

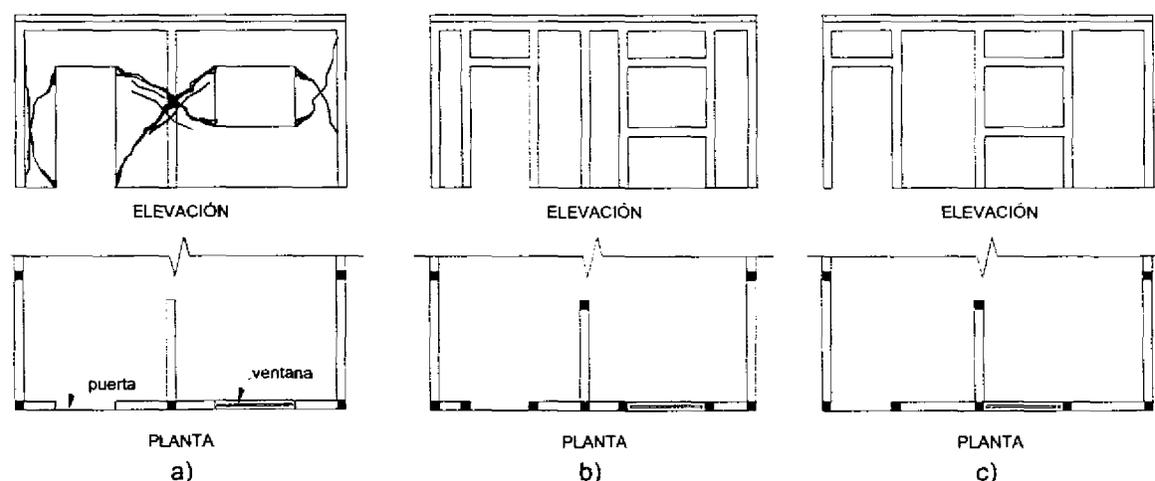
entre aberturas (puertas y ventanas), en especial en la dirección corta de los inmuebles (paralela a la calle), en donde fue evidente una baja densidad de muros.

En cuanto a las viviendas de mampostería con elementos confinantes de concreto reforzado, los mayores problemas observados fueron la escasez de muros en una dirección, así como la falta de confinamiento en segmentos de muro entre aberturas para puertas y ventanas.

Estos elementos de refuerzo (castillos y dalas) en los extremos de los muros o segmentos de muro son esenciales para que se controle el agrietamiento, se mantengan sujetos y confinados los grandes bloques en que se divide un muro agrietado lo cual permite que se disponga de la capacidad de disipación de energía por fricción y trabazón entre las piezas en la grieta, además de proporcionar resistencia adicional ante cargas laterales y gravitatorias una vez que el muro se agrieta.

En general la construcción con mampostería en todo México cuenta con buena calidad, a pesar de que la mayor parte se realiza por autoconstrucción sin supervisión profesional. Sin embargo, la falta de confinamiento en los perímetros de aberturas es un error común aunque no justificable. Se entiende que este nivel de detallado puede parecer excesivo y laborioso, figura 7.120b. Sin embargo, es de vital importancia puesto que si no se realiza no se logra un buen confinamiento de la mampostería, cayendo en lo que se conoce como mampostería simple, y su consecuente pobre comportamiento ante cargas, mismo que en reglamentos de construcción se castiga con menores resistencias calculadas, y mayores acciones sísmicas (o lo que es lo mismo, menor reducción de fuerza sísmica por comportamiento dúctil).

En el caso del esquema de la figura 7.120a, para cumplir cabalmente con los requisitos de confinamiento y mantener la posición de las aberturas, se tendría que proceder como en la figura 7.120b. Una alternativa para reducir el número de castillos puede ser modificar la posición de las aberturas como se muestra en la figura 7.120c. El costo adicional de los elementos extras queda sobradamente cubierto por el ahorro en caso de daños por sismos futuros, y, en caso extremo, por la salvaguarda del colapso que implicaría pérdidas cuantiosas o las inadmisibles pérdidas de vidas humanas.



