

La presión ejercida y el efecto de los aditivos produce una adherencia entre el hormigón inyectado y el hormigón antiguo que equivale a un 80 a 90% de la resistencia a la tracción por flexión del material monolítico. Este hormigón tiene una contracción hidráulica equivalente a un 50% de la del hormigón normal y a un 17% aproximadamente de la del mortero proyectado.

Las otras propiedades y características son iguales o muy similares a las del material convencional.

d) Refuerzo de las armaduras

Es frecuente tener que restaurar armaduras dañadas por el sismo o simplemente reforzar alguna sección débil. En estos trabajos deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones: primera, la sección debe estar descargada; segunda, las armaduras antiguas, limpias y en la posición correcta; tercera, las armaduras nuevas, rectas y soldadas a las armaduras antiguas; cuarta, se deben respetar los traslapes normales; quinta, hay que respetar las normas en lo referente a agrupamiento de las barras, tanto por las dificultades de hormigonado como por el peligro de agrietamiento; sexta, se deben cumplir las prescripciones de las normas relativas a la distancia entre las barras de armadura.

Todos los hierros innecesarios o inservibles deben ser retirados. La armadura doblada se coloca en su posición o se reemplaza. La nueva armadura adicional debe fijarse en forma que no sufra alteraciones al colarse el nuevo hormigón. Si se agregan armaduras, es preciso recordar que estas barras no colaborarán adecuadamente si la estructura no ha sido previamente descargada.

e) Reconstrucción de albañilerías de ladrillo de arcilla

Cuando se ha destruido un volumen de albañilería es necesario distinguir entre un elemento que tiene función estructural y otro que sólo sirve de relleno. Además, es preciso averiguar si las causas del daño se deben a la mala calidad de los materiales, o a la falta de ductilidad y colaboración con la estructura, cuando la albañilería es de relleno. Si se trata de un elemento de relleno, se reconstruirá generalmente en otro material más continuo, dúctil y fácil de independizar de la estructura. Es frecuente que estos rellenos se reconstruyan en madera natural, placas de madera prensada o aglomerada, placas de madera contrachapada, placas de yeso-cartón o materiales similares.

Si se reconstruye con albañilería de relleno, ésta tendrá que independizarse de la estructura, dejando las uniones cubiertas con cubrejuntas de metal o de madera. La independencia del elemento de relleno se obtiene dejando tres costados libres y dando estabilidad propia al paño de albañilería, con las armaduras correspondientes.

En el capítulo VIII se muestran varios casos de albañilería que se han clasificado como elementos resistentes, reparando su cuerpo para darle la resistencia y ductilidad necesarias. Estas reparaciones se hacen introduciendo armaduras en el cuerpo de la albañilería, agregándole elementos de hormigón armado o perfeccionando sus uniones con el elemento de refuerzo que la circundan. Los materiales de reparación con las inyecciones de mortero y el mortero proyectado, que serán descritos en las reparaciones de superficie.

En el presente caso valen todas las precauciones indicadas para las reparaciones de hormigón armado: hay que descargar las estructuras, normalizar el volumen a reparar, limpiar las uniones y humedecer. Los ejemplos de reparaciones que se incluyen más adelante servirán para complementar dichas indicaciones.

f) Muros de adobe

No es posible reparar muros de adobe que se encuentran sobre suelos de mala calidad, que no tengan cimientos o sobrecimientos, que estén contruidos con adobes de mala calidad o que tengan desplomes de importancia. Las reparaciones más frecuentes consisten en rebajar la altura de los muros, alivianar las techumbres y reemplazar los dinteles de secciones pequeñas o que tengan escasa longitud de empotramiento. Para decidir la reparación se deben comprobar las dimensiones de los elementos del muro, el comportamiento de la "cadena de barro", si existe, y el costo de la reparación. Generalmente, estas viviendas han sido contruidas sin ninguna asistencia técnica y, por lo tanto, el conjunto de defectos originales y fallas a reparar es casi siempre más costoso que una nueva construcción.

Las grietas de dintel son unas de las fallas más frecuentes en el cuerpo del muro; ellas parten de las esquinas de puertas y ventanas. Las causas probables son: el dintel es débil (poca sección); poco empotramiento, (debe ser por lo menos 60 cm a cada lado); carga excesiva de adobes sobre el dintel; ancho excesivo del vano (máximo aceptable 1,2 m); cercha o cabriada apoyada en el centro del dintel sin el refuerzo necesario; y falta de cadena de arriostamiento superior.

Teniendo en cuenta los defectos enumerados, la reparación más generalizada consiste en descargar el dintel, cambiarlo y disminuir la luz libre del vano. Es conveniente, además, reducir la altura de los muros cuyo alto no debe superar 8 veces su espesor. Todo muro debe quedar coronado por una cadena "de barro", compuesta de una escalerilla de madera (piezas longitudinales de 10 x 10 cm de sección y travesaños de 5 x 5 cm) rellena con barro del adobe y fijada al muro por barras de acero de ϕ 10 mm. El elemento de dintel debe tener una sección de ancho igual al del muro y altura igual a la de la hilada de adobe. Debe empotrarse un largo de adobe a cada lado del vano y no quedar sobrecargado por más de dos hiladas como se muestra en la figura 49.

