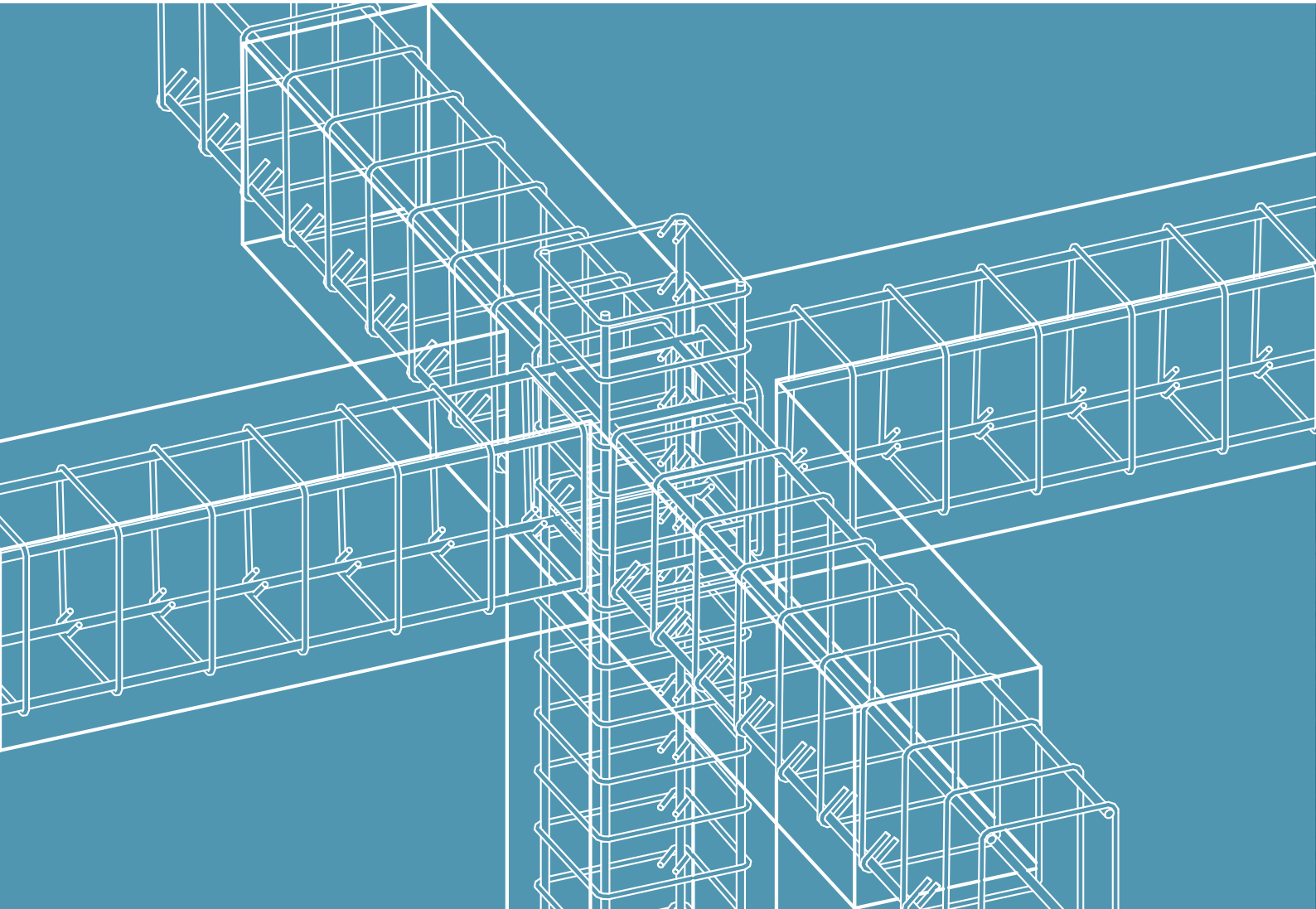




## OBJETIVO

Contribuir a la recuperación de edificaciones de hormigón armado cuya estructura se encuentra afectada por distintas lesiones, a través de un manual que contenga métodos, sistemas y técnicas de rehabilitación y reforzamiento.





Universidad de Cuenca  
Educamos para el desarrollo desde 1867

# TESIS

Manual de técnicas para rehabilitación y reforzamiento en columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos.

Presentan:  
**Garzón Guzmán James &  
Landin Romero Mauricio**

Cuenca, Azuay, Ecuador, 2017

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

Construcción Arquitectónica y Eficiencia Energética





Universidad de Cuenca  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

# “MANUAL DE TÉCNICAS PARA REHABILITACIÓN Y REFORZAMIENTO EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO DETERIORADAS POR AGENTES MECÁNICO.”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

ARQUITECTO

**Autores:**

Garzón Guzmán James Miguel  
C.I. 1400479257

Landin Romero Mauricio Alexander  
C.I. 0705188811

**Director:**

Arq. Wilson Marcelo Vázquez Solórzano  
C.I. 0300399011

**Asesores:**

Ing. Xavier Cárdenas Haro  
Arq. Pablo León Ochoa



## **RESUMEN:**

Una estructura debe ser proyectada y construida para ser capaz de soportar todas las acciones que la puedan solicitar durante el período de vida útil, manteniendo condiciones de seguridad, funcionalidad y aspecto. Sin embargo, los edificios necesitan intervenciones de recuperación debido a agentes deteriorantes.

Para ejecutar una actuación de rehabilitación, reforzamiento y/o protección, se debe entender los procesos de recuperación e identificar las fuentes de daño, para ello hay que tener un dominio de los recursos de investigación. Este documento contiene información teórica e ilustraciones de los diversos sistemas para el rescate de los elementos columna y viga de concreto, que han sido afectados por lesiones cuyas causas son de origen mecánico (deformaciones, fisuras, desprendimientos), diseñando prácticas apropiadas de intervención.

Al no existir acuerdos que permitan la normalización de la revitalización de estructuras, se planea la compilación del conocimiento disperso existente sobre la reparación, fortalecimiento y protección de los elementos columna y viga de concreto. El resultado es un significativo número de técnicas que pueden ser utilizadas por los profesionales, ofreciendo soluciones a una parte de los problemas de mantenimiento, a través de un manual técnico y práctico que además cuenta con una extensión mediante un modelo de visualización interactivo.

## **Palabras Clave:**

Manual, Hormigón, Columnas, Vigas, Lesiones, Deterioro, Degradaciones, Mantenimiento, Recuperación, Rehabilitación, Reparación, Reforzamiento, Protección.

## **ABSTRACT:**

A structure must be designed and constructed to be able to withstand all actions that may request it during the useful life, maintaining safety, functionality and acceptable appearance. However, we do know that buildings need recovery interventions due to multiple deteriorating agents.

In order to carry out a rehabilitation, reinforcement and / or protection action, the recovery processes must be understood, as well as the origins of the degradations, so that they have a mastery of the research resources. This document contains theoretical information and illustrations of the various systems for the rescue of the elements concrete column and beam, which have been affected by injuries whose causes of mechanical origin (deformations, cracks, detachments), helping to design the most appropriate intervention practices.

In the absence of an agreement that allows the standardization of the revitalization of concrete structures, it is planned to compile existing dispersed knowledge on the repair, strengthening and / or protection of concrete and column elements. The result is a large number of available techniques that can be used by professionals, offering solutions to the problems of maintenance of concrete structures, through a technical and practical manual that also has an extension of the same in an Interactive display model.

## **Keywords:**

Manual, Concrete, Columns, Beams, Injuries, Deterioration, Degradations, Maintenance, Recovery, Rehabilitation, Repair, Reinforcement, Protection.



## INDICE:

### CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1.	Durabilidad	02
1.1.1.	Factores que influyen en la durabilidad de una estructura de hormigón armado	02
1.1.2.	Estructura durable vs no durable (inversión /tiempo)	04
1.1.3.	Vida útil	04
1.1.4.	Vulnerabilidad	06
1.1.5.	Rendimiento	06
1.1.6.	Normativa	06
1.2.	Metodología para rehabilitar y reforzar elementos de hormigón	07
1.2.1.	Historial de la estructura, antecedentes	07
1.2.2.	Inspección	08
1.2.3.	Diagnóstico	17
1.2.4.	Determinación del objeto de intervención	18
1.2.5.	Selección del método de intervención	20
1.2.6.	Diseño del proyecto de rehabilitación	21
1.2.7.	Ejecución del sistema de rehabilitación	22
1.2.8.	Control de calidad.	22

### CAPÍTULO 2: CAUSAS Y LESIONES EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO

2.1.	Patologías en elementos estructurales de hormigón armado.	24
2.1.1.	Origen	24
2.1.2.	Causas	24
2.1.3.	Evolución	24
2.1.4.	Síntomas	24
2.1.5.	Estado actual	24
2.2.	Causas del deterioro en elementos de hormigón armado.	25
2.2.1.	Causas indirectas	25
2.2.2.	Causas directas	26
2.3.	Lesiones en elementos estructurales de hormigón armado.	28
2.3.1.	Lesiones de origen mecánico.	29

### CAPÍTULO 3: MATERIALES Y SISTEMAS DE REHABILITACIÓN Y REFORZAMIENTO EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO.

3.1.	Preparación y limpieza	40
3.2.	Reparación y reforzamiento	41
3.3.	Protección	47

### CAPÍTULO 4: MANUAL

4.1.	Columnas	51
4.2.	Vigas	89

## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

James Miguel Garzón Guzmán, autores del trabajo de titulación "Manual de técnicas para la rehabilitación y reforzamiento en columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Cuenca, 24 de Noviembre del 2017



James Miguel Garzón Guzmán

C.I: 1400479257

## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Mauricio Alexander Landin Romero, autores del trabajo de titulación "Manual de técnicas para la rehabilitación y reforzamiento en columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Cuenca, 24 de Noviembre del 2017



---

Mauricio Alexander Landin Romero

C.I: 0705188811

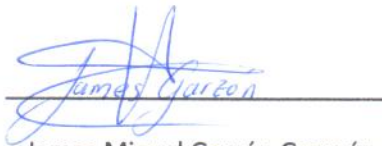
## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

James Miguel Garzón Guzmán, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Manual de técnicas para la rehabilitación y reforzamiento en columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de Noviembre del 2017



James Miguel Garzón Guzmán

C.I: 1400479257

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Mauricio Alexander Landin Romero, en calidad de autores y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Manual de técnicas para la rehabilitación y reforzamiento en columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de Noviembre del 2017



Mauricio Alexander Landin Romero

C.I: 0705188811

## TABLA DE CONTENIDOS:

### CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Durabilidad

1.1.1. Factores que influyen en la durabilidad de una estructura de hormigón armado

- Proyecto
- Ejecución
- Materiales
- Mantenimiento

1.1.2. Estructura durable vs no durable (inversión /tiempo)

1.1.3. Vida útil

- Vida útil nominal
- Fin de vida útil

1.1.4. Vulnerabilidad

1.1.5. Rendimiento

1.1.6. Normativa

#### 1.2. Metodología para rehabilitar y reforzar elementos de hormigón

1.2.1. Historial de la estructura, antecedentes

1.2.2. Inspección

- Inspecciones básicas o rutinarias
- Inspecciones principales
- Inspecciones especiales
- Métodos de análisis
- Análisis no destructivo
- Análisis destructivo
- Análisis especializados de laboratorio y matemáticos
- Test de evaluación

1.2.3. Diagnóstico

- Propósito y alcance de la investigación
- Construcción y documentación existentes
- Observaciones de campo y condiciones
- Muestreo y pruebas de materiales
- Evaluación
- Conclusiones y recomendaciones

1.2.4. Determinación del objeto de intervención

- Actuaciones de urgencia
- Actuaciones de prevención y/o protección
- Actuaciones de reparación
- Actuaciones de refuerzo
- Actuaciones de sustitución

1.2.5. Selección del método de intervención

- Aspectos técnicos
- Aspectos económicos
- Aspectos operativos
- Aspectos arquitectónicos

Aspectos medioambientales

1.2.6. Diseño del proyecto de rehabilitación

- Servicios.
- Materiales
- Equipos
- Mano de obra
- Licitación
- Programación

1.2.7. Ejecución del sistema de rehabilitación

- Identificación de la zona de actuación
- Preparación y limpieza
- Reparación del elemento
- Reforzamiento del elemento
- Protección del elemento

1.2.8. Control de calidad.

### CAPÍTULO 2: CAUSAS Y LESIONES EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO

#### 2.1. Patologías en elementos estructurales de hormigón armado.

2.1.1. Origen

2.1.2. Causas

2.1.3. Evolución

2.1.4. Síntomas

2.1.5. Estado actual

#### 2.2. Causas del deterioro en elementos de hormigón armado.

2.2.1. Causas Indirectas

- Proyecto o diseño
- Ejecución
- Materiales
- Mantenimiento

2.2.2. Causas Directas

- Físicas
- Químicas
- Biológicas
- Mecánicas

#### 2.3. Lesiones en elementos estructurales de hormigón armado.

2.3.1. Lesiones de origen mecánico.

- Deformaciones
- Grietas y fisuras
- Desprendimientos

## **CAPÍTULO 3 : MATERIALES Y SISTEMAS DE REHABILITACIÓN Y REFORZAMIENTO EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO.**

### **3.1. Preparación y Limpieza**

- 3.1.1. Cepillado
- 3.1.2. Lijado
- 3.1.3. Picado
- 3.1.4. Abujardado
- 3.1.5. Cortes
- 3.1.6. Escarificación
- 3.1.7. Chorro de agua
- 3.1.8. Chorro de aire
- 3.1.9. Chorro de arena
- 3.1.10. Chorro de granalla
- 3.1.11. Lanza térmica
- 3.1.12. Aspiración
- 3.1.13. Desengrasantes o decapantes
- 3.1.14. Soluciones ácidas y alcalinas

### **3.2. Reparación y reforzamiento**

- 3.2.1. Concreto
- 3.2.2. Mortero
- 3.2.3. Grouts
- 3.2.4. Microcementos
- 3.2.5. Aditivos
- 3.2.6. Resinas
- 3.2.7. Acero
- 3.2.8. Laminados
- 3.2.9. FRP (Fiber reinforced polymers)
- 3.2.10. Grapas
- 3.2.11. Conectores
- 3.2.12. Anclajes
- 3.2.13. Adhesivos

### **3.3. Protección**

- 3.4.1. Impregnaciones
- 3.4.2. Impregnaciones hidrofugas
- 3.4.3. Revestimientos

## **CAPÍTULO 4: MANUAL**

### **4.1. Columnas**

#### 4.1.1. Reparación

- Inyección de fisuras
- Formación de juntas
- Costura de fisuras
- Reemplazo de hormigón (aplicación manual)
- Reemplazo de hormigón (empaquetamiento seco)
- Reemplazo de hormigón (encofrado y vertido)
- Reemplazo de hormigón (encofrado y bombeo)
- Reemplazo de hormigón (encofrado, vertido y bombeo)
- Reemplazo de hormigón (encofrado, vertido y empaquetamiento seco)
- Reemplazo de hormigón (Proyectado vía seca)
- Reemplazo de hormigón (Proyectado vía húmeda)

#### 4.1.2. Reforzamiento

- Adición de armadura
- Recrecido (encofrado y vertido)
- Recrecido (proyectado)
- Recrecido zunchado y proyectado
- Empresillado metálico (soldadura)
- Empresillado metálico (anclaje mecánico)
- Encamisado FRP

### **4.2. Vigas**

#### 4.1.1. Reparación

- Inyección de fisuras
- Formación de juntas
- Inserción de barras
- Reemplazo de hormigón (aplicación manual)
- Reemplazo de hormigón (encofrado y vertido)
- Reemplazo de hormigón (encofrado y bombeo)
- Reemplazo de hormigón (Proyectado vía seca)
- Reemplazo de hormigón (Proyectado vía húmeda)

#### 4.1.2. Reforzamiento

- Adición de armadura
- Recrecido (encofrado y vertido)
- Recrecido (proyectado)
- Empresillado metálico (soldadura)
- Empresillado metálico (anclaje mecánico)
- Encamisado FRP
- Postensado externo
- Adición de elementos (columna)
- Adición de elementos (columna en apoyos)
- Adición de elementos (viga)
- Adición de elementos (pórtico)
- Adición de elementos (muro)

## LISTA DE TABLAS:

**Tabla 1.** Vida útil nominal recomendada por las normas europeas. (Helene & Pereira, 2007)

**Tabla 2.** Vida útil nominal por la normativa canadiense. (Helene & Pereira, 2007)

**Tabla 3.** Evaluación de las Propiedades del concreto

**Tabla 4.** Evaluación de condiciones físicas del concreto

**Tabla 5.** Evaluación de las propiedades del acero de refuerzo

**Tabla 6.** Clasificación de fisuras de acuerdo con su espesor. (Broto, 2006)

## LISTA DE FIGURAS:

**Figura 1.** Origen de patologías relacionadas a las etapas de producción de las obras civiles. (J. Calavera, 1996)

**Figura 2.** Desempeño de estructuras de hormigón armado con y sin mantenimiento. (Avendaño, 2006)

**Figura 3.** Comparación inversión vs tiempo, estructura durable y no durable. (Hernández & Mendoza, 2006)

**Figura 4.** Ley de Sitter, evolución de los costos.

**Figura 5.** Modelo de vida útil basado en el Modelo de Tutti. (Avendaño, 2006)

**Figura 6.** Degradación de las diferentes propiedades de un elemento constructivo. (Yepes, 2015)

**Figura 7.** Proceso del enfermero. (LeFevre, 2003)

**Figura 8.** Metodología para la rehabilitación y reforzamiento de estructuras de H<sup>a</sup>A. (Autores, 2017)

**Figura 9.** Ciclo de Inspecciones para la rehabilitación de una estructura de hormigón armado.

**Figura 10.** Niveles de análisis para la evaluación de elementos de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 11.** Esquema del proceso y estudio patológico. (Autores, 2017)

**Figura 12.** Incidencia de manifestaciones patológicas en estructuras de concreto. (Helene, P.R.L., 1986)

**Figura 13.** Incidencia a partir de la gravedad del daño en estructuras de concreto. (DAL MOLIN, D.C.C., 1988)

**Figura 14.** Incidencia de manifestaciones patológicas en estructuras de concreto. (Carmona & Marega, 1988)

**Figura 15.** Incidencia de manifestaciones patológicas en la región amazónica. (Aranha & Dal Molin, 1994)

**Figura 16.** Aplastamiento por compresión de pilar (Porto, 2005)

**Figura 17.** Fisuración por compresión en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 18.** Rotura por tracción del pilar (Porto, 2005)

**Figura 19.** Fisuración por tracción en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 20.** Rotura por flexión del pilar (Porto, 2005)

**Figura 21.** Rotura por pandeo del pilar (Porto, 2005)

**Figura 22.** Fisuración por flexión en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 23.** Rotura por cortante del pilar (Porto, 2005)

**Figura 24.** Fisuración por cortante en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 25.** Fisuración por torsión en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 26.** Aplastamiento por compresión de una viga. (Porto, 2005)

**Figura 27.** Aplastamiento por compresión de una viga. (Porto, 2005)

**Figura 28.** Fisuración por compresión en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 29.** Fisuración por tracción en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 30.** Rotura por flexión de una viga. (Porto, 2005)

**Figura 31.** Fisuración por flexión en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 32.** Rotura por cortante de una viga. (Porto, 2005)

**Figura 33.** Fisuración por torsión en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 34.** Rotura por torsión de una viga. (Porto, 2005)

**Figura 35.** Fisuración por torsión en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

**Figura 36.** Escamado (MRC TECH TALK, 2016)

**Figura 37.** Pop out (Concrete Alberta, 2016)

**Figura 38.** Descantilladura (waterproofing Brisbane)

**Figura 39.** Delaminaciones (George W. Seegebrecht, ConcreteNetwork.com)

**Figura 40.** Reparación y reforzamiento de armaduras (Autores, 2017)



## **DEDICATORIA:**

Este trabajo quiero dedicarlo a todas las personas que comparten mi felicidad y son parte de ella, quienes llevo en mi memoria a todas partes, mi familia. Especialmente a mis padres quienes formaron mis primeras enseñanzas, satisfaciendo mis curiosidades desde niño, inculcando en mí, todos los valores que poseo, aquellos que han sido base fundamental en mis decisiones. Lo dedico a ellos que se han mantenido a mi lado apoyándome incansablemente en el alcance de mis metas. Cada vez que en mi rostro descubran una sonrisa sepan que ustedes son la razón.

Quiero incluir en esta dedicatoria a mis amigos con quienes comparto grandes momentos, así mismo a los que siempre recuerdo con mucho cariño.

Landín Romero Mauricio Alexander (2017)

## **AGRADECIMIENTO:**

Agradecemos a todas las personas que aportaron con sus conocimientos al engrandecimiento de nuestro saber, quienes supieron orientarnos a lo largo de toda nuestra vida estudiantil. Su colaboración, dedicación y entrega hacia la enseñanza son sumamente valorados por nosotros, extendemos nuestro agradecimiento por el aprendizaje adquirido tanto académico como humano.

Queremos hacer parte de este agradecimiento, también, a la Universidad de Cuenca, a su personal administrativo y colaboradores, quienes aportan a diario su mejor esfuerzo para brindarle la calidad que tanto la caracteriza. Nos envuelve un gran orgullo y un inmenso sentido de pertenencia a la Universidad de Cuenca y principalmente a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, nuestra casa durante este período académico.

Garzón James & Landín Mauricio (2017)

## INTRODUCCIÓN:

Los edificios que alcanzan o rebasan los años de uso recomendados necesitan intervenciones de recuperación, más aún si el mantenimiento ha sido nulo, y sobre todo porque la mayoría se ejecutaron con instrucciones muy laxas. Dentro de los aspectos prioritarios en la estimación de la vida útil de la edificación se encuentra la durabilidad, la cual se relaciona con la capacidad que tienen las estructuras para conservar inalteradas sus propiedades ante la degradación de sus componentes por variados efectos. Las variables que suponen la demolición, eliminación y reconstrucción de las estructuras de hormigón justifican la orientación actual hacia la construcción y rehabilitación de las edificaciones enfocadas en su durabilidad.

La ejecución de rehabilitaciones o refuerzos de la estructura no pueden realizarse a través de pasos estrictamente establecidos debido a las particularidades que presentan cada proyecto. Pero, se puede constituir una guía para la exploración e intervención de los fallos que se manifiesten en los elementos de hormigón, empezando con una valoración para posteriormente realizar un diagnóstico y planificar los métodos de actuación, ejecutarlos y evaluar la condición de estos, la calidad de la actuación depende de la buena práctica de cada etapa.

Para enfrentar un fallo constructivo hay que entender como se ha desarrollado desde su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado actual. Un proceso patológico no se suprime totalmente hasta que no se ha interrumpido su origen, una vez anulado este se procederá a la reparación del efecto que este provoco, teniendo como objetivo restituir en lo posible el aspecto y funcionalidad del elemento constructivo.

Los daños causados por agentes mecánicos tienen su procedencia de acciones de carga y sobrecarga, movimientos, impactos y abrasión, estas tienden a presentar manifestaciones como deformaciones, fisuras y desprendimientos. Suele ocurrir que la causa de una lesión es provocada por otra anterior, por ejemplo, una deformación que se ve sometida a un esfuerzo mecánico demasiado intenso tiene como consecuencia la aparición de fisuras y desprendimientos, así mismo la apertura de brechas expone a la estructura a ataques por agentes físicos, químicos o biológicos.

Los materiales y sistemas usados en la rehabilitación y refuerzo de edificaciones son sumamente extensos, no podemos abarcar todos los productos expuestos en el mercado, pero estos se pueden agrupar en tres áreas, preparación y limpieza, reparación y refuerzo, y finalmente productos para la protección. Las acciones de preparación y limpieza están ligadas a la correcta adherencia de los nuevos materiales, en la reparación y refuerzo se hace hincapié en la elección del material el cual debe tener propiedades similares al del material base promoviendo la compatibilidad entre ambos, los materiales y sistemas de protección buscaran el aislamiento de la superficie del hormigón de acciones agresivas como las del medio ambiente, contaminantes, ácidos, álcalis, sulfuros, abrasión fuego, hielos y deshielos, agua, oxígeno, etc.

La implementación de técnicas de reparación y reforzamiento en elementos estructurales de hormigón armado deteriorados por agentes mecánicos son beneficiosas, evitan dejar fuera de servicio y la posterior demolición del edificio. La intervención logra resultados factibles rápidos y económicos, mejorando principalmente las características de resistencia, rigidez o ductilidad según sea el caso requerido.

## **OBJETIVO GENERAL:**

Contribuir a la recuperación de edificaciones de hormigón armado cuya estructura se encuentra afectada por distintas lesiones, a través de un manual que contenga métodos, sistemas y técnicas de rehabilitación y reforzamiento.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar causas, procesos patológicos y lesiones que se presentan en columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos.

Identificar procedimientos, ventajas y desventajas de diferentes técnicas de reforzamiento para columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos.

Generar un manual con información teórica y representaciones gráficas de las distintas técnicas de reforzamiento para columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos.

# CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

- 1.1 Términos y definiciones
- 1.2. Durabilidad
- 1.3. Metodología para rehabilitar y reforzar elementos de hormigón

## MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 1

Tras el intenso incremento de construcciones se estiman problemas tan severos en el mantenimiento y la sostenibilidad de las estructuras de modo que se tienen que conseguir indicadores mínimos de servicio que permitan un uso fiable y apropiado de las mismas. Las acciones sobre las estructuras como modificaciones y mejoras que hacen de un elemento inadmisiblemente aceptable son parámetros que inciden directamente en la durabilidad y la vida útil de una edificación. Estas labores se ajustan a una metodología que empieza por una valoración que nos conduce a un diagnóstico, se planifican métodos de actuación, se ejecutan y se evalúa el éxito de los mismos.

#### 1.1. DURABILIDAD

Para hablar sobre los factores que perjudican la durabilidad del hormigón armado, es necesario primeramente definir el concepto de durabilidad (Yepes, 2015). El ACI 201.2r (2016) define la durabilidad como “la capacidad para resistir la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Un hormigón durable conservará su forma, calidad y condiciones de servicio originales, cuando se exponen a su ambiente”.

Por otra parte, la instrucción española de hormigón estructural (EHE-08, 2011) precisa la durabilidad de una estructura de hormigón como “su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural. una estructura durable debe conseguirse con una estrategia capaz de considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases de proyecto, ejecución y uso de la estructura”.

La norma ISO 15686-1 (2011) explica la durabilidad como “la capacidad de los edificios o alguna de sus partes para desenvolver el papel para el cual fueron diseñados durante un período específico bajo la influencia de determinados agentes”.

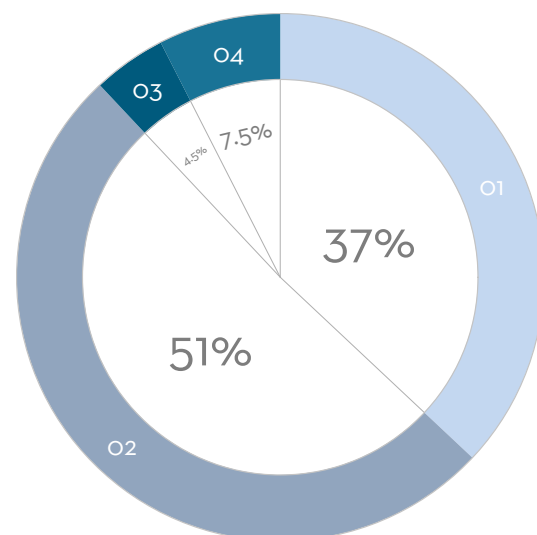
Algunos autores ofrecen definiciones de durabilidad, tomando en cuenta la variable del cambio climático. Es el caso de Mendoza y Castro, que explican la durabilidad como la capacidad de un material de

construcción, elemento o estructura de hormigón de resistir las acciones físicas, químicas, biológicas y ambientales ligadas al efecto del cambio climático global en el entorno donde se desarrolla durante un tiempo establecido desde el proyecto, manteniendo su capacidad para desempeñar las funciones para las cuales fue diseñado y construido, además, conservando su geometría original, cualidades mecánicas y condiciones de servicio. (Yepes, 2015)

#### 1.1.1. Factores que influyen en la durabilidad de una estructura de hormigón armado

Para lograr un concreto durable se deben considerar diversos aspectos en las etapas de producción y mantenimiento de obras civiles. Un correcto diseño de la estructura de hormigón, y consecuentemente una adecuada ejecución del proyecto contribuyen con mejorar las cualidades de la estructura, además se debe contar con materiales de buena calidad, y establecerse condiciones de uso y mantenimiento para evitar daños durante la vida útil de la edificación. (Hernández & Mendoza, 2006)

En la figura 1 se detallan los valores estadísticos que indican el porcentaje de fallo que pueden producirse en el edificio desde su concepción. Cabe mencionar que estos valores no son universales sino corresponden a la recolección y tabulación de datos de varios países europeos, cifras que varían considerablemente entre sitios incluso próximos, dependiendo esta información de múltiples factores de la localidad.



O1 Proyecto                      O2 Ejecución  
O3 Materiales                    O4 Uso y mantenimiento

Figura 1. Origen de patologías relacionadas a las etapas de producción de las obras civiles. (J. Calavera, 1996)

**Proyecto:**

El proyecto debe incluir las medidas necesarias para que la estructura alcance la duración de vida útil estimada. Para ello, deberá incluir una estrategia de durabilidad, conforme a los siguientes criterios:

- Elegir formas estructurales viables que no comprometan a la estructura.
- Obtener una calidad apropiada de los materiales de construcción.
- Adoptar un recubrimiento apto para una efectiva protección.
- Controlar los valores límites en aberturas por fisuración.
- Disponer de protecciones superficiales oportunas para ambientes muy agresivos.
- Tomar medidas de protección para las armaduras ante agentes deteriorantes.

El diseñar una estructura por durabilidad aporta ventajas técnicas y económicas. Técnicamente permite que la estructura tenga un mejor desempeño ante sus propias condiciones de servicio, mayor vida útil, y, por lo tanto, la disminución en reparaciones, hecho que en términos económicos minimiza costos operacionales y de mantenimiento, esto aporta a la rentabilidad del proyecto. (Hernández & Mendoza, 2006)

**Ejecución:**

La calidad de la ejecución de una estructura de hormigón armado tiene una influencia decisiva para conseguir una estructura durable. Así mismo, las especificaciones concernientes a la durabilidad deberán realizarse en su totalidad conforme a lo señalado en el proyecto. No se permitirá compensar los efectos derivados por el incumplimiento de alguna de ellas, ya que los procesos para la construcción de cada nuevo elemento durante la concepción de la obra pueden alterar el comportamiento mecánico de parte de la estructura ya concebida.

Cualquier modificación de los procesos de ejecución correspondiente a lo planteado en el proyecto, deberá ser anticipadamente aprobada por quienes componen la dirección facultativa de la obra. (EHE-08, 2011)

**Materiales:**

Un material de construcción es cualquier producto procesado o fabricado destinado a ser incorporado con carácter permanente en cualquier edificación. De manera general, los materiales de construcción deben satisfacer los siguientes requisitos:

- Resistencias mecánicas afines con su función.
- Resistencia a agentes agresivos.
- Estabilidad física (dimensional).
- Seguridad para su manejo y utilización.
- Protección de higiene, salud de obreros y usuarios.
- No conspirar contra el ambiente.
- Aislamiento térmico y acústico (colabora en el ahorro de energía).
- Estabilidad y protección en caso de incendio.
- Comodidad de uso, estética y economía.

Los materiales de construcción se evaluarán y serán verificados por los organismos competentes, para que cumplan los requerimientos vigentes de la localidad. En el caso de que estos documentos no se encuentren disponibles, se examinarán los materiales remitiéndose a validaciones dadas por las normas internacionales actuales. (NEC, 2014)

**Mantenimiento:**

Se entiende por mantenimiento al conjunto de actividades necesarias para que el nivel de servicio para el que ha sido proyectada la estructura no disminuya, vinculando las características de resistencia mecánica, durabilidad, funcionalidad y estética. Para ello, a partir de la entrada en servicio de la edificación, se deberá programar y efectuar actividades de mantenimiento, de forma coherente con los criterios adoptados en el proyecto. (EHE-08, 2011)

El mantenimiento puede ser de carácter preventivo o correctivo los cuales tienen como finalidad evitar, corregir o retrasar la aparición de problemas, de lo contrario estos tendrían una resolución más complicada y un costo económico en ascenso a medida que avanza la vida de la estructura. Además, debemos tomar en cuenta que existen elementos constructivos que tienen una misión específica exigiendo una mayor atención durante la existencia de la edificación.

El proyecto de mantenimiento debe ser considerado por el diseñador desde el principio, ya que los fallos pueden detenerse a tiempo si se detectan y atienden oportunamente, antes de extenderse de manera epidémica (Hernández & Mendoza, 2006). Un plan de inspección y mantenimiento puede abarcar los siguientes puntos:

- Descripción de la estructura y de las clases de exposición de sus elementos.
- Considerar previamente la vida útil.
- Estimar los puntos críticos de la estructura.
- Establecer la periodicidad de las inspecciones.
- Dotar de medios para el cómodo acceso a las distintas partes de la estructura.

- Recomendar técnicas y criterios de inspección.
- Identificar y detallar técnicas de mantenimiento apropiadas.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de una estructura de concreto después de un proceso de reparación. Cuando la estructura no recibe mantenimiento sufre un deterioro en su desempeño. Mientras que, si la estructura recibe un mantenimiento constante, se alcanza un nivel adecuado de desempeño durante más tiempo.

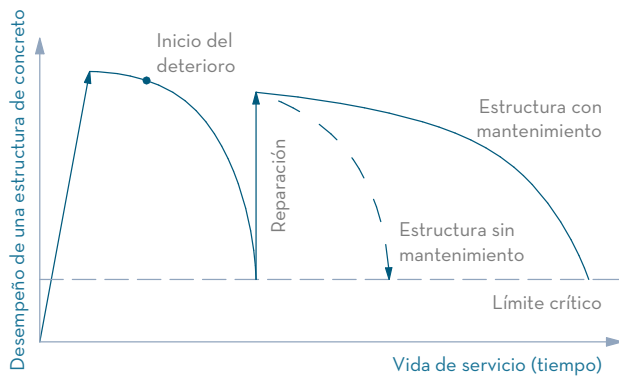


Figura 2. Desempeño de estructuras de hormigón armado con y sin mantenimiento. (Avendaño, 2006)

### 1.1.2. Estructura durable vs no durable (inversión / tiempo)

Es importante tener una visión del ahorro de una estructura diseñada por durabilidad. La figura 3 muestra la comparación entre una estructura tradicional y una estructura diseñada por durabilidad, la primera requiere una menor inversión inicial, pero a través del tiempo solicita reiteradas inversiones para seguir brindando un adecuado servicio. En cambio, la estructura diseñada por durabilidad tiene una inversión inicial mayor, pero no necesita mayor intervención para seguir funcionando. (Hernández & Mendoza, 2006)

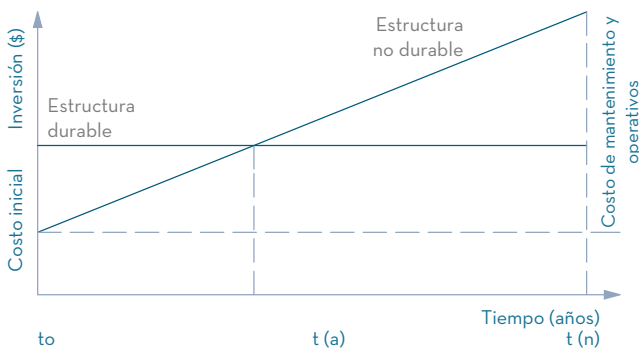


Figura 3. Comparación inversión vs tiempo, estructura durable y no durable. (Hernández & Mendoza, 2006)

Sitter, colaborador del CEB-FIP (Fédération internationale du béton / International Federation for Structural Concrete - Comité européen du béton / European Committee for Concrete), afirma que las correcciones serán más duraderas, más efectivas, más fáciles de ejecutar y mucho más económicas, cuanto más antes sea ejecutada la intervención (Helene & Pereira, 2007). La "Ley de Sitter" prevé los costos crecientes según una progresión geométrica, fragmentando las etapas constructivas y de uso en cuatro periodos, conforme se muestra en la figura 4. (Helene & Pereira, 2007)

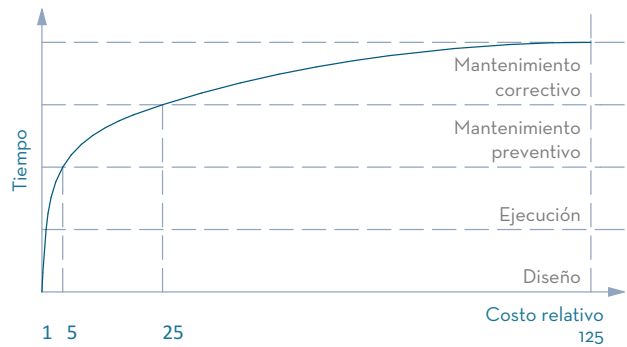


Figura 4. Ley de Sitter, evolución de los costos.

### 1.1.3. Vida útil

El concepto de vida útil suele ser confundido con el de durabilidad. Puede considerarse que la vida útil es la cuantificación de la durabilidad, y por esta razón es importante proyectar y construir pensando en estos criterios para prolongar la existencia de las edificaciones. (Yepes, 2015)

La Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08, 2011) define la vida útil de una estructura como el período de tiempo, a partir de la fecha en la que finaliza su ejecución, durante ese período requerirá una conservación normal, que no comprenda operaciones de rehabilitación. Para la norma ISO 15686-1 (2011) la vida útil de un edificio es el período de tiempo después de la instalación o construcción durante el cual un edificio o sus partes cumplen o exceden las condiciones mínimas de utilidad para lo cual fueron diseñados y construidos.

Por otra parte, tomando como referencia CEB / FIP, por vida útil se entiende el periodo de tiempo en el cual la estructura es capaz de desempeñar las funciones para las cuales fue proyectada sin necesidad de intervenciones no previstas, o sea, las operaciones de mantenimiento previstas y especificadas aun en la fase de proyecto hacen parte del periodo total de tiempo durante el cual se tolera que la estructura está cumpliendo bien su función. (Helene & Pereira, 2007)



Algunos autores han propuesto una definición de vida útil teniendo en cuenta efectos del cambio climático. Estos fijan la vida de servicio como el periodo de tiempo durante el cual el desempeño de un material, elemento o estructura conserva los requerimientos de seguridad, funcionalidad y estética, con un mínimo de mantenimiento que permita controlar los efectos del cambio climático global en su entorno. (Yepes, 2015)

Para asegurar una larga vida útil del hormigón, es indispensable tener en cuenta una serie de cuidados con la finalidad de asegurar la suficiente calidad del material para que responda a las demandas de la obra, tales como resistencias mecánicas y resistencia a agentes agresivos e intemperie. (NEC, 2014)

### Vida útil nominal:

Esta depende del tipo de estructura y debe ser fijada al inicio del proyecto. En principio debe corresponder al propietario asistido por los responsables del proyecto arquitectónico y estructural, definir la extensión de la vida útil de la estructura, registrándola en el expediente técnico de la obra.

Corresponde a los responsables del diseño analizar las condiciones de exposición y dependiendo de la importancia de la estructura como un todo, o de sus partes, escoger los detalles adecuados que contribuyan a asegurar la vida útil de proyecto, conforme lo especificado por las normativas vigentes en el lugar donde se vaya a desarrollar el proyecto. (Helene & Pereira, 2007)

Comité Europeo de Normalización CEN / EN 206,1994	
Vida útil	Tipo de estructura
1 a 5 años	Temporales
25 años	Sustituibles
50 años	Edificios nuevos
100 años	Obras de arte nuevas

Tabla 1. Vida útil nominal recomendada por las normas europeas. (Helene & Pereira, 2007)

Canadian Standards Association 2007	
Vida útil	Tipo de estructura
Hasta 10 años	Temporales
10 a 24 años	Corta vida
25 a 49 años	Vida media
50 a 99 años	Larga vida
> 100 años	Permanente

Tabla 2. Vida útil nominal por la normativa canadiense. (Helene & Pereira, 2007)

### Fin de vida útil:

Es difícil determinar cuándo se produce el final de vida útil de una edificación. Según ciertos autores el final de la vida útil se presenta cuando los materiales o componentes de construcción, ya no responden a los rendimientos requeridos por la edificación y ya no conviene económicamente continuar con un mantenimiento correctivo. Otros profesionales denominan el final de la vida útil de una construcción como un punto en el tiempo en el cual la obra deja de asegurar la correcta función de actividades que en ella se desenvuelven, por obsoleta funcionalidad, ausencia de rentabilidad económica o degradación de sus componentes más determinantes. (Yepes, 2015)

En la figura 5, se observa las etapas de la vida útil de una estructura. Donde la funcionalidad de la estructura se ve disminuida (vida residual) porque la carga de servicio es mayor que la capacidad de los elementos.

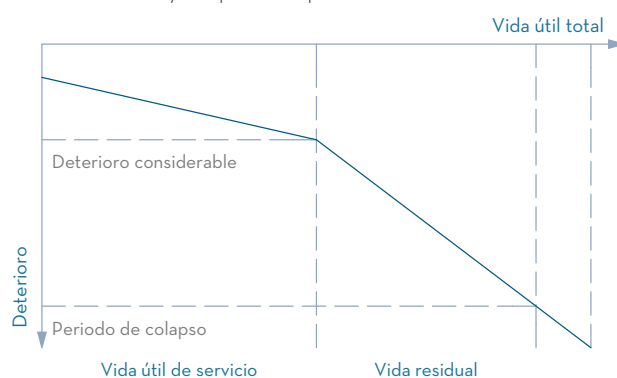


Figura 5. Patrón de vida útil basado en el modelo de Tutti. (Avendaño, 2006)

En la siguiente figura, elaborada por Ferreira (2009), se muestra como el fin de la vida útil está condicionado por criterios de seguridad, funcionalidad y aspecto. La seguridad es el punto más importante, por lo que tiene un nivel de exigencia superior a los otros criterios. A pesar de eso, el fin de la vida útil puede condicionarse sólo por razones estéticas o funcionales.

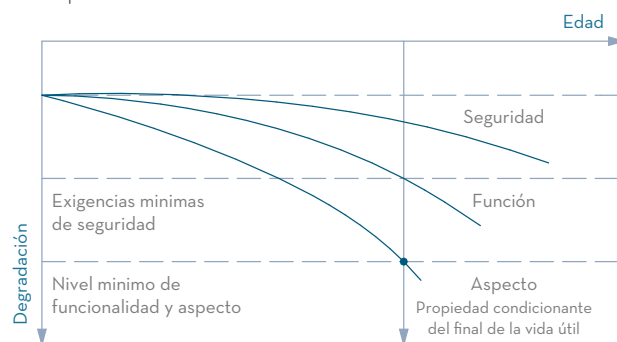


Figura 6. Degradación de las diferentes propiedades de un elemento constructivo. (Yepes, 2015)

#### 1.1.4. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad, es entendida como la posibilidad de presentarse un daño, al quedar la estructura o sus componentes expuestos a las acciones externas presumibles durante su vida útil. Esta depende de la calidad del elemento constructivo, así como de la solución constructiva empleada. La durabilidad de un producto de construcción establecida a partir de la vulnerabilidad del mismo debe abarcar los siguientes campos para su concepción (Yepes, 2015):

- La funcionalidad constructiva de los elementos en el edificio.
- Las acciones externas que actúan sobre el elemento constructivo.
- La calidad del producto.

Cuando se evalúa la vulnerabilidad estructural, se encuentra que varias edificaciones son inseguras frente a agentes físicos, químicos, biológicos, mecánicos, en este caso se hace necesario rehabilitar. Si hablamos de rehabilitación desde el punto de la vulnerabilidad, lo que se trata es de llevar una edificación de una curva con mayor vulnerabilidad, a una curva de baja vulnerabilidad, es decir reducir el riesgo, para de forma directa, garantizar seguridad y confiabilidad del sistema, ya que resulta imposible reducir el peligro presente por condiciones impuestas por la naturaleza. (Silva & Sarria, 2010)

La estimación del riesgo define por si misma un periodo de tiempo para el cual se presentará cierto nivel de daño, se busca que ese periodo de tiempo sea mucho mayor a la vida útil de la edificación, para que esta cumpla su ciclo mucho antes de tener que ser reparada. (Silva & Sarria, 2010)

En el contexto de rehabilitación, es necesario tener en cuenta que se están modificando las variables clásicas de diseño que son: rigidez, resistencia, masa, capacidad dúctil y conocimiento del movimiento. En ocasiones se ha llegado a rehabilitar edificaciones que en realidad no lo han necesitado, o se han dejado de arreglar aspectos que influyen en un comportamiento global negativo. (Silva & Sarria, 2010)

#### 1.1.5. Rendimiento

El rendimiento, es la idoneidad del material para llevar a cabo sus funciones dentro del sistema edificado, y se puede medir tanto cuantitativamente como cualitativamente, dependiendo de las solicitaciones de diseño, las condiciones de la fase de uso, operación y mantenimiento del inmueble. Por su lado, el British

Standards Institute explica al rendimiento de una edificación como el comportamiento de un producto durante su utilización. Tanto la vida útil como el rendimiento tendrán dependencia directa de los factores de uso del material, no solo aisladamente, sino de manera íntegra con el edificio como parte de un sistema completo. (Yepes, 2015)

#### 1.1.6. Normativa

Las nuevas normativas buscan que las edificaciones sean idóneas para su uso durante su vida útil. Debido a los problemas detectados la tendencia es incluir más la durabilidad en los reglamentos de construcción, para que en el futuro se evidencien obras con un mejor desempeño ante sus condiciones de servicio.

El American Concrete Institute, elaboro capítulos que permiten predicciones de la evolución del deterioro de las estructuras a través de modelos de comportamiento que viabilizan proyectar para la durabilidad y no apenas para la resistencia mecánica y seguridad estructural. Considerando enfoques más globales para el diseño de las edificaciones.

La normativa que actualmente rige el diseño, construcción y control de las estructuras de hormigón de manera más precisa es la Instrucción Española de Hormigón Estructural, esta regula las estructuras de hormigón armado. El aporte más significativo que introdujo esta norma fue el especial hincapié que hace a la durabilidad del hormigón, dedicando un capítulo entero (VII) a este concepto.

En Ecuador, con la finalidad de regular los procesos que permitan cumplir con las demandas básicas de seguridad y calidad, se han especificado parámetros, objetivos y métodos con base a los siguientes criterios:

- Implantar parámetros mínimos para la seguridad y salud de los usuarios.
- Enriquecer los mecanismos de control y mantenimiento.
- Definir los principios de diseño y ejecución con niveles mínimos de calidad.
- Reducir el consumo energético y mejorar la eficiencia energética.
- Abogar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad.
- Fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los involucrados.

## 1.2. METODOLOGÍA PARA REHABILITAR Y REFORZAR ELEMENTOS DE HORMIGÓN

Para definir una guía sobre la auscultación e intervención de las estructuras de hormigón armado, se ha tomado como punto de comparación las técnicas de diagnóstico empleadas en el área médica. Además de analizar el proceso propuesto por la norma europea EN 1504 (2010) y el capítulo de la norma ecuatoriana de la construcción referente a la rehabilitación sísmica de estructuras. (NEC, 2014)

En medicina, la semiología clínica identifica las diversas patologías, como indagar en estas manifestaciones, como agruparlas en síndromes, y como interpretarlas, jerarquizarlas y razonarlas, llegando así a un diagnóstico. Dentro de esta área tenemos también el proceso del enfermero (figura 7), que se describe como un método sistematizado para brindar cuidados humanistas centrados en el logro de sus objetivos de forma eficiente.

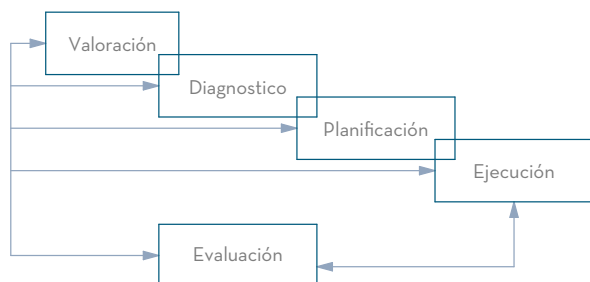


Figura 7. Proceso del enfermero. (LeFevre, 2003)

Por otro lado, existen cuatro fases esenciales en el proceso de reparación y protección de las construcciones de hormigón según la Norma Europea EN 1504 (2010). Empezando por una correcta evaluación del estado de la obra, para ello hay que examinar los desperfectos visibles y no visibles y los potencialmente posibles. De la misma manera, hay que considerar los agentes a los que ha estado expuesta y determinar los que puedan darse en el futuro (inspección). Hay que identificar el o los orígenes de las causas del deterioro y establecer si sus defectos pertenecen a razones mecánicas, físicas y/o químicas (diagnóstico). Una vez reconocidas las causas se deberá optar por variadas soluciones teniendo en cuenta las futuras solicitaciones de la estructura (determinación del objeto de la reparación). Para poder satisfacer los futuros requerimientos de la estructura será necesario distinguir los principios más adecuados para su reparación y después a partir de ellos, el método más apto para intervenir el elemento (selección del método y principios apropiados para la reparación).

Por último, las normativas ecuatorianas de la construcción no abarcan un capítulo referente a técnicas de rehabilitación de elementos estructurales, pero podemos tomar referencia de la NEC-SE-RE que se vincula con la rehabilitación sísmica de edificaciones existentes estableciendo los lineamientos para la evaluación del riesgo en edificios, incluyendo parámetros para inspeccionar y evaluar rápidamente las estructuras. Las etapas del proceso de rehabilitación sísmica son las siguientes:

- Definición del objetivo de rehabilitación.
- Levantamiento de información y ensayos.
- Evaluación de la estructura.
- Modelación, análisis y criterios de aceptación.
- Diseño y Rehabilitación, selección de estrategias.

El proceso planteado a continuación (figura 8) es una adaptación de las múltiples fuentes de información que especifican variados métodos para la rehabilitación y reforzamiento de elementos de concreto.

