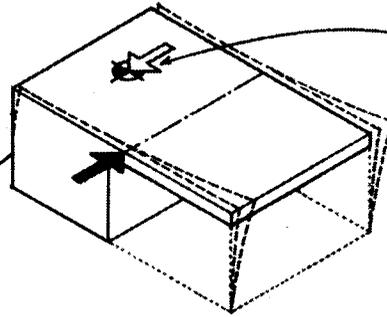
- Los caballetes son marcos arriostrados o rígidos diseñados para sustentar cargas verticales y laterales transversales a la longitud de una estructura reticular.

Para evitar los efectos destructivos de torsión, las estructuras sujetas a fuerzas laterales deben arreglarse y arriostrarse simétricamente con los centros de masa y de resistencia tan coincidentes como sea posible. La disposición asimétrica de las estructuras irregulares generalmente requiere de un análisis dinámico con objeto de determinar los efectos de torsión de las fuerzas laterales.



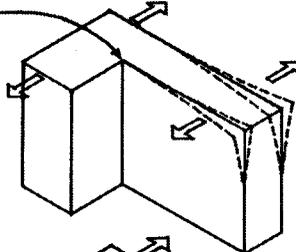
Las estructuras irregulares se caracterizan por cualquiera de diferentes irregularidades en planta o en sentido vertical, como la disposición asimétrica de la masa o de los elementos que resisten a las fuerzas laterales, un piso blando o débil, o un muro de cortante o un diafragma discontinuos.

- La irregularidad torsional se refiere a la disposición asimétrica de la masa o de los elementos que resisten a las fuerzas laterales, resultando en centros de masa o de resistencia que no coinciden.

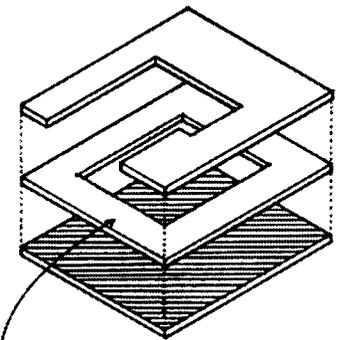
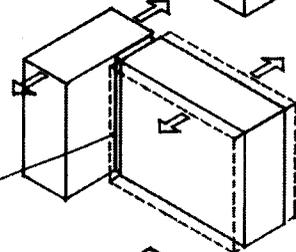


El centro de resistencia es el centroide de los elementos verticales de un sistema que resiste fuerzas laterales, a través del cual actúa la reacción de cortante a las fuerzas laterales.

- Una esquina reentrante es una configuración en planta de una estructura que tiene proyecciones más allá de una esquina que son significativamente mayores que la dimensión en planta en la dirección dada. Una esquina reentrante tiende a producir movimientos diferenciales entre las diferentes partes de la estructura, resultando en concentraciones locales de esfuerzos en la esquina. Las soluciones incluyen el suministro de una junta sísmica para separar el edificio en formas más simples, uniendo al edificio más fuertemente en la esquina, o biselando la esquina.



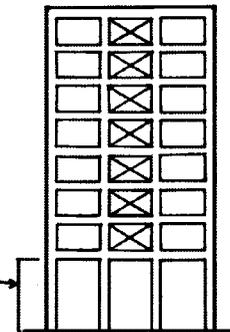
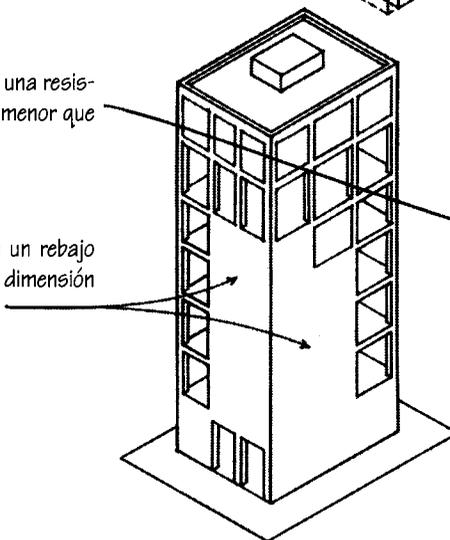
- Las juntas sísmicas separan físicamente las masas adyacentes del edificio de modo que pueda ocurrir un movimiento vibratorio libre en cada uno, independiente del otro.



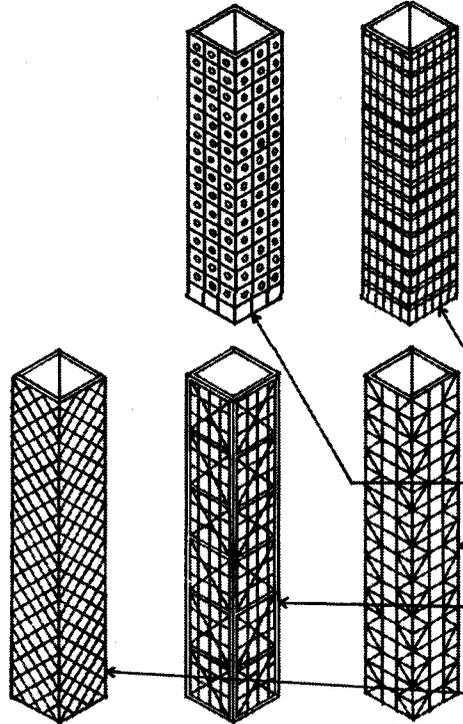
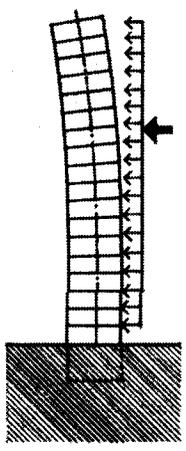
Un diafragma discontinuo es un diafragma horizontal que tiene un área grande cortada o abierta, o una rigidez significativamente menor que la del piso superior o inferior.

- Un piso blando o débil tiene una rigidez o una resistencia lateral que es significativamente menor que la de los pisos superiores.

- Un muro de cortante discontinuo tiene un rebajo grande o un cambio significativo en su dimensión horizontal.



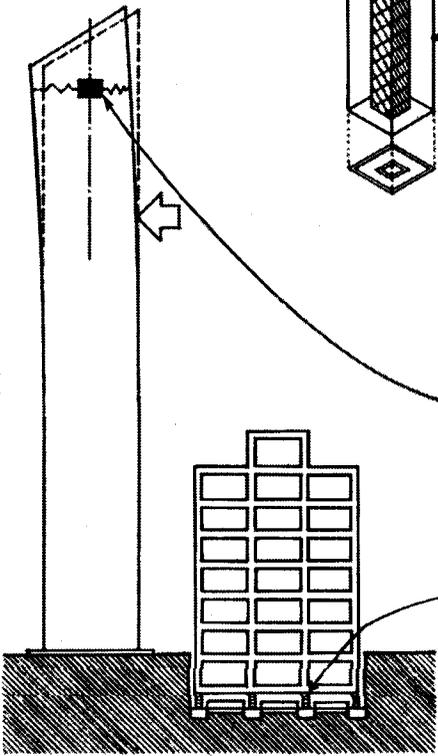
Los edificios altos son especialmente susceptibles a los efectos de las fuerzas laterales. Un marco rígido es la forma menos eficiente de alcanzar la estabilidad lateral y es apropiado solamente para estructuras de baja a mediana altura. A medida que aumenta la altura de un edificio, se hace necesario complementar un marco rígido con mecanismos adicionales de arriostramiento, como apuntalamiento diagonal o un núcleo rígido. Un tipo eficiente de estructura de gran altura es una estructura tubular que tiene sistemas perimetrales resistentes a las fuerzas laterales, apuntalados internamente con diafragmas rígidos de piso. La estructura se comporta esencialmente como una viga de caja en cantilever cuando resiste las fuerzas laterales.



- Un cubo reticulado tiene columnas perimetrales con poco espaciado conectadas rigidamente mediante vigas de fachada de gran peralte.
- Un cubo perforado tiene muros de cortante perimetrales con menos de 30% del área superficial perforada con vanos.
- Un cubo arriostrado es una estructura reticulada unida mediante un sistema de puntales diagonales.
- Un cubo con armaduras tiene marcos muro con armadura con columnas muy espaciadas unidas mediante puntales diagonales o cruzados.
- Un cubo con armaduras en celosía tiene marcos perimetrales con diagonales muy poco espaciadas sin columnas verticales.
- El manajo de cubos es un ensamblado de cubos estrechos unidos directamente entre ellos para formar una estructura modular que se comporta como una trabe de caja multicelular que se proyecta fuera del suelo como un cantilever. En algunos casos se suministran más cubos en la parte inferior de una estructura alta, donde se requiere mayor resistencia a la fuerza lateral.
- Una estructura de cubo dentro de un cubo tiene un núcleo interior apuntalado añadido al cubo perimetral para mejorar su resistencia al cortante cuando resiste las fuerzas laterales.

Los mecanismos de amortiguamiento son aparatos visco-elásticos que comúnmente se instalan en los nodos estructurales para absorber la energía generada por el viento o por las fuerzas sísmicas, que disminuyen progresivamente o eliminan los movimientos vibratorios u oscilatorios y que evitan la ocurrencia de las resonancias destructivas.

El amortiguamiento interno ocurre naturalmente cuando un edificio experimenta una deformación elástica o plástica, como la proveniente de la fricción interna de un material sujeto a esfuerzos (amortiguamiento por histéresis), la proveniente de la fricción entre dos partes movibles (amortiguamiento por fricción), o la proveniente de la resistencia viscosa de un fluido, como el aire (amortiguamiento viscoso).



- Un amortiguador de masa sintonizado es una gran masa montada en rodillos y unida a la parte superior de un edificio alto con mecanismos de amortiguamiento de resorte, que tienen una tendencia inercial a permanecer en reposo y de esta manera contrarrestar y disipar cualquier movimiento del edificio.
- El aislamiento de la base se refiere a aislar la base del suelo con mecanismos de amortiguamiento para permitir que la superestructura flote como un cuerpo rígido y altere el periodo natural de vibración de la estructura de modo que sea diferente del periodo de vibración del suelo, evitando así la ocurrencia de resonancias destructivas.

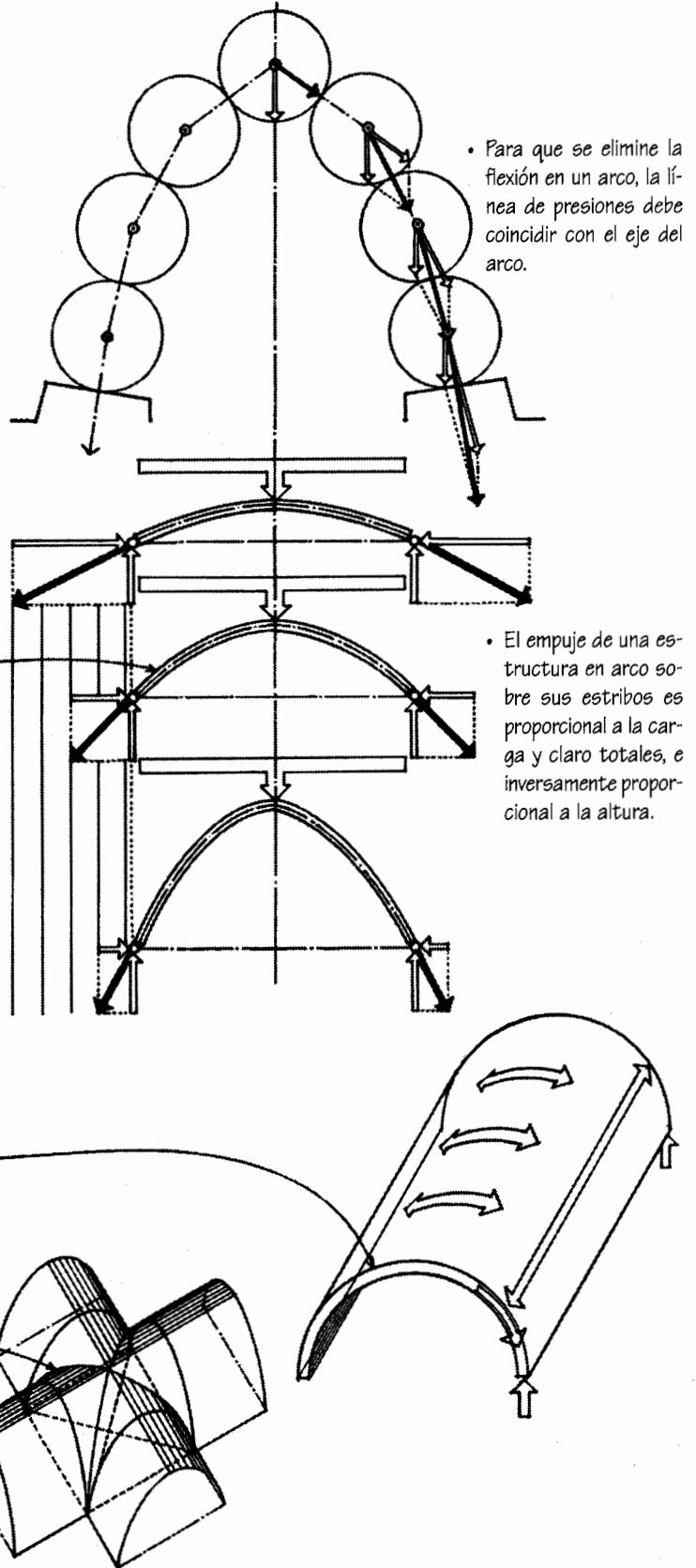
Las columnas, las vigas, las losas y los muros de carga son los elementos estructurales más comunes debido a la geometría rectilínea que son capaces de generar. Sin embargo, hay otros medios de cubrir claros y de cercar espacios. Generalmente, éstos son elementos con forma activa que, a través de su forma y su geometría, hacen un uso eficiente del material para las distancias cubiertas en los claros. Aun cuando están fuera del alcance de este libro, se describen brevemente en la siguiente sección.

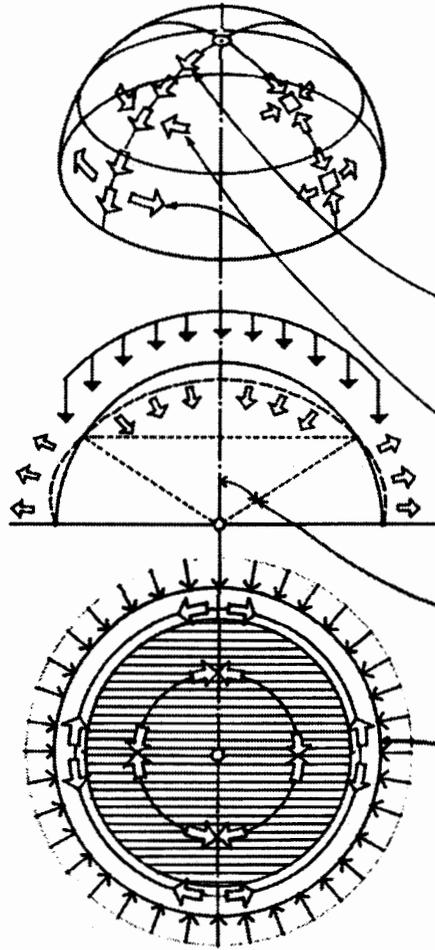
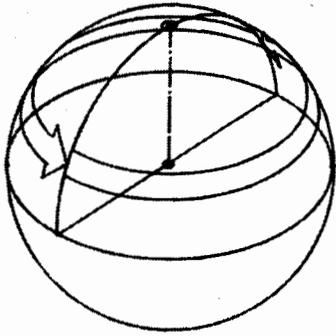
Los arcos son estructuras curvas para cubrir el claro de un vano, diseñadas para sustentar una carga vertical principalmente por compresión axial. Transforman las fuerzas verticales de una carga sustentada en componentes inclinadas y las transmiten a los estribos en cada uno de los lados del vano arqueado.

- Los arcos de mampostería se construyen con piedras en forma de cuña o dovelas de ladrillo; para más información sobre arcos de mampostería, véase 5.20.
- Los arcos rígidos consisten en estructuras curvas y rígidas de madera, acero o concreto reforzado capaces de sustentar algunos esfuerzos flexionantes.

Las bóvedas son estructuras en arco de piedra, ladrillo o concreto reforzado, que forman un cielo raso o techo sobre un salón, un cuarto u otro espacio total o parcialmente cercado. Debido a que una bóveda se comporta como un arco extendido en tercera dimensión, los muros de apoyo longitudinales deben tener estribos para contrarrestar los empujes hacia fuera de la acción del arco.

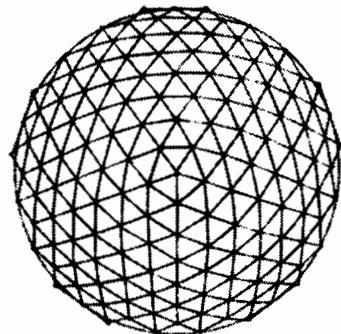
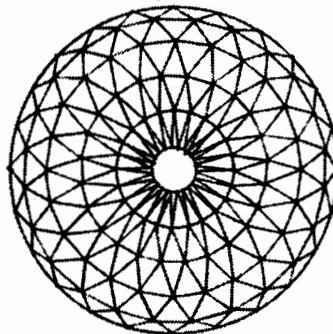
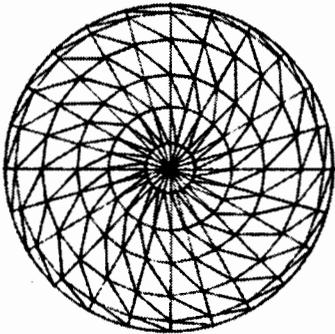
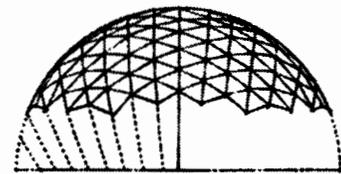
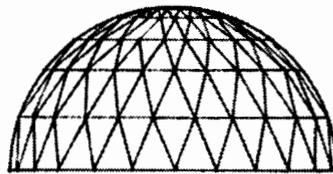
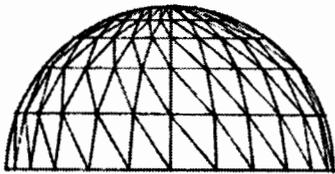
- Las bóvedas cilíndricas tienen sección transversal semicircular.
- Las bóvedas de aristas o de crucería son bóvedas compuestas formadas por la intersección perpendicular de dos bóvedas, que forman cantos vivos diagonales en arco denominados aristas de encuentro.





Un domo es una estructura con forma de superficie esférica que tiene una planta circular y que está construida de bloques apilados, de un material rígido continuo como el concreto reforzado, o de elementos lineales cortos, como en el caso de un domo geodésico. Un domo es similar a un arco que gira excepto que se desarrollan fuerzas circunferenciales que son de compresión cerca de la corona y de tensión en la parte inferior.

- Las fuerzas meridionales que actúan a lo largo de una sección vertical cortada en la superficie del domo siempre son de compresión bajo una carga vertical completa.
- Las fuerzas tangenciales, que restringen el movimiento hacia fuera del plano de las franjas meridionales en el cascarón de un domo, son de compresión en la zona superior y de tensión en la zona inferior.
- La transición de fuerzas tangenciales de compresión a fuerzas tangenciales de tensión ocurre a un ángulo de  $45^\circ$  a  $60^\circ$  con respecto al eje vertical.
- Un anillo de tensión circunda la base de un domo para contener a las componentes hacia fuera de las fuerzas meridionales. En un domo de concreto, este anillo se engrosa y se refuerza para manejar los esfuerzos por flexión causados por las deformaciones elásticas diferentes del anillo y del cascarón.



• Los domos Schwedler son estructuras de domo de acero que tienen miembros que siguen las líneas de latitud y longitud y un tercer conjunto de diagonales que completan la triangulación.

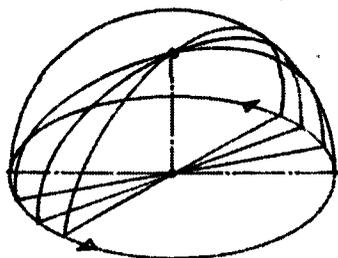
• Los domos de enrejado son estructuras de domo de acero que tienen miembros que siguen los círculos de la latitud y dos conjuntos de diagonales que forman una serie de triángulos isósceles.

• Los domos geodésicos son estructuras de domo de acero que tienen miembros que siguen tres conjuntos principales de círculos máximos que se intersecan a  $60^\circ$ , subdividiendo la superficie del domo en una serie de triángulos esféricos equiláteros.

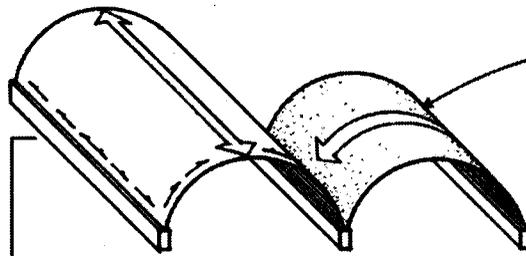
Los cascarones son estructuras de placa curva y delgada construidas de concreto reforzado. Están conformados para transmitir fuerzas aplicadas mediante esfuerzos de membrana —los esfuerzos de compresión, de tensión y cortantes que actúan en el plano de sus superficies—. Un cascarón puede sustentar fuerzas relativamente grandes si se aplican uniformemente. Sin embargo, debido a su delgadez, un cascarón tiene poca resistencia a la flexión y no es adecuado para cargas concentradas.

- Las superficies de traslación se generan al recorrer una curva plana a lo largo de una línea recta o sobre otra curva plana.

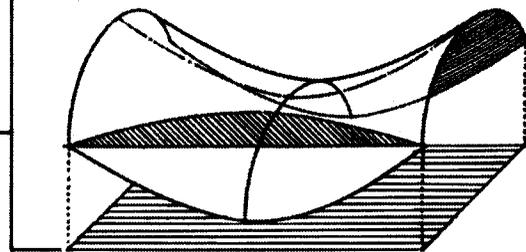
- Las superficies regladas se generan mediante el movimiento de una línea recta. Debido a su geometría de línea recta, una superficie reglada generalmente es más fácil de formar y construir que una superficie de rotación o de traslación.



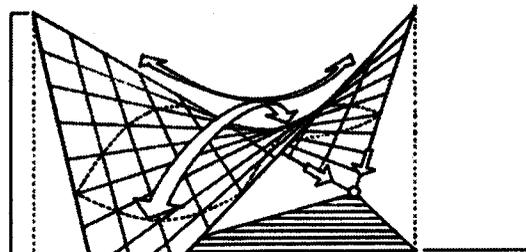
- Las superficies de rotación se generan al girar una curva plana alrededor de un eje. Las superficies de domo esférico, elíptico y parabólico son ejemplos de superficie de rotación.