3. Reparación de fisuras

Como parte de la reparación estructural de un edificio o de los trabajos de terminación, se tiene que cubrir las grietas, trabajo que puede tener escasa importancia técnica pero que siempre preocupa a los usuarios del edificio. Este tipo de reparación puede significar restaurar o reforzar, como ya se ha dicho con relación a la reconstrucción de elementos de una estructura. En la grieta se pueden introducir armaduras e inyectar adhesivos para mejorar la calidad estructural anterior. Un trabajo cuidadoso puede lograr una calidad estética similar o mejor que la inicial, pero generalmente no es posible eliminar todas las fisuras por razones de costo.

La primera etapa de esta operación es la apertura o repaso de la grieta; se hace una ranura en V o rectangular, de una profundidad mínima de 100 mm a 20 mm y un ancho igual a la mitad de esta dimensión. Este trabajo se ejecuta preferentemente con sierra eléctrica usando un disco especial para hormigón, aunque puede también hacerse con herramientas manuales o neumáticas. Las superficies deben quedar libres de polvo o materiales que interfieran con el relleno.

a) Relleno de fisuras en hormigón y albañilería

Las técnicas de relleno de grietas en el hormigón simple o armado y en las albañilerías son similares. El sistema de sellado más sencillo y frecuente, pero también el más expuesto a fallar por agrietamiento o despegue, es el relleno con un simple mortero de cemento. Para evitar que se despegue hay que cuidar especialmente la correcta apertura de la grieta y la limpieza cuidadosa de la zona que se repara. El tratamiento previo de saturación del material antiguo se hace igual al indicado para las reparaciones de hormigón simple: saturar, dejar secar un día y humedecer ligeramente en el momento de rellenar. La adherencia puede mejorarse con un adhesivo epóxico aplicado con brocha sobre el material de base seco (véase la Fig. 50).

Suelen producirse agrietamientos en el relleno por contracción de la mezcla, lo cual se evita usando mezclas muy secas, con mínimo contenido de cemento y cuidando el proceso de curado. La proporción de árido fino/cemento debe ser similar a la del hormigón original o al mortero de la albañilería. También se obtienen buenos resultados con el uso de aditivos plastificantes y expansores.

b) Mortero martillado

Una técnica que produce buenos resultados es el sistema llamado "mortero martillado" (drypack), consistente en aplicar morteros secos, hechos a mano, colocados y apisonados a golpes, obteniéndose así un íntimo contacto con el material antiguo. El mortero martillado no debe colocarse en grandes volúmenes, en superficies extensas de poca profundidad o donde es necesario rellenar detrás de las armaduras.

La preparación de las superficies para esta técnica es igual a la descrita para otros procedimientos y los morteros se preparan con 1 parte en peso de cemento por 2,5 a 3 partes de arena fina (tamaño máximo nominal 1,25 mm). La cantidad de agua debe ser tal que el mortero se pueda moldear en la mano, en forma de una bola, sin producir exudación de agua y dejando los dedos secos.

El mortero se coloca en capas de un centímetro de espesor que se compactan con estacas o pisón de madera golpeados con un martillo. La compactación se inicia desde el centro a los bordes. Si aparece exudación sobre la capa martillada hay que dejar transcurrir un tiempo prudente hasta que desaparezca el brillo del líquido. Cada vez se raspa la superficie con una escobilla de paja o instrumento similar y se procede a la colocación de la capa siguiente.

El acabado del relleno se hace con las mismas herramientas o colocando una tabla que se golpea fuertemente. No deben usarse herramientas metálicas en ninguna etapa del proceso ni debe emplearse agua para facilitar el acabado.

Un mal curado del mortero y una mala ejecución conducen al fracaso de esta operación. Es necesario proteger el trabajo terminado contra el viento y el sol, de la misma manera que cuando se aplican revestimientos continuos de mortero. Se puede usar también películas de sellado (curing compound) siempre que posteriormente no se tenga que pintar la superficie.

c) Morteros de resinas sintéticas

Otro mortero aconsejable es el compuesto por un mortero de dosificación normal de cemento con el agregado de una resina en solución acuosa. Las resinas más empleadas para este propósito son el acetato de polivinilo (pVA), resina de estireno-butadieno y resinas acrílicas. Las soluciones acuosas se fabrican generalmente al 50%. En el momento del mezclado, para cada 5 partes en peso de cemento se agrega una parte de solución. El mortero resulta más fluido, más adherente y de mayor resistencia a los ataques químicos. La resistencia mecánica es mayor y mejora la elasticidad de la mezcla. Las dificultades prácticas de aplicación están en su elevado costo y su inestabilidad frente al agua. Estos morteros deben ser curados en ambiente muy seco y su extraordinaria calidad les permite superar las propiedades de un mortero normal. Generalmente se les aplica en lugar de difícil acceso.