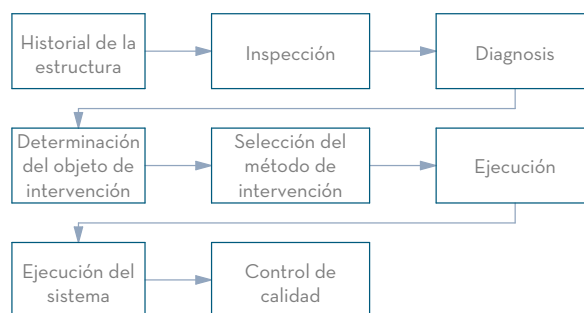


Figura 8. Metodología para la rehabilitación y reforzamiento de estructuras de HªA. (Autores, 2017)

Haciendo una comparación con el proceso del enfermero, el historial de la estructura y la inspección corresponden a la valoración, mientras que la diagnóstico y la determinación del objeto de intervención asemejan el diagnóstico, la selección del método de intervención y el diseño de la propuesta de actuación concuerdan con la planificación, por último, la etapa de ejecución y el control de calidad corresponden a la ejecución y valoración respectivamente. Hay que tomar en cuenta que la calidad de cada paso del proceso depende de la buena ejecución de la etapa que lo antecede.

### 1.2.1. Historial de la estructura, antecedentes

El conocimiento profundo del edificio nos proporcionará posibilidades metodológicas en la puesta al día del historial constructivo y el historial patológico de la estructura. La investigación indagará la importancia de las situaciones y problemas que se han producido durante el transcurso de los años.

Desde el punto de vista constructivo y estructural, se tienen que conocer las fases de obra e intervenciones posteriores, así como las soluciones que se adoptaron, los materiales empleados en cada caso y los usos de la edificación. Este estudio se realizará teniendo como base las personas y circunstancias que permitieron la realización del proyecto inicial, analizando la cronológica del acontecimiento que se han producido hasta el momento de la restauración. Compete al propietario conservar la documentación del proyecto completo, dotando de la siguiente información a los profesionales:

- Estudios preliminares
- Información del diseño original del proyecto
- Memorias de cálculo estructural y civil.
- Planos arquitectónicos, estructurales, eléctricos, mecánicos, hidrosanitarios, etc.
- Especificaciones constructivas y de materiales
- Normativa de diseño empleada
- Información verbal

En términos generales, la obtención de la mayor documentación posible del edificio nos marcara las bases y pautas para realizar una intervención correcta y profesional y lo más importante sin alterar el edificio.

### 1.2.2. Inspección

Una vez que se haya revisado el diseño, la construcción, los materiales disponibles, la información, el historial de servicio de la estructura, lo siguiente será realizar observaciones de campo para verificar la información obtenida anteriormente y evaluar la condición actual de la estructura.

Se entiende por inspección, el conjunto de actuaciones técnicas realizadas de forma sistemática y ordenada, que suministran datos indispensables para conocer en una ocasión dada el estado de conservación de la edificación. Al mismo tiempo, se evalúa cualitativa y cuantitativamente los daños observados. La sistemática permite asegurar la calidad del trabajo, evitando olvidos, descuidos e irregularidades entre unas labores y otras. El tiempo empleado en el trabajo debe ser el suficiente como para garantizar que éste sea completo y de calidad.

La inspección no se limita sólo a la estructura, sino a un conjunto más amplio, pudiendo existir elementos ajenos, cuyas afecciones puedan incurrir en la funcionalidad, durabilidad y seguridad de la construcción. (Gobierno de España, 2012)

Una inspección debe tener las siguientes características:

- Objetiva, debe ser independiente del inspector que la realice.
- Homogénea, la toma de datos tiene que ser uniforme.
- Comparable, le corresponde posibilitar la ordenación de prioridades.
- Fiable, debe permitir la localización de la totalidad de deterioros.

Previamente a la realización de la inspección, debe llevarse a cabo una planificación que tiene que comprender la preparación de las fichas de inspección, estas fichas son específicas para los distintos tipos de elementos de la construcción. Además de un análisis y preparación de los medios necesarios para poder inspeccionar todos los elementos de la edificación.

La “Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado”, de la Dirección General de Carreteras (2012), distingue tres niveles de inspección, que se singularizan en su intensidad, frecuencia, medios humanos y materiales empleados. Estas son: básicas o rutinarias, principales y especiales.

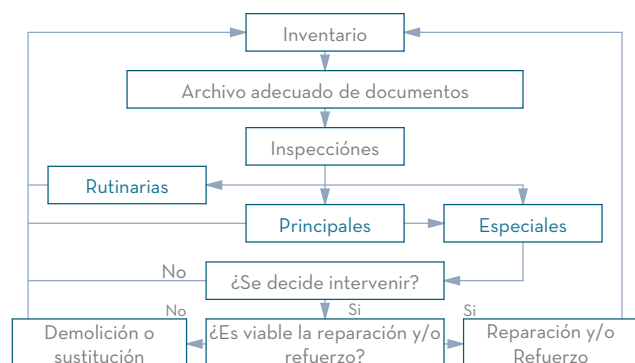


Figura 9. Ciclo de Inspecciones para la rehabilitación de una estructura de hormigón armado.

#### Inspecciones básicas o rutinarias:

Se trata del primer escalón dentro de las inspecciones, las actividades son realizadas por personal no necesariamente especializado, pero instruido mediante nociones básicas. Este proceso de carácter visual, puede ser útil al momento de brindar una información muy completa sobre las causas que han motivado los daños. (Yepes, 2016)

Este nivel de inspección permite detectar deterioros tempranos y así evita que estos evolucionen, revelando problemas de importancia, sin esperar a la realización de inspecciones de nivel superior que podrían conducir a complicaciones con el transcurso del tiempo. (Yepes, 2016)

En este sentido, deben efectuarse periódicamente indagaciones elemento por elemento y no sólo de los principales sino también de los auxiliares no estructurales de vida útil inferior a la de la estructura observando tipos de daños y la evolución de los mismos en el tiempo, cuya degradación pueda afectar negativamente a la estructura. La periodicidad de estas inspecciones deberá ser recomendada en el diseño.

### Inspecciones principales:

Trata de una inspección visual meticulosa, sin necesidad de usar medios especializados. Se realizan dependiendo de los recursos humanos y técnicos disponibles. El personal que lleva a cabo estas labores comprende especialistas dirigidos por un ingeniero con fuertes conocimientos estructurales, patológicos y de áreas geológico - geotécnicas.

Se recomienda una primera inspección principal, llamada "Inspección cero", esta se debe llevar a cabo antes de poner en servicio el edificio. La información recolectada servirá de referencia para determinar la aparición y evolución de lesiones. El resultado de esta inspección es un informe de evaluación de la estructura de carácter visual y la marca de condición del inmueble. (Gobierno de España, 2012)

Las periodicidades de las inspecciones principales dependen de los recursos, aunque puede ocurrir que se tengan que ejecutar de manera inesperada por informes indicando que la seguridad del edificio se encuentra comprometida y requiere una exploración inmediata. (Yepes, 2016)

### Inspecciones especiales:

Las inspecciones especiales no son sistemáticas ni de carácter periódico, sino que son consecuencia de los daños de gran magnitud detectados en inspecciones principales o por alguna situación extraordinaria. Suelen ser las últimas inspecciones en emplearse por su singularidad, estas son las más próximas y previas a las labores de reparación o refuerzo. Se centran en exploraciones específicas y valoraciones analíticas para la correcta y precisa formulación del diagnóstico. (EHE-08, 2011)

El alcance de la inspección en esta etapa demanda datos cuantitativos completos que suelen ser vitales para la evaluación del inmueble. Es usual el empleo de los test y ensayos destructivos o semidestructivos, con los resultados obtenidos se redacta un informe de caracterización y evaluación de daños o un proyecto de reparación. (Yepes, 2016)

Este nivel de reconocimiento necesariamente implica la presencia de un equipo técnico multidisciplinar, cualificado y altamente especializado en el tema. Para la dirección de los trabajos se exige de un profesional jefe con amplia experiencia que disponga de conocimientos estructurales y de gestión suficientes para asociar los conocimientos de todo el equipo de trabajo. Asimismo, se necesita un plan previo a la inspección, detallando y valorando los aspectos a estudiar, así como las técnicas y medios a emplear. Este tipo de inspección puede tener recursos tan variados que resulta difícil detallarlo dentro de un proceso sistemático de gestión. (Yepes, 2016)

### Métodos de análisis:

Los procesos de evaluación no pueden normalizarse en una serie de pasos bien definidos, ya que el número y el tipo de ensayos varían dependiendo del propósito de la investigación, condición física de la estructura, completitud del diseño disponible, documentos de construcción, tipo, fuerza y calidad de los materiales de construcción existentes. (ACI- 364, 2007)

Para proceder con los métodos de análisis debe considerarse un programa de ensayos, instituyendo los parámetros a ser determinados, los tipos de ensayo por realizar, y la norma aplicable para su realización. Además, resulta conveniente que el responsable del estudio se haga preguntas tales como:

- ¿Qué información requiero?
- ¿Con qué precisión la necesito?
- ¿Qué técnica me puede dar dicha información con esa precisión?
- ¿Qué decisiones voy a adoptar en función de los resultados?

La selección de pruebas se basará en una combinación de factores tales como accesibilidad, daño, costo, velocidad y confiabilidad del método. En general contamos con tres tipos de análisis para la determinación del estado de la estructura, pruebas no destructivas, pruebas destructivas y pruebas especializadas de laboratorio y matemáticas (figura 10).

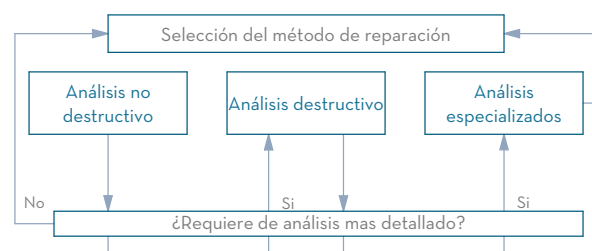


Figura 10. Niveles de análisis para la evaluación de elementos de hormigón armado. (Autores, 2017)

### **Análisis no destructivo:**

Las pruebas no destructivas generalmente no perjudican el rendimiento del elemento sometido a ensayo. Todos los métodos no destructivos pueden realizarse directamente in situ sin retirar una muestra, aunque pueda ser necesario eliminar los acabados superficiales. (Bungey, Millard & Grantham, 2006)

Según el ACI 228.2R-13, los ensayos de tipo no destructivo proveen información importante sobre el desempeño estructural y la durabilidad del concreto. Este análisis sirve como base para los siguientes niveles del procedimiento de diagnóstico. Por lo tanto, si la información recopilada no es suficiente para generar conclusiones y recomendaciones del diseño de reparación, se procede con pruebas destructivas.

### **Análisis destructivo:**

Tomando como base la información de los análisis no destructivos, se procede a estudiar las características de los mecanismos de deterioro, aplicando métodos de carácter destructivo. Los ensayos destructivos se identifican como aquellos que mediante el uso de equipos y herramientas ocasionan una alteración irreversible de la composición del elemento de estudio.

Se debe realizar la elección de pruebas a ejecutar y recolección de muestras en sitio. La localización de los puntos de muestreo depende de la variación de las características del patrón de daños, el tamaño de la estructura y la desviación entre los resultados del ensayo, por lo que se deben ubicar de tal modo que sean suficientes para realizar mediciones representativas de los diferentes fenómenos de deterioro.

### **Análisis especializados de laboratorio y matemáticos:**

La aplicación de modelos especiales para el diagnóstico, requieren recursos técnicos, probabilísticos, empíricos y experimentales, para obtener datos representativos que sustenten las relaciones entre el mecanismo de deterioro y el conjunto de variables que lo producen. Las muestras se utilizan para realizar ensayos de los siguientes tipos:

- Físicos: dimensiones, peso, densidad, absorción, porosidad, permeabilidad.
- Mecánicos: compresión, flexión y tracción.
- Químicos: carbonatación, contenido de cemento, sales, sodio, potasio, sulfatos, difracción de rayos X.
- Biológicos: contenido de materia orgánica y cultivo microbiológico para determinar organismos.
- Microscópicos: análisis petrográfico al concreto, análisis de contaminantes y microorganismos.

La naturaleza de los equipos de prueba varía desde dispositivos portátiles hasta artículos complejos, altamente especializados, que pueden requerir una extensa preparación o precauciones de seguridad, estos se utilizarán sólo cuando no exista una alternativa simple. Pocos de los métodos dan una medición cuantitativa de la propiedad deseada, y frecuentemente son necesarias correlaciones. (Bungey, Millard & Grantham, 2006)

### **Test de evaluación:**

Con el fin de evaluar la aceptabilidad del concreto existente y su desempeño futuro, la norma ACI 364.1 R-94 (1999) recomienda ensayos que pueden ser considerados como una guía por el profesional. Estos métodos se encuentran tabulados y detallados en las tablas 3, 4 y 5 ubicadas en las páginas siguientes a esta.

Para el estudio referente a fallos causados por agentes mecánicos se han marcado en las tablas las propiedades y procesos de evaluación que brindan el conocimiento pertinente del comportamiento de la estructura frente a estos deterioros, variando la selección del método según sea el caso. Basándonos además en la orientación para la estrategia de rehabilitación de Carlos Arcila López (2007), el cual presenta una lista de la información comúnmente requerida para seleccionar un adecuado método de intervención, esta se detalla a continuación:

- Contenido de ion cloruro total en las proximidades del refuerzo.
- Profundidad del frente de carbonatación y posición relativa del acero de refuerzo.
- Verificación de cuantía real de refuerzo.
- Espaciamiento de barras y estribos.
- Pérdida de sección de armadura.
- Propiedades físicas y mecánicas de la armadura (diámetro, límite de fluencia, módulo elástico, resistencia a tensión, alargamiento).
- Calidad del recubrimiento (absorción, densidad, porosidad, espesor).
- Resistencia del concreto a la compresión y tracción, módulo de elasticidad.
- Fisuraciones (tipo, localización, ancho, profundidad y definir si es activa o inactiva).
- Pérdida de recubrimiento (Levantamiento de los daños)
- Deflexiones de losas y viga, desviaciones de columnas, pilotes y muros.
- Defectos por sello de juntas o de drenajes y desagües.
- Pérdida de pasta de concreto (erosión, abrasión, desgaste).
- Definición del espesor de concreto a remover.

Tabla 3. Evaluación de las Propiedades del concreto

Procedimiento de evaluación / Propiedad	Impacto Acustico	Contenido de aire	Contenido de cemento	Test químico	Núcleos	Potencial eléctrico	Resistencia eléctrica	Test de flexión	Test de hielo/deshielo	Radiografía gamma	Medidor de humedad	Permeabilidad	Análisis Petrográfico	Pull out	Martillo de rebote	Pulso ultrasónico	Sonda windsor
Acidez				•									•				
Contenido de aire		•											•				
Reacción alcalino carbonato													•				
Reacción alcalino silica													•				
Contenido de cemento			•	•									•				
Composición química				•									•				
Contenido de cloruros				•	•								•				
Fuerza a compresión					•									•	•	•	•
Agregado contaminado				•									•				
Agua de mezcla contaminada				•									•				
Ambiente de corrosión				•		•											
Creep					•												
Densidad					•					•							
Elongación					•												
Componentes congelados													•				
Módulo de elasticidad					•												
Módulo de rotura					•			•									
Contenido de humedad					•		•				•						
Permeabilidad												•	•				
Fuerza pull out														•			
Calidad de agregado													•				
Resistencia a la congelación y descongelación					•				•				•				
Solvencia					•					•			•				
Dividir la Resistencia a la tracción					•												
Resistencia al sulfato				•									•				
Resistencia a la tracción					•			•									
Uniformidad	•												•		•		•
Relación agua /cemento													•				

Tabla 4. Evaluación de condiciones físicas del concreto

Procedimiento de evaluación / Propiedad	Emisión Acústico	Impacto Acústico	Test químico	Núcleos	Fibras ópticas	Radiografía gamma	Termografía infrarroja	Test de carga	Análisis Petrográfico	Medición física	Radar	Martillo de rebote	Pulso ultrasónico	Eco ultrasónico	Examinación visual
Canales de sangrado									•						•
Deterioración química			•						•						•
Corrosión del acero			•	•					•						•
Agrietamiento	•	•		•	•		•		•	•	•		•	•	•
Propiedades de la sección transversal y grosor				•		•				•			•		
Delaminación		•		•	•	•	•		•		•		•	•	•
Descoloramiento			•						•						•
Desintegración				•		•	•		•				•		•
Distorsión															•
Eflorescencias			•						•						•
Erosión									•						•
Daños por congelación y descongelación									•						•
Panales				•	•	•	•		•				•		•
Pop outs															•
Desincrustación															•
Descantilladura				•		•	•								•
Estratificación		•			•									•	•
Rendimiento estructural	•							•							•
Uniformidad del hormigón						•			•			•	•	•	•



Tabla 5. Evaluación de las propiedades del acero de refuerzo

Procedimiento de evaluación / Propiedad	Impacto Acústico	Análisis químico	Test de recubrimiento	Medidor de recubrimiento (Pachometro)	Medidor de potencial eléctrico	Radiografía gamma	Medición física	Radar	Test de tensión	Eco ultrasónico	Examinación visual
Adhesión del revestimiento epoxi			•								
Anclaje							•				
Prueba de flexión							•				
Fuerza de rotura									•		
Contenido de carbono		•									
Composición química		•	•								
Propiedades de recubrimiento		•									
Recubrimiento de concreto				•		•	•	•			
Continuidad revestimiento epoxi			•								
Corrosión					•		•				•
Propiedades de la sección transversal y grosor							•				
Deformaciones							•				•
Elongaciones									•		
Exposiciones											•
Localización de varillas	•			•		•	•	•			
Reducción de área									•		
Forma							•				
Fuerza de conexión							•				
Fuerza de tensión									•		
Espesor del revestimiento epoxi			•								
Resistencia a la soldadura							•				
Límite elástico									•		

### Descripción de los métodos de evaluación:

Las enunciaciones sobre los métodos de evaluación redactadas en esta sección corresponden a la norma ACI 364.1 R-94 (1999). Abarcando la aplicación de los mismos, su principio de operación, la experiencia del usuario, ventajas y desventajas, información pertinente para que el profesional elija y ejecute la técnica de valoración más adecuada.

#### Emisión acústica (Clifton, 1982).

**Aplicación,** Se aplica a un monitoreo continuo del desempeño de la estructura durante la vida útil y el periodo de pruebas para detectar fallas imprevistas en los elementos estructurales de hormigón.

**Principio de operación,** Durante el crecimiento de la fisura o la deformación plástica, la liberación rápida de energía de deformación produce ondas acústicas que pueden ser detectadas por sensores que están en contacto o unidos a la superficie del objeto de prueba.

**Experiencia del usuario,** Debe contar con un amplio conocimiento del test para planificar la prueba e interpretar los resultados de forma correcta.

**Ventajas,** Monitorea la respuesta estructural a la carga aplicada, es capaz de localizar la fuente del posible fallo. Además, el equipo es portátil y fácil de operar, bueno para pruebas de carga.

**Desventajas,** Es una técnica de valoración costosa, puede ser usada solamente cuando la estructura está cargada y cuando las fallas están creciendo. La interpretación de los resultados requiere de un experto y de análisis en laboratorio.

#### Impacto acústico (Clifton, 1982).

**Aplicación,** Se utiliza para detectar deformaciones, vacíos y grietas.

**Principio de operación,** La superficie de hormigón es golpeada con un objeto, la frecuencia y características de amortiguación del sonido resultante, indican la presencia de defectos. El equipo puede variar desde un simple martillo o cadena de arrastre hasta sofisticados equipos electrónicos.

**Experiencia del usuario,** El nivel de experiencia requerido para usar el sistema auditivo es bajo, pero el sistema electrónico requiere de capacitación adecuada del usuario.

**Ventajas,** El equipo es portátil y el método es fácil de realizar con el sistema auditivo, mientras que los dispositivos electrónicos requieren mayor equipo y conocimiento para su ejecución.

**Desventajas,** La geometría y la masa del objeto de prueba influyen en los resultados. Se requieren de normas de referencia necesarias para las pruebas electrónicas.

#### Pruebas de núcleo (ASTM C 42).

**Aplicación,** Determinación directa de la resistencia del hormigón, evalúa concretamente el tipo de condición y calidad del agregado, cemento y otros componentes.

**Principio de operación,** El núcleo cilíndrico perforado se retira de la estructura y se realizan ensayos para determinar la resistencia a compresión y tracción, las propiedades de torsión, el módulo de elasticidad estática, entre otros.

**Experiencia del usuario,** Se debe tener un nivel moderado de experiencia para el especial cuidado en la obtención de los núcleos y evaluación de resultados.

**Ventajas,** Es el método más aceptado para determinar de forma fiable las propiedades y calidad del hormigón en sitio. Además, es muy útil para examinar grietas, barras de refuerzo incrustadas y como muestras para pruebas químicas.

**Desventajas,** Es posible que se produzcan daños en las estructuras al momento de la perforación, principalmente en la armadura.

#### Medidor de cobertura / Pachómetro (Malhotra, 1976).

**Aplicación,** Mide la cobertura, el tamaño y la ubicación del refuerzo e incrustaciones de metal.

**Principio de operación,** La presencia de acero en hormigón afecta el campo magnético de una sonda. Cuanto más cerca está la sonda del acero, mayor es el efecto.

**Experiencia del usuario,** Moderada, fácil de operar, se requiere la formación necesaria para interpretar los resultados.

**Ventajas,** Los equipos son portátiles y dan buenos resultados si el concreto es ligeramente reforzado. Evita daños en la extracción de probetas.

**Desventajas,** Los resultados son difíciles de interpretar si el hormigón está fuertemente reforzado o si hay malla de alambre.

#### Potencial eléctrico (Mathey & Clifton, 1988).

**Aplicación,** Indica la condición de las barras de refuerzo en el elemento de hormigón. Además, de la actividad de corrosión.

**Principio de operación,** El potencial eléctrico del hormigón indica la probabilidad de corrosión.

**Experiencia del usuario,** Es moderado el nivel de experiencia requerida, el usuario debe ser capaz de reconocer los problemas.

**Ventajas,** Los equipos son portátiles y las mediciones de campo son fáciles de hacer. Parece proporcionar información confiable.

**Desventajas,** No se proporciona información sobre la velocidad de corrosión y se requiere de acceso a las barras de refuerzo.

### Resistencia eléctrica (Mathey & Clifton, 1988).

**Aplicación,** Determina el contenido de humedad del hormigón.

**Principio de operación,** La determinación del contenido de humedad del hormigón se basa en el principio de que la conductividad del hormigón varía con los cambios en la humedad.

**Experiencia del usuario,** Alto nivel de experiencia para interpretar los resultados.

**Ventajas,** El equipo es automatizado y fácil de usar.

**Desventajas,** El equipo es caro y requiere aplicaciones especializadas de alta frecuencia. Las propiedades dieléctricas también dependen del contenido de sal y la temperatura de la muestra, lo que plantea problemas en la interpretación de los resultados.

### Fibra óptica (Mathey & Clifton 1988)

**Aplicación,** Se emplea para ver porciones de una estructura que son inaccesibles y difíciles de observar a simple vista.

**Principio de operación,** Comprende una sonda de fibra óptica que está compuesta de fibras ópticas flexibles, el lente y su sistema de iluminación se insertan en la grieta o agujero perforado en el concreto. El ocular se usa para ver el interior y buscar defectos tales como grietas, huecos o deformaciones agregadas, comúnmente es usado para mirar en áreas donde se han extraído núcleos o se han perforado agujeros. Examina las paredes de la cavidad.

**Experiencia del usuario,** El equipo es fácil de operar.

**Ventajas,** Proporciona imágenes de alta resolución. La manguera flexible permite una visualización multidireccional.

**Desventajas,** El equipo es costoso. Los agujeros están obligados a dar accesos adecuados.

### La termografía infrarroja (Mathey & Clifton, 1988).

**Aplicación,** Detecta fallas internas como, crecimiento de aberturas, delaminaciones y huecos internos.

**Principio de operación,** Las fallas son detectadas mediante el uso de frecuencias infrarrojas selectivas para detectar diversos patrones de calor pasivo que pueden identificarse como pertenecientes a ciertos defectos.

**Experiencia del usuario,** El nivel de experiencia requerida para interpretar los resultados es alto.

**Ventajas,** Tiene gran potencial para convertirse en un método relativamente barato y preciso para detectar defectos concretos. Puede determinar fallos sobre grandes áreas rápidamente.

**Desventajas,** Requiere especial habilidad y equipo. Es eficaz donde la diferencia de temperatura entre las superficies es alta.

### Prueba de carga (ACI 437I).

**Aplicación,** Determina el desempeño de una estructura bajo una simulación de las condiciones de carga reales, usando factores de sobrecarga.

**Principio de operación,** La carga de prueba se aplica a la estructura de una manera que simule el patrón de carga bajo condiciones de diseño.

**Experiencia del usuario,** El nivel de experiencia requerido es alto, para formular y conducir el programa de pruebas y evaluar los resultados. El apuntalamiento se requiere para mayor seguridad.

**Ventajas,** Proporciona una predicción confiable de la capacidad estructural para funcionar satisfactoriamente bajo las condiciones de carga inesperadas.

**Desventajas,** Es un método costoso y consume mucho tiempo. Puede causar daños limitados o permanentes a la estructura o algunos de sus elementos.

### Medidor de humedad nuclear (ASTM D 3017).

**Aplicación,** Estimación de la cantidad de humedad contenida dentro del hormigón en estado endurecido.

**Principio de operación,** El contenido de humedad se determina con base en el principio de que los materiales (como el agua) disminuyen la velocidad de los neutrones rápidos de acuerdo con la cantidad de hidrógeno producido en la muestra de ensayo.

**Experiencia del usuario,** Debe ser operado por personal especializado en el tema y con licencia.

**Ventajas,** Las estimaciones de humedad en el hormigón pueden ser hechas en sitio.

**Desventajas,** El equipo es sofisticado y costoso, se requiere de una licencia NRC (Nuclear Regulatory Commission) para operar. Los gradientes de humedad en la muestra pueden dar resultados erróneos.

### Análisis petrográfico (ASTM C 856).

**Aplicación,** Se utiliza para determinar una variedad de propiedades a partir de la muestra extraída. Algunas de ellas incluyen densidad del cemento, homogeneidad del hormigón, ubicación de las grietas, contenido de aire, proporciones de agregado, cemento y vacíos de aire y curado.

**Principio de operación,** Se utiliza junto con otras pruebas. Los test químicos y físicos de las muestras de concreto se realizan por petrografistas calificados.

**Experiencia del usuario,** Requiere alto nivel de habilidad y entrenamiento para realizar y analizar los resultados de las pruebas.

**Ventajas,** Proporciona información detallada y confiable de los componentes del concreto. Pasta, agregados, curado, posibles daños y congelación.

**Desventajas,** Relativamente caro y consume tiempo. Es necesario un petrografista experimentado.

### Ensayos de extracción (ASTM C 900)

**Aplicación,** Estimación de las resistencias a la compresión y tracción del hormigón existente.

**Principio de operación,** Mida la fuerza requerida para extraer la varilla de acero con el plomo ampliado en el concreto. Las fuerzas de arrastre producen tensiones de tracción y de cizallamiento en el hormigón.

**Experiencia del usuario,** El bajo nivel de experiencia, permite que se efectúe por el personal de campo.

**Ventajas,** Mide directamente la fuerza de entrada del hormigón. Parece dar una buena predicción de la resistencia del hormigón.

**Desventajas,** Los dispositivos de extracción deben ser insertados durante la construcción. Requiere de pequeñas reparaciones.

### Pruebas de extracción (Long & Murray, 1984).

**Aplicación,** Estimación de la resistencia a la compresión del hormigón existente.

**Principio de operación,** La sonda circular de acero está unida al hormigón. La fuerza de tracción se aplica utilizando un sistema mecánico portátil hasta que el hormigón fracasa. La resistencia a la compresión se puede estimar utilizando gráficos de calibración.

**Experiencia del usuario,** No es necesario un operador altamente cualificado

**Ventajas,** Simple, barato.

**Desventajas,** El procedimiento estándar aún no está disponible. El hormigón debe ser reparado.

### Radar (Mathey & Clifton, 1988).

**Aplicación,** Detecta huecos, sustratos, delaminaciones. Mide el espesor del elemento de hormigón.

**Principio de operación,** Utiliza señales de impulso electromagnético para la detección de daños.

**Experiencia del usuario,** El nivel de conocimiento requerido es alto para operar e interpretar resultados.

**Ventajas,** Puede localizar barras y huecos de refuerzo independientemente de las profundidades.

**Desventajas,** El equipo es caro y poco confiable si hay refuerzo, su procedimiento todavía está en desarrollo.

### La radiografía gamma (Malhotra, 1976).

**Aplicación,** Determina la ubicación y las condiciones en las que se encuentran las barras de refuerzo.

**Principio de operación,** Basado en el principio de absorción de rayos gamma se ve afectada por la densidad del espesor de la muestra. Los rayos gamma se emiten desde la fuente, penetran el espécimen y salen al lado opuesto.

**Experiencia del usuario,** El uso de isótopos gamma productores está estrechamente controlado por NRC.

**Ventajas,** Se pueden detectar defectos internos. Aplicable a variedad de materiales. El registro es permanente a modo de película y el equipo portátil.

**Desventajas,** El equipo es caro. La fuente de rayos gamma es un peligro para la salud y la seguridad. Requiere acceso a ambos lados de la muestra.

### Martillo de rebote (ASTM C 805).

**Aplicación,** Compara la calidad del concreto de diversas áreas de muestra. Estima la resistencia del hormigón basado en curvas de calibración con precisión limitada.

**Principio de operación,** La masa impulsada por el muelle golpea la superficie, la distancia de rebote da valores con los que se mide la dureza de la superficie y la resistencia a partir de las curvas de calibración proporcionadas por el fabricante del martillo.

**Experiencia del usuario,** Puede ser maniobrado fácilmente por personal de campo.

**Ventajas,** El equipo es ligero, fácil de operar y se puede obtener rápidamente una gran cantidad de datos para determinar la uniformidad del hormigón y el estrés potencialmente de baja resistencia.

**Desventajas,** Los resultados son afectados por la condición de la superficie del concreto. No da una predicción precisa de la fuerza y la calibración del equipo es frecuente.

### Pulso ultrasónico (ASTM C 597).

**Aplicación,** Proporciona estimaciones de uniformidad, calidad y fuerza compresiva. Las discontinuidades internas se pueden encontrar. Es más ampliamente utilizado para uso en el campo.

**Principio de operación,** Funciona por el principio de que la velocidad de propagación de onda de estrés se ve afectada por la calidad del hormigón; Las ondas de pulso son inducidas en materiales deteriorados, el tiempo de llegada es medido en la superficie receptora con un receptor.

**Experiencia del usuario,** Varía el nivel de experiencia requerido para interpretar los resultados. El operador requiere un buen grado de entrenamiento.

**Ventajas,** Equipo relativamente barato y fácil de operar. La medición es exacta en determinar la calidad de la uniformidad. Mediante la correlación de la resistencia a la compresión de los núcleos y la velocidad de la onda, se puede estimar la resistencia in-situ.

**Desventajas,** Un buen acoplamiento entre el transductor y el concreto es complejo. La interpretación de los resultados puede ser de difícil interpretación, la cantidad de agregado, las variaciones de humedad y la presencia de las barras de reforzamiento puede afectar los resultados. Las normas de calibración son necesarias.

### Examen visual (ACI 201R & ASTM C 823).

**Aplicación,** Evaluación del estado superficial del hormigón (acabado, rugosidad, grietas, color). Determina deficiencias en las articulaciones, deformaciones y movimientos diferenciales de la estructura.

**Principio de operación,** Examen visual con o sin ayudas ópticas, herramientas de medición, registros fotográficos u otras herramientas de bajo costo.

**Experiencia del usuario,** Experiencia requerida para determinar ¿qué buscar?, ¿qué medida tomar?, interpretación de las condiciones y pruebas de seguimiento.

**Ventajas,** Costes generalmente bajos; Evaluación rápida de las condiciones concretas.

**Desventajas,** Evaluación requerida y confinada a la superficie de la estructura.

### Resistencia a la penetración (ASTM C 803).

**Aplicación,** Estima la resistencia a la compresión y su uniformidad. La calidad del hormigón se puede utilizar para estimar la resistencia antes de variar su forma.

**Principio de operación,** Las sondas son accionadas con pistola en concreto y la profundidad de penetración convertida en estimaciones de la resistencia del hormigón usando curvas de calibración.

**Experiencia del usuario,** Se puede operar fácilmente en el campo con poco entrenamiento. La seguridad requiere el certificado del operador.

**Ventajas,** El equipo es simple, y requiere mantenimiento, útil para evaluar la calidad y la fuerza relativa. Causa poco daño a la muestra.

**Desventajas,** Puede no producir estimaciones precisas de las fortalezas del concreto. La información de los resultados depende de las curvas de correlación. Existe dificultad para quitar las sondas, que a menudo están rotas y dañan el recubrimiento del concreto.

### Pulso de eco Ultrasonido (Thornton & Alexander, 1987).

**Aplicación,** Proporciona valoraciones de la resistencia a compresión, homogeneidad y calidad del hormigón. Puede localizar barras de refuerzo, defectos, delaminaciones, espesores.

**Principio de operación,** Funciona por principio que la dirección original, la amplitud, la frecuencia de ondas de tensión introducidas en el hormigón se modifican por la presencia de objetos que tienen diferente impedancia acústica tal como aberturas.

**Experiencia del usuario,** El operador debe tener una formación considerable para utilizar el equipo y el conocimiento de la electrónica. Además, requiere de conocimiento considerable en el área de la inspección de la condición de estructuras de hormigón.

**Ventajas,** Permite ver "dentro" del hormigón

**Desventajas,** Todavía está en desarrollo. Necesita criterios de medición. No es actualmente un método de prueba estándar. El procesamiento de señal digital puede mejorar la interpretación, pero los datos deben ser devueltos al laboratorio para su procesamiento.

### Pruebas de frecuencia de resonancia (Carino & Sansalone, 1990).

**Aplicación,** Se utiliza en el laboratorio para determinar modos fundamentales de vibración. Utilizado en el campo para detectar huecos, delaminaciones.

**Principio de operación,** Se establece una condición de frecuencia resonante entre dos interfaces reflectantes. La energía puede ser introducida por el sistema del impulsor amplificador electromagnético del oscilador del impacto del martillo.

**Experiencia del usuario,** Alto nivel de experiencia requerida para interpretar los resultados. El operador puede ser fácilmente entrenado para mediciones de laboratorio ya que los especímenes tienen una geometría simple.

**Ventajas,** Permite ver el interior de estructuras de hormigón. Un recién desarrollado receptor de transductores puede mejorar los resultados sobre un acelerómetro.

**Desventajas,** Funciona en rango sónico y no tiene resolución de ultrasonidos. Aún en fase de desarrollo.

## 1.2.3. Diagnóstico

El propósito de esta fase es establecer cómo se ha desarrollado el proceso patológico, cuál ha sido su origen y sus causas, cuál su evolución y cuál su estado actual, con el objeto de alcanzar conclusiones para la posterior actuación profesional que implique la reparación de las unidades afectadas (ACI 364.1 R-07).

Sin estas consideraciones, las operaciones que se lleven a cabo pueden caer en los mismos errores o ignorarlos, culminando con una intervención fallida.

Los puntos de partida para una correcta indagación de los daños no deben ser olvidados por quien tiene que fijar el tipo de actuación. Estos son los siguientes:

- Cada construcción es un prototipo, no hay iguales.
- Las estructuras responden a los cambios con el principio de la mínima energía.
- Siempre se optará por la metodología científica, apoyando científicamente la respuesta y evitando los métodos intuitivos que solo se efectuarán en procedimiento de emergencia.
- Debe haber un equilibrio entre el análisis numérico e instrumentación y ensayo.

- La respuesta a defectos en la estructura viene a menudo ligada a los subsistemas enlazados en ella.
- Hay que saber discriminar los fenómenos patológicos de los que no lo son.
- Un pequeño porcentaje de causas produce la mayor parte de los defectos.
- No hay una relación biunívoca entre causa y daño, una sola causa puede dar lugar a varios efectos, y un efecto provenir de varias causas, lo que conlleva la presencia de especialistas de varias disciplinas, siempre bajo la coordinación del patólogo especialista.
- La obtención de información en campo se ha de basar en el principio de “mínimo número de pruebas para obtener el máximo de información”.
- Debe estimarse la trascendencia de un nuevo error, a la hora de valorar el riesgo de la intervención.

En resumen, hay que conocer a fondo la obra, la respuesta real de la estructura a las acciones que realmente han actuado sobre ella. Para realizar el diagnóstico es importante “conocer al paciente” en su conjunto. (Aguado, 2005)

La definición del estado actual y/o el estudio de daños ha de constituir un documento completo, con un nivel de información diferente según el nivel del diagnóstico sea leve o grave. Determinando si hay argumentos suficientemente válidos para optar por la necesidad o no de una intervención, además precisar el riesgo que implica la puesta en marcha de la misma. Este informe generalmente incluye una breve descripción de las siguientes áreas básicas (ACI 364.1 R-07):

- Propósito y alcance de la investigación
- Construcción y documentación existentes
- Observaciones de campo y condiciones
- Muestreo y pruebas de materiales
- Evaluación
- Conclusiones y recomendaciones

#### **Propósito y alcance de la investigación:**

Esta debe describir la finalidad y alcance de la investigación acordada con el propietario, incluidas modificaciones realizadas durante la evaluación.

#### **Construcción y documentación existentes:**

En esta sección se incluirá los resultados de la revisión de la documentación, estos deben ser resumidos y complementados con fotografías, copias de dibujos y cualquier otra información pertinente según corresponda. Se debe incluir una lista de todos los documentos recolectados y sus fuentes.

#### **Observaciones de campo y condiciones:**

Deben incluirse resultados de inspección y condición de todas las partes de la estructura, describir los métodos y equipos utilizados, los resultados de los esfuerzos de verificación, incluidas todas las desviaciones, deficiencias importantes que requieran un trabajo de reparación y partes de la estructura que han de modificarse para cambio de uso o apariencia.

El informe también debe incluir fotografías, bocetos, dibujos y otra información pertinente preparada durante las operaciones de inspección y de campo.

#### **Muestreo y pruebas de materiales:**

Se deben resumir los lugares, métodos y resultados de las pruebas no destructivas, destructivas y de laboratorio realizadas durante la investigación. Los resultados pueden complementarse con fotografías y copias de informes. Asimismo, debe indicarse el estado actual y la expectativa a futuro de todos los materiales estructurales y arquitectónicos probados.

#### **Evaluación:**

El informe debe documentar y sintetizar los resultados de la valoración de la estructura, incluyendo todos los supuestos y métodos utilizados en el proceso. Debe incorporarse una breve descripción de cada alternativa de reparación o el método de fortalecimiento estudiado, junto con datos generales que muestren detalles típicos, predicción de costos y el impacto del método de reparación.

#### **Conclusiones y recomendaciones:**

Los resultados deben incluir una discusión de la condición de la estructura y la viabilidad de reparación, rehabilitación o reforzamiento de las misma.

#### **1.2.4. Determinación del objeto de intervención**

Una vez realizado el descubrimiento de la vulnerabilidad de la estructura, se confeccionará un proyecto de intervención cuyo objetivo sea el afianzamiento de la estructura. Existen varias formas de intervenir en elementos estructurales, aunque lo más frecuente es la combinación de varias de estas en un mismo edificio.

En la mayoría de las estructuras dañadas o deterioradas, la elección adecuada de la estrategia de actuación conlleva a una correcta elección de las técnicas y materiales. Hay que determinar previamente las

funciones que estas intervenciones deberán cumplir una vez en servicio, por las características de los trabajos a realizar y por su mayor o menor incidencia estructural. Podemos optar por varias alternativas, este grupo de soluciones correctivas se resumen en los siguientes puntos (Aguado, 2005):

- Actuaciones de urgencia
- Actuaciones de prevención y/o protección
- Actuaciones de reparación
- Actuaciones de refuerzo
- Actuaciones de sustitución

Dependiendo del estado de la estructura, y de la evaluación de su capacidad mecánica ante los nuevos estados de carga, se tomará la decisión de reparar, reforzar o bien sustituir el elemento afectado.

#### **Actuaciones de urgencia:**

Se consideran en este grupo las actuaciones que se realizan de forma rápida, para subsanar lesiones que pueden resultar peligrosas para el uso del edificio o para dar respuesta a una necesidad urgente en la funcionalidad del elemento estructural. En muchas ocasiones este tipo de actuación tiene un carácter de provisionalidad y su objetivo prioritario es el de mantener en servicio y/o evitar riesgos a los usuarios durante el tiempo que se desarrolla la diagnosis, se describe el proyecto y se culmina la actuación definitiva (Aguado, 2005). Entre estas tenemos:

- Desalojo
- Apuntalamiento

#### **Actuaciones de prevención y/o protección:**

Se trata de intervenciones que tienen como objetivo dar una protección a los componentes estructurales para evitar o reducir la progresión de degradaciones por agentes de carácter físico, químico, biológico y/o mecánico. Conservar una estructura en funcionamiento exige desarrollar habitualmente controles de la misma (Aguado, 2005). Como prevención y/o protección consideramos las acciones siguientes:

- Saneamiento y Limpieza
- Protección
- Mantenimiento

#### **Actuaciones de reparación:**

Tienen por objeto devolver la capacidad resistente perdida por alguna lesión, generalmente local. Se limitan a reparar la lesión sin modificar el modo de comportamiento estructural. Emplean materiales

iguales o semejantes a los que se utilizaron en la construcción original. (Aurrekoetxea, 2009)

La complejidad e importancia de este tipo de acciones puede resultar muy variable, en función de las características del elemento, de su ubicación y de su condición de degradación (Aguado, 2005). Estas labores se engloban en:

- Reconstrucción de la geometría
- Reparación de fisuras
- Reparación de armaduras

#### **Actuaciones de refuerzo:**

Su objetivo es el incremento de la capacidad de carga o devolución de esta. Se modifica la estructura a través de los refuerzos y de su forma de trabajo. (Aurrekoetxea, 2009)

Dentro de las actuaciones de rehabilitación, las de refuerzo son sin duda las que presentan una mayor complejidad, tanto a nivel de diseño como de cálculo y ejecución. El refuerzo de un componente estructural tiene incidencia sobre toda la estructura ya que se altera la distribución de rigideces.

En el espacio de un elemento reforzado coinciden los materiales originales y los incorporados, estos se encuentran en diferentes estados de tenso-deformación. La intervención debe solucionar apropiadamente la transferencia de esfuerzos entre la pieza original y el refuerzo. El disponer de un refuerzo de calidad no sirve si no se asegura que los mecanismos para su entrada en carga sean efectivos. Los actos de fortalecimiento comprenden:

- Reducción de luces
- Aumento de resistencia
- Aumento de rigidez
- Aumento de capacidad flexora
- Aumento de tensión

#### **Actuaciones de sustitución:**

Cuando la incapacidad estructural es evidente y las acciones para reforzar difícilmente sean aplicables, las decisiones se inclinan hacia la sustitución. Este reemplazo se puede efectuar retirando físicamente la pieza estructural y suplirla por otra nueva o al anular la función mecánica del elemento mediante la introducción de nuevos componentes resistentes. En sí, pueden darse dos tipos de sustitución:

- Sustituciones funcionales
- Sustituciones físicas

### 1.2.5. Selección del método de intervención

Por lo general, las soluciones a determinado problema estructural son diversas y se nos presentan varias alternativas igualmente válidas, eficaces y viables. La elección del método de corrección depende de seleccionar los principios apropiados para cumplir con los futuros requerimientos de la estructura.

Se requieren criterios de valoración complementarios para determinar la opción que se ajuste mejor a las circunstancias. De forma genérica podríamos considerar los siguientes aspectos (Aguado, 2005):

- Aspectos técnicos
- Aspectos económicos
- Aspectos operativos
- Aspectos arquitectónicos
- Aspectos medioambientales

#### Aspectos técnicos:

Se trata del criterio fundamental en la toma de decisiones. En este sentido, la solución debe garantizar:

- Respuesta correcta a las limitaciones y exigencias estructurales.
- Vida útil de servicio acorde con las exigencias del uso previsto.
- Prestaciones técnicas adecuadas, en aspectos de impermeabilidad y de protección contra el fuego.
- Correcto tratamiento de las alteraciones en el funcionamiento del sistema estructural, durante la intervención o como resultado de ella.
- Calidad contrastada de los materiales y de las técnicas a aplicar.
- Compatibilidad fisicoquímica de los materiales previstos con los materiales existentes.
- Seguimiento en servicio y mantenimiento razonables para el tipo de edificio a intervenir.

#### Aspectos económicos:

En el caso, donde diversas alternativas técnicamente correctas puedan ser aplicadas, el coste económico de cada una de ellas puede resultar clave en la elección. Establecer comparaciones entre efectividad y prestaciones que nos ofrecen las alternativas, juntamente con el coste económico de cada una de ellas resulta muy clarificador. Hay que tener siempre presente que el coste a considerar debe ser siempre el de toda la operación, incluyendo los materiales y su correcta aplicación. También los parámetros de efectividad, durabilidad y posibles costes de mantenimiento deben ser analizados a lo largo de la vida útil, es decir, el coste global de la intervención.

#### Aspectos operativos:

Cuando nos planteamos la valoración de una solución no podemos olvidar las limitaciones que esta puede presentar en el sentido operativo, como:

- Accesibilidad al elemento para la ejecución de las operaciones previa necesarios.
- Acciones de necesaria para la realización como pueden ser bombeos, decapados, entre otros.
- Disponibilidad de los medios tecnológicos en la localidad de la obra.
- Capacidad, conocimientos y medios técnicos de quien se hace cargo de los trabajos.
- Disponibilidad de mano de obra con habilidades, adiestramiento y experiencia necesarias.
- Disponibilidad de personal técnico capacitado para la coordinación, control y toma de decisiones durante la fase de ejecución.
- Capacidad para cumplir con los plazos estimados para las labores.
- Adecuación funcional del espacio donde se va a llevar a cabo la actuación (alturas libres, anchos de paso, otros) y de acceso para los medios auxiliares, personal y suministros necesarios.

#### Aspectos arquitectónicos:

Algunas soluciones, provocan alteración de la forma, del volumen, de la textura, etc. En algunos casos estas variantes no tienen importancia, pero en otros inducirán una modificación en los aspectos arquitectónicos del edificio, que pueden hacer inviables soluciones técnicas, económicas y funcionalmente recomendables.

Así mismo, el valor histórico que algunos edificios han adquirido con el tiempo exige un estudio cuidadoso de las posibles alternativas aplicables, teniendo muy presente evitar alteraciones estéticas en el resultado final. En estos casos hay que analizar la reversibilidad, comprendida como la cualidad de una intervención para ser removida sin provocar secuelas físicas, mecánicas, químicas o de cualquier otro tipo.

#### Aspectos medioambientales:

Para las intervenciones en estructuras de concreto este aspecto puede resultar determinante. Las soluciones aplicadas deben seleccionar recursos de bajo impacto ambiental, que no impliquen riesgo de toxicidad, evitar la demolición minimizando la producción de residuos, evitar la contaminación del aire o del agua durante los trabajos y racionalizar el consumo energético del proceso. El seguimiento de estos parámetros a menudo nos orientará hacia soluciones de menor impacto ambiental.



### 1.2.6. Diseño del proyecto de rehabilitación

Se considera que el proyecto detallado de una intervención es la clave principal de éxito en una rehabilitación. Un correcto diseño debería considerar los siguientes aspectos (Helene & Pereira, 2007):

- Servicios.
- Materiales
- Equipos
- Mano de obra
- Licitación
- Programación

#### Servicios:

En esta sección se presentan las especificaciones para la realización de los servicios de reparación y reforzamiento. El diseño final de la intervención debe contener la siguiente información:

- Planos de reparación
- Especificaciones técnicas
- Detalles de refuerzo de estructuras
- Detalles constructivos
- Planos de la construcción original
- Toda información relativa a la obra y a la vida en servicio de la estructura.
- Procedimientos de control
- Normativa
- Sistema de protección
- Recomendaciones para el mantenimiento futuro.

Es importante mencionar que, en nuestro caso, la normativa local (NEC,2011) plantea una memoria de rehabilitación donde el proyecto debe incluir:

- Descripción de la estructura, (configuración, virtudes y deficiencias).
- Estrategias de rehabilitación.
- Descripción del modelo no lineal generado
- Propiedades de los materiales
- Cargas consideradas.
- El proceso de análisis.
- Los criterios de aceptación,
- El cumplimiento estructural.

#### Materiales:

Son presentadas las características y propiedades de los materiales que deben ser empleados en los servicios de reparación, reforzamiento y protección. Podrá ser empleado cualquier material dentro de aquellos disponibles en el mercado, siempre y cuando las características especificadas en el proyecto correspondan a productos ya certificados por el medio

técnico y con validez demostrada en condiciones semejantes de aplicación y exposición. Para cada material son planteados los siguientes puntos:

- Especificaciones técnicas
- Control de ingreso
- Acopio
- Cuidados en la manipulación y preparación

Cuales fueran las técnicas y los materiales por usar, resulta indispensable dotar de los detalles del funcionamiento estructural de cada componente y sobre todo de las interconexiones entre ellos. Además, es imprescindible que un técnico calificado realice una evaluación de los elementos estructurales que se deben reparar, reforzar o proteger y prescriba el producto más adecuado para la labor.

#### Equipos:

Este apartado presenta los equipos necesarios para la ejecución de los servicios de reparación, reforzamiento y protección del hormigón armado. Se indica el uso y las principales características técnicas requeridas para el adecuado empleo de los equipos.

#### Mano de obra:

En esta sección se presenta una guía para la distribución de los equipos y calificación de la mano de obra para la ejecución de los servicios de reparación, reforzamiento y protección de las estructuras de hormigón armado. Manteniéndose como objetivo principal el facilitar los controles de ejecución y garantizar la calidad de los servicios prestados. Se definen las obligaciones del personal incluyendo la fiscalización.

#### Licitación:

En esta sección se presentan los datos para la elaboración del marco de la licitación por el interesado, siendo detalladas las planillas con la estimación de costos de servicios de rehabilitación de la estructura.