**Figura 7.120** Mampostería con confinamiento inadecuado y dos opciones que pudieron haber sido usadas para confinarlo

## 7.6 DAÑO EN BARDAS, PRETILES Y MUROS DE CELOSÍA

Además del daño en la vivienda, se presentó un gran número de casos de daño en elementos como bardas, pretiles y celosías. Estos elementos, en general, no se consideran parte estructural de las viviendas, por lo que no toman tanta relevancia en la evaluación de daños ni en los dictámenes iniciales de los inmuebles para calificarlos de riesgo para sus ocupantes, aunque sí son considerados para acordonar el área inmediata a ellos. Por lo mismo, no son datos que se puntualicen en las estadísticas básicas de pérdidas ni se toman en cuenta en los programas de ayuda a la reconstrucción quedando ésta a cargo de los propietarios

Sin embargo, todos estos elementos, si bien no constituyen parte del soporte de las estructuras habitables, sí pueden causar serios daños a transeúntes y pérdidas cuantiosas a bienes. De acuerdo al reporte del 24 de enero emitido por el Sistema Estatal de Protección Civil, se informó la caída de más de 200 bardas en la ciudad de Colima. Por este motivo hubo múltiples heridos, así como vehículos que se vieron afectados por la caída de material.

Asimismo, la caída de pretiles e incluso de unas cuantas tejas puede causar daños severos a los peatones, así como el cierre o interrupción del tránsito de personas y vehículos en innumerables calles que trastornan los esfuerzos por recobrar la normalidad en las poblaciones afectadas.

A continuación se presentan algunos casos representativos de estos daños y se señalan las causas posibles de algunas fallas.

### 7.6.1 Bardas

A pesar de su sencillez geométrica, una barda es estrictamente una estructura más, y como tal debe ser diseñada para soportar acciones en su vida útil como las permanentes, variables y las accidentales, entre estas últimas el viento y el sismo. Además, las dimensiones de éstas y su ubicación sobre la vía pública las convierten en factores de riesgo para personas y bienes.

En cuanto a la geometría, se trata de muros que soportan verticalmente sólo su peso propio y están libres en su extremo superior teniendo que resistir los momentos de volteo fuera de su plano por sí mismas. Algunas bardas en patios son extensiones de muros de las viviendas, mientras que otras está totalmente aisladas de las edificaciones y delimitan jardines o terrenos. Un caso adicional son los muros en que se apoyan techos ligeros que cubren espacios más o menos habilitados como parte de las viviendas por lo que en cierta forma son intermedias entre muro y barda.

Se observaron un gran número de colapsos parciales y totales en bardas, en especial de muros de adobe. Los espesores de los muros observados se encuentran entre 40 y 50 cm, con alturas de alrededor de 3 m. En la figura 7.121 se muestran dos casos observados en la zona centro de la ciudad de Colima.



**Figura 7.121 Bardas de adobe colapsadas**

En la figura 7.122 se muestra los restos de una barda que limitaba un estacionamiento techado con materiales modernos, así como un antiguo muro de un predio desocupado (nótese la vegetación dentro e incluso sobre la barda).



**Figura 7.122 Colapso de bardas de adobe**

En algunos casos observados se identificó que se habían dejado antiguas bardas de adobe como fachada hacia la calle, mientras que en la parte interior se había construido una edificación moderna (Fig. 7.123). En algunos casos esto puede deberse al requerimiento de conservar el aspecto arquitectónico tradicional en algunos barrios antiguos. En otros casos, estos muros se han dejado para ahorrarse los gastos de reemplazarlos por elementos de materiales modernos.



**Figura 7.123** Colapso de antigua barda de adobe, nótase la construcción moderna en el interior

Tanto las bardas de adobe como las de mampostería simple de piezas modernas, resultan altamente vulnerables para los efectos de sismos moderados a intensos, como se demostró en este sismo. El riesgo del volteo se incrementa con la altura y esbeltez del muro. En la figura 7.124 se muestra el volteo de una barda de tabique rojo sin refuerzo, de escasos 1.2 m de altura.