d) Productos bituminosos

Existe una diversidad de materiales sellantes bituminosos, breas, asfaltos, y otros productos patentados, empleados como sellantes de pavimentos, que también son aptos para obstruir grietas en edificios si su resistencia mecánica y apariencia son aceptables. Estos productos son económicos y de sencilla aplicación.

e) Mezclas epóxicas

Las condiciones de uso de las resinas epóxicas dependen principalmente de su fluidez, velocidad de reacción y rigidez, los cuales son factores previsibles y regulables de acuerdo a su formulación (tipo de resina elegida y proporciones de mezcla). Las reacciones de estas resinas son exotérmicas, esto es, la velocidad

de su endurecimiento de orden de la temperatura ambiente. Para trabajos a la intemperie, el efecto de la temperatura obliga a preparar poco material por vez (de 4 a 6 kg) dependiendo de los medios de colocación disponibles. En general, se prepara el material previsto para 30 minutos de trabajo. Es necesario tener dispuesto el solvente adecuado para la limpieza de equipos y herramientas. Los sistemas epóxicos son tóxicos por contacto directo y por emanaciones; hay personas que son muy sensibles a esta toxicidad y fácilmente muestran señales alérgicas, por lo que se trabaja con guantes delgados de goma y se recomienda reducir el tiempo de exposición de los operarios a este ambiente. La forma de aplicación de la resina es muy variada pudiendo utilizársela en forma líquida, en pasta o como masilla (con desplazador en proporciones de 60 a 120% del peso de la resina), o también morteros (1:1 a 1:7 en peso de arena) y hormigones.

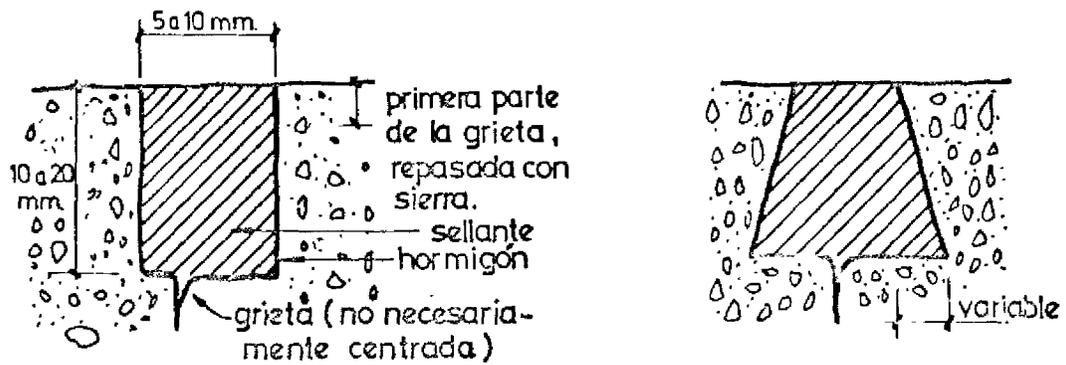
La inyección de una fisura se hace repasando la grieta, rellenándola con masilla epóxica por ambos lados del elemento. Cada 10 a 15 cm se deja insertado un tubo metálico de 1 cm de diámetro interior y aproximadamente 10 cm de largo. La profundidad de inserción es aproximadamente 1 cm, centrada en la grieta y fijando el tubo con la masilla epóxica como se muestra en la figura 51. Se limpia la grieta inyectando aire a presión, lo que sirve para verificar el buen funcionamiento de los tubos. La resina preparada se coloca en un recipiente metálico con dos salidas, una que se conecta al tubo de inyección y la otra al compresor. Se usa manguera plástica de alta presión. Las presiones necesarias para fisuras de 0,1 a 0,2 mm de abertura son normalmente entre 5 y 7 kg/cm².

La resina se inyecta por los tubos más bajos hasta el momento en que sale por el siguiente. El tubo se tapa con tarugo de madera. El líquido rellena oquedades y capilares, siendo frecuente que aparezca resina a distancias de 2 o más metros del lugar en que se aplica. Esta obturación de vacíos aumenta notablemente la resistencia mecánica del material vecino a la zona inyectada. Para el caso de grietas de 0,3 mm se necesitan presiones de 2 a 3 kg/cm² y en mayores anchos es posible trabajar en forma gravitacional. La efectividad del sistema depende de la profundidad de la grieta, de la viscosidad de la resina, del cuidado con que se fijaron las boquillas de inyección y se hizo el sellado con masilla. Hay equipos especiales que permiten inyección continua utilizando nitrógeno como gas inerte. Existen también en el mercado bandas adhesivas para hacer el sellado previo de la fisura. En resumen, este sistema tiene ventajas por su alta efectividad y fácil operación; sus principales desventajas son su costo, poca resistencia al calor y formación de ambiente tóxico durante el trabajo.