#### Programación:

El calendario del proyecto puede determinarse por la urgencia o necesidades de intervención, la disponibilidad de fondos, los efectos sobre las operaciones en curso y las condiciones de construcción. Se debe dotar de tiempo suficiente para las modificaciones y servicios adicionales de ingeniería producto del descubrimiento de deficiencias durante la ejecución de la rehabilitación.

### 1.2.7. Ejecución del sistema de rehabilitación

La rehabilitación debe ejecutarse, conforme a los planos y a las especificaciones, se requiere especial atención en los detalles e implementar el uso de buenas prácticas constructivas. Los pasos para ejecutar una rehabilitación son los siguientes:

- Identificación de la zona de actuación
- Preparación y limpieza de la zona de actuación
- Reparación del elemento
- Reforzamiento del elemento
- Protección del elemento

En esta fase del trabajo se debe ser muy cuidadoso porque una intervención desacertada puede ser mucho más perjudicial para el inmueble. Además, se debe considerar que la actuación, precisa de una dirección facultativa para asegurar su eficacia final.

#### Identificación de la zona de actuación:

Esta etapa corresponde a la delimitación del área a ser reparada y/o reforzada, tomando en cuenta los requerimientos particulares del sistema a ejecutar. Así mismo, reconocer las ventajas y limitaciones correspondientes al entorno inmediato o características específicas de la patología en curso.

#### Preparación y limpieza de la zona de actuación:

La calidad de la reparación o refuerzo de una estructura de concreto depende en gran medida de la adecuada preparación y limpieza del sustrato, por lo que es necesario realizar con el mayor cuidado, utilizando los equipos apropiados para cada caso, junto con el mejor método o procedimiento. Se espera que la zona de transición entre el concreto existente y el nuevo material posea la suficiente capacidad para desarrollar las propiedades mecánicas bajo las cuales se fundamenta el análisis estructural (Helene & Pererira, 2007). Los procesos de preparación y limpieza pueden ser: manuales, mecánicos, químicos, térmicos

#### Reparación del elemento:

El éxito de la reparación de estructuras depende fundamentalmente del diagnóstico, la evaluación estructural y de una acertada estrategia de rehabilitación que defina los objetivos y, consecuentemente, los materiales, sistemas y procedimientos con base en los requerimientos de la estructura y las expectativas planteadas para su uso o mejoramiento (Helene & Pererira, 2007). Dentro de la fase de reparación contamos con: reemplazo de hormigón, reemplazo de armadura, inyecciones, costuras.

#### Reforzamiento del elemento:

Se trata de presentar las diferentes posibilidades para el incremento o restauración de la capacidad portante de un elemento de la estructura de hormigón (EN 1504, 2010). Exigiendo un diseño propio y específico, por tanto, se presentan formas generales que colaboren con los expertos en su trabajo de detalles consecutivos de un caso particular. A los métodos de reforzamiento los podemos estructurar de la siguiente manera: adición de elementos, aumentos de sección, empresillados, encamisados, pretensados - postensados.

#### Protección superficial:

La protección consiste en dotar de un sistema de defensa a la estructura ante la acción de agentes externos. Esta operación se realiza con la finalidad de aumentar la durabilidad del material nuevo y de la estructura a través de la defensa contra la penetración, control de humedad y aumento de la resistividad (física, química, biológica, mecánica). Los métodos más conocidos para la protección del hormigón son: imprimación hidrofuga, impregnación, revestimiento.

### 1.2.8. Control de calidad del proceso de reforzamiento

El control de calidad implica examinar todos los pasos previos, pero se centra especialmente en el logro de los objetivos. El seguimiento debe realizarse desde que comienza la ejecución de los trabajos hasta la puesta en servicio de la edificación. Esta etapa es de suma importancia pues de ella depende en gran medida la calidad del producto final de la intervención. (Helene & Pererira, 2007)

- Calidad y control de los materiales y sistemas
- Calidad y control de equipamiento
- Calidad y control de ejecución
- Calidad y control de seguridad
- Calidad y control de funcionamiento
- Control de gastos

Hay diversas guías, reglamentos y experiencias de varios autores que brindan opciones completas para normar el criterio de quien requiera controlar cada aspecto de los procesos de reparación y/o reforzamiento. Sin embargo, el profesional encargado de la intervención debe regirse a las especificaciones de los organismos de control de cada lugar, los cuales inspeccionarán la obra de acuerdo con la normativa local o en caso de no existir esta, se basarán en regulaciones internacionales.

## **CAPÍTULO 2:**

# **CAUSAS Y LESIONES EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO**

- 2.1. Patologías en elementos estructurales de hormigón armado
- 2.2. Causas del deterioro en elementos de hormigón armado
- 2.3. Lesiones en elementos estructurales de hormigón armado

## CAUSAS Y LESIONES EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO

### CAPÍTULO 2

Al igual que ocurre con todos los seres vivos, en los que cualquier enfermedad, epidemia o lesión se muestra mediante una serie de síntomas, en las estructuras los fallos se ponen de manifiesto, con cambios de aspecto o señales, que se incluyen dentro de la sintomatología.

Las sintomatologías de las estructuras de concreto representan el conjunto de anomalías que tienen lugar en un elemento y pueden ser indicadores de un fallo a futuro, que afectara tanto su seguridad y funcionalidad como su durabilidad.

## 2.1. PATOLOGÍAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO (COLUMNA Y VIGA).

La palabra patología procede del griego “pathos” enfermedad y “logos” estudio, y se podría establecer de forma generalizada, como el estudio de las enfermedades. En el área de la construcción se define como la sección de la ingeniería que estudia los defectos de las obras civiles, o sea es el estudio de las partes que conducen al diagnóstico del problema.

Para enfrentar un fallo constructivo tenemos antes que nada entender su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado actual. Estos aspectos conforman el proceso patológico (Figura 11). Pero, para la indagación del proceso patológico corresponde recorrer esta secuencia a la inversa, es decir, iniciar por observar el resultado de la lesión, luego el síntoma, siguiendo con la evolución de la misma, y llegando a su origen. (Broto, 2006)

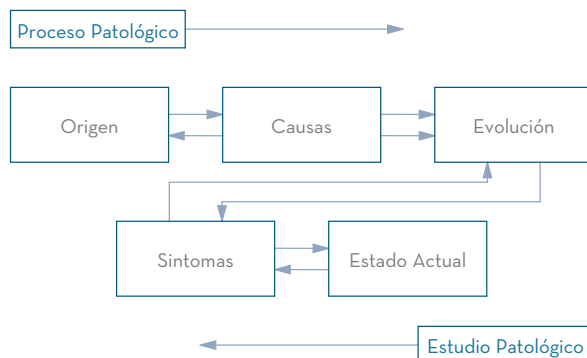


Figura 11. Esquema del proceso y estudio patológico. (Autores, 2017)

### 2.1.1. Origen

Un proceso patológico no se suprime totalmente hasta que no se ha interrumpido su origen. Para cada origen existe la terapia más adecuada, aunque el fenómeno y los síntomas puedan ser los mismos.

Un diagnóstico acertado del problema debe apuntar con exactitud a la etapa donde tuvo origen el fenómeno deteriorante. (Helene & Pereira, 2007)

### 2.1.2. Causas

En este punto se identifican las causas que han dado origen al proceso patológico, con una descripción de cada una de ellas y el esclarecimiento detallado de su concurrencia, tanto por motivos directos, como indirectos o de aquellas que hayan actuado conjuntamente. (Navarro & Pino, 2011)

### 2.1.3. Evolución

La evolución del proceso patológico, revela el tiempo estimado en el que el daño se ha desarrollado desde el primer momento de su aparición, además presenta una posible periodicidad y progreso del mismo, así mismo, la transformación o ramificación en nuevos procesos patológicos, etc. (Navarro & Pino, 2011)

### 2.1.4. Síntomas

Los procesos patológicos en su gran mayoría de veces, presentan manifestaciones externas particulares, a partir de las cuales se puede deducir su naturaleza, el origen y los mecanismos de los fenómenos involucrados, así como estimar sus probables consecuencias.

Estos síntomas son denominados también como lesiones, daños, defectos, o manifestaciones patológicas, pueden ser determinados, ejecutando un primer nivel de diagnóstico, a partir de inspecciones visuales detalladas. (Helene & Pereira, 2007)

### 2.1.5. Estado actual

En la fase donde se indaga el estado actual de la obra, se debe recoger información acerca de la situación que precisa en ese momento el proceso patológico, sobre todo las lesiones que se han dado lugar como síntomas perceptibles de la degradación.

Este proceso permite establecer tanto la estrategia de la reparación, reforzamiento o protección como la hipótesis de la prevención. (Navarro & Pino, 2011)

## 2.2. CAUSAS DEL DETERIORO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO (COLUMNA Y VIGA).

Esta parte constituye la verdadera diagnosis, ya que el técnico debe dar su veredicto acerca de por qué se ocasionó la patología. Como los orígenes de un deterioro pueden ser múltiples, se deberá enunciar claramente, demostrando con distintos instrumentos cada uno de los signos significativos del fenómeno, para sostener la premisa técnica. (Río Bueno, 2008)

Una vez corregida o anulada la causa, se procederá a la reparación del efecto que esta dio origen, lo que tendrá por objetivo restituir en lo posible al elemento constructivo su aspecto y su funcionalidad originales. (Navarro & Pino, 2011)

Los agentes causantes de los problemas patológicos pueden tener distinto provenir. En sí, se los clasifican en dos, los expuestos en la etapa de proyecto (Indirectos) y los manifestados en etapa de construcción (Directos).

- Causas Indirectas:
  - Proyecto o diseño
  - Ejecución
  - Materiales
  - Mantenimiento
- Causas Directas:
  - Físicas
  - Químicas
  - Biológicas
  - Mecánicas

### 2.2.1. Causas indirectas

Son todos los factores inherentes a la concepción de la obra, como la composición química de los materiales, la forma o la disposición de los elementos, estos se deben casi siempre a un diseño defectuoso o a una mala ejecución de los sistemas de construcción.

#### Manifestaciones en la etapa de diseño

Corresponde a una falta de estudios preliminares, entre las principales causas que generan patologías en la etapa de diseño se puede considerar las siguientes:

- No considerar las condiciones ambientales ni las de servicio que soportará la estructura.
- Omisión de juntas de dilatación o contracción, por la baja resistencia a la tensión del hormigón.

- Diseño inadecuado de sistemas de desagüe.
- Omitir especificaciones técnicas en los planos y obviar los requisitos de los materiales a ocuparse.
- Diseñar el hormigón sin tomar en cuenta la durabilidad en condiciones de exposición al medio ambiente y uso de la estructura.
- Deficiente distribución de acero de refuerzo y de recubrimientos.
- Omitir en los planos de diseño aspectos críticos de durabilidad.

#### Manifestaciones en la etapa de ejecución

Son aquellos que proceden de errores en los procedimientos constructivos (vaciado, colocación, compactación y curado del hormigón), suelen ocasionarse al no cumplir con las condiciones técnicas. Aunque en el diseño se genere un producto debidamente especificado, la fase constructiva presenta uno de los recursos más importantes que es la mano de obra, considerando que el ser humano es propenso a cometer errores, pueden aparecer en la etapa de construcción las patologías generadas por las siguientes causas:

- Dosificación inadecuada de mezcla de hormigón.
- Omisión del control de calidad de los materiales.
- No controlar la resistencia del acero de refuerzo.
- Malinterpretación de los planos.
- Inadecuado proceso de vibración del hormigón.
- Cargar la estructura de forma prematura.
- Aplicar técnicas empíricas de construcción sin el debido control del técnico especializado.

#### Manifestaciones por materiales

Se trata de materiales defectuosos, bien por error en su selección o bien por defectos de fabricación, traspies que producen la pérdida de las características de dicho material. Si un determinado material no satisface las exigencias físicas, mecánicas y químicas necesarias para la función que se le asignado, el proceso patológico se manifestara más pronto o más tarde. Se debe analizar si es posible su sustitución o, por el contrario, resulta más adecuado su tratamiento para dotarlo de las propiedades que requiere.

#### Manifestaciones por mantenimiento

Son factores inherentes al mal uso del edificio, a veces las condiciones de uso no fueron bien previstas, pero muchas veces se deben a que las condiciones cambian después, por falta de un mantenimiento periódico o porque el edificio realiza funciones para las que no se diseñó. Es importante el correcto uso del edificio ya que alargara su vida útil.

### 2.2.2. Causas directas

Son las acciones que ponen en marcha la degradación de la estructura, clasificadas de acuerdo con las características físicas, químicas, biológicas y mecánicas del proceso patológico.

Las lesiones que aparecen al poco tiempo de entrar en uso la construcción suelen tener su origen en acciones de tipo mecánico y físico. Las de origen químico hacen sus apariciones con el paso del tiempo, estas por lo general son mucho más difíciles de reparar.

#### Físicas:

Las acciones físicas son los agentes atmosféricos que incurren sobre los edificios. Agrupamos en esta familia todas aquellas lesiones en las que la problemática está basada en hechos físicos, tales como:

- Ciclos de hielo y deshielo
- Efectos térmicos
- Retracción
- Erosión
- Desgaste
- Ataque por fuego

Normalmente la causa origen del proceso será también física, y su evolución dependerá de procesos físicos, sin que tenga que ver mutación química de los materiales afectados y de sus moléculas. Sin embargo, habrá cambios de forma y color o de estado de humedad.

#### Químicas:

Las causas químicas inducen reacciones en el material. El contacto del hormigón con sustancias químicas agresivas ya sea en forma líquida, gaseosa o sólida, provoca degradación y/o desintegración del hormigón. Estos deterioros se pueden clasificar en:

- Reacción álcali - agregado
- Agentes agresivos (sulfatos, cloruros, sales, aguas blandas)
- Carbonatación
- Corrosión
- Eflorescencias

#### Biológicas:

La actividad biológica desempeña un punto sustancial en la interacción con los materiales. La aparición de organismos y microorganismos sobre elementos estructurales, pueden afectar la calidad ambiental y la estética, ocasionando daños y defectos de diversa índole. Afectan a la permeabilidad, resistencia y

rigidez del hormigón, provocan la transformación de los compuestos del hormigón endurecido y/o los agregados del hormigón.

La pieza de concreto también puede verse amenazada por hongos, bacterias, algas, líquenes, musgos, etc. Los síntomas más comunes por estas afecciones son:

- Biodeterioro del hormigón
- Biocorrosión de los metales
- Biodegradación de hidrocarburos

#### Mecánicas:

Las acciones mecánicas son labores imprevistas que ocasionan un esfuerzo mecánico superior al que es capaz de soportar cierto componente constructivo. Este tipo de causas deteriorantes son debidas a factores como:

- Cargas y sobrecargas
- Movimientos
- Impactos
- Abrasión

Este trabajo se centrará exclusivamente en profundizar las patologías ocasionadas por agentes mecánicos. Debido al poco conocimiento técnico de los daños que predominan en nuestro medio, optamos por estudiar los fallos que se encuentran directamente relacionados con el comportamiento de la estructura.

#### Cargas y sobrecargas

Las incapacidades de los elementos estructurales para asumir los esfuerzos pueden provocar tensiones demasiado intensas en los materiales y, en consecuencia, la formación de lesiones. Estos esfuerzos corresponden a:

- Compresión
- Tracción
- Flexión
- Cortante
- Punzonamiento

**Compresión**, estado tensional que sufre una pieza cuando resiste un conjunto de esfuerzos perpendiculares a la sección del elemento y cuyos sentidos van hacia el interior, acortándola.

**Tracción**, estado tensional que sufre una pieza cuando soporta un conjunto de esfuerzos perpendiculares a la sección del elemento y cuyos sentidos van hacia fuera, alargándola.

**Flexión,** Esfuerzos causados por fuerzas perpendiculares a la pieza y por momentos localizados paralelos a la sección.

**Cortante,** Solicitación originada por fuerzas paralelas a la sección del elemento.

**Torsión,** Solicitación procedente de fuerzas paralelas a la sección, que no cortan al eje perpendicular a ella, además, por momentos localizados que tengan la dirección del eje perpendicular a la sección.

### Movimientos

Si se presentan movimientos diferenciales en la estructura y ésta no es capaz de redistribuir las cargas rápidamente, sufre fallas en los elementos más esbeltos y rígidos. Durante eventos intensos como los desastres naturales, las lesiones en la edificación la pueden llevar fácilmente al colapso.

Como clasificación de los tipos de movimientos que inciden negativamente en las estructuras de hormigón armado tenemos:

- Asentamientos
- Empujes
- Vibraciones

**Asentamientos,** cuando los apoyos del edificio en su totalidad presentan iguales desplazamientos verticales, la estructura no se encontrará comprometida por ningún estado tensional, mientras que, si estos movimientos alcanzan valores sensiblemente variados, las consecuencias sobre la construcción tienen una gran probabilidad de ser significativas, provocando estados tensionales adicionales y por ende, dando inicio a fallos.

Este desliz del inmueble puede deberse a que el edificio esté asentado en terrenos sedimentados, variaciones de humedad en suelos arcillosos, hundimientos subterráneos, roturas de la red de abastecimiento o de la de saneamiento, etc.

**Empujes,** generalmente los empujes suelen afectar a edificios construidos en laderas, donde las acciones de las tierras sobre el inmueble producen aumentos de presión, que dan comienzo a la aparición de daños con gran magnitud.

Otro factor que provoca empujes en las construcciones de hormigón armado son las acciones de las corrientes de aire, dependiendo el impacto sobre el edificio de factores como la incidencia, la velocidad e intensidad del viento.

**Vibraciones,** las vibraciones procedentes de acciones sísmicas que generan fuerzas de inercia en correspondencia con la masa de la obra civil. La intensidad de la vibración inducida en una construcción obedece a las características del terreno y a las propiedades dinámicas de su estructura. Estas propiedades cambian con el aumento de oscilación.

Los daños por vibraciones se manifiestan como grietas verticales e inclinadas en las columnas y en vigas. Las grietas verticales en las vigas son causadas por el momento flector y las inclinadas por cortante. El efecto de la vibración es acumulativo y las fallas preexistentes o nuevas continúan desarrollándose a medida que pasa el tiempo.

### Impactos

El concepto de impacto hace referencia a la aplicación repentina de una carga considerable sobre un determinado elemento. El hecho de que un material no sea capaz de soportar un impacto depende en gran medida de su capacidad para absorber la energía cinética del cuerpo que provoca ese impacto. Y esa capacidad, a su vez depende de la deformación que pueda resistir un material sin romperse.

El impacto puede tener distintas consecuencias según sea la velocidad del elemento que impacta. Cuando el objeto es pequeño y poco resistente e impacta a baja velocidad las afecciones para un material rígido serán insignificantes y en general solo se pronuncian como roturas locales o desprendimientos. En el caso de objetos con gran tamaño y alta rigidez moviéndose a elevadas velocidades, pueden provocar daños significativos, como pérdida de rigidez, resistencia, e incluso su colapso de la pieza que recibe el golpe.

### Abrasión

Los esfuerzos que provocan una debilitación de la superficie de concreto se engloban como fenómenos de abrasión y desgaste. La abrasión se entiende como la capacidad de la superficie para poner resistencia ante alteraciones producidas por fricción, frotamiento, raspaduras, percusiones, erosión o cavitación.

Este fenómeno es difícil de valorar, ya que la acción perjudicial varía según la causa del daño. Se presenta con mayor frecuencia en superficies horizontales destinadas al tránsito vehicular, donde los automóviles son los agentes que provocan las degradaciones. En columnas y vigas es poco probable que existan síntomas generados por efecto de la abrasión, es por eso por lo que para el análisis de los diversos daños obviaremos el estudio de este deterioro.

### 2.3. LESIONES EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO (COLUMNA Y VIGA).

“El concreto puede sufrir, durante su vida, daños que alteran su estructura interna y comportamiento. Algunos pueden ser congénitos por estar presentes desde su concepción y/o construcción; otros pueden haberlo atacado durante alguna etapa de su vida útil; y otros pueden ser consecuencia de accidentes”. (Rivva, 2006)

Diversos autores expresan que la aparición de manifestaciones patológicas se da a partir de los 7 y 10 años de culminada la obra, generalmente los defectos son procedentes de la fase de construcción. Transcurrido este período se puede notar, además, el surgimiento de otros efectos derivados de acciones naturales, envejecimiento, uso y falta de mantenimiento. (Vieitez & Ramírez, 1984). Los síntomas pueden ser aislados, afectando a un solo elemento, o también globales vinculando a todas las partes.

Conforme a lo mencionado por Vieitez & Ramírez (1984) después de haber efectuado una revisión de problemas patológicos de estructuras de hormigón en España, analizando manifestaciones, causas, tipologías afectadas y medidas de intervención. Argumenta que los daños predominantes varían dependiendo de las características del país, por ejemplo, en países de clima lluvioso, se exhiben filtraciones y humedades, así como, desprendimientos ligados a la corrosión de los refuerzos.

La finalidad de los datos de diversas fuentes mostrados en gráficas circulares a continuación es la de constatar que los principales deterioros están altamente ligados al entorno donde se localizan, aumentando la importancia del conocimiento de las variables de cada región en el campo constructivo.

En Brasil, Helene (1986) presenta datos de las incidencias patológicas levantadas, siendo las de mayor predominio aquellas asociadas a manchas superficiales. DAL MOLIN, D.C.C. (1988) en Porto Alegre analiza las patologías en base a 275 casos estudio, determinando la retracción por secado como la principal. Carmona y Marega (1988) presentan análisis de 700 estudios patológicos en diferentes regiones de Brasil, los resultados apuntan a los daños por mala ejecución como los dominantes. Finalmente, Aranha y Dal Molin (1994) tomaron datos en 348 obras en la región amazónica del mismo país y la manifestación sobresaliente fue la corrosión por armaduras.

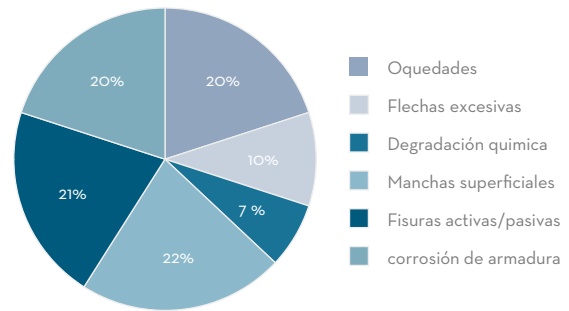


Figura 12. Incidencia de manifestaciones patológicas en estructuras de concreto. (Helene, P.R.L., 1986)

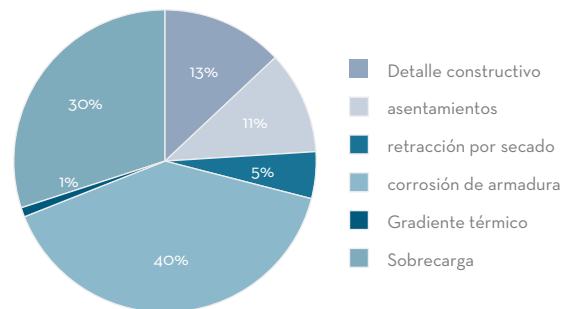


Figura 13. Incidencia a partir de la gravedad del daño en estructuras de concreto. (DAL MOLIN, D.C.C., 1988)

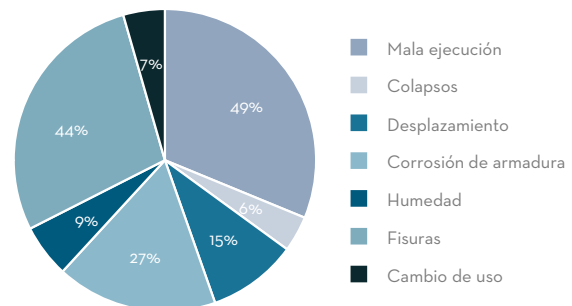


Figura 14. Incidencia de manifestaciones patológicas en estructuras de concreto. (Carmona & Marega, 1988)

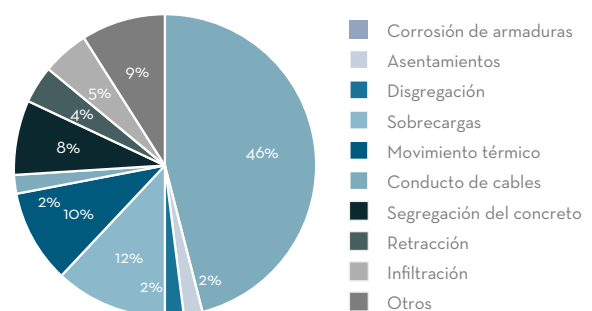


Figura 15. Incidencia de manifestaciones patológicas en la región amazónica. (Aranha & Dal Molin, 1994)

En Ecuador, se carece de estudios relacionados con levantamientos patológicos. Así que, no se podrá establecer las lesiones de mayor incidencia, a pesar de ser muy importantes estos datos en nuestro país, por los variados ecosistemas que contiene.



### 2.3.1. Lesiones de origen mecánico.

Las lesiones por causas mecánicas, que tienen su origen en las acciones de cargas y sobrecargas, movimientos, impactos y abrasión se suelen subdividir en:

- Deformaciones
- Grietas y fisuras
- Desprendimientos

Estas pueden ser asociadas a diferentes causas. En ocasiones, la causa directa de una lesión es otra lesión anterior. Como ejemplo en las deformaciones si la carga provoca un esfuerzo mecánico demasiado intenso, la deformación tendrá como consecuencia la aparición de fisuras, grietas, y desprendimientos. Estas a su vez pueden ser origen de daños ocasionados por agentes físicos, químicas o biológicos. (Broto, 2006)

#### Deformaciones:

Son todos los cambios de forma sufridos como consecuencia de la aplicación directa de una carga externa sobre un elemento constructivo. (Toirac, 2004)

Las deformaciones, suelen ser las más complicadas de reparación, por lo general, una vez que se elimina la causa, se dejan con el defecto permanente. Hay excepciones extraordinarias donde se puede enmendar estas alteraciones mediante esfuerzos mecánicos contrarios a los que han originado la distorsión, pero tienen alta probabilidad de adquirir nuevas lesiones. Este tipo de actuaciones, en general, suelen ser complementadas con nuevos elementos de refuerzo. En los casos en que la pieza se encuentre sumamente deformada, inevitablemente se debe optar por la demolición y sustitución del elemento.

#### Fisuras:

Las grietas y fisuras son roturas que aparecen en el concreto como consecuencia de detenciones a su capacidad resistente. Así, la observación y análisis de las fisuras en esas estructuras pueden constituir una guía para determinar las causas de la afectación que se manifiesta (Navarro & Pino). Su identificación se realiza según las siguientes características:

- Orientación
- Localización
- Longitud
- Ancho
- Profundidad
- Forma
- Frecuencia
- Edad

Aunque se han tratado de dar distintas definiciones de las grietas y fisuras en función del tamaño de su abertura o de su movilidad, la manera más idónea de clasificarlas parece ser según el espesor de la abertura (Broto, 2006). Así, de acuerdo con su amplitud tenemos:

Clasificación de fisuras y grietas	
Tipo	Descripción
Microfisuras ( $e < 0,05$ mm)	En general carecen de importancia
Fisuras ( $0,1 < e < 0,2$ mm)	En general son poco peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer la corrosión
Macrofisuras ( $0,2 < e < 0,4$ mm)	Estas son las fisuraciones que pueden, tener repercusiones estructurales de importancia.
Grietas ( $0,4 < e < 1$ mm)	Existe reducción en la capacidad sísmo resistente. Debe desocuparse el edificio, proceder a una rehabilitación temporal.
Fractura ( $0,1 < e < 0,2$ mm)	Existe una reducción importante en la capacidad sísmo resistente. Deberá procederse a una evaluación definitiva urgente, para determinar si se procede a la demolición.
Dislocación ( $> 5$ mm)	

Tabla. Clasificación de fisuras de acuerdo con su espesor. (Broto, 2006)

Los anchos de fisuras en situaciones previas a la rotura de columnas pueden aumentar dependiendo de la armadura, en especial la transversal. Es decir, al incrementar la capacidad del elemento de ocasionar fisuras más anchas previas al colapso, estamos aumentando su ductilidad y por ende la capacidad de aviso del estado de agotamiento. Este aspecto es muy importante de considerar ya que las columnas de concreto presentan roturas de tipo frágil.

De acuerdo con la conducta de las fisuras las podemos clasificar en, vivas si su movimiento se prolonga, abriéndose o cerrándose y muertas si se encuentran estabilizadas (Montejo, 2002). Si la abertura se determina como viva, las causas generalmente se atribuyen a razones mecánicas y el deterioro tiene grado de severidad, en función de la velocidad de agrietamiento. En casos donde casi es perceptible el crecimiento de la grieta, la ruina es inminente. Para crecimientos lentos de fisuras, la ruina es progresiva, dando tiempo para adoptar medidas preventivas de aminoramiento del peligro.

Para el estudio de fisuras provocadas por esfuerzos que producen tensiones intensas en los elementos de hormigón armado (columna y viga), tenemos que analizar el tipo de fisuración para cada caso, ya que estos esfuerzos se presentan de múltiples maneras descritas a continuación.

## COLUMNAS

### Fisuras por compresión

Debido a los esfuerzos de compresión, los materiales menos resistentes pierden adhesión y la carga se concentra en determinados puntos, donde la intensidad de la carga es muy superior a la capacidad de soporte que tiene la estructura.

El daño de columnas por solicitaciones de compresión es severo, además son la principal causa del colapso de la edificación. Se considera una lesión muy grave, que cuando se detecta el desalojo del edificio es inmediato y obligatorio. Conviene aclarar que el apuntalamiento de la zona junto al pilar afectado no es una acción segura, pues en el caso del fallo total de la construcción, los puntales no tendrían la capacidad suficiente de soportar los esfuerzos a los que se encontrarían sometidos.

Si se rebasa la resistencia a la compresión, entonces ocurre el aplastamiento, que consiste en un estado de fisuración muy fina (0.05 a 0.15 mm), con orientación paralela a la directriz del elemento y no coincidente con la ubicación de las armaduras (en ocasiones se manifiesta a 60°). Estas aberturas aparecen previo a la rotura cuando las cargas aplicadas han llegado a un porcentaje del 85 al 90 % de la capacidad resistente de la columna. Por otro lado, las barras tienden a pandear desprendiendo los recubrimientos.



Figura 16. Aplastamiento por compresión de pilar (Porto, 2005)

En la figura 16 se observa como el pilar ha roto al no ser capaz de soportar la carga a la que estaba sometido, poniendo de manifiesto el riesgo de colapso instantáneo según la mayor o menor cuantía de la armadura existente. En este caso la rotura se ha producido en un plano oblicuo de 60° con aproximación a lo que sería la rotura por cortante. Esta forma de rotura no es muy usual y aparece en hormigones muy secos.

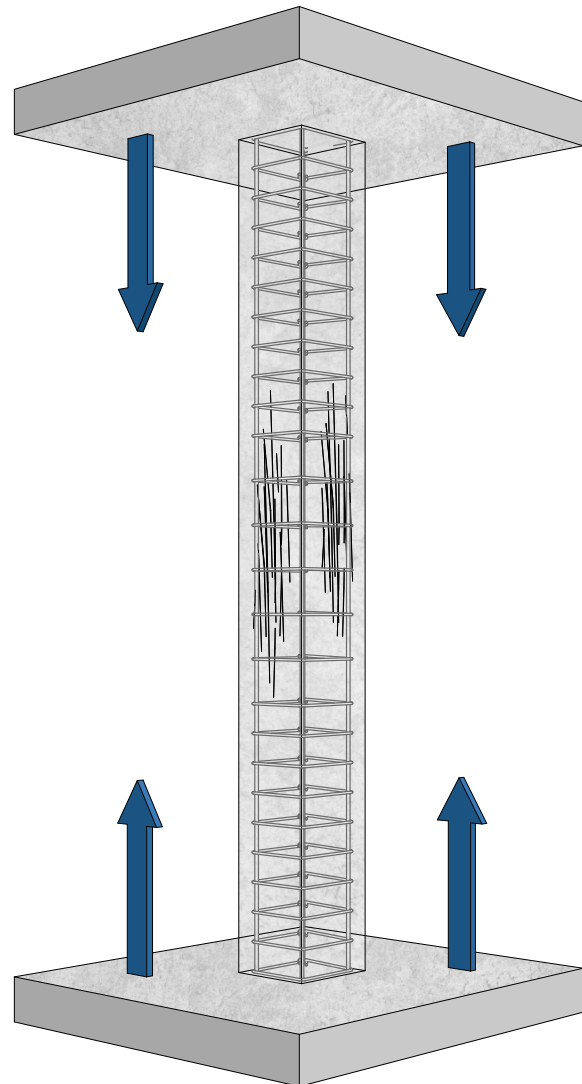


Figura 17. Fisuración por compresión en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

### Fisuras por tracción

Esta fisuración es poco común en elementos de hormigón armado especialmente en columnas, se presenta con numerosas e importantes fisuras, perpendiculares a la armadura de acero principal, en todo lo largo de la sección del elemento, coincidiendo con la posición de la armadura transversal (Figura 18).

Si el pilar está poco armado, además de agrietarse y separarse horizontalmente, queda colgando de la estructura. Por el contrario, si está muy armado aparecen fisuras abiertas y finas que lo seccionan en toda la longitud. Esta patología se considera de gravedad porque puede cambiar el esquema de trabajo de toda la construcción pasando a soportar solicitaciones para las que no estaba diseñada y por ende llevando al fracaso la obra.

Como es de conocimiento el hormigón tiene un buen comportamiento ante solicitaciones de compresión, pero frente a la tracción lo máximo que puede resistir es un equivalente al 10% de los esfuerzos a compresión. Es por esta razón que en los cálculos se desprecia la pequeña resistencia a la tracción. Sin embargo, esta pequeña resistencia debe ser considerada en las verificaciones de fisuración y deformación que forman parte de los estados límites de utilización o servicio.

El concreto resiste la tracción por medio del acero de refuerzo, cuando las cargas sobrepasan la capacidad estructural de la sección, disminuye la cohesión entre el acero y el concreto induciendo las grietas por tracción. Aunque la armadura no llega al agotamiento nunca, la columna de hormigón queda fracturada, perdiendo su capacidad ante esfuerzos cortantes.

Una posible causa de la fisuración por tracción resulta cuando ocurre un asiento de la cimentación, la columna puede quedar colgando de la estructura y dejar de trabajar a compresión, como fue diseñada, pasando a trabajar a tracción y apareciendo fisuras que la seccionan. El descenso de la columna puede afectar considerablemente a la estructura y cambiar su esquema de trabajo, dependiendo ello de la magnitud del asiento que se origina en la cimentación.



Figura 18. Rotura por tracción del pilar (Porto, 2005)

La figura 18 nos muestra una rotura de la parte superior de un pilar poco armado causada por esfuerzos axiales a tracción que tienen origen en el desplazamiento de la cimentación. En este caso la rotura aparece como una grieta abierta que secciona el elemento estructural, al pasar de su estado de esfuerzo típico (compresión) a un estado de esfuerzos no previsto en el cálculo ni en ninguna etapa del proyecto (tracción).

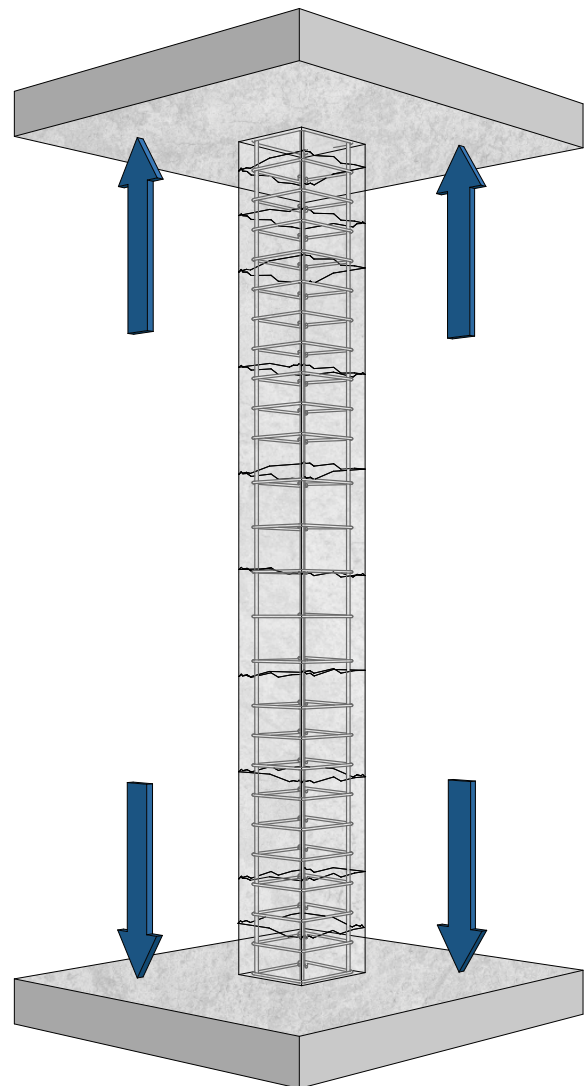


Figura 19. Fisuración por tracción en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

#### Fisuras por flexión

Fisura horizontal que aparece en la cabeza o pie de los pilares cuando se produce un momento flector superior al previsto, modificando los diagramas de esfuerzos. Se trata de una fisura abierta por una cara que se va cerrando según se aleja de la zona traccionada (Figura 20).

En columnas esbeltas se obtienen otras configuraciones de fisuración por ser diferentes las características que las condicionan, como heterogeneidad del hormigón a lo largo del elemento, distribución no uniforme de las tensiones por excentricidades de las cargas, etc. El daño se manifiesta como fisuras finas horizontales localizadas en una de las caras de la columna esbelta con separaciones mínimas entre roturas, estas estarían indicando una situación de pandeo del elemento estructural (Figura 21), provocando un estado tensional de tracciones en una cara y compresiones en la otra.

Si las tensiones de tracción son excesivas, se produce una fisuración típica, con fisuras perpendiculares al pilar que van cerrándose hacia el eje del mismo. Mientras, los esfuerzos de compresión pueden generar fisuras mucho más peligrosas, finas, paralelas al pilar y de evolución casi instantánea, marcando el inicio del colapso del elemento estructural.



Figura 20. Rotura por flexión del pilar (Porto, 2005)



Figura 21. Rotura por pandeo del pilar (Huayanca, 2015)

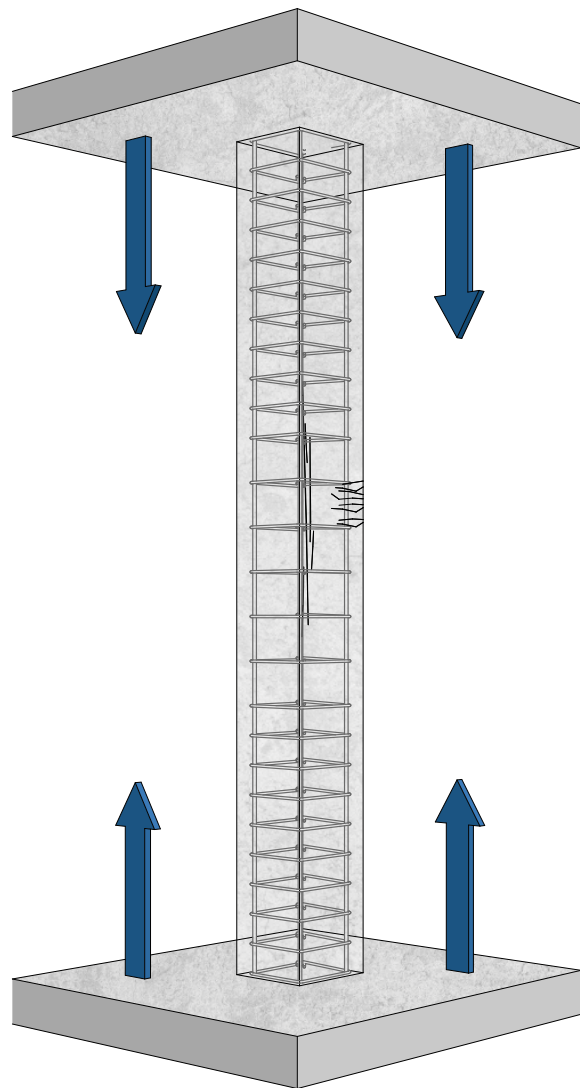


Figura 22. Fisuración por flexión en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

#### Fisuras cortantes

Los fallos por cortante en columnas no son frecuentes, suelen aparecer en pilares localizados en el primer nivel del edificio que se encuentran expuestos a empujes horizontales considerables o sometidos a grandes cortantes. Los elementos verticales más vulnerables a estas solicitaciones son las columnas que no poseen una sección o armadura transversal lo suficientemente apta para soportar los esfuerzos previamente mencionados. Debido a que el desarrollo de esta lesión es muy rápida y con poca capacidad de aviso, se considera una lesión muy grave y por lo tanto hace necesario una intervención inmediata. La lesión se caracteriza por fisurar dos de las caras del pilar en horizontal y las otras dos caras a  $60^\circ$ , aparecen muy pocas o tan solo una (Figura 23).



Figura 23. Rotura por cortante del pilar (Porto, 2005)

### Fisuras por torsión

Este tipo de fisuración se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal del elemento constructivo, tiene semejanzas con las fisuras provocadas por cortante, usualmente es fácil confundirlas, sin embargo, las fisuras por torsión presentan una inclinación contraria por ambas caras de la estructura, con una configuración helicoidal a diferencia del caso de las cortantes cuyas fisuras están inclinadas en el mismo sentido en las dos caras opuestas. Su rapidez de aparición es mayor cuanto menor sea la armadura transversal.

La torsión se suele presentar acompañada de esfuerzos de flexión y corte, generando tensiones tangenciales en la pieza, en forma similar a las originadas por los esfuerzos de corte.

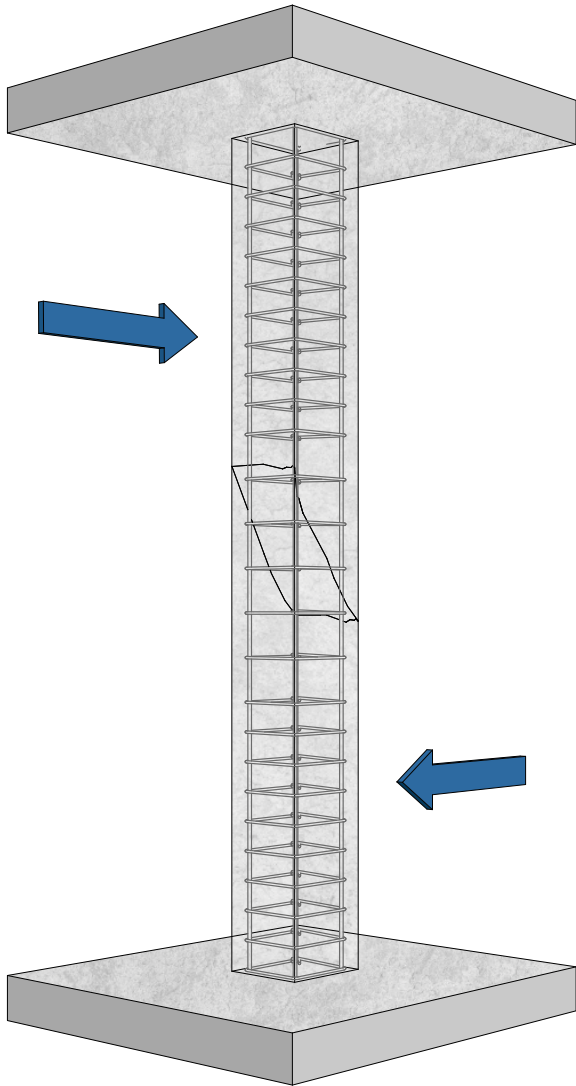


Figura 24. Fisuración por cortante en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

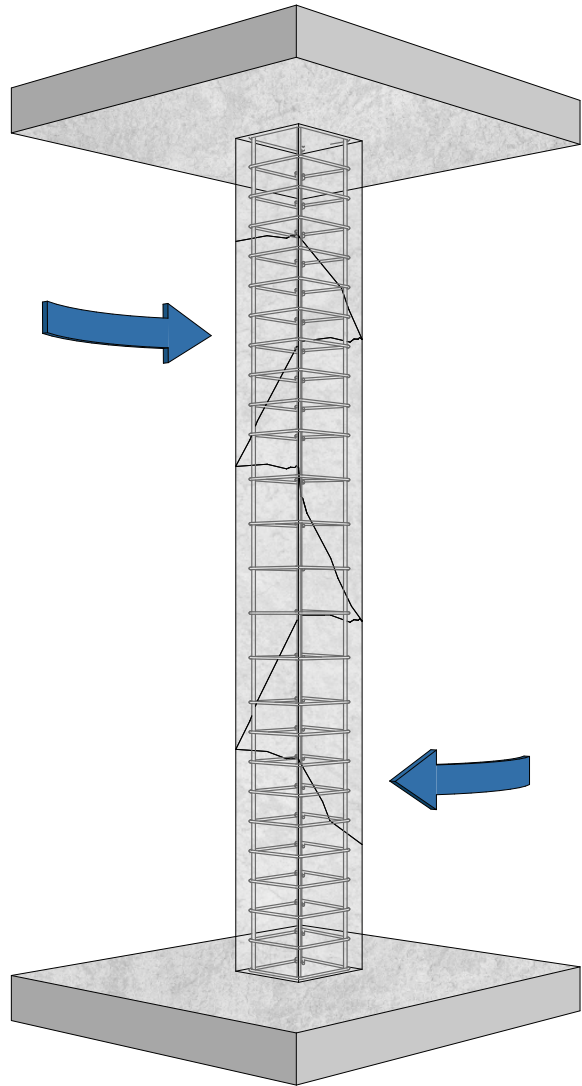


Figura 25. Fisuración por torsión en columna de hormigón armado. (Autores, 2017)

## VIGAS

### Fisuras por compresión

Las roturas en zonas de compresión de las vigas hormigón, aunque puedan tener apariencia inofensiva resultan ser muy peligrosas. Suelen hacer sus apariciones en vigas de escasa sección transversal que presenten altas cuantías de acero.

En vigas se pueden presentar dos casos de fisuración por solicitaciones a compresión. Una donde las máximas compresiones de una viga simplemente apoyada se encuentran en su lado superior hacia el centro de la luz (Figura 26), mientras que la otra, si la viga forma un pórtico continuo, cuyas mayores compresiones se originan en el lado inferior en la unión con la columna (Figura 27). La gravedad de este tipo de lesiones conlleva un apuntalamiento inmediato.



Figura 26. Aplastamiento por compresión de una viga. (Porto, 2005)



Figura 27. Aplastamiento por compresión de una viga. (Porto, 2005)

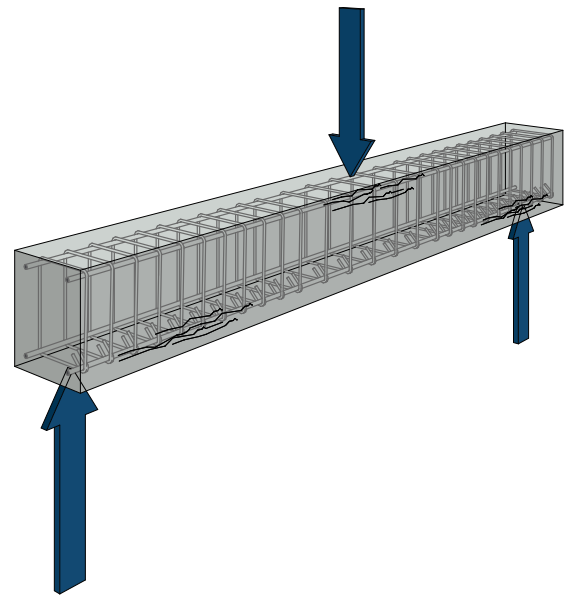


Figura 28. Fisuración por compresión en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

### Fisuras por tracción:

Son las fisuras que se presentan cuando la viga de hormigón armado experimenta esfuerzos a tracción, que sobrepasan el 10% de la resistencia a la compresión del concreto. Si se considera una viga de sección prismática que esté sometida a estas solicitaciones y se rebase las capacidades para absorber este estado tensional, se forman fisuras perpendiculares a la viga a lo largo de toda la sección (Figura 29).

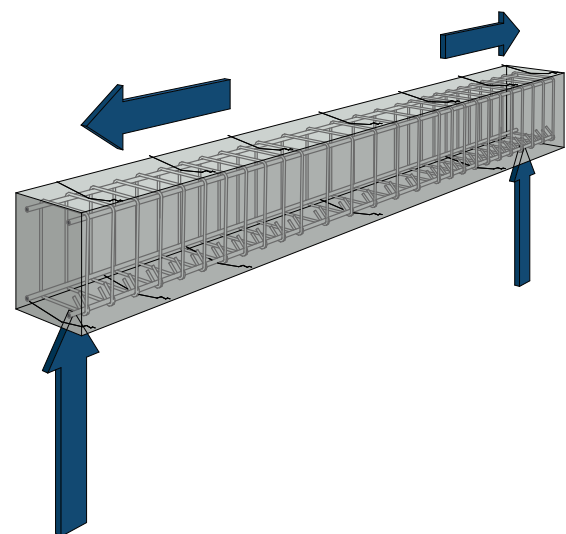


Figura 29. Fisuración por tracción en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

### Fisuración por flexión

Las vigas sometidas a flexión presentan fisuras en la zona de máximo momento flector de la viga, localizadas en el centro de su cara inferior, y cerca de los apoyos o sobre los mismos, en el caso de que la viga sea continua produce momentos negativos de empotramiento fisurando la cara superior del elemento estructural horizontal. Se inician las aberturas en la zona de tracción y progresan en vertical curvándose al alcanzar la capa de compresión (Figura 30). En esta fase se considera el estado de la viga como peligroso y próximo a la rotura, siendo conveniente apuntalar prontamente.

