

MANUAL DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZO

PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y ALBAÑILERÍAS



versión 2010

MANUAL DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZO

PARA ESTRUCTURAS DE
HORMIGÓN ARMADO Y ALBAÑILERÍAS



Derechos reservados:

© 2010 Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile
Josué Smith Solar N°360, Providencia
Santiago - Chile

Segunda Edición: 2010
Primera Edición: 1985

Registro de Inscripción: 62.069

Impreso en Chile

Más Información: www.ich.cl

INDICE

	Pág.
Introducción	3
1 Diagnóstico y Soluciones	5
1.1 Algunos Defectos	5
1.2 Evaluación del Daño	6
1.3 Descripción – Diagnóstico y Soluciones	7
1.3.1 Hormigón Armado, Vigas y Losas	7
Pilares, Columnas, Muros	11
1.3.2 Albañilería Reforzada (Confinada)	14
Muros	14
Puntos Singulares en Albañilerías	15
1.3.3 Albañilería Armada	17
Muros	17
2 Procedimientos de Reparación y Refuerzo	18
Elección del Procedimiento	18
2.1 Hormigón Armado	19
2.1.1 Reparaciones Superficiales	19
2.1.2 Reparaciones Profundas – Reemplazo de Hormigón	21
2.1.3 Inyección de Grietas	24
2.1.4 Refuerzos Internos	26
2.1.5 Refuerzos Externos de Acero	29
Refuerzos con Fibra de Carbono	31
2.2 Albañilerías	32
2.2.1 Albañilería de Ladrillo	32
2.2.2 Albañilería de Bloques	35
2.2.3 Albañilería de Relleno	36
3 Materiales para la Reparación	37
3.1 Morteros de Cemento	37
3.2 Morteros con Polímeros	38
3.3 Morteros Predosificados	38
3.4 Hormigones	39
3.5 Aditivos para el Hormigón y Morteros	41
3.52 Sistemas Epóxicos	42
3.53 Fibra de Carbono (FRP)	43
Bibliografía	44

INTRODUCCIÓN

El hormigón armado ha demostrado en el tiempo su excelente comportamiento, incluso frente a severas y diversas sollicitaciones, a veces muy superiores a las previstas en el cálculo. Sin embargo, eventualmente y por efecto de acciones externas como sobrecargas o sismos, puede sufrir daños. Ellos solo ocasionalmente llegan a comprometer la seguridad de la estructura, la que excepcionalmente puede colapsar.

Las estructuras dañadas normalmente pueden recuperarse por medio de reparaciones, las que a lo menos, deberán permitir recuperar las condiciones primitivas a la construcción. En otros casos puede ser necesario recurrir a la instalación de refuerzos, los que serán exitosos en la medida que otorguen amplia seguridad a los usuarios y preserven la vida útil de las construcciones por el periodo para el cual fueron diseñadas.

Para la reparación se suele recurrir a retapes superficiales que no otorgan ninguna seguridad, o bien, a demoliciones y refuerzos injustificados. Evidentemente ambos extremos son inconvenientes, ya que pueden repercutir en graves daños o elevado costo.

Hoy en día, partiendo del análisis de causas y efectos, y utilizando procedimientos, equipos y productos de avanzada tecnología, es posible abordar con éxito la reparación y recuperación de obras que de otra forma estarían perdidas.

Desde un punto de vista general, se considera que los defectos de construcción se pueden reparar, con lo que se recuperan las condiciones originales de proyecto; en cambio, cuando hay defectos de diseño, u omisión de armaduras, la solución suele ser más compleja y la mayoría de las veces se llega a la necesidad de reforzar.

El Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile ha querido contribuir con estas páginas a la divulgación de técnicas adecuadas de reparación, presentadas de manera de facilitar la elección del procedimiento más adecuado en cada caso y los requisitos que deben cumplir los materiales que se utilicen.

Por la complejidad técnica que revisten tanto el diagnóstico de las fallas como el proyecto de reparación, debe ser realizado por un profesional especialista.

Durante la ejecución de los trabajos es imprescindible desarrollar un completo y detallado control de calidad de todas y cada una de las etapas del proceso de reparación o refuerzo.

El presente texto fue preparado por el Sr. Jorge Montegu Soler, Constructor Civil U.C., ex profesor de Tecnología del Hormigón en la escuela de Construcción Civil, Facultad de Ingeniería de la P.U.C., en la actualidad Consultor y profesor de Sistemas Constructivos en Hormigón de la Universidad Mayor.

1. DIAGNÓSTICO Y SOLUCIONES

1.1 Algunos Defectos

La falla de una estructura tiene generalmente una manifestación externa de cuyo análisis se podrá deducir la importancia, origen y posibles consecuencias. De lo anterior, se puede apreciar la importancia que representa el saber reconocer estos Daños, clasificarlos y describirlos.

A continuación, algunas manifestaciones externas de fallas en el hormigón:

Deterioro superficial

Se caracterizan en general, por su pequeña profundidad en relación con una extensión relativamente grandes. Se incluyen aquí todas las fallas cuyo espesor es inferior a 5 cm y/o alcanza a afectar solo el recubrimiento de las armaduras.

Discontinuidad local y profunda

Su extensión puede ser grande o no, siendo su profundidad mayor que 5 cm, afectan el hormigón detrás de las armaduras; un ejemplo típico son los nidos de piedra.

Grietas

Se deben a que las tensiones internas en el hormigón, han sobrepasado la resistencia de este, produciendo la rotura del elemento. Si la causa que la originó ha desaparecido, dicha grieta se puede considerar sin movimiento (grieta muerta) y por lo tanto susceptible de ser reparada devolviendo el monolitismo a la estructura.

En cambio si la causa persiste, por ejemplo variaciones de temperatura, la grieta seguirá moviéndose como si se tratara de una verdadera junta de dilatación. Para hacer una clasificación según el tamaño, puede distinguirse entre fisura o grieta, según que su ancho sea menor o mayor que 0,3 mm, respectivamente.

Rotura de nudos

Fallas en la unión de elementos como cadenas y vigas entre sí por deficiencias de anclajes.

Pandeo de armaduras verticales

Corresponde generalmente a una insuficiencia de confinamiento por falta de estribos o armaduras horizontales.

Fractura de un elemento

Corresponde a una o varias de las fallas mencionadas, manifestándose con mayor intensidad y cortando o deformando la enfierradura original. Generalmente se hace necesario un reemplazo total o parcial del elemento.

1.2 Evaluación del Daño

Para poder determinar el procedimiento de reparación es indispensable conocer las causas que lo originan y sus efectos.

Causas

Diseño

Corresponde a una falta o insuficiencia en los estudios preliminares, como condición de suelos, ambiente, etc., errores de dimensionamiento o calidad, cantidad y disposición de las armaduras, especificaciones incompletas, etc.

Ejecución

Pueden presentarse defectos por materiales y procedimientos. En el primer caso se trata de la elección inadecuada de los componentes del hormigón o incumplimiento de las normas de calidad. El segundo caso corresponde a la utilización de malos procedimientos, especialmente en el vaciado, colocación, compactación y curado del hormigón. Algunos ejemplos típicos muy frecuentes son los nidos de piedras y las juntas de hormigonado mal ejecutadas. También ocurren por insuficiencia y desplazamiento de las armaduras.

Uso

Los daños debidos al uso aparecen cuando la estructura está en servicio y después de un tiempo más o menos largo según el caso. A veces las condiciones de uso no fueron bien previstas, pero muchas veces se deben a que las condiciones cambian después.

Entre las causas de daño por el uso se pueden mencionar: sobrecargas, deformaciones, medio ambiente, ataque químico, desgaste, cavitación y efecto de los incendios.

Efectos

El daño en una estructura puede tener efectos sobre la durabilidad y seguridad de la obra y, eventualmente sobre su estabilidad. Pueden considerarse además aspectos de orden estético los que pueden influir en consideraciones psicológicas, como una grieta en una vivienda, la cual produce una sensación de inseguridad en el usuario.

Desde el punto de vista de la durabilidad la falla original puede favorecer otras alteraciones: es el caso de corrosión debido a una grieta o nido de piedras. Cuando el daño influye en la seguridad de la estructura, requiere atención y reparación inmediata.

Conocido el problema y determinados la causa y su efecto, es necesario ordenar y clasificar las fallas para luego seleccionar el procedimiento y racionalizar las faenas de reparación.

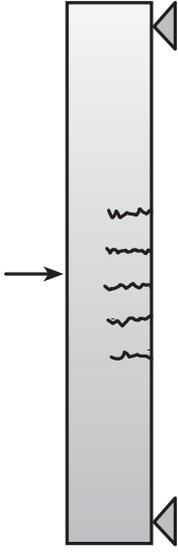
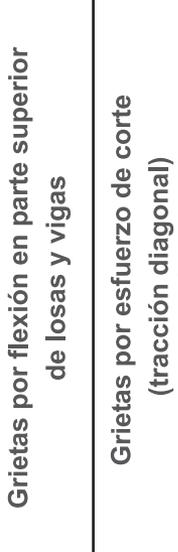
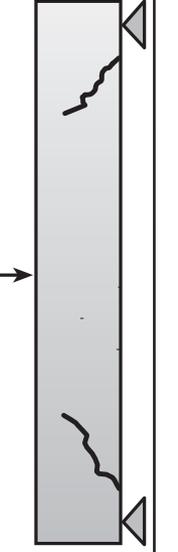
Finalmente es necesario señalar que en casos de daños en estructuras deberá consultarse a profesionales calificados, y elegir procedimientos de reparación simples, cuando no se dispone de personal y equipos especializados. Los métodos más sofisticados solo pueden ser ejecutados por personal idóneo y bajo la supervisión adecuada.