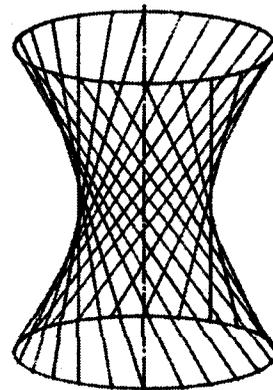
- Los cascarones de barril son estructuras de cascarón cilíndrico. Si la longitud de un cascarón de barril es tres o más veces su claro transversal, se comporta como una viga de gran peralte con una sección curva que cubre el claro en la dirección longitudinal. Si es relativamente corta, presenta un comportamiento del tipo de arco. Se requieren tirantes o marcos rígidos transversales para contrarrestar el empuje hacia fuera de la acción del arco.



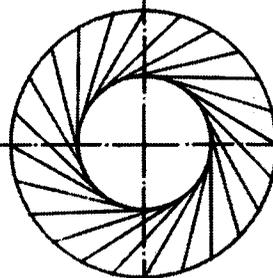
- Un paraboloides hiperbólico es una superficie generada al recorrer una parábola con la curvatura hacia abajo a lo largo de otra parábola con la curvatura hacia arriba, o al recorrer un segmento de línea recta con sus extremos sobre dos líneas sesgadas. Se le puede considerar tanto una superficie de traslación como reglada.



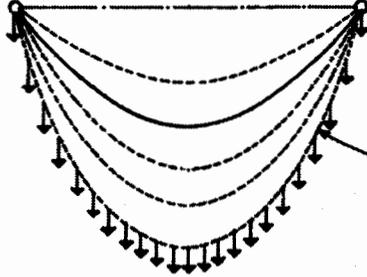
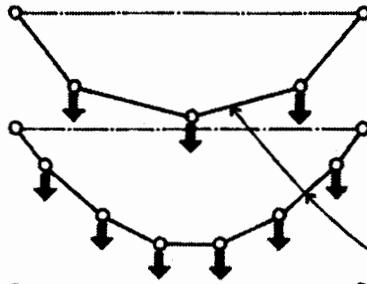
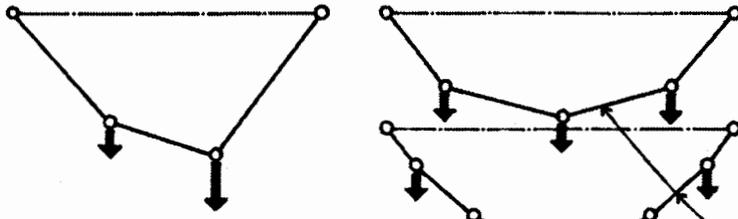
- Las superficies de silla de montar tienen curvatura hacia arriba en una dirección y curvatura hacia abajo en la dirección perpendicular. En una estructura de cascarón con superficie de silla de montar, las regiones con curvatura hacia abajo exhiben un comportamiento del tipo de arco, mientras que las regiones con curvatura hacia arriba se comportan como estructuras de cable. Si los bordes de la superficie no están apoyados, también puede estar presente un comportamiento de viga.



- Un hiperboloides de una hoja es una superficie reglada generada al recorrer un segmento inclinado de recta sobre dos círculos horizontales. Sus secciones verticales son hipérbolas.

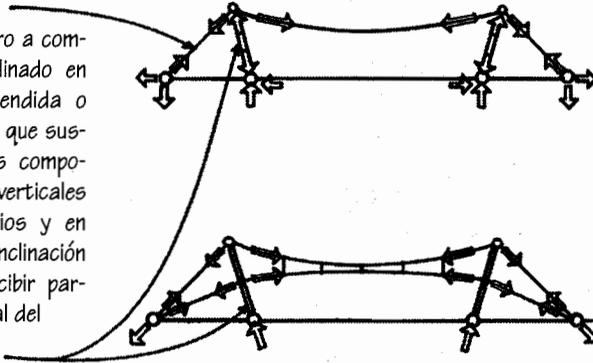


## 2.28 ESTRUCTURAS CON CABLES



- Los contravientos absorben la componente horizontal del empuje en una estructura suspendida o atirantada con cables y transfieren la fuerza a un cimentamiento.

- El mástil es un miembro a compresión vertical o inclinado en una estructura suspendida o atirantada con cables, que sustenta la suma de las componentes de las fuerzas verticales en los cables primarios y en los contravientos. La inclinación del mástil permite recibir parte del empuje horizontal del cable y reduce la fuerza en los contravientos.



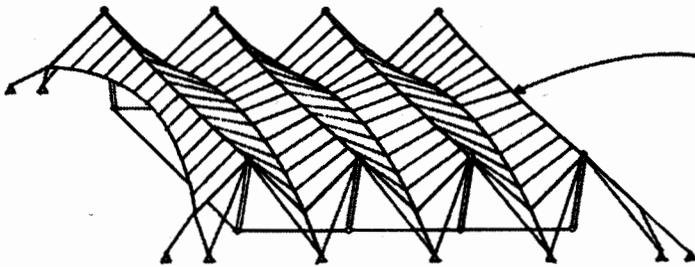
Las estructuras con cables utilizan el cable como el principal medio de apoyo. Debido a que los cables tienen una alta resistencia a la tensión, pero no ofrecen resistencia a la compresión o a la flexión, deben usarse solamente a tensión. Cuando se sujeta a cargas concentradas, la forma de un cable consiste en segmentos de línea recta. Bajo una carga uniformemente distribuida, adoptará la forma de un arco invertido.

- Una forma funicular es la que adopta un cable que se deforma libremente como respuesta directa a la magnitud y a la ubicación de fuerzas externas. Un cable siempre adapta su forma de modo que se encuentre en tensión pura bajo la acción de una carga aplicada.
- Una catenaria es la curva adoptada por un cable uniformemente flexible suspendido libremente de dos puntos que no se encuentran en la misma línea vertical. Para una carga que está uniformemente distribuida en una proyección horizontal, la curva se aproxima a una parábola.

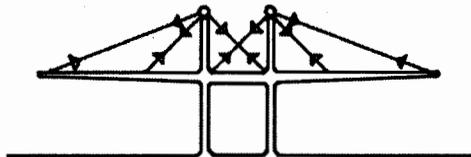
Las estructuras suspendidas utilizan una red de cables suspendidos y presforzados entre miembros a compresión para sustentar directamente las cargas aplicadas.

- Las estructuras de curvatura simple utilizan una serie paralela de cables para sustentar vigas o placas que forman una superficie. Son susceptibles de vibrar inducidos por los efectos aerodinámicos del viento. Este riesgo puede reducirse aumentando la carga muerta en la estructura o anclando los cables primarios al suelo con contravientos transversales.

- Las estructuras con cables dobles tienen conjuntos superiores e inferiores de cables de diferentes curvaturas, pretensionados por amarres o por puntales a compresión para hacer al sistema más rígido y resistente a la vibración.



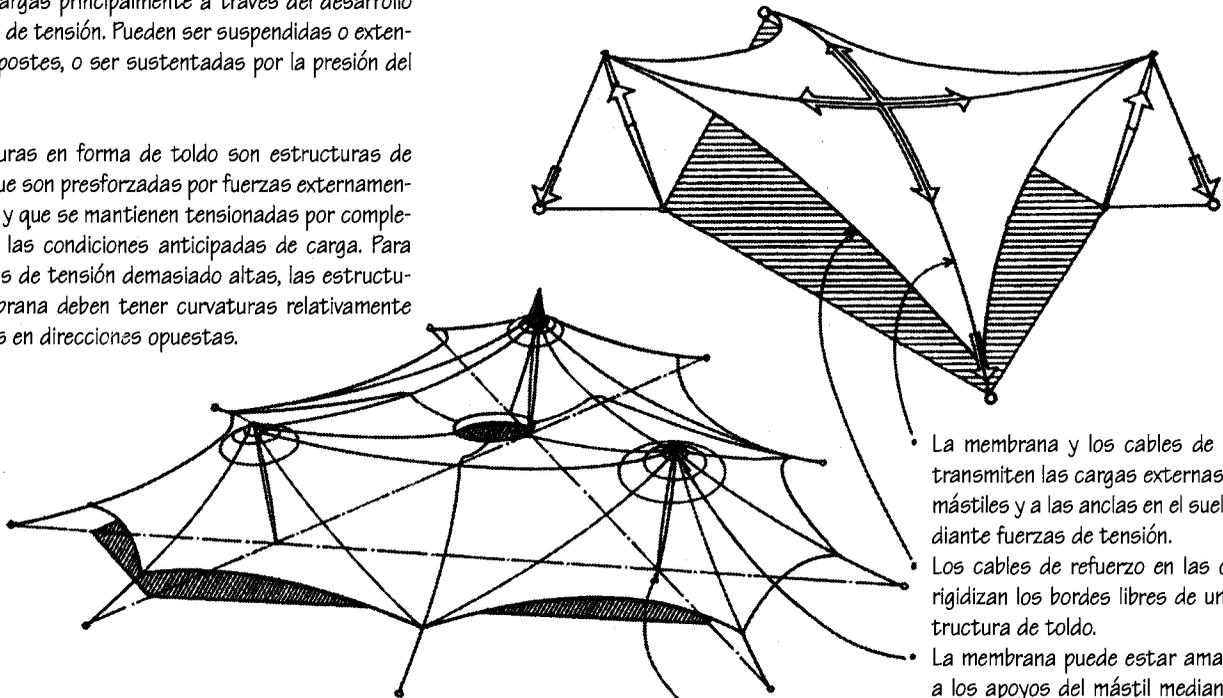
- Las estructuras de doble curvatura consisten en un campo de cables cruzados de curvaturas diferentes y con frecuencia invertidas. Cada conjunto de cables tiene un periodo natural de vibración diferente, formando así un sistema autoamortiguado que es más resistente a la vibración.



- Las estructuras atirantadas con cables tienen mástiles verticales o inclinados desde los cuales se extienden los cables para sustentar miembros que cubren claros horizontales dispuestos según un patrón paralelo o radial.

Las membranas son superficies flexibles y delgadas que sustentan cargas principalmente a través del desarrollo de esfuerzos de tensión. Pueden ser suspendidas o extendidas entre postes, o ser sustentadas por la presión del aire.

Las estructuras en forma de toldo son estructuras de membrana que son presforzadas por fuerzas externamente aplicadas y que se mantienen tensionadas por completo en todas las condiciones anticipadas de carga. Para evitar fuerzas de tensión demasiado altas, las estructuras de membrana deben tener curvaturas relativamente pronunciadas en direcciones opuestas.



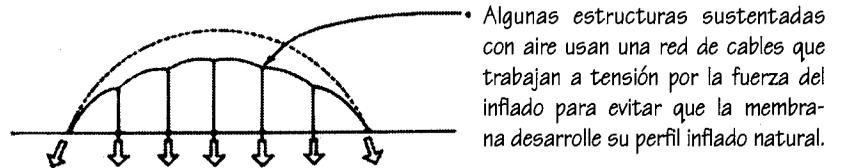
- La membrana y los cables de acero transmiten las cargas externas a los mástiles y a las anclas en el suelo mediante fuerzas de tensión.
- Los cables de refuerzo en las orillas rigidizan los bordes libres de una estructura de toldo.
- La membrana puede estar amarrada a los apoyos del mástil mediante un lazo de cable de refuerzo o estirarse sobre un cabezal de distribución.
- Los mástiles están diseñados para resistir el pandeo bajo cargas de compresión.

Las estructuras neumáticas son estructuras de membrana que son puestas a tensión y estabilizadas contra cargas de viento y de nieve mediante la presión de aire comprimido. La membrana generalmente es una tela de material textil tejido o de fibra de vidrio recubierta con un material sintético, como el silicón. Las membranas translúcidas suministran iluminación natural, recogen la radiación solar en el invierno y enfrían el espacio interior por la noche. Las membranas reflectoras reducen la ganancia del calor del sol. Un forro de tela puede capturar un espacio de aire para mejorar la resistencia térmica de la estructura.

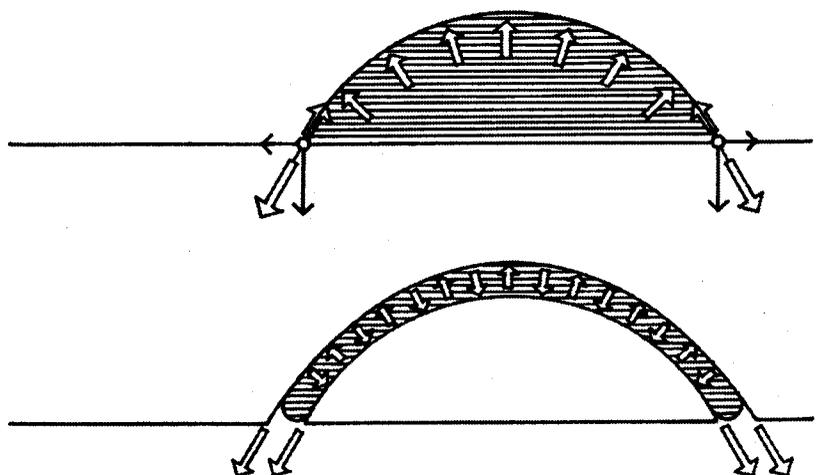
Existen dos clases de estructuras neumáticas: las estructuras sustentadas con aire y las estructuras infladas con aire.

• Las estructuras sustentadas con aire consisten en una membrana sencilla sustentada por una presión interna de aire ligeramente mayor que la presión atmosférica normal. La membrana está bien anclada y sellada a lo largo del perímetro para evitar las fugas. Se requieren esclusas de aire en las entradas para conservar la presión interna del aire.

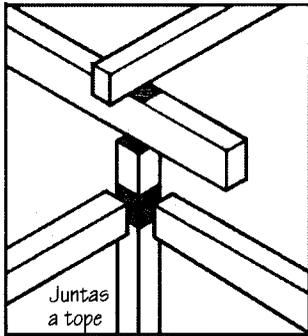
• Las estructuras infladas con aire son sustentadas con aire presurizado dentro de elementos de construcción inflados. Estos elementos están conformados para sustentar cargas de una manera tradicional, mientras que el volumen confinado de aire para la edificación permanece a la presión atmosférica normal. La tendencia de una estructura de doble membrana a abultarse a la mitad se restringe mediante un anillo de compresión o mediante amarres o diafragmas internos.



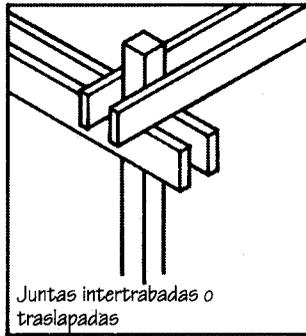
- Algunas estructuras sustentadas con aire usan una red de cables que trabajan a tensión por la fuerza del inflado para evitar que la membrana desarrolle su perfil inflado natural.



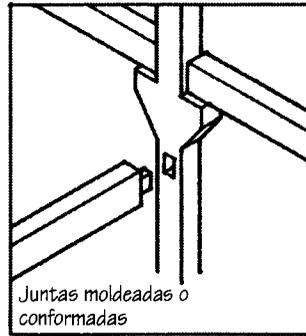
## 2.30 JUNTAS Y CONEXIONES



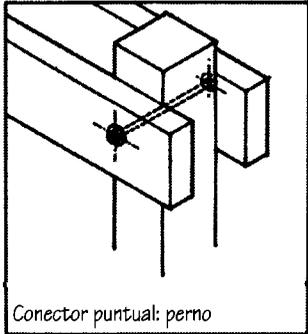
Juntas a tope



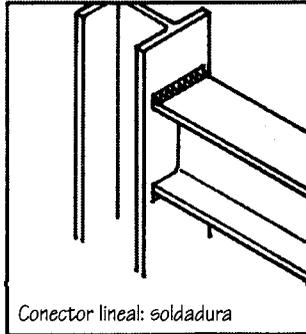
Juntas intertrabadas o traslapadas



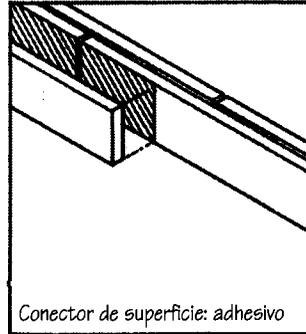
Juntas moldeadas o conformadas



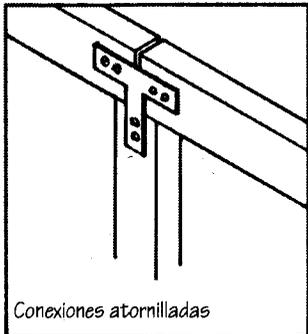
Conector puntual: perno



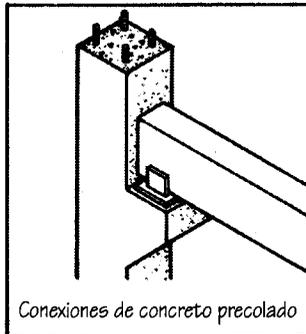
Conector lineal: soldadura



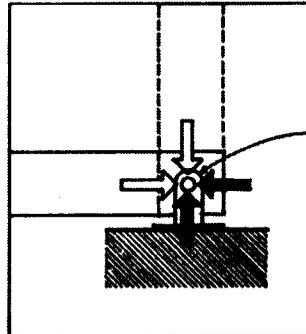
Conector de superficie: adhesivo



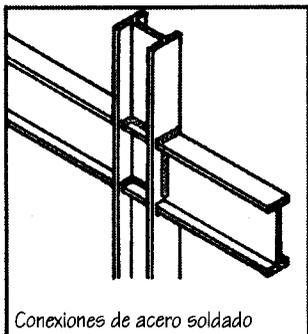
Conexiones atornilladas



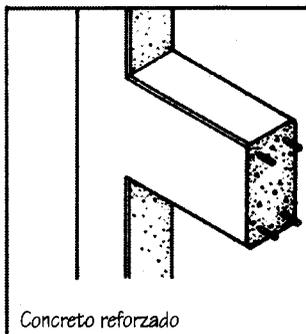
Conexiones de concreto precalado



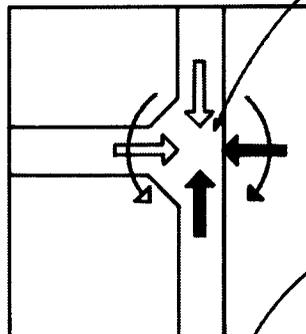
Las uniones con pasadores teóricamente permiten la rotación, pero resisten la traslación en cualquier dirección.



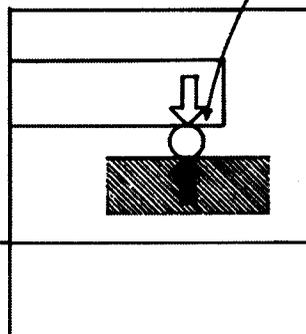
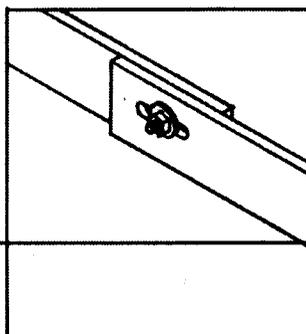
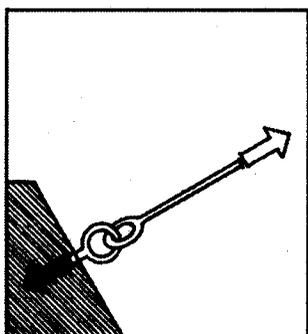
Conexiones de acero soldado



Concreto reforzado



Las juntas rígidas o fijas conservan la relación angular entre los elementos unidos, restringen la rotación y la traslación en cualquier dirección y suministran resistencia tanto a la fuerza como al momento.



Las uniones con rodillos permiten la rotación, pero resisten la traslación en una dirección perpendicular hacia sus caras o alejándose de ellas. No se emplean en la construcción de edificios con tanta frecuencia como las conexiones con pasadores o fijas, pero son útiles cuando una junta debe permitir que ocurra la expansión y la contracción de un elemento estructural.

Un ancla de cable permite la rotación, pero resiste la traslación solamente en la dirección del cable.