Al tener una excesiva cuantía, las fisuras suelen ser abundantes y finas, sin embargo, la rotura sucede por aplastamiento del hormigón en las zonas comprimidas, mientras que con una escasa armadura el número de fisuras disminuye, pero las aberturas son mayores. El ancho de fisura depende de propiedades como el incremento de tensiones, la sección de hormigón que rodea cada una de las barras y el espesor del recubrimiento. (ACI 224.4R-13)



Figura 30. Rotura por flexión de una viga.  
(Porto, 2005)

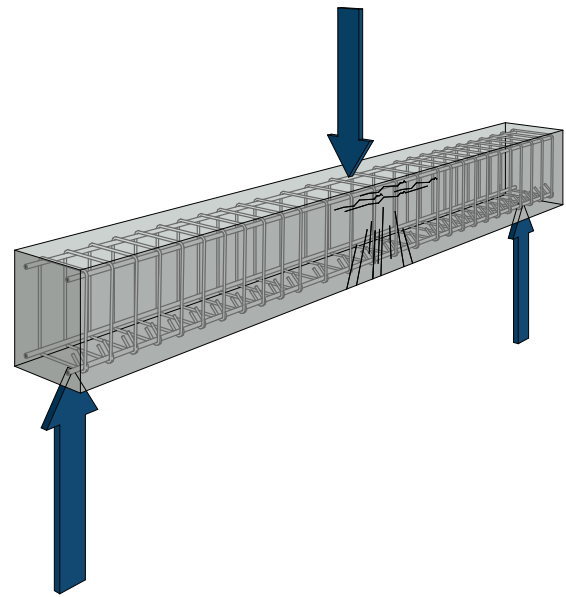


Figura 31. Fisuración por flexión en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

### Fisuración por cortante

La rotura por falla de cortante es muy peligrosa y puede ser rápida incluso llegando al punto de ser instantánea, esta depende de la cuantía de la armadura transversal existente, con una mayor cantidad de armadura se obtiene mayor tiempo de aviso, pero en condiciones donde la armadura es escasa la rotura es inmediata. Los estados de tensión son perpendiculares al componente estructural viga y están localizados cerca a los apoyos en los puntos máximos de cortante, las fisuras o grietas crecen en dirección ascendente formando ángulos a  $45^\circ$ . Estas comienzan en uno de los cordones traccionados, avanzando hasta llegar a afectar toda la altura del elemento, dividiendo la viga en dos partes (Figura 32).



Figura 32. Rotura por cortante de una viga.  
(Porto, 2005)

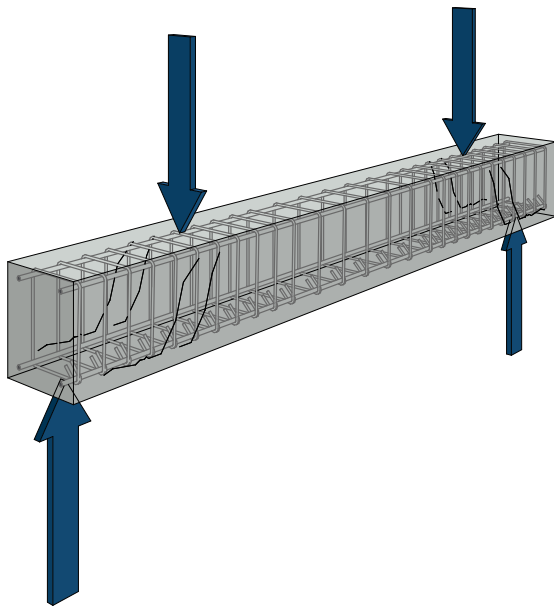


Figura 33. Fisuración por torsión en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

#### Fisuración por torsión

Esta sollicitación se muestra cuando sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo se aplica un momento. La manifestación de la rotura por torsión en una viga es inversa a la de cortante, genera fisuras a 45° helicoidalmente (Figura 34).

Las fisuras que se originan por torsión son frecuentes en elementos aporricados donde no se han tomado en cuenta los efectos de la torsión. Por ejemplo, cuanto menor es la armadura transversal de la viga mayor probabilidad existe de que el daño sea inmediato.



Figura 34. Rotura por torsión de una viga. (Porto, 2005)

En la figura previa se observa la fisuración de una viga que no ha sido capaz de soportar la torsión. En este particular caso el tiempo de aviso de la falla fue oportuno y se pudo tomar medidas correctivas y reforzar la viga antes de que llegue al colapso.

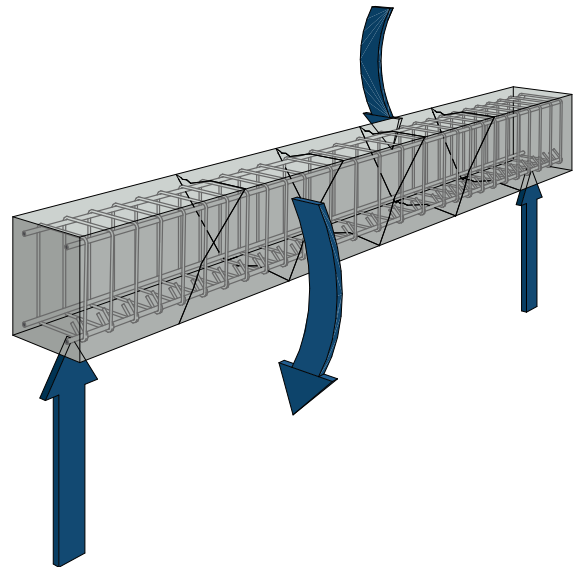


Figura 35. Fisuración por torsión en viga de hormigón armado. (Autores, 2017)

#### Desprendimientos:

Otro deterioro muy frecuente es el de desprendimiento, el cual se refiere a la separación incontrolada entre el revestimiento y el núcleo del elemento, manifestándose parcial o totalmente desnudo el soporte. Esta falla se puede producir por varias causas y dependerán del material del acabado y el sistema de adherencia empleado. (Navarro & Pino, 2011)

Normalmente, esta lesión es consecuencia de lesiones previas, entre ellas las deformaciones, fisuraciones o grietas. Existen variados tipos de desprendimientos entre estos tenemos:

- Escamado
- Pop out
- Descantilladura
- Delaminaciones

#### Escamado (Scaling)

Se refiere a la pérdida de escamas o laminillas en la superficie del hormigón endurecido. Podemos considerar varios niveles de escamado, un escamado leve no expone el agregado grueso del hormigón, uno medio implica pérdida de mortero hasta una



profundidad de 5 a 10 mm dejando expuesto el agregado grueso, un escamado severo implica desprendimientos de mortero hasta una profundidad de 5 a 10 mm junto con pérdidas de partículas de agregado, por último, un caso muy severo implica la pérdida de partículas de agregado grueso y mortero comúnmente hasta una profundidad mayor a 20 mm.



Figura 36. Escamado (MRC TECH TALK, 2016)

#### Pop-out

El Pop out se describe como el desprendimiento de pequeñas porciones de una superficie de hormigón debido a la presión interna localizada, que se manifiesta con cráteres poco profundos, frecuentemente cónico (Figura 37).



Figura 37. Pop out (Concrete Alberta, 2016)

#### Descantilladura (Spalling)

Corresponde al fragmento que se desprende de una masa por la acción de un impacto. Una descantilladura puede ser circular, ovalada o alargada, es mayor a 20 mm de profundidad y su mayor dimensión es superior a 150 mm (Figura 37).



Figura 38. Descantilladura (waterproofing Brisbane)

#### Delaminación (Delamination)

La delaminación se entiende como la separación del revestimiento respecto al sustrato en diferentes capas a lo largo de un plano paralelo a la superficie de los componentes constructivos. Tiene gran parecido al descantillado, con la diferencia de que la delaminación afecta mayores áreas de superficie y usualmente sólo pueden ser detectadas golpeando levemente la superficie.



Figura 39. Delaminaciones (George W. Seegebrecht, ConcreteNetwork.com)



# **CAPÍTULO 3: MATERIALES Y SISTEMAS DE REHABILITACIÓN Y REFORZAMIENTO EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO.**

- 3.1. Preparación y Limpieza
- 3.2. Reparación y reforzamiento
- 3.3. Protección

# MATERIALES Y SISTEMAS DE REHABILITACIÓN Y REFORZAMIENTO EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO.

## CAPÍTULO 3

Este capítulo da una visión de los materiales y sistemas usados en las reparaciones, refuerzo y protección de edificaciones. La variedad de productos en el mercado es enorme así que no se pueden abarcar en su totalidad, además que no cuentan con terminologías ni normas estandarizadas. Se presenta las siguientes alternativas como los principales productos de actuación.

### 3.1. PREPARACIÓN Y LIMPIEZA

La correcta preparación y limpieza del área de intervención son primordiales previo a la realización de la reparación y reforzamiento de columnas o vigas, por lo que se deben ejecutar de manera apropiada, contando con los equipos, materiales y técnicas adecuadas. Estas acciones están directamente ligadas a contribuir con las propiedades de adherencia de los nuevos materiales y por ende la transmisión de fuerzas entre el elemento base y los integrados.

#### 3.1.1. Cepillado

El cepillado es un proceso manual empleado para limpiar o bruñir excesos incrustados en el hormigón o de productos de corrosión en las barras de acero, además de suciedades, contaminantes y residuos de otros procesos de desbaste. Se utiliza un instrumento llamado cepillo formado por cerdas metálicas fijadas a una base análoga.

#### 3.1.2. Lijado

El lijado pule pequeñas superficies de hormigón mediante repetidos movimientos circulares. También, se emplea en la limpieza de barras y placas de acero, preparando su superficie y eliminando la corrosión e impurezas. Se requiere de una lijadora electromecánica para efectuar esta acción o lijas manuales que son poco recomendadas por su baja efectividad.

#### 3.1.3. Picado

Consiste en el desbaste con martillo y cincel de pequeñas áreas, de afuera hacia adentro, con el

cuidado de no generar acciones dañinas sobre las barras de refuerzo. Se termina el proceso cuando la superficie de actuación se encuentra sana, rugosa y compacta, sin dejar astillamientos o zonas quebradizas. Es útil en lugares de difícil acceso.

#### 3.1.4. Abujardado

El abujardado se obtiene mediante el impacto de una bujarda que va punteando y labrando la superficie del material hasta alcanzar la textura deseada. Se consigue una superficie de aspecto rugoso y homogéneo.

#### 3.1.5. Cortes

Se aplican cortes para eliminar excesos, realizar aberturas y/o delimitar el área de reparación. Esta acción se logra con la ayuda de una máquina de corte dotada de disco diamantado.

#### 3.1.6. Escarificación

Se emplea en la preparación de grandes superficies, apoyando el disco abrasivo sobre el elemento, fracturándolo o pulverizándolo. Es altamente efectivo, aunque se debe tomar precauciones para evitar quebrar, astillar, o dañar los refuerzos de acero.

#### 3.1.7. Chorro de agua

El chorro de agua es generalmente empleado en la limpieza de la zona eskarificada, se efectúa con presiones entre los 3500 y 5000 psi, para la remoción de suciedades y residuos. Tiene un gran rendimiento en su labor de limpieza.

#### 3.1.8. Chorro de aire

El aire comprimido elimina residuos procedentes de otros procesos de preparación, colabora en el secado y limpieza del sustrato. Es altamente aplicable en cavidades de difícil acceso.

#### 3.1.9. Chorro de arena

Esta técnica de preparación consiste en proyectar una mezcla de aire comprimido junto con un medio abrasivo a alta presión, se emplea en superficies de concreto o metal para la limpieza y la remoción de residuos que perjudiquen la adherencia de nuevos materiales. En algunos casos se puede incorporar agua mediante un adaptador.

### 3.1.10. Chorro de granalla

El granallado remueve recubrimientos, adhesivos y contaminantes de grandes superficies a través del impulso centrifugante de abrasivos metálicos (granalla) a alta presión, que impactan en el concreto, desgastando el área establecida para las actuaciones de reparación y/o reforzamiento.

### 3.1.11. Lanza térmica

Este método térmico es recomendado cuando el acero no está expuesto o el recubrimiento es abundante (>3cm). La llama de temperatura entre 3000° y 5000° F, disgrega el concreto y este se desprende con facilidad. Hay que tener en cuenta que esta aplicación es intensa por lo que debe ser ejecutada con precaución y durante lapsos cortos de tiempo.

### 3.2.12. Aspiración

Colabora con el retiro de partículas pequeñas de los procesos de remoción de hormigón, contribuyendo a la limpieza apropiada de los elementos de hormigón previo a recibir el nuevo material, garantizando su correcta adherencia.

### 3.2.13. Desengrasantes o decapantes

Se aplican directamente sobre el área de afección dejándolo accionarse por el tiempo recomendado del distribuidor del producto. Posteriormente se eliminan suciedades y residuos con agua en abundancia y cepillado de la zona.

### 3.2.14. Soluciones ácidas y alcalinas

Se aplica la solución sobre la superficie del concreto hasta que se produzca la aparición de los agregados, inmediata a la reacción se lava con cantidades cuantiosas de agua para evadir la penetración de la solución al hormigón. Por este motivo, se recomienda solo en tratamientos superficiales previniendo la infiltración de agentes ácidos o alcalinos en la estructura.

## 3.2. REPARACIÓN Y REFUERZO

Seleccionar de manera adecuada el material para la rehabilitación o reforzamiento es uno de los precedentes más importantes. Los materiales empleados deben tener cumplir con las siguientes características:

- Las propiedades deben ser similares a las del material existente para evitar sobrecargas en los materiales viejos.
- la resistencia del nuevo material debe ser al menos igual a la del concreto existente.
- La resistencia a compresión y a cortante deben ser adecuadas para resistir los esfuerzos aplicados.
- El coeficiente de expansión térmica debe ser similar al concreto original para minimizar los esfuerzos por temperatura.
- El material de reparación debe ser de calidad
- Se debe promover compatibilidad entre los materiales utilizados en la rehabilitación.

### 3.2.1. Concreto

El concreto elaborado a partir del cemento portland es el material tradicionalmente empleado en reparaciones y refuerzos. Generalmente, requiere de una dosificación que optimice ciertas de sus características naturales, habitualmente alcanzadas a partir del uso de aditivos tales como plastificantes, impermeabilizantes, reductores de agua, escoria de alto horno, cenizas volantes, microsílca y la reducción de la relación agua/cemento.

Las exigencias para la obtención de óptimas prestaciones reducen en la práctica la viabilidad del hormigón elaborado in situ para utilizarlo en reparos y refuerzos, salvo en casos especiales donde las necesidades sean adversas, requiriendo orientación del personal especializado en tecnología del hormigón (Pereira & Helene, 2007). Los requisitos que debe cumplir el hormigón para rehabilitar o reforzar son:

- El cemento empleado puede ser corriente o de alta resistencia según los requisitos de la intervención en resistencia y velocidad del fraguado.
- Deben ejecutarse las normativas vigentes, especialmente las concernientes a la composición granulométrica, resistencia y limpieza.
- El tamaño de los áridos debe ser relacionado con espesores y densidad de armaduras de los elementos de intervención
- En general, tras la ausencia de especificaciones de los áridos se manejará una mezcla de arena y gravilla de un tamaño máximo 20 mm.
- El agua debe ser potable, libre de sustancias extrañas, sales disueltas o partículas en suspensión.
- La dosificación se efectuará según los requisitos de resistencia y trabajabilidad indicados por el ingeniero calculista.
- Pueden emplearse distintos productos aditivos según las necesidades particulares de cada caso.
- Las resistencias mecánicas del hormigón nuevo

deben ser igual o superiores al hormigón de la estructura que se vaya a reparar. Por ninguna razón la resistencia será inferior.

- Las retracciones convendrán ser lo mínimas posibles, lo que se logra con una dosificación adecuada, una mínima razón agua / cemento o mediante aditivos plastificantes o fluidificantes.
- Para la trabajabilidad generalmente se requiere de hormigones de cuantiosa docilidad, lo que se alcanza con aditivos plastificantes o fluidificantes.
- Para la adherencia al material base se debe emplear un puente de adherencia epóxico en reparaciones estructurales, mientras que, se empleara lechadas con emulsión acrílica para reparaciones superficiales.

### Concreto para proyección

El concreto lanzado es un hormigón transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre un área determinada. La fuerza del chorro produce un impacto sobre la superficie, compactando el material. Las propiedades de este material las detallamos a continuación (ACI 506R-16):

- Alta adherencia, superior a cualquier material aplicado a mano.
- Alta resistencia a compresión, por el método de colocación e impacto de una partícula sobre otra y la baja relación agua / cemento.
- Resistencia a la absorción, su densidad y compactación permite la defensa de álcalis, ácidos y sales.
- Se utiliza el mínimo de encofrado.
- Permite obtener una gran variedad de texturas.

Mientras que las limitantes que presenta son:

- Requiere equipo y personal especializado.
- El éxito del proceso dependerá de la habilidad y experiencia del trabajador.
- Se presentan dos problemas: el rebote y rocío, aunque en la actualidad ambos problemas han disminuido considerablemente con el uso de aditivos químicos y otros materiales cementantes como el humo de sílice.

El ACI 506R-16 (2016) clasifica la proyección de este material a través de dos métodos:

#### Concreto proyectado vía húmeda:

Es el método en el cual todos los materiales, incluyendo el agua, se mezclan antes de ser introducidos en la manguera de transporte. Si se usa acelerador, se adiciona en la boquilla.

#### Concreto proyectado vía seca:

Es el proceso en el cual la mayoría del agua de mezclado se adiciona en la boquilla. Los aditivos más usuales para el concreto lanzado seco son los acelerantes e impermeabilizantes integrales en polvo.

#### Concreto con resinas

El concreto con resina se obtiene sustituyendo el cemento, en la mezcla de concreto, por resinas (epóxicas, poliéster, acrílicas, etc.). Se aprovecha para parchear partes pequeñas de concreto deteriorado. Se utiliza para parchar áreas pequeñas de concreto dañado. Este material alcanza resistencias altas en periodos de tiempo corto, además tiene una excelente adherencia cuando la superficie base está limpia y seca. Por el contrario, como limitaciones cuenta con baja resistencia al calor y menor módulo de elasticidad con respecto al cemento portland ordinario, lo cual reduce la rigidez del elemento reparado.

### 3.2.2. Morteros

El mortero es una mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua y en algunos casos adiciones y aditivos. Entre los requisitos que debe cumplir el mortero para rehabilitar o reforzar elementos constructivos tenemos:

- El cemento empleado puede ser corriente o de alta resistencia según los requisitos establecidos.
- Se utilizará arena idónea para hormigones con tamaño máximo de 2,5 a 5,0 mm, según se requiera.
- Tras la ausencia de especificaciones se usarán morteros 1:3 en volumen (1 saco de cemento por 100 litros de arena).
- El agua debe ser potable, libre de impurezas. Aplicándose a la mezcla la menor dosis compatible con las condiciones de colocación.
- Pueden emplearse distintos aditivos. Expansores para el manejo de retracciones en morteros de relleno. Plastificantes o fluidificantes para morteros fluidos de inyección o grout. Aceleradores de fraguado para labores apresuradas. Emulsiones acrílicas en lechadas de adherencia y aplicación de capas delgadas.
- Las resistencias mecánicas deben ser igual o superiores a las de los elementos a reparar.
- Los morteros de recuperación tendrán que conseguir una retracción controlada.
- Generalmente se aconseja el uso de expansores para retribuir la retracción plástica y exudación.
- Se tiene que pretender el uso de morteros secos o ligeramente plásticos en todos los casos en que sea posible su aplicación. Cuando se demanden

morteros para inyección se tiene que utilizar aditivos plastificantes o fluidificantes, manteniendo una razón agua-cemento baja.

- La adherencia al material base se logra mediante un puente de adherencia acrílico o epóxico.

### **Morteros Predosificados**

En el mercado existen múltiples productos elaborados en fábrica, los mismos se entregan en obra listos para su colocación o únicamente requieren que se agregue agua para trabajarlo. Estos productos de fabricación controlada están diseñados para fines específicos, especialmente adecuados para trabajos de reparación donde se requieren productos de calidad y/o no existen los medios para una confección controlada. Entre estos morteros predosificados tenemos:

- Morteros de reparación de baja retracción: Retracción controlada y/o efecto expansivo.
- Morteros de fraguado rápido: Tienen una rápida velocidad de endurecimiento.
- Morteros tixotrópicos: Poseen una consistencia adecuada para no correrse en trabajos con paramentos verticales y sobre cabeza.
- Morteros autonivelantes: Son morteros fluidos empleados en superficies horizontales (pisos).
- Morteros para grout o rellenos: Morteros fluidos, generalmente expansivos para trabajos de inyecciones y relleno en lugares estrechos.

Las propiedades de los materiales y sistemas de reparación y reforzamiento varían de un producto a otro, establecidas las condiciones por los fabricantes. Generalmente están dotados de una elevada resistencia y un rápido desarrollo de resistencia, buena adherencia al hormigón y albañilería, baja retracción.

### **Morteros con polímeros**

Son morteros a base de cemento portland modificados con polímeros, a los cuales se adiciona una emulsión de un polímero acrílico o látex sintético. Estas emulsiones son de tres tipos: acrílicos, estireno - butadieno (SBR) y acetato de polivinilo (PVA), estos últimos no son recomendables para aplicación en ambientes húmedos permanente. Propiamente cuentan con retracción compensada y son tixotrópicos, admitiendo su uso en superficies verticales e inclinadas, se emplean principalmente en trabajos de reparación y aplicación de capas delgadas. (Pereira & Helene, 2007)

### **Morteros de base epoxi**

Los morteros más comunes para el propósito de reparaciones y refuerzo son los de base epoxi,

generalmente propuestos en dos o tres componentes como las resinas epoxi, endurecedores (amina y/o poliamidas) y áridos seleccionados. Estos morteros ostentan extraordinaria resistencia a ácidos no oxidantes y álcalis, así como buena resistencia a algunos solventes orgánicos. La resistencia térmica no supera los 70 °C y toleran un pH en el intervalo de 2,0 a 10,0. Los epoxídicos muestran propiedades físicas y mecánicas óptimas, además de excelente adherencia a diversos tipos de superficies. (Pereira & Helene, 2007)

### **Morteros de base fenólica**

Los morteros de base fenólica están constituidos por aglomerantes de resina fenolformaldeído con filler (sílica, carbono, coque pulverizado o barita) conteniendo un catalizador ácido. Tienen buena resistencia a gran cantidad de ácidos minerales y soluciones de sales inorgánicas, pero son velozmente atacados por agentes oxidantes como los ácidos: nítrico, crómico y sulfúrico concentrado. Presentan conductas satisfactorias a soluciones levemente alcalinas y en muchos solventes, sin embargo, tienen poca resistencia a álcalis fuertes. La resistencia térmica alcanza hasta 175 °C y toleran un pH de 0,7 a 9,0. El tiempo de aplicación una vez abierto este tipo de producto es corto, necesita estar refrigerado hasta el momento de ser usado. (Pereira & Helene, 2007)

### **Morteros de base poliéster y de base estervinílica**

Los morteros de base poliéster y estervinílica son productos tricomponentes (resina, catalizador y fillers inertes). Este tipo de morteros poseen alta resistencia química y mecánica, así mismo soportan gran cantidad de ácidos. No toleran los productos cáusticos ni los blanqueantes, toleran un pH en el intervalo de 0,9 a 13,0. Los morteros de base estervinílicas en comparación con los de base epoxi sustentan mayor resistencia química y térmica (hasta 115 °C).

### **Morteros de base furánica**

Los morteros de base furánicas están compuestos por resina líquida, catalizador y filler (sílica, carbono, barita o coque pulverizado). Estos morteros son resistentes a ácidos no oxidantes, a álcalis, a productos solventes, sales, gases, aceites, grasas y detergentes. Pueden ser usados en temperaturas de hasta 200 °C y en intervalos pH de 1,0 a 13,0. (Pereira & Helene, 2007)

### **Morteros orgánicos**

Son morteros formulados con resinas orgánicas donde la unión y la resistencia son dadas por las reacciones de polimerización y endurecimiento de los constituyentes

de las resinas, en ausencia de agua. El cemento Portland puede tomar parte en la composición del producto como un árido fino, completando la distribución granulométrica y rellenando los vacíos de la arena, actuando como inerte. (Pereira & Helene, 2007)

Normalmente resultan morteros con elevada resistencia mecánica y química, apropiados para ambientes altamente agresivos o lugares donde las exigencias de ayudas en los reparos, refuerzos y protecciones son altas. Están elaborados para su empleo en volúmenes y espesores de poca proporción, pues tienen prominente adherencia al sustrato y mínimo módulo de deformación longitudinal, así como deformación lenta superior a la de los hormigones y morteros de cemento Portland. (Pereira & Helene, 2007)

### 3.2.3. Grouts

El grout es un material fluido y autocompactante en estado recién mezclado, destinado a rellenar cavidades y consecuentemente tornarse adherente, resistente y sin retracción en el estado endurecido. Está constituido por cemento portland ordinario, con adiciones o con alta resistencia inicial, a este se suman áridos de granulometría adecuada, aditivos expansores y aditivos superplastificantes. Por sus características de alta fluidez, buena adherencia, baja retracción y alta impermeabilidad, este tipo de grout es conveniente para reparaciones en lugares de difícil acceso o en secciones densamente armadas.

### 3.2.4. Microcemento

Se considera al microcemento como un cemento tipo pórtland, la cualidad que lo caracteriza es su granulometría (< 20 o 30mm) y sus componentes micropulverizados hasta lograr una elevada finura. Se usa para la elaboración de productos superfluidos, aumentando las capacidades de penetración.

### 3.2.5. Aditivos

Son productos especialmente formulados para mejorar algunas propiedades de los hormigones y morteros, tanto en el estado fresco como endurecido. Se considera como aditivo todo producto adicionado hasta un máximo de 5 % en relación con la masa de cemento. Normalmente se clasifican según su acción principal sobre hormigones y morteros, teniendo así:

#### Plastificantes

Productos tensoactivos que permiten reducir la relación agua / cemento conservando invariable

la docilidad o bien, aumentando la docilidad con una semejante razón agua / cemento. Aumenta las resistencias por reducción de la cantidad de agua y disminuye la retracción plástica e hidráulica. La dosis empleada es de 0.1 a 0.4% del peso del cemento.

#### Fluidificantes

Son productos aniónicos que actúan por esparcimiento de las partículas de cemento. Permiten obtener hormigones fluidos con relaciones agua / cemento bajas o moderadas. Aumentan considerable la docilidad, provoca una baja segregación y obtienen altas resistencias una vez endurecida la mezcla. La dosis empleada es de 0.5 a 1.5% del peso del cemento.

#### Expansores

Son aditivos que reaccionan con los componentes del cemento formando gas (hidrógeno), ocasionando un acrecentamiento menor del cuerpo. Aumenta la estabilidad plástica (minimiza la exudación), mejora la docilidad y produce un pequeño efecto expansivo (casi 3% en pastas y morteros y 1% en hormigones). La expansión se produce antes del principio de fraguado. La dosis empleada es del 2% el peso del cemento.

#### Aceleradores y Retardadores

Estos productos responden a los componentes del cemento, apresurando o retrasando las reacciones de hidratación. Acorta o alarga el inicio del fraguado. Tiene por principio acelerar el desarrollo inicial de resistencias (1,3 y 7 días). Los retardadores generalmente no afectan las resistencias después de 3 días. La dosis es variable según el efecto que desee obtener el diseñador del proyecto.

#### Incorporadores de Aire

Propagan microburbujas esféricas de aire, repartidas uniformemente en la totalidad de la masa del hormigón. Mejora la resistencia del hormigón a los ciclos de hielo y deshielo, aumenta la docilidad y reduce la capilaridad. Se produce una disminución de la resistencia mecánica. La dosis empleada es de 0.03 a 0.10% del peso del cemento.

#### Aditivos de Adherencia

Aditivos en base a polímeros acrílicos. Mejoran la adherencia de morteros a la base, reducen el módulo de elasticidad y minimizan la retracción y tendencia a la fisuración. La dosis es variable según el producto y aplicación.



### 3.2.6. Resinas

Las resinas son utilizadas en la reparación de grietas, reemplazo de concreto dañado, para anclar o unir elementos nuevos. Son un sistema compuesto por un tipo de resina y un catalizador. Cuando los dos componentes se mezclan, la resina cambia de un estado plástico a un estado endurecido. (Aguilar, 1996)

Después de que la resina se ha curado, las principales variaciones en su desempeño son resistencia y rigidez. Las resistencias a compresión, tensión y flexión son comúnmente más elevadas que las cantidades alcanzadas por el concreto (Breña, 1990). Cabe señalar que las propiedades de las resinas se deterioran a temperaturas mayores que 100° C y el proceso de endurecimiento se suspende a temperaturas debajo de 10° C. Si la humedad está presente, se recomienda el uso de resinas insensibles a ella (Aguilar, 1996). Para Breña (1990), algunas cualidades de las resinas que la vuelven útil como material de reparación son:

- Resistencia contra ataques de ácidos, y solventes
- Excelente adherencia al concreto y acero
- Baja contracción y buena durabilidad
- Alta resistencia.

Mientras que las limitaciones de las resinas como material de reparación son:

- Pierden integridad a temperaturas sobre 100°C.
- El tiempo disponible para colocar la resina después de que ha sido mezclada es muy corto.

### 3.2.7. Acero

Los ángulos y las placas de acero se utilizan para encamisar columnas y vigas. Las placas se adhieren con epóxicos a la superficie del elemento y así logran incrementar sus capacidades. Los elementos de acero incorporados al sistema deben tener protección contra la corrosión y la exposición al fuego. (Aguilar, 1996)

### 3.2.8. Laminados

Son compuestos de fibras en forma de manta o tejido, usualmente de vidrio, poliéster o nylon, dispuestos en una o más bandadas, impregnadas por resinas de base estervínica, epoxi, poliéster, furánica o fenólica. Las resinas representan la barrera química del revestimiento. Los refuerzos al quedar impregnados con la resina auxilian la formación de una barrera química más rica y posibilitan la aplicación de bandas más espesas de revestimiento. Las cargas minerales

cumplen un papel significativo en la reducción del coeficiente de dilatación térmica y la retracción durante el curado, en la adecuación de la consistencia, asimismo posibilita el aumento y el control del espesor del laminado, reduciendo su costo final.

### 3.2.9. FRP (Fiber reinforced polymers)

Los sistemas llamados FRP suelen ser elementos combinaciones de fibras inorgánicas embebidas en resinas orgánicas. Las fibras más empleadas hoy en día son las de carbono, pero como variante encontramos aramida, vidrio, poliéster y acero. Mientras que las resinas más usadas son de base epoxi. El producto puede presentarse como prefabricados similares a chapas metálicas o mantas flexibles que permiten aplicación de varias bandadas, ganando en capacidad portante. Siempre que las fibras están dispuestas en una dirección única el sistema suele ser llamado de laminados. Cuando la dirección de las fibras es bidireccional suele ser llamado de tejido.

### 3.2.10 Grapas

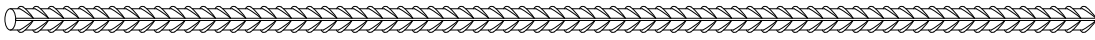
Si la fisuración es grande o crece con el tiempo, las técnicas de inyección no son una solución adecuada. En estas circunstancias se requiere refuerzo y estabilización. La reparación de grietas de concreto empleando grapas de fibra de carbono está diseñada para transferir la carga lejos de la fractura, creando así una solución duradera.

La reparación de grietas usando este sistema implica, después de la preparación de la superficie, una técnica de inyección estándar para llenar todos los vacíos con una mezcla de epoxi especialmente formulada. Una vez que se llenan los huecos, se instalan grapas en toda la fractura de manera que alivia y disipa los movimientos laterales y verticales. Las grapas generalmente se colocan a no más de 60 cm de distancia para un refuerzo efectivo. Para soluciones estructurales se entrecruzan en un ángulo de 30°.

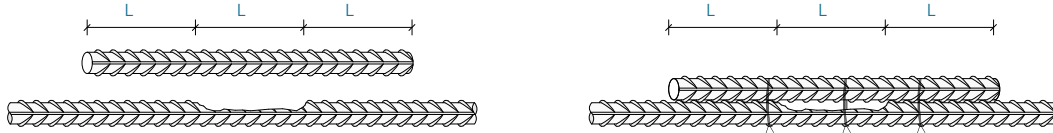
### 3.2.11 Conectores

Los conectores se utilizan para reemplazar o reforzar los tramos dañados de las varillas de refuerzo de elementos estructurales de concreto a través de barras nuevas. Para garantizar la continuidad del refuerzo, se colocan empalmes, conexiones mecánicas o soldaduras (Figura 40). Si se utilizan soldaduras, se recomienda controlar el proceso de calentamiento y enfriamiento para evitar cambios en las propiedades y modos de falla dúctiles de los elementos de acero.

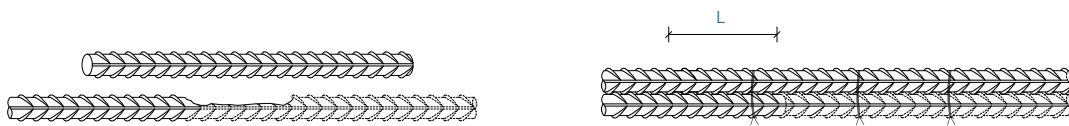
Figura 40. Reparación y reforzamiento de armaduras



EMPALME POR TRASLAPE

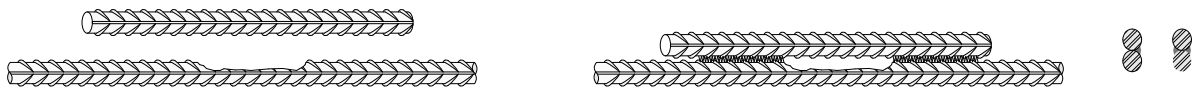


Reponiendo sección perdida

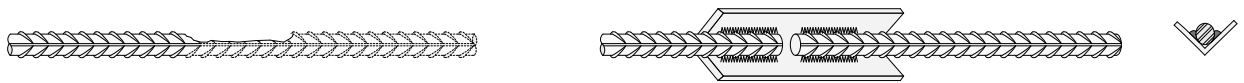


Reemplazando toda la sección

EMPALME POR SOLDADURA



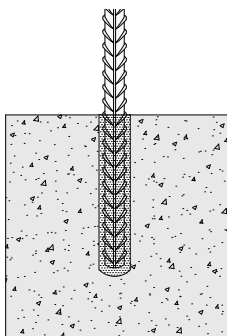
Reponiendo la sección perdida



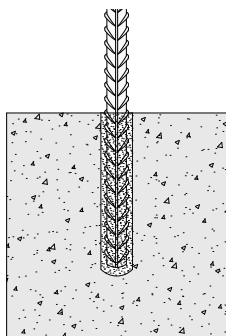
Reemplazando toda la sección  
CONECTORES MECANICOS  
O MANGUITOS



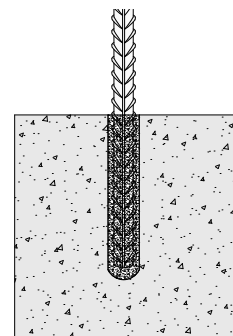
ANCLAJE DE ARMADURA



Protección alcalina mediante lechada de cemento o pintura alcalina alrededor de la barra.



Protección catódica mediante pintura de zinc aplicada sobre la barra.



Encapsulamiento de la barra con epóxico, se cuestiona su comportamiento por la difícil aplicación.

### 3.2.12. Anclajes

Los anclajes se usan tanto para la fijación de elementos estructurales como no estructurales. Existen dos categorías para los sistemas de anclaje:

#### Sistemas preinstalados

Incluyen anclajes embebidos no ajustables de varios tipos, conexiones atornilladas, y anclajes ajustables colocados en su sitio antes de vaciar el concreto. En sentido estricto las barras de refuerzo de una pieza estructural se consideran como anclajes preinstalados, con longitudes de anclaje y traslape diseñadas para que puedan alcanzar falla del acero por fluencia.

#### Sistemas postinstalados

Los sistemas postinstalados son aquellos que se instalan en el interior de una perforación previamente taladrada o en un espacio dejado en el concreto antes de su endurecimiento. Estos pueden dividirse en dos tipos, anclajes adheridos y anclajes mecánicos.

### 3.2.13. Adhesivos

Los adhesivos poliméricos mejoran la adherencia de los sustratos, tienen una gran posibilidad de aplicaciones en la concepción obras civiles y en su rehabilitación y reforzamiento, tales como:

- Adherencia de concreto o mortero fresco a concreto endurecido
- Adherencia de concreto endurecido a concreto endurecido
- Adherencia estructural y/o sello de fisuras en el concreto
- Adherencia de anclajes de refuerzo dentro del concreto
- Adherencia de concreto y otros materiales (acero, vidrio, madera, aluminio, cerámica, FRP, etc.)
- Relleno de cavidades del concreto.

## 3.3. PROTECCIÓN

La protección corresponde al aislamiento de la superficie de hormigón de acciones agresivas como las del medio ambiente, contaminantes, ácidos, álcalis, sulfuros, abrasión, fuego, hielos y deshielos, agua, oxígeno, etc. Evitando penetraciones que desencadenen daños en el componente estructural. No obstante, los elementos de hormigón tienden a formar fisuras superficiales dejando obsoleto al sistema de defensa empleado, es por esto por lo que además se proporciona atención a las armaduras.

### 3.3.1. Impregnaciones

La impregnación reduce la porosidad superficial y refuerza el recubrimiento del elemento a ser protegido, los poros y capilares están parcialmente o completamente rellenos, este tratamiento produce una delgada y discontinua película en la superficie del hormigón. (EN 1504, 2010)

#### 3.3.2. Impregnación hidrófuga

Tratamiento de la superficie de hormigón destinada a dotarla de propiedades hidrófugas con una membrana continua, en la que los poros y los capilares no se rellenan, solo se cubren, el aspecto visual apenas se ve afectado. Son más recomendados los hidrofugantes que tienen la capacidad de penetrar algunos milímetros en el hormigón y que por mecanismos de repelencia electrostática impiden la penetración de las moléculas de agua y de las sustancias agresivas. Son poco aconsejables para estructuras con demandas mecánicas y/o físicas fuertes, ni para estructuras sometidas a la presión del agua. (EN 1504, 2010)

#### Aceites

Aceite de soya, aceite de linaza y ciertos ácidos como el linólico y el oleico, que tienen consistencia aceitosa, pueden ser usados para la impermeabilización y protección de superficies de hormigón de los agentes de deterioro. Se aplica después de dos semanas de fabricación del hormigón y se aconseja primeramente neutralizar la superficie del elemento estructural antes de la aplicación, utilizando una solución que comprende cloruro de zinc con ácido fosfórico en agua potable. Esperar el secado por 48 horas, antes de la aplicación de los aceites. Los aceites pueden ser diluidos en kerosén, recomendándose por lo menos dos aplicaciones extendidas cada 24 horas.

Como esta opción de interrupción es ácida, no se sugiere su uso en hormigones con poco recubrimiento. Así como la silicalización, los aceites deben ser usados con precaución, ya que imposibilitan la adherencia de nuevos productos de revestimientos y no protegen a la pieza de agresiones químicas intensos.

#### Silicatización

Por silicatización de superficies se entiende, una serie de procedimientos que tienen como objetivo tapar los poros superficiales y endurecer las superficies del hormigón o mortero, impermeabilizándolas. Los siguientes productos pueden ser usados para la silicatización del hormigón:

- Silicato de sodio bioquímicamente modificado
- Metasilicato de sodio o potasio
- Tetrafluorato de silicio
- Fluorsilicato de magnesio o zinc

### 3.3.3. Revestimientos

Tratamiento que consiste en colocar una capa continua en la superficie del hormigón. El espesor está comprendido, por regla general, entre 0,1 y 5 mm. (EN 1504, 2010)

#### Barnices

Son productos formadores de película continúa obtenida a partir de resinas, por evaporación o reacción de polimerización. Actúan protegiendo al concreto por efecto de barrera física. Pueden ser de base epoxi, poliuretano alifático o acrílica. Los barnices de base epoxi son bicomponentes y los de más grande adherencia, resistencia y durabilidad, desde que no estén expuestos a la radiación solar pues se degradan mucho frente a los rayos ultravioleta. Normalmente son aplicados en interiores de estructuras donde existe alta agresividad química. Tienen el inconveniente de no aceptar una repintura, desfavorable para mantenimientos. En general, los mejores barnices de base epoxi son diluidos o con solventes, pero también los hay diluidos en agua (emulsionados).

Otro grupo de barnices de muy buena respuesta y larga durabilidad son los de base poliuretano alifático. Son resistentes a la radiación solar, tienen buena adherencia y una prolongada vida útil del orden de los epoxi. Los mejores son bicomponentes base solvente, pero los hay base agua. A igual que los epoxi, presentan el inconveniente de no aceptar el repinte, para mantenimiento se debe eliminar todo el revestimiento antes de la aplicación del nuevo producto.

Los barnices más comunes son los de base acrílica, de base solvente, a pesar de que también los hay de base agua, pero no son tan eficaces. En el mercado popular de edificaciones esos barnices son conocidos como látex acrílico para exterior. No deben ser utilizados barnices tipo látex PVA base agua, pues presentan baja durabilidad, reducida adherencia y se degradan rápidamente, amarillándose y desprendiéndose, cuando están en presencia de agentes atmosféricos agresivos. Estos barnices de base acrílica son de fácil mantenimiento pues aceptan un repinte sobre el material existente bastando apenas un enérgico lijado y lavado de la superficie de revestimiento anterior o viejo, siempre y cuando no esté degradado.

#### Pinturas

Son dispersiones de pigmentos en aglutinantes, que cuando son aplicadas en capas finas sobre una superficie, sufren un proceso de secado o curado y endurecimiento, formando una película sólida, adherida al sustrato e impermeable. Están constituidas por resina, solvente, pigmento y aditivo. La resina es el componente más importante de la pintura, pues es la que confiere las propiedades de resistencia, adherencia, flexibilidad, impermeabilidad y brillo. Los pigmentos desenvuelven un papel significativo cuando se pretende lograr una protección anticorrosiva, ya sea por inhibición química o por protección catódica. Las pinturas orgánicas son también conocidas como revestimientos anticorrosivos o pinturas de protección superficial, por la razón de su elevada protección química que confieren a la estructura. Las pinturas pueden ser de diferente naturaleza, como:

- Caucho clorado
- Vinilo
- Poliuretano
- Epoxi
- Acrílica
- Poliuria

#### Materiales asfálticos

Se presentan de manera diluida o con altas viscosidades, generalmente contribuyen como barrera de humedades, repelen el agua, pero permiten que el elemento de hormigón respire. Si se le añaden ciertos agregados puede repeler gases industriales y ataques causados por la luz solar.

#### Sellantes

Son materiales usados en juntas de dilatación con el objetivo de impedir el paso de líquidos, gases, vapor o partículas sólidas hacia el interior. En el instante en el que son aplicados y se produce su deformación las propiedades elásticas y de recuperación deben tener compatibilidad con las deformaciones sufridas.

La esencia química de los sellantes, procedente de la resina básica de formación, es responsable por la resistencia a los agentes agresivos, deformabilidad, adherencia al sustrato y recuperación elástica.

#### Vinil

El vinil es un material usado ampliamente. Trabaja como aislante y es muy buen repelente de humedad, sus propiedades lo hacen muy durable y flexible, así como resistente a ácidos y álcalis.

## CAPÍTULO 4: MANUAL

Manual de técnicas para rehabilitación y reforzamiento en columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánico.

La implementación de técnicas de reparación y reforzamiento en elementos estructurales de hormigón armado deteriorados por agentes mecánicos logra resultados efectivos, mejorando características de resistencia, rigidez o ductilidad. Las técnicas detalladas a continuación cuentan con una breve descripción, ventajas y desventajas, especificaciones acerca del equipo, materiales a emplear y una redacción del procedimiento que explica la ejecución de la técnica en tres etapas (preparación y limpieza, reparación, protección).



# MANUAL DE TÉCNICAS PARA LA REHABILITACIÓN Y REFORZAMIENTO EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO DETERIORADAS POR AGENTES MECÁNICOS:

## COLUMNAS

### REPARACIÓN:

- Inyección de fisuras
- Formación de juntas
- Costura de fisuras
- Reemplazo de hormigón (aplicación manual)
- Reemplazo de hormigón (empaquetamiento seco)
- Reemplazo de hormigón (encofrado y vertido)
- Reemplazo de hormigón (encofrado y bombeo)
- Reemplazo de hormigón (encofrado, vertido y bombeo)
- Reemplazo de hormigón (encofrado, vertido y empaquetamiento seco)
- Reemplazo de hormigón (Proyectado vía seca)
- Reemplazo de hormigón (Proyectado vía húmeda)

### REFORZAMIENTO:

- Adición de armadura
- Recrecio (encofrado y vertido)
- Recrecio (proyectado)
- Recrecio zunchado y proyectado
- Empresillado metálico (soldadura)
- Empresillado metálico (anclaje mecánico)
- Encamisado FRP

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Fisuras

**Causa:** Carga y sobrecarga, movimiento, impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## INYECCIÓN DE FISURAS

### Descripción:

El método consiste en inyectar fisuras y/o grietas con un material adhesivo que al solidificarse permitirá recuperar ciertas propiedades de la estructura.

### Ventajas:

Este procedimiento correctamente ejecutado garantiza una óptima intervención.

### Desventajas:

Requiere equipo y mano de obra especializados.

### Materiales:

Si la fisura es pasiva o muerta, se puede utilizar resinas normales o lechadas de microcemento. Si el objetivo son fisuras activas, es necesario aplicar productos flexibles (lechadas modificadas con polímeros, resinas epóxicas, base acrílica, poliuretano, silicona o gomas prefabricadas tipo EPDM o PVC). La viscosidad del producto dependerá del ancho de la fisura, mientras más fina se deben emplear sistemas de viscosidades inferiores. Muchas veces los productos, si realmente son de baja viscosidad, entran por absorción capilar en las grietas sin necesidad de equipo de presión.

Endurecedor

Masilla / Adhesivo para sellado.

### Equipos y Herramientas:

Disco de Corte / Cíncel y martillo

Chorro de agua y aire

Equipo de mezcla

Pistolas de calafateo / Equipos neumáticos con presión de aire comprimido de 2 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Boquillas de inyección

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

En primer lugar, se realiza la abertura de surcos y ranuras en V con el disco de corte. Así mismo, se deben eliminar los contaminantes tales como grasas, aceites, polvo o partículas finas del hormigón que imposibilitan la penetración y adherencia de la resina epoxi, y

disminuyen la calidad de una reparación óptima. Por factores más favorables se recomienda eliminar las fracciones contaminantes por aspiración o lavado con agua. Luego la humedad se elimina utilizando aire comprimido y un agente neutralizante, o bien se deja transcurrir tiempo suficiente para asegurar la eliminación de agua en la fisura.

Siempre que el proceso que se va a usar sea bajo presión hay necesidad de aplicar antes un sello superficial, si la fisura es estrecha se puede cubrir con cinta adhesiva y si la abertura es mayor se realiza con un tapón de masilla epóxica.

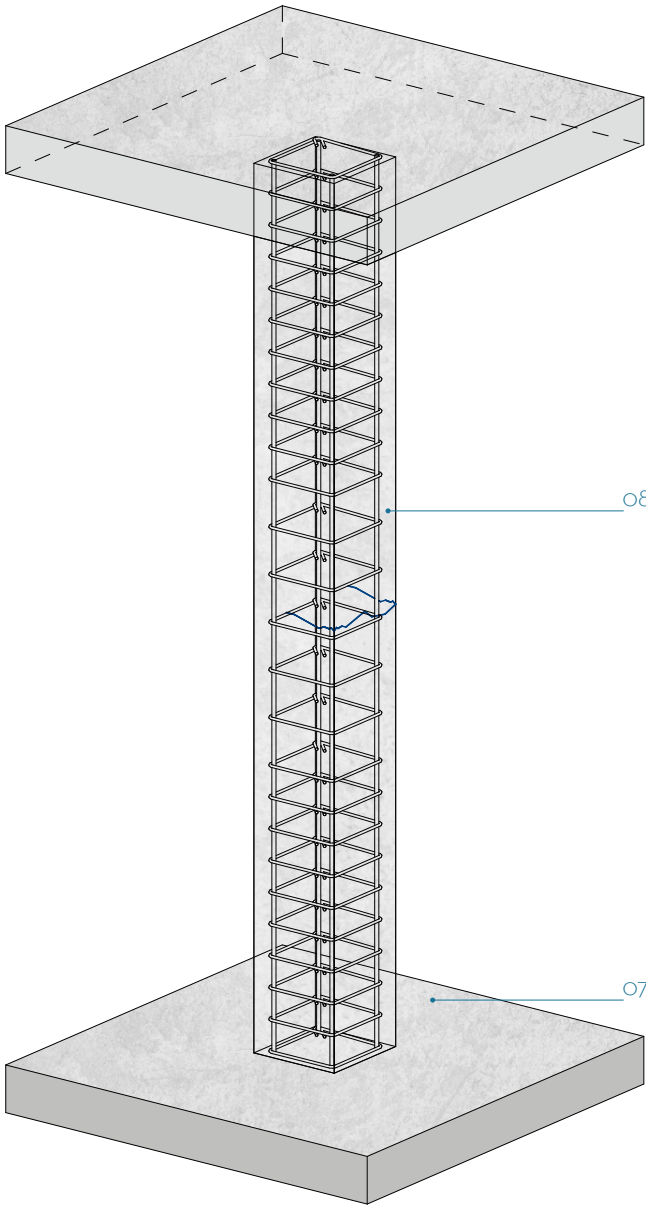
#### 2. Reparación

Las boquillas de inyección deben colocarse en la superficie, a lo largo de la grieta en orificios perforados cada 20 - 50 cm en función del espesor de la fisura, si la grieta es pasante, se coloca boquillas por ambas caras. Paso siguiente debe sellarse toda la longitud de la grieta y verificar mediante aire comprimido la comunicación entre boquillas. Después, se inyecta el material al interior de la grieta, a presión alta y constante. Hay que empezar por el punto de inyección más bajo de cada grieta y proseguir hasta que el material emerja por el punto adyacente. A continuación, se cierra el punto donde se inició la inyección para evitar que el material salga antes de gelificarse y se reanuda en el siguiente punto hasta que el material vuelva a salir en el próximo. Si la grieta es pasante, verificar que el material aflore por el punto opuesto más próximo. Si no brota por el punto opuesto, se procede a inyectar por ambos lados. Se continua así la secuencia hasta culminar la reparación. La fisura está llena cuando la presión es constante y se mantiene. Si la presión no se puede mantener, esto significa que la resina epoxi aún está circulando hacia partes vacías de la fisura o que hay fugas de material.