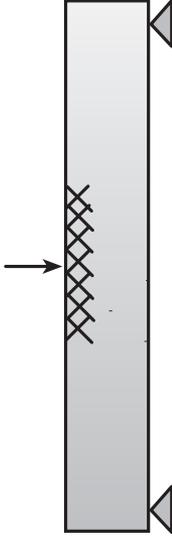
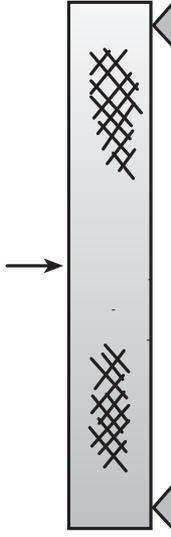
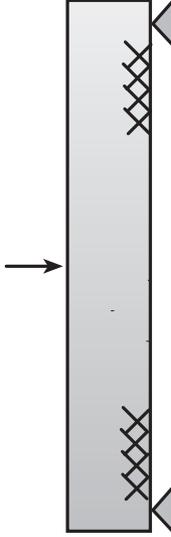
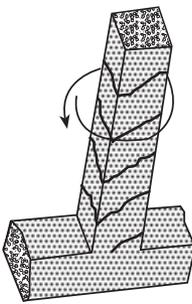
1.3 Descripción – Diagnóstico y Soluciones

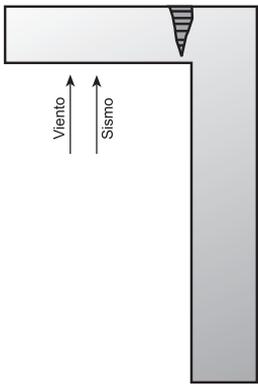
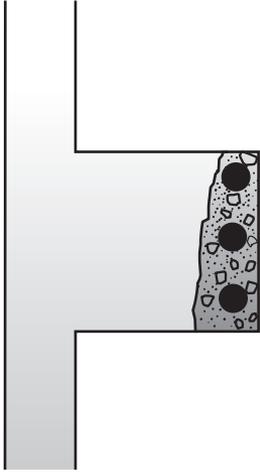
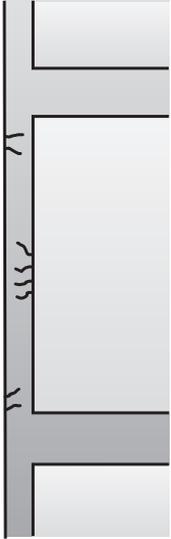
Previo a la elección del procedimiento o diseño del sistema de reparación, es necesario contar con un catastro de los daños, asociado a una clasificación de cada uno de ellos; para facilitar esta tarea se entrega a continuación una descripción de los daños mas típicos, sus causas problemas y sugerencias para la reparación. Los distintos métodos de reparación se describen en el capítulo 2.

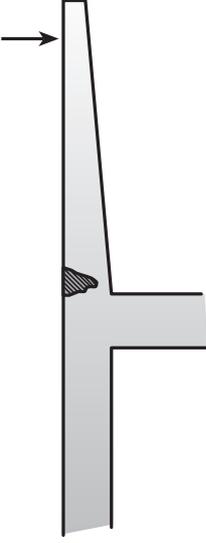
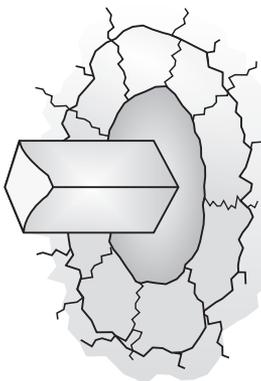
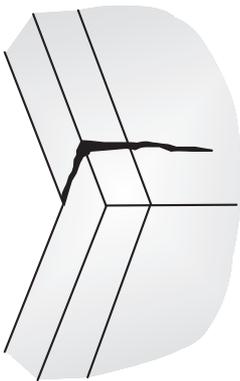
1.3.1 Hormigón Armado

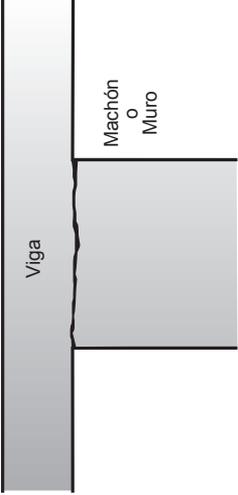
Vigas y Losas

Reconocimiento	Causas principales	Reparación	Ver
<p>Grietas por flexión pura</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mala disposición de armaduras ▪ Cuantías insuficientes ▪ Sobrecargas no previstas ▪ Deformaciones excesivas ▪ Mala adherencia de armaduras 	<p>a) Recuperar monolitismo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inyección de epoxi <p>b) Refuerzo del elemento</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Colocar insertos ▪ Reforzar con armaduras externas <p>c) Eventual demolición y reemplazo</p>	<p>2.1.3 2.1.4 2.1.5</p>
<p>Grietas por flexión en parte superior de losas y vigas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Armadura mal posicionada ▪ Anclajes insuficientes 		
<p>Grietas por esfuerzo de corte (tracción diagonal)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Armaduras transversales insuficientes ▪ Sobrecargas no previstas ▪ Baja resistencia del hormigón 		

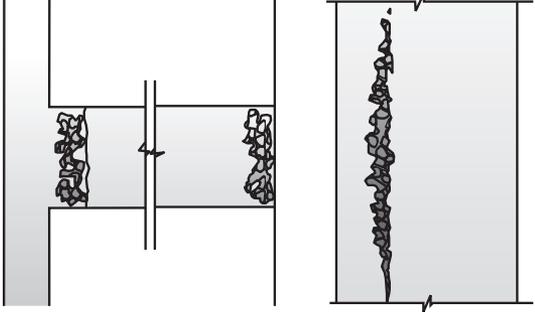
<p>Rotura por compresión</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuantía de armadura a la tracción alta y/o baja resistencia del hormigón a compresión. 	<p>Analizar resistencia del hormigón y estado tensional de las armaduras.</p> <ol style="list-style-type: none"> Inyección de grietas con epoxi Refuerzo exterior Eventual demolición y reemplazo 	<p>2.1.3 2.1.5</p>
<p>Rotura por pandeo de viga (vigas de alma muy delgadas)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño insuficiente (tensiones principales de compresión superan la Resistencia del hormigón) 		
<p>Rotura por deslizamiento de Armaduras</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño o construcción inadecuados ▪ Falla de anclajes y/o de armaduras Transversales 		
<p>Fisuras por torsión</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desconsideración de la torsión en el proyecto. ▪ Armaduras insuficientes ▪ Armadura mal posicionada 		

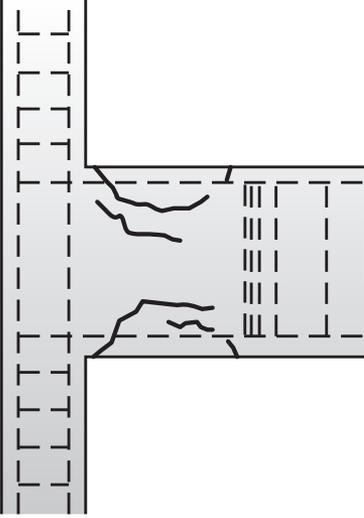
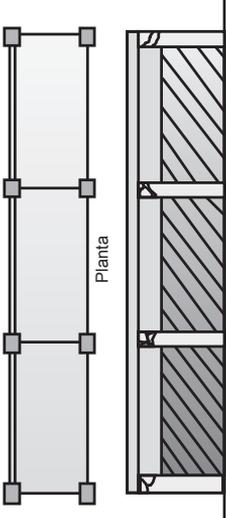
<p>Roturas en antepechos ante techos, vigas invertidas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Defectos en juntas de hormigonado ▪ Defectos de anclaje, inadecuada colocación de armaduras ▪ Diseño estructural insuficiente 	<p>a) Reconstituir monolitismo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inyección epoxi ▪ Picar por sectores, relleno con mortero predosificado <p>b) Reforzar anclajes de armaduras</p> <p>c) Eventual demolición y reemplazo</p>	<p>2.1.3 b) 2.1.2 a) 2.1.4</p>
<p>Nidos en fondos de vigas y Nudos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inadecuada composición del hormigón ▪ Segregación ▪ Tamaño máximo del árido excesivo ▪ Procedimiento de colocación inadecuado (falta de compactación) ▪ Concentración de armaduras 	<p>Remoción del hormigón defectuoso</p> <p>Regularizar superficie de picado</p> <p>Reemplazo de hormigón: defectos superficiales o locales:</p> <p>a) Mortero predosificado</p> <p>b) Nidos profundos o extensos</p> <p>c) Reemplazo de hormigón</p>	<p>2.1.1 2.1.2</p>
<p>Grieta por flexión en losas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrecargas no previstas ▪ Armadura insuficiente o mal colocada ▪ Reducido espesor 	<p>a) Reconstituir monolitismo, inyección de grietas con epoxi</p> <p>b) Aumentar armaduras de tracción con refuerzo externo</p> <p>c) Reforzar y aumentar altura</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrelosa armada adherida con epoxi ▪ Refuerzo externo en zona inferior 	<p>2.1.3 2.1.4 2.1.5</p>

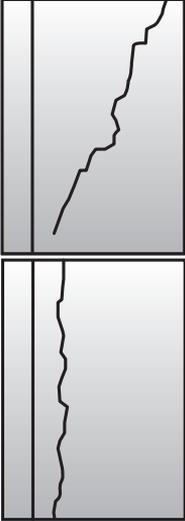
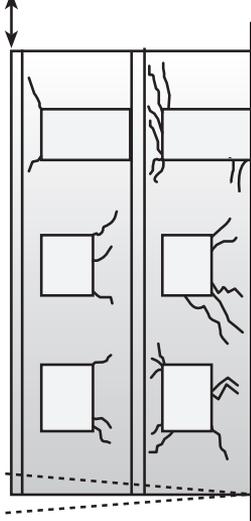
<p>Grietas por flexión en voladizos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Armadura superior insuficiente ▪ Desplazamiento o mala colocación de armaduras ▪ Sobrecargas superiores a las de Diseño 	<p>a) Inyección de grietas con epoxi b) Refuerzo: Armadura interna: renurado, inserción de armaduras y relleno con mortero de alta resistencia</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrelosa armada adherida con epoxi. ▪ Armadura externa adherida 	<p>2.1.3 2.1.4 2.1.5</p>
<p>Punzonamiento</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentración de tensiones ▪ Sobrecargas no previstas ▪ Diseño inadecuado: armaduras y/o espesores insuficientes ▪ Baja calidad del hormigón 	<p>a) Inyección de grietas con epoxi b) Reducir concentración de tensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de sección del pilar ▪ Capiteles de acero <p>c) Traspasar carga a elementos inferiores</p>	<p>2.1.3 2.1.2</p>
<p>Fallas en encuentros entre Vigas y/o cadenas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Defectos de anclaje y empalmes de armaduras 	<p>a) Descubrir armaduras, colocar esquinero soldado o amarrado a armadura existente; rellenar con mortero de alta resistencia y puente de adherencia b) Eventual refuerzo con armadura exterior</p>	<p>2.1.4 2.1.5</p>