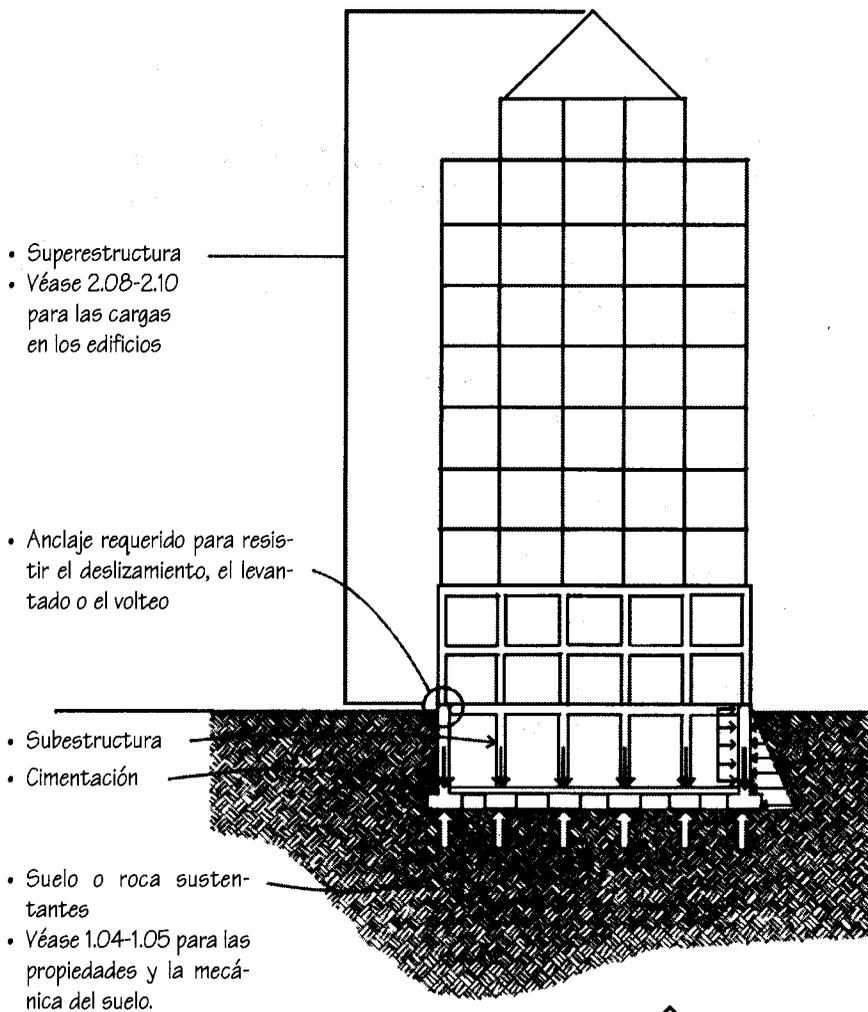
---

# 3

## SISTEMAS DE CIMENTACIÓN

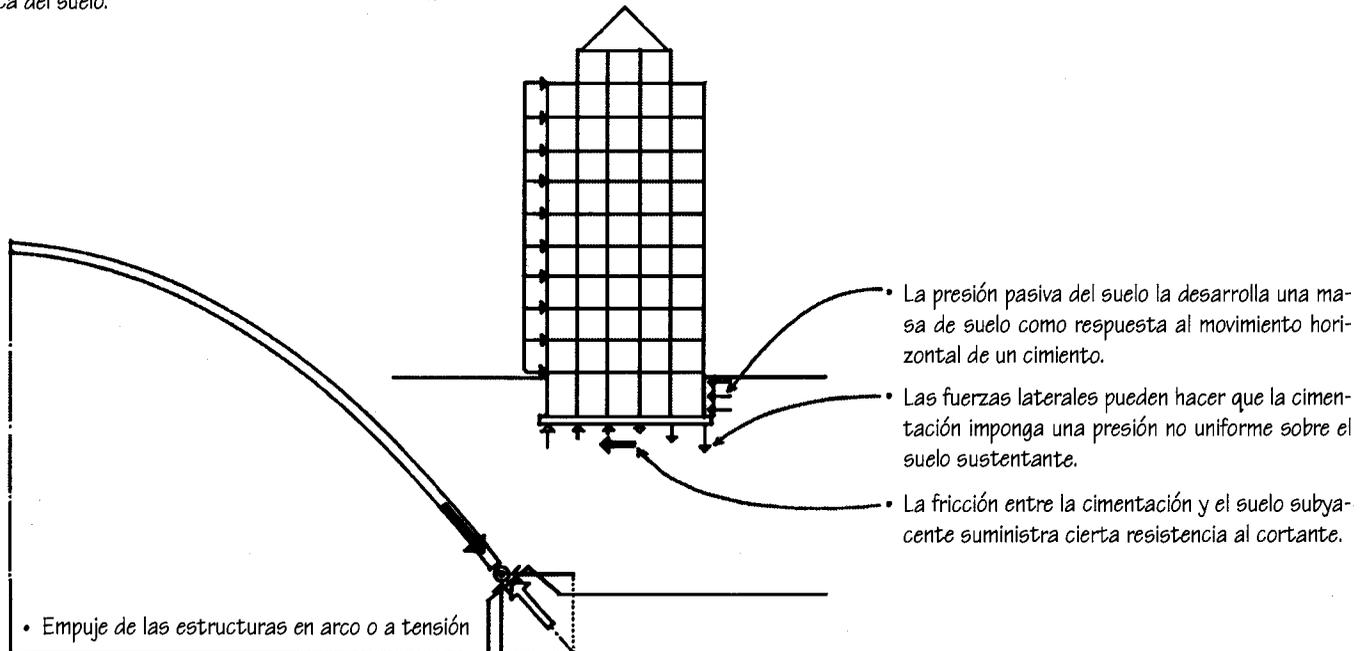
- 3.02 Sistemas de cimentación
- 3.04 Tipos de sistemas de cimentación
- 3.06 Recalzo
- 3.07 Sistemas de apoyo de las excavaciones
- 3.08 Cimentaciones poco profundas
- 3.09 Zapatas corridas
- 3.10 Muros de cimentación
- 3.16 Zapatas aisladas para columnas
- 3.17 Cimentaciones en taludes
- 3.18 Losas de concreto niveladas
- 3.22 Cimentación con postes
- 3.24 Cimentaciones profundas
- 3.25 Cimentaciones con pilotes
- 3.26 Pilotes de tubo llenos de concreto

## 3.02 SISTEMAS DE CIMENTACIÓN



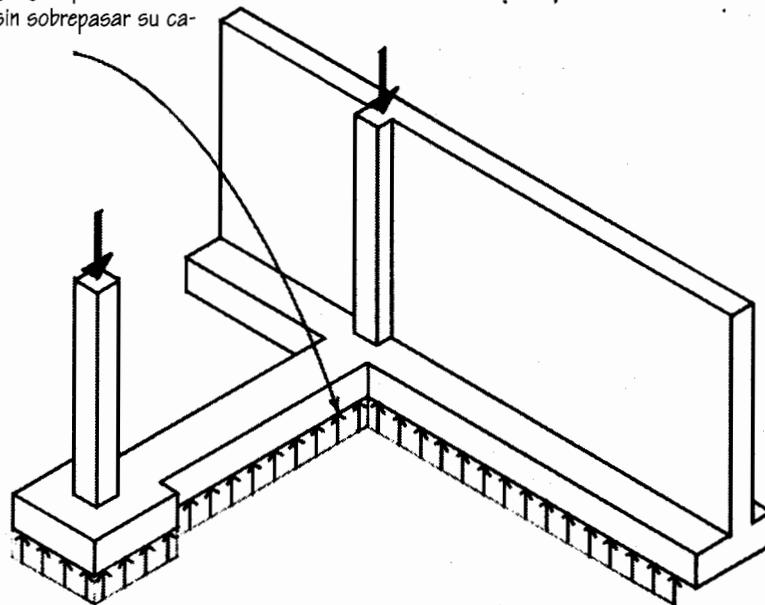
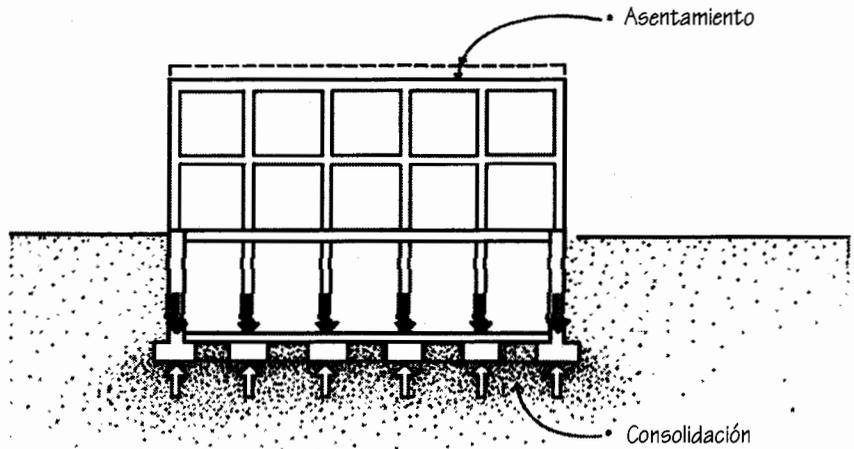
La cimentación es la parte más baja de un edificio —su subestructura— construida total o parcialmente por debajo del suelo. La función primaria es sustentar y anclar la superestructura superior y transmitir sus cargas confiablemente a la tierra. Debido a que sirve como un enlace crítico en la distribución y resolución de las cargas del edificio, el sistema de cimentación debe estar diseñado tanto para acomodar la forma y la disposición de la superestructura superior como para responder a las condiciones variables de suelo, roca y agua inferiores.

Las cargas principales sobre una cimentación son la combinación de cargas vivas y muertas que actúan verticalmente sobre la superestructura. Además, un sistema de cimentación debe anclar la superestructura contra el deslizamiento, el volteo y el levantado inducidos por el viento, resistir los movimientos repentinos del suelo por sismo y resistir la presión impuesta por la masa circundante de suelo y del agua subterránea sobre los muros del sótano. En algunos casos, un sistema de cimentación también tiene que contrarrestar el empuje de las estructuras de arco o a tensión.

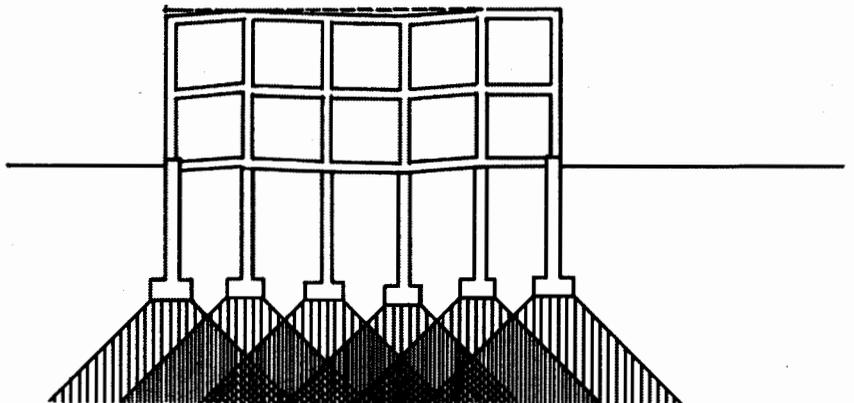


El asentamiento es el hundimiento gradual de una estructura a medida que el suelo debajo de la cimentación se consolida bajo la carga. A medida que se construye un edificio, se espera algún asentamiento al aumentar la carga sobre el cimiento y causar una reducción del volumen de vacíos en el suelo que contienen aire o agua. Esta consolidación generalmente es pequeña y ocurre más bien rápidamente cuando se aplican cargas sobre suelos densos y granulares, como arena y grava gruesas. Cuando el suelo del cimiento es una arcilla cohesiva húmeda, que tiene una estructura tipo de escama y un porcentaje de vacíos relativamente grande, la consolidación puede ser muy grande y ocurre lentamente en tiempo prolongado.

Un sistema de cimentación apropiadamente diseñado y construido debe distribuir sus cargas de modo que cualquier asentamiento que ocurra sea mínimo o esté distribuido uniformemente bajo todas las partes de la estructura. Esto se logra diseñando y dimensionando los apoyos del cimiento de modo que transmitan una carga igual por unidad de área al suelo o roca sustentantes sin sobrepasar su capacidad de carga.

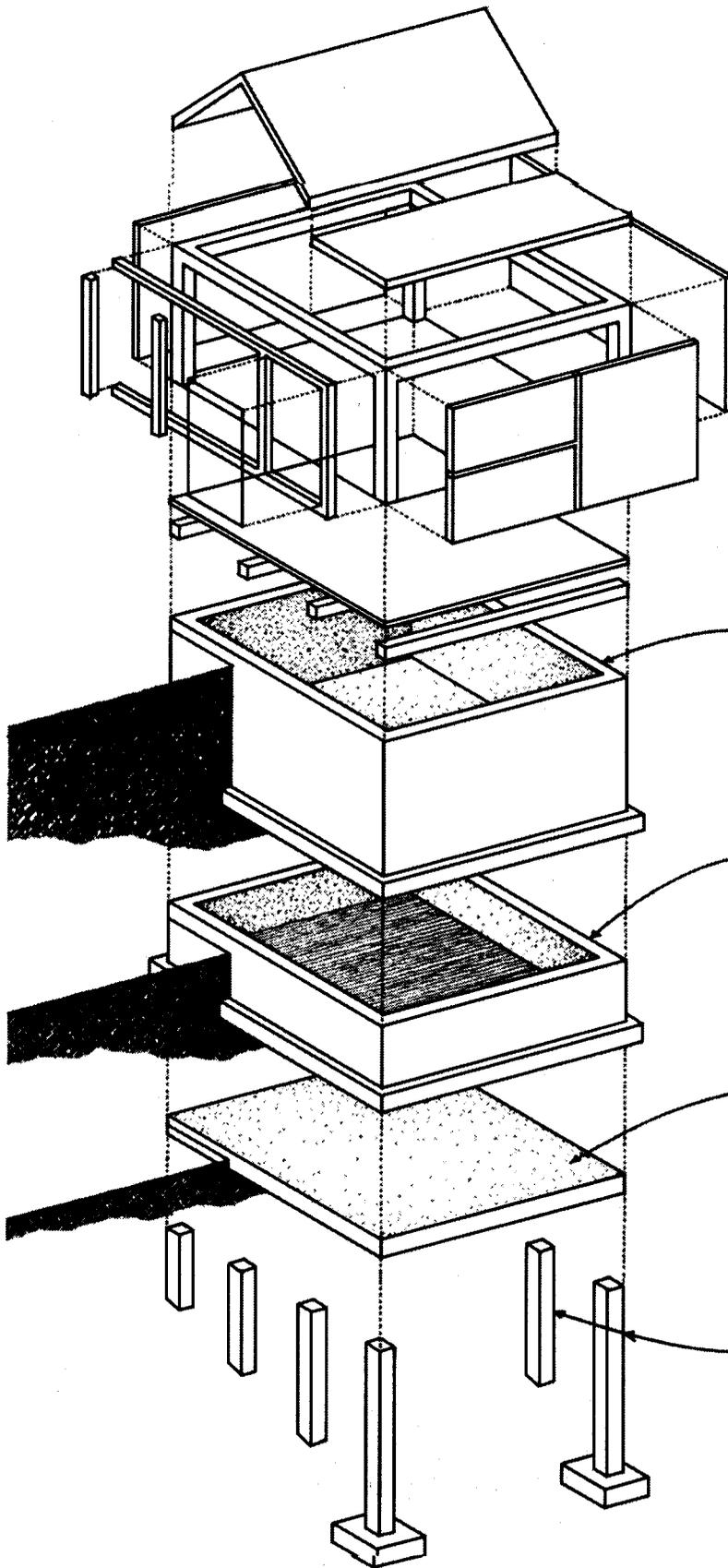


El asentamiento diferencial —el movimiento relativo de las diferentes partes de una estructura causado por la consolidación desigual del suelo de la cimentación— puede hacer que un edificio pierda la vertical y se presenten grietas en la cimentación, la estructura o los acabados. Si es muy grande, el asentamiento diferencial puede resultar en la falla de la integridad estructural del edificio.



### 3.04 TIPOS DE SISTEMAS DE CIMENTACIÓN

Las cimentaciones utilizan una combinación de muros de carga, columnas y pilas para transmitir las cargas del edificio directamente al terreno. Estos elementos estructurales pueden formar diferentes tipos de subestructuras:



• Los sótanos ubicados total o parcialmente debajo de la rasante requieren un muro de cimentación continuo para contener la tierra circundante y sustentar los muros exteriores, así como las columnas de la superestructura superior.

• Los espacios de gátese (ductos o vías para arrastrarse) cercados por un muro de cimentación continuo o por pilas suministran espacio bajo un primer piso para la integración y el acceso a instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería.

• Las losas niveladas de concreto apoyadas directamente en el terreno y engrosadas para sustentar las cargas de los muros y de las columnas forman un sistema económico de cimentación y piso para estructuras de uno y dos pisos en climas donde ocurre poco o ningún congelamiento del suelo.

• Una retícula de pilas o postes independientes puede elevar la superestructura por arriba de la superficie del suelo.

Se pueden clasificar los sistemas de cimentación en dos amplias categorías —cimentaciones poco profundas y cimentaciones profundas.

#### Cimentaciones poco profundas

Las cimentaciones ensanchadas o cimentaciones poco profundas se emplean cuando existe suelo estable, con adecuada capacidad de carga, relativamente cerca de la superficie del suelo. Se colocan directamente debajo de la parte inferior de una subestructura y transfieren las cargas del edificio directamente al suelo sustentante mediante presión vertical.

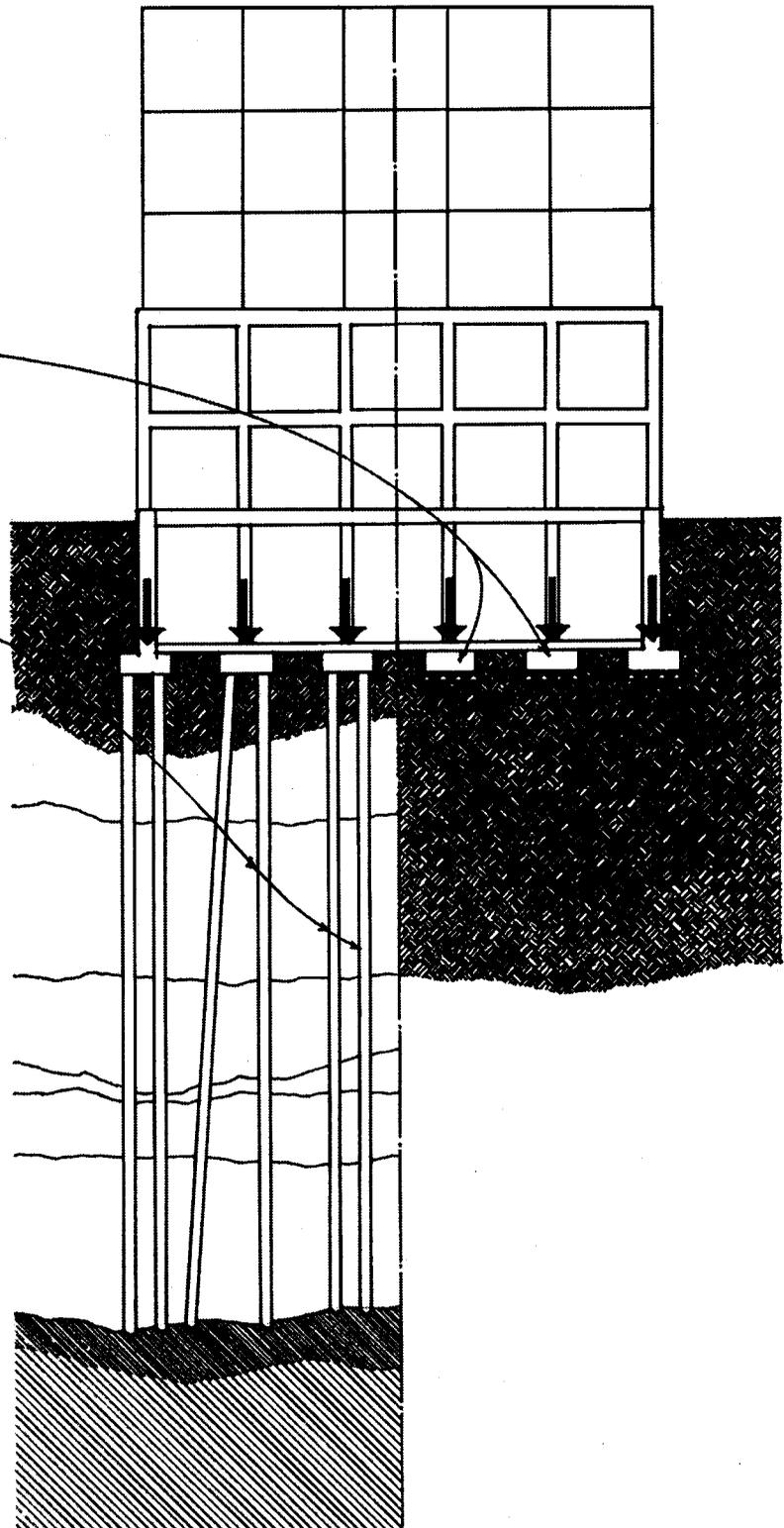
#### Cimentaciones profundas

Las cimentaciones profundas se emplean cuando el suelo que subyace a la cimentación es inestable o de una capacidad de carga inadecuada. Se prolongan a través del suelo inapropiado para transferir las cargas del edificio a un estrato resistente más apropiado de roca o de arenas y gravas densas que están bastante debajo de la superestructura.

Los factores que se deben considerar al seleccionar y diseñar el tipo de sistema de cimentación para un edificio incluyen:

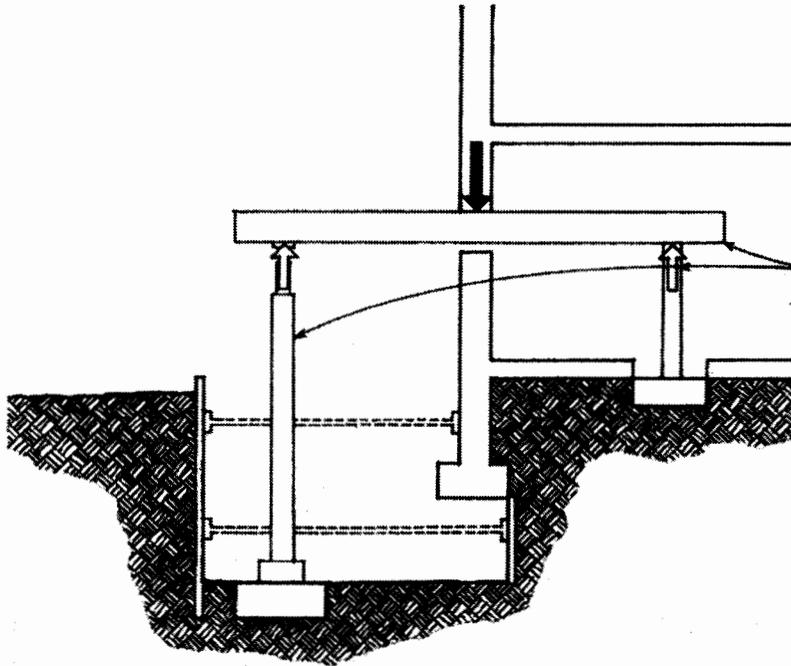
- el patrón y la magnitud de las cargas del edificio
- las condiciones subsuperficiales y del agua subterránea
- la topografía del sitio
- el impacto en las propiedades adyacentes
- los requerimientos del reglamento de construcciones
- el método y el riesgo en la construcción.

El diseño de un sistema de cimentación requiere de un análisis y un diseño profesionales por un ingeniero especializado en estructuras. Cuando se diseñe una construcción que no sea una habitación unifamiliar en suelo estable, también es aconsejable hacer que un ingeniero geotécnico lleve a cabo una investigación subsuperficial con objeto de determinar el tipo y el tamaño del sistema de cimentación que se requiere para el diseño del edificio.

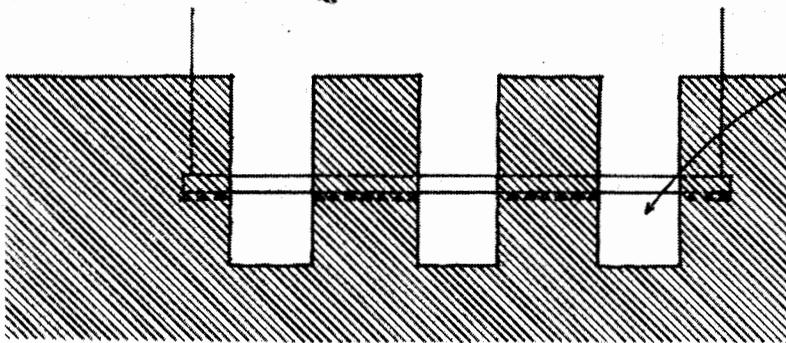


### 3.06 RECALZO

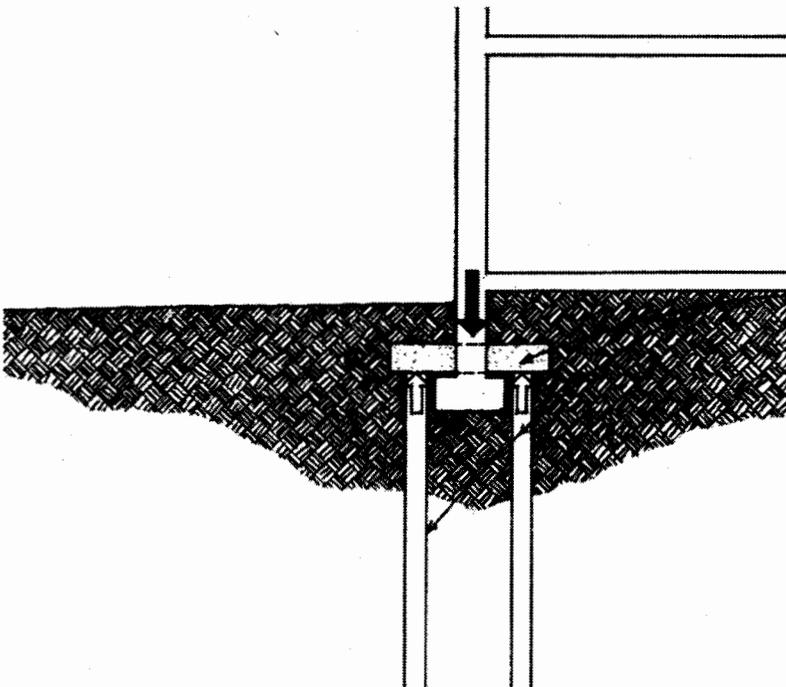
El recalzo o recimentación se refiere al proceso de reconstrucción o de refuerzo de la cimentación de un edificio existente, o a su ampliación, cuando una nueva excavación en la propiedad colindante es más profunda que la cimentación existente.