La inyección de resina epóxica es aplicable a hormigones simples y armados. Rara vez se le usa en albañilerías, donde es reemplazada con éxito por las inyecciones de mortero, debido a su falta de compatibilidad de deformación y a su alto costo. La gran efectividad de la resina epóxica se basa principalmente en la resistencia mecánica que alcanza en corto tiempo y en su baja contracción durante el endurecimiento.

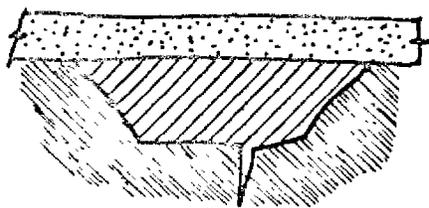
f) Inyección de mortero

En el caso de grietas mayores en hormigón para cualquier grieta en albañilerías de ladrillo de arcilla o de bloques de mortero de cemento, es posible hacer inyecciones de mortero (Gunite) usando moldes metálicos o de madera o simplemente tapando superficialmente grietas pequeñas con mortero de cemento. Estas técnicas

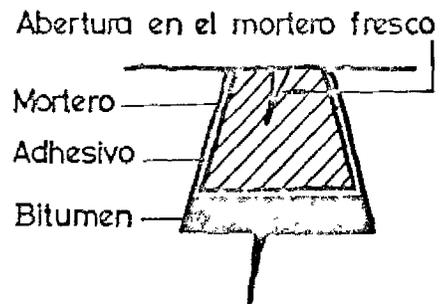


A Con presión exterior

B Con presión interior



C Cuando hay recubrimiento



D Bitumen y mortero con presión interior

Fig. 50. REPASO DE GRIETAS Y RELLENO

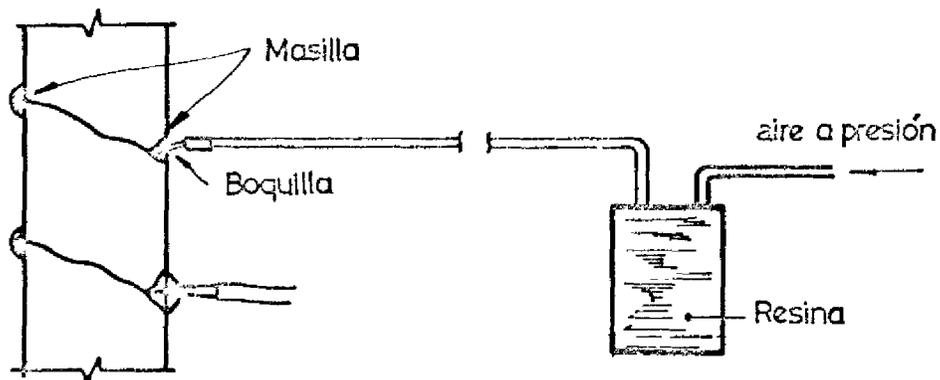


Fig. 51. INYECCION EPOXICA

de inyección son las mismas que se han indicado para el hormigón inyectado o preempacado y a las que también se hace referencia en los esquemas de reparación que figuran en el capítulo VIII. Las reparaciones por inyección de mortero permiten introducir refuerzos de armaduras en albañilerías o en hormigón simple.

4. Uniones de elementos

Al producirse el mismo aparecen desperfectos, originados en el diseño o en la ejecución, en la unión entre muros o en la superficie de contactos entre una albañilería de relleno y el pilar o cadena de hormigón armado. Es típica la rotura en el encuentro de muros de adobe. En este caso, no se considera la rotura de la unión de un pilar con vigas concurrentes de hormigón armada ya que ello obedece generalmente a la mala disposición de las armaduras por lo que será necesario desmenuar el nudo y corregir la causa del desperfecto, poniendo los refuerzos requeridos y rehormigonar.

a) Llaves

En el caso del hormigón armado es muy frecuente la destrucción de las juntas del hormigonado. Cuando se trata de albañilería reforzada, aparece la grieta entre la albañilería y el hormigón armado. La grieta "aparece" y no "se forma", ya que siempre existió. Este tipo de grieta, ancha y muy notable, causa temor a los ocupantes de los edificios; muchas veces no crea problemas estructurales, pero ocasionalmente es el origen de serios desperfectos. Su reparación obliga a ejecutar en mayor dimensión lo que ya se ha dicho para las grietas menores, haciendo necesario agregar un refuerzo que se llama "llave".

La llave consiste en un endentado empotrado en los materiales antiguos, ya sean de una misma o de diferente clase, que se refuerza con armaduras de acero. Las llaves en el hormigón armado se hacen con hormigón armado o con rehormigonado normal. Cuando se hace el rehormigonado normal se toman todas las precauciones indicadas anteriormente para la limpieza de las superficies de unión para el encofrado, la calidad del hormigón y la forma de colocación.

En el capítulo VIII se incluyen ejemplos de reparaciones de las uniones entre albañilerías y elementos de hormigón armado, en las que se hace uso de armaduras e inyecciones de mortero.

b) Uniones en adobe

La rotura en las uniones de adobe se produce por mala ejecución de la traba de los adobes, falta de la cadena de barro o por incumplimiento de los límites de las relaciones entre espesor de muro, altura, longitud de muros entre apoyos y otros requisitos básicos de seguridad.

