

## V EDIFICACIÓN DE BAJO COSTO RESISTENTE A VIENTO

### 5.1 MECANISMOS COMUNES DE FALLA

Existen diferentes tipos de mecanismos generadores de daño y, eventualmente, de falla por la incidencia de vientos intensos en estructuras. En este capítulo se revisan algunos de ellos, con el propósito de entenderlos y obtener recomendaciones para lograr estructuras resistentes a vientos

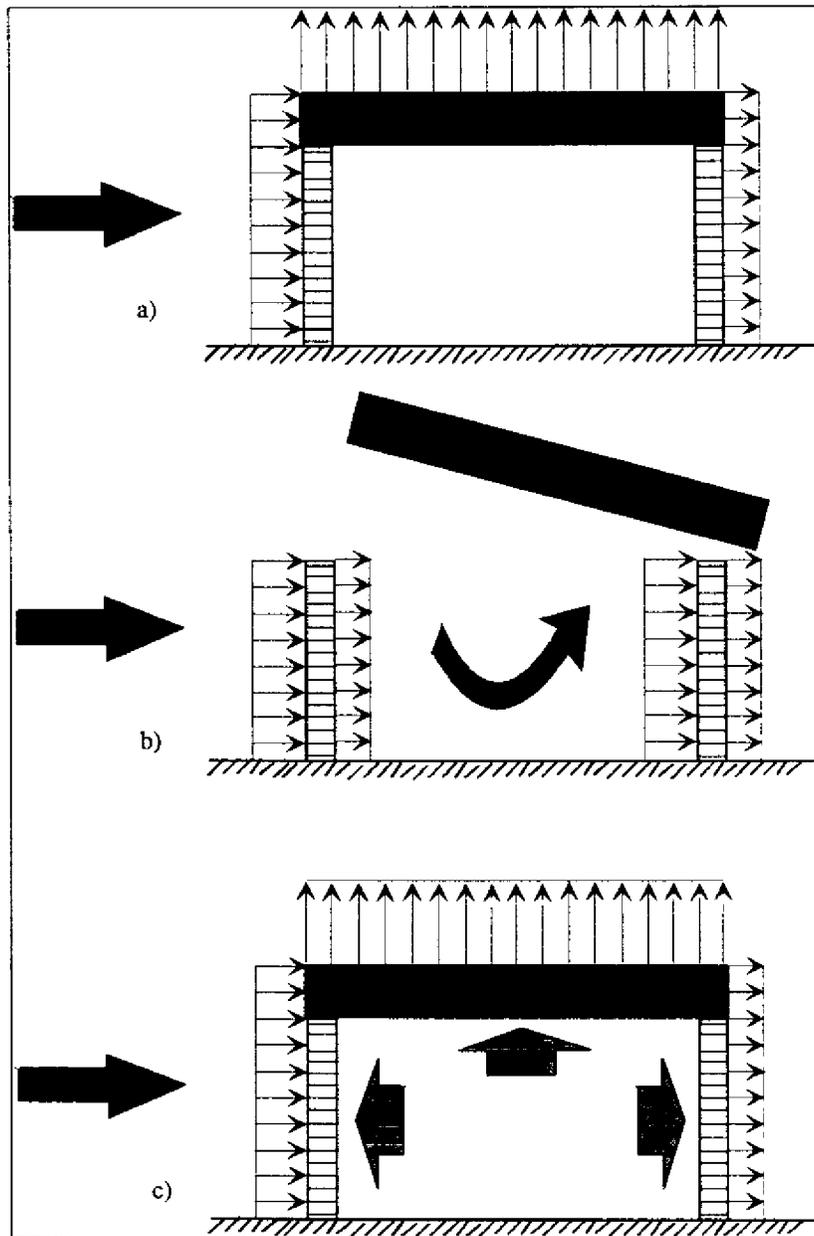
Como ya se mencionó en capítulos anteriores, para poder analizar los mecanismos de falla es necesario puntualizar que toda la energía de movimiento del viento, como una simplificación para poder considerar su efecto sobre las superficies que oponen resistencia a su libre flujo, se acepta que es posible convertirla en energía de presión sobre el objeto que se está constituyendo en el obstáculo. Si se acepta que las fuerzas de presión serán en función de la velocidad de viento considerada, deberá tomarse en cuenta que, como ya se mencionó en el capítulo 2, estas velocidades son valores promedio. Adicionalmente existe el efecto de ráfaga, que es un incremento notable e instantáneo de la velocidad de viento.