<p>Grietas en unión viga-pilar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Junta de hormigonado defectuosa 	<p>a) Reconstituir monolitismo mediante inyección epóxica o picado y relleno con mortero de alta resistencia</p> <p>b) Refuerzo del nudo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perforaciones según diseño refuerzo ▪ Relleno epóxico ▪ Colocar insertos 	<p>2.1.2 2.1.3 2.1.6</p>
---	---	---	----------------------------------

Pilares, columnas, muros

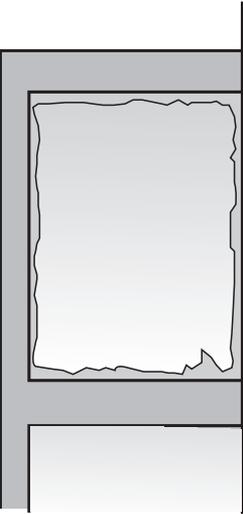
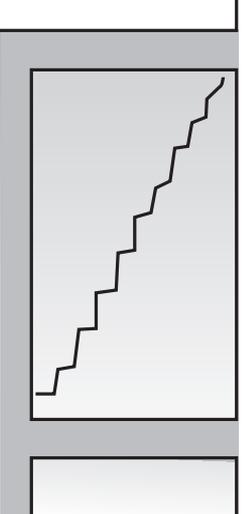
<p>Nidos de piedras en muros Y columnas, generalmente Coincidentes con juntas de Hormigonado</p> 	<p>Inadecuada composición del hormigón; baja docilidad, segregación</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tamaño máximo del árido excesivo ▪ Alta densidad de armaduras ▪ Hormigonado inadecuado, falta de compactación ▪ Inadecuado tratamiento de junta de Hormigonado, falta de limpieza 	<p>a) Nidos pequeños $e \leq 5\text{cm}$ rellenar con mortero</p> <p>b) Nidos mayores: reemplazo de hormigón</p>	<p>2.1.1 2.1.2</p>
--	--	---	------------------------

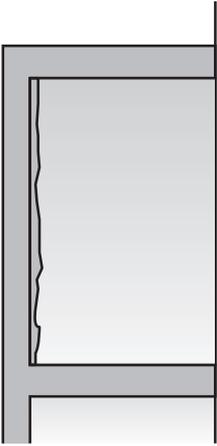
<p>Grietas por esfuerzo de corte Fracturas localizadas, rotura Del hormigón y pandeo de Armaduras</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mala distribución o insuficiencia de estribos (falta de confinamiento) ▪ Esfuerzos superiores a lo previsto 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inyección de grietas con epoxi refuerzo con armadura externa ▪ Demolición local, colocación de armaduras ▪ Reposición del hormigón 	<p>2.1.3 2.1.4</p>
<p>Fallas por esfuerzo de corte en Columnas cortas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mal diseño, el muro redujo la luz libre de las columnas 	<ul style="list-style-type: none"> a) Inyectar pilares agrietados b) Demoler sectores muy dañados, reforzar. Reponer hormigón c) Reemplazo de muros de relleno por elementos livianos (tabiques) d) Eventual construcción de machones cerrando algunos vanos 	<p>2.1.3 2.1.4</p>

<p>Grieta en junta de hormigonado Falla por esfuerzo de corte</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esfuerzos superiores a lo previsto ▪ Inadecuado tratamiento de la junta ▪ Insuficiencia de armaduras ▪ Asentamientos diferenciales 	<p>a) Grieta limpia: inyección epóxica b) Grieta contaminada: picado por tramos y relleno con mortero</p>	<p>2.1.1 2.1.2 2.1.3</p>
<p>Agrietamientos generalizados En muros de hormigón</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Armadura insuficiente o mal colocada ▪ Calidad del hormigón inadecuada 	<p>a) Recuperar monolitismo: inyección epoxi b) Análisis estructural- refuerzos</p>	<p>2.1.3 2.1.5</p>

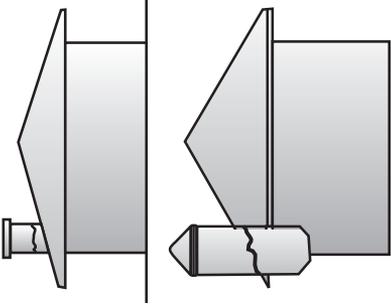
1.3.2 Albañilería Reforzada (Confinada)

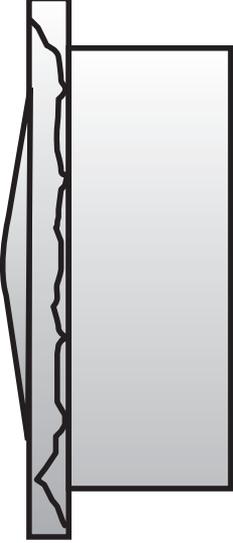
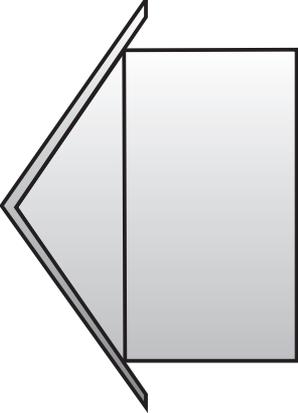
Muros

Reconocimiento	Causas principales	Reparación	Ver
<p>Grietas en uniones entre muros estructurales y los elementos de hormigón armado</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muros mal conectados a la estructura 	<ul style="list-style-type: none"> a) Mejorar adherencia del conjunto pizar unión y rellenar con mortero expansivo b) Colocación de anclajes c) Unión con pilares: similar a) y b) 	<p>2.1.1 2.1.2 2.2.1</p>
<p>Grieta escalonada: Falla por corte en muro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mortero de pega de mala calidad ▪ Ladrillos de mala calidad ▪ Resistencia insuficiente del conjunto 	<ul style="list-style-type: none"> a) Picado de cantería y reemplazo del mortero b) Colocación de barras de refuerzo c) Rebaje de canterías, malla de refuerzo y Aplicación de estuco o shotcrete toda la superficie 	<p>2.1.1 2.1.2 2.2.1</p>

<p>Grieta Tabique – Cadena</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solidaridad entre elementos de distinta rigidez 	<p>a) Conservar independencia entre los elementos instalar fijaciones laterales para evitar volcamiento b) Reemplazo del tabique</p>	<p>2.2.3 2.2.5</p>
---	---	--	------------------------

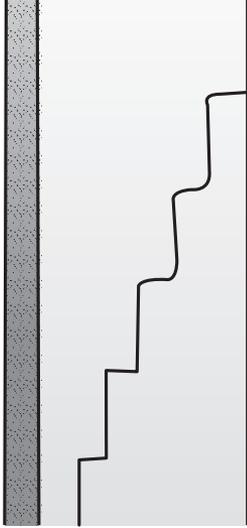
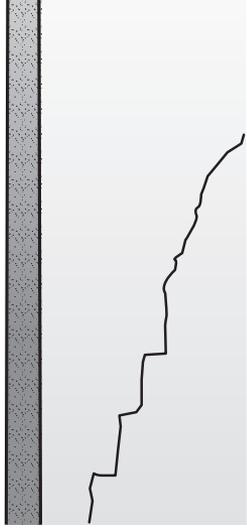
Puntos singulares en albañilerías

Reconocimiento	Causas principales	Reparación	Ver
<p>Grietas, desplazamientos y desaplomes en elementos salientes</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallas por esfuerzo de corte ▪ Falta de refuerzos de hormigón armado ▪ Estructuración inadecuada ▪ Altura excesiva 	<p>a) Demoler o bajar altura libre b) Colocar refuerzos internos c) Reforzar con pilares y cadenas</p>	<p>2.2.1 2.2.5</p>

<p>Grietas, caídas de antechochos y cornizas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallas por esfuerzo de corte ▪ Falta de refuerzos de hormigón armado ▪ Estructuración inadecuada ▪ Altura excesiva 	<p>a) Reconstruir y reforzar con cadena de amarra b) Colocar refuerzos o anclajes (dowels)</p>	
<p>Frontones y culatas agrietados</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallas por esfuerzo de corte ▪ Falta de refuerzos de hormigón armado ▪ Estructuración inadecuada ▪ Altura excesiva 	<p>Reparar grietas con mortero y reforzar con anclajes o elementos de hormigón armado</p>	<p>2.2.3 2.2.5</p>

1.3.3 Albañilería Armada

Muros

Reconocimiento	Causas principales	Reparación	Ver
<p>Grietas en albañilería de bloques de hormigón</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grietas por esfuerzo de corte siguiendo las canterías o cortando los bloques 	<ul style="list-style-type: none"> a) Reemplazo de mortero de canterías b) Refuerzo parcial: inserto de barras en huecos y relleno con mortero (corchetes) c) Refuerzo general: corte en toda la altura, inserto de barras y relleno con mortero 	<p>2.2.2 2.2.3</p>
<p>Grietas en albañilería de ladrillo prensado</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallas por esfuerzo de corte Grietas a 45° por cantería o cortando ladrillos 	<ul style="list-style-type: none"> a) Reconstituir monolitismo: picado de canterías y reposición de mortero b) Refuerzo: proceder como en a) además insertar trabas de hierro c) Colocación de malla de hierro a ambos lados y aplicar Mortero proyectado a mano o gunita d) Diseñar eventual reforzamiento con tensores y/o pilares en esquinas 	<p>2.2.2 2.2.3</p>

2. PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN Y REFUERZO

ELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Una vez realizados los estudios preliminares sobre el origen y posibles consecuencias del daño en una estructura, se deberá determinar el método de reparación más adecuado tomando en consideración factores tales como eficiencia y seguridad, materiales y equipos necesarios, costos y condiciones particulares de la obra (temperaturas, condiciones ambientales, plazos etc.).