La reparación de esquina puede hacerse con traviesas de maderos o placas de acero unidas por barras de acero, que se tensan con rosca y tuerca. Esta reparación tiene que ir acompañada de la eliminación de la causa de la falla; hay que bajar muros, disminuir sus sobrecargas, colocar la cadena y verificar fundaciones. Se hace una verdadera costura de la grieta que, posteriormente, se rellena con el mismo barro de los adobes. El uso de mezclas de conglomerante más rígidas que el material base no es aconsejable. Siempre será conveniente cubrir estas grietas

con cubrejuntas de madera o metal, sin confiar en mezclas de revestimiento, pinturas elásticas o papel. Esta reparación puede ser realizada si no hay desplomes mayores de 2 cm. En ningún caso se intentará volver el muro a la posición inicial. Los elementos siempre hay que dejarlos en la posición en que quedaron, ya que al enderezarlos se corre el riesgo de romperlos.

La poscompresión del muro se muestra en la figura 52. En general, es necesario usar cuatro barras de acero normal de \varnothing 20 mm, dos a cada lado del muro, que se apoyan en piezas de madera o acero en ambos extremos, con tuerca y arandelas. Es común usar piezas de roble u otra madera dura de 7 x 20 cm, platabandas de acero de 12 a 15 mm, perfiles TT o cualquier otro sistema adecuado para repartir el esfuerzo. Si el muro tiene una longitud mayor de 3 m es recomendable introducir una guía para las barras de acero en el centro del paño. Después de tensar el muro puede ser necesario "coser" la grieta. Esta costura se hace con barras de \varnothing 6-10 mm con tacos de madera blanda de 5 cm de altura y 10 x 10 cm de sección. Las costuras se alternan en uno y otro sentido, como se muestra en la figura 53, dejando una separación de aproximadamente 50 cm entre las barras. Los tacos de madera y la grieta se cubren luego con barro y paja.