En el caso de viviendas, se puede afirmar que el mecanismo de falla más común es como se resume en el ejemplo indicado en la fig. 5.1. En la figura se presenta una estructura de un nivel sujeta a la incidencia del flujo de viento, generando presiones en la cara de barlovento, y succiones en prácticamente todas las demás superficies exteriores de la estructura. De resultados experimentales en túnel de viento, se ha podido determinar que, generalmente, la mayor demanda de fuerza, en este caso succiones, se presenta en la estructura del techo en la vecindad de la pared de barlovento; esto es consistente en la mayoría de los textos y reglamentos que mencionan los coeficientes de succión donde, salvo algunas diferencias en los valores propuestos, los valores mayores de éstos se reportan en la zona mencionada.

Generalmente la estructura soporte del techo, conformada por cuando menos cuatro muros ortogonales y ligados, en el mejor de los casos, por medio de dadas perimetrales de cerramiento, resulta de gran rigidez, resistencia y estabilidad ante la magnitud de las presiones y succiones externas que se generan en la condición indicada en la fig. 5.1.a Esta condición se mantendría si la estructura soporte del techo, la misma estructura del techo y las láminas de cubierta fueran suficientemente resistentes ante los niveles de presiones y succiones demandadas. Sin embargo, en la vivienda, sobre todo aquella de autoconstrucción, generalmente no tiene niveles de resistencia suficiente para soportar las succiones demandadas, provocando el desprendimiento paulatino de la techumbre.

Una vez con la techumbre desprendida, las demandas sobre los muros varían significativamente, generándose, por ejemplo en la cara de barlovento, además de las presiones en la cara exterior del muro, succiones en la cara interior, de modo que el efecto de volteo sobre el muro se incrementa significativamente como se representa esquemáticamente en la fig. 5.1.b.

Ahora bien, si en la condición de la edificación representada en la fig. 5.1.a se presenta una falla de la ventanería, también se presentaría una modificación del estado absoluto de las presiones y succiones que se ejercerán sobre los muros y la estructura de la techumbre. Al ingresar el viento por el hueco de la ventana, además del estado de presiones y succiones indicado en la fig. 5.1.a, se generarán presiones internas que pueden acelerar la falla de la estructura de la techumbre, como se indica en la fig. 5.1.c, o bien de la estructura soporte, como se observa en al fig. 5.2.



**Figura 5.1 Ilustración de un mecanismo de falla común por efecto del viento**

Del análisis del estado de fuerzas demandadas por viento en una edificación de vivienda, resulta interesante observar que el peso propio de la estructura de la techumbre actúa contra la formación del mecanismo de falla de desprendimiento del mismo techo. Entonces resulta claro que este tipo de daños y fallas es más probable que se presenten techumbres ligeras o inadecuadamente ligadas a la estructura soporte.



**Figura 5.2** *Falla de una estructura de mampostería confinada por efecto de viento (H. Toledo Huracán Pauline, Oaxaca, México, 1999)*

En este capítulo se considerarán principalmente las estructuras de mampostería. Sin embargo, las recomendaciones que se vierten en el trabajo, en general, pueden adaptarse a cualquier tipo de edificación hecha con otros de los materiales denominados como precarios.

## **5.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES RESISTENTES A VIENTO**

De manera similar al caso de sismo, las recomendaciones para lograr sistemas estructurales suficientemente seguros se centran predominantemente en la resistencia y rigidez de los elementos estructurales verticales, así como en la adecuada conexión entre ellos. En el caso de las estructuras que se abarcan en este trabajo, las de mampostería, son los muros los elementos verticales sobre los que se centran las recomendaciones; además, como se mencionó antes, también es importante el lograr que la estructura del techo resulte suficientemente resistente y estable, ya que un comportamiento inadecuado de la misma podría repercutir en demandas no contempladas en los muros, y la posibilidad de daño o falla en los mismos.