#### 3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la fijación de la barrera de protección. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.

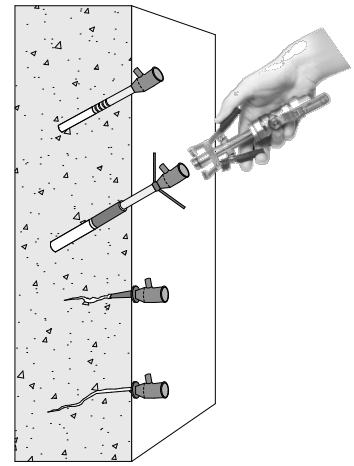




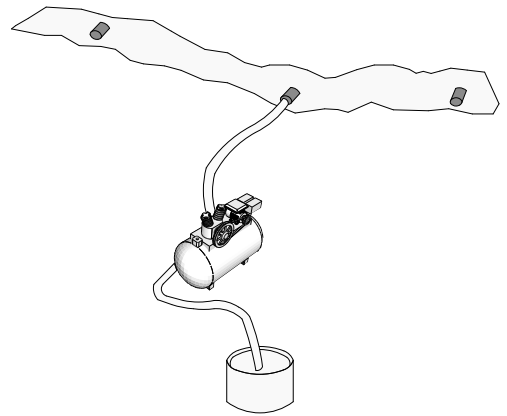
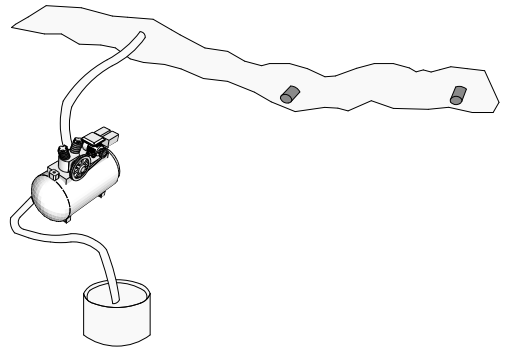
Axonometría

LEYENDA

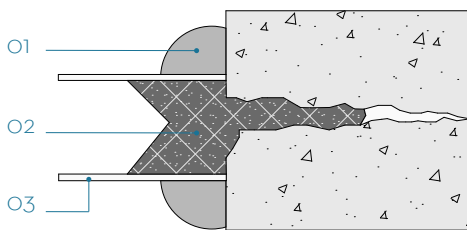
- 01. Masilla
- 02. Mortero de relleno
- 03. Tubo de inyección
- 04. Obturador
- 05. Sellado
- 06. Taladro
- 07. Losa H°A
- 08. Columna H°A



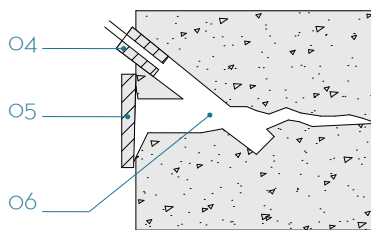
Esquema



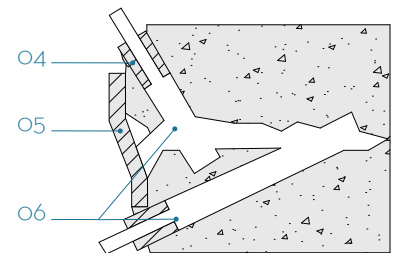
Esquema



Inyección desde la superficie  
Esc 1:10



Inyección interna parcial  
Esc 1:10



Inyección interna total  
Esc 1:10

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Fisuras

**Causa:** Carga y sobrecarga, movimiento, impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

---

## FORMACIÓN DE JUNTAS

---

### Descripción:

Este método consiste en agrandar la fisura a lo largo de su cara expuesta, llenarla y sellarla. Se trata de convertir la fisura en una junta controlada y estanca.

### Ventajas:

Cuando el hormigón se contrae o dilata la fisura se genera en este sitio escogido y no en otro diferente.

### Desventajas:

Esta técnica se acopla mayormente a superficies horizontales. Pero también se puede perfilar y sellar sobre superficies verticales.

### Materiales:

Los selladores pueden ser de diferentes materiales, incluyendo resinas epoxi, uretanos, siliconas, polisulfuros, neopreno predeformado, productos asfálticos o morteros de polímero. Se deberían evitar los morteros cementicos por su potencial de fisuración.

### Equipos y Herramientas:

Disco de Corte / Cincel y martillo  
Chorro de agua y aire / Cepillo de cerdas metálicas  
Pistolas de calafateo  
Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

En primer lugar, se realiza la abertura de surcos y ranuras con el disco de corte entre 6 y 25mm. La limpieza de la junta es importante para garantizar la adherencia del sellante, así que se deben retirar residuos, polvo, aceites, grasas, pinturas. La higienización puede lograrse con la ayuda de cepillos con cerdas metálicas, chorro de agua a alta presión con posterior secado de chorro de aire.

#### 2. Reparación

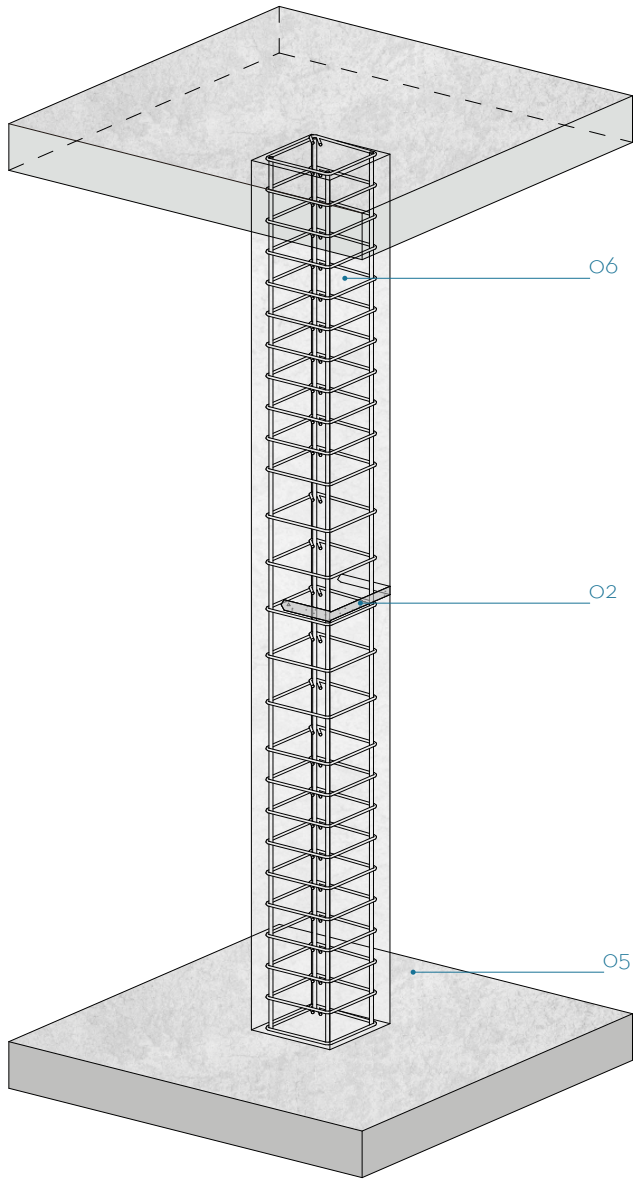
Una vez realizado el cajeado de la fisura se procede al recubrimiento con el material de sellado elástico, que se posiciona en el momento que la fisura está ensanchada con la ayuda de la pistola de calafateo,

de modo que el sellante tendrá menos posibilidades de desgarramiento. La boquilla define el espesor del cordón, la cual debe guardar proporción con el ancho de la junta.

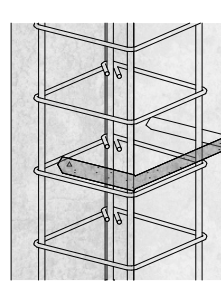
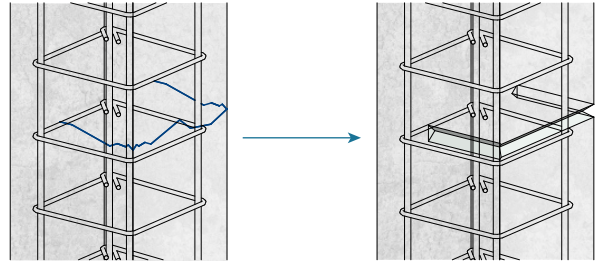
Una vez culminada la colocación del sello se debe dar un acabado o alisado a la cara libre del mismo buscando cierta curvatura de la masilla. Para mejorar la estética de la actuación inicialmente se puede enmascarar los bordes de la junta con cinta, la que se retira una vez alisado el material de recubrimiento, si se deja, una vez curado el sello, es difícil su retiro.

#### 3. Protección

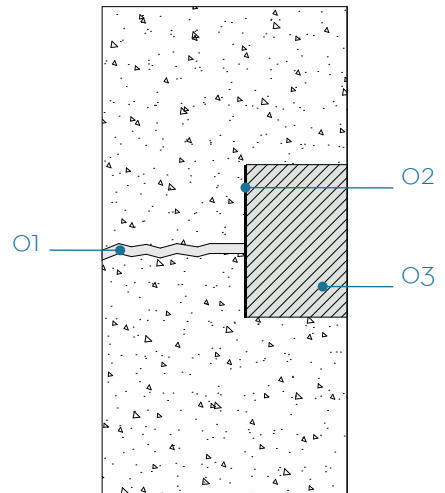
Esta intervención no requiere de protección ya que el material sellante posee propiedades que garantizan una mayor resistencia contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.



Axonometría Explotada



Esquema

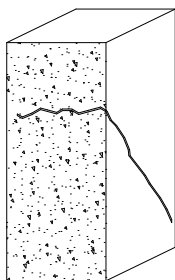


Sección

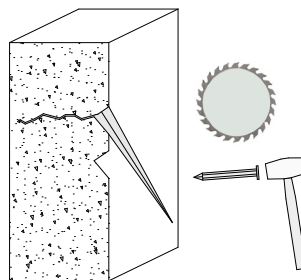
Esc 1:10

LEYENDA

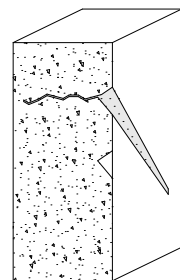
- 01. Fisura
- 02. Material de sellado elástico
- 03. Antiadherente (evita la rotura del material de sellado).
- 05. Losa H°A
- 06. Columna H°A



Fisura Original



Prefilado



Sellado

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Fisuras

**Causa:** Carga y sobrecarga, movimiento, impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## COSTURA DE FISURAS

### Descripción:

Coser una fisura consiste en la perforación de agujeros para introducir componentes metálicos en forma de U (grampas o bridas de costura) y afianzar su anclaje con productos de adherencia. Se utiliza en fisuras muertas.

### Ventajas:

Es un método práctico de fácil aplicación, sin requerimientos de equipo ni una mano de obra especializada.

Rápida instalación

### Desventajas:

Al coser una fisura la estructura tiende a volverse más rígida, y esta rigidez puede aumentar la restricción global de la estructura provocando fisuración en otras partes del hormigón. Esta técnica es poco efectiva.

### Materiales:

Grapas

Mortero / Resina epoxi / Grout.

### Equipos y Herramientas:

Taladro

Chorro de agua y aire

Pistolas de calafateo

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Para la preparación de pequeñas superficies se emplea la escarificación manual, que consiste primeramente en señalar el área de actuación, se escarifica del exterior al interior, no dejando zonas quebradizas o astilladas. Se extrae el concreto hasta que la superficie quede libre de insalubridades, con textura rugosa y compacta, permitiendo una excelente adherencia del nuevo material. También pueden aprovecharse medios mecánicos como el uso de máquinas de desbaste superficial.

La limpieza puede igualmente ser válida mediante lavado manual o preferiblemente con aire comprimido.

#### 2. Reparación

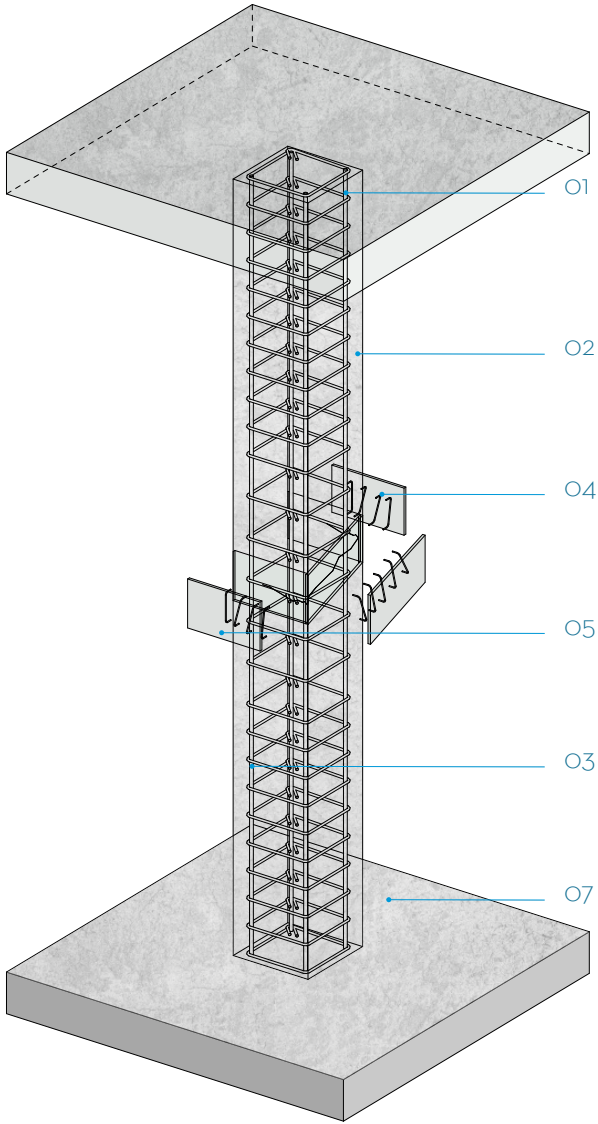
Una vez preparada la zona de actuación anclar las patas de las grapas en los orificios, utilizando un mortero que no se contraiga, o bien un sistema adhesivo en base a resina epoxi.

Las grapas deben ser variables en longitud, en orientación, o en ambos aspectos, y se las debe ubicar de manera que la tracción transmitida a través de la fisura no se aplique sobre un único plano dentro de la sección, sino que se distribuya sobre cierta superficie, se recomienda colocar las grapas perpendiculares al plano de la fisura, nunca paralelas entre sí.

Finalmente se coloca una capa de mortero manualmente dejando una superficie uniforme entre el elemento estructural y la reparación. La cual cubre las grapas y resguarda su integridad contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.

#### 3. Protección

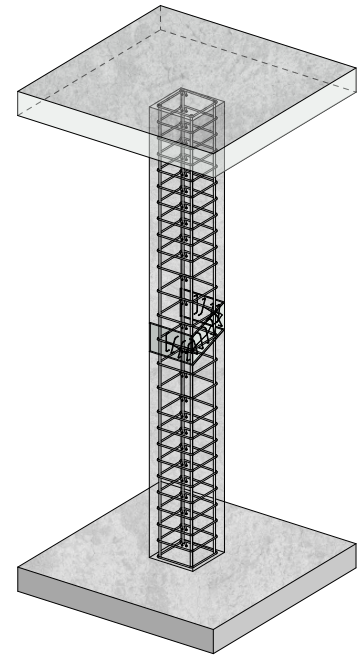
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



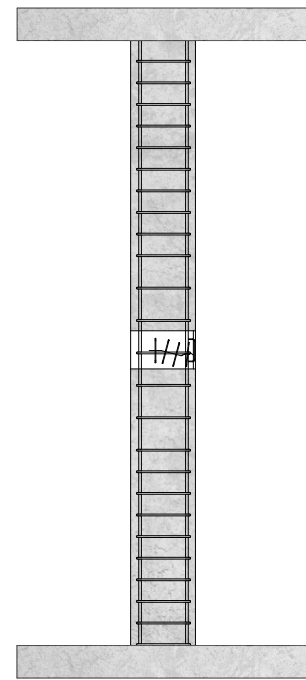
Axonometría

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Grapa
- 05. Capa de protección
- 06. Mortero epoxi
- 07. Losa H°A

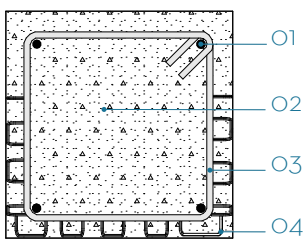


Axonometría



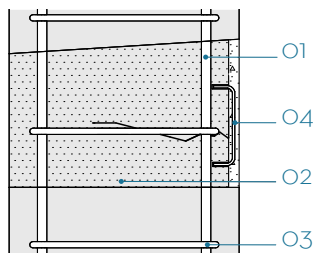
Alzado

Esc 1:35



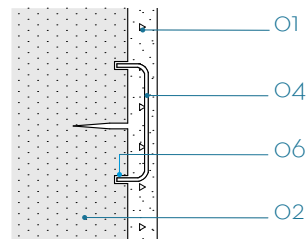
Planta

Esc 1:10

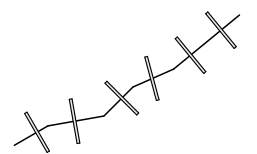


Unión losa-columna

Esc 1:10



Sección



no debe ser paralelo

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, movimiento, impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

---

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (APLICACIÓN MANUAL)

---

### Descripción:

Este método de aplicación manual se realiza mediante la colocación de mezcla sobre la superficie. Se usa en reparaciones superficiales (< 5 cm).

### Ventajas:

Es un método práctico de fácil aplicación, sin requerimientos de equipo ni una mano de obra especializada.

### Desventajas:

Esta acción resulta meramente estética no contribuye con la recuperación de propiedades del elemento estructural.

### Materiales:

Mezclas de cemento portland, agregados finos, filler o relleno tipo polvo calizo, humo de sílice o metacaolín, aditivos de contracción compensada, plastificantes, adhesivos de base acrílica y agua. El material debe tener consistencia plástica y buena adherencia.

### Equipos y Herramientas:

Cinzel y martillo / Disco de desbaste

Chorro de agua y aire / Cepillos de cerdas metálicas

Mezcladora

Paleta y llana o espátula

Martillo de goma y pizón de mano

Nivel de burbuja

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Para la preparación de pequeñas superficies se emplea la escarificación manual, que consiste primeramente en señalar el área de actuación, se escarifica del exterior al interior, no dejando zonas quebradizas o astilladas. Se extrae el concreto hasta que la superficie quede libre de insalubridades, con textura rugosa y compacta, permitiendo una excelente adherencia del nuevo material. También pueden emplearse medios mecánicos como el uso de máquinas de desbaste superficial. La limpieza puede realizarse mediante

lavado manual o preferiblemente con aire comprimido.

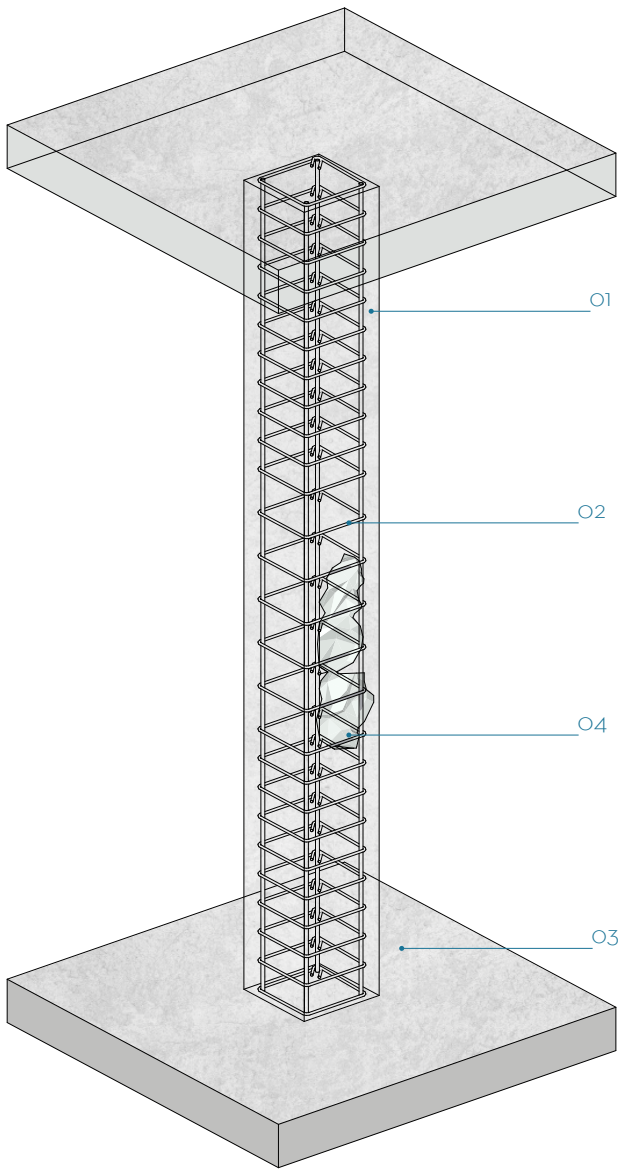
#### 2. Reparación

Se aplica el material sobre la superficie preparada, manualmente con el uso de guantes. Se presiona con las manos al mortero contra la superficie de concreto evitando las bolsas de aire en todas las cavidades. En el caso de que la profundidad sea mayor a 2cm conviene aplicar la mezcla en capas con un desfase de 24 horas, la superficie entre capas debe ser rugosa para garantizar la adherencia de la posterior.

El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la columna y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

#### 3. Protección

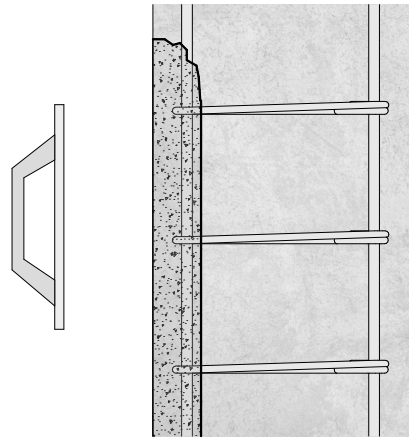
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



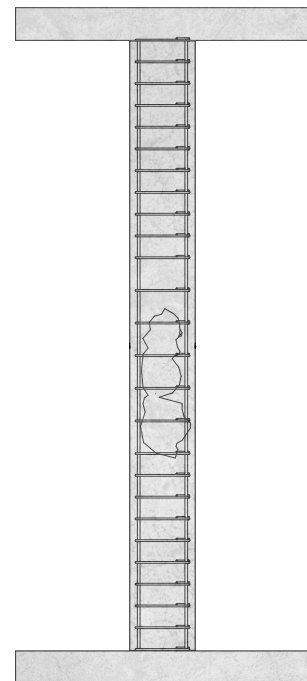
Axonometría

LEYENDA

- 01. Columna H°A
- 02. Armadura
- 03. Losa H°A
- 04. Desprendimiento
- 05. Mortero

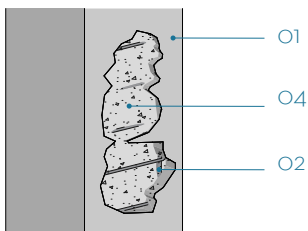


D\_01

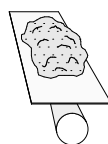
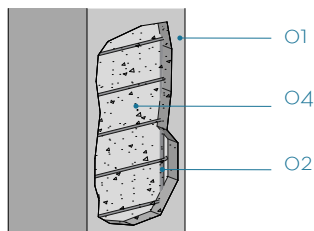


Alzado

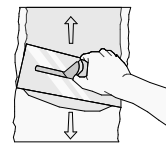
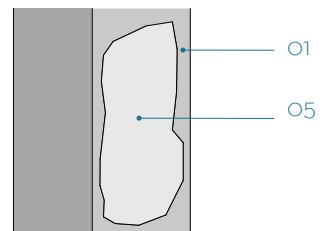
Esc 1:35



Prefilado



Empaquetado



Sellado

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (EMPAQUETAMIENTO SECO)

### Descripción:

Este método de reparación es de aplicación manual, consiste en la colocación del material a manera de capas de poco espesor y el apisonamiento sucesivo de la mezcla de muy bajo asentamiento dentro del volumen o cavidad preparada. Se emplea en reparaciones pequeñas y profundas.

### Ventajas:

El método no requiere ningún equipo especial, pero para que los resultados sean satisfactorios las personas que realizan el acabado deben estar capacitadas en este tipo de reparaciones.

### Desventajas:

Esta acción resulta meramente estética no contribuye con la recuperación de propiedades del elemento estructural.

### Materiales:

Mortero con cero asentamientos, moldeable sin excesiva humedad.

Agregado grueso.

### Equipos y Herramientas:

Cinzel y martillo / Disco de desbaste

Chorro de agua y aire / Cepillos de cerdas metálicas

Mezcladora

Paleta y llana o espátula

Martillo de goma y pisón de mano

Nivel de burbuja

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Para la preparación de pequeñas superficies se emplea la escarificación manual, que consiste primeramente en señalar el área de actuación, se escarifica del exterior al interior, no dejando zonas quebradizas o astilladas. Se extrae el concreto hasta que la superficie quede libre de insalubridades, con textura rugosa y compacta, permitiendo una excelente adherencia del nuevo material. También pueden aprovecharse medios

mecánicos como el uso de máquinas de desbaste superficial. La limpieza puede igualmente ser válida mediante lavado manual o preferiblemente con aire comprimido.

#### 2. Reparación

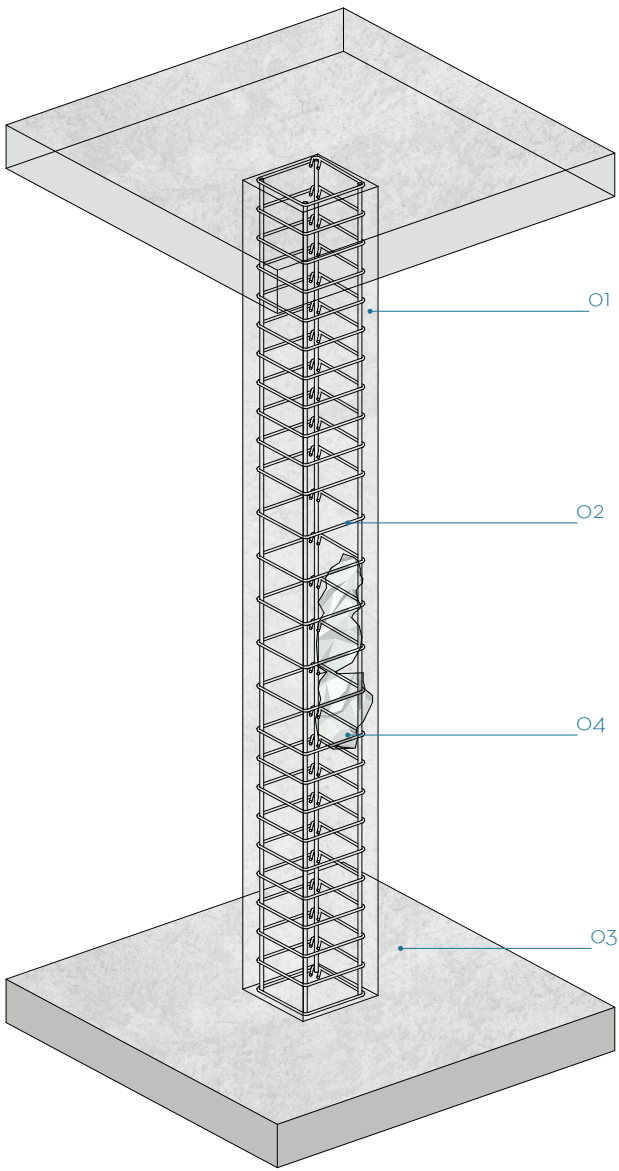
Se aplica la primera capa de mortero seco (<3cm) ejerciendo presión contra el sustrato, al instante se coloca el agregado grueso con el apoyo del pisón de mano y el martillo de goma compactando el material. La secuencia continua hasta llenar la cavidad.

El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la columna y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

#### 3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



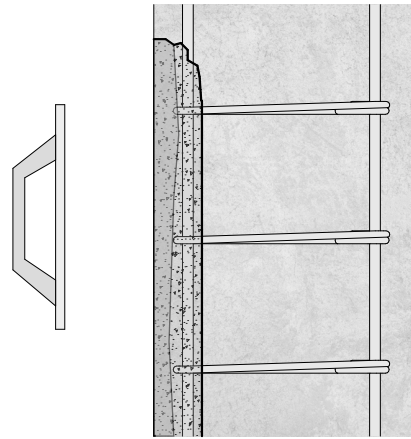


Axonometría

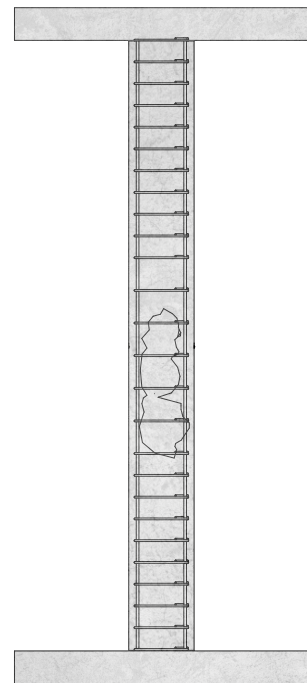
LEYENDA

- 01. Columna H°A
- 02. Armadura
- 03. Losa H°A
- 04. Desprendimiento

- 05. Mortero

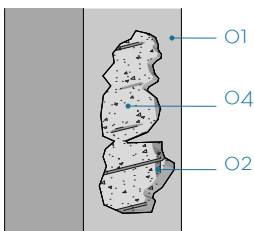


D\_01

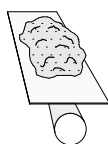
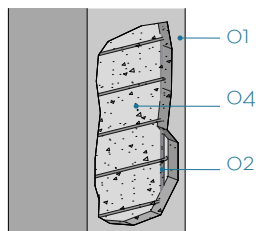


Alzado

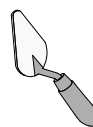
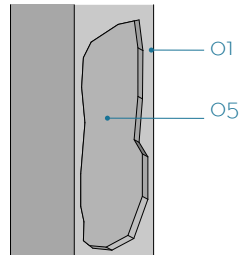
Esc 1:35



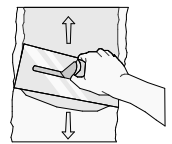
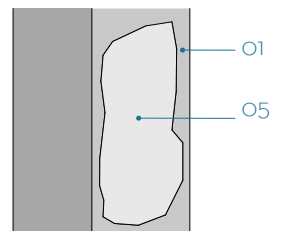
Prefilado



Empaquetado



Sellado 1ª capa



Sellado 2ª capa

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (ENCOFRADO Y VERTIDO)

### Descripción:

Es de los métodos de reparación más empleados. Se fundamenta en el reemplazo del hormigón malogrado por un hormigón de dosificación y consistencia oportuno de tal modo que se constituya como una unidad integral con el hormigón base. Se logra mediante el encofrado y el vaciado de material autocompactante dentro de la cavidad confinada, se emplea en reparaciones profundas (> 4cm)

### Ventajas:

Provee una sección uniforme, recuperando la forma original del elemento sin ningún tipo de acción invasiva. No requiere de mano de obra especializada y representa una intervención de bajo costo.

### Desventajas:

No pueden entrar en carga hasta pasado un tiempo prudencial.

### Materiales:

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción plástica, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts) / Hormigón más Aditivos (expansor y casualmente plastificante).

### Equipos y Herramientas:

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Mezcladora, Carretilla, recipientes

Varilla / Vibrador, Martillo de goma

Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos.

Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada. Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar el hormigonado.

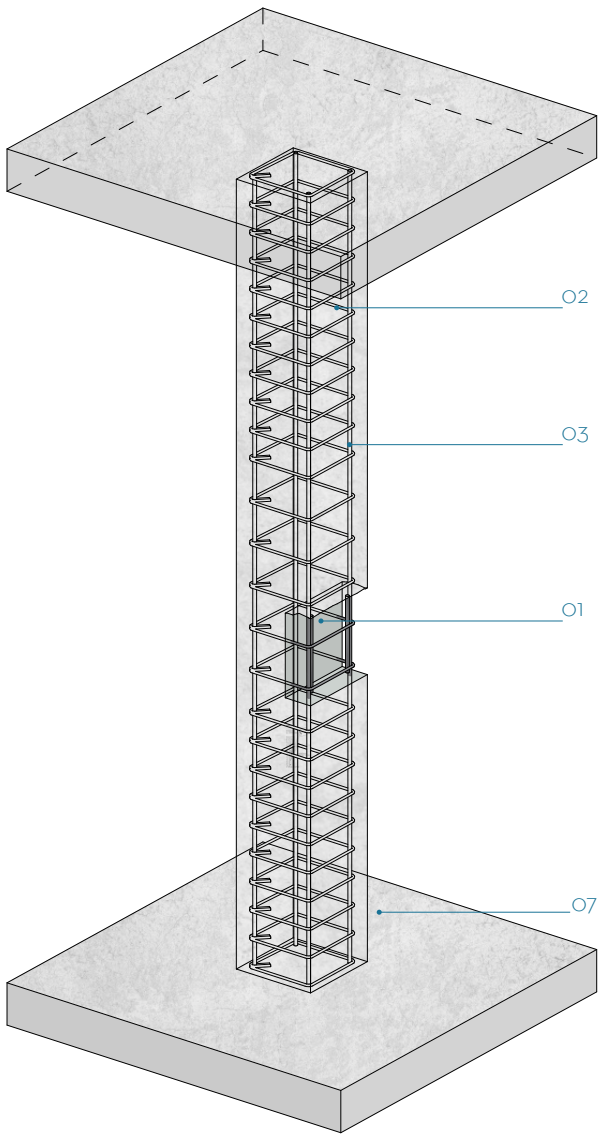
#### 2. Reparación

El encofrado limpio y una vez aplicado el desencofrante, debe proveer el acceso del material mediante un embudo, y la eliminación de burbujas de aire mediante tubos y respiraderos, así mismo con la ayuda de compactación mediante vibración externa.

Se debe mantener el encofrado por lo menos 24 horas, además de conservar húmeda la sección hasta los 7 días. Una vez retirado el encofrado se procede a eliminar los excesos con el disco de corte o cincel y martillo. El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la columna y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

#### 3. Protección

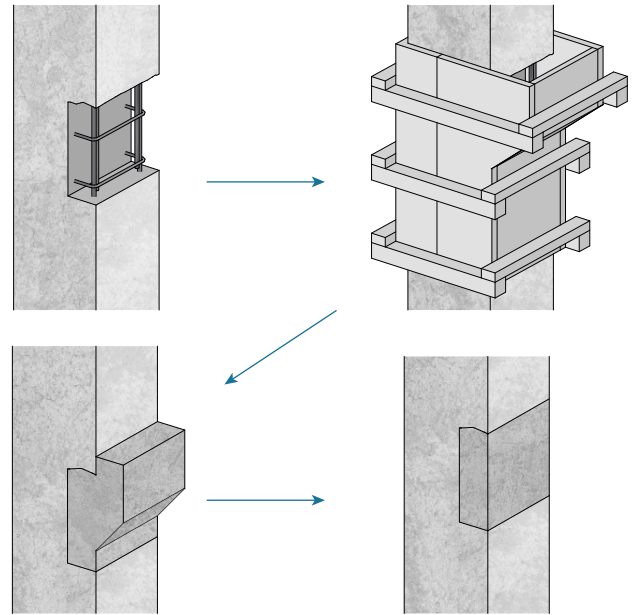
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



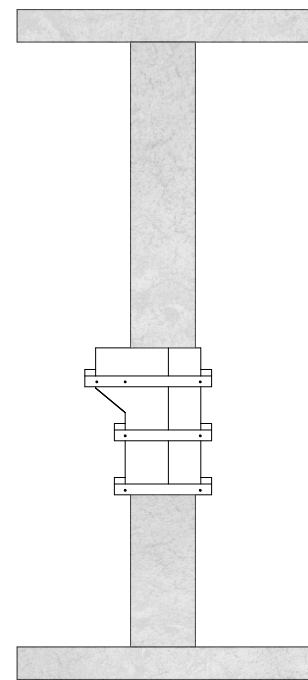
Axonometría Explotada

LEYENDA

- 01. Desprendimiento
- 02. Estribo
- 03. Columna H°A
- 04. Varilla de acero
- 05. Mortero de relleno
- 06. Barra de reforzamiento
- 07. Losa H°A
- 08. Encofrado

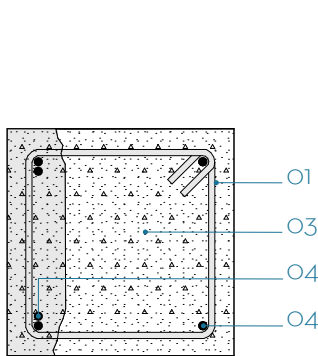


Esquema



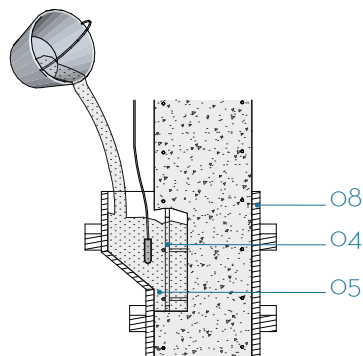
Alzado

Esc 1:35

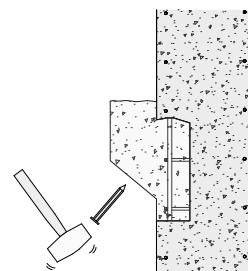


Planta

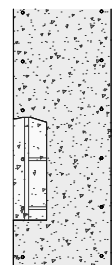
Esc 1:10



Vertido



Remoción de excesos



Estado final

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (ENCOFRADO Y BOMBEO)

### Descripción:

Es un método de reparación, el cual se fundamenta en el reemplazo del hormigón malogrado por un hormigón de dosificación y consistencia oportuno de tal modo que se constituya como una unidad integral con el hormigón base., mediante el encofrado y el bombeo de material autocompactante dentro de la cavidad confinada, se emplea en reparaciones profundas.

### Ventajas:

Provee una sección uniforme, recuperando la forma original del elemento sin ningún tipo de acción invasiva. No requiere de mano de obra especializada y representa una intervención de bajo costo.

### Desventajas:

No pueden entrar en carga hasta pasado un tiempo prudencial.

### Materiales:

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts, concretos bombeables).

### Equipos y Herramientas:

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Mezcladora

Equipos neumáticos con presión de aire comprimido de 2 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Boquillas de inyección

Martillo de goma

Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados para

mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada. Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapeo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar el hormigonado.

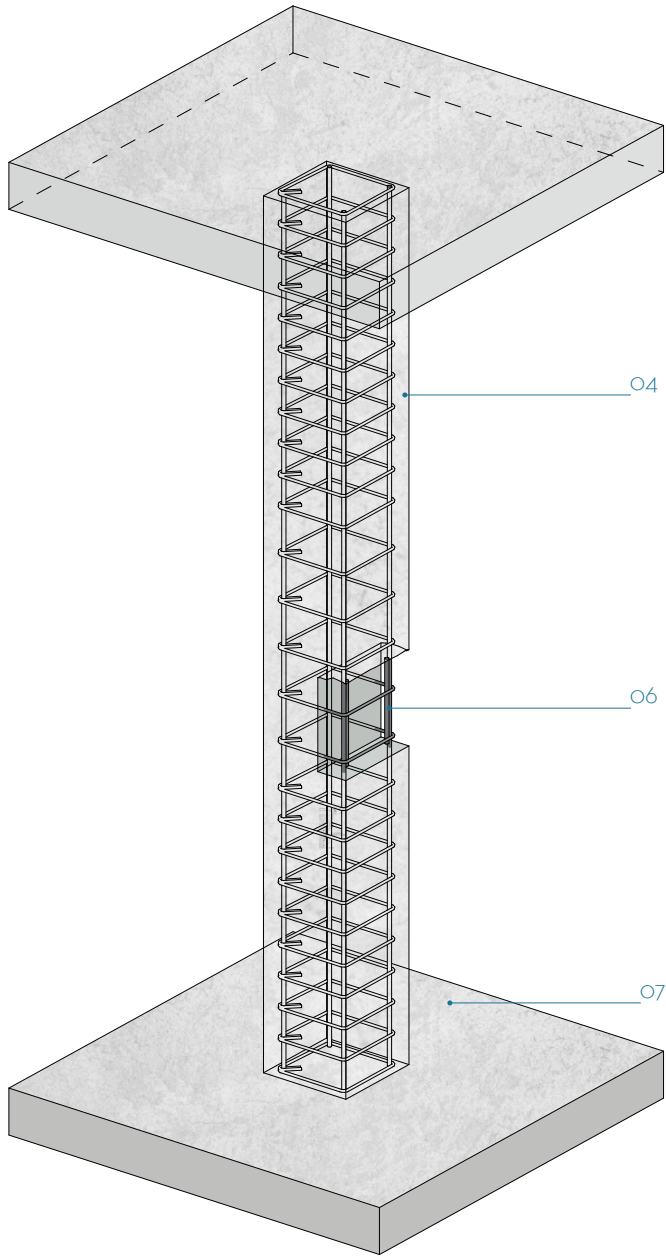
#### 2. Reparación

El encofrado debe proveer la llegada del material mediante tubos de ingreso, y ventilación o respiraderos, así como de válvulas o dispositivos de cierre. La secuencia del bombeado asegura el completo llenado de la cavidad. Para superficies verticales se realiza desde los puntos más bajos hacia los altos, una vez lleno el volumen se cierran las válvulas. La presión de bombeo es sustancial para la consolidación del material. Si la extensión de la reparación requiere de un mayor número de entradas, se bombea desde el primer puerto bajo hasta que el material fluya por el segundo, se cierra la válvula del primero y se reconecta la bomba en el segundo puerto y así sucesivamente.

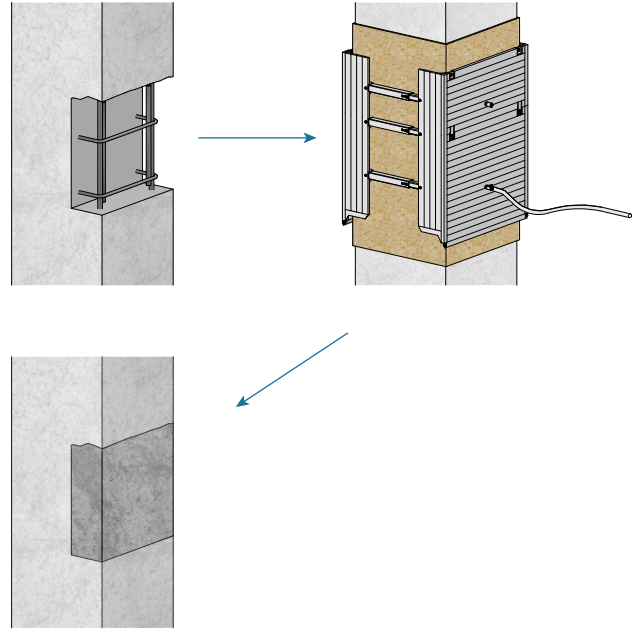
Se debe mantener el encofrado por lo menos 24 horas, además de conservar húmeda la sección hasta los 7 días. Una vez retirado el encofrado se procede a eliminar los excesos con el disco de corte o cincel y martillo. El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la columna y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

#### 3. Protección

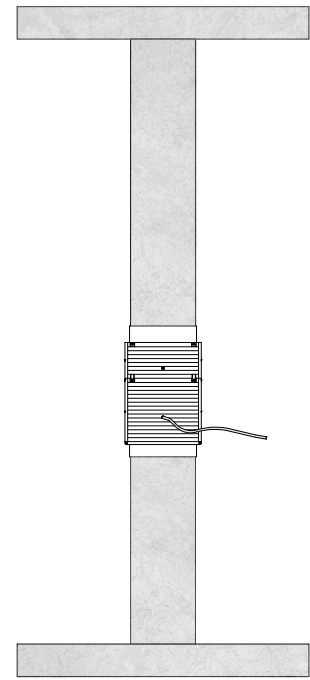
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría Explotada



Esquema

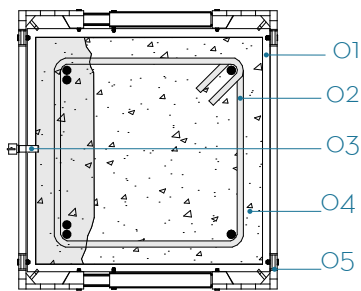


Alzado

Esc 1:35

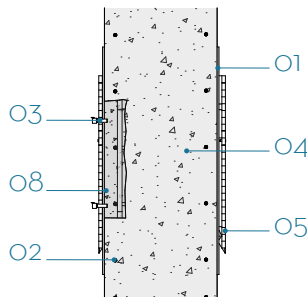
LEYENDA

- 01. Tablero OSB
- 02. Estribo
- 03. Válvula de cierre
- 04. Columna H<sup>•</sup>A
- 05. Encofrado metálico
- 06. Barra de reforzamineto
- 07. Losa H<sup>•</sup>A
- 08. Mortero de relleno

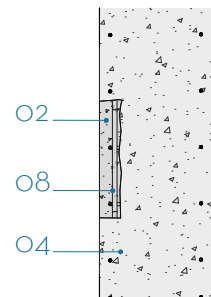


Planta

Esc 1:10



Sección



Sección

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (ENCOFRADO, VERTIDO Y BOMBEO)

**Descripción:**

Es un método de reparación, en el cual la colocación del material se realiza en dos pasos (vertido y bombeo), se emplea en reparaciones profundas (> 4cm)

**Ventajas:**

El método provee un material con baja contracción al momento del secado por el contacto entre agregados.

**Desventajas:**

Puede producirse la segregación del agregado grueso por mala aplicación del método.

**Materiales:**

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts, concretos bombeables).

**Equipos y Herramientas:**

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Mezcladora, Carretilla, recipientes

Equipos neumáticos con presión de aire comprimido de 2 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Boquillas de inyección

Varilla, Martillo de goma

Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo para acabado superficial

**Procedimiento:**

### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada. Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar el hormigonado.

### 2. Reparación

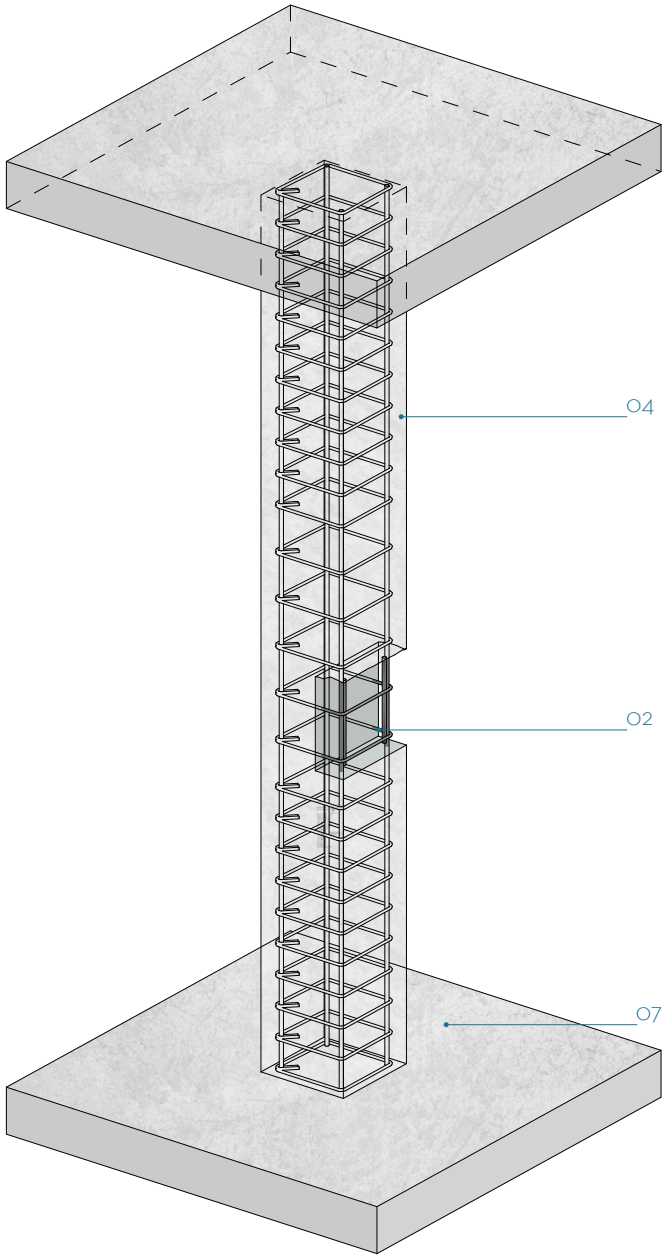
El encofrado se realiza en dos etapas, en la primera etapa el encofrado es parcial, y se procede a la colocación del agregado grueso (38 - 50% de vacío) acompañado de compactaciones leves. Posterior a esta acción se confina totalmente la cavidad.

La armazón debe proveer el bombeo del material autocompactante mediante tubos de ingreso y ventilación o respiraderos, así como de válvulas o dispositivos de cierre, generalmente la presión del bombeo no es elevada para no afectar a los moldes. Desde el punto más bajo se llenan los espacios entre agregados hasta colmar toda la cavidad progresivamente. Si la extensión de la reparación requiere de un mayor número de entradas, se bombea desde el primer puerto bajo hasta que el material fluya por el segundo, se cierra la válvula del primero y se reconecta la bomba en el segundo puerto y así sucesivamente.