Para cada tipo de daño puede presentarse más de una alternativa de reparación, debiendo elegirse entre ellas la que otorgue mayor seguridad, es decir, que restituya en mejor forma las condiciones para las cuales fue diseñada la obra y, en caso de refuerzos, permita que el elemento trabaje como un todo armónico con el resto de la estructura.

En segundo lugar se deberá considerar la disponibilidad de tecnología (léase personal capacitado, materiales y equipos) en el lugar en que se desarrollará la obra. La elección de procedimientos que requieren de equipos sofisticados como es el caso de la gunita e inyecciones de cemento, va generalmente asociada con aplicaciones en grandes extensiones o muy repetitivas, por la fuerte incidencia que ellos tienen en los costos.

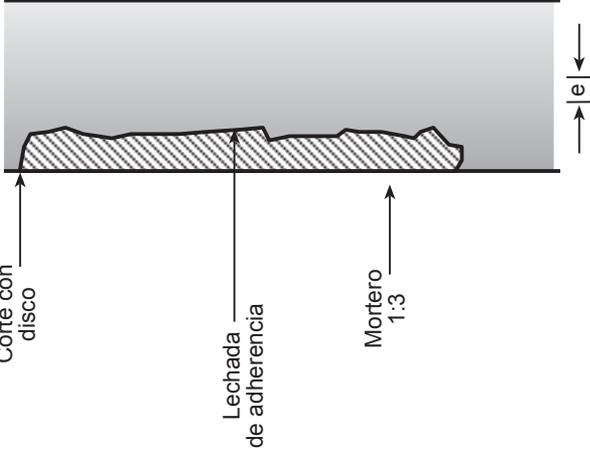
Similar consideración es válida para la ejecución de refuerzos en sus distintas formas.

La aparente simplicidad de muchos de los procedimientos descritos puede ser una tentación para resolver sin mayor análisis muchos de los problemas que se presentan en obras, sin embargo, conviene insistir en la necesidad de que profesionales especializados intervengan en los estudios y cálculos previos y elaboren las especificaciones detalladas para la reparación.

Finalmente, la seguridad queda satisfecha con una adecuada supervisión y control de calidad de las distintas etapas, incluidos los ensayos de resistencia y adherencia de los materiales, y la verificación de los procedimientos mediante extracción de testigos y/o pruebas de cargas cuando la situación lo amerite.

2.1 Hormigón Armado

2.1.1 Reparaciones Superficiales

Descripción del procedimiento	Esquema
<p>a) Aplicación Manual</p> <p>Alcance:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se aplican a fallas de reducido espesor (0-5 cm), que sólo afectan la superficie del hormigón o el recubrimiento de armaduras. <p>Procedimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Definir bordes con cortador angular. ▪ Eliminar por picado todo hormigón defectuoso. ▪ Obtener forma geométrica adecuada. ▪ Limpieza con aire y/o agua. ▪ Aplicar con brocha lechada de adherencia (especificaciones en 3.2). ▪ Preparar mortero 1:3 con arena gruesa de tamaño máximo 5 mm o de 1/3 del espesor a rellenar; consistencia semiplástica y eventual aditivo expansor. ▪ Proyectar manualmente (chicoteo), compactar y alisar con platabo. ▪ Mantener húmedo por 7 días. 	<p>Mortero 1:3 = mortero según especificación</p>  <p>Corte con disco</p> <p>Lechada de adherencia</p> <p>Mortero 1:3</p> <p>→ e ←</p>

b) Mortero Proyectado (Gunita)

Alcance:

- Se aplica a defectos superficiales extensos o repetitivos
- Recuperación del recubrimiento en caso de corrosión de armaduras
- Refuerzo de muros, instalando armaduras adicionales

Equipos:

- Máquina lanzadora para mezcla seca y compresor de capacidad Superior a 400 pies³ /minuto o equipo para mezcla húmeda, mangueras
- Pitones, etc.

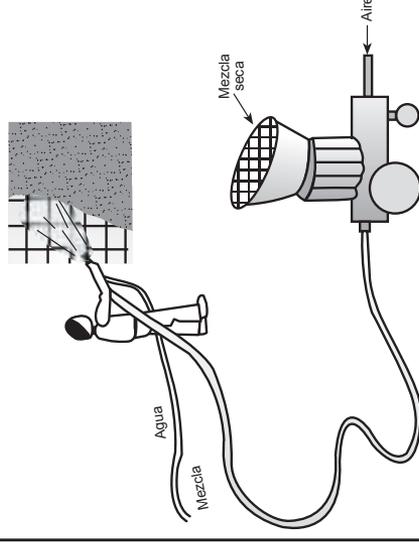
Dosificaciones:

- Dosis de cemento superior a 350 kg/m³ ; árido de tamaño ≤ 10 mm; razón Agua/cemento = 0,40 a 0,50 para mezcla seca o húmeda

Aditivos: acelerador de fraguado y plastificante según condiciones de faena.

Procedimiento:

- Tratar superficie como en caso anterior, picando hormigón defectuoso y dando geometría adecuada.
- Limpiar armaduras, eventualmente con chorro de arena.
- Colocar malla de refuerzo cuando corresponda.
- Aplicar mortero a alta presión.
- Cuando se requiere una terminación lisa, será necesario aplicar una capa final de mortero ligeramente plástico, y luego afinar con platacho.
- Curado húmedo por 7 días.



2.1.2 Reparaciones Profundas – Reemplazo de Hormigón

Descripción del procedimiento	Esquema
<p>a) Reparación con Mortero Predosificado</p> <p>Alcance</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nidos pequeños, elementos cortados y juntas de hormigonado defectuosas. <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alzaprimar cuando corresponda o reparar por parcialidades hasta sección defectuosa. ▪ Remover el hormigón defectuoso y regularidad superficies ▪ Emplear moldaje solo para morteros fluidos (grouting) en lugares estrechos. ▪ Preparar el mortero según instrucciones del fabricante; mezcla de componentes A y B cuando corresponda ▪ Rellenar con mortero de consistencia seca o plástica, compactar con medios manuales. ▪ Rellenar con mortero fluido (grout) es espacios estrechos con moldajes laterales. ▪ Compactar con varillas o cables 	<p>El diagrama ilustra el proceso de reparación de una junta defectuosa en cuatro etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> Etapa 1: Sección de una junta defectuosa entre dos bloques de hormigón. Etapa 2: Preparación de la junta con un ancho de $\frac{1}{2}$ a 5 cm. Etapa 3: Relleno parcial de la junta con mortero. Etapa 4: Relleno completo de la junta con mortero fluido, utilizando un molde lateral para la compactación.

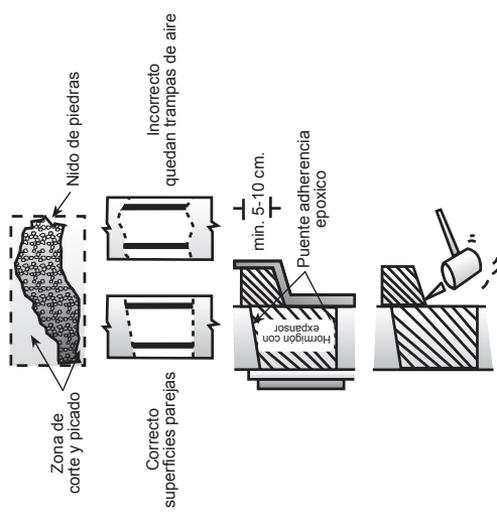
b) Reemplazo de hormigón (Métodos convencionales)

Alcances:

- Reparación de nidos de piedras, rellenos de zonas defectuosas, aumentos de sección de elementos estructurales.

Procedimiento:

- Preparar la base (eliminar)
- Preparar hormigón (idem 2.32)
- Agregar: Alternativa mortero para grout con gravilla de 10mm.



c) Hormigón Preempacado

(Hormigón con árido grueso pre-colocado).

Definición:

- Inyección de mortero de cemento en los huecos de una masa compacta de agregados bien graduados y limpios, previamente colocados en el moldeaje.
- Mayores antecedentes en ACI304 Capítulo 7 "Preplaced Aggregate Concrete".

Alcances:

- Relleno de lugares de difícil acceso, en que la condición de colocación de un hormigón convencional es engorrosa o imposible.
- Por la necesidad de equipos especiales se aplica principalmente a soluciones repetitivas.
- Pueden obtenerse resistencias superiores a 250 kg/cm²; sus retracciones son muy reducidas.

Equipos:

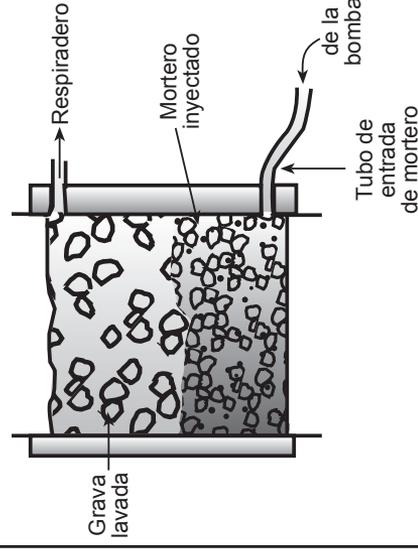
- Equipos habituales para la inyección de morteros, como mezclador, agitador y bomba.

Grava:

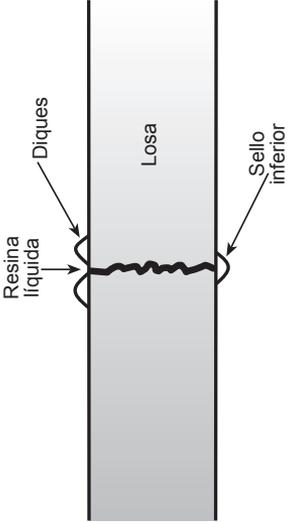
- Apta para hormigones, lavada, de preferencia chancada, generalmente se utiliza grava de tamaño mínimo de 12 mm y máximo de 40 mm y eventualmente de 25 mm.
- El porcentaje de huecos debe estar comprendido entre 38% y 40%.

Mortero:

- Cemento+arena de tamaño máximo 1,25 mm + aditivo especial que contenga estabilizador y expansor; proporción cemento : arena = 1/1 a 1 / 2 (en peso)
- La mezcla debe ser fluida y estable, con baja exudación y sedimentación
- Como alternativa puede emplearse un mortero para grout de características adecuadas.