Como se muestra en la fig. 5.3, las estructuras de mampostería deberán estar compuestas por muros de cualquier material (tabique, adobe, bajareque, etc.), confinados por elementos de mayor resistencia y rigidez, como pueden ser los castillos y dadas de concreto reforzado, y contar con una estructura de techo también rígida y resistente que facilite el trabajo en conjunto de los muros. En este trabajo sólo se hace mención a los elementos confinantes de concreto reforzado y a las estructuras de techo; sin embargo, en el caso de otros materiales empleados para muros, es claro que dependiendo de las costumbres y procedimientos tradicionalmente empleados en cada región para la construcción de viviendas, se podrán proponer adecuaciones de elementos de mayor rigidez y resistencia para hacer las veces del elemento confinante del muro (aunque no debe descartarse el uso de elementos de concreto reforzado para cualquier tipo de mampostería). En el capítulo de conclusiones y recomendaciones, se establecen recomendaciones

cuantitativas al respecto, sustentadas en los procedimientos planteados por los reglamentos vigentes, en la información que sobre el comportamiento de las estructuras de mampostería se ha publicado en diversos foros y tomando como parámetro de la fuerza demandada el procedimiento de presiones medias estáticas equivalentes planteado por la CFE basado en la velocidad regional de viento.

Las características generales que deberán cumplir estos elementos estructurales son, resumiendo lo mostrado en la fig. 5.3, como se indica:

1. Existencia de una dala de cimentación o cadena, que permita una conexión adecuada entre el muro y la estructura de cimentación.
2. Existencia de castillos, al menos uno en cada esquina de cada cuarto, en la intersección de los muros o bien a no más de la distancia máxima de separación permisible según lo indicado en la sección 5.3 “Edificación de Autoconstrucción Resistente a Viento” (fig. 5.7), para soportar el momento de volteo que generaría la presión del viento en la cara del muro. Además, se deberá anclar adecuadamente el refuerzo de los castillos en la dala de cimentación, o en las zapatas de cimentación, con una longitud de anclaje para el refuerzo de los castillos de al menos el valor indicado en la misma sección 5.3 (fig. 5.8).
3. Deberá colocarse una dala en la parte superior de todos los muros que permita unir a todos los castillos en su parte superior y, por lo tanto, lograr continuidad entre todos los elementos resistentes verticales, muros y castillos. Con esto se logra un comportamiento adecuado ante demanda de fuerzas laterales del tipo de la del viento o sismo.
4. Se recomienda proporcionar una cimentación aislada en cada castillo o corrida a lo largo de las dalas de cimentación, con características tales que se evite el fenómeno de volteo de los muros en la dirección perpendicular a su plano. La cimentación podrá ser de concreto reforzado o mampostería. En el caso de zapatas aisladas se recomienda siempre el uso del concreto reforzado.
5. Se tendrá que verificar y garantizar que la estructura de techo está adecuadamente fija a la estructura de soporte. Se deberá fijar el material de recubrimiento (sean tejas o cualquier otro tipo de elemento) a la estructura de soporte del mismo (sea formado por elementos de madera o metal, por ejemplo) por medio de clavos, pijas, pernos o cualquier procedimiento tradicionalmente empleado en la región (procedimientos que deberán ser verificados en laboratorio). Estos elementos de soporte, a su vez, deberán estar adecuadamente anclados en los muros o, preferentemente, en las dalas localizadas en la parte superior de los muros.

El conjunto de recomendaciones indicadas en los párrafos anteriores son generales. En la sección 5.3 de este mismo capítulo se presentan algunas recomendaciones particulares relativas a estos mismos puntos.