Se debe mantener el encofrado por lo menos 24 horas, además de mantener húmeda la sección hasta los 7 días. Una vez retirado el encofrado se procede a eliminar los excesos con el disco de corte o cincel y martillo. El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la columna y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

### 3. Protección

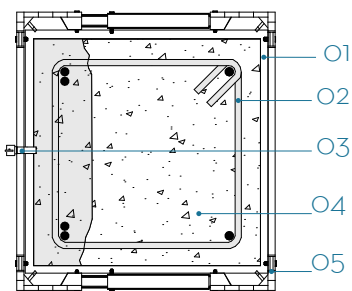
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría Explotada

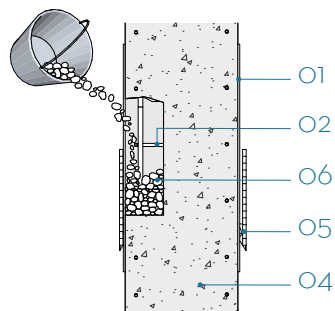
LEYENDA

- 01. Tablero OSB
- 02. Armadura
- 03. Válvula de cierre
- 04. Columna H°A
- 05. Encofrado metálico
- 06. Agregado grueso
- 07. Losa H°A
- 08. Mortero de relleno

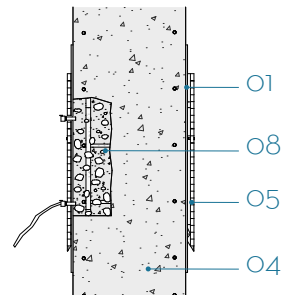


Planta

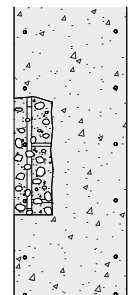
Esc 1:10



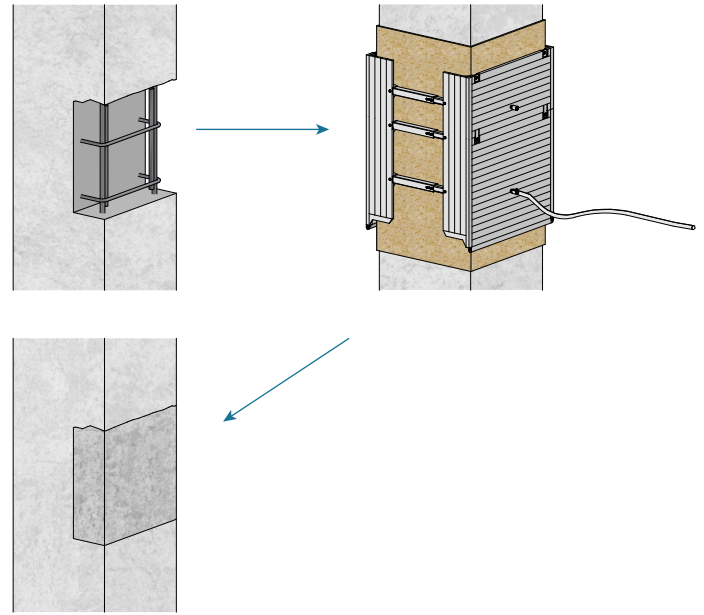
Introducción agregado



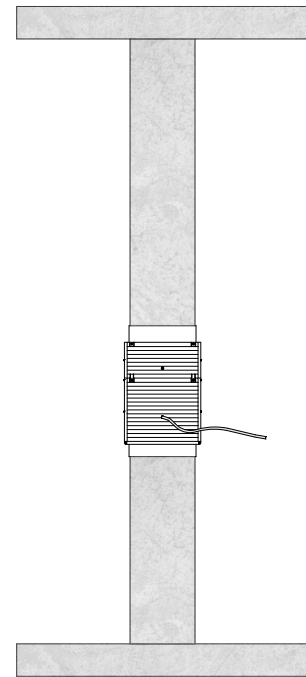
Inyección



Estado final



Esquema



Alzado

Esc 1:35

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (ENCOFRADO, VERTIDO Y EMPAQUETAMIENTO SECO)

**Descripción:**

Es un método de reparación, en el cual la colocación del material se realiza en dos pasos (vertido y aplicación manual). Se emplea en tramos superiores de columnas.

**Ventajas:**

Proporciona una sección uniforme, recuperando la forma original del elemento sin ningún tipo de acción invasiva. Para su ejecución no se necesita de un equipamiento especial, pero para obtener acciones más acertadas el equipo de mano de obra que llevan a cabo la labor debe tener ciertas competencias en este tipo de reparaciones.

**Desventajas:**

No pueden volver a entrar en carga hasta transcurrido un tiempo prudencial.

**Materiales:**

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts, concretos bombeables).

Mortero con cero asentamientos, moldeable sin excesiva humedad.

Agregado grueso.

**Equipos y Herramientas:**

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Mezcladora, Carretilla, recipientes

Varilla / Vibrador, Martillo de goma y pisón de mano

Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo para acabado superficial

Nivel de burbuja

**Procedimiento:**

### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos.

Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada. Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar el hormigonado.

### 2. Reparación

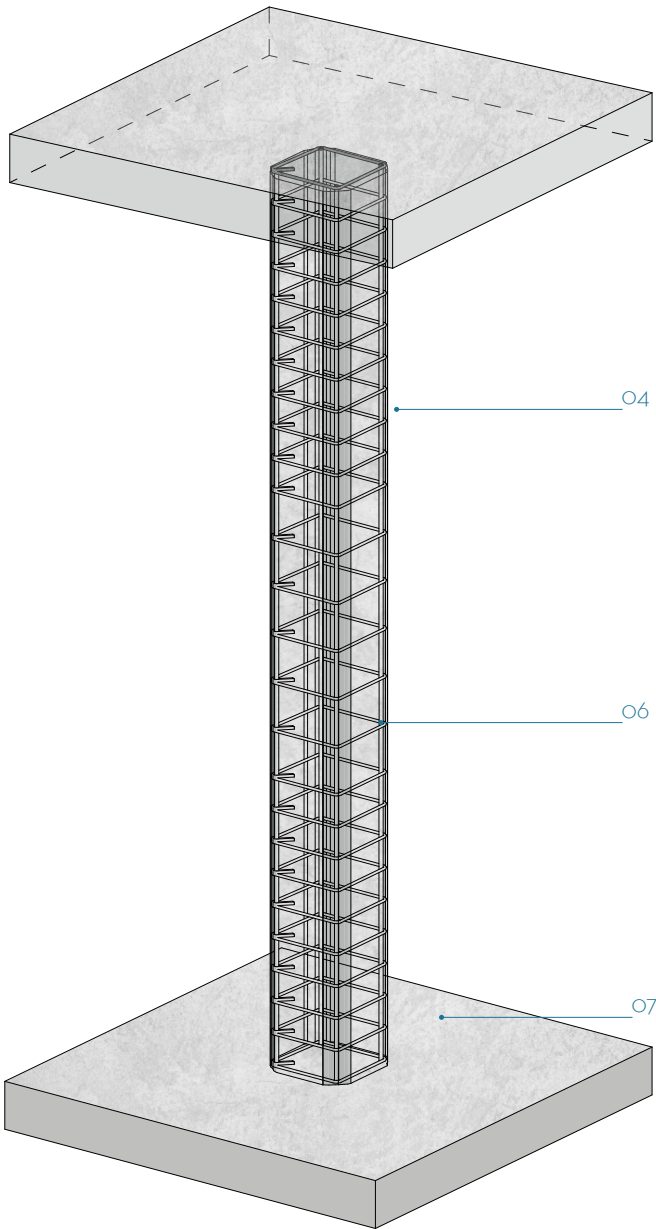
El encofrado es parcial, y debe proveer el acceso del material de consistencia fluida y autocompactante (concreto) mediante un embudo, además se aplica vibración externa para eliminar las burbujas de aire. Posteriormente transcurridas 24 horas para permitir la retracción del pilar, se llena el vacío aplicando la primera capa de mortero seco (<3cm) ejerciendo presión contra el sustrato, al instante se coloca el agregado grueso con el apoyo del pisón de mano y el martillo de goma o maceta compactando el material. La secuencia continua hasta llenar la cavidad.

Se debe mantener el encofrado por lo menos 24 horas, además de mantener húmeda la sección hasta los 7 días. Una vez retirado el encofrado se procede a eliminar los excesos con el disco de corte o cincel y martillo. El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la columna y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

### 3. Protección

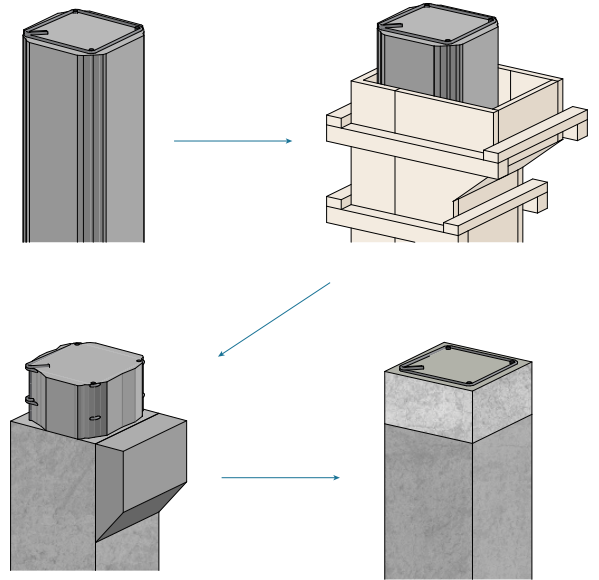
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



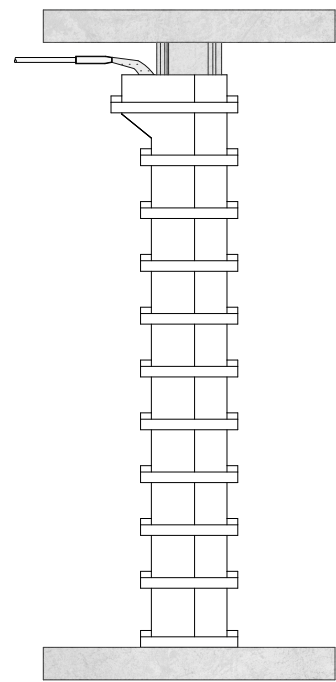


Axonometría Explotada  
LEYENDA

- 01. Estado actual
- 02. Estribo
- 03. Columna H°A
- 04. Varilla de acero
- 05. Mortero de relleno
- 06. Barra de reforzamiento
- 07. Losa H°A
- 08. Encofrado

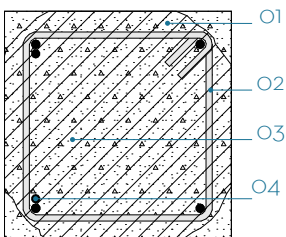


Esquema



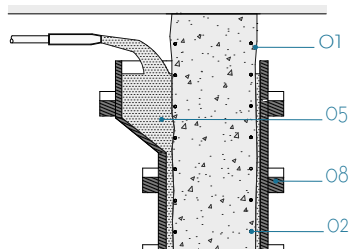
Alzado

Esc 1:35

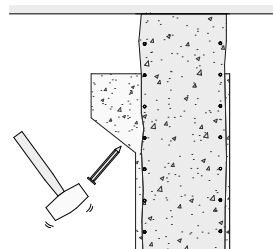


Planta

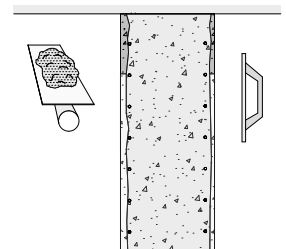
Esc 1:10



Vertido



Remoción de excesos



Empaquetado

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (PROYECTADO VÍA SECA)

### Descripción:

Es un método en el cual el material es proyectado mediante medios neumáticos a alta velocidad sobre el componente estructural. El hecho de que la proyección sea por vía seca indica que el agua se incorpora en el final ya en el cañón de la manguera de proyección. Es habitual en daños superficiales y profundos.

### Ventajas:

El hormigón proyectado posee una estupenda adherencia con el elemento base, generalmente se considera método más conveniente y económico en las reparaciones de poca profundidad. Se acopla satisfactoriamente a superficies verticales, ya que no se deforma ni se desmorona a pesar de la ausencia de moldes soportándose a sí mismo.

### Desventajas:

No mantiene una relación constante agua/cemento, ya que, en la aplicación de agua, interviene el criterio del operador y por lo tanto no hay uniformidad en el concreto lanzado.

Si el método no es bien aplicado los rebotes irregulares pueden ocasionar discontinuidades y presencia de vacíos o bolsas de arena detrás del refuerzo.

Pueden aparecer fisuras por contracción/ retracción de secado, causado por el alto contenido de cemento, adiciones, curado inapropiado o contenido excesivo de agua.

### Materiales:

Morteros o microcementos con aditivos y adiciones de metacaulim y silica activa, que mejoran la trabajabilidad y desempeño del material lanzado.

### Equipos y Herramientas:

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Equipo de proyección

Equipo para acabado superficial

Nivel de burbuja

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada. Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar la proyección.

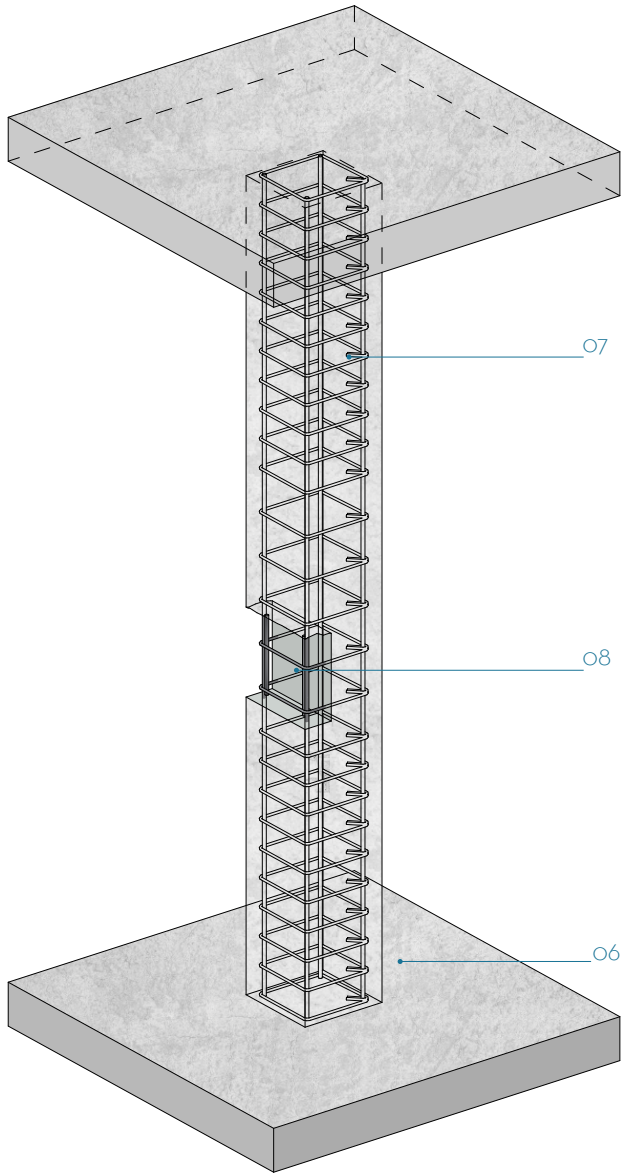
#### 2. Reparación

La técnica de colocación por proyección comprende en principio, el premezclado del aglomerante y los agregados (fibras y otras adiciones). Luego se transporta está a través de la manguera hacia la boquilla con ayuda del aire comprimido, aquí se obtiene la composición final con el aditamento de agua y se procede al lanzamiento del material sobre la superficie preparada. Si la reparación es profunda la colocación se realiza por capas.

Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método.

#### 3. Protección

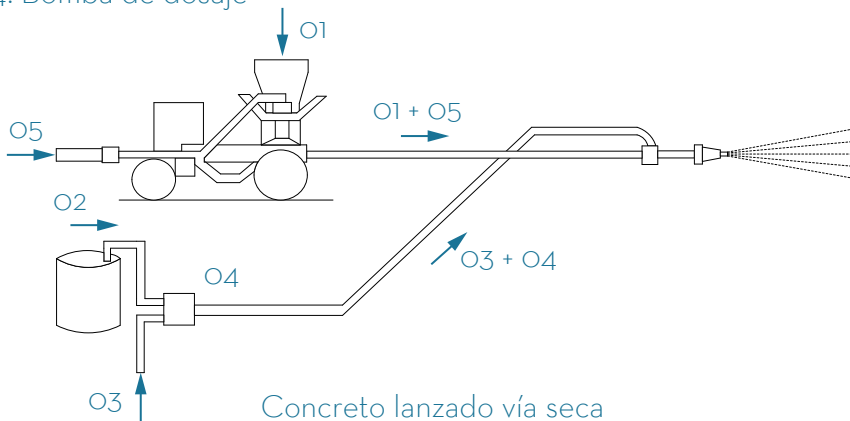
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



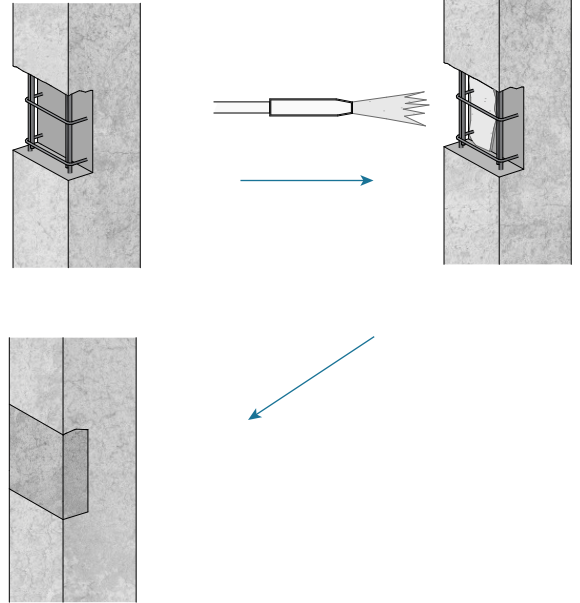
Axonometría

LEYENDA

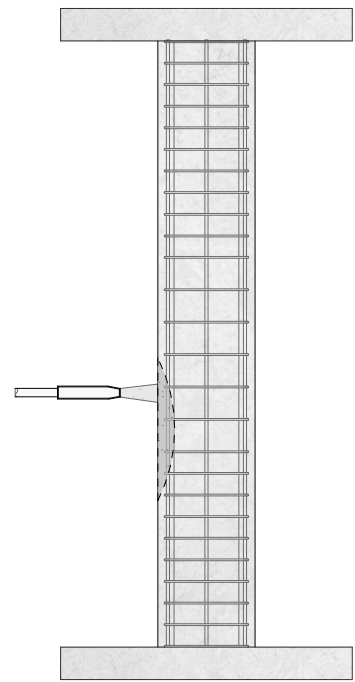
- 01. Mezcla seca, aglomerado, agregado (fibras)
- 02. Acelerante
- 03. Agua
- 04. Bomba de dosaje
- 05. Aire comprimido
- 06. losa H°A
- 07. Columna H°A
- 08. Desprendimiento



Concreto lanzado vía seca

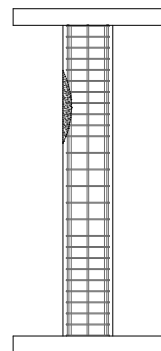


Esquema



Alzado

Esc 1:35



**Elemento:** Columna

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (PROYECTADO VÍA HUMEDA)

### Descripción:

Es un método en el cual el material es proyectado mediante medios neumáticos a alta velocidad sobre el componente estructural. El proceso vía húmeda significa que la mezcla es proyectada ya premezclada. Se emplea en reparaciones superficiales y profundas.

### Ventajas:

La calidad final y las características del concreto son en general más uniformes. Hay control sobre el agua, consistencia y dosificación. Reducción del rebote. Disminución de la dispersión en resistencia. Menor consumo de cemento y menos contracción

### Desventajas:

Si el método no es bien aplicado los rebotes irregulares pueden ocasionar discontinuidades y presencia de vacíos o bolsas de arena detrás del refuerzo.

### Materiales:

Morteros o microcementos con aditivos y adiciones de metacaulim y silica activa, que mejoran la trabajabilidad y desempeño del material lanzado. Pueden incluir fibras para más durabilidad. / Mortero de base epoxi o poliéster

### Equipos y Herramientas:

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores  
Cepillo de cerdas metálicas  
Encofrado  
Equipo de proyección  
Equipo para acabado superficial  
Nivel de burbuja

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Las técnicas que podemos emplear en esta situación

pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada. Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapeo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar la proyección.

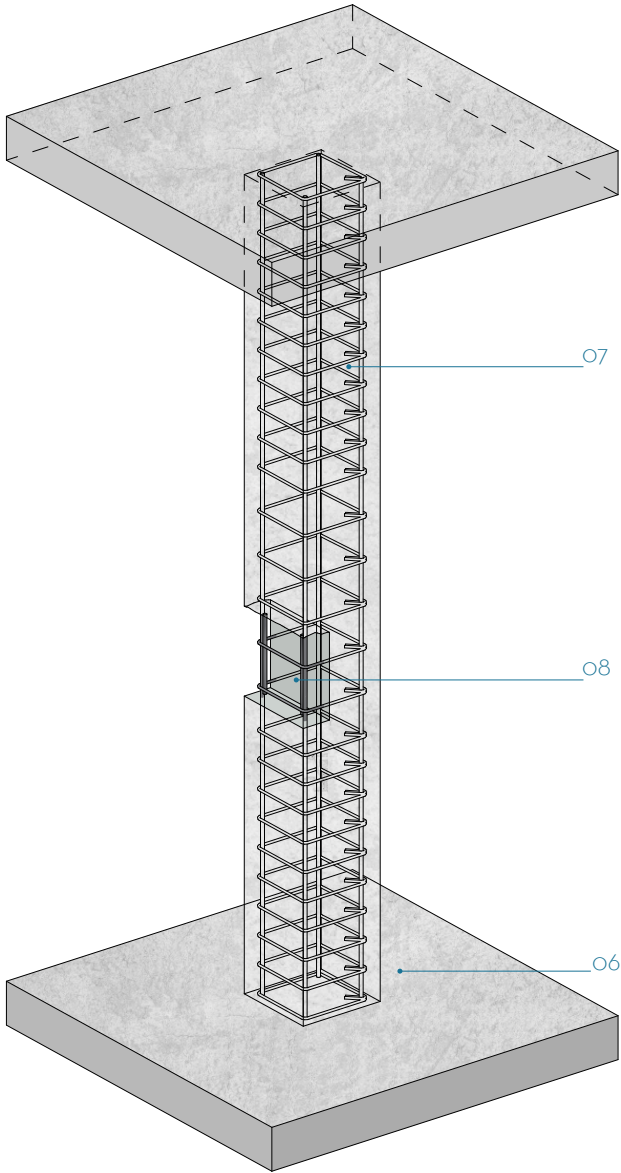
#### 2. Reparación

La técnica de colocación por proyección comprende en principio, el premezclado de todos los componentes (aglomerante, agregados, aditivos, adiciones, fibras, agua) excepto acelerantes. Luego se transporta la mezcla a través de la manguera hacia la boquilla con ayuda del aire comprimido, donde pueden incluirse otros aditivos y el acelerador en caso de ser necesario, después se procede al lanzamiento del material sobre la superficie preparada de concreto. Si la reparación es profunda la colocación se realiza por capas.

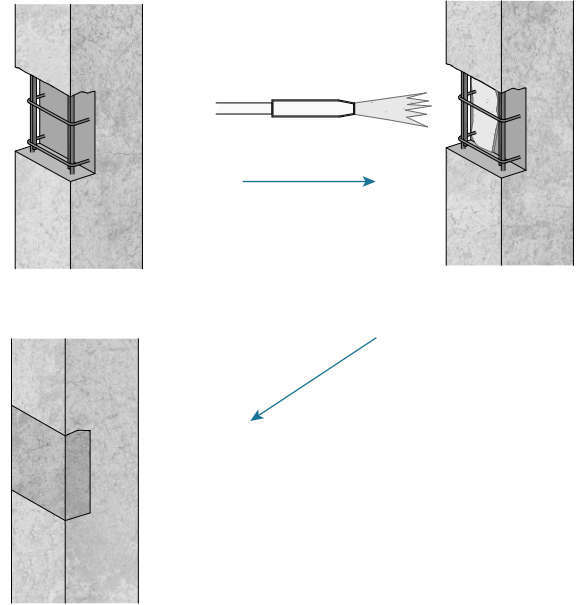
Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método.

#### 3. Protección

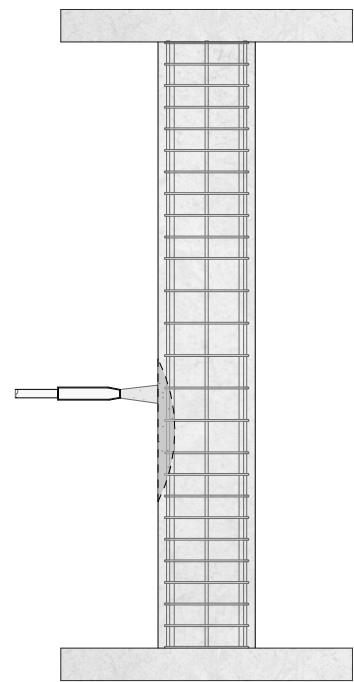
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría



Esquema

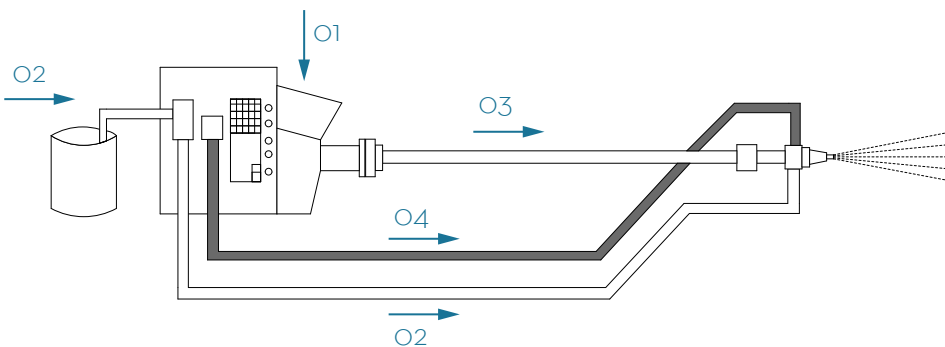


Alzado

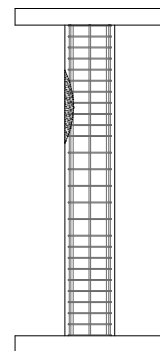
Esc 1:35

LEYENDA

- 01. Mezcla húmeda, cemento, agregado, agua, aditivos
- 02. Acelerante
- 03. Mezcla húmeda bombeada
- 04. Aire comprimido
- 05. losa H°A
- 06. Columna H°A
- 07. Desprendimiento



Concreto lanzado vía húmeda



**Elemento:** Columnas

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## ADICIÓN DE ARMADURA

---

**Descripción:**

Una alternativa para para refuerzos estructurales permanentes es el empotrar aceros de refuerzo extras a lo largo del elemento.

**Ventajas:**

Mantiene la estética y la geometría de la sección original de la columna.

**Desventajas:**

No puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

**Materiales:**

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción plástica, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts) / Hormigón más Aditivos (expansor y casualmente plastificante).

Varillas de refuerzo.

Suelda

**Equipos y Herramientas:**

Puntales telescópicos

Andamios

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Equipo soldador

Mezcladora, Carretilla, recipientes

Equipo para acabado superficial

**Procedimiento:**

### 1. Preparación y limpieza

Se empieza por apuntalar la estructura descargando la columna. Seguidamente se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además se escarifica la superficie del concreto viejo y se desbasta las aristas biselándolas para mejorar la adherencia del nuevo refuerzo. Finalizado esto el sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Si las barras de refuerzo han sufrido daños o pérdidas

de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con el reforzamiento.

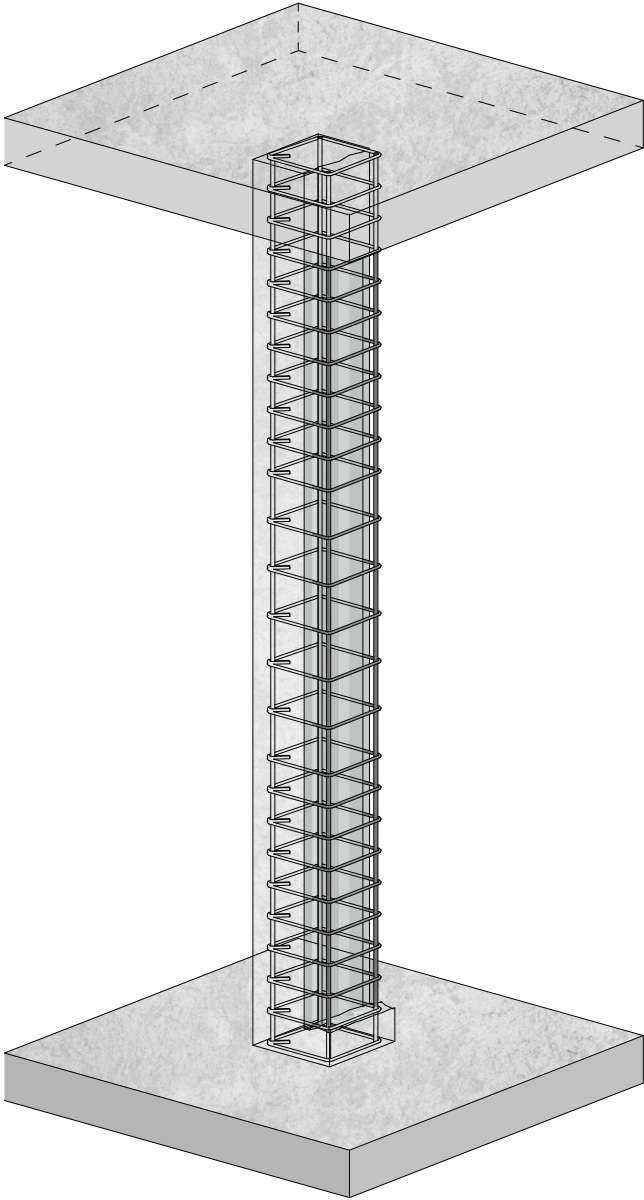
### 2. Reparación

Se coloca el nuevo acero de refuerzo corrugado bordeando toda la sección de la columna, teniendo en cuenta la longitud del traslape para el anclaje recto, posterior a esto hay que aplicar el puente de adherencia entre columna y refuerzo (adhesivo base epoxi), respetando el tiempo de manipulación y secado, las barras nuevas pueden ser también soldadas a las antiguas con horquillas de diámetro 10.

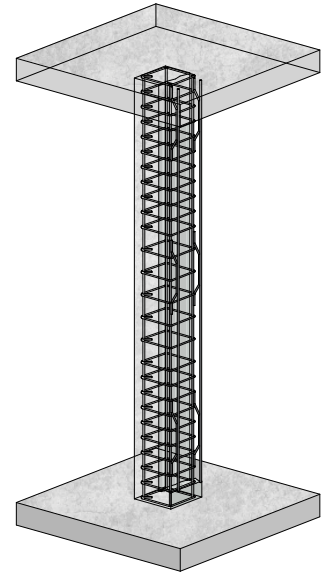
Últimamente se procede a llenar de manera manual la cavidad con mortero de base epoxi. La terminación se la realiza con la llana y demás equipo de acabado superficial dependiendo de los requerimientos del producto. Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método. Así mismo retirar los puntales solamente después de los 7 días de actuación.

### 3. Protección

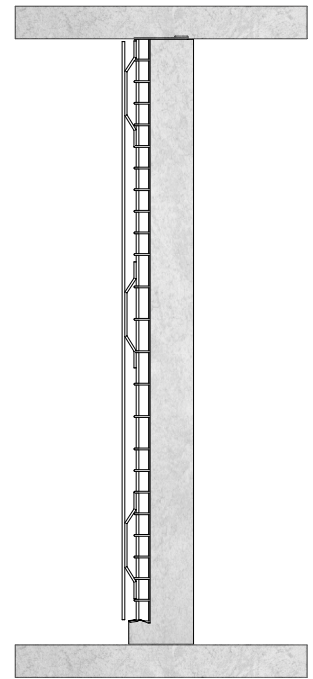
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría



Axonometría

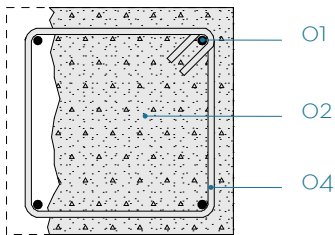


Alzado

Esc 1:35

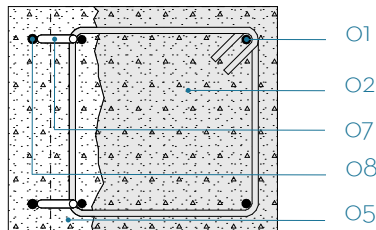
LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna original
- 03. Estribo
- 04. Revestimiento de H°
- 05. Mortero de relleno
- 06. Losa H°A
- 07. Horquilla  $\varnothing 10$
- 08. Nueva barra



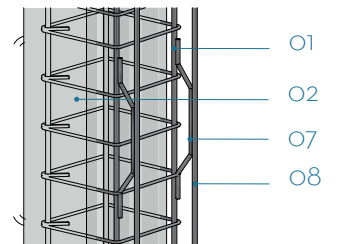
Planta

Esc 1:10



Planta

Esc 1:10



01

02

07

08

**Elemento:** Columnas

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

## RECRECIDO (ENCOFRADO Y VERTIDO)

### Descripción:

Consiste en incrementar la capacidad resistente de una columna, con un aumento de sección y refuerzo, dotando a la columna de las propiedades necesarias para controlar las nuevas condiciones. Se emplea en situaciones de emergencia.

### Ventajas:

Es una técnica fiable ya que la contribución con la estructura es garantizada. Incrementa la capacidad de deformación, resistencia, así como rigidez.

### Desventajas:

Al aumentar las dimensiones de los elementos estructurales no se puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

### Materiales:

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción plástica, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts) / Hormigón más Aditivos (expansor y casualmente plastificante). Adhesivo base epoxi, Varillas de refuerzo.

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos

Andamios

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Mezcladora, Carretilla, recipientes

Varilla / Vibrador, Martillo de goma

Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se empieza por apuntalar la estructura descargando la columna. Seguidamente se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un

trazado regular, además se escarifica la superficie del concreto viejo y se desbasta las aristas biselándolas para mejorar la adherencia del nuevo material y evitar vacíos. Finalizado esto el sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Si las barras de refuerzo han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.). Una vez transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie del núcleo.

Previo al recrecido hay que perforar las losas y los cimientos para anclar las barras longitudinales de la nueva armadura a una profundidad de 6cm, se deben limpiar las perforaciones en seco y fijar las barras longitudinales en los estribos, tanto para mantener alejada la nueva armadura a 1,5cm del núcleo como para garantizar un recubrimiento mínimo de 2cm.

#### 2. Reparación

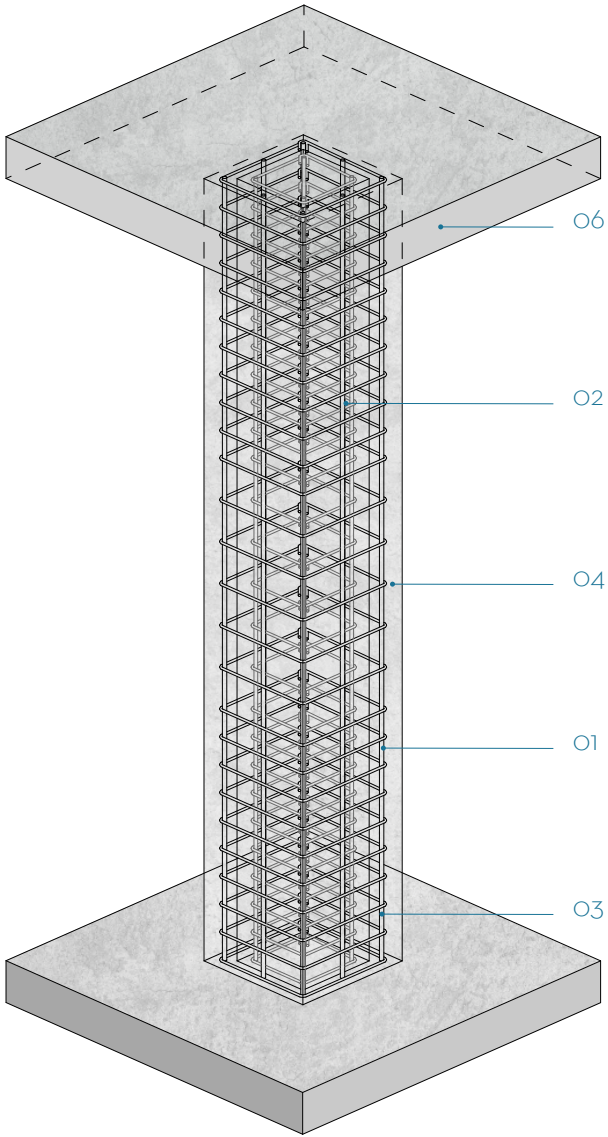
Con el encofrado limpio y una vez aplicado el desencofrante se procede al armado parcial del mismo. La mezcla se vierte por tramos dentro de la cimbra y se eliminan las burbujas de aire mediante vibración, se desencofra la sección pasadas las 48 horas y se repite la acción en el tramo sucesivo. En el último tramo el material deberá ser vertido por orificios inducidos en la losa. En caso de no ser posible esta labor se puede rellenar el último tramo manualmente con mortero estructural de alta resistencia, esta porción no puede exceder los 8 cm de altura.

Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método. Así mismo retirar los puntales solamente después de los 7 días de actuación.

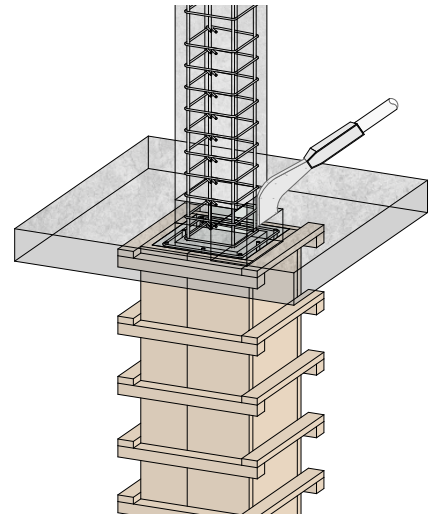
#### 3. Protección

La superficie debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera de protección. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los





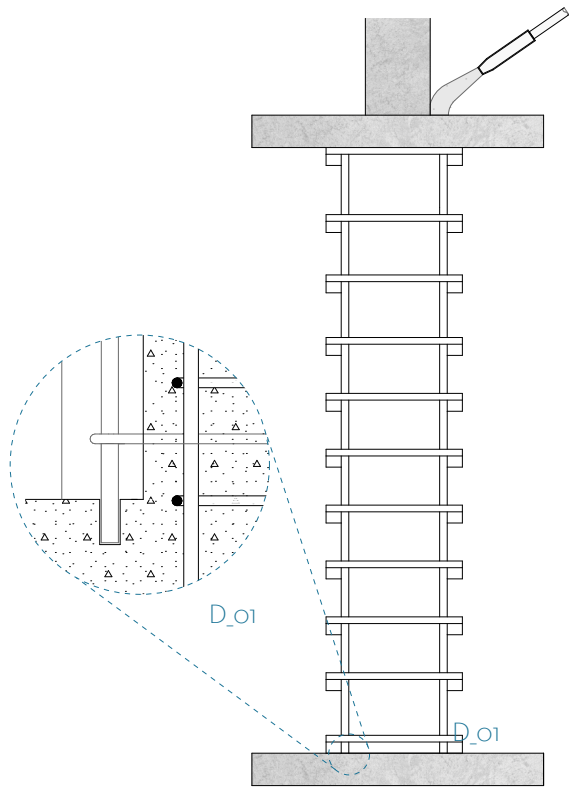
Axonometría



Axonometría

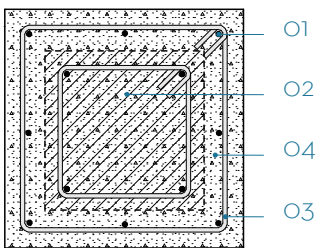
LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna original
- 03. Estribo
- 04. Revestimiento de H°
- 05. Mortero de relleno
- 06. Losa H°A



Alzado

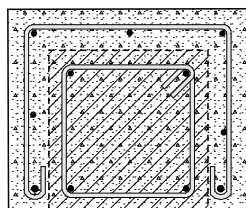
Esc 1:35



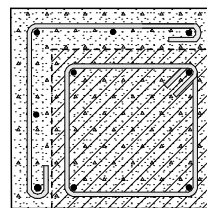
Columna central

Planta

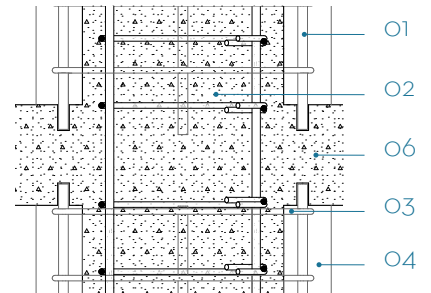
Esc 1:10



Columna fachada



Columna esquina



Sección

Esc 1:10

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

## RECRECIDO (PROYECTADO)

### Descripción:

Consiste en incrementar la capacidad resistente de una columna, con un aumento de sección y refuerzo, dotando a la columna de las propiedades necesarias para controlar las nuevas condiciones. Se emplea en situaciones de emergencia.

### Ventajas:

Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad.

### Desventajas:

Al aumentar las dimensiones de los elementos estructurales no se puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

### Materiales:

Concreto con aditivo acelerador de fraguado.  
Varillas de refuerzo.

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos,  
Andamios  
Chorro de arena, granalla o agua / Percutores  
Cepillo de cerdas metálicas  
Encofrado  
Equipo de proyección  
Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se empieza por apuntalar la estructura descargando la columna. Seguidamente se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además se escarifica la superficie del concreto viejo y se desbasta las aristas biselándolas para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Finalizado esto el sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Si las barras de refuerzo han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie del núcleo.

Previo al recrecio hay que perforar y limpiar orificios en losas y columnas para anclar las barras longitudinales y transversales de la nueva armadura a una profundidad de 6cm como mínimo, con material de anclaje de base poliéster. El refuerzo transversal puede también bordear todo el contorno de la viga o anclarse a la viga misma a una distancia mínima de su cara inferior de 20cm. Se coloca el nuevo acero de refuerzo distanciado del existente 1cm en vertical y 2cm en horizontal.

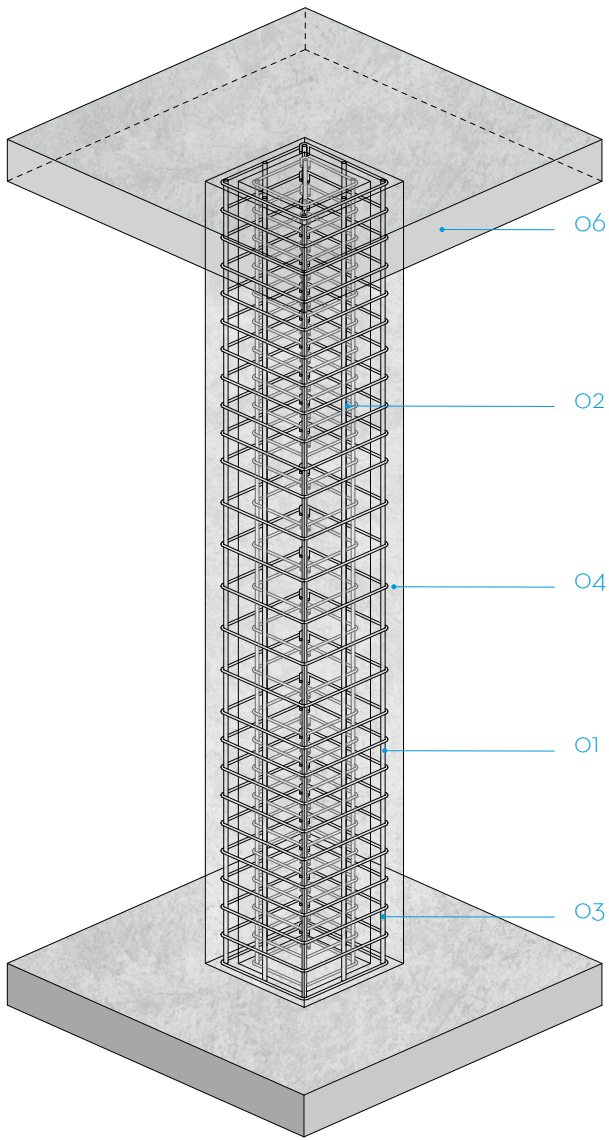
#### 2. Reparación

Una vez listo el material se inicia la aplicación del concreto lanzado por los cantos y las cavidades, revistiendo seguidamente el acero de refuerzo. Hay que lanzar en capas sucesivas no superiores a un espesor de 5 cm, hasta alcanzar el grosor deseado. La terminación se la realiza con la llana y demás equipo de acabado superficial dependiendo de los requerimientos.

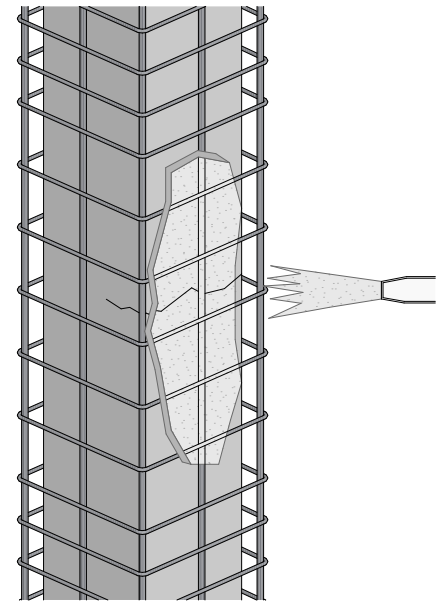
Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método. Así mismo retirar los puntales solamente después de los 7 días de actuación.

#### 3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



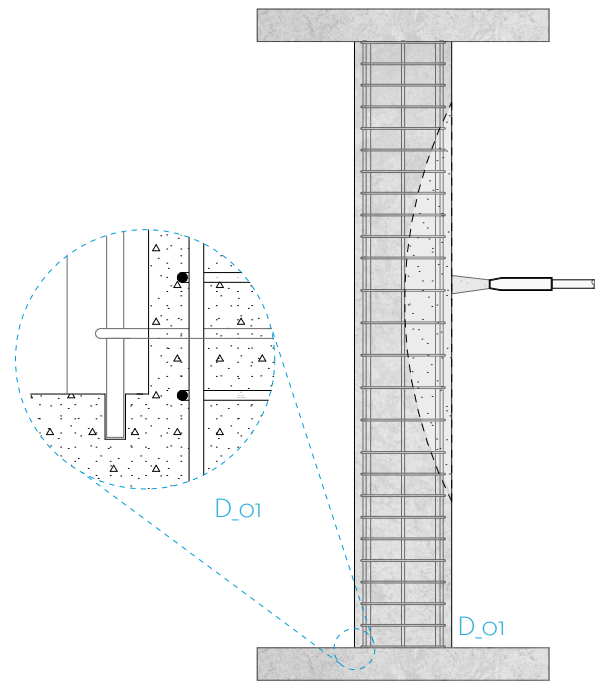
Axonometría



Axonometría

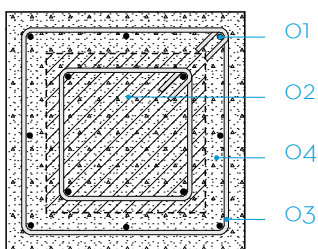
LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna original
- 03. Estribo
- 04. Revestimiento de H°
- 05. Mortero de relleno
- 06. Losa H°A

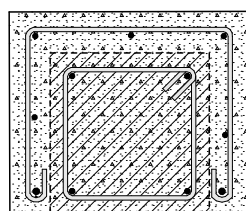


Alzado

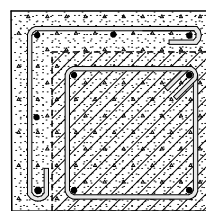
Esc 1:35



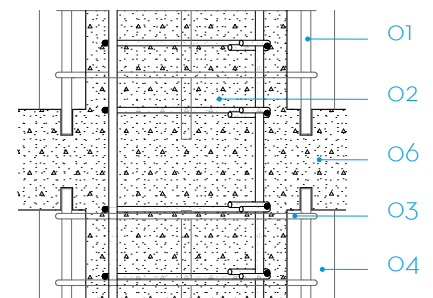
Columna central



Columna fachada



Columna esquina



Sección

Esc 1:10

Planta

Esc 1:10

**Elemento:** Columnas

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

## RECRECIDO (ZUNCHADO Y PROYECTADO)

**Descripción:**

Consiste en incrementar la capacidad resistente de una columna, con el aumento de sección alcanzada a través de la proyección de concreto sobre el elemento de intervención reforzado con una armadura helicoidal, dotando a la columna de la sección necesaria para controlar las nuevas condiciones. Se emplea en situaciones de emergencia.

**Ventajas:**

Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad.

**Desventajas:**

Al aumentar las dimensiones de los elementos estructurales no se puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

**Materiales:**

Concreto con aditivo acelerador de fraguado.  
Varillas de refuerzo.

**Equipos y Herramientas:**

Puntales telescópicos, Andamios  
Chorro de arena, granalla o agua / Percutores  
Cepillo de cerdas metálicas  
Encofrado  
Equipo de proyección  
Equipo para acabado superficial

**Procedimiento:**

### 1. Preparación y limpieza

Se empieza por apuntalar la estructura descargando la columna. Seguidamente se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además se escarifica la superficie del concreto viejo y se desbasta las aristas biselándolas para mejorar la adherencia del nuevo material y evitar vacíos. Finalizado esto el sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Si las barras de refuerzo han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie del núcleo.

Previo al recrecido hay que perforar las losas y los cimientos para anclar las barras longitudinales de la nueva armadura a una profundidad de 6cm, se deben limpiar las perforaciones en seco y fijar las barras longitudinales en el zunchado, tanto para mantener alejada la nueva armadura a 1,5cm del núcleo como para garantizar un recubrimiento mínimo de 2cm.