2.1.3 Inyección de Grietas

Descripción del procedimiento	Esquema
<p>La inyección de fisuras y grietas con resinas epóxicas tiene por objeto recuperar el monolitismo de las estructuras, gracias a las propiedades de adherencia y resistencia de estos materiales (ver 3.6); las inyecciones son aplicables agrietas sin movimiento.</p> <p>a) Inyección Gravitacional:</p> <p>Alcance:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elementos horizontales (losas) con grietas de aberturas superiores a 1 mm. <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza con aire comprimido, sello en la cara inferior con masilla epóxica, ejecución de diques laterales con yeso o masilla en la cara superior; vaciar un sistema epóxico de viscosidad inferior a 200 cps para que fluya por gravedad al interior de la grieta. 	 <p>Resina líquida</p> <p>Diques</p> <p>Losa</p> <p>Sello inferior</p>

b) Inyección a presión:**Alcance:**

- Inyección de grietas y fisuras en cualquier posición. Para la inyección de grietas finas (<1 mm) y particularmente en el caso de fisuras (< 0,5mm) se deben emplear exclusivamente sistemas epóxicos de viscosidades inferiores a 200 cps.

Procedimiento:

- Limpieza, sellado superficial de la grieta con masilla epóxica, colocación de boquillas, inyección partiendo de las boquillas inferiores y avance hacia arriba a medida que la inyección progresa.

a) Equipo Manual:

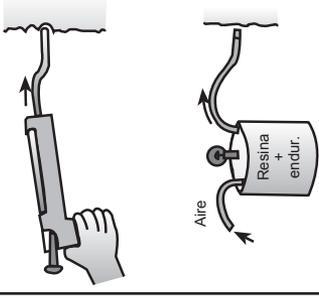
- Se utilizan sistemas epoxi de muy baja viscosidad y aplicación con pistolas de calafateo.

b) Equipo Neumático:

- Se emplean equipos neumáticos con presión de aire comprimido de 2 a 7kg/cm².

c) Equipo de Mezcla en Punta:

- Dosificación de los componentes a la salida del equipo, aplicación de altas presiones (hasta 14 kg/cm²). Se emplean resinas con viscosidades bajas.



2.1.4 Refuerzos Internos

Descripción del procedimiento	Esquema
<p>a) Colocación de armaduras adicionales</p> <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se demuele parcial o totalmente el elemento en la zona a reforzar, aumentada en las longitudes de empalmes requeridas por las armaduras. ▪ Colocación de refuerzos según cálculo; recolocación de estribos. ▪ Hormigonado según lo indicado en 2.32 ó 2.33. Dosis mínima 340 kg/m³ y resistencia mínima a 28 días de 250 kg/cm². ▪ Eventualmente se puede colocar anclajes en el hormigón sano (2.42), con lo que se reduce la zona a demoler. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Debe comprobarse la calidad del hormigón existente. 	<p>El diagrama ilustra un elemento estructural reforzado internamente. Se muestra un elemento rectangular con refuerzos diagonales y horizontales. Una zona superior está marcada como 'Demolición'. Los refuerzos están anclados en el hormigón sano con 'alzaprimas' y 'Adhesivo epoxi'. Se muestra el 'Reemplazo de Hormigón' en la zona superior.</p>

b) Colocación de anclajes con epoxi

Alcances:

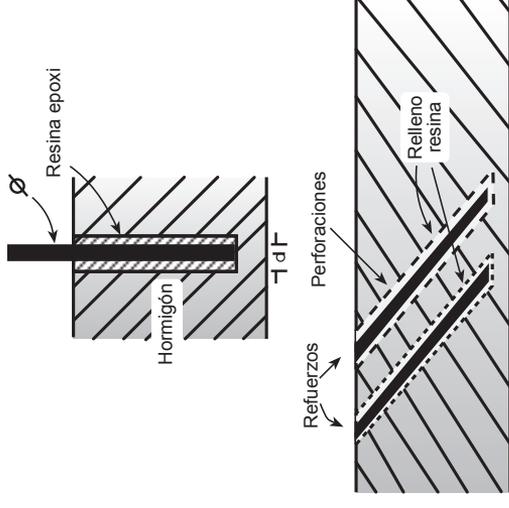
- Colocación de refuerzos sin necesidad de demoler. Anclar nuevas armaduras a hormigón existente.

Procedimiento:

- Perforar según longitud de refuerzo requerida; para efectuar un anclaje seguro su longitud debe ser:
 - $l \geq 10 \varnothing$ Si $R_{28} \geq 225 \text{ Kg/cm}^2$
 - $l \geq 15 \varnothing$ Si $R_{28} < 225 \text{ Kg/cm}^2$
- Diámetro de la perforación
 $d = \varnothing + 12(\pm 2) \text{ mm}$
- Limpiar la perforación.
- Rellenar con sistema epoxi para anclajes.
- Perforaciones hacia abajo: sistema epoxi líquido.
- Perforaciones horizontales y sobrecabeza: masilla tixotrópica.
- Insertar el fierro girando para eliminar huecos y bolsas de aire, fijar posición hasta endurecimiento de la resina.

Limitaciones:

- Debe comprobarse la calidad del hormigón existente.



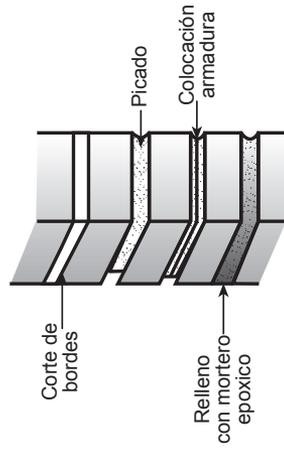
c) Insertos superficiales

- Reposición o aumento de armadura de superficie para:
- Corregir falta de estribos mejoramiento de anclajes
- Armaduras parcialmente corroídas.

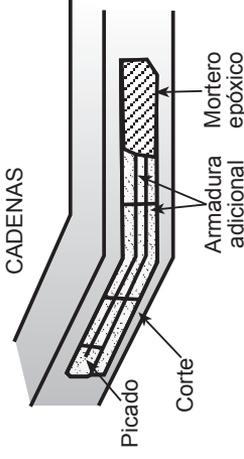
Procedimiento:

- Fijar posición de armaduras según indicación del calculista.
- Marcar los bordes de la ranura, cortar con disco (cortador angular), picar hasta el borde exterior de la armadura existente.
- Colocar la nueva armadura amarrada a la existente y comprobar las longitudes de empalmes.
- Rellenar con mortero epóxico.

PILARES DE HORMIGÓN



CADENAS



2.1.5 Refuerzos Externos de Acero

a) Refuerzos con platabandas de acero (beton plaqué)

Definición:

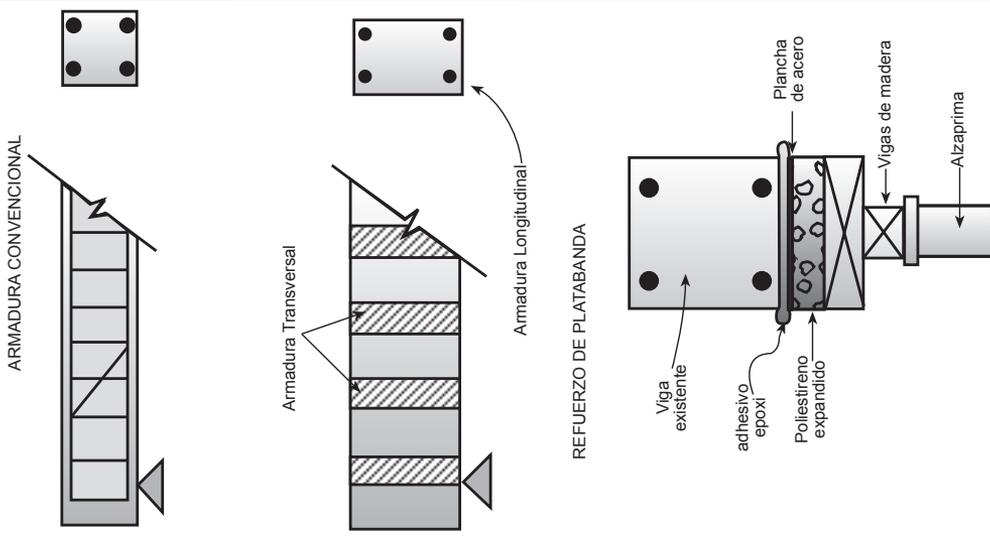
Los refuerzos externos consisten en fijar pletinas o platabandas de acero a estructuras existentes de hormigón, mediante resinas epóxicas, sin necesidad de demoliciones o aumentos importantes de sección.

Alcances:

- Estos trabajos deben ser cuidadosamente vigilados para comprobar que se cumplen las especificaciones del proyectista.
- Son aplicables a todos aquellos casos en que se necesite aumentar la cuantía de acero, pero en que la calidad del hormigón es satisfactoria.
- Requiere un diseño cuidadoso y principalmente una ejecución por personal calificado (especializado) y supervisión de cada etapa.
- Al efectuar el diseño hay que considerar el estado de cargas sobre la estructura, ya que si éstas no se reducen (gateso y alzaprimitados) quedará actuando la armadura primitiva, con lo que la nueva armadura sólo entrará en funciones frente a sobrecargas y probablemente cuando la primera haya fallado.
- Por esta razón además se suele calcular la nueva armadura para tomar eventualmente el total de las solicitaciones.

Procedimiento:

- **Trabajos preliminares:** Eliminar estucos y desbastar la capa superficial de hormigón para eliminar lechada y emparejar para que la superficie quede plana; tratar pletinas con chorro de arena hasta metal blanco.
- Si la superficie de hormigón es irregular, se hará un tratamiento previo con mortero epóxico.
- **Sistema epoxi:** Emplear una masilla epóxica tixotrópica, de características y propiedades conocidas y en lo posible probada en empleos similares.