En cuanto a los techos con tejas, se recomienda colocar los largueros, sean estos de madera o metálicos, a una separación máxima de 70 cm (Núñez, 1999). En el caso de estructuras de techo a base de madera, se reconoce que tradicionalmente se usan como largueros elementos tipo “polín”, con dimensiones de al menos 8x8 cm de sección. Sobre estos largueros, se colocan las “tiras” o viguetas, también de madera, que serán las que reciban directamente a las tejas de la cubierta del techo. Estas tiras se recomienda tengan dimensiones no menores a 2.5x8 cm de sección. Existen tejas en el mercado, por ejemplo Mexalit cónica con una perforación, que permiten proponer procedimientos de fijación a base de pijas o tornillos, o bien amarre por medio de alambón; para este tipo de soluciones la separación de las tiras estará determinada por la dimensión longitudinal de la teja, generalmente entre 30 y 35 cm. Por otro lado, el procedimiento tradicional y más común de fijación de tejas en cubiertas para techos en nuestro país, incluye el uso de tejas planas, sin perforaciones, y el uso de mortero para junteo de las mismas; en este caso también la separación entre tiras estará determinada por la dimensión longitudinal de la teja empleada. La junta entre los elementos de soporte del sistema de cubierta, largueros y tiras, en la intersección de los mismos, se recomienda se haga empleando conjuntamente clavo o tornillo y un alambón de amarre.

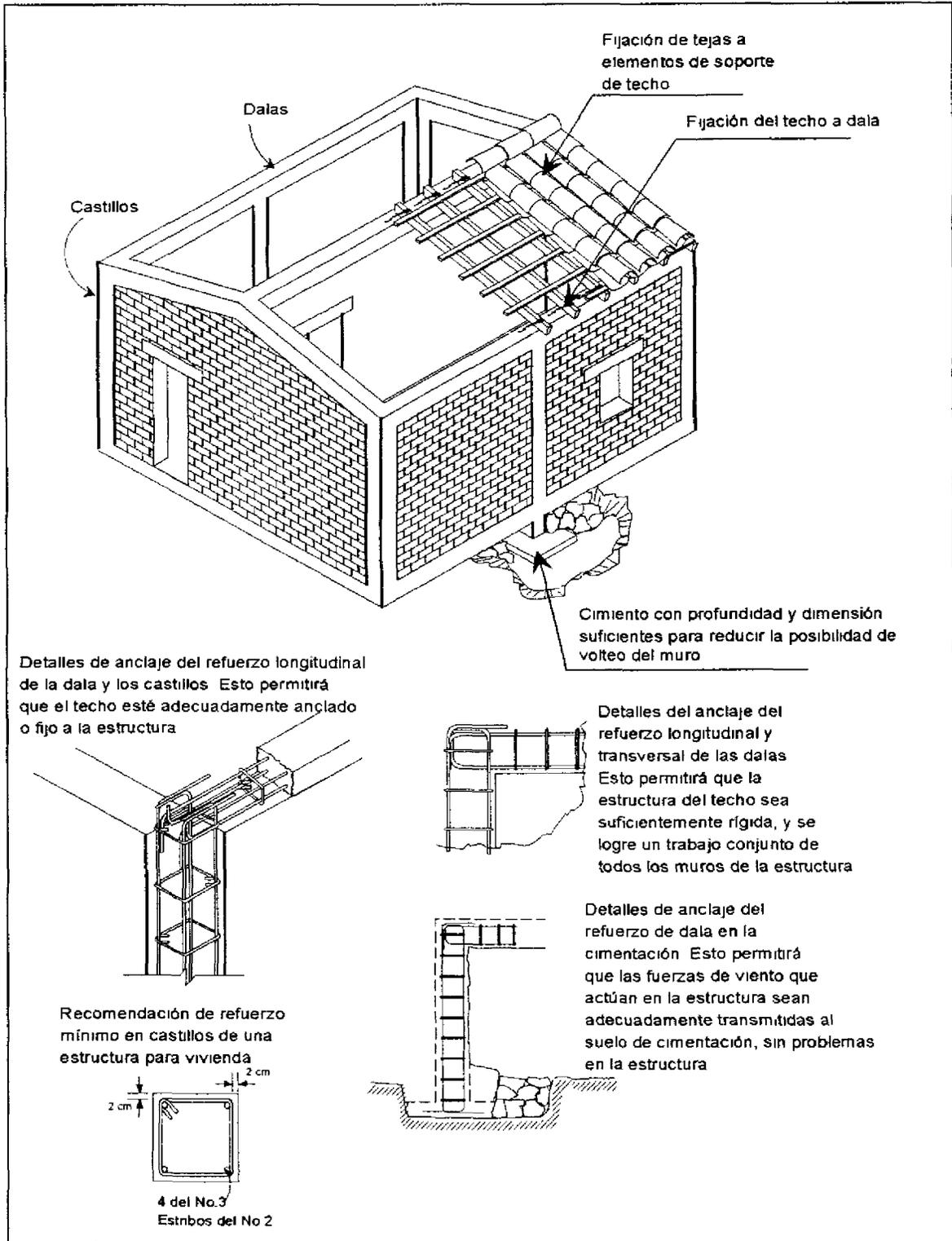
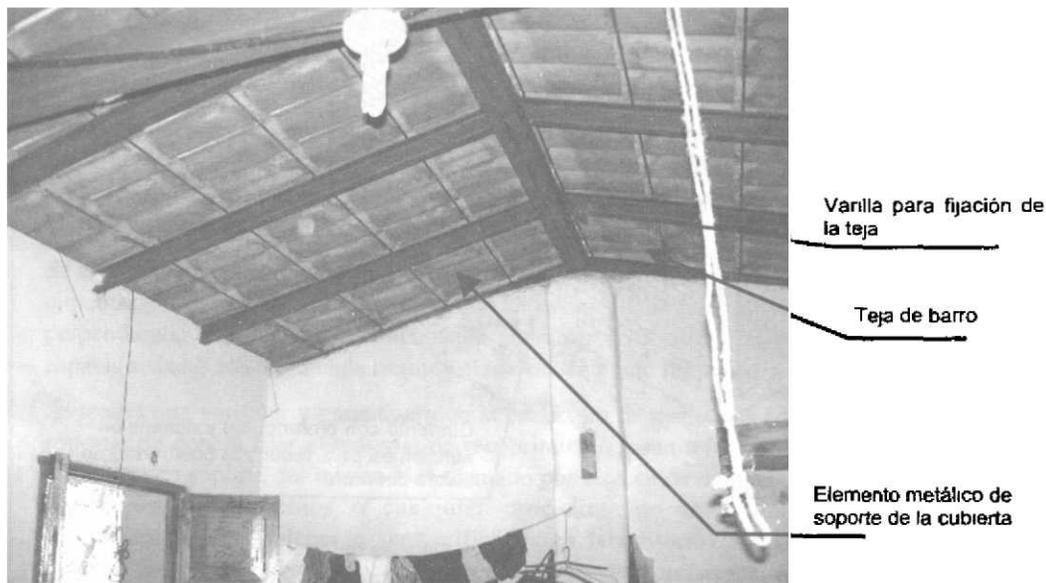