5. Refuerzos superficiales

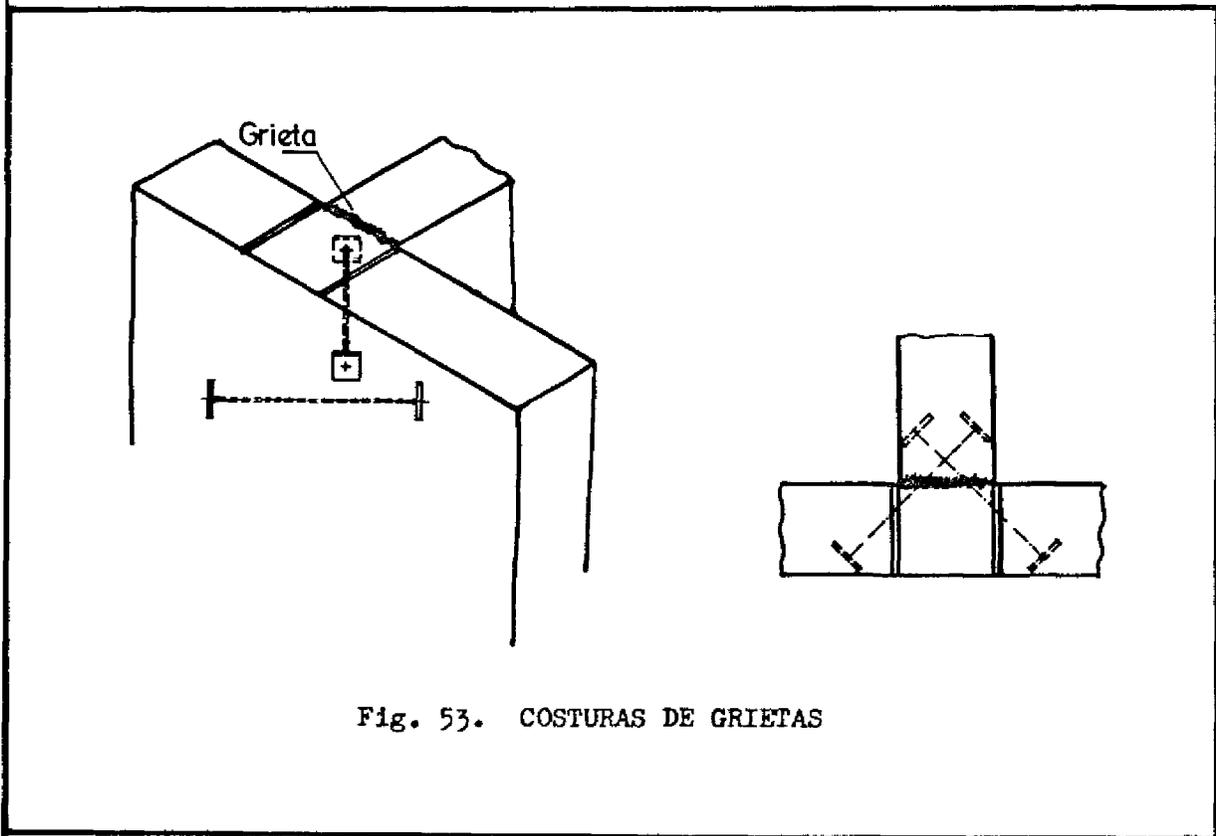
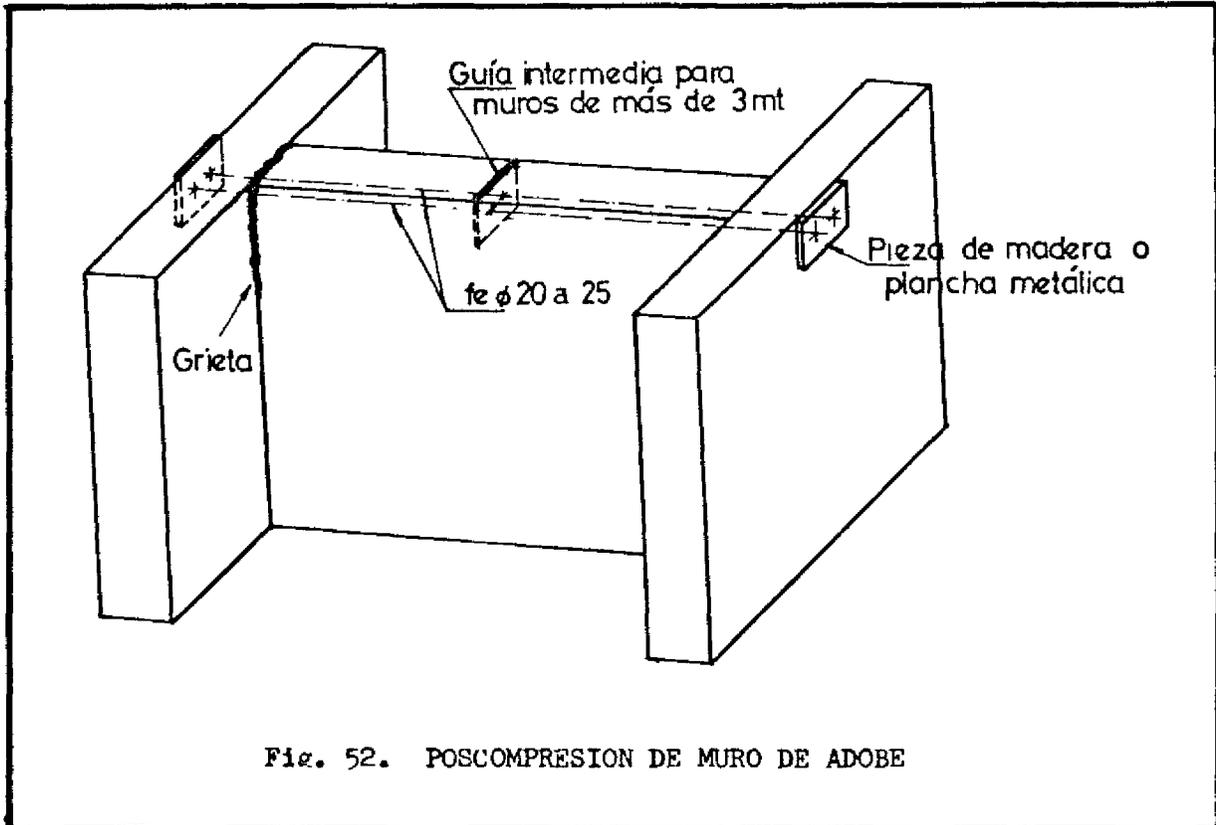
La restauración y en especial el refuerzo de las estructuras hacen necesario trabajar en superficies extensas. En ciertos casos estos trabajos pueden simplificarse sin tener que demoler lo dañado, substituyendo simplemente la sección afectada por otra.

En caso de reemplazo de secciones, tiene máxima importancia asegurar la compatibilidad de las deformaciones de los materiales y el correcto dimensionamiento para mantener la ductilidad estructural. Con la reparación hecha por personas incompetentes - que, en general, hacen reparaciones burdas, con gran despliegue de materiales, rigidizando excesivamente o no logrando el trabajo en común de los diversos elementos - se incurre en grandes peligros. Aumentar la sección de un pilar no quiere decir que estará en condiciones de recibir más carga. Revestir un muro de adobe con hormigón o mortero de cemento significa una destrucción segura del recubrimiento relativamente frágil de cemento.

a) Refuerzo exterior del hormigón con perfiles de acero y resinas

Una de las aplicaciones más notables de los sistemas epóxicos es la colocación de acero de refuerzo en elementos estructurales de hormigón armado. La alta adherencia de las resinas al acero (100 kg/cm^2) permite ejecutar este tipo de trabajo con una mínima o ninguna demolición del hormigón y con una importante reducción de la longitud de anclajes. Las superficies deben limpiarse previamente con chorro de arena, dejando al acero limpio en el estado de "acero blanco" y al hormigón con su superficie libre de lechadas de cemento y partículas sueltas. Ejemplos de este sistema son:

- i) Barras colocadas como refuerzo superficial. La barra previamente cubierta con resina epóxica se introduce en ranuras hechas en el hormigón. Las ranuras tienen de 3 a 5 cm de profundidad y un ancho equivalente a 3 ó 4 veces el diámetro de la barra. La ranura es también cubierta superficialmente con resina y luego se la rellena con mortero epóxico.