- Su adherencia al acero debe ser superior a 200 kgf/cm².
 - Aplicar el adhesivo sobre ambas caras en un espesor de aproximadamente 3 mm.
 - Aplicar una presión uniforme y suficiente para dejar un espesor final de adhesivo inferior a 1 mm. Mantener presionado (y alzaprimado) por 24 horas.
 - En lo posible se utilizarán planchas de acero de espesor inferior a 5mm, preferentemente de 3 mm.
 - Se debe procurar que el espesor resultante del adhesivo sea lo más uniforme posible.
- Limitaciones:**
- Verificar uniformidad en la calidad del hormigón.

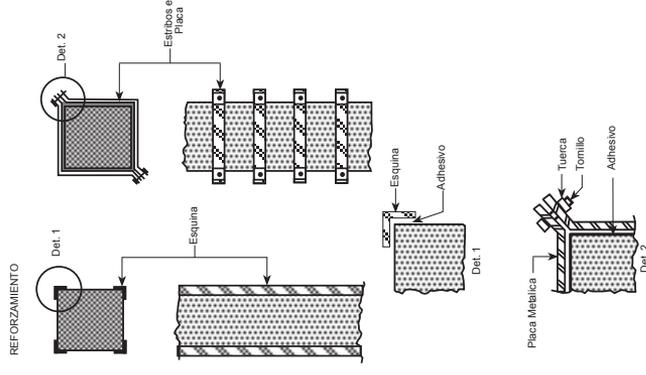
b) Refuerzos con pletinas y ángulos

Alcances

Refuerzos permanentes con ángulos y pletinas adheridas con epoxi, soldadas o apernadas

Procedimiento:

- Eliminar recubrimientos y estucos
- Alisar superficies de hormigón mediante disco de corte o esmeril
- Preparar elementos metálicos con esmeril o chorro de ama a metal blanco
- Presentar en superficie a reparar
- Aplicar epoxi tixotrópico en ambas superficies a unir
- Las soldaduras deben ser hechas antes de aplicar el epoxi para evitar “quemarlos” por las altas temperaturas
- Aplicar en sitio y presionar por apernado o por presión externa
- Retirar elementos externos y alzaprimas después de 48 horas
- Proteger exteriormente contra la corrosión los elementos de acero, mediante revestimientos especiales o estucos (Fig 33)



2.1.6 Refuerzos con Fibra de Carbono (Frp)

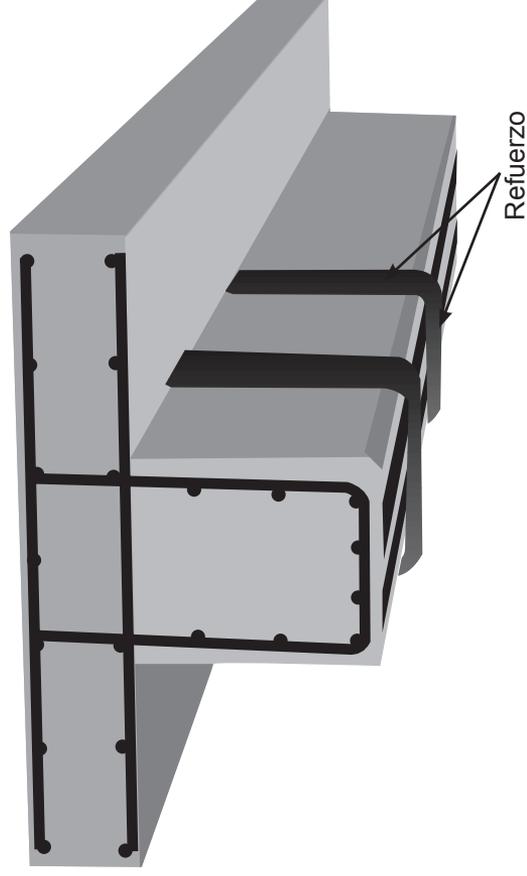
Alcances:

El empleo de sistemas FRP o Fiber Reinforced Polymers, se refiere principalmente al empleo de perfiles y mantas de fibra de carbono para el refuerzo estructural, para lo cual se recomienda referirse a la Guía de diseño del ACI 440 2R “Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete structures”.

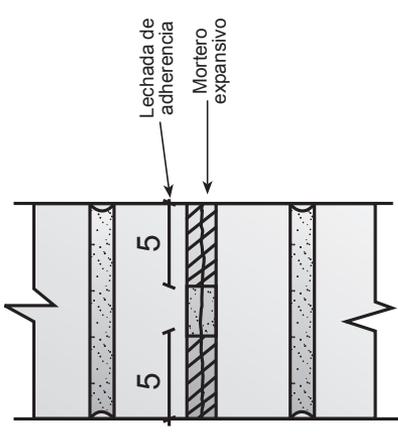
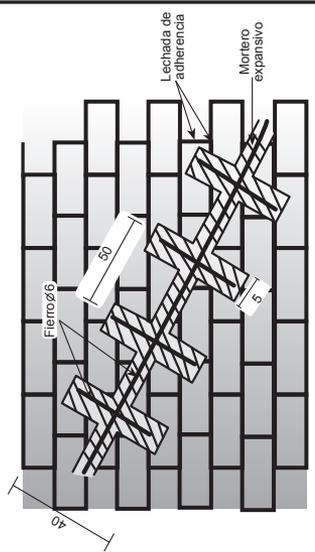
Materiales: perfiles de fibra de carbono (pletinas), tela de fibra de carbono, adhesivo epóxico. Se trata básicamente de bandas o tejidos de fibras de carbono de elevada resistencia a la tracción y al corte.

Procedimientos:

- **Tratamiento de la superficie de hormigón:** eliminación de recubrimientos, eliminación de lechada superficial, desbaste de nivelación.
- **Aplicación del adhesivo epóxico en ambas caras:** hormigón y pletina o tela de fibra de carbono.
- Instalación del refuerzo.



2.2 Albañilerías

Descripción del procedimiento	Esquema
<p>2.2.1 Albañilería de Ladrillo</p> <p>a) Reparación Grieta</p> <p>Alcance: Reconstituir monolitismo.</p> <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Picado a lo largo de la grieta y/o cantería, sólo por un lado. ▪ Aplicación de lechada de adherencia en base a emulsión acrílica. ▪ Relleno con mortero expansivo. ▪ Curado húmedo cuidadoso. ▪ Repetir la operación por el lado opuesto. 	
<p>b) Reparación por Grapado</p> <p>Alcance: Reconstituir monolitismo y refuerzo parcial.</p> <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Picado en V a un lado, a lo largo de la grieta (Dimensiones aprox. 5 x 5 cm ó 7 x 7 cm). ▪ Picar transversalmente a la grieta ranuras de 40 x 5 cm, cada 50 cm. ▪ Colocar armadura longitudinal y transversal, según indicación del proyectista. ▪ Aplicar lechada de adherencia. ▪ Rellenar con mortero 1:3 con expansor. ▪ Repetir por el otro lado, traslapando el grapado. 	

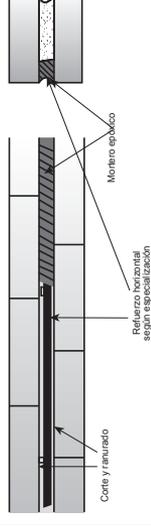
c) Refuerzo con Armadura Horizontal

Alcance:

Refuerzo general; colocación de cuantía requerida.

Procedimiento:

- Rebajar canterías con disco de corte, profundidad 4 cm mínimo.
- Remoción del mortero de pega entre los cortes.
- Aplicar mortero epóxico al fondo de la ranura.
- Colocar armadura horizontal; eventualmente complementar con anclajes perpendiculares $L = 8$ cm en el plano horizontal.
- Cubrir armadura con mortero epóxico.
- Terminar con mortero de cemento 1:3 para mantener igual apariencia con el resto.



d) Anclajes

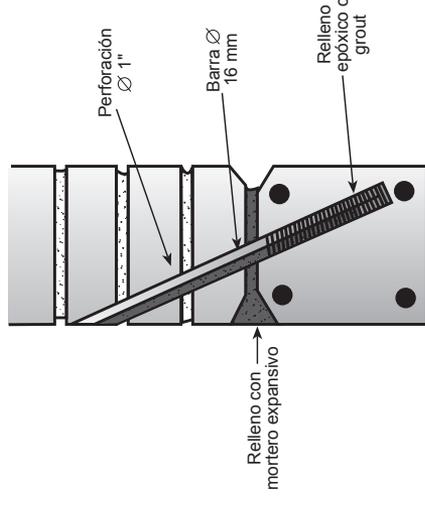
Alcance:

Mejoramiento del anclaje de albañilerías al hormigón armado.

Albañilerías "sueitas", agrietadas o mal adheridas en la unión con el hormigón armado.

Procedimiento:

- Practicar perforaciones inclinadas abarcando la albañilería y cadena o pilar de hormigón armado (diámetro de la perforación: 1").
- Rellenar con sistema epoxi para anclajes o grout de cemento con aditivo expansor.
- Insertar barra $\varnothing 16$ mm, o según indicación calculista.
- Repetir según distancias especificadas por proyectistas.
- Picar grieta en forma de V con profundidad de 5 cm por cada lado y rellenar con mortero expansivo.
- Curado húmedo por 7 días.



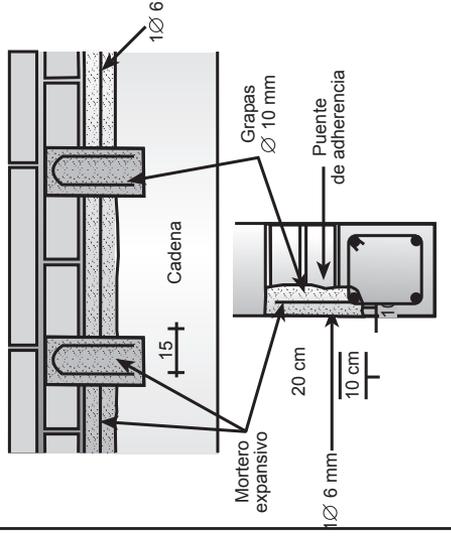
e) Grapado

Alcance:

Similar 2.51

Procedimiento:

- Picar unión de la albañilería con el hormigón (aprox. 10 x 10 cm).
- Picar espacio para la ubicación de grapas (30 x 15 x 10 cm).
- Colocar barraje mm a lo largo de las grietas y grapas 10 mm y L = 50 cm en cada llave.
- Aplicar puente de adherencia epóxico.
- Rellenar con mortero expansivo o Gunita.
- Curado húmedo por 7 días.