Figura 5.3 Características generales de una vivienda con elementos resistentes al efecto del viento

Otro procedimiento que puede emplearse en el caso de tejas con perforación de fábrica, es el indicado en la fig. 5.4. para el que, sobre los largueros, se deberán colocar varillas del No.3 perpendiculares a la dirección de los largueros y abarcando todo el ancho del techo; estas varillas estarán separadas una distancia igual a la dimensión de la teja y se fijarán con alambón en cada punto de cruce con el larguero (si el larguero es metálico, se recomienda también el uso de puntos de soldadura, pero en vivienda rural, es poco probable su empleo). En estas varillas se fijará, también por medio de alambón, uno de los extremos (el que tiene un agujero en la forma de la teja que se tienen en el mercado en México) de cada una de las tejas. Un arreglo detallado de este tipo de techo empleando teja con largueros metálicos se puede ver en la fig. 5.4.



**Figura 5.4** Características recomendadas para un techo de teja en una vivienda sujeta a vientos fuertes

Los techos con cubierta a base de teja, cuyos sistemas de fijación son adecuados, resultan suficientemente pesados para no presentar problemas de desprendimiento ante la incidencia de vientos fuertes. Los problemas reportados por daño producto de huracán en este tipo de soluciones para techos, proviene de la inexistencia de un dispositivo que fije a la teja con los elementos de soporte, tiras y largueros. Los reportes fotográficos de los daños en este tipo de soluciones estructurales generalmente permiten observar que los elementos de soporte permanecen sin daño y únicamente las tejas fueron levantadas y desprendidas (un ejemplo de esto se puede observar en la fig. 5.5).