- ii) Platabandas como refuerzo exterior. Placas de sección apropiada, determinada por el cálculo, se adhieren con una capa de 1 a 2 mm de resina. Se usan para reforzar en corte o en tracción y se las ubica en cualesquiera posición que sean necesarias. La placa se protege con anticorrosivo.
- iii) Fijación de anclajes. La fijación de anclajes (Dowels) o conectores, muchas veces necesarios en una reparación, se hace también con resinas epóxicas y barras de acero. Se hace una perforación en el hormigón, de un diámetro compatible con el diámetro del hierro y el tipo de inyección usado. En el caso de resina pura, la perforación sólo necesita unos milímetros más que el hierro. Cuando se usan morteros epóxicos, el orificio debe ser 2 a 3 veces más ancho que el hierro y recibir una mano previa de resina.

b) Hormigón proyectado

Quando sea necesario restaurar o reparar la superficie de hormigón armado y albañilerías es posible aumentar su sección, adosando armaduras o mallas de refuerzo y aplicando a éstas una capa de mortero u hormigón proyectado. Se procederá a esta operación después de haber eliminado todos los elementos superfluos (ornamentos y elementos de relleno) y haber reemplazado las albañilerías difíciles de unir al resto de la estructura por tabiquerías de madera, asbesto-cemento o materiales similares.

El mortero proyectado y el hormigón proyectado, también llamados mortero y hormigón neumático o disparado (Shotcrete, Gunité) se aplican con técnicas conocidas desde hace más de 50 años. Son muy apropiados para la recuperación de superficies extensas de hormigón de cemento, albañilerías de ladrillo de arcilla o de bloques de mortero de cemento con deterioros relativamente poco profundos, para la protección de las barras de refuerzo de los hormigones armados y, en general para colocación de revestimientos de protección sobre diversos materiales.

La mezcla seca se impulsa con aire comprimido. Al llegar a la boquilla de salida recibe agua a presión produciéndose una mezcla íntima. La consistencia relativamente seca y la proporción correcta de los materiales hacen posible que se adhiera firmemente a la superficie de contacto sin desplazarse o desprenderse, tanto en aplicaciones horizontales como verticales.

Las características de los materiales son las que se detallan a continuación.

La arena usada en el mortero proyectado es de tipo normal para hormigón y su tamaño máximo es de 5 mm. Hay equipos modernos que permiten proyectar hormigones con áridos de tamaño máximo igual a 25 mm.

Para obtener la consistencia relativamente seca que se ha señalado y para poder operar adecuadamente el equipo, la humedad de la arena debe ser equivalente al 3 a 6% de su peso seco.

Esto significa que en caso de lluvias o de usar arenas lavadas será necesario secar previamente el material. Las arenas muy húmedas tapan las mangueras y las arenas muy secas producen molestas cargas de electricidad estática. Una excesiva

eliminación de finos en el lavado de la arena puede reducir su cohesión interna necesaria para lograr adherencia a la base. Los áridos deben cumplir con todas las prescripciones de limpieza (carencia de arcilla, materias orgánicas y otras impurezas) que son comunes en los hormigones.

Se usan cementos normales y pueden emplearse aditivos para reducir pérdidas por falta de adherencia o "rebote", acelerar el endurecimiento, aumentar la impermeabilidad y disminuir las retracciones hidráulicas, como si se tratara de un material normal.

Se consideran aceptables las siguientes pérdidas por "rebote", expresadas en volumen inicial de mezcla:

<u>Tipo de superficie</u>	<u>Porcentaje de rebote</u>
Piso o losa	5 a 15
Muros verticales e inclinados . .	15 a 30
Cielos	25 a 50

El material perdido es en su mayor parte arena, lo que trae como consecuencia que la mezcla colocada es más rica en cemento. Este enriquecimiento tiene los siguientes valores promedios ^{4/}:

<u>Dosificación inicial</u>	<u>Dosificación final</u>
(volúmenes)	
1:3	1:2,0
1:4	1:3,1
1:5	1:3,6
1:6	1:4,1

Las dosificaciones más usuales van desde 1:5 (aprox. 450 kg/m³) hasta 1:3 (aprox. 600 kg/m³) con lo que se alcanzan resistencias de 100 a 400 kg/cm² al cabo de 28 días.