Para suministrar sustentación temporal mientras se repara, se refuerza o se profundiza la cimentación existente, se hacen pasar agujas verticales a través del muro de cimentación y se sustentan con gatos hidráulicos y puntales.



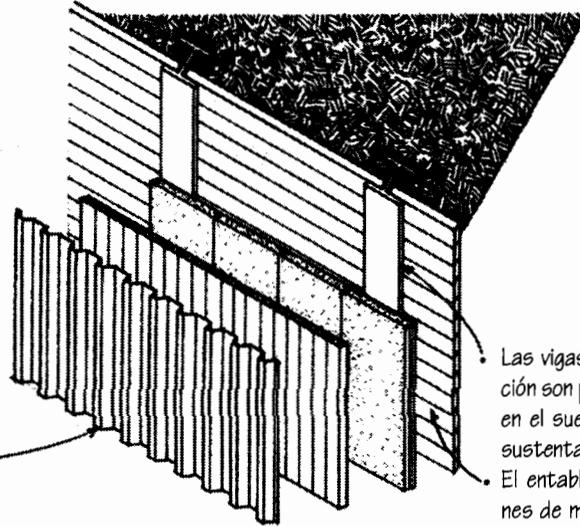
Otro método para suministrar sustentación temporal es excavar pozos intermitentes bajo la cimentación existente hasta el nivel de las nuevas zapatas. Después de colocar el nuevo muro de cimentación y las nuevas secciones de zapatas, se excavan pozos adicionales hasta que el muro completo haya sido profundizado.



Una alternativa para ampliar un nuevo muro de cimentación y para colocar nuevas zapatas es construir pilotes o pilotes de tubo llenos de concreto en cada uno de los lados de la cimentación existente, retirar una sección del muro de cimentación y reemplazar la sección con un cabezal para pilote de concreto reforzado.

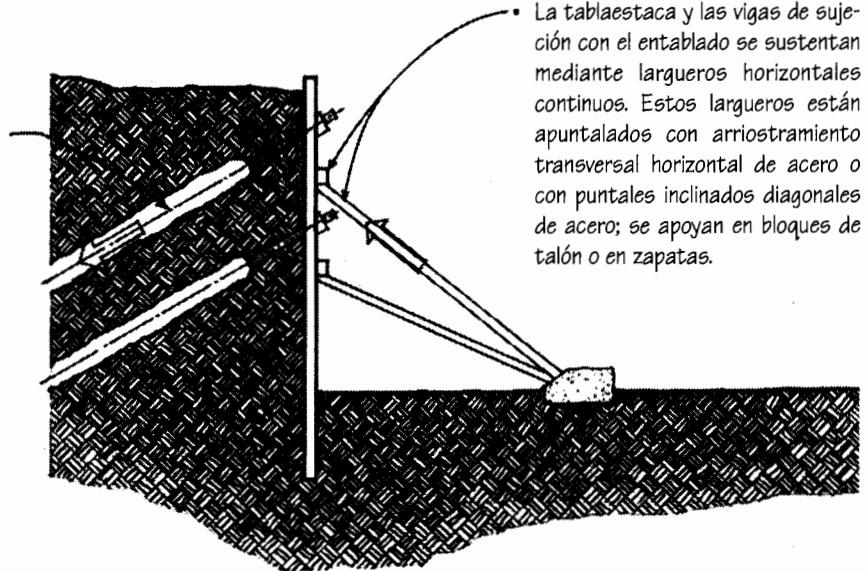
Cuando el sitio del edificio es suficientemente grande como para que los lados de una excavación puedan abancarse como bermas o se les pueda dar un talud con un ángulo menor que el ángulo de reposo del suelo, no se requiere de una estructura de apoyo. Sin embargo, cuando los lados de una excavación profunda sobrepasan al ángulo de reposo del suelo, el terreno debe apuntalarse o entibarse temporalmente hasta que la construcción permanente esté en su lugar.

- Una tablaestaca consiste en planchas de madera, acero o concreto precolado hincadas en sentido vertical lado a lado para contener al terreno y evitar que el agua se filtre hacia la excavación. Las tablaestacas de acero y concreto precolado pueden dejarse en su lugar como parte de la subestructura de un edificio.



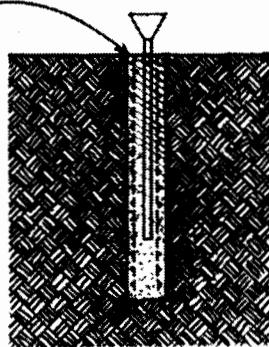
- Las vigas o los montantes de sujeción son perfiles H de acero hincados en el suelo en sentido vertical para sustentar al entablado horizontal.
- El entablado se refiere a los tablonces de madera alineados colateralmente para retener el frente de una excavación.

- Se pueden usar brandales anclados en la roca o anclas en el suelo si el arriostramiento transversal o los puntales inclinados interfieren con la excavación o con la operación de construcción. Los brandales consisten en cables o tendones de acero que se insertan en orificios previamente barrenados a través de la tablaestaca y hasta la roca o hasta un estrato adecuado de suelo, lechadeado a presión para anclarlos en la roca o el suelo y postensionarlos con un gato hidráulico. Los brandales se anclan entonces en largueros de acero continuos y horizontales para mantener la tensión.

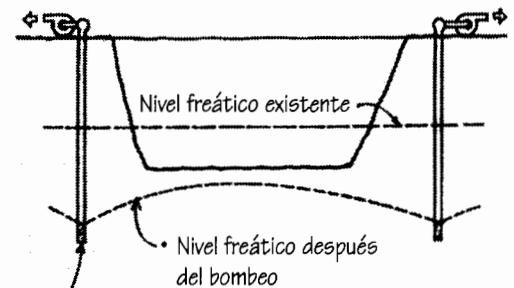


- La tablaestaca y las vigas de sujeción con el entablado se sustentan mediante largueros horizontales continuos. Estos largueros están apuntalados con arriostramiento transversal horizontal de acero o con puntales inclinados diagonales de acero; se apoyan en bloques de talón o en zapatas.

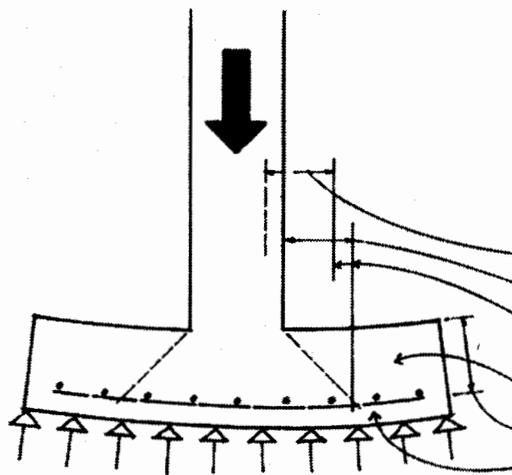
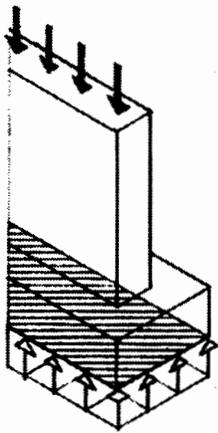
- Un muro de lechada es un muro de concreto colado en una trinchera para servir como tablaestaca y también como muro de cimentación permanente. Se construye excavando una trinchera en longitudes cortas. Esta trinchera se rellena con una lechada de bentonita y agua para evitar que las paredes laterales se colapsen; se coloca un refuerzo y se vacía concreto en la trinchera con un tubo-embudo para desplazar la lechada.



- El desaguado se refiere al proceso de abatir el nivel freático o de evitar que una excavación se llene con agua subterránea. Se logra hincando tubos perforados llamados puntas coladoras, para recolectar el agua del área de modo que pueda desalojarse por bombeo.

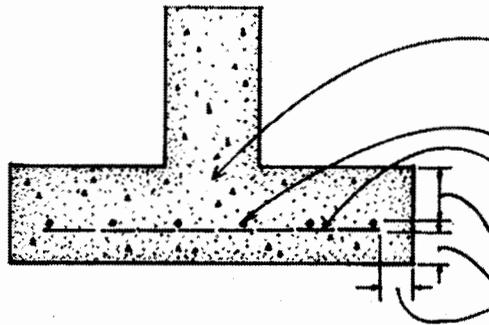


### 3.08 CIMENTACIONES POCO PROFUNDAS

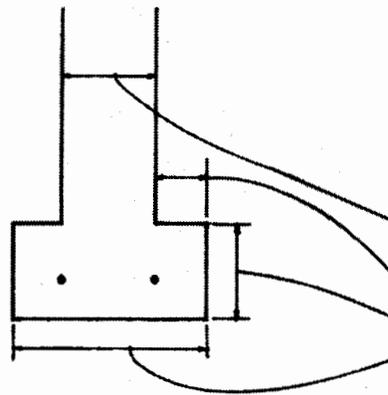


La parte más inferior de una cimentación poco profunda son las zapatas corridas. Éstas se prolongan en sentido lateral para distribuir su carga sobre un área de suelo que sea suficientemente ancha. De esta forma la capacidad de carga permisible del suelo no es sobrepasada. El área de contacto requerida es igual al cociente de la magnitud de las fuerzas transmitidas entre la capacidad de carga permisible de la masa de suelo sustentante.

- $d$  para muros unitarios de mampostería
- $d$  para muros de concreto
- Secciones críticas de cortante
- Compresión
- $d$  = peralte efectivo
- Tensión

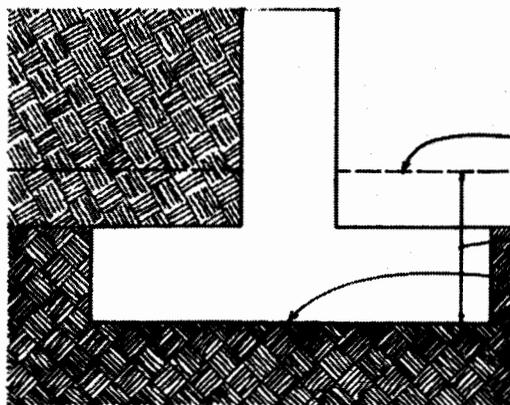


- Concreto con una resistencia mínima a la compresión de 17 kPa (2500 lb/pulg<sup>2</sup>) en 28 días
- Refuerzo longitudinal por temperatura
- Se requiere refuerzo para tensión cuando una zapata corrida se proyecta más de la mitad del espesor del muro de cimentación y está sujeta a flexión.
- 150 mm (6") como mínimo arriba del refuerzo de acero
- 75 mm (3") de claro mínimo entre las varillas de refuerzo y la superficie de concreto



Cuando las zapatas para construcción ligera se apoyan en suelo no cohesivo estable y transmiten una carga continua de menos de 29 kN/m (2000 libras por pie lineal), pueden tener las siguientes dimensiones en la sección transversal.

- Espesor ( $T$ ) del muro de mampostería o concreto que sustenta dos pisos: 205 mm (8") como mínimo
- Proyección =  $\frac{1}{2} T$
- Espesor de la zapata =  $T$
- Ancho de la zapata =  $2T$



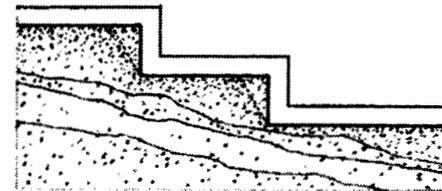
Para minimizar los efectos de abultamiento del terreno cuando se congela y se expande el agua subterránea en clima frío, el reglamento de construcciones requiere que las zapatas se coloquen debajo del nivel de penetración de heladas que se espera en el sitio del edificio.

- El nivel de penetración de la helada es la profundidad promedio a la cual se congela el suelo o la helada penetra en el suelo.
- 305 mm (12")
- Para minimizar el asentamiento, las zapatas siempre deben apoyarse en suelo estable y no perturbado, libre de materia orgánica. Cuando esto no sea posible, se puede utilizar un relleno tratado especialmente, compactado en capas de 205 a 305 mm (8" a 12") con un contenido controlado de humedad para completar la profundidad adicional.

Las formas más comunes de zapatas corridas son las zapatas de cinta y las zapatas aisladas.

- Las zapatas de cinta son las zapatas corridas continuas de los muros de cimentación.

Otros tipos de zapatas corridas son las siguientes:



- Las zapatas escalonadas son zapatas corridas que cambian de nivel por etapas para adaptarse a una rasante inclinada y mantener la profundidad requerida en todos los puntos alrededor de un edificio.

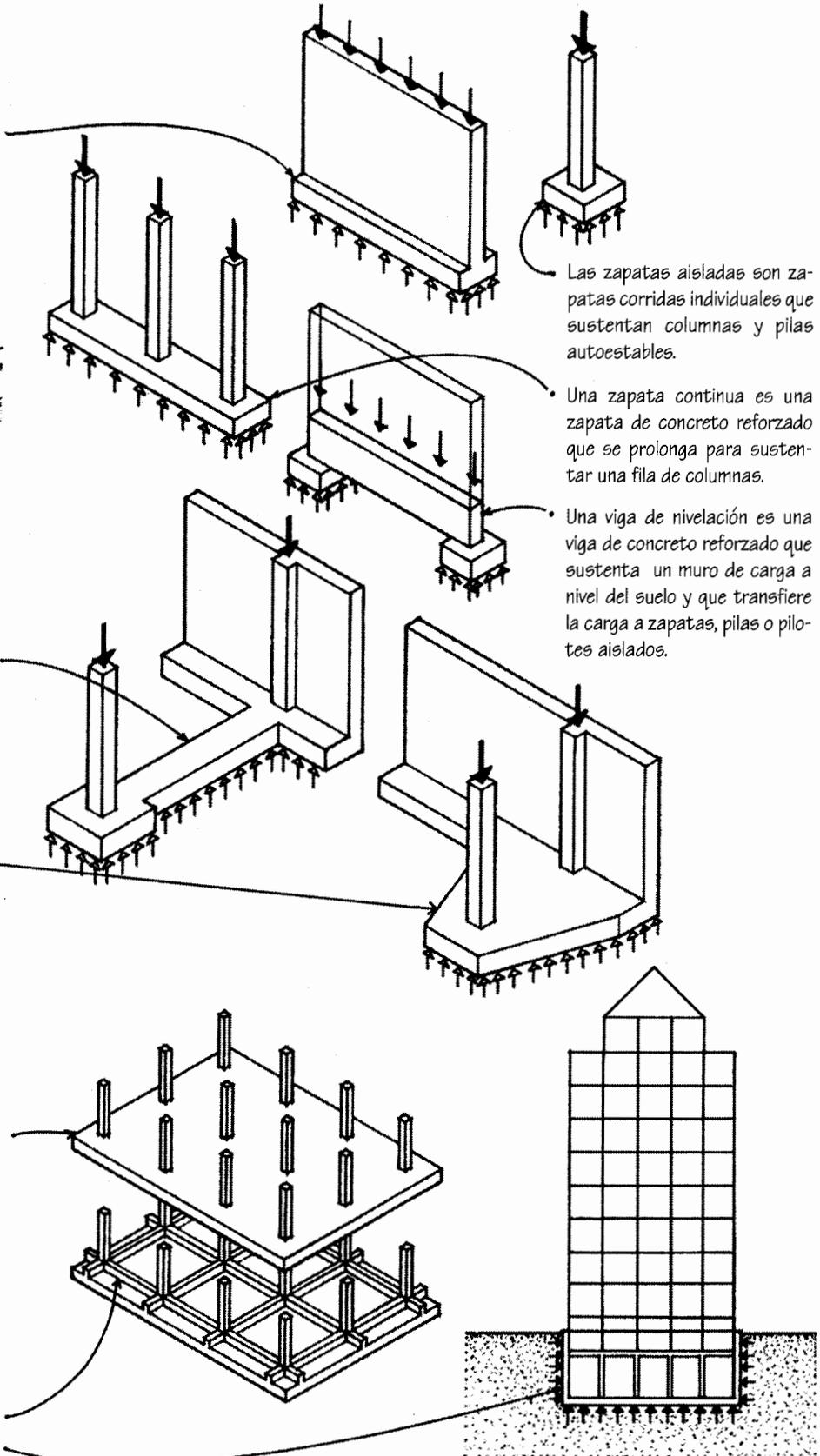
- Una zapata en cantilever o de fleje consiste en una zapata con columna conectada mediante una viga tensora con otra zapata con objeto de balancear una carga impuesta asimétricamente.

- Una zapata combinada es una zapata de concreto reforzado para un muro de cimentación perimetral o una zapata con columna desplazada para sustentar la carga de una columna interior.

- Se usan también zapatas en cantilever y combinadas cuando un cimiento estriba en un lindero y no es posible construir una zapata con carga simétrica. Para evitar la rotación o el asentamiento diferencial que una condición de carga asimétrica puede producir, las zapatas continuas y en cantilever se dimensionan para generar una presión del suelo uniforme.

- Una losa o carpeta de cimentación se hace de concreto grueso y muy reforzado para que sirva como una zapata monolítica individual para varias columnas o un edificio completo. Las losas de cimentación se usan cuando la capacidad de carga permisible de un suelo de cimentación es baja en relación con las cargas del edificio y las zapatas con columnas interiores se hacen tan grandes que resulta más económico fundirlas en una sola losa. Las losas de cimentación pueden rigidizarse mediante una parrilla de nervaduras, vigas o muros.

- Una cimentación flotante, que se usa en suelo blando, tiene como zapata una losa que se coloca lo suficientemente profunda para que el peso del suelo excavado sea igual o mayor al peso de la construcción sustentada.

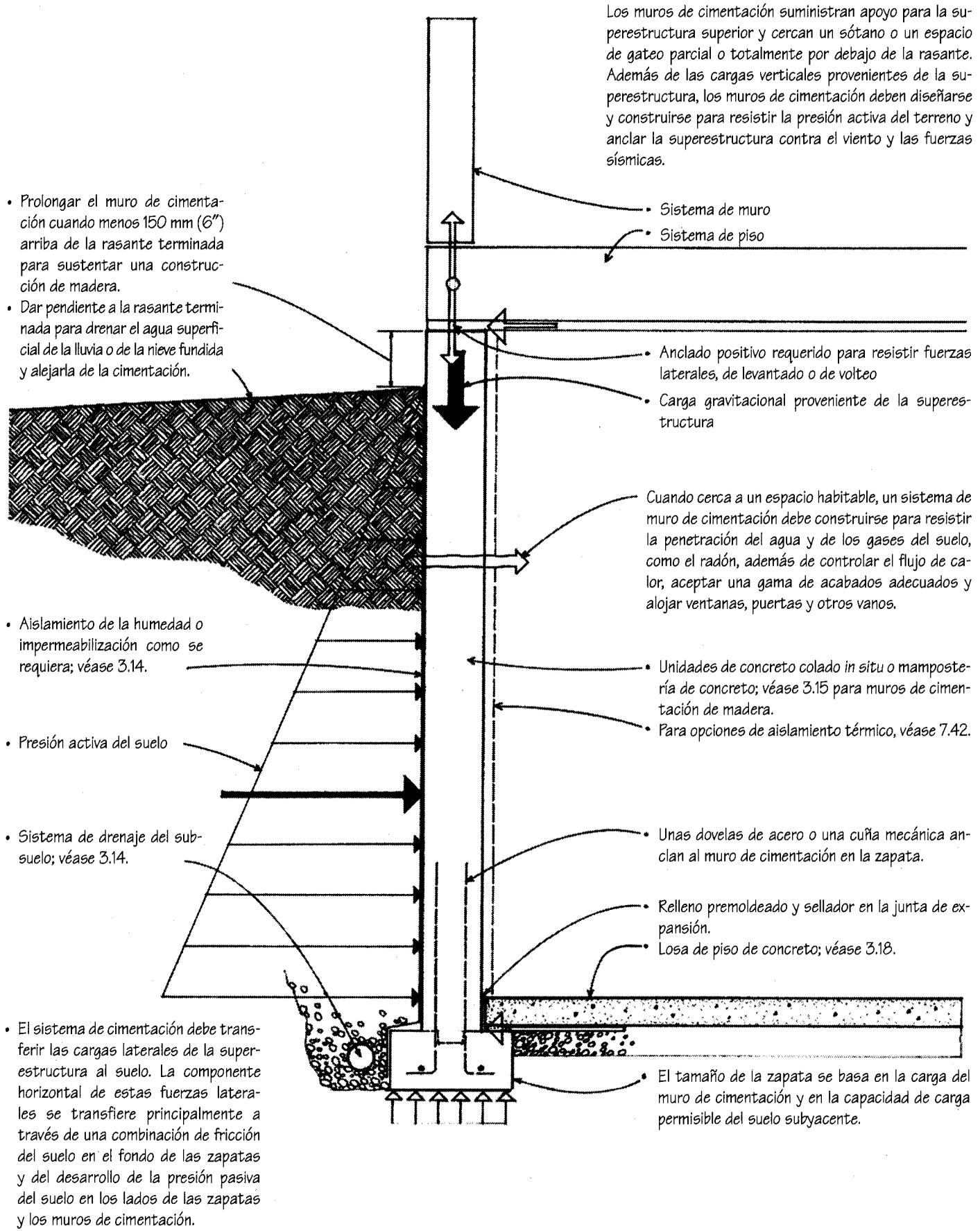


Las zapatas aisladas son zapatas corridas individuales que sustentan columnas y pilas autoestables.