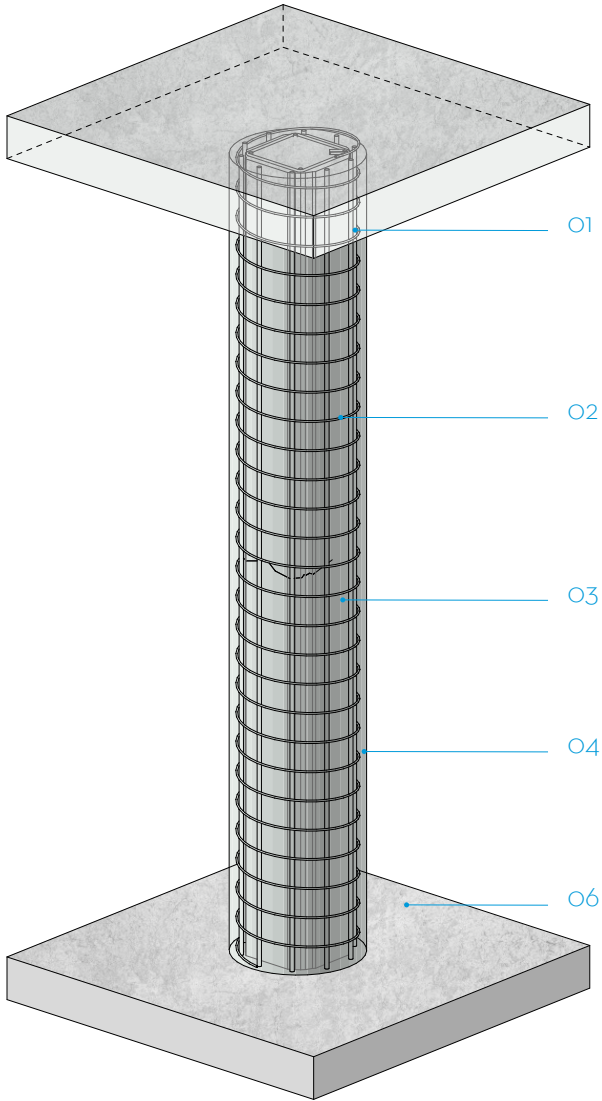
### 2. Reparación

Una vez envuelta la columna deteriorada con el refuerzo helicoidal se emplea la técnica de colocación del material de reparación por proyección que comprende en principio, el premezclado de todos los componentes (aglomerante, agregados, aditivos, adiciones, fibras, agua) excepto acelerantes. Luego se transporta la mezcla a través de la manguera hacia la boquilla con ayuda del aire comprimido, donde pueden incluirse otros aditivos y el acelerador en caso de ser necesario, para finalmente llevar a cabo el lanzamiento del material sobre la superficie preparada de concreto.

Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método. Así mismo retirar los puntales solamente después de los 7 días de actuación.

### 3. Protección

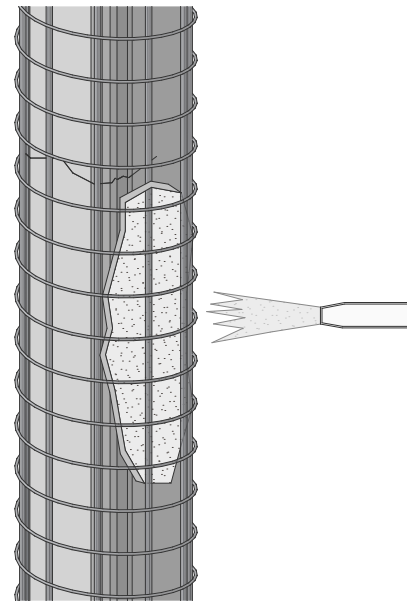
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



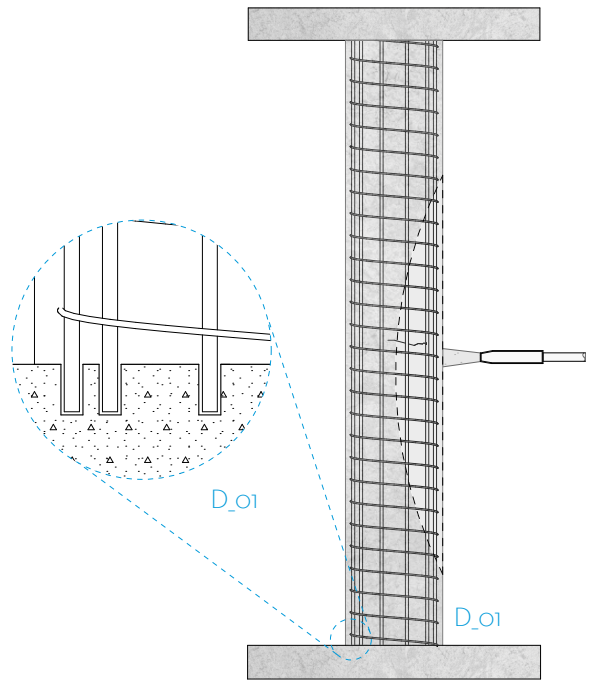
Axonometría

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Refuerzo zunchado
- 03. Columna original H°A
- 04. Capa de protección
- 05. Mortero epoxi
- 06. losa H°A

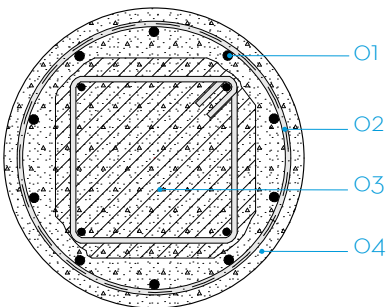


Axonometría

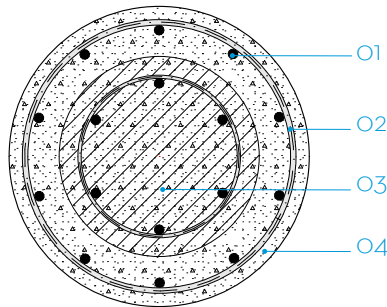


Alzado

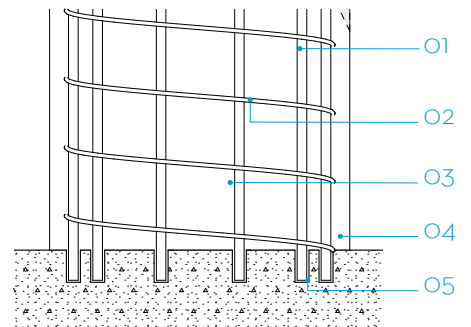
Esc 1:35



Planta columna cuadrada  
Esc 1:10



Planta columna circular  
Esc 1:10



Sección

Esc 1:10

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## EMPRESILLADO METÁLICO (SOLDADURA)

---

### Descripción:

Son refuerzos estructurales permanentes que mantienen la geometría original del elemento y mejoran la capacidad a carga axial a través del confinamiento con ángulos y platinas o presillas metálicas. Se emplea en situaciones de emergencia donde el objeto es salvar la estructura de un colapso.

### Ventajas:

De rápida ejecución y relativamente baratos. La estructura puede entrar en carga casi inmediatamente de la ejecución del refuerzo. Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad.

### Desventajas:

Induce sobretensiones en otros elementos.

### Materiales:

Ángulos y placas metálicas (max 4mm)

Adhesivo estructural

Suelda

Resina epoxi / grout.

Imprimaciones / revestimientos

### Equipos y Herramientas:

Puntales

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste / Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo soldador

Equipos para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se debe apuntalar la estructura descargando la columna. Se escarifica la superficie del hormigón viejo eliminando la capa de mortero y pintura para mejorar la adherencia de los nuevos componentes, obteniendo una superficie plana y rugosa. Así mismo se biselan las esquinas del pilar.

En caso de ser necesario por alguna irregularidad se rellena cavidades y nivela la superficie con mortero

de base epoxi. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, esto se puede lograr mediante chorro de aire comprimido.

Las placas metálicas deben ser preparadas con chorro de arena o lijadas con equipo eléctrico. Instantes antes de su colocación esta debe ser limpiada y secada con chorro de aire comprimido seco.

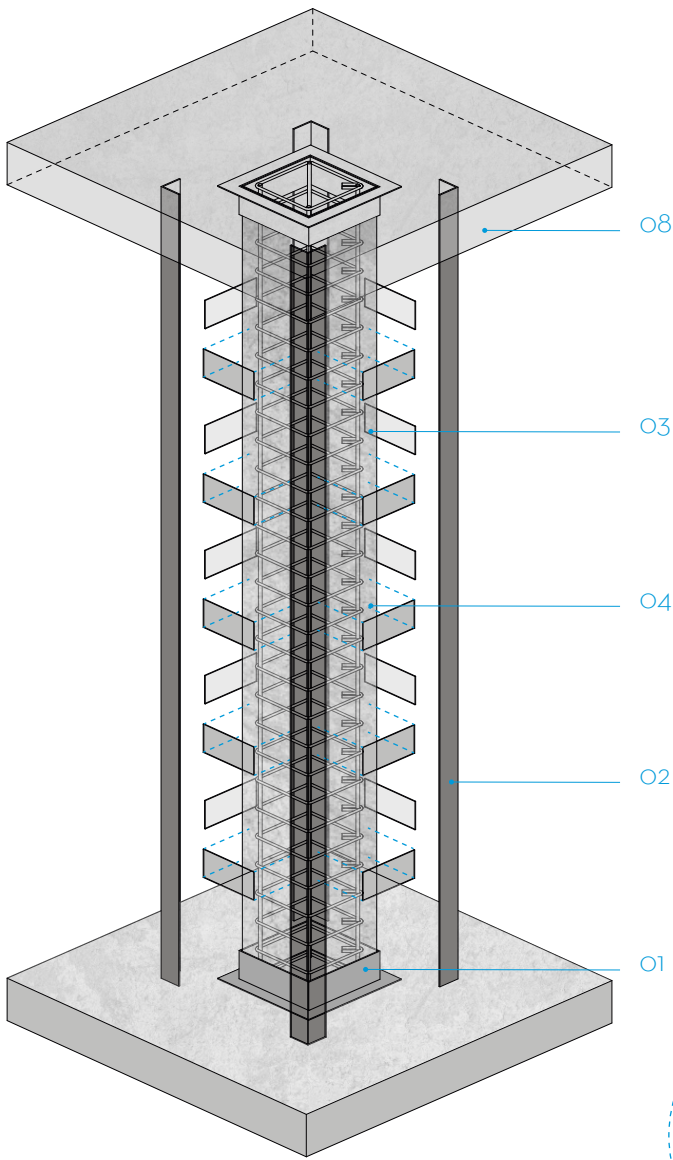
#### 2. Reparación

El primer paso es colocar la basa y el capitel, fijados con un adhesivo estructural a la losa y la viga, el objetivo de estos elementos es transmitir las cargas verticales. Una vez colocados estos se encajan los ángulos metálicos en las aristas biseladas de la columna además se empotran o se pasan a través de agujeros en el forjado. A continuación, se realiza un punteo con soldadura de las presillas que harán la función de estribos y armadura principal, una vez presentado el conjunto se suelda completamente. Ultimadamente el espacio entre el refuerzo y el pilar se rellena con resina epoxi o grout.

Como complemento las placas metálicas pueden ser calentadas a cerca de 100° C y así al enfriarse con la temperatura ambiente ocurre una contracción de los elementos, lo que garantiza adherencia y aumento de la capacidad de soporte.

#### 3. Protección

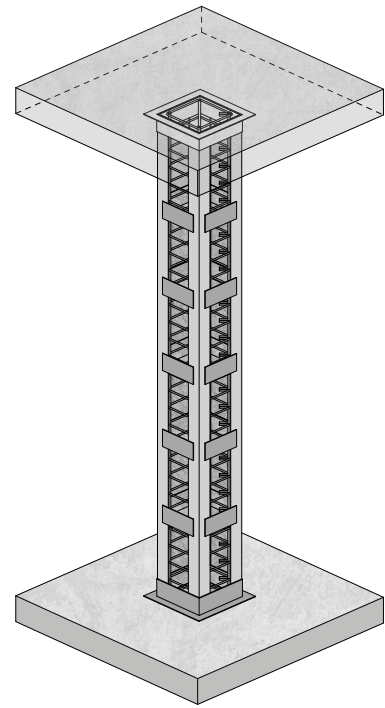
Los elementos de acero deben ser higienizados y posteriormente protegidos por imprimaciones o revestimientos que garanticen una mayor resistencia contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.



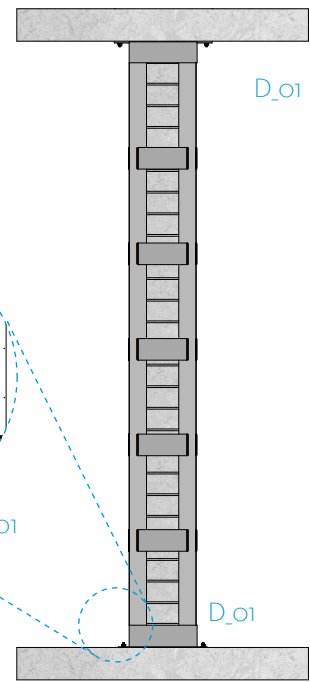
Axonometría Explotada

LEYENDA

- 01. Placa de acero
- 02. Angulares
- 03. Presillas
- 04. Columna H°A
- 05. Estribo
- 06. Varilla de acero
- 07. Barra de conexión
- 08. Losa H°A
- 09. Mortero de relleno
- 10. Cordón de suelda

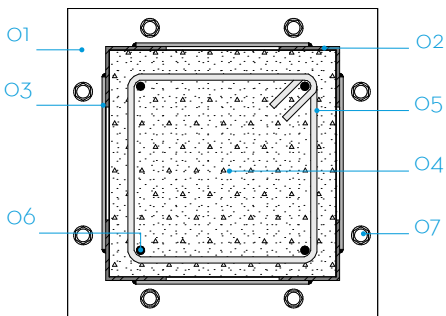


Axonometría



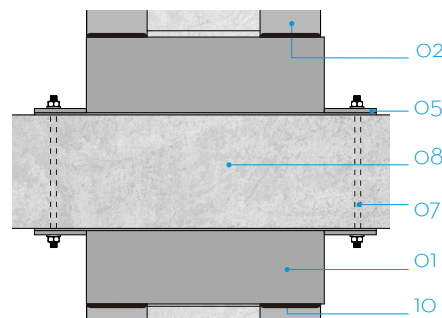
Alzado

Esc 1:35



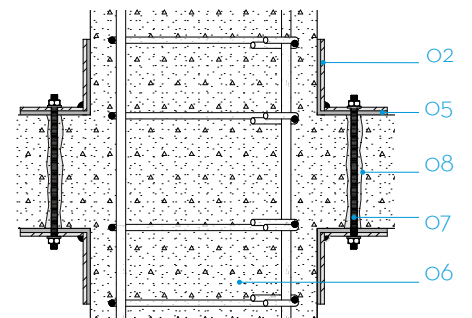
Planta

Esc 1:10



Unión losa-columna

Esc 1:10



Sección D\_01

Esc 1:10

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Fisuras

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## EMPRESILLADO METÁLICO (ANCLAJE MECÁNICO)

---

### Descripción:

Son refuerzos estructurales permanentes que mantienen la geometría original del elemento y mejoran la capacidad a carga axial a través del confinamiento con platinas o presillas metálicas. Se emplea en situaciones de emergencia donde el objeto es salvar la estructura de un colapso.

### Ventajas:

De rápida ejecución y relativamente baratos. La estructura puede entrar en carga casi inmediatamente de la ejecución del refuerzo. Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad.

### Desventajas:

Induce sobretensiones en otros elementos.

### Materiales:

Ángulos y placas (max 4 mm)  
Adhesivo estructural  
Anclajes mecánicos  
Imprimaciones / revestimientos

### Equipos y Herramientas:

Puntales  
Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste  
/ Disco de corte / Cíncel y martillo

Equipos para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se debe apuntalar la estructura descargando la columna. Se escarifica la superficie del hormigón viejo eliminando la capa de mortero y pintura para mejorar la adherencia de los nuevos componentes, obteniendo una superficie plana y rugosa. Así mismo se biselan las esquinas del pilar. En caso de ser necesario por alguna irregularidad se rellena cavidades y nivela la superficie con mortero de base epoxi. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, esto se puede lograr mediante chorro de aire comprimido.

Las placas metálicas deben ser preparadas con chorro de arena o lijadas con equipo eléctrico. Instantes antes de su colocación esta debe ser limpiada y secada con chorro de aire comprimido seco.

#### 2. Reparación

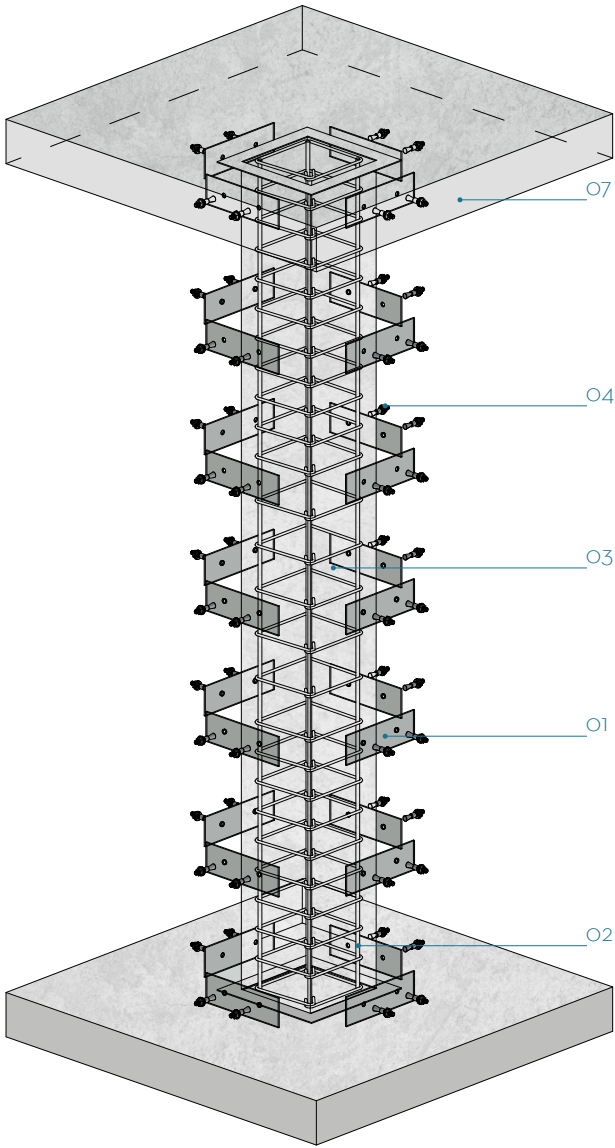
El primer paso es ajustar las láminas metálicas a la columna con la ayuda del producto de adherencia de base epoxi aplicado en la superficie del concreto y del acero. Las placas de acero deben contar con orificios de 3mm de diámetro cada 15 - 20 cm para dejar escapar el aire, al momento de presionar la placa. Es recomendable fijar presionando las placas con anclajes mecánicos (pernos y tuercas) previamente introducidos y anclados en el elemento estructural con material de anclaje de base poliéster.

Una vez que se ha cumplido el tiempo de secado se elimina los sobrantes de adhesivo. La estructura se puede volver a poner en carga pasados los 7 días de intervención.

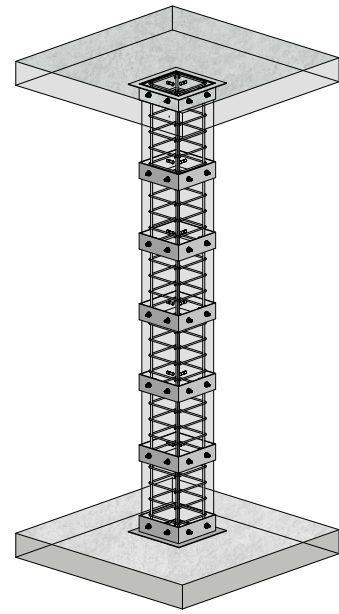
#### 3. Protección

Los elementos de acero deben ser higienizados y posteriormente protegidos por imprimaciones o revestimientos que garanticen una mayor resistencia contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.

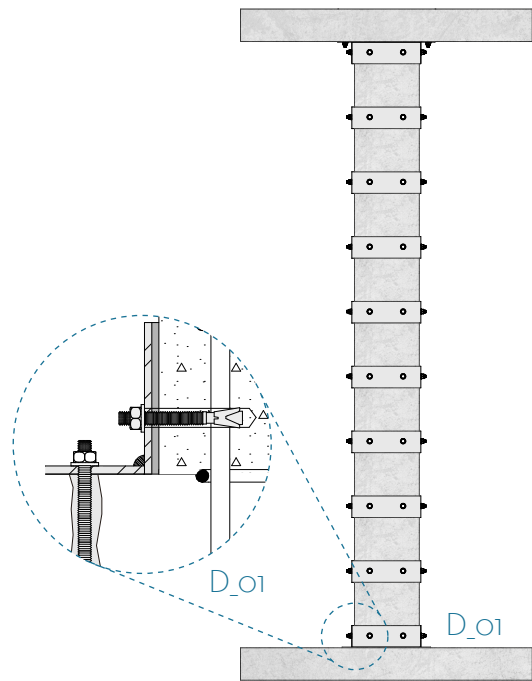




Axonometría Explotada



Axonometría

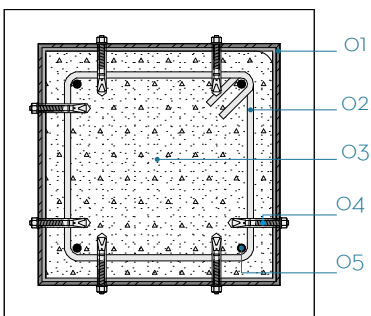


Alzado

Esc 1:35

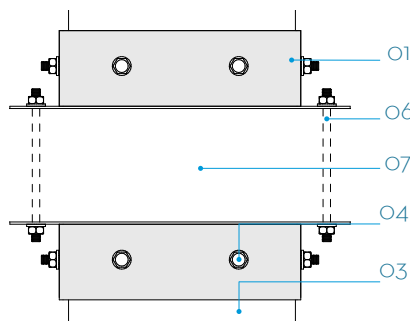
LEYENDA

- 01. Presilla
- 02. Estribo
- 03. Columna H°A
- 04. Perno de anclaje
- 05. Varilla de acero
- 06. Barra de conexión
- 07. Losa H°A
- 08. Mortero de relleno



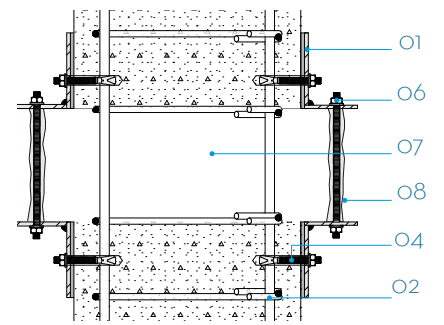
Planta

Esc 1:10



Unión losa-columna

Esc 1:10



Sección

Esc 1:10

**Elemento:** Columna

**Lesión:** Fisuras

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## **ENCAMISADO (FRP - FIBER REINFORCED POLYMER)**

---

### **Descripción:**

Son refuerzos estructurales permanentes que mantienen la geometría original del elemento y aumenta la capacidad resistente de una columna a través de la adición por adherencia de láminas de fibra de carbono con productos epoxi.

### **Ventajas:**

De rápida ejecución y alta trabajabilidad. La estructura puede entrar en carga casi inmediatamente después de la ejecución del refuerzo. Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad del elemento y se considera un material exento de sufrir corrosión.

### **Desventajas:**

Las técnicas de diseño empleadas son empíricas, poco desarrolladas y existe variabilidad de las propiedades de los materiales.

### **Materiales:**

Bandas FRP o TRM

Adhesivo estructural

### **Equipos y Herramientas:**

Puntales telescópicos, Andamios

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste

/ Disco de corte / Cincel y martillo

Equipos para acabado superficial

### **Procedimiento:**

#### 1. Preparación y limpieza

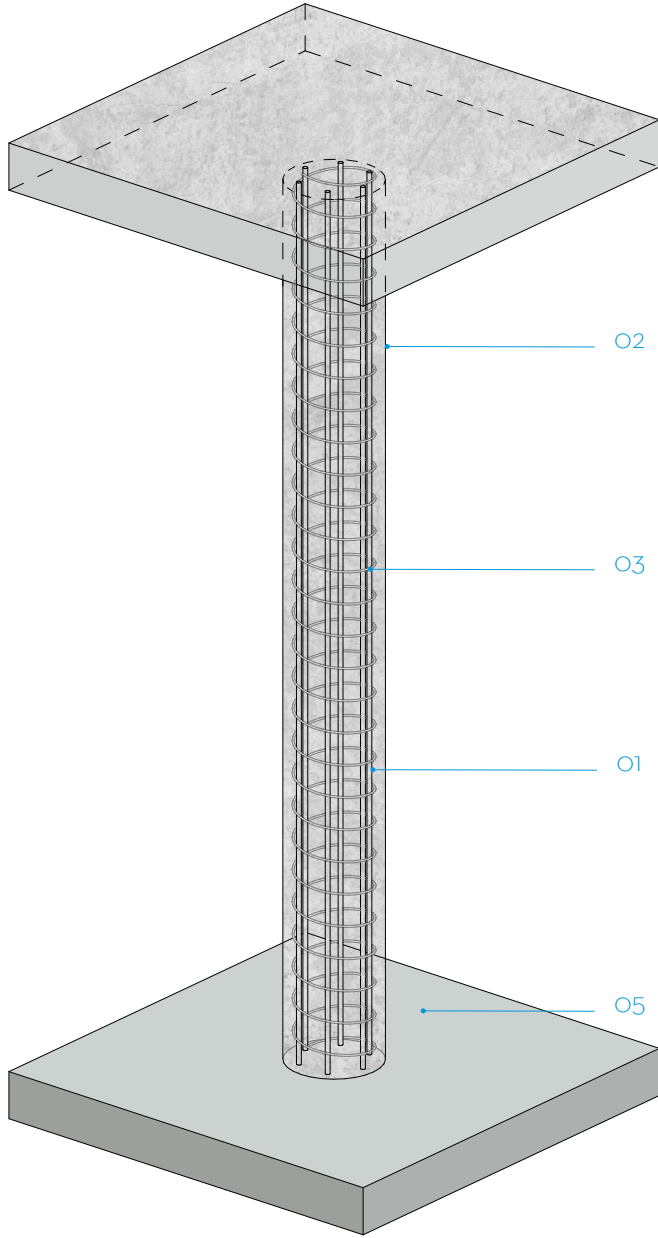
Se debe apuntalar la estructura descargando la columna. Se escarifica la superficie del hormigón viejo eliminando la capa de mortero y pintura para mejorar la adherencia de los nuevos componentes, obteniendo una superficie plana y rugosa. Así mismo se biselan las esquinas del pilar. En caso de ser necesario por alguna irregularidad se rellena cavidades y nivela la superficie con mortero de base epoxi. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, esto se puede lograr mediante chorro de aire comprimido.

#### 2. Reparación

Se prepara el adhesivo epoxi y se aplica sobre la superficie de la columna y de la banda de fibra de carbono con una espátula dejando una capa de espesor máximo a 1 mm, antes de unir ambas superficies se debe esperar al menos 5 minutos. Una vez juntos los planos se presiona las láminas con un rodillo de acero o caucho para así expulsar el aire y el exceso de adhesivo. Los solapes deben realizarse de al menos 10 cm en dirección de las fibras. Después de un día de espera se puede volver a cargar la estructura.

#### 3. Protección

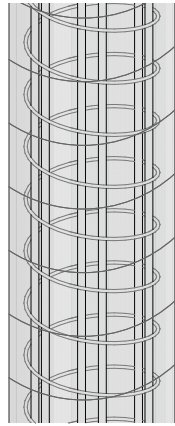
No requiere protección el material a base de FRP cuenta con propiedades que garantizan una mayor resistencia contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.



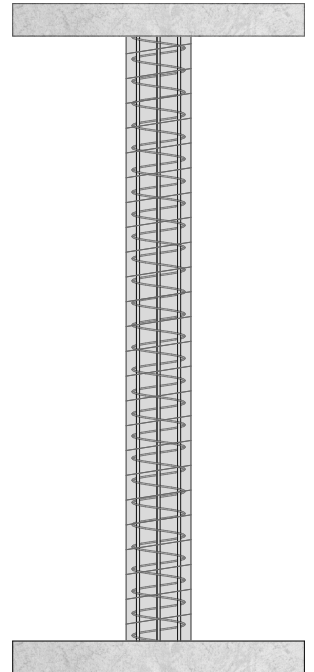
Axonometría

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna original
- 03. Zuncho
- 04. Bandas de FRP
- 05. Losa H°A

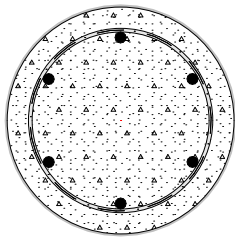


Axonometría



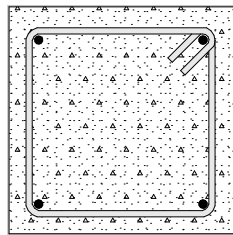
Alzado

Esc 1:35



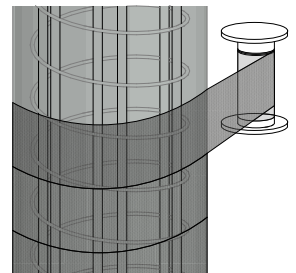
Planta Sección circular

Esc 1:10



Planta Sección rectangular

Esc 1:10



Colocación

Esc 1:10



# MANUAL DE TÉCNICAS PARA LA REHABILITACIÓN Y REFORZAMIENTO EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO DETERIORADAS POR AGENTES MECÁNICOS:

## VIGAS

### REPARACIÓN:

- Inyección de fisuras
- Formación de juntas
- Inserción de barras
- Reemplazo de hormigón (aplicación manual)
- Reemplazo de hormigón (encofrado y vertido)
- Reemplazo de hormigón (encofrado y bombeo)
- Reemplazo de hormigón (Proyectado vía seca)
- Reemplazo de hormigón (Proyectado vía húmeda)

### REFORZAMIENTO:

- Adición de armadura
- Recrecio (encofrado y vertido)
- Recrecio (proyectado)
- Empresillado metálico (soldadura)
- Empresillado metálico (anclaje mecánico)
- Encamisado FRP
- Postensado externo
- Adición de elementos (columna)
- Adición de elementos (columna en apoyos)
- Adición de elementos (viga)
- Adición de elementos (pórtico)
- Adición de elementos (muro)

**Elemento:** Viga

**Lesión:** Fisuras

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## INYECCIÓN DE FISURAS

### Descripción:

El método consiste en inyectar fisuras y/o grietas con un material adhesivo que al solidificarse permitirá recuperar ciertas propiedades de la estructura.

### Ventajas:

Este procedimiento correctamente ejecutado garantiza una óptima intervención.

### Desventajas:

Requiere equipo y mano de obra especializados.

### Materiales:

Si la fisura es pasiva o muerta, se puede utilizar resinas normales o lechadas de micro cemento. Si el objetivo son fisuras activas, es necesario aplicar productos flexibles (lechadas modificadas con polímeros, resinas epóxicas, base acrílica, poliuretano, silicona o gomas prefabricadas tipo EPDM o PVC). La viscosidad del producto dependerá del ancho de la fisura, mientras más fina se deben emplear sistemas de viscosidades inferiores. Muchas veces los productos, si realmente son de baja viscosidad, entran por absorción capilar en las grietas sin necesidad de equipo de presión.

Endurecedor

Masilla / Adhesivo para sellado.

### Equipos y Herramientas:

Disco de Corte / Cíncel y martillo

Chorro de agua y aire

Equipo de mezcla

Pistolas de calafateo / Equipos neumáticos con presión de aire comprimido de 2 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Boquillas de inyección

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

En primer lugar, se realiza la abertura de surcos y ranuras en V con el disco de corte. Así mismo, se deben eliminar los contaminantes tales como grasas, aceites, polvo o partículas finas del hormigón que imposibilitan la penetración y adherencia de la resina epoxi, y

disminuyen la calidad de una reparación óptima. Por factores más favorables se recomienda eliminar las fracciones contaminantes por aspiración o lavado con agua. Luego la humedad se elimina utilizando aire comprimido y un agente neutralizante, o bien se deja transcurrir tiempo suficiente para asegurar la eliminación de agua en la fisura.

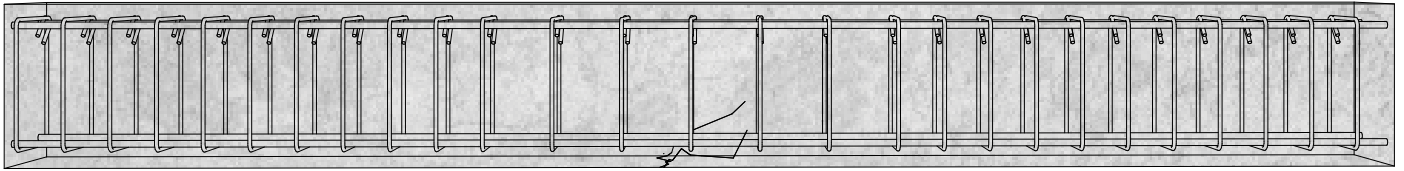
Siempre que el proceso que se va a usar sea bajo presión hay necesidad de aplicar antes un sello superficial, si la fisura es estrecha se puede cubrir con cinta adhesiva y si la abertura es mayor se realiza con un tapón de masilla epóxica.

#### 2. Reparación

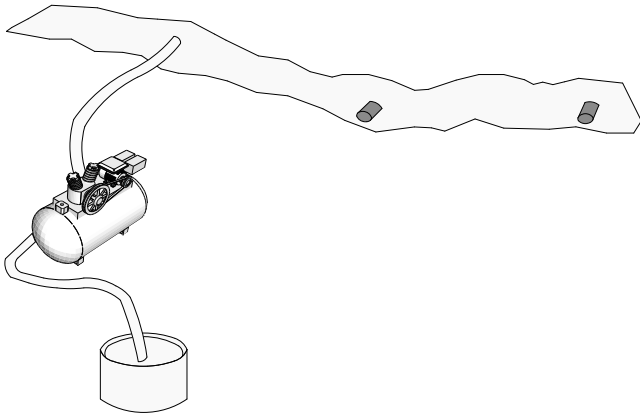
Las boquillas de inyección deben colocarse en la superficie, a lo largo de la grieta en orificios perforados cada 20 - 50 cm en función del espesor de la fisura, si la grieta es pasante, se coloca boquillas por ambas caras. Paso siguiente debe sellarse toda la longitud de la grieta y verificar mediante aire comprimido la comunicación entre boquillas. Después, se inyecta el material al interior de la grieta, a presión alta y constante. Hay que empezar por el punto de inyección más bajo de cada grieta y proseguir hasta que el material emerja por el punto adyacente. A continuación, se cierra el punto donde se inició la inyección para evitar que el material salga antes de gelificarse y se reanuda en el siguiente punto hasta que el material vuelva a salir en el próximo. Si la grieta es pasante, verificar que el material aflore por el punto opuesto más próximo. Si no brota por el punto opuesto, se procede a inyectar por ambos lados. Se continua así la secuencia hasta culminar la reparación. La fisura está llena cuando la presión es constante y se mantiene. Si la presión no se puede mantener, esto significa que la resina epoxi aún está circulando hacia partes vacías de la fisura o que hay fugas de material.

#### 3. Protección

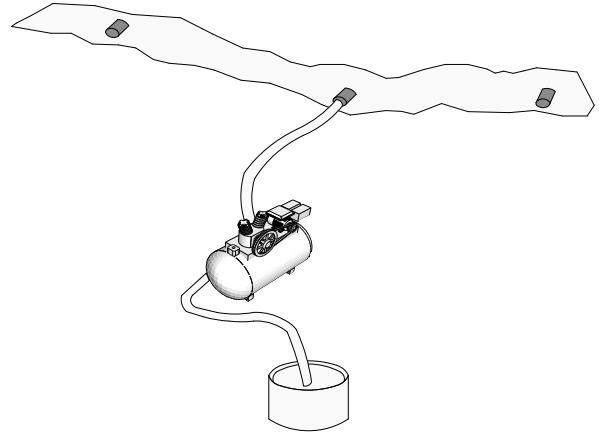
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



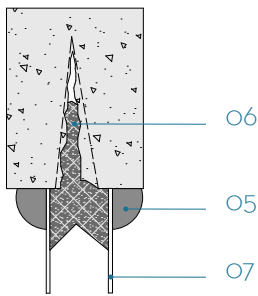
Axonometría



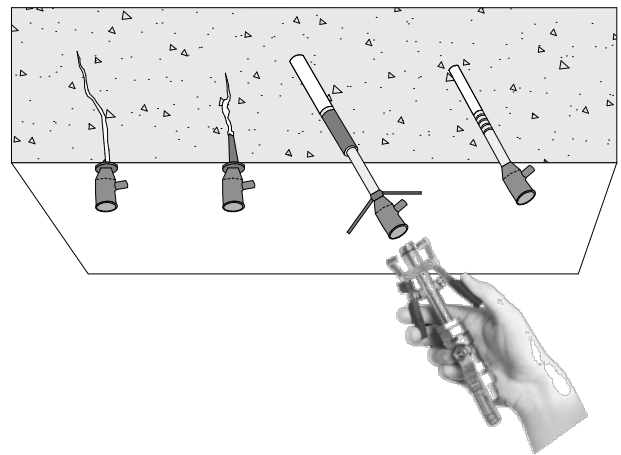
Axonometría



Axonometría



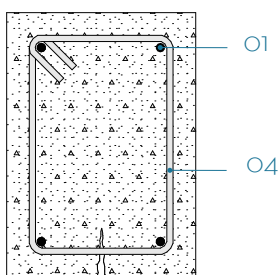
Inyección desde la superficie



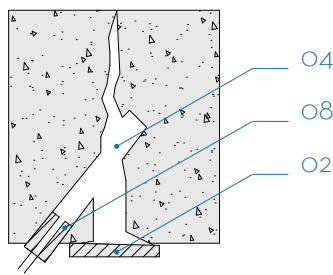
Axonometría

LEYENDA

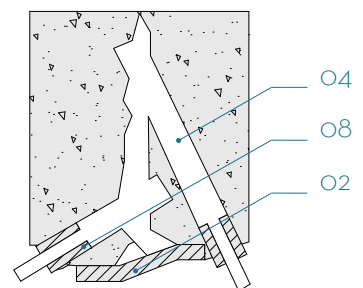
- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Sellado
- 03. Estribo
- 04. Taladro
- 05. Masilla
- 06. Mortero de relleno
- 07. Tubo de inyección
- 08. Obturador



Viga  
Esc 1:10



Inyección interna parcial



Inyección interna total

**Elemento:** Viga

**Lesión:** Fisuras

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

---

## COSTURA DE FISURAS

---

### Descripción:

Coser una fisura consiste en la perforación de agujeros para introducir componentes metálicos en forma de U (grampas o bridas de costura) y afianzar su anclaje con productos de adherencia. Se utiliza en fisuras muertas.

### Ventajas:

Es un método práctico de fácil aplicación, sin requerimientos de equipo ni una mano de obra especializada.

### Desventajas:

Al coser una fisura la estructura tiende a volverse más rígida, y esta rigidez puede aumentar la restricción global de la estructura provocando fisuración en otras partes del hormigón. Esta técnica es poco efectiva.

### Materiales:

Grapas

Mortero / Resina epoxi / Grout.

### Equipos y Herramientas:

Taladro

Chorro de agua y aire

Pistolas de calafateo

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Los pasos previos a la costura inician con la delimitación del área de grapado y su desbaste, paso siguiente se perforan los orificios a ambos lados de la fisura y limpian con chorros de aire comprimido. Además, se rellena la fisura con mortero sin retracción.

#### 2. Reparación

Una vez preparada la zona de actuación anclar las patas de las grapas en los orificios, utilizando un mortero que no se contraiga, o bien un sistema adhesivo en base a resina epoxi.

Las grapas deben ser variables en longitud, en orientación, o en ambos aspectos, y se las debe ubicar

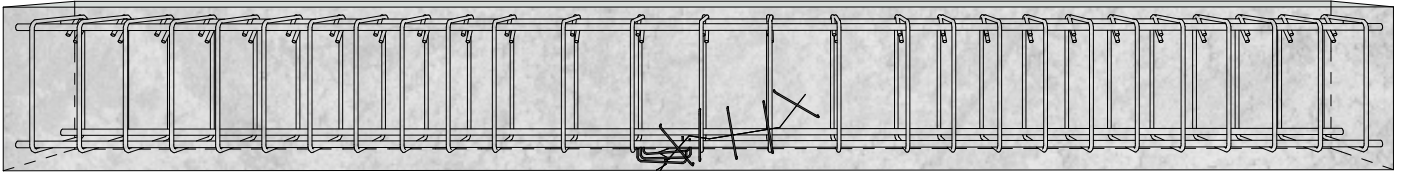
de manera que la tracción transmitida a través de la fisura no se aplique sobre un único plano dentro de la sección, sino que se distribuya sobre cierta superficie, se recomienda colocar las grapas perpendiculares al plano de la fisura, nunca paralelas entre sí.

Finalmente se coloca una capa de mortero manualmente dejando una superficie uniforme entre el elemento estructural y la reparación. La cual cubre las grapas y resguarda su integridad contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.

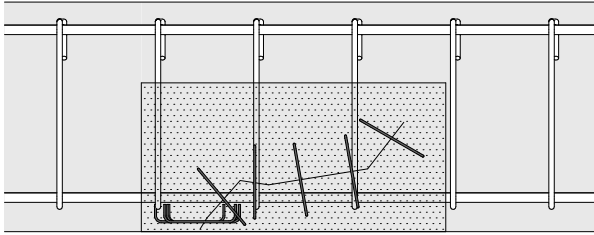
#### 3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.

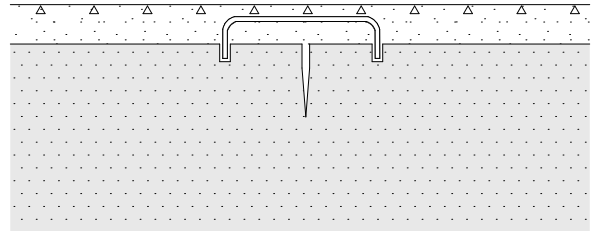




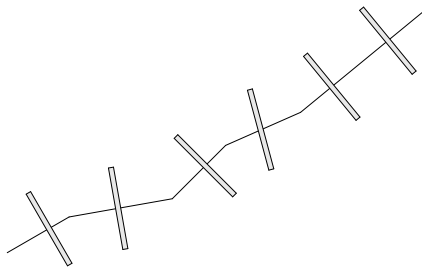
Axonometría



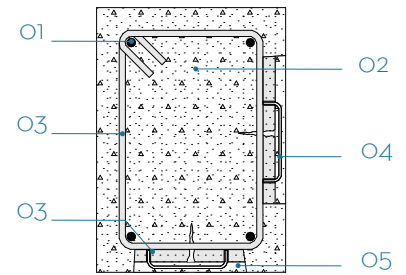
Alzado



Sección



no debe ser paralelo

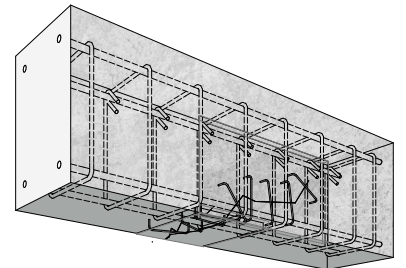
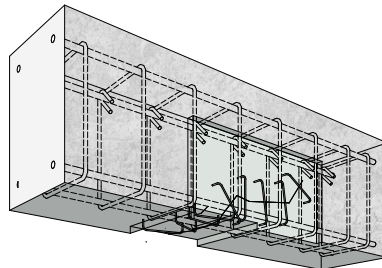
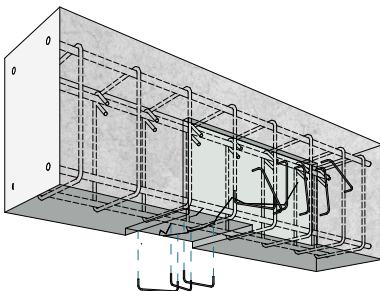


Viga

Esc 1:10

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Grapa
- 05. Capa de protección
- 06. Mortero epoxi



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Fisuras

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

---

## INSERCIÓN DE BARRAS

---

**Descripción:**

Este método consiste en insertando barras de armadura aseguradas con adhesivo epoxi para brindar mayor resistencia a la fisura.

**Ventajas:**

Es un método práctico de fácil aplicación, sin requerimientos de equipo ni una mano de obra especializada.

**Desventajas:**

La estructura tiende a volverse más rígida, y esta rigidez puede aumentar la restricción global de la estructura provocando fisuración en otras partes del hormigón.

**Materiales:**

Varillas

Mortero / Resina epoxi / Grout.

**Equipos y Herramientas:**

Taladro

Chorro de agua y aire

Pistolas de calafateo

Equipo para acabado superficial

**Procedimiento:**

1. Preparación y limpieza

Los pasos previos inician con la determinación de ubicación para los orificios de perforación que intersecan el plano de fisuración aproximadamente a 90 grados, paso siguiente se perforan los orificios y limpian con chorros de aire comprimido.

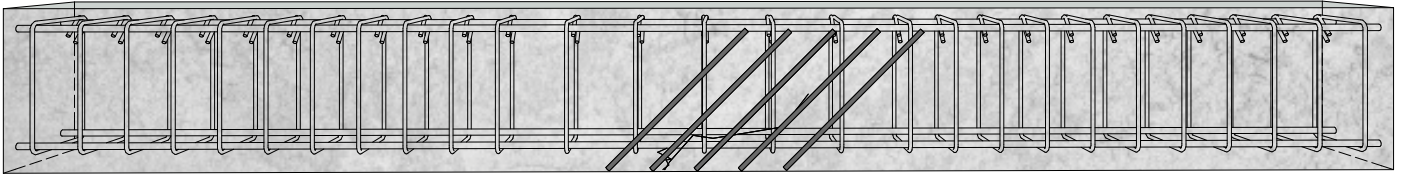
2. Reparación

En primer lugar, se inyecta el adhesivo epóxico en el orificio y también en la fisura hasta quedar completamente llenos, a continuación, se coloca la varilla de refuerzo en el agujero. El material de adherencia permite que la barra se fije a las paredes del orificio, así mismo llena los vacíos provocados por la fisuración y además adhiere las superficies de hormigón separadas volviendo a constituir nuevamente una unidad, dando como resultado el reforzamiento de

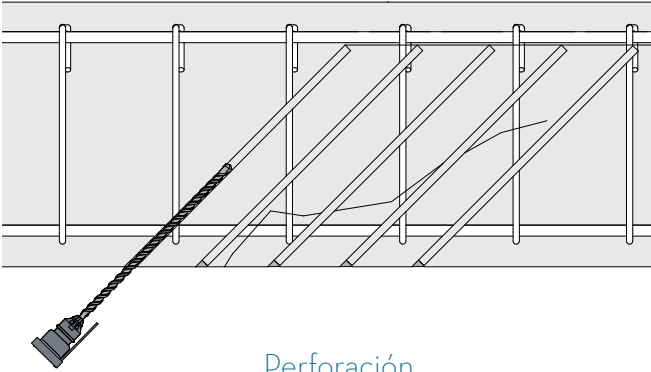
la sección. La distancia entre barra y barra de acero se determina a partir de los objetivos de actuación. Pudiendo utilizarse cualquier variante de disposición, tomando en cuenta las razones de diseño y la ubicación de las armaduras existentes.

3. Protección

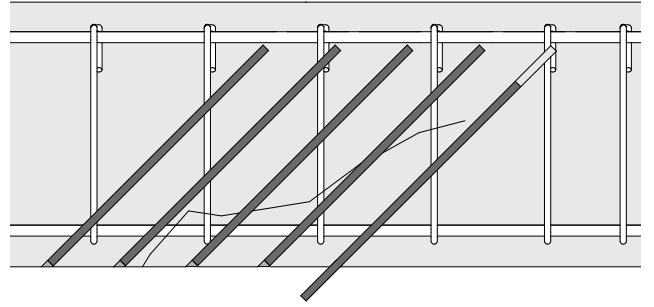
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría



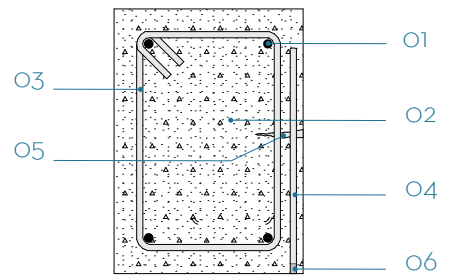
Perforación



Anclaje

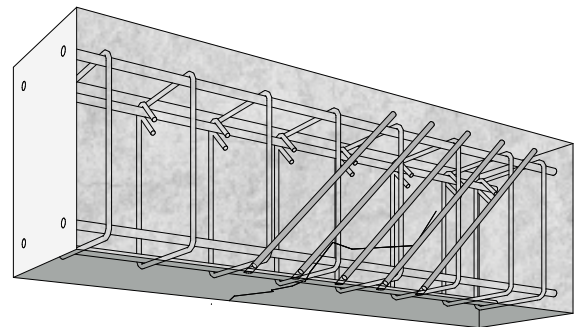
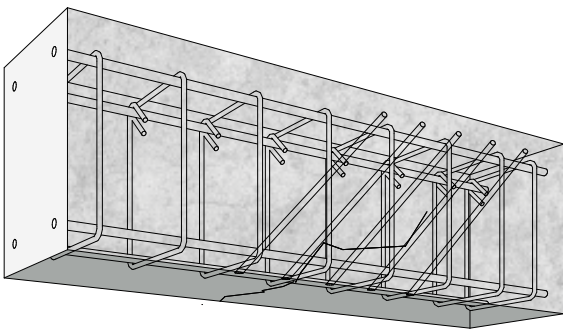
LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Barra incada
- 05. Fisura.
- 06. Mortero epoxi



Viga

Esc 1:10



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

---

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (APLICACIÓN MANUAL)

---

### Descripción:

Este método de aplicación manual se realiza mediante la colocación de mezcla sobre la superficie. Se usa en reparaciones superficiales (< 5 cm).

### Ventajas:

Es un método práctico de fácil aplicación, sin requerimientos de equipo ni una mano de obra especializada.

### Desventajas:

Esta acción resulta meramente estética no contribuye con la recuperación de propiedades del elemento estructural.