2.2.2 Albañilería de Bloques

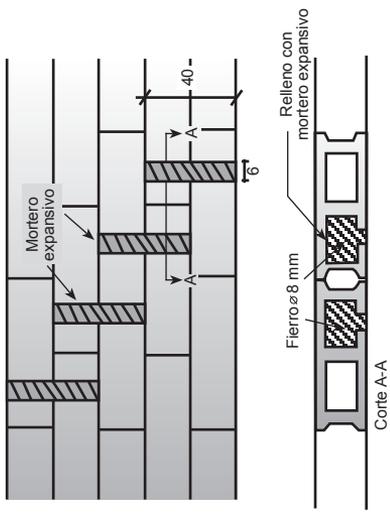
a) Reparación de grietas y refuerzo parcial

Alcance:

Reparación de muros de bloques de mortero y refuerzo interno parcial.

Procedimiento:

- Picar cantería agrietada y rellenar con mortero expansivo.
- Cortar con disco canales ubicando los huecos de los bloques.
- Los canales deben ser de 6 cm de ancho y una altura de 20 cm a cada lado de la grieta (mínimo).
- Colocar fierro $\varnothing 8$ mm centrado en hueco mediante polines 6 mm.
- Rellenar con mortero expansivo.



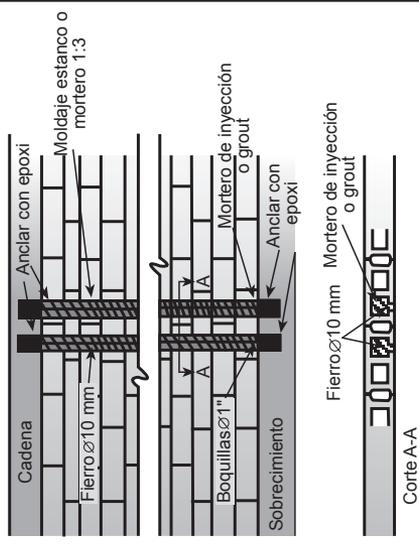
b) Refuerzos mayores

Alcance:

Reforzar muro de bloques huecos con armadura adicional.

Procedimiento:

- Corte con disco para practicar ranuras en todo el alto del muro.
- Picar sobrecimiento y cadena.
- Anclar $\varnothing 10$ mm a sobrecimiento ($l = 20$ cm) y a cadena ($1 = 15$ cm) con mortero epoxi; eventualmente soldar a armadura de viga o cadena.
- Colocar moldaje estanco, dejando boquillas $\varnothing 1"$.
- Inyectar mortero de cemento con expansor desde boquillas inferiores hasta llenado total de los huecos



2.2.3 Albañilería de Relleno

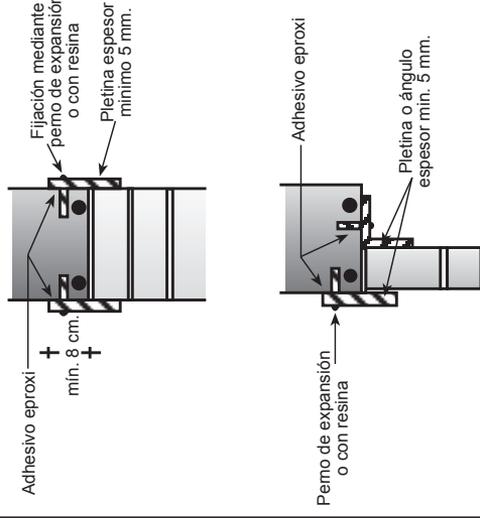
a) Fijaciones laterales

Alcance:

Instalación de fijaciones laterales para evitar volcamiento de albañilerías de relleno y tabiques.

Procedimiento:

- Remover estucos, yesos y pintura; limpiar y emparejar la superficie de hormigón.
- Preparar planchas o ángulos de acero según las dimensiones que indique el calculista, con un espesor mínimo de 5 mm para dar suficiente rigidez.
- El contacto con el elemento de hormigón armado (viga o cadena) será de a lo menos 8 cm de alto para permitir una fijación adecuada.
- Los perfiles se fijarán a las vigas con pernos de expansión, pernos con resina y/o adhesivo epóxico.
- Cuando se utilice adhesivo epóxico la superficie de contacto de la plancha de acero deberá ser esmerilada.
- La superficie de hormigón deberá estar sana, lisa y libre de lechada.
- Emplear como adhesivo una masilla epóxica tixotrópica cuya adherencia al acero sea superior a 150 kgf/cm².
- Distanciar las placas o perfiles cada 100 cm, o según indicación del calculista.



3.- MATERIALES PARA LA REPARACIÓN

3.1 Morteros de cemento

Composición

Cemento

Corriente o Alta Resistencia según requisitos de resistencia y velocidad de fraguado.

Arena

Se empleará arena apta para hormigones con tamaño máximo de 2,5 a 5,0 mm, según empleo.

Dosis de Cemento

A falta de especificación se emplearán morteros 1:3 en volumen (1 saco de cemento por 100 litros de arena).

Agua

Potable y/o libre de impurezas.

Dosis: la menor posible compatible con condiciones de colocación.

Aditivos

- Expansor para control de retracciones en morteros de relleno.
- Plastificante o fluidificante para morteros fluidos de inyección o grout.

Aceleradores de fraguado

- Trabajos rápidos de reparación (empleo limitado en contacto con armaduras).

Emulsiones acrílicas

- En lechadas de adherencia y aplicación de capas delgadas.

NOTA: En cada caso, respetar dosis e instrucciones de aplicación de los fabricantes.

Resistencias Mecánicas

- Deberá ser Igual o superior a la de los elementos que se deben reparar.
- Cuando no se especifique se recomienda una resistencia a compresión de 300 kg/cm².

Bajas Retracciones

- Los morteros de reparación o de relleno deberán tener una retracción controlada.
- En general se recomienda el empleo de expansores para compensar la retracción plástica y exudación.

Trabajabilidad

- Empleo de morteros secos o ligeramente plásticos (baja razón agua-cemento) en todos los casos en que sea posible su aplicación. Cuando se requieran morteros para inyección o grouting emplear aditivos plastificantes o fluidificantes, manteniendo una razón agua-cemento baja.

Adherencia

Emplear productos de adherencia acrílicos o epóxicos.

3.2 Morteros con polímeros

Definición

Son morteros de cemento a los cuales se les adiciona una emulsión de un polímero acrílico o látex sintético.

Los polímeros actualmente empleados en la elaboración de estas emulsiones son de tres tipos: acrílicos, estireno-butadieno (SBR) y acetato de polivinilo (PVA); estos últimos no son recomendables para aplicación a ambiente húmedo permanente.

Las emulsiones de polímeros tienen dos formas de aplicación características.

Lechadas de Adherencia

Utilizadas como puente de adherencia entre el mortero fresco y la base (mortero, hormigón o albañilería).

Para preparar la lechada de adherencia se mezcla cemento y arena fina en proporción 1:1 y luego se agrega la emulsión acrílica diluida en agua en la proporción indicada por el fabricante, mezclando hasta obtener una consistencia cremosa.

La lechada se aplica con brocha sobre la superficie; el mortero se debe aplicar sobre la lechada fresca antes de una hora.

Morteros con Polímeros

La adición de una emulsión acrílica a morteros de cemento mejora considerablemente algunas de sus propiedades:

- Elevada adherencia a la base (resistencia al corte 28 ± 5 kgf/cm²)
- Resistencia a compresión a 28 días: 250 a 450 kgf/cm²
- Resistencia a flexotracción a 28 días: 65 a 100 kgf/cm²
- Módulo de elasticidad en compresión: 250.000 kgf/cm²
- Baja tendencia a la fisuración.

La dosificación recomendada es de 1:3 a 1:3,5 (en peso) con una razón agua-cemento entre 0.30 y 0.40 (incluida la emulsión acrílica previamente disuelta en el agua).

Los morteros con polímeros se emplean principalmente en trabajos de reparación y aplicación de capas delgadas.

3.3 Morteros Predosificados

Definición

Existen en el mercado diversos productos preparados en fábrica o en plantas, que se entregan listos para su empleo y sólo requieren que se agregue agua para su colocación en obra.

Ventajas

Productos de fabricación controlada, dosificación en peso, diseñados para fines específicos. Especialmente adecuados para trabajos de reparación donde se requieren productos de calidad y no existen los medios para una confección controlada.

Tipos

- **Morteros de reparación de baja retracción:** Resistencia a compresión a 28 días entre 200 y 300 kgf/cm². Reparaciones en general, albañilerías, hormigones de resistencia moderada <300kgf/cm².
- **Morteros de alta resistencia y baja retracción para reparaciones:** Resistencia a compresión a 28 días entre 300 y 450 kg/cm² para reparación de estructuras de hormigón.
- **Morteros de fraguado rápido:** Gran velocidad de endurecimiento para trabajos rápidos. Resistencia a 7 días > 300 kgf/cm².
- Morteros para reparación de hormigones de alta resistencia, con resistencia a compresión a 7 días de 700 kgf/cm² y a 28 días > 800 kgf/cm².
- Morteros con fibras sintéticas para mayor resistencia a la flexotracción (> 60 kgf/cm² a 28 días).
- **Morteros tixotrópicos:** Consistencia adecuada para trabajos en paramentos verticales y sobre cabeza sin correrse. La mayoría de los productos anteriormente mencionados poseen esta característica debido a su mayor contenido de finos(cemento, arena fina y microsílíce) y aditivos.
- **Morteros autonivelantes:** Morteros fluidos para aplicar en superficies horizontales (pisos).
- **Morteros para grout o rellenos:** Morteros fluidos, generalmente expansivos para aplicar bajo placas de anclaje de maquinarias o estructuras. Trabajos de inyecciones y rellenos en lugares estrechos.

Propiedades

Las propiedades específicas varían de un producto a otro y entre los distintos fabricantes. En general están caracterizados por su elevada resistencia, rápido desarrollo de resistencia, buena adherencia y baja retracción.