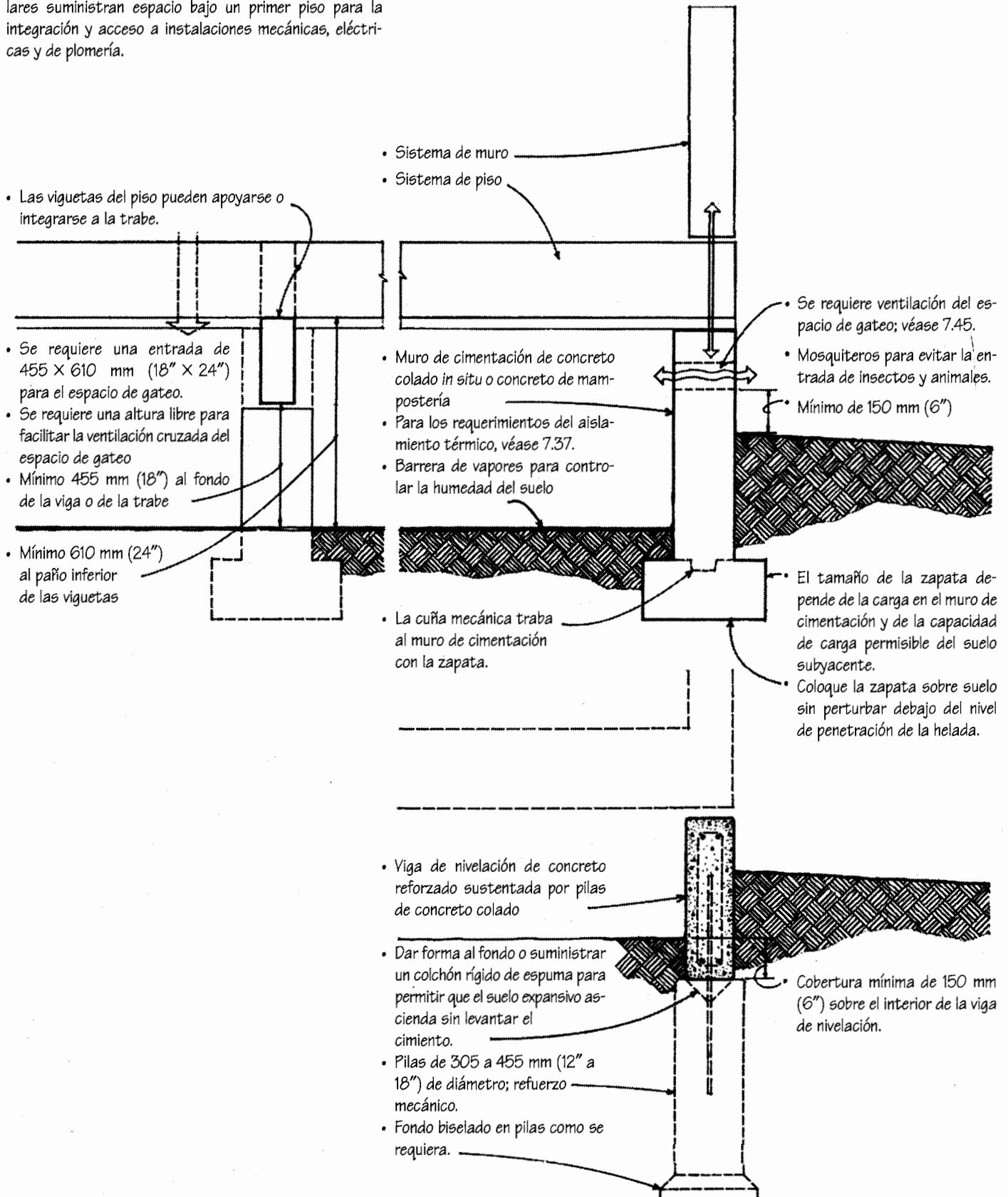
Una zapata continua es una zapata de concreto reforzado que se prolonga para sustentar una fila de columnas.

Una viga de nivelación es una viga de concreto reforzado que sustenta un muro de carga a nivel del suelo y que transfiere la carga a zapatas, pilas o pilotes aislados.

### 3.10 MUROS DE CIMENTACIÓN



Los espacios de gateo (ductos o vías para arrastrarse) cercados por un muro de cimentación continuo o por pilares suministran espacio bajo un primer piso para la integración y acceso a instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería.



- Las viguetas del piso pueden apoyarse o integrarse a la trabe.

- Se requiere una entrada de 455 X 610 mm (18" X 24") para el espacio de gateo.
- Se requiere una altura libre para facilitar la ventilación cruzada del espacio de gateo
- Mínimo 455 mm (18") al fondo de la viga o de la trabe

- Mínimo 610 mm (24") al paño inferior de las viguetas

- Sistema de muro
- Sistema de piso

- Muro de cimentación de concreto colado in situ o concreto de mampostería
- Para los requerimientos del aislamiento térmico, véase 7.37.
- Barrera de vapores para controlar la humedad del suelo

- La cuña mecánica traba al muro de cimentación con la zapata.

- Se requiere ventilación del espacio de gateo; véase 7.45.
- Mosquiteros para evitar la entrada de insectos y animales.
- Mínimo de 150 mm (6")

- El tamaño de la zapata depende de la carga en el muro de cimentación y de la capacidad de carga permisible del suelo subyacente.
- Coloque la zapata sobre suelo sin perturbar debajo del nivel de penetración de la helada.

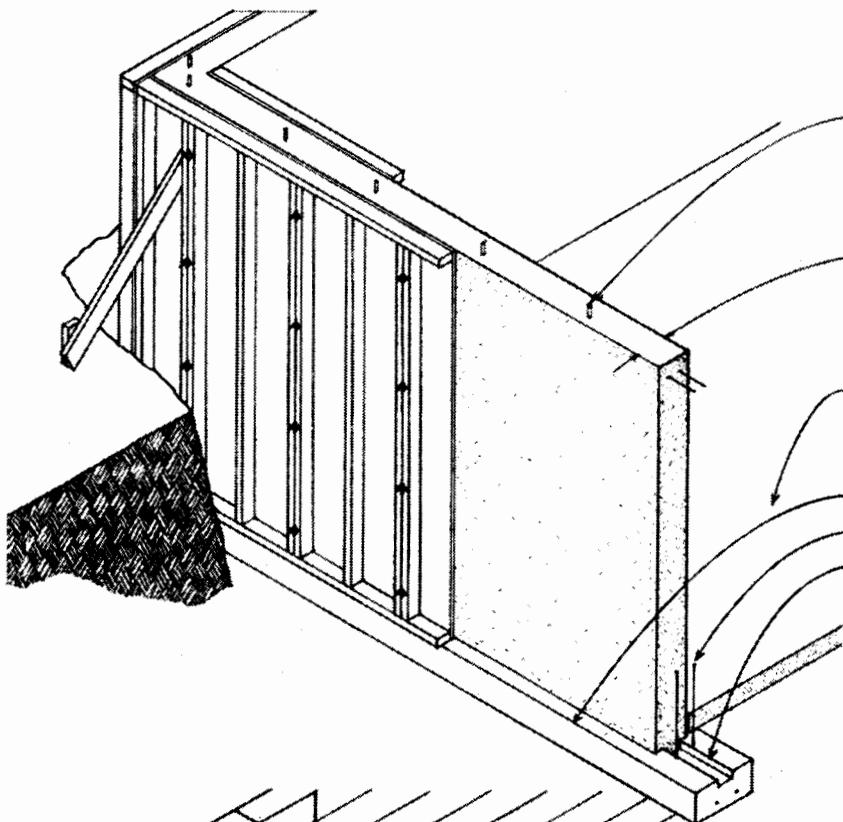
- Viga de nivelación de concreto reforzado sustentada por pilas de concreto colado
- Dar forma al fondo o suministrar un colchón rígido de espuma para permitir que el suelo expansivo ascienda sin levantar el cimiento.
- Pilas de 305 a 455 mm (12" a 18") de diámetro; refuerzo mecánico.
- Fondo biselado en pilas como se requiera.

- Cobertura mínima de 150 mm (6") sobre el interior de la viga de nivelación.

## 3.12 MUROS DE CIMENTACIÓN

### Muros de cimentación de concreto

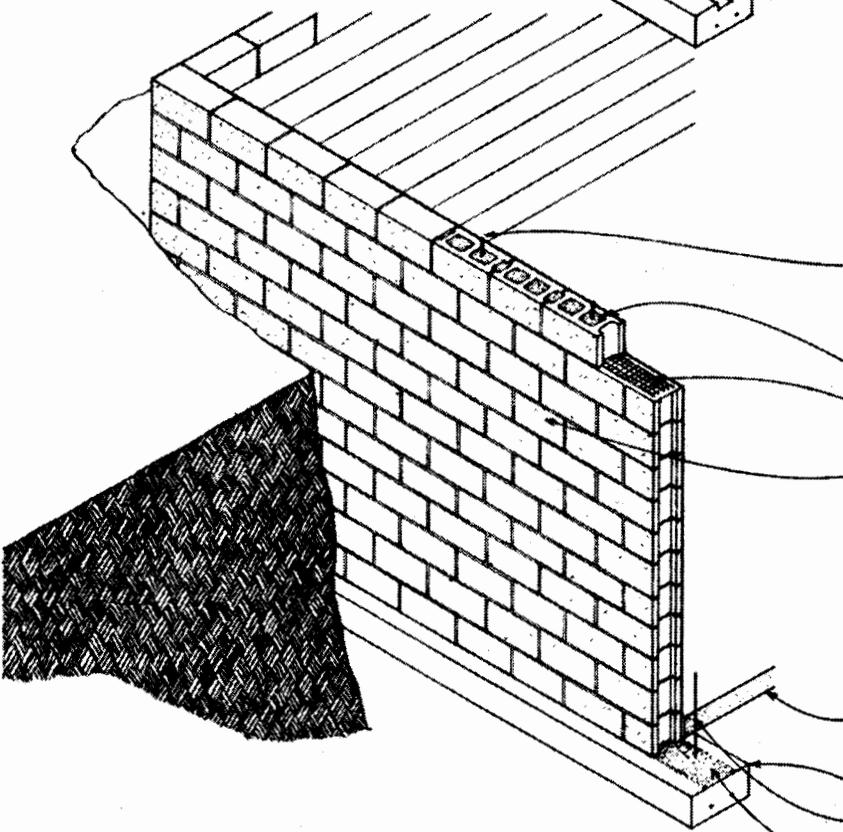
Los muros de cimentación de concreto colado *in situ* requieren de cimbra y de un acceso para colocar el concreto.



- Pernos de anclaje para placas de solera en construcción ligera; véase 3.13 y 4.28.
- Espesor mínimo del muro de 205 mm (8")
- Refuerzo horizontal y vertical como se requiera por el análisis de ingeniería; véase 5.06.
- Losa de piso de concreto; véase 3.18.
- Zapata de concreto; véase 3.08 y 3.09.
- Dovelas de acero que anclan el muro de cimentación a la zapata.
- La cuña suministra una resistencia adicional al deslizamiento lateral.

### Muros de cimentación de mampostería de concreto

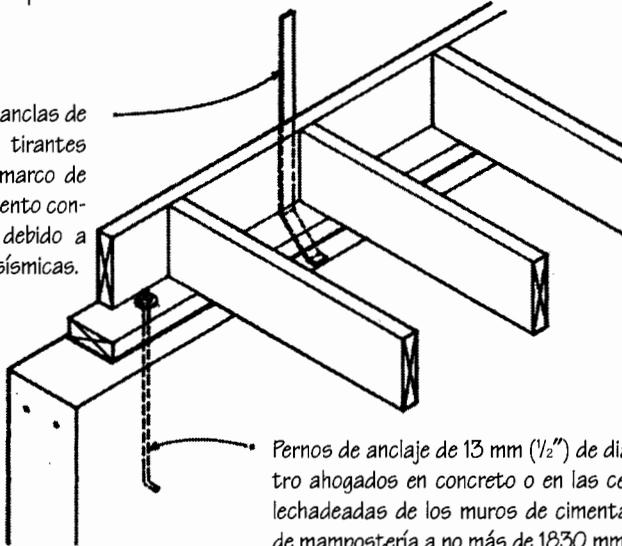
Los muros de cimentación de mampostería de concreto utilizan unidades pequeñas que se manejan fácilmente y no requieren de cimbra. Debido a que la mampostería de concreto es un material modular, todas las dimensiones principales deben basarse en el módulo de 205 mm (8") de bloque de concreto estándar.



- Pernos de anclaje para placas de solera en construcción ligera; véase 3.13 y 4.28.
- Llene las celdas de la hilada superior con lechada.
- Malla para retener la lechada.
- Unidades de mampostería colocadas en trabazón ordinaria con mortero tipo M o S.
- Espesor mínimo nominal de muro de 205 mm (8").
- Refuerzo vertical en celdas lechadeadas y vigas de liga como se requiera por el análisis de ingeniería.
- Véase 5.18 para el refuerzo de los muros de mampostería.
- Losa de piso de concreto; véase 3.18.
- Zapata de concreto; véase 3.08 y 3.09.
- Dovelas de acero que anclan el muro de cimentación a la zapata.
- Junta completa de mortero en la zapata desbastada.

La parte superior de un muro de cimentación debe prepararse para recibir, sustentar y anclar los sistemas de muro y de piso de la superestructura.

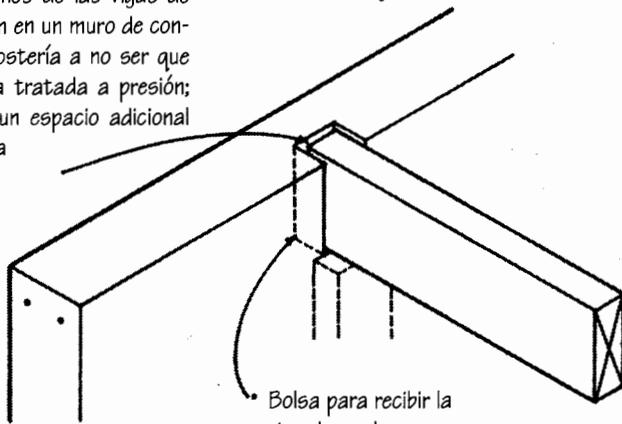
- Pueden requerirse anclas de placa de solera o tirantes para asegurar el marco de muro y piso al cemento contra el levantado debido a fuerzas eólicas o sísmicas.



Pernos de anclaje de 13 mm (1/2") de diámetro ahogados en concreto o en las celdas lechadeadas de los muros de cimentación de mampostería a no más de 1830 mm (6') centro a centro; mínimo de dos pernos por pieza de solera con uno a menos de 305 mm (12") de cada extremo; existen requerimientos más estrictos para las zonas sísmicas 3 y 4.

**Viguetas de madera**

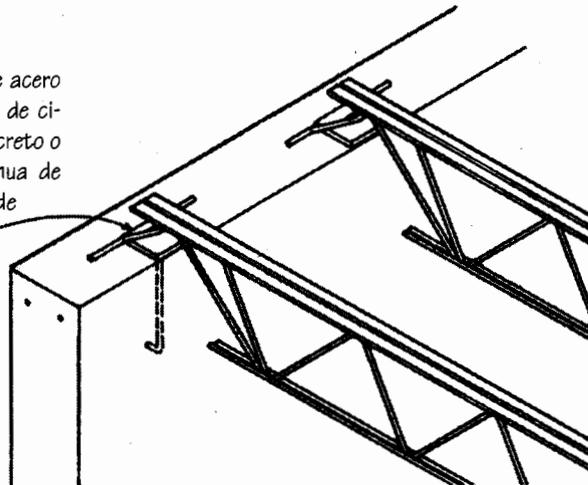
- Dejar una bolsa de aire de 13 mm (1/2") como mínimo en la parte superior, los lados y los extremos de las vigas de madera que entran en un muro de concreto o de mampostería a no ser que se emplee madera tratada a presión; puede requerirse un espacio adicional para el acceso a la construcción.



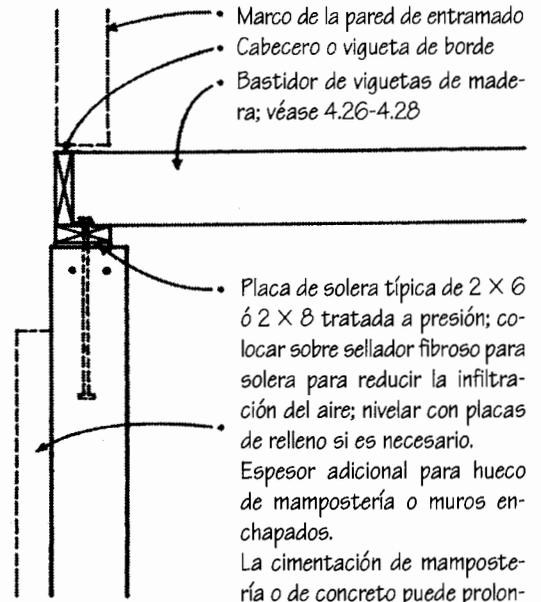
Bolsa para recibir la viga de madera

**Viguetas de madera**

- Placas de base de acero ancladas al muro de cimentación de concreto o a una viga continua de liga en los muros de mampostería

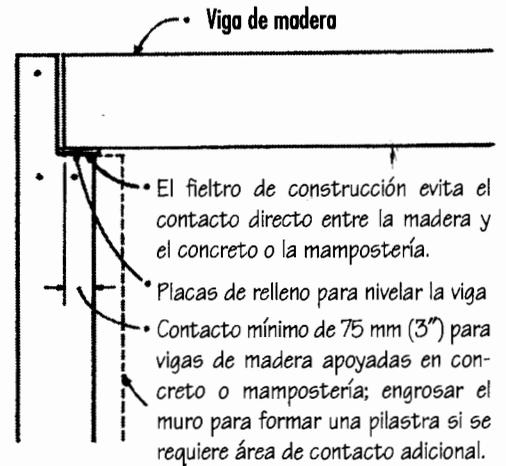


**Viguetas de acero de alma abierta**

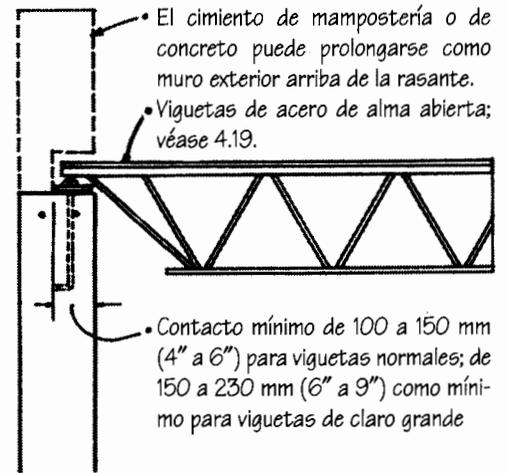


- Marco de la pared de entramado
- Cabecero o vigueta de borde
- Bastidor de viguetas de madera; véase 4.26-4.28

Placa de solera típica de 2 x 6 ó 2 x 8 tratada a presión; colocar sobre sellador fibroso para solera para reducir la infiltración del aire; nivelar con placas de relleno si es necesario. Espesor adicional para hueco de mampostería o muros enchapados. La cimentación de mampostería o de concreto puede prolongarse como muro exterior por arriba de la rasante; véase 5.23-5.24.



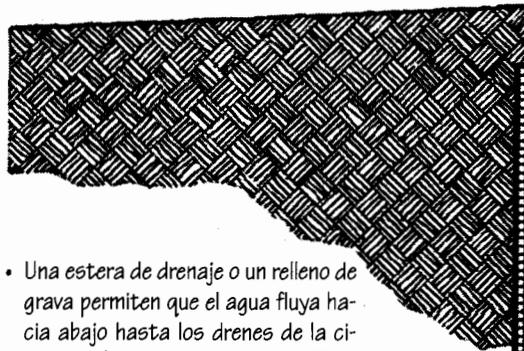
- El fieltro de construcción evita el contacto directo entre la madera y el concreto o la mampostería.
- Placas de relleno para nivelar la viga
- Contacto mínimo de 75 mm (3") para vigas de madera apoyadas en concreto o mampostería; engrosar el muro para formar una pilastra si se requiere área de contacto adicional.



- El cemento de mampostería o de concreto puede prolongarse como muro exterior arriba de la rasante.
- Viguetas de acero de alma abierta; véase 4.19.
- Contacto mínimo de 100 a 150 mm (4" a 6") para viguetas normales; de 150 a 230 mm (6" a 9") como mínimo para viguetas de claro grande

### 3.14 MUROS DE CIMENTACIÓN

Se requiere de un sistema de drenaje del subsuelo para recolectar y desviar el agua lejos de la cimentación al drenaje pluvial, a un pozo seco, o de un emisor natural hacia una elevación inferior en el sitio.



- Una estera de drenaje o un relleno de grava permiten que el agua fluya hacia abajo hasta los drenes de la cimentación.
- La estera de drenaje tiene un espesor aproximado de 19 mm (3/4") y consiste en una estera sintética o un núcleo de huacal de huevos forrado con una tela filtrante que deja pasar el agua libremente, pero impide el paso de partículas finas del suelo.

- Dar pendiente con mortero o usar una tira de chafán no biodegradable.
- Cobertura mínima de 150 mm (6") de grava o de piedra resquebrajada.
- Proteja la parte superior del tubo o de la loseta con tela de fieltro.
- Drenaje del cimiento de tubo perforado o loseta de drenaje; diámetro mínimo de 100 mm (4").
- La plantilla del tubo o de la loseta no debe estar arriba de la elevación de la losa; pendiente de drenado hasta el drenaje pluvial, pozo seco o emisor natural en el sitio.
- Mínimo 51 mm (2").

El aislamiento de humedad se aplica a un muro de cimentación cuando las condiciones del subsuelo indican que no se presentará una presión hidrostática proveniente del nivel freático. Cuando estén sujetos a la presión hidrostática del nivel freático, los muros de cimentación deben impermeabilizarse. Algunos reglamentos de construcciones requieren que todos los muros de cimentación que cerquen un espacio habitable debajo de la rasante deben impermeabilizarse.