La mezcla es sumamente sensible a la cantidad de agua y de ésta dependerá la adherencia del mortero al material de base. La dosificación del agua es función de la finura de la arena y de la cantidad de cemento. Normalmente resulta alrededor del 17% del peso del árido, lo que equivale aproximadamente a 250 litros de agua por m³ de arena.

El equipo usado es un lanzamortero, consistente en una máquina neumática de dos cámaras sobrepuestas: en la superior entra la mezcla seca de arena y cemento; la mezcla se trasporta a la cámara inferior, donde entra en el flujo de aire a alta presión. Un equipo de dimensión mediana puede producir 0,6 a 1,2 m³ de mortero por hora y trabajar en forma continua. El consumo de aire comprimido es de 3 m³ por minuto a presiones cercanas a 5 atm para impulsar material con una presión de salida de 2 a 3 atm. El material seco sale por una manguera de 40 mm de diámetro hasta una boquilla de dos válvulas, una de las cuales controla la salida de mortero y la otra regula el agua.

^{4/} Según Martínez Díaz, del Instituto E. Torroja de la Construcción y del Cemento, Madrid.

Las resistencias mecánicas del mortero y su adherencia al material de base son adecuadas, pudiéndose las comparar a las de los morteros convencionales si la operación se realiza correctamente. La contracción hidráulica es algo mayor que la de los hormigones secos o plástico-secos. Se alcanzan valores superiores a 0,6% y menores que 1,1% con posibilidad de fisuración, lo que obliga a especificar la correcta ubicación de juntas de contracción.

El procedimiento descrito requiere algunos cuidados especiales. La superficie de base debe ser limpiada completamente para lo cual puede usarse el mismo equipo para arenar, trabajando a 6 ó 7 atm. Se hace un cuidadoso lavado de la base, sin dejar humedad libre superficial y secando las acumulaciones de agua en el momento de la aplicación del mortero. Se puede trabajar sólo a temperaturas superiores a 5°C.

La operación más delicada está a cargo del "pitonero", operario que controla la boquilla o "pitón", quien es responsable de regular la cantidad de agua, la distancia necesaria de proyección y asegurar el espesor del recubrimiento. La operación es simple pero de mucho cuidado. La distancia de proyección es generalmente de 1 m y la boquilla se mantiene siempre en movimiento en una zona amplia, hasta alcanzar el espesor de recubrimiento de 25 a 50 mm en forma gradual, por capas de aproximadamente 3 mm. Normalmente se inicia el trabajo desde abajo en franjas de 1 a 2 m, debiéndose tener la precaución de retirar oportunamente el material de rebote para que no quede incorporado en el mortero.

El curado debe ser especialmente cuidadoso debido a la mayor contracción hidráulica del material. El mortero proyectado debe protegerse del sol y del viento y mantenerse húmedo por siete días. También es posible usar películas sellantes para el curado (curing compound).

El hormigón o el mortero proyectado se usan en recubrimientos delgados, en 8 a 10 cm, para recubrir o reparar grandes superficies. Para superficies menores o dispersas es más económico el uso de mortero aplicado a mano. La uniformidad superficial es relativamente pobre, lo que reduce su aplicación a trabajos en los que sea aceptable una terminación rugosa. No es recomendable para pisos sujetos a desgaste. Las principales aplicaciones son: primera, protecciones superficiales sobre hormigón, hierro, albañilerías y piedra; segunda, recubrimiento de armaduras expuestas, especialmente cuando el recubrimiento se ha desprendido por efecto de la corrosión del metal de refuerzo; tercera, llenado de huecos formados por desprendimiento de hormigón de mala calidad, nidos de piedras, etc.; cuarta reparación de albañilerías dañadas, colocación de refuerzos y anclajes de muros y tabiques.

Si se trata de comparar con los morteros normales, deben destacarse las siguientes ventajas del mortero proyectado: buena resistencia mecánica; muy buena adherencia con diferentes materiales; aplicaciones variadas, ya que también se puede proyectar hacia arriba; el mismo equipo se usa para "lavar" y "arenar"; y en general, no requiere el uso de encofrados.

El uso del mortero proyectado tiene casi medio siglo de antigüedad. Las críticas que se le hacen con mayor frecuencia son: mayor contracción hidráulica; tendencia a agrietarse; riesgo de incorporación del material de rebote; y dependencia muy especial de la habilidad y responsabilidad del operador de la boquilla.

c) Encamisado de hormigón armado

Las técnicas anteriormente indicadas incluyen la posibilidad de rodear un elemento de hormigón o un paño de albañilería con una "camisa" de hormigón armado. Esta operación se puede hacer con hormigón inyectado, hormigón proyectado u hormigón normal. La preparación del trabajo consiste fundamentalmente en la limpieza y humedecimiento del material de base y en la fijación, si fuera necesario, de la nueva armadura a la antigua. En caso de hacer uso del hormigón normal, se puede usar un árido de tamaño máximo nominal equivalente al 20% del espesor de la camisa agregada siendo recomendable usar un hormigón plástico-fluido, con un sistema de encofrado que se eleve con el hormigón, dejando siempre este material a la vista.