3.4 Hormigones

Cemento

Empleo de cemento Corriente o Alta Resistencia según requisitos de resistencia y velocidad de fraguado.

Áridos

Deben cumplir requisitos para empleo en hormigones de la norma NCh 163, especialmente composición granulométrica, resistencia y limpieza.

Tamaño máximo: Compatible con espesores y densidad de armaduras de elementos a reparar.

En general, a falta de especificación se empleará una mezcla de arena y gravilla de tamaño máximo 20 mm (3/4”).

Agua

Potable y/o libre de sustancias extrañas, sales disueltas o partículas en suspensión.

Dosificación

Según requisitos de resistencia y trabajabilidad especificados. A falta de especificación se empleará una dosis mínima de cemento de 340 kg/m³.

Aditivos

Pueden emplearse distintos productos según requisitos particulares necesarios, siendo de uso mas frecuente los plastificantes-reductores de agua, aceleradores y retardadores de fraguado, expansores, etc. Ver 3.5.

Resistencias Mecánicas: Igual o superior a la de la estructura que se vaya a reparar. En ningún caso la resistencia podrá ser inferior a 250 kgf/cm².

Retracciones: Deberán ser lo más bajas posibles, lo que se obtiene con dosificación adecuada y mínima razón agua-cemento ($a/c \leq 0,45$); obtención de trabajabilidad mediante aditivos plastificantes o fluidificantes, en volúmenes pequeños y confinados, emplear aditivo expansor.

Trabajabilidad: Generalmente se requieren hormigones de elevada docilidad, lo que se obtiene con aditivos plastificantes o fluidificantes.

Asentamiento de cono 12 a 24 cm.

Adherencia

Asegurar la unión íntima con los hormigones de la estructura.

- Reparaciones estructurales: emplear puente de adherencia epóxico.
- Reparaciones superficiales: emplear lechada con emulsión acrílica.
- Confección, Colocación y Curado. Según prescripciones de NCh 170, extremando las precauciones en cada caso.

3.5 Aditivos para el Hormigón y Morteros

<p>Plastificantes: Permiten aumentar la docilidad con una misma razón agua-cemento. Dosis: según producto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejoramiento de la docilidad (asentamiento de cono) ▪ Aumento de las resistencias por reducción de la cantidad de agua ▪ Disminución de la retracción plástica e hidráulica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hormigones en general ▪ Reemplazos de hormigón ▪ Rellenos de nidos de piedras
<p>Fluidificantes: Permiten obtener hormigones fluidos con razones agua-cemento bajas o normales. Dosis: según producto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento considerable de la docilidad ▪ Baja segregación ▪ Alta resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hormigones autonivelantes ▪ Hormigonado de lugares estrechos o de difícil acceso
<p>Expansores: Aditivos que reaccionan con compuestos del cemento produciendo un pequeño aumento del volumen. Dosis: 2% del peso del cemento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducen la exudación ▪ Mejoramiento de la docilidad ▪ Producen un pequeño efecto expansivo antes del fraguado (aproximadamente 3% en pastas y morteros, 1% en hormigones) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rellenos de hormigón en pequeños volúmenes - Nidos dos de piedras, solcalzados ▪ Rellenos con morteros en cavidades y huecos
<p>Aceleradores y Retardadores: Productos que reaccionan con compuestos del cemento, acelerando o retardando las reacciones de hidratación. Dosis: variable según efecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acortar o alargar el inicio del fraguado ▪ Acelerar el desarrollo inicial de resistencias (1, 3 y 7 días) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajos rápidos ▪ Reducir plazos de desencofrado ▪ Dilatar el inicio del fraguado (retardadores) disponiendo de mayor plazo para la colocación
<p>Aditivos de Adherencia: Aditivos en base a polímeros acrílicos. Dosis: Variable según producto y aplicación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejorar la adherencia de morteros a la base. ▪ Reducen la retracción y tendencia a la fisuración. ▪ Reducen el módulo de elasticidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Morteros de reparación en general ▪ Aplicación de capas delgadas ▪ Lechadas de adherencia

3.52 Sistemas Epóxicos

Productos de origen sintético que endurecen por reacción química entre una resina y un endurecedor. Se entregan en 2 ó 3 componentes:

Parte A Resina

Parte B Endurecedor

Parte C Fillers o áridos.

Dosificaciones

Debe respetarse rigurosamente la proporción resina: endurecedor (A:B) indicada por el fabricante. En la mayoría de los casos se emplean juegos completos predosificados.

La proporción de parte C (filler) puede ajustarse en obra según consistencia y propiedades requeridas.

Los sistemas epoxi, dependiendo de cada uso, podrán emplearse en forma de:

- Líquidos más o menos viscosos según la formulación;
- Pastas de consistencia espesa para lo cual se agrega polvo de cuarzo y eventualmente un agente tixotrópico;
- **Morteros epóxicos:** agregando a la mezcla resina-endurecedor una arena, generalmente cuarzo, de una determinada granulometría.

▪ Viscosidad

La viscosidad de los sistemas epoxi puros (sin filler) puede variar entre 100 y 2500 centipoise (cps) a 20°C, según la formulación. Para trabajos de inyección se requiere de productos de baja viscosidad. La viscosidad puede aumentarse con fillers para formar pastas tixotrópicas;

▪ Velocidad de Reacción

Condiciona el pot-life o tiempo de endurecimiento inicial y el desarrollo de resistencia en plazos cortos. Depende de la formulación, temperatura y volúmenes de mezclas. En general se alcanzan altas resistencias a edades tempranas con posibilidades de puesta en servicio dentro de los 3 primeros días. Las reacciones son exotérmicas, lo que puede limitar los volúmenes a preparar.

▪ Retracciones

Endurecimiento prácticamente sin retracción.

Propiedades mecánicas (a 7 días)

- Resistencia a compresión 400 a 1.000 kgf/cm²
- Resistencia a flexotracción 200 a 800 kgf/cm²
- Adherencia al acero sobre 200 kgf/cm²
- Adherencia al hormigón sobre 50 kgf/cm² (rotura del hormigón).
- Módulo de elasticidad 10.000 a 350.000 kgf/cm² (según formulación y contenido de filler).

▪ Sensibilidad Térmica

La temperatura de aplicación influye sobre la viscosidad y velocidad de reacción.

Los cambios de temperatura posteriores intervienen en las deformaciones. El coeficiente de dilatación térmica varía de 4.5 a 6.5×10^{-5} cm/cm °C, valor que disminuye considerablemente con la adición de fillers.

Los fabricantes y proveedores ofrecen productos para distintas aplicaciones:

- Productos tixotrópicos para sellado, adhesivo y trabajos sobre cabeza.
- Puentes de adherencia: Adhesivos líquidos para la unión de hormigón fresco con hormigón endurecido.
- Adhesivos para hormigones prefabricados, acero-hormigón, anclajes.
- Adhesivo para pegar placas de refuerzo de acero o fibra de carbono.
- Productos líquidos para anclajes, nivelación y rellenos bajo placas de maquinaria o estructuras (grouts).
- Morteros de sellado y nivelación.
- Productos de baja viscosidad para inyección de grietas.

3.53 Fibra de Carbono (FRP)

Sistema de alta tecnología utilizado como refuerzo exterior, alternativo al acero, por su gran resistencia a la tracción.

En general se emplean en forma de pletinas o tejidos de fibra de carbono.

- **Pletinas de Fibra de Carbono:** Pletina de polímero reforzado con fibra de carbono de alta resistencia. Generalmente se presenta en espesor de 1,2 mm por 50 mm de ancho. Su resistencia a la tracción es > 28.000 kg/cm². Se adhiere al hormigón con un adhesivo epoxi.
- **Tejido de fibra de carbono de alta resistencia unidas con una resina epoxi:** Se presenta en espesor del orden de 0,2 mm y un ancho de 30 o 60cm. Cono adhesivo al hormigón se emplea un sistema epoxi de impregnación

Estos sistemas son muy sofisticados y tanto el diseño del refuerzo como su aplicación y supervisión requieren de profesionales y personal calificados.

BIBLIOGRAFÍA

- A.C.I. : Manual of Concrete Practice, Part 1. Materials and General Properties of Concrete -1984
- A.C.I. : Manual of Concrete Practice, Part 5. Masonry, Precast Concrete, Special Processes (ACI 503-1984)
- A.C.I. : SP-21 Epoxies With Concrete
- ACI 440
- ASTM : C881 -78, Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete
- I.T.B.T.P. : Annales (Supplément au N° 349-Avril 1977) Le Collage Structural et le Renforcement par Resines des Structures de la Construction (varios autores)
- R. L'Hermite-J. Bresson : Betón Armé d'Armatures Collées-Colloque Rilem Paris 1967
- J. Bresson : Nouvelles Recherches et Aplications Concernent L'Utilisation des Collages Dans les Structures. Betón Plaqué (Annales de L'I.T.B.T.P. N° 278)
- J. Bresson : Renforcement par Collages D'Armatures du Passage Inférieur du CD 126 Sous L'Autoroute du Sud (Annales de L'I.T.B.T.P. N° 297)
- S. Arias : Metodología para la Reparación de una Estructura Dañada por Sismo. Segundas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica. Santiago, 1976
- M. Fernández Cánovas : Las Resinas Epoxi en la Construcción. Instituto Eduardo Torroja-Madrid 1974
- M. Fernández Cánovas : Patología y Terapéutica del Hormigón Armado-Dossat. Madrid 1977
- J. Charó-J. Montegu : Resinas Epóxicas-Propiedades y Aplicación en Estructuras de Hormigón. Trabajo presentado a las XIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y IV Simposio Panamericano de Estructuras, Buenos Aires 1970.
- J. Montegu : Hormigón Proyectado (apuntes)
- J. Montegu : Técnicas de Reparación de Estructuras de Hormigón (Trabajo presentado a las Jornadas de la Construcción II Región Antofagasta 1982
- J. Omerovic-Waldo Ríos : Agrietamiento del Hormigón (apuntes) Concrete Construction Vol. 29 N° 10-Oct. 1984.



Josue Smith Solar N° 360
Providencia, Santiago - Chile
Fono: (56-2) 726 0300 - Fax: (56-2) 726 0323
E-mail: ichmail@ich.cl
www.ich.cl