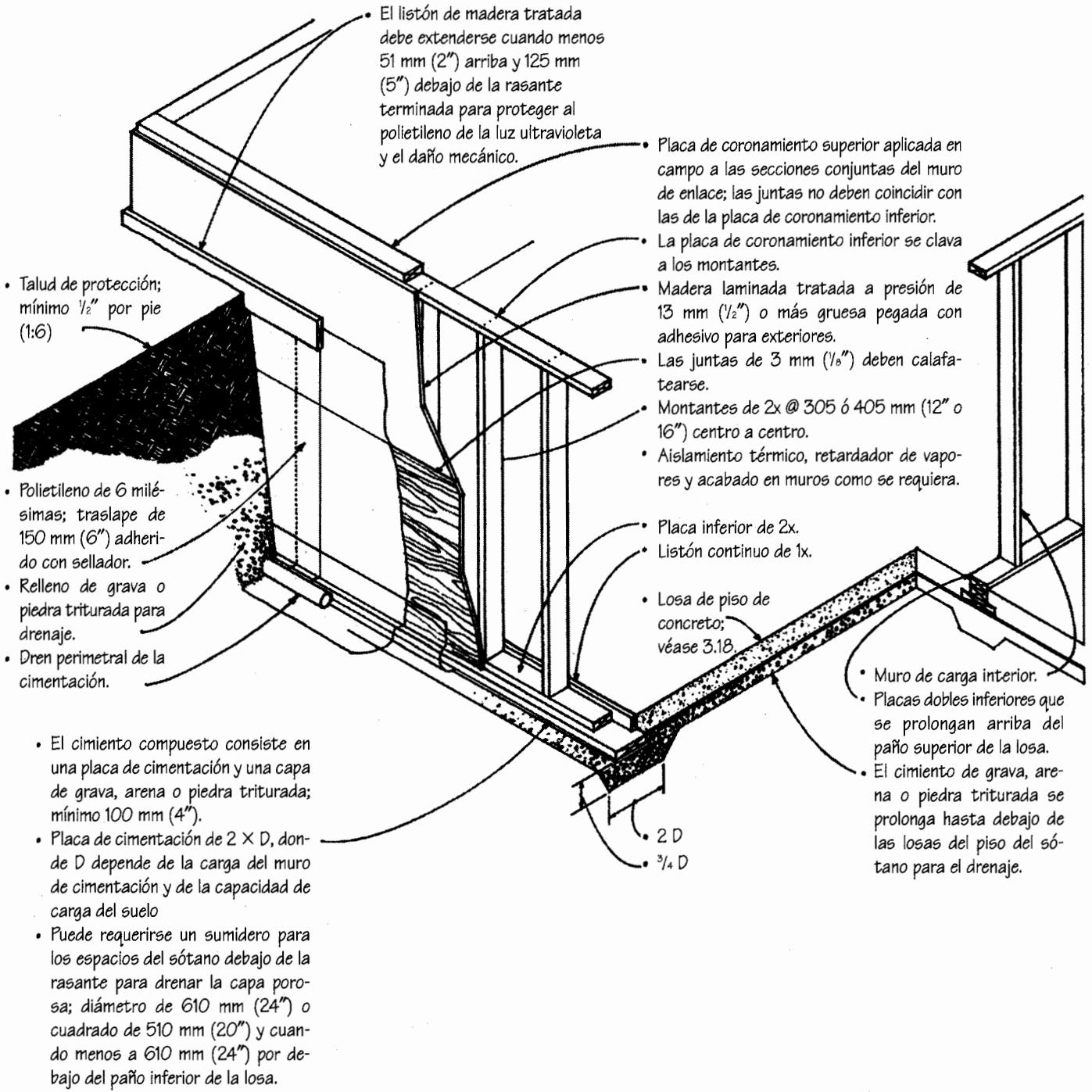
- La membrana de aislamiento de humedad o de impermeabilización debe extenderse desde 150 mm (6") arriba de la rasante hacia abajo hasta la parte superior de la cimentación.
- El aislamiento de humedad puede consistir en un recubrimiento de cemento bituminoso o modificado con acrílico.
- Muros de mampostería de concreto enlucido con no menos de 10 mm (3/8") de mortero de cemento portland cubierto con un recubrimiento bituminoso de 2 mm (1/16").

- La membrana de impermeabilización puede consistir en asfalto impregnado de caucho o modificado con polímeros, caucho butílico u otro material aprobado que sea capaz de cubrir grietas no estructurales.
- Puede rociarse arcilla bentonítica como lechada o instalarse en forma de panel con arcilla seca que llena los vacíos de hojas de cartón corrugado; la bentonita se hincha cuando se moja haciéndose virtualmente impermeable al agua.
- Proteja la membrana durante el relleno con una estera de drenaje, un aislamiento rígido de poliestireno extruido o un tablón de protección, como cartón de fibra impregnado de asfalto.

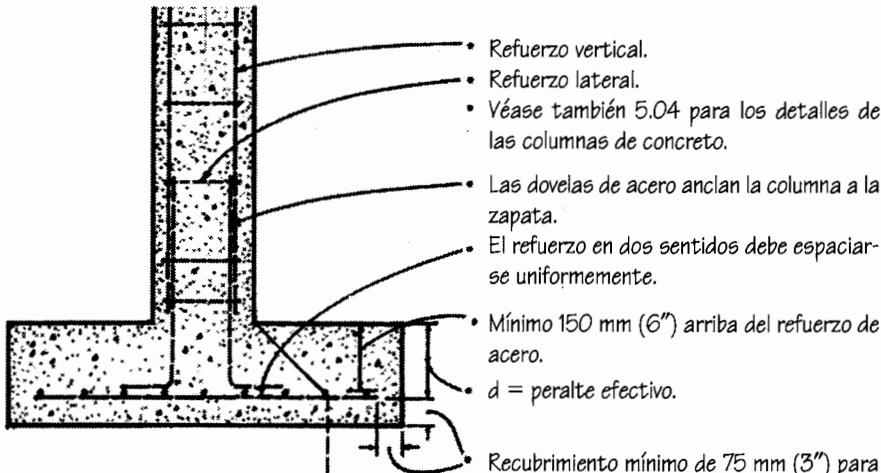
- Relleno premoldeado y sellador en la junta de expansión.
- Para la impermeabilización, selle la junta entre el muro de cimentación y la losa con arcilla bentonítica u otra barrera hidráulica.
- Losa de piso de concreto; mínimo 100 mm (4").
- Véase 3.18 para los requerimientos típicos del embasamiento.

- Membrana de impermeabilización si se requiere.
- Tablón de protección para la impermeabilización; cartón de fibra impregnado de asfalto o poliestireno extruido
- Se usa un firme de concreto sin reforzar cuando la membrana de impermeabilización continúa bajo la losa del suelo o para suministrar una superficie de trabajo en suelo inestable.

Los sistemas de cimentación de madera tratada pueden usarse para la construcción tanto de sótanos como de espacios de ganeo (ductos o vías para arrastrarse). Las secciones del muro pueden construirse *in situ* o fabricarse en planta para reducir el tiempo de montaje. Toda la madera y la madera laminada que se use para fabricar un sistema de cimentación debe tratarse a presión con un conservador aprobado para uso de contacto en el suelo; todos los cortes de campo deben tratarse con el mismo conservador. Todos los sujetadores de metal deben ser de acero inoxidable o de acero galvanizado con recubrimiento de zinc.

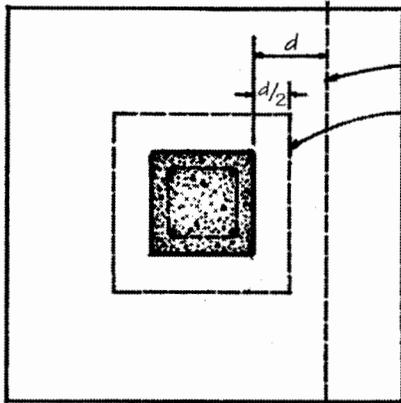


### 3.16 ZAPATAS AISLADAS PARA COLUMNAS



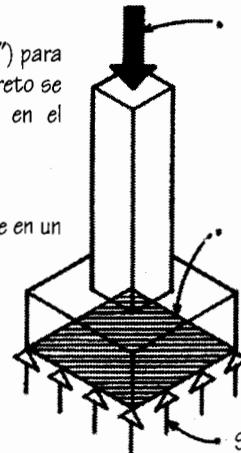
- Refuerzo vertical.
- Refuerzo lateral.
- Véase también 5.04 para los detalles de las columnas de concreto.
- Las dovelas de acero anclan la columna a la zapata.
- El refuerzo en dos sentidos debe espaciarse uniformemente.
- Mínimo 150 mm (6") arriba del refuerzo de acero.
- $d$  = peralte efectivo.

Recubrimiento mínimo de 75 mm (3") para el refuerzo de acero cuando el concreto se cuela permanentemente expuesto en el terreno.



- Sección crítica de la fuerza cortante en un sentido.
- Sección crítica de la fuerza cortante en dos sentidos.

$A = P/S$ , donde:

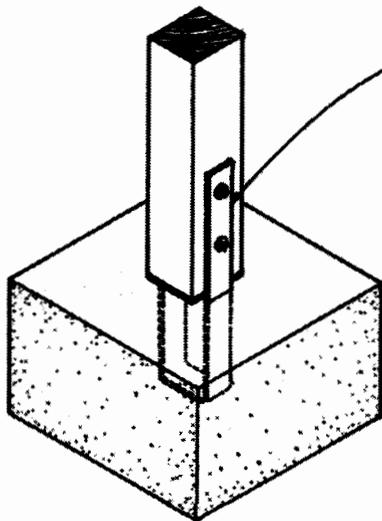


$P$  = carga de la columna en libras

$A$  = área de contacto de la zapata

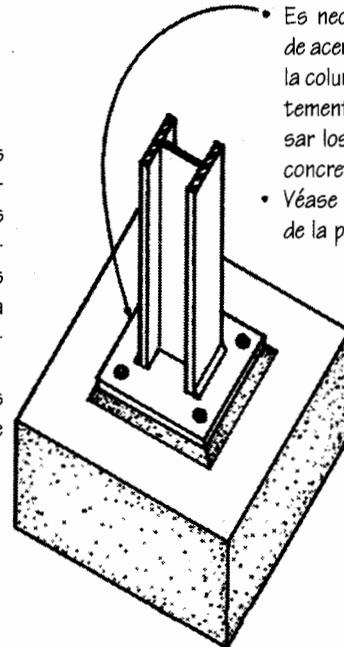
$S$  = capacidad de carga del suelo en  $\text{lb}/\text{pie}^2$ ;  $1 \text{ lb}/\text{pie}^2 = 0.0479 \text{ kPa}$

#### Columna de concreto reforzado



- Se dispone de diversas bases patentadas para postes. Consultar al fabricante para cargas permisibles y detalles de instalación. Las bases para postes también pueden fabricarse para cumplir con condiciones específicas de diseño.
- Véase 5.50 para las conexiones de las bases para columnas de madera.

Poste de madera



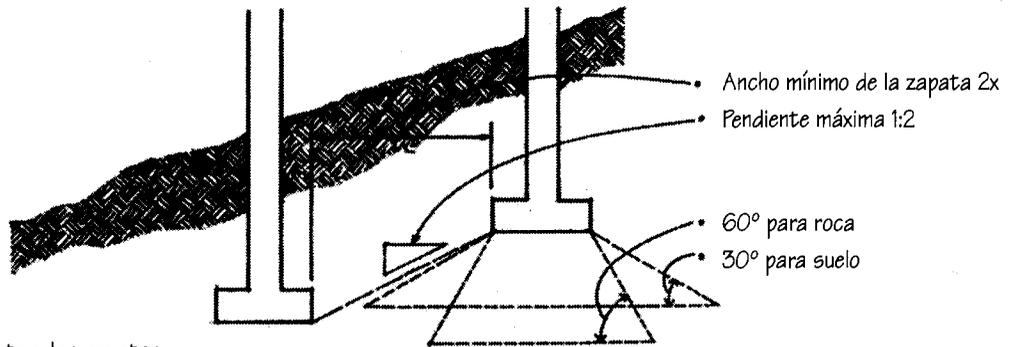
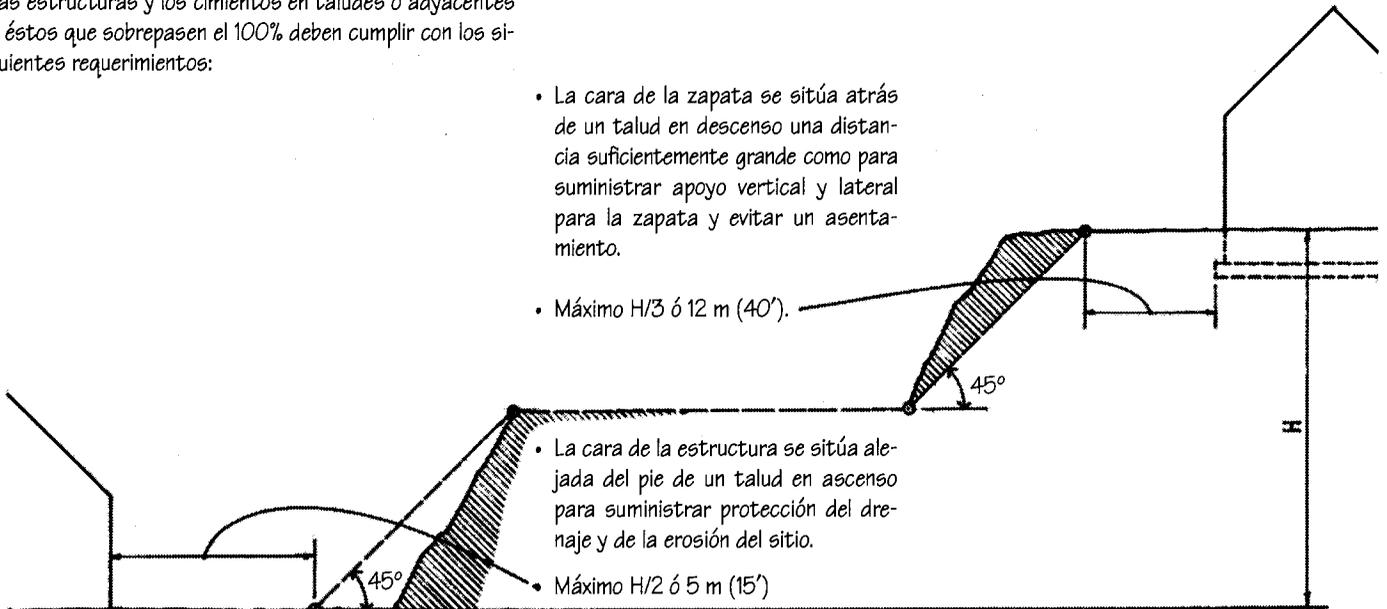
- Es necesaria una placa de base de acero para distribuir la carga de la columna sobre un área suficientemente ancha para no sobrepasar los esfuerzos permisibles del concreto.
- Véase 5.38 para las conexiones de la placa de base de acero.

Columna de acero

Las estructuras y los cimientos en taludes o adyacentes a éstos que sobrepasen el 100% deben cumplir con los siguientes requerimientos:

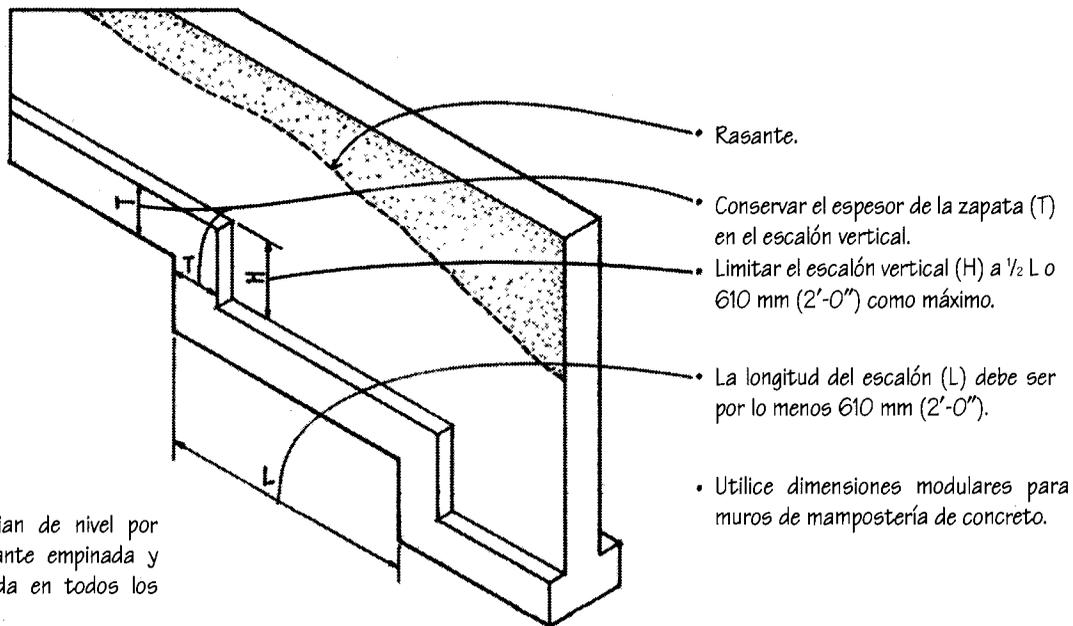
- La cara de la zapata se sitúa atrás de un talud en descenso una distancia suficientemente grande como para suministrar apoyo vertical y lateral para la zapata y evitar un asentamiento.
- Máximo  $H/3$  ó 12 m (40').

- La cara de la estructura se sitúa alejada del pie de un talud en ascenso para suministrar protección del drenaje y de la erosión del sitio.
- Máximo  $H/2$  ó 5 m (15').



Las zapatas con poco espaciamiento o las zapatas adyacentes localizadas a diferentes niveles pueden causar esfuerzos traslapados en el suelo.

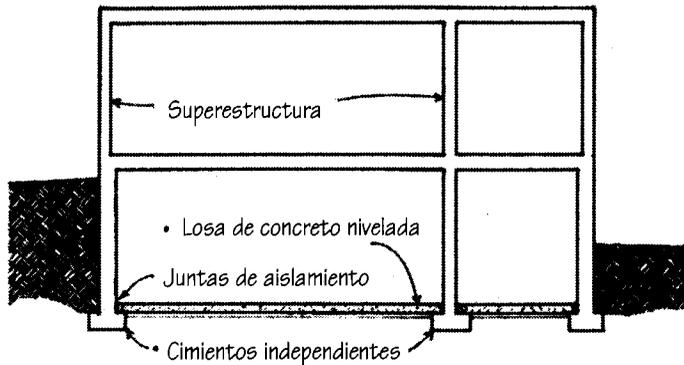
- La superficie del suelo no debe invadir el prisma de contacto del suelo o de la roca.



Las zapatas escalonadas cambian de nivel por etapas para acomodar una rasante empinada y conservar la profundidad requerida en todos los puntos alrededor de un edificio.

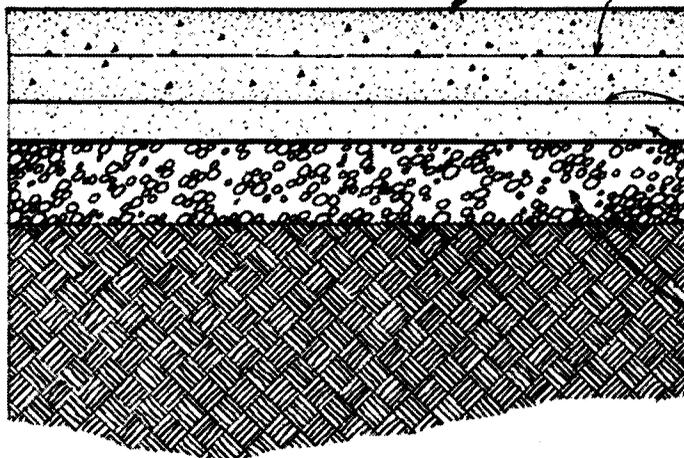
- Rasante.
- Conservar el espesor de la zapata (T) en el escalón vertical.
- Limitar el escalón vertical (H) a  $1/2 L$  o 610 mm (2'-0") como máximo.
- La longitud del escalón (L) debe ser por lo menos 610 mm (2'-0").
- Utilice dimensiones modulares para muros de mampostería de concreto.

### 3.18 LOSAS DE CONCRETO NIVELADAS

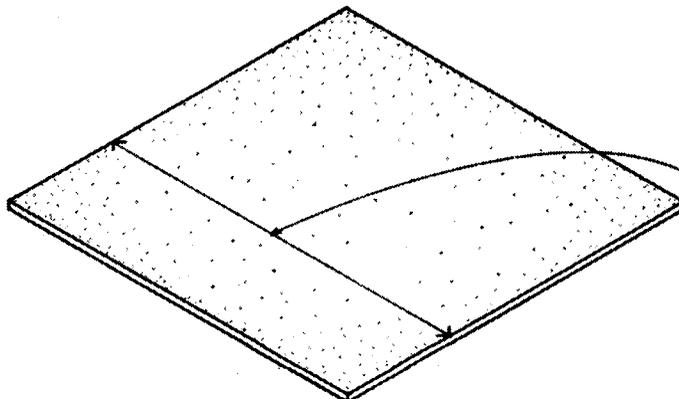


Una losa de concreto puede colocarse a nivel horizontal, o cerca del mismo, para servir como un sistema combinado de piso y de cimentación. El uso adecuado de una losa de concreto para este uso depende de la ubicación geográfica, de la topografía y de las características del suelo en el sitio, y del diseño de la superestructura.

Las losas de concreto niveladas requieren el apoyo de una base de suelo nivelada, estable, uniformemente densa o apropiadamente compactada que no contenga materia orgánica. Cuando se coloca sobre un suelo de baja capacidad de carga o sobre suelos altamente compresibles o expansivos, este tipo de losa debe diseñarse como una losa o una carpeta de cimentación, lo que requiere de un análisis y un diseño por parte de un ingeniero especializado en estructuras.



- Espesor de losa mínimo de 100 mm (4"); el espesor requerido depende del uso esperado y de las condiciones de carga.
- La malla de refuerzo que se coloca ligeramente más arriba de la mitad del peralte de la losa controla los esfuerzos térmicos, el agrietamiento por contracción y los ligeros movimientos diferenciales del lecho del suelo; puede requerirse una parrilla de varillas de refuerzo si las losas sustentan cargas de piso mayores que lo normal.
- Puede añadirse a la mezcla de concreto un aditivo de fibras de vidrio, acero o de polipropileno para reducir el agrietamiento por contracción.
- Los aditivos de concreto pueden aumentar la dureza superficial y la resistencia a la abrasión.
- Barrera contra la humedad de polietileno de 0.15 mm (6 milésimas).
- El American Concrete Institute recomienda que se coloque una capa de arena de 51 mm (2") sobre la barrera contra la humedad para absorber el agua en exceso proveniente del concreto durante el curado.
- Embasamiento de grava o de piedra triturada para evitar el ascenso capilar del agua subterránea; mínimo 100 mm (4").
- Base de suelo estable y uniformemente densa; puede requerirse compactación para aumentar la estabilidad del suelo, la capacidad de sustentar cargas y la resistencia a la penetración del agua.