**Figura 7.124** Colapso de una barda de mampostería no reforzada

Otro caso especial fue el agrietamiento del muro de una unidad deportiva militar ubicada en Hidalgo y B. Domínguez, donde se tiene un muro para un frontón. En la figura 7.125 se muestra dicho elemento y un esquema de la falla. El agrietamiento principal sigue una trayectoria cóncava hacia arriba terminando en los puntos de contacto con elementos rígidos en ambos extremos que le proporcionan restricción fuera del plano: uno es el muro perpendicular, (lado izquierdo), donde la grieta termina en el extremo superior del muro, y a la derecha una construcción que es la entrada a

la unidad, donde la grieta termina en la parte superior de esta estructura, a media altura del muro del frontón.



*Figura 7.125 Agrietamiento en el muro de un frontón*

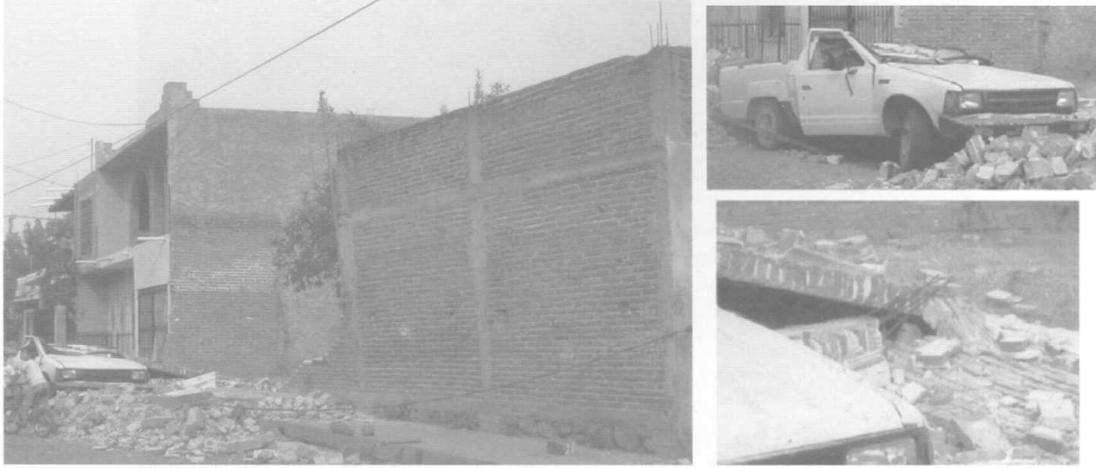
El patrón de grietas parece evidenciar una tendencia al volteo de la parte central superior del muro restringido sólo por los extremos. De la observación de zonas donde se perdió el recubrimiento, se detectó que los elementos verticales sobresalientes son sólo ornamentales y están elaborados del mismo tabique rojo del muro.

Además de colapso de bardas de adobe y de mampostería simple, también se observó el daño y colapso de bardas de mampostería confinada. Sin embargo, la observación cuidadosa de las fallas reveló, en la mayoría de los casos, vicios constructivos o el uso de cuantías insuficientes de refuerzo (Fig 7.126).



*Figura 7.126 Colapso de barda de mampostería confinada (con refuerzo inadecuado)*

En la figura 7.127 se muestra el colapso de una barda de mampostería confinada ubicada en Villa de Álvarez, Col. Dicha barda tenía aproximadamente 4 m de altura y en su caída aplastó al vehículo que se muestra en la figura.



**Figura 7.127** Colapso de barda de mampostería confinada que aplastó al vehículo estacionado en la calle

En otro caso, registrado en Villa de Álvarez, una barda de tabicón con una buena distribución de castillos y con dala superior falló quedando a punto de caer (Fig. 7.128). Al examinar la falla se detectó que todos los castillos de la zona afectada habían fallado en su base al fracturarse el acero de refuerzo longitudinal por tensión debida a la flexión por el volteo del muro. Un aspecto curioso es que la barda quedó "colgando" de la cadena superior hacia un lado evitando su caída. Los castillos estaban reforzados con armado de alambre electrosoldado de 5/16 pulg aproximadamente. Es evidente que el refuerzo fue insuficiente. En la figura 7.129 se muestra otro caso donde el castillo falló al fracturarse el acero de refuerzo de reducido diámetro.



**Figura 7.128** a) Desplomo de una barda que quedó "colgando" de la cadena superior. b) Detalle de la fractura del refuerzo (electrosoldado con cuantía evidentemente insuficiente)