Dimensiones máximas de la losa pies (m)	Espaciamiento de la malla pulgadas (mm)	Calibre del alambre (número)
Hasta 45 (14)	6 x 6 (50 x 150)	W1.4 x W1.4
45-60 (14-18)	6 x 6	W2.0 x W2.0
60-75 (18-22)	6 x 6	W2.9 x W2.9

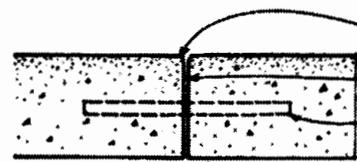
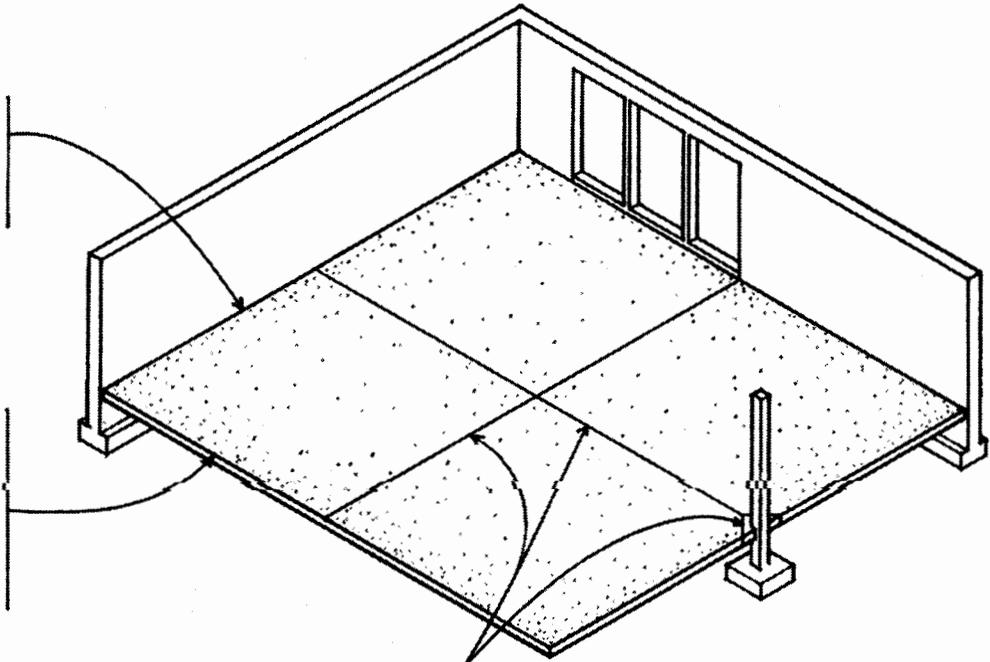
Pueden crearse o construirse tres tipos de juntas con objeto de acomodar el movimiento en el plano de una losa de concreto nivelada: juntas de aislamiento, juntas de construcción y juntas de control.

**Juntas de aislamiento**

También llamadas juntas de expansión, las juntas de aislamiento permiten la existencia de movimiento entre una losa de concreto y las columnas y muros adyacentes de un edificio.

**Juntas de construcción**

Para tener un lugar donde la construcción se detenga para continuar posteriormente, se usan juntas de construcción. Estas juntas, que también sirven como juntas de aislamiento o de control, pueden acufiarse o enclavarse para evitar el movimiento diferencial vertical de las secciones contiguas de la losa.



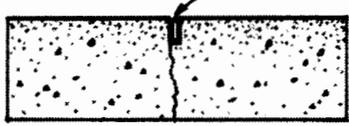
- Radio de 3 mm (1/8")
- Evitar la adherencia
- Dovelas recubiertas o junta acufada si se requiere para evitar el movimiento diferencial vertical

**Juntas de control**

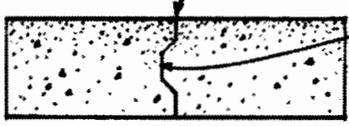
Para crear líneas de fragilidad, de modo que el agrietamiento que pueda resultar de los esfuerzos de tensión se presente a lo largo de líneas previamente determinadas, se colocan juntas de control. Estas juntas de control van espaciadas en el concreto expuesto de 4570 a 6100 mm (15' a 20') centro a centro, o siempre que se requiera fragmentar una losa con forma irregular en secciones cuadradas o rectangulares.



- Junta aserrada de 3 mm (1/8") de ancho y 1/4 del espesor de la losa; llenar con relleno para junta.

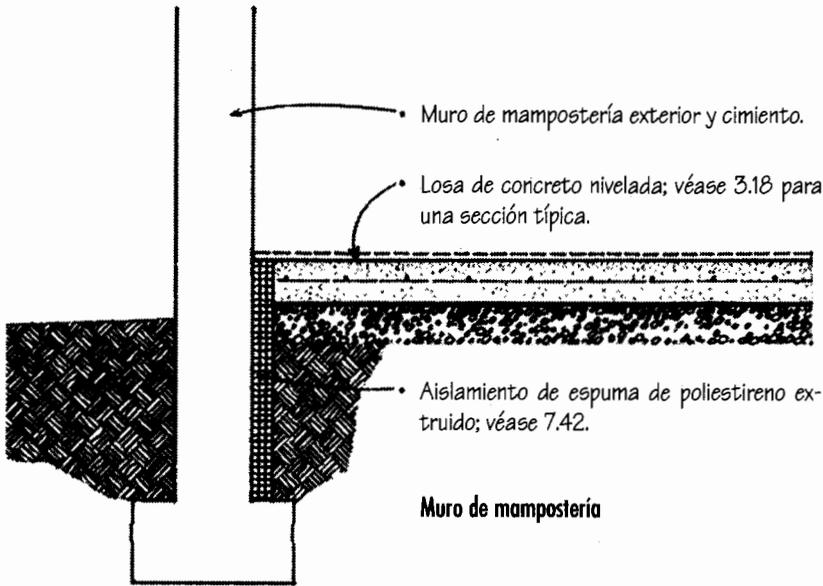


- Tira metálica o premoldeada de 3 mm (1/8") que se inserta cuando se coloca el concreto; terminado al ras con la superficie.



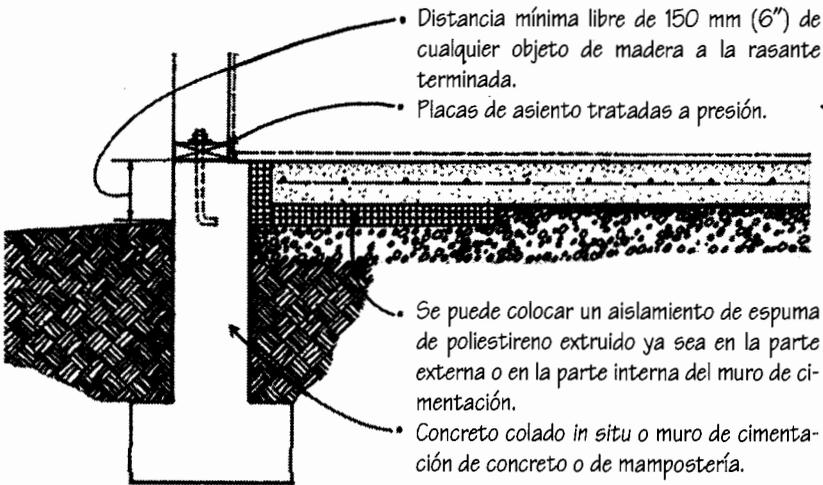
- Junta acufada
- La adherencia se evita utilizando un material para junta preformado de metal o de plástico, o aplicando un compuesto de curado a un lado antes de colocar el otro lado.

### 3.20 LOSAS DE CONCRETO NIVELADAS



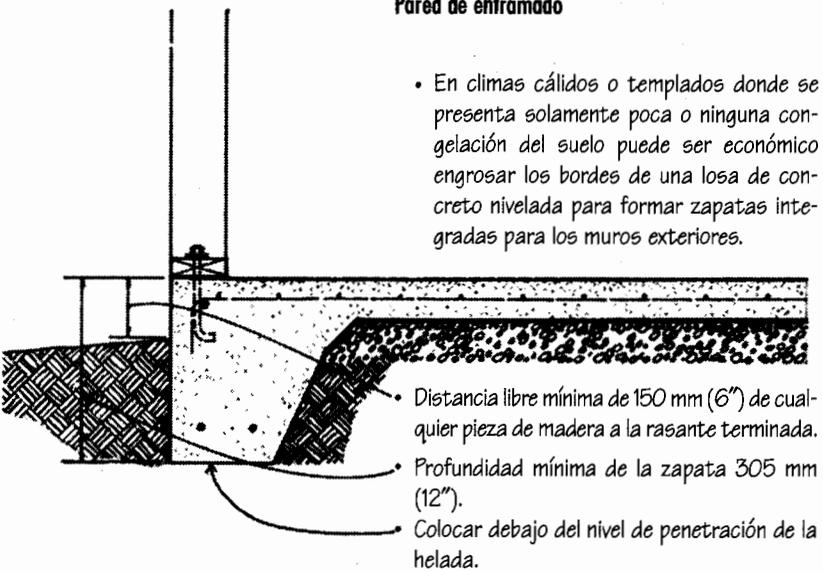
**Muro de mampostería**

- Muro de mampostería exterior y cimiento.
- Losa de concreto nivelada; véase 3.18 para una sección típica.
- Aislamiento de espuma de poliestireno extruido; véase 7.42.



**Pared de entramado**

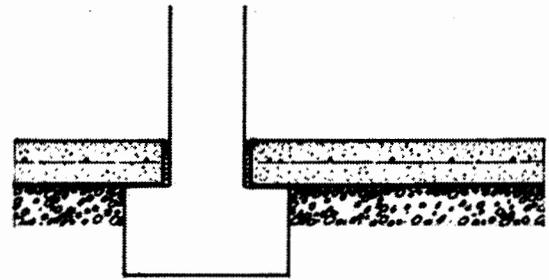
- En climas cálidos o templados donde se presenta solamente poca o ninguna congelación del suelo puede ser económico engrosar los bordes de una losa de concreto nivelada para formar zapatas integradas para los muros exteriores.



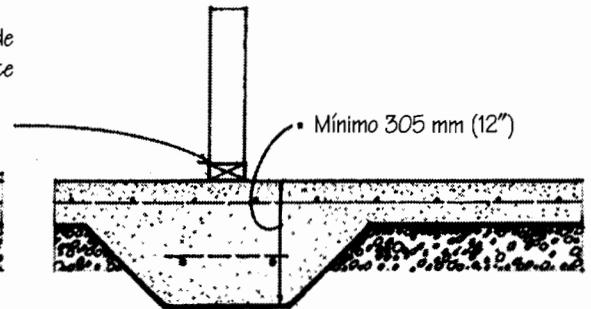
**Losa con borde engrosado**

- Distancia libre mínima de 150 mm (6") de cualquier pieza de madera a la rasante terminada.
- Profundidad mínima de la zapata 305 mm (12").
- Colocar debajo del nivel de penetración de la helada.

Se requieren zapatas aisladas o integradas para transmitir cargas desde la superestructura superior al suelo de la cimentación.



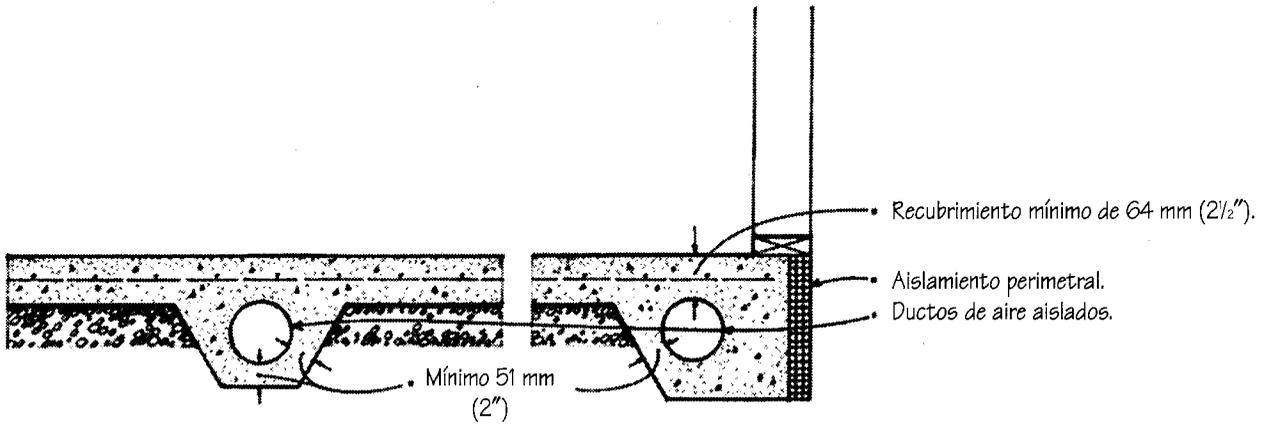
- Debe emplearse una zapata independiente cuando un muro de carga o una columna transmitan una carga concentrada o de gran magnitud.



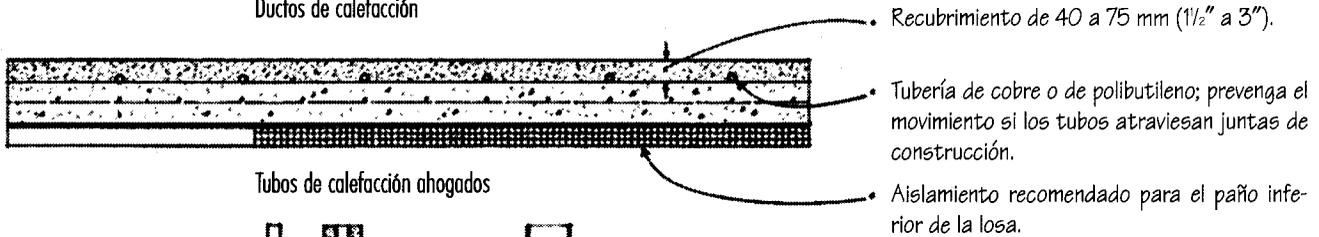
• Mínimo 305 mm (12")

• El ancho y el peralte de la zapata de la losa se determinan por la magnitud de la carga y la capacidad de carga del suelo.

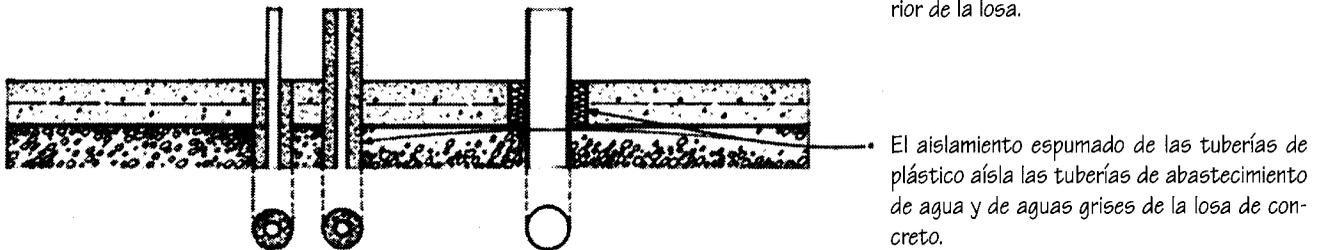
- Una losa de piso de concreto puede engrosarse para sustentar una partición interior de carga o un poste y transmitir la carga al suelo subyacente.



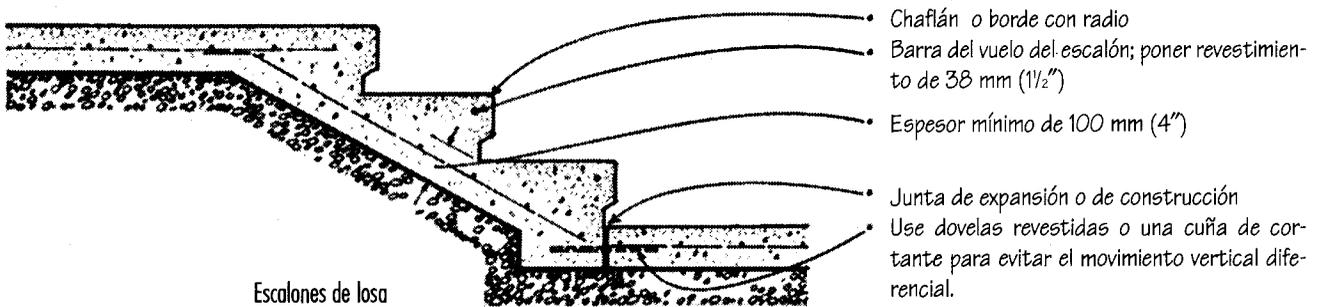
Ductos de calefacción



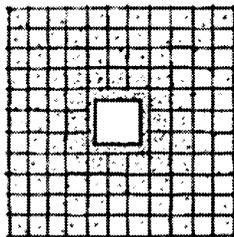
Tubos de calefacción ahogados



Penetraciones de las tuberías

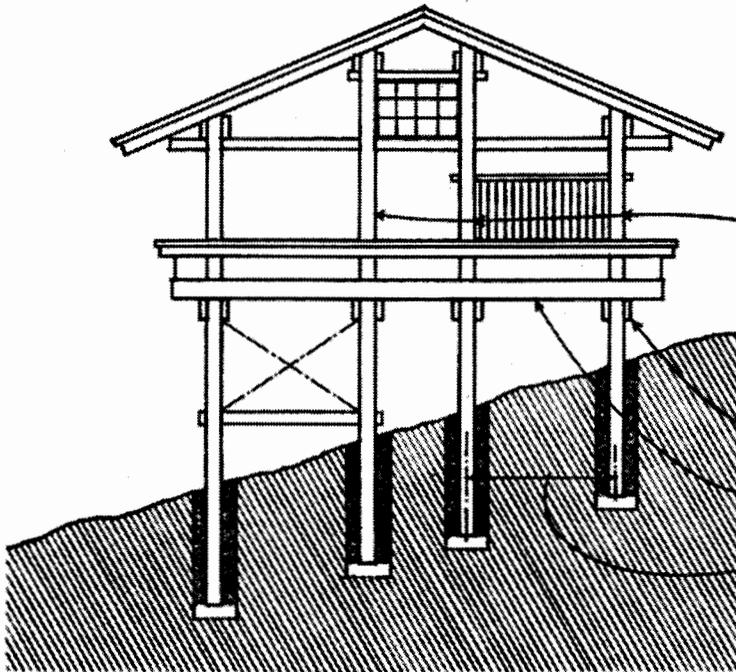


Escalones de losa



Aberturas en la losa

### 3.22 CIMENTACIÓN CON POSTES



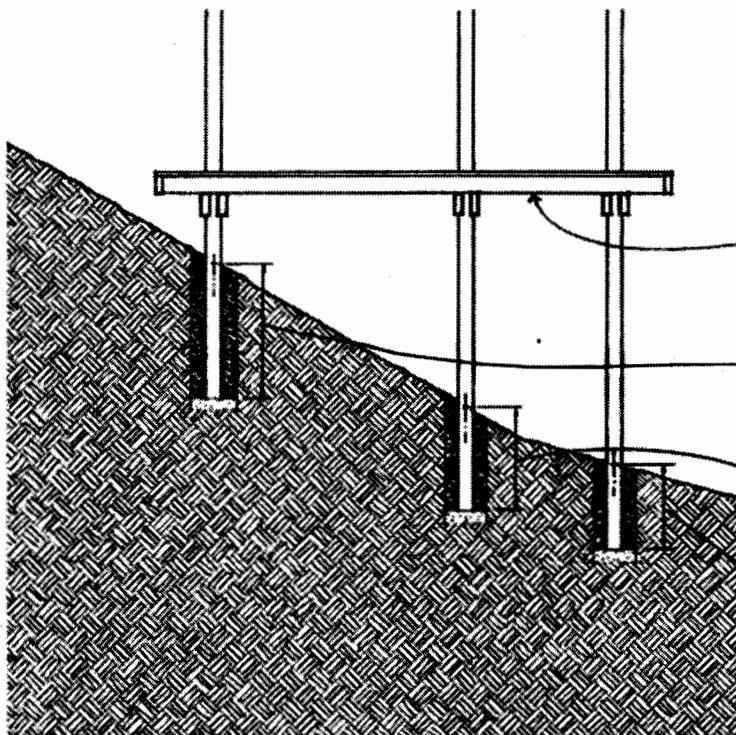
La cimentación con postes eleva las estructuras de madera por arriba del terreno, requiere de excavación mínima y preserva las características naturales de los patrones de drenaje existentes de un sitio. Es especialmente útil cuando se construye en taludes empinados y en áreas sujetas a inundaciones periódicas.

Los postes tratados se colocan a lo largo de una retícula definida por el patrón reticular de vigas y viguetas. Su espaciamiento determina tanto los claros de vigas y viguetas como las cargas verticales que deben sustentar.

- Postes de 150 a 305 mm (6" a 12") de diámetro; tratados con un conservador para protegerlos de la pudrición y de la invasión de insectos. Estos postes pueden prolongarse en sentido vertical para formar el marco de sustentación de las cargas de la superestructura o terminar en el nivel del primer piso para sustentar un marco convencional de plataforma.
- Vigas de madera sólidas, compuestas o espaciadas; deben limitarse los voladizos a  $\frac{1}{4}$  del claro restante.
- Los pisos, los muros y el techo deben aislarse de acuerdo con las condiciones climáticas locales.
- Los postes se espacian de 1830 a 3660 mm (6' a 12') para sustentar las áreas de piso y de techo hasta 13.4 m<sup>2</sup> (144 pies cuadrados)

Los postes se colocan en agujeros excavados a mano o mediante un barrenador de potencia. En una estructura de postes se requiere de una longitud adecuada de empotramiento, de un relleno adecuado y de conectores apropiados para tener la rigidez y la resistencia necesarias para las fuerzas laterales eólicas y sísmicas. La longitud requerida de empotramiento varía de acuerdo con:

- la pendiente del sitio
- las condiciones subsuperficiales del suelo
- el espaciamiento de los postes
- la altura no sustentada de los postes
- la zona sísmica.



Los pisos deben diseñarse y construirse como un diafragma para transferir la rigidez de los postes cuesta arriba al resto de la estructura.

#### Longitud de empotramiento para pendientes empinadas

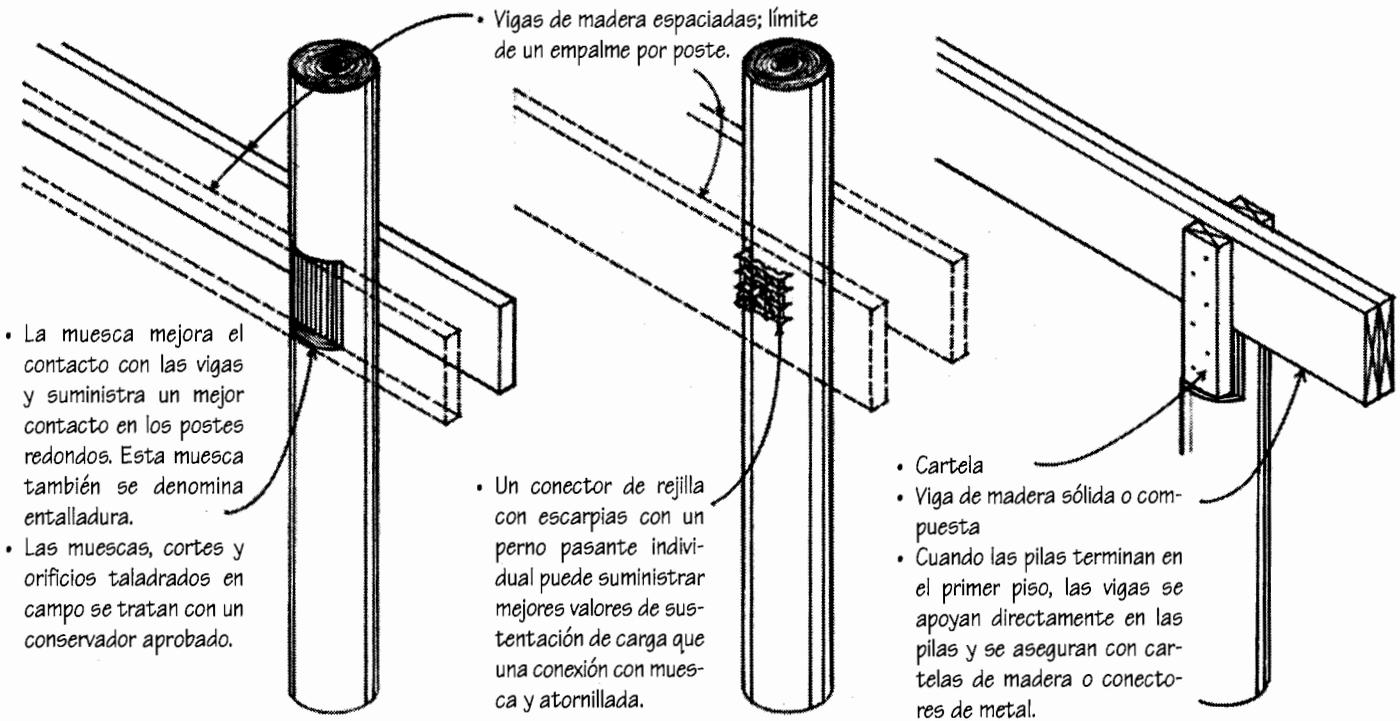
- De 1525 a 2440 mm (5' a 8') para los postes cuesta arriba; estos postes tienen alturas no soportadas más cortas, pero requieren de un empotramiento más profundo con objeto de suministrar la rigidez necesaria a la estructura.
- De 1220 a 2135 mm (4' a 7') para los postes cuesta abajo

#### Longitud de empotramiento para pendientes llanas

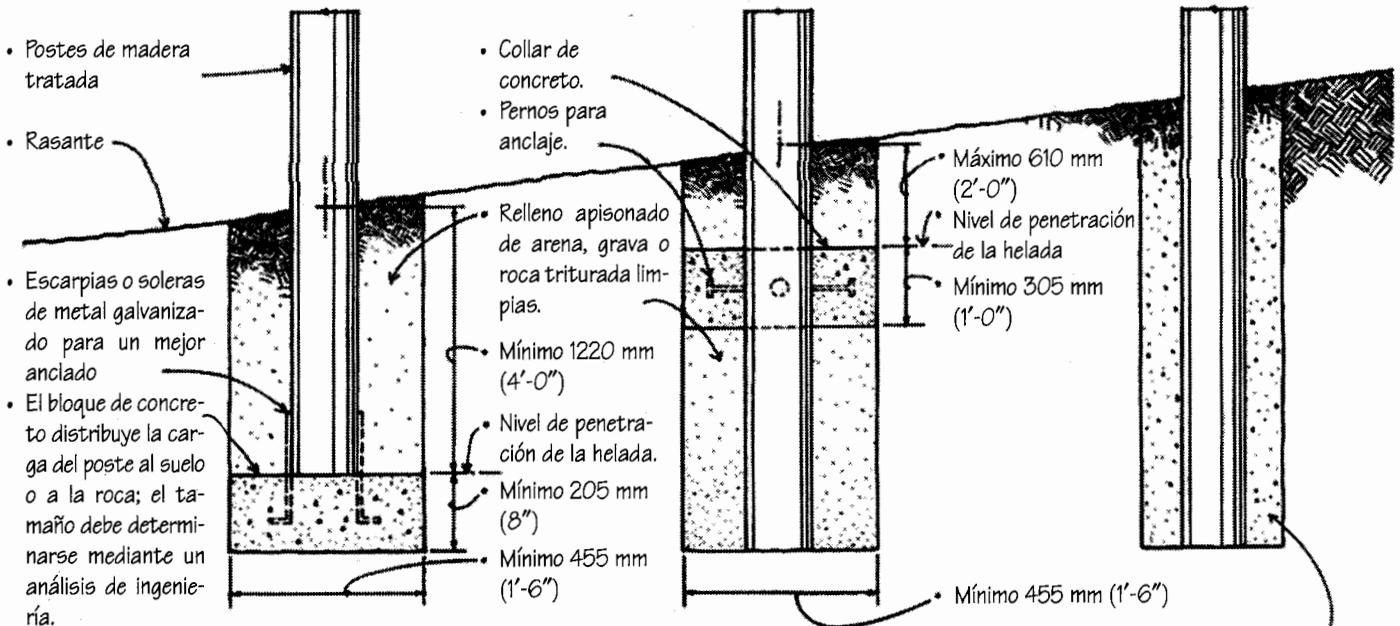
- De 1220 a 1525 mm (4' a 5')

Cuando el empotramiento necesario no sea posible, como en una pendiente rocosa, pueden usarse el arriostramiento transversal con varilla de acero y con tensores o muros de cortante de concreto o de mampostería para suministrar estabilidad lateral.

- Consultar a un ingeniero especializado en estructuras cuando se diseñe y se construya una estructura con postes, especialmente cuando se trate de un sitio con pendiente pronunciada sujeto a ventarrones o a inundaciones.



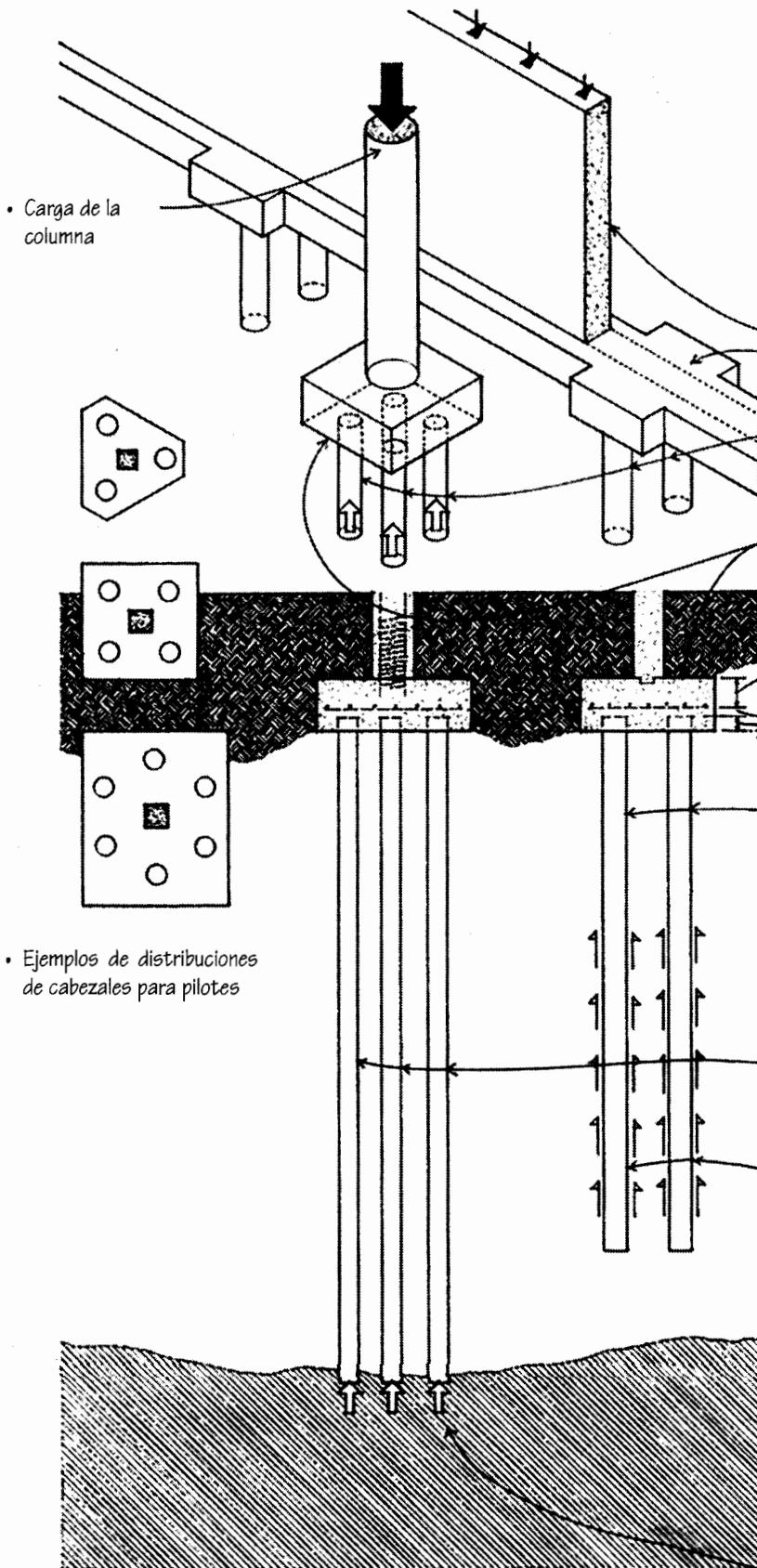
Las vigas espaciadas se fijan con tornillos pasantes a los lados de los postes tratados, las cuales luego continúan hacia arriba para formar el bastidor receptor de cargas de la superestructura.



Los postes distribuyen sus cargas con una zapata o collar de concreto o al apoyarse directamente en la roca. Los bloques y los collares de concreto aumentan el área de contacto de los postes con el suelo y distribuyen sus cargas sobre un área mayor.

El relleno con concreto o con una mezcla de suelo-cemento puede reducir la longitud requerida de empotramiento; puede requerirse en taludes empinados con suelos promedio o por debajo del promedio.

### 3.24 CIMENTACIONES PROFUNDAS



Las cimentaciones profundas se prolongan más allá de los suelos inadecuados o inestables para transferir las cargas del edificio a un estrato resistente de roca o de gravas y arenas densas muy por debajo de la superestructura. Los dos tipos principales de cimentaciones profundas son las cimentaciones con pilotes y las cimentaciones con pilotes de tubo llenos de concreto.

Una cimentación con pilotes es un sistema de pilotes de punta, de cabezales de pilotes y de vigas tensoras para transferir las cargas del edificio hasta un estrato de carga.

Muro de carga.  
 Rasante de concreto reforzado o viga tensora con cabezales integrados para pilote.  
 Los pilotes generalmente se hincan en grupos de dos o más, espaciados de 760 a 1220 mm (2'-6" a 4'-0") entre centros.

Un cabezal para pilote de concreto reforzado une las cabeceras de un grupo de pilotes con objeto de distribuir la carga de una columna o de una viga de rasante igualmente entre los pilotes.

Varía con la carga de la columna; 305 mm (12") como mínimo.  
 75 mm (3")  
 150 mm (6")  
 Colocar debajo del nivel de penetración de la helada.

Los pilotes pueden ser postes de madera tratada, pero para edificios grandes son más comunes los perfiles H de acero, los tubos llenos de concreto, o el concreto reforzado precolado o el concreto presforzado.

Los pilotes se hincan en el terreno con una máquina piloteadora. Esta máquina está compuesta de un bastidor alto que sustenta el mecanismo para elevar al pilote en su posición, un martillo de hincado y rieles o guías verticales para dirigir el martillo.

Los pilotes de punta dependen principalmente de la resistencia a la carga del suelo o de la roca debajo de la punta de sustentación. La masa circundante de suelo suministra un grado de estabilidad lateral para el pilote.

Para su sustentación, los pilotes de fricción dependen principalmente de la resistencia a la fricción de una masa circundante de suelo. La fricción externa desarrollada entre los lados de un pilote hincado y el suelo está limitada por la adhesión del suelo a los lados del pilote y por la resistencia a la fuerza cortante de la masa de suelo circundante.

La carga permisible del pilote es la carga máxima axial y la carga máxima lateral, que se determina por una fórmula dinámica para pilotes, un ensayo estático de carga, o una investigación geotécnica del suelo de la cimentación.

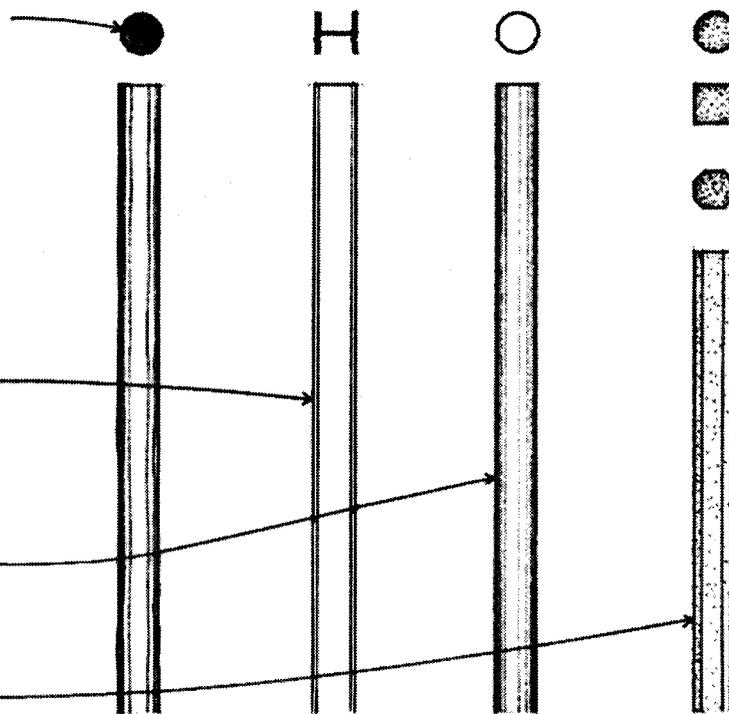
La excentricidad del pilote o la desviación del pilote de su ubicación en planta o de la vertical pueden reducir su carga permisible.

Estrato resistente de suelo o de roca.

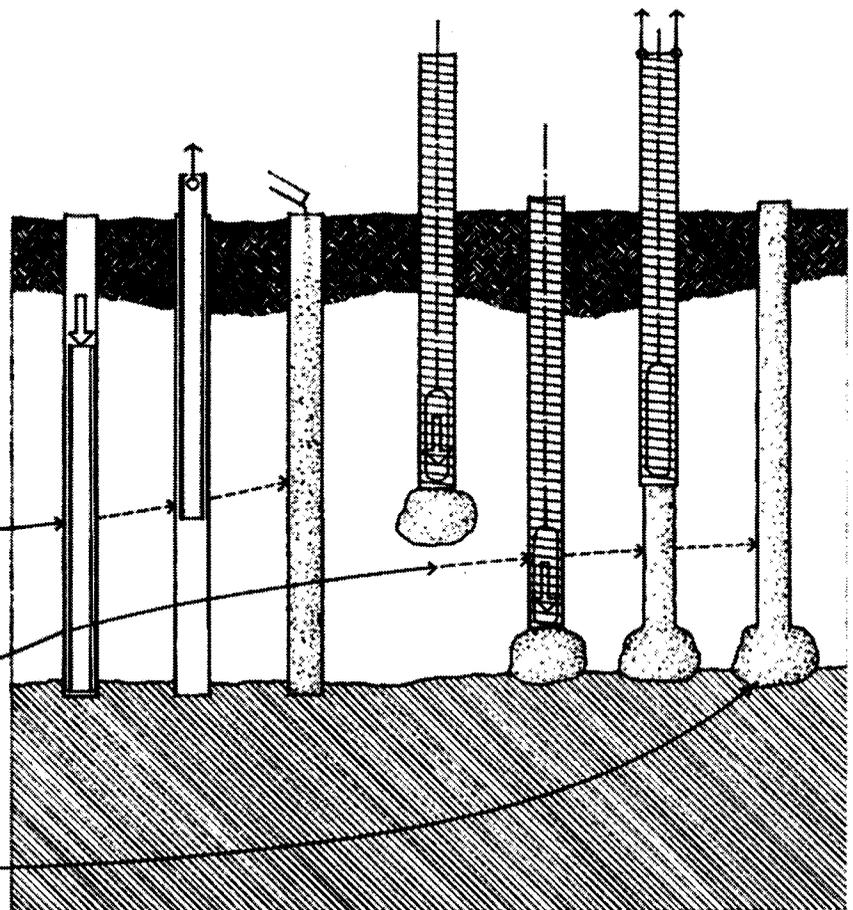
• Carga de la columna

• Ejemplos de distribuciones de cabezales para pilotes

- Los pilotes de madera son maderos hincados como un pilote de fricción. Generalmente, se les coloca una zapata de acero y una banda de hincado para evitar que el cuerpo del pilote se astille o se despedace.
- Los pilotes compuestos están contruidos con dos materiales, como un pilote de madera y una sección superior de concreto para evitar el deterioro de la parte del pilote que está arriba del nivel freático.
- Los pilotes H y los perfiles H de acero se ahogan en concreto hasta un punto por debajo del nivel freático para evitar la corrosión. Los perfiles H pueden soldarse en el proceso de hincado para formar pilotes de cualquier longitud.
- Los pilotes de tubo de acero se hincan con el extremo inferior abierto o cerrado con una placa o una punta de acero y se llenan con concreto. Un pilote de tubo con el extremo abierto requiere inspección y excavado antes de llenarse con concreto.
- Los pilotes de concreto precolado tienen secciones transversales redondas, cuadradas, poligonales, o con un núcleo abierto. Los pilotes precolados generalmente son presforzados.

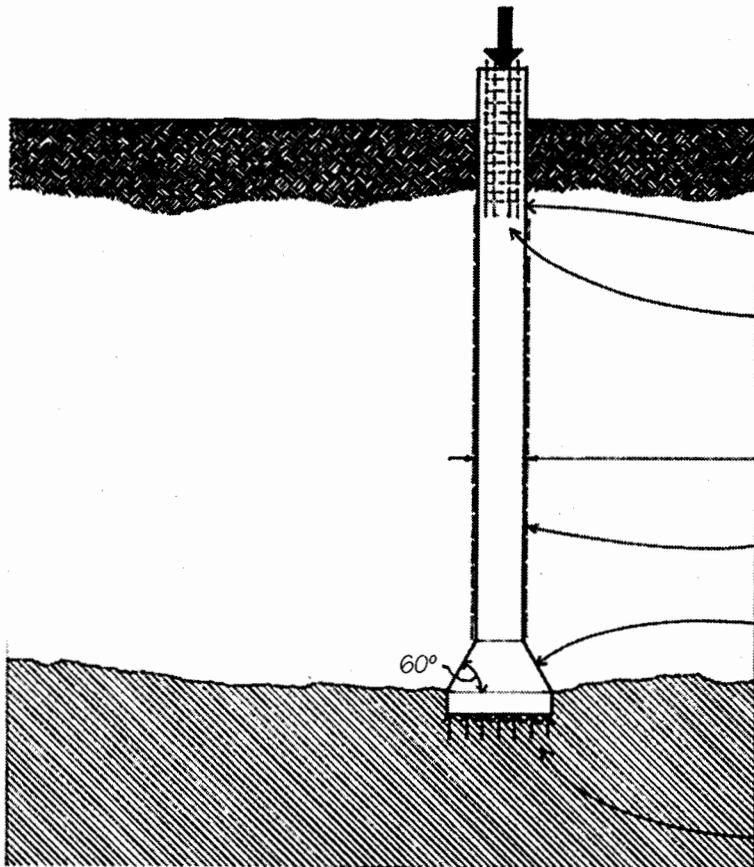


- Los pilotes de concreto colado in situ se construyen vaciando concreto en una carcasa en el suelo. Estos pilotes pueden ser revestidos o sin revestimiento.
- Los pilotes revestidos se construyen hincando un tubo o una carcasa de acero en el suelo hasta que encuentra la resistencia requerida y luego se llena con concreto. La carcasa es una sección cilíndrica de acero, corrugada o ahusada para mayor rigidez. Se inserta un mandril de tubo o un núcleo de acero en una carcasa de pared delgada para evitar que se colapse en el proceso de hincado; luego se retira antes de vaciar el concreto en la carcasa.
- Los pilotes sin revestimiento se construyen hincando un tapón de concreto en el suelo junto con una carcasa de acero hasta que encuentra la resistencia requerida; luego se apisona el concreto en su lugar a medida que se retira la carcasa.
- Un pilote de pedestal sin revestimiento tiene una punta agrandada para aumentar el área de carga del pilote y reforzar el estrato de apoyo por compresión. La punta se forma vaciando concreto a presión en el suelo circundante en la parte inferior de la carcasa.

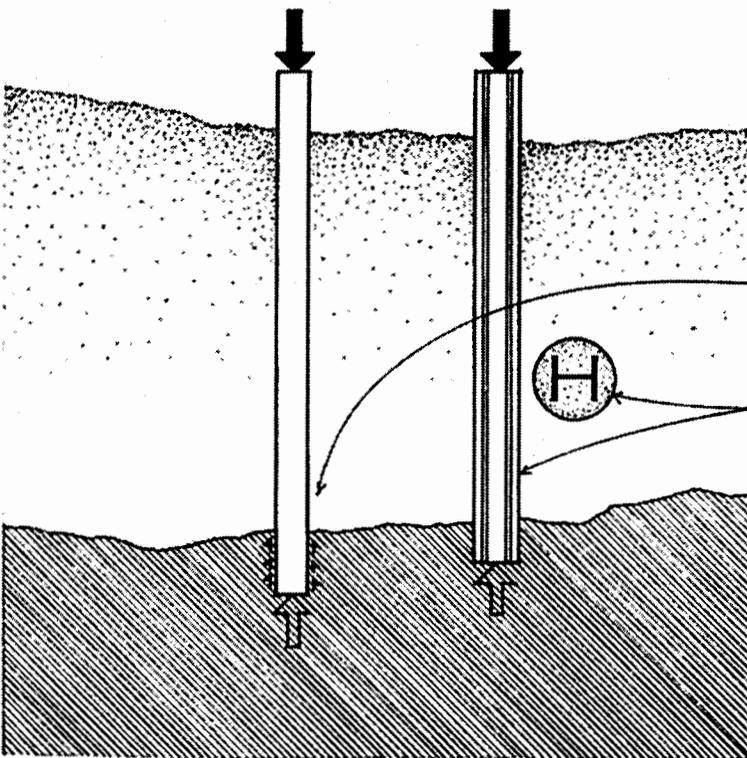


### 3.26 PILOTES DE TUBO LLENOS DE CONCRETO

Los pilotes de tubo llenos de concreto son pilas de concreto simple o reforzado colado *in situ*. Para formarlas se usa un barrenador grande o se excava un pozo a mano hasta llegar a un estrato resistente adecuado que se llena con concreto. Por esta razón, también se les denomina pilotes o pilas perforados.



- Pilote de tubo lleno con concreto
- El refuerzo en la parte superior del pozo suministra una resistencia adicional a la flexión causada por las fuerzas laterales o por una carga excéntrica en la columna.
- La perforación es de un diámetro de 760 mm (2'-6") o mayor para permitir la inspección del fondo.
- Puede requerirse una carcasa temporal para impedir el paso del agua, la arena o el relleno suelto proveniente del pozo durante la excavación.
- La base del pilote de tubo puede ampliarse en forma de campana para aumentar el área de contacto y resistir la elevación del suelo. La campana puede excavar a mano o mediante un aditamento de cuchillas retráctiles.
- Estrato de suelo o de roca.



- Los pilotes de tubo con casquillo se perforan hasta un estrato de roca sólida para obtener mayor apoyo por fricción.
- Los pilotes de tubo para roca son pilotes con casquillo que tienen un núcleo de perfil H de acero dentro de una carcasa tubular llena de concreto.