### Materiales:

Mezclas de cemento portland, agregados finos, filler o relleno tipo polvo calizo, humo de sílice o metacaolín, aditivos de contracción compensada, plastificantes, adhesivos de base acrílica y agua. El material debe tener consistencia plástica y buena adherencia.

### Equipos y Herramientas:

Cinzel y martillo / Disco de desbaste

Chorro de agua y aire / Cepillos de cerdas metálicas

Mezcladora

Paleta y llana o espátula

Martillo de goma y pisón de mano

Nivel de burbuja

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Para la preparación de pequeñas superficies se emplea la escarificación manual, que consiste primeramente en señalar el área de actuación, se escarifica del exterior al interior, no dejando zonas quebradizas o astilladas. Se extrae el concreto hasta que la superficie quede libre de insalubridades, con textura rugosa y compacta, permitiendo una excelente adherencia del nuevo material. También pueden emplearse medios mecánicos como el uso de máquinas de desbaste superficial. La limpieza puede realizarse mediante

lavado manual o con aire comprimido.

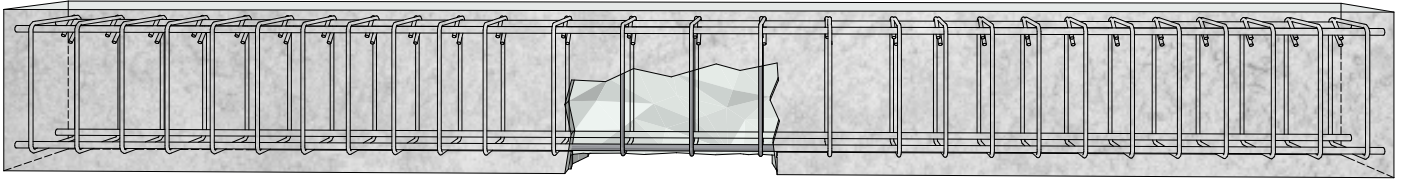
#### 2. Reparación

Se aplica el material sobre la superficie preparada, manualmente con el uso de guantes. Se presiona con las manos al mortero contra la superficie de concreto evitando las bolsas de aire en todas las cavidades. En el caso de que la profundidad sea mayor a 2cm conviene aplicar la mezcla en capas con un desfase de 24 horas, la superficie entre capas debe ser rugosa para garantizar la adherencia de la posterior.

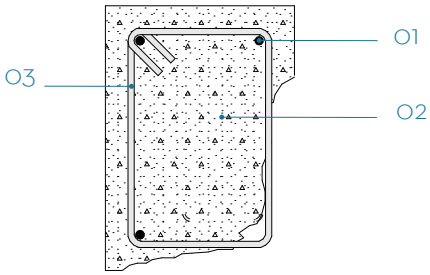
El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la viga y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

#### 3. Protección

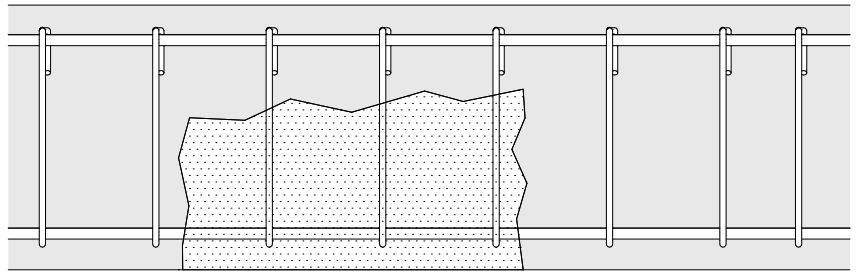
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



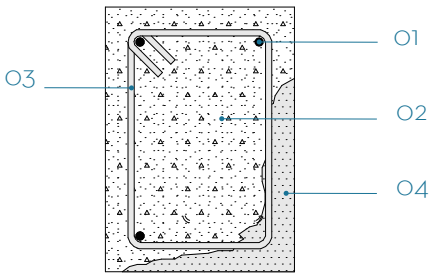
Axonometría



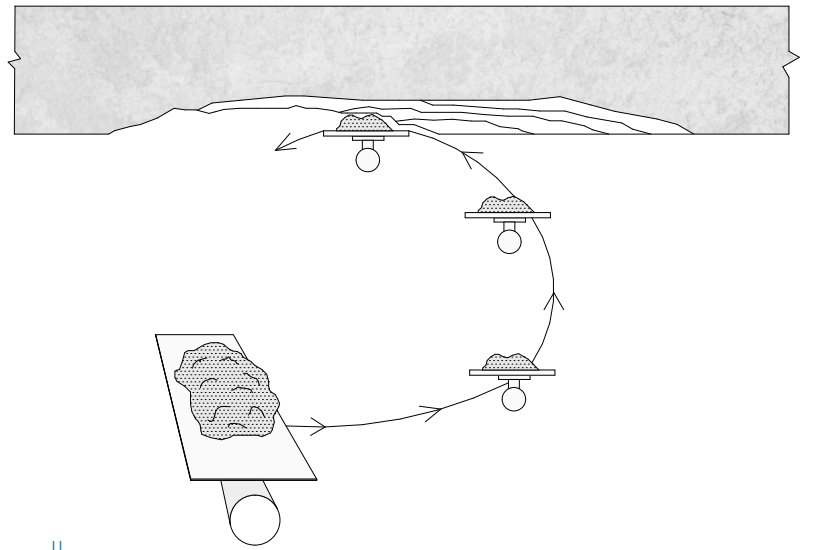
Sección Viga  
Esc 1:10



Alzado  
Esc 1:10



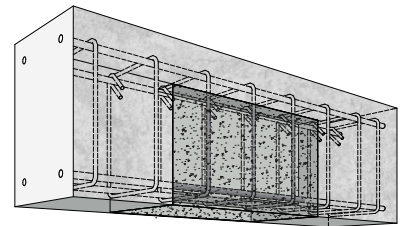
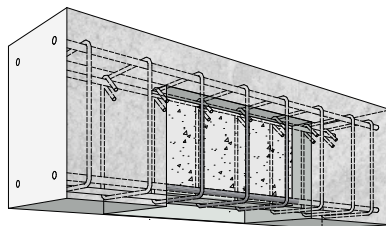
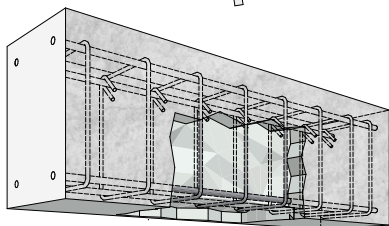
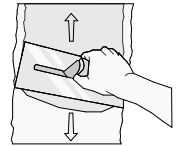
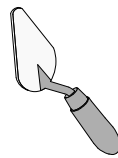
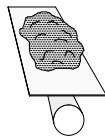
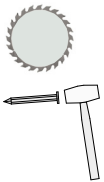
Sección Viga  
Esc 1:10



LEYENDA

01. Refuerzo longitudinal  
02. Columna H°A

03. Estribo  
04. Mortero de relleno



**Elemento:** Vigas

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (ENCOFRADO Y VERTIDO)

### Descripción:

Es de los métodos de reparación más empleados. Se fundamenta en el reemplazo del hormigón malogrado por un hormigón de dosificación y consistencia oportuno de tal modo que se constituya como una unidad integral con el hormigón base. Se logra mediante el encofrado y el vaciado de material autocompactante dentro de la cavidad confinada, se emplea en reparaciones profundas (> 4cm)

### Ventajas:

Provee una sección uniforme, recuperando la forma original del elemento sin ningún tipo de acción invasiva. No requiere de mano de obra especializada y representa una intervención de bajo costo.

### Desventajas:

Al aumentar las dimensiones de los elementos estructurales no se puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

### Materiales:

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción plástica, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts) / Hormigón más Aditivos (expansor y casualmente plastificante).

### Equipos y Herramientas:

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Mezcladora, Carretilla, recipientes

Varilla / Vibrador, Martillo de goma

Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además

los bordes deben ser chaflanados y la cara inferior de la viga debe ser devastada en una relación de pendiente 3 a 1 para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada. Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar el hormigonado.

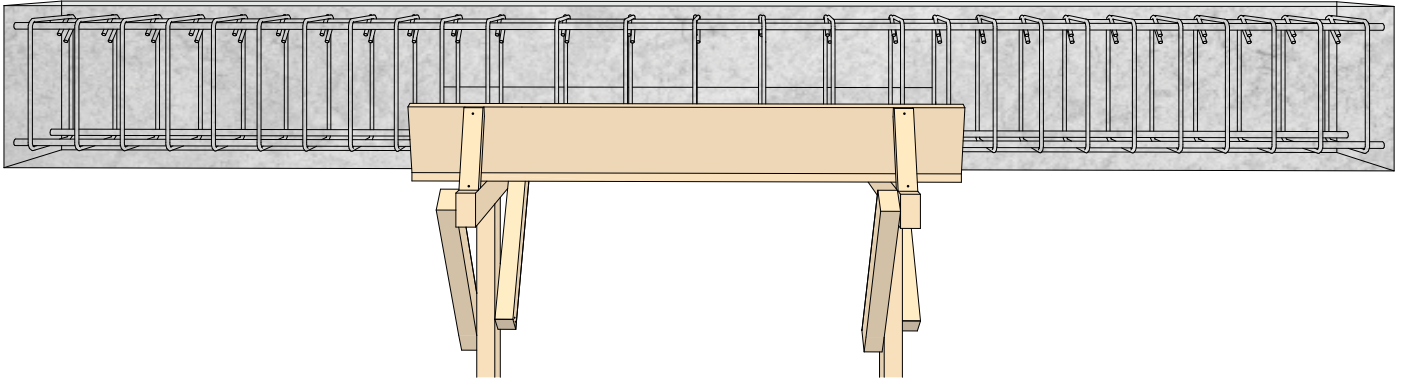
#### 2. Reparación

El encofrado limpio y una vez aplicado el desencofrante, debe proveer el acceso del material mediante un embudo, y la eliminación de burbujas de aire mediante tubos y respiraderos, así mismo con la ayuda de compactación mediante vibración externa.

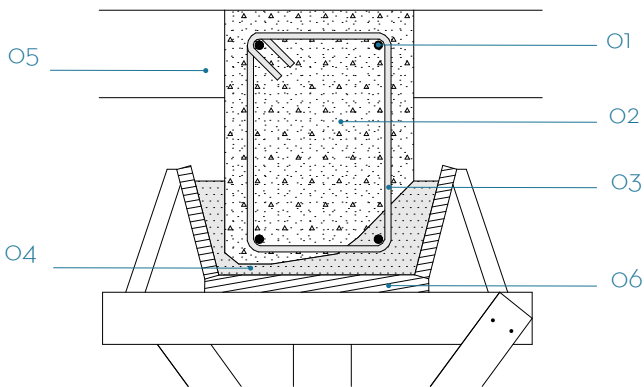
Se debe mantener el encofrado por lo menos 24 horas, además de conservar húmeda la sección hasta los 7 días. Una vez retirado el encofrado se procede a eliminar los excesos con el disco de corte o cincel y martillo. El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la viga y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

#### 3. Protección

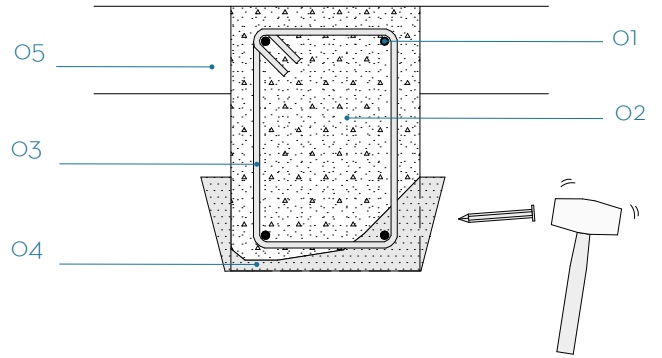
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría



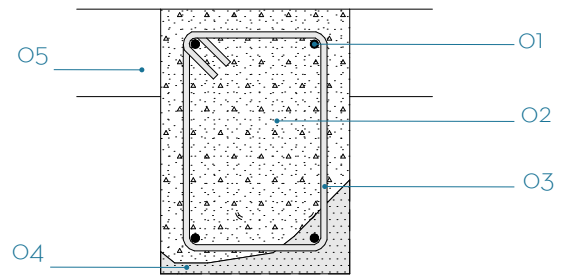
Encofrado  
Sección Viga  
Esc 1:10



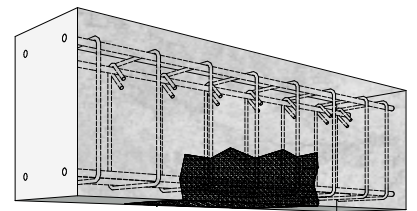
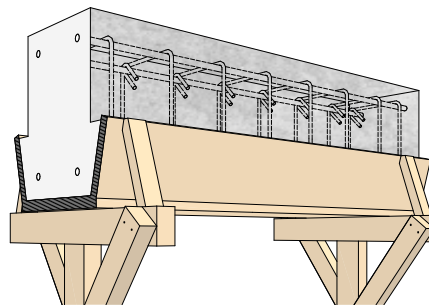
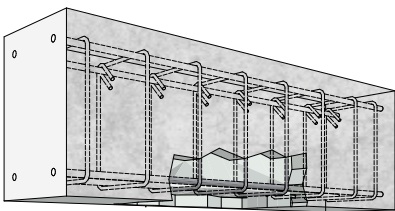
Retirar excesos  
Sección Viga  
Esc 1:10

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Mortero de relleno
- 05. Losa H°A
- 06. Encofrado



Sección Viga  
Esc 1:10



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (ENCOFRADO Y BOMBEO)

### Descripción:

Es un método de reparación, reemplazo del hormigón malogrado por un hormigón de dosificación y consistencia oportuno de tal modo que se constituya como una unidad integral con el hormigón base, mediante el encofrado y el bombeo de material autocompactante dentro de la cavidad confinada, se emplea en reparaciones profundas.

### Ventajas:

Provee una sección uniforme, recuperando la forma original del elemento sin ningún tipo de acción invasiva. No requiere de mano de obra especializada y representa una intervención de bajo costo.

### Desventajas:

No se puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

### Materiales:

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts, concretos bombeables).

### Equipos y Herramientas:

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Mezcladora

Equipos neumáticos con presión de aire comprimido de 2 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Boquillas de inyección

Martillo de goma

Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados y la cara inferior de la

viga debe ser devastada en una relación de pendiente 3 a 1 para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada. Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar el hormigonado.

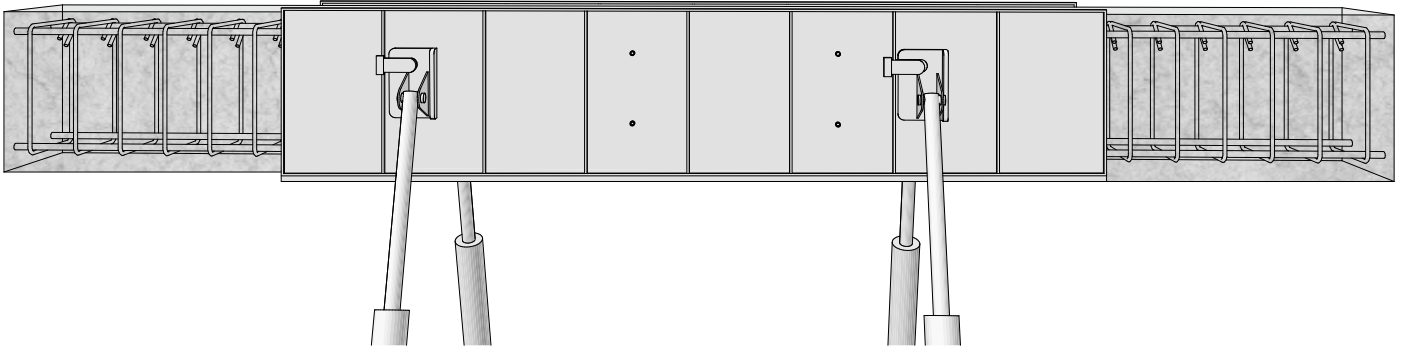
#### 2. Reparación

El encofrado debe proveer el acceso del material mediante tubos de ingreso, y ventilación o respiraderos, así como de válvulas o dispositivos de cierre. La secuencia del bombeado asegura el completo llenado de la cavidad. Para superficies verticales se realiza desde los puntos más bajos hacia los altos, una vez lleno el volumen se cierran las válvulas. La presión de bombeo es sustancial para la consolidación del material. Si la extensión de la reparación requiere de un mayor número de entradas, se bombea desde el primer puerto bajo hasta que el material fluya por el segundo, se cierra la válvula del primero y se reconecta la bomba en el segundo puerto y así sucesivamente. Se debe mantener el encofrado por lo menos 24 horas, además de conservar húmeda la sección hasta los 7 días. Una vez retirado el encofrado se procede a eliminar los excesos con el disco de corte o cincel y martillo. El acabado se lo realiza con la ayuda de la llana o espátula dejando una superficie uniforme entre la viga y la sección de actuación, finalmente se comprueba la linealidad con el nivel de burbuja.

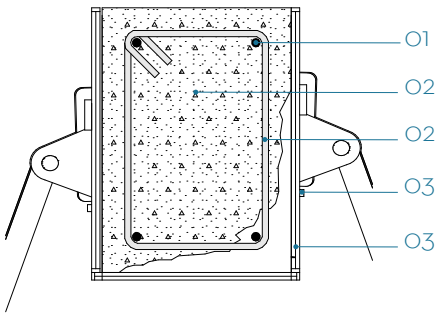
#### 3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.

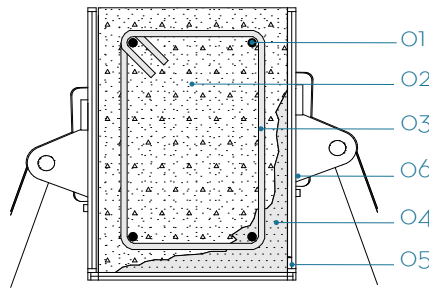




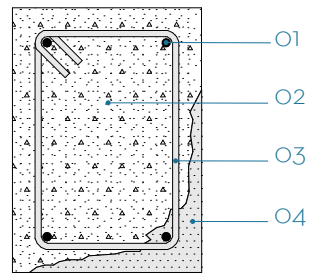
Axonometría



Sección Viga  
Esc 1:10



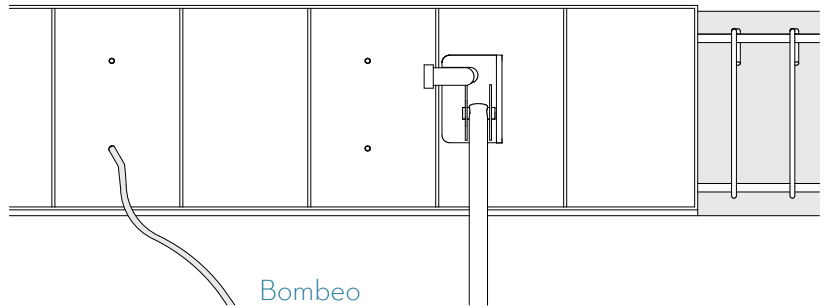
Sección Viga  
Esc 1:10



Sección Viga  
Esc 1:10

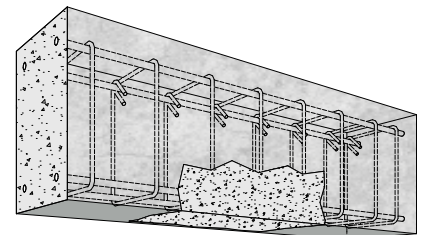
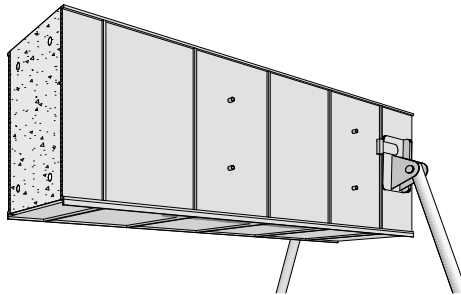
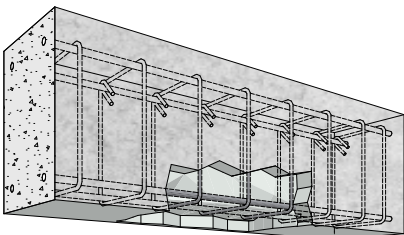
LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Mortero de relleno
- 05. Encofrado
- 06. Válvula de cierre



Bombeo

Alzado



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (PROYECTADO VÍA SECA)

### Descripción:

Es un método en el cual el material es proyectado mediante medios neumáticos a alta velocidad sobre el componente estructural. El hecho de que la proyección sea por vía seca indica que el agua se incorpora en el final ya en el cañón de la manguera de proyección. Es habitual en daños superficiales y profundos.

### Ventajas:

El hormigón proyectado posee una estupenda adherencia con el elemento base, generalmente se considera método más conveniente y económico en las reparaciones de poca profundidad. Se acopla satisfactoriamente a superficies verticales, ya que no se deforma ni se desmorona a pesar de la ausencia de moldes soportándose a sí mismo.

### Desventajas:

No mantiene una relación constante agua/cemento, ya que, en la aplicación de agua, interviene el criterio del operador y por lo tanto no hay uniformidad en el concreto lanzado.

Si el método no es bien aplicado los rebotes irregulares pueden ocasionar discontinuidades y presencia de vacíos o bolsas de arena detrás del refuerzo.

Pueden aparecer fisuras por contracción/ retracción de secado, causado por el alto contenido de cemento, adiciones, curado inapropiado o contenido excesivo de agua.

### Materiales:

Morteros o microcementos con aditivos y adiciones de metacaulim y silica activa, que mejoran la trabajabilidad y desempeño del material lanzado.

### Equipos y Herramientas:

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Encofrado

Equipo de proyección

Equipo para acabado superficial

Nivel de burbuja

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo. Previa a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada.

Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar la proyección.

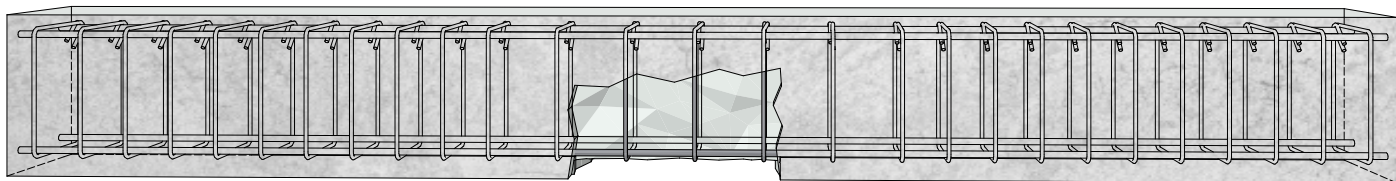
#### 2. Reparación

La técnica de colocación por proyección comprende en principio, el premezclado del aglomerante y los agregados (fibras y otras adiciones). Luego se transporta está a través de la manguera hacia la boquilla con ayuda del aire comprimido, aquí se obtiene la composición final con el aditamento de agua y se procede al lanzamiento del material sobre la superficie preparada. Si la reparación es profunda la colocación se realiza por capas.

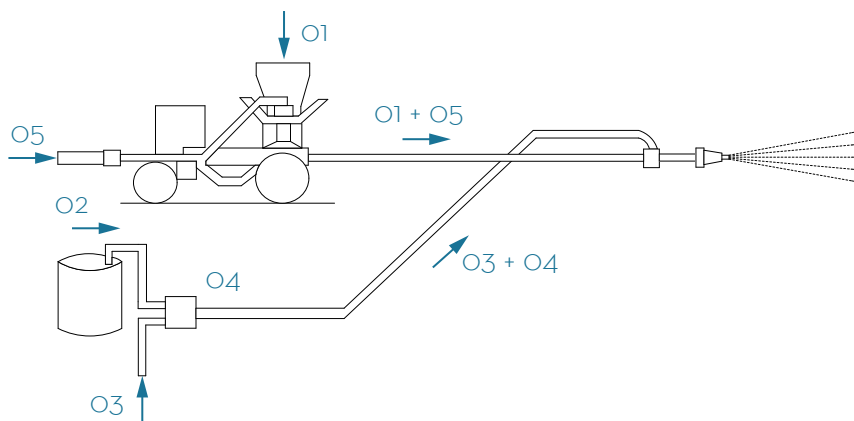
Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método.

#### 3. Protección

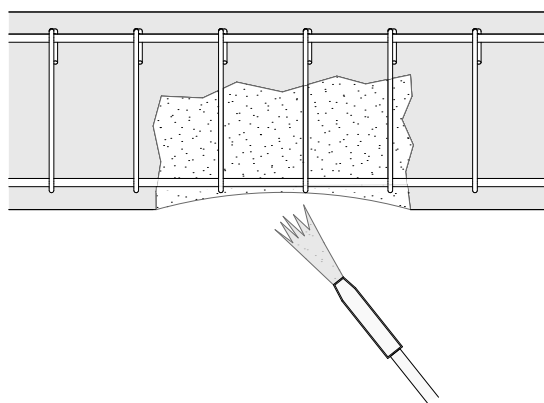
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría



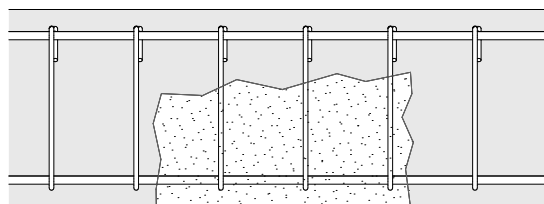
Concreto lanzado vía seca



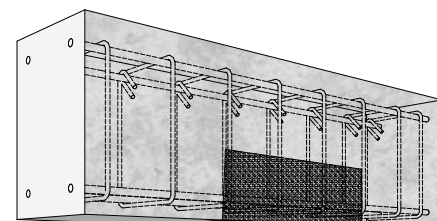
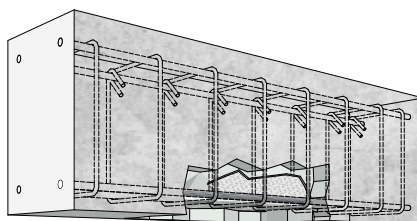
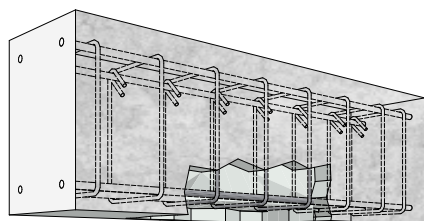
Proyectado del concreto

LEYENDA

- O1. Mezcla seca, aglomerado, agregado (fibras)
- O2. Acelerante
- O3. Agua
- O4. Bomba de dosaje
- O5. Aire comprimido
- O6. losa H°A
- O7. Columna H°A
- O8. Desprendimiento



Proyectado del concreto



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Desprendimientos

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reparación

**Propuesta de actuación:**

## REEMPLAZO DE HORMIGÓN (PROYECTADO VÍA HUMEDA)

### Descripción:

Es un método en el cual el material es proyectado mediante medios neumáticos a alta velocidad sobre el componente estructural. El proceso vía húmeda significa que la mezcla es proyectada premezclada. Se emplea en reparaciones superficiales y profundas.

### Ventajas:

La calidad final y las características del concreto son en general más uniformes. Hay control sobre el agua, consistencia y dosificación. Reducción del rebote. Disminución de la dispersión en resistencia. Menor consumo de cemento y menos contracción

### Desventajas:

Si el método no es bien aplicado los rebotes irregulares pueden ocasionar discontinuidades y presencia de vacíos o bolsas de arena detrás del refuerzo.

### Materiales:

Morteros o microcementos con aditivos y adiciones de metacaulim y silica activa, que mejoran la trabajabilidad y desempeño del material lanzado. Pueden incluir fibras para más durabilidad. / Mortero de base epoxi o poliéster

### Equipos y Herramientas:

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores  
Cepillo de cerdas metálicas  
Encofrado  
Equipo de proyección  
Equipo para acabado superficial  
Nivel de burbuja

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además los bordes deben ser chaflanados para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos.

Las técnicas que podemos emplear en esta situación pueden ser manuales (picado) o mecánicas (percusión, chorro de arena, granalla o agua). Finalizado esto se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo. Previo a la actuación sobre el elemento, la armadura debe estar apta e higienizada.

Si las barras han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie a reparar para finalmente empezar la proyección.

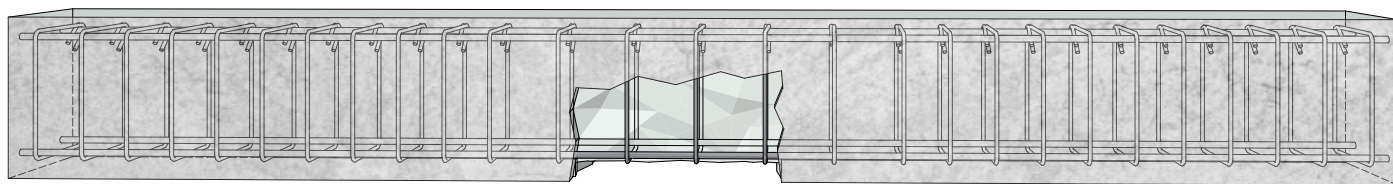
#### 2. Reparación

La técnica de colocación por proyección comprende en principio, el premezclado de todos los componentes (aglomerante, agregados, aditivos, adiciones, fibras, agua) excepto acelerantes. Luego se transporta la mezcla a través de la manguera hacia la boquilla con ayuda del aire comprimido, donde pueden incluirse otros aditivos y el acelerador en caso de ser necesario, después se procede al lanzamiento del material sobre la superficie preparada de concreto. Si la reparación es profunda la colocación se realiza por capas.

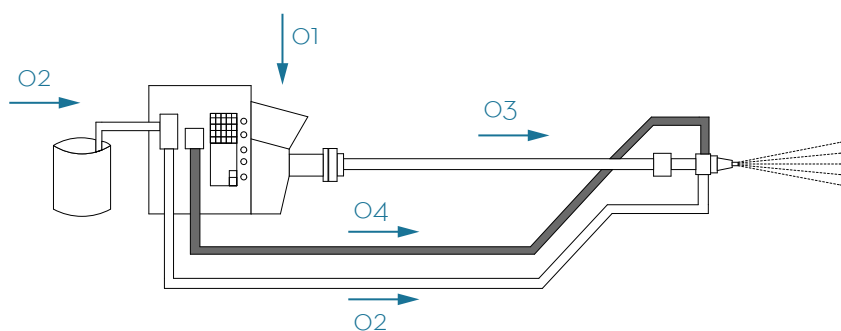
Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método.

#### 3. Protección

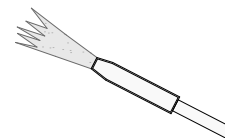
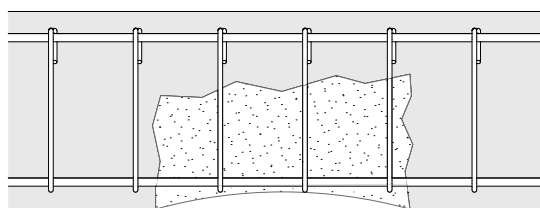
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría



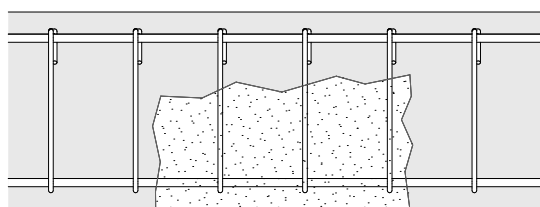
Concreto lanzado vía húmeda



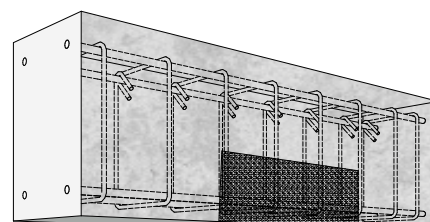
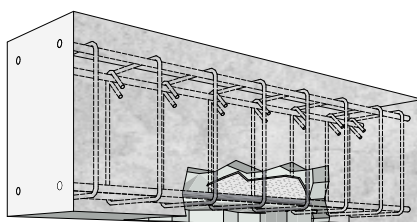
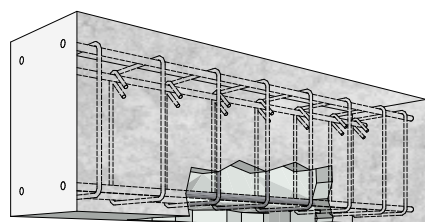
Proyectado del concreto

LEYENDA

- 01. Mezcla húmeda, cemento, agregado, agua, aditivos
- 02. Acelerante
- 03. Mezcla húmeda bombeada
- 04. Aire comprimido
- 05. losa H°A
- 06. Columna H°A
- 07. Desprendimiento



Proyectado del concreto



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## ADICIÓN DE ARMADURA

---

**Descripción:**

Una alternativa para para refuerzos estructurales permanentes es el empotrar aceros de refuerzo extras a lo largo del elemento.

**Ventajas:**

Mantiene la estética y la geometría de la sección original de la columna.

**Desventajas:**

No puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

**Materiales:**

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción plástica, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts) / Hormigón más Aditivos (expansor y casualmente plastificante).

Varillas de refuerzo.

Suelda

**Equipos y Herramientas:**

Puntales telescópicos

Andamios

Chorro de arena, granalla o agua / Percutores

Cepillo de cerdas metálicas

Equipo soldador

Mezcladora, Carretilla, recipientes

Equipo para acabado superficial

**Procedimiento:**

### 1. Preparación y limpieza

Se empieza por apuntalar la estructura descargando la viga. Seguidamente se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además se escarifica la superficie del concreto viejo y se desbasta las aristas biselándolas para mejorar la adherencia del nuevo refuerzo. Finalizado esto el sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza la limpieza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Si las barras de refuerzo han sufrido daños o pérdidas

de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con el reforzamiento.

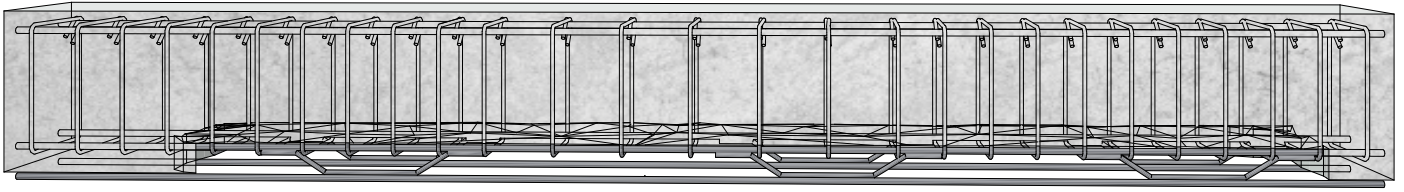
### 2. Reparación

Se coloca el nuevo acero de refuerzo corrugado bordeando toda la sección de la viga, teniendo en cuenta la longitud del traslape para el anclaje recto, posterior a esto hay que aplicar el puente de adherencia entre viga y refuerzo (adhesivo base epoxi), respetando el tiempo de manipulación y secado, las barras nuevas pueden ser también soldadas a las antiguas con horquillas de diámetro 10.

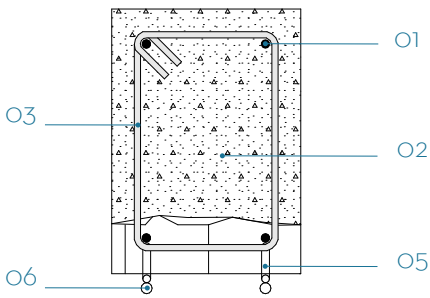
Últimamente se procede a llenar de manera manual la cavidad con mortero de base epoxi. La terminación se la realiza con la llana y demás equipo de acabado superficial dependiendo de los requerimientos del producto. Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método. Así mismo retirar los puntales solamente después de los 7 días de actuación.

### 3. Protección

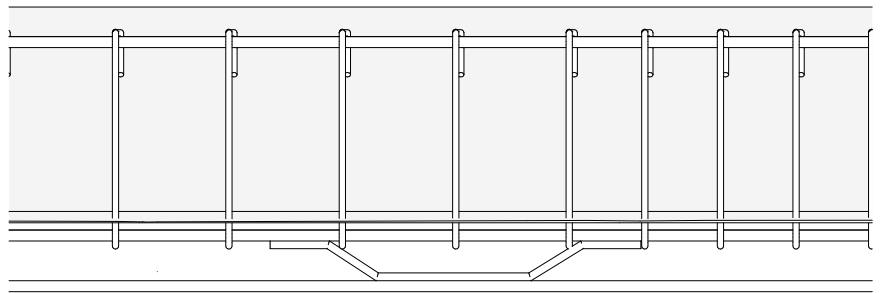
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



Axonometría



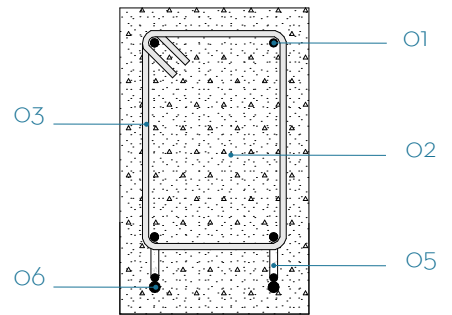
Sección Viga  
Esc 1:10



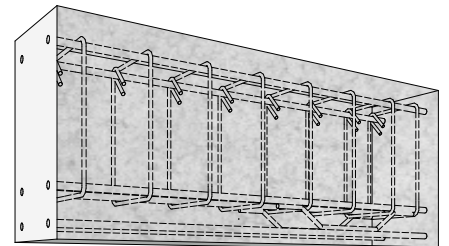
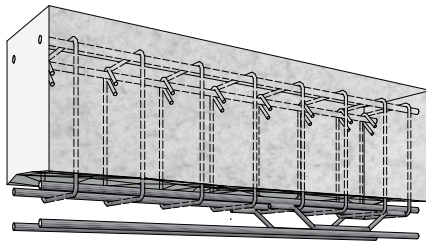
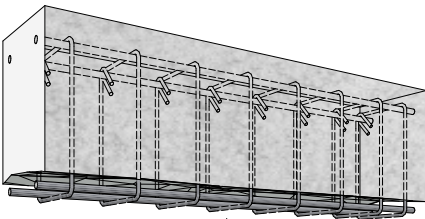
Alzado  
Esc 1:10

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H\*A
- 03. Estribo
- 04. Mortero de relleno
- 05. horquilla  $\varnothing$  10 mm
- 06. Nueva barra



Sección Viga  
Esc 1:10



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

## RECRECIDO (ENCOFRADO Y VERTIDO)

### Descripción:

Consiste en incrementar la capacidad resistente de una viga, con un aumento de sección y refuerzo, dotando a la columna de las propiedades necesarias para controlar las nuevas condiciones. Se emplea en situaciones de emergencia.

### Ventajas:

Es una técnica fiable ya que la contribución con la estructura es garantizada. Incrementa la capacidad de deformación, resistencia, así como rigidez.

### Desventajas:

No se puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

### Materiales:

Materiales de consistencia fluida y autocompactante, baja contracción y retracción plástica, buena adherencia al sustrato (morteros, grouts) / Hormigón más Aditivos (expansor y casualmente plastificante). Adhesivo base epoxi, Varillas de refuerzo.

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios  
Chorro de arena, granalla o agua / Percutores  
Cepillo de cerdas metálicas  
Encofrado, Mezcladora, Carretilla, recipientes  
Varilla / Vibrador, Martillo de goma  
Disco de corte / Cincel y martillo  
Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se empieza por apuntalar la estructura descargando la viga. Seguidamente se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además se escarifica la superficie del concreto viejo y se desbasta las aristas biselándolas y la cara inferior de la viga debe ser escarificada en una relación de pendiente 3 a 1 para mejorar la adhesión

del nuevo material y evitar vacíos. Finalizado esto el sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Si las barras de refuerzo han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie del núcleo.

Previo al recrecido hay que perforar y limpiar orificios en losas y columnas para anclar las barras longitudinales y transversales de la nueva armadura a una profundidad de 6cm como mínimo, con material de anclaje de base poliéster. El refuerzo transversal puede bordear todo el contorno de la viga o anclarse a la viga misma a una distancia mínima de su cara inferior de 20cm. Se coloca el nuevo acero de refuerzo distanciado del existente 1cm en vertical y 2cm en horizontal.

#### 2. Reparación

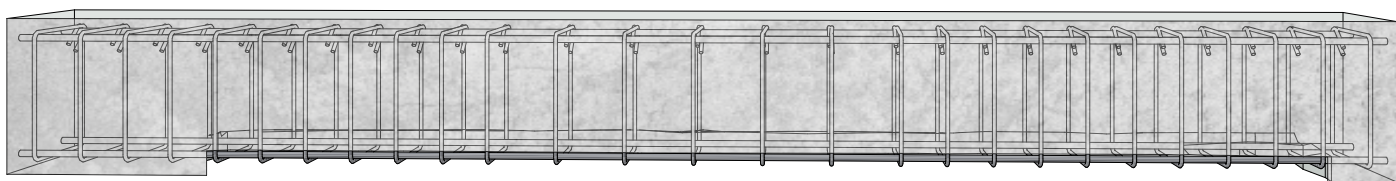
El material para el recrecido se prepara en una mezcladora mecánica adicionando agua al microcemento, mortero o grout durante por lo menos 3 minutos hasta que la mezcla se homogenice. Una vez listo el material se vierte en el encofrado hermético y rígido a través de aberturas en la losa, el material fluido debe ser colocado suavemente y sin interrupción por un solo lado de la viga, evitando la formación de bolsas de aire hasta alcanzar 10cm por encima de la superficie de contacto con el hormigón viejo.

Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método. Así mismo retirar los puntales solamente después de los 7 días de actuación.

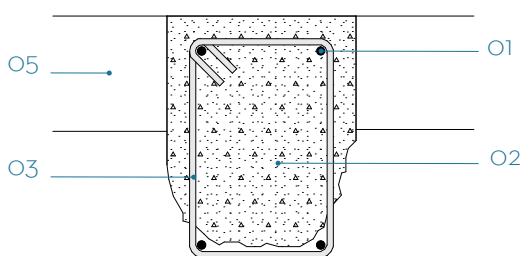
#### 3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.

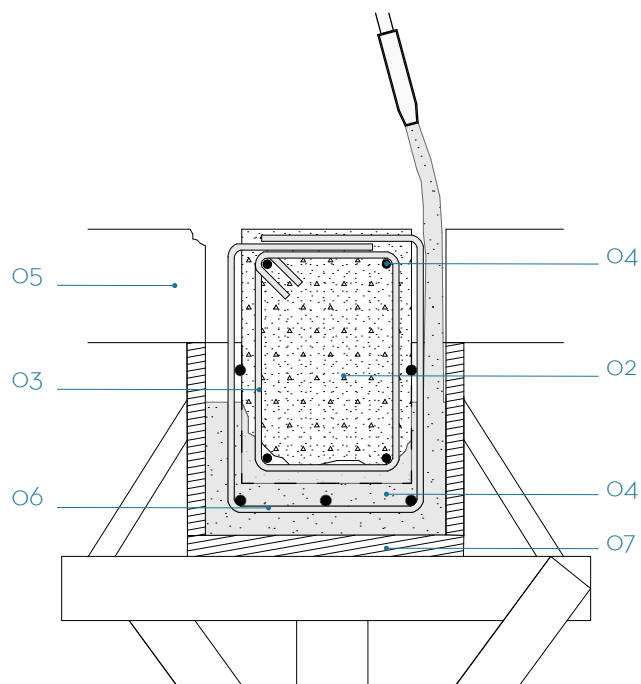




Axonometría



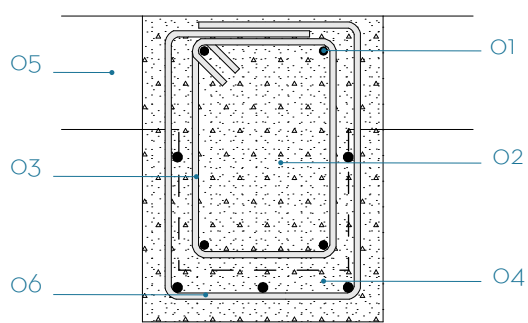
Sección Viga  
Esc 1:10



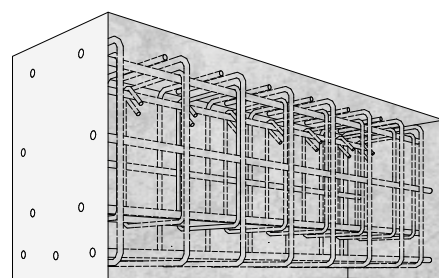
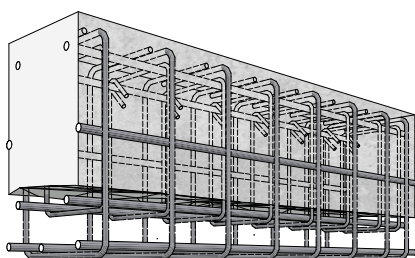
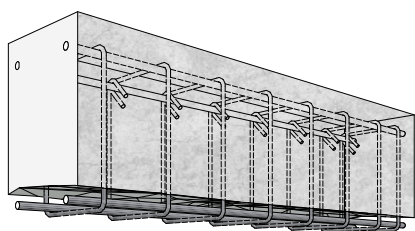
Sección Viga  
Esc 1:10

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Mortero de relleno
- 05. Losa H°A
- 06. Nueva armadura
- 07. Encofrado



Sección Viga  
Esc 1:10



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

## RECRECIDO (PROYECTADO)

### Descripción:

Consiste en incrementar la capacidad resistente de una columna, con el aumento de sección alcanzada a través de la proyección de concreto sobre el elemento de intervención reforzado con una nueva armadura, dotando a la viga de la sección necesaria para controlar las nuevas condiciones. Se emplea en situaciones de emergencia.

### Ventajas:

Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad.

### Desventajas:

Al aumentar las dimensiones de los elementos estructurales no se puede volver a adquirir cargas hasta transcurrido un tiempo prudencial, normalmente un mes.

### Materiales:

Concreto con aditivo acelerador de fraguado.  
Varillas de refuerzo.

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios  
Chorro de arena, granalla o agua / Percutores  
Cepillo de cerdas metálicas  
Encofrado  
Equipo de proyección  
Equipo para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se empieza por apuntalar la estructura descargando la viga. Seguidamente se realiza la delimitación del área, retirando el concreto contaminado dejando así el perímetro de barra libre, esta limitación debe tener un trazado regular, además se escarifica la superficie del concreto viejo y se desbasta las aristas biselándolas y la cara inferior de la viga debe ser escarificada en una relación de pendiente 3 a 1 para mejorar la adhesión del nuevo material y evitar vacíos. Finalizado esto el sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se

realiza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

Si las barras de refuerzo han sufrido daños o pérdidas de secciones se procede a su reparación mediante empalmes (traslapo, conector mecánico o por soldadura), sino ha sufrido ningún deterioro se realiza su limpieza de manera manual (cepillado), mecánica (granallado) o química (desengrasantes, decapantes). Seguidamente se proporciona una protección adicional a las barras (revestimientos, imprimaciones, etc.) una vez que ha transcurrido el tiempo de secado recomendado por el producto se procede con la aplicación de un puente de adherencia a la superficie del núcleo.

Previo al recrecido hay que perforar y limpiar orificios en losas y columnas para anclar las barras longitudinales y transversales de la nueva armadura a una profundidad de 6cm como mínimo, con material de anclaje de base poliéster. El refuerzo transversal puede también bordear todo el contorno de la viga o anclarse a la viga misma a una distancia mínima de su cara inferior de 20cm. Se coloca el nuevo acero de refuerzo distanciado del existente 1cm en vertical y 2cm en horizontal.

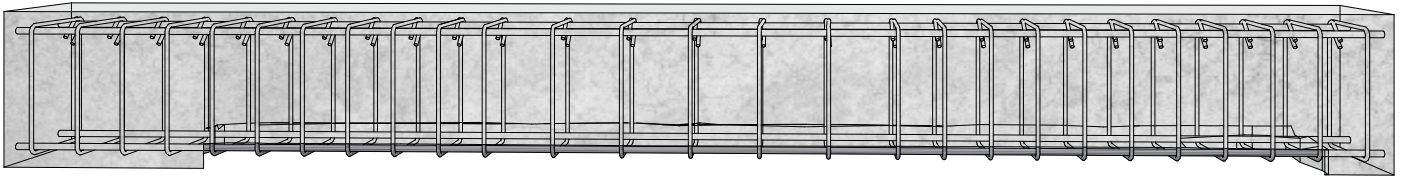
#### 2. Reparación

Una vez listo el material se inicia la aplicación del concreto lanzado por los cantos y las cavidades, revistiendo seguidamente el acero de refuerzo. Hay que lanzar en capas sucesivas no superiores a un espesor de 5 cm, hasta alcanzar el grosor deseado. La terminación se la realiza con la llana y demás equipo de acabado superficial dependiendo de los requerimientos.

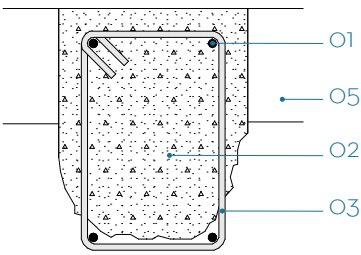
Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de aplicado el método. Así mismo retirar los puntales después de los 7 días de actuación.

#### 3. Protección

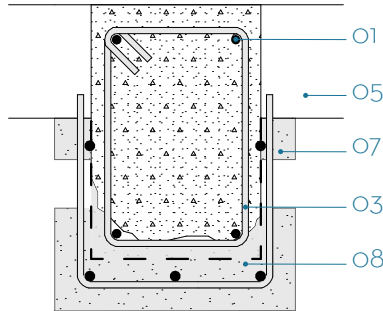
La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



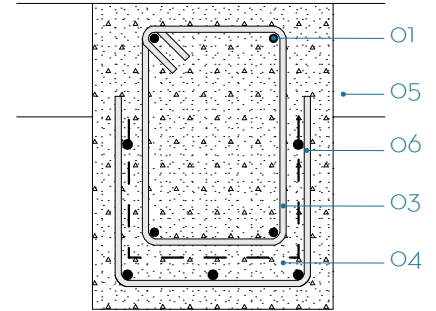
Axonometría



Sección Viga  
Esc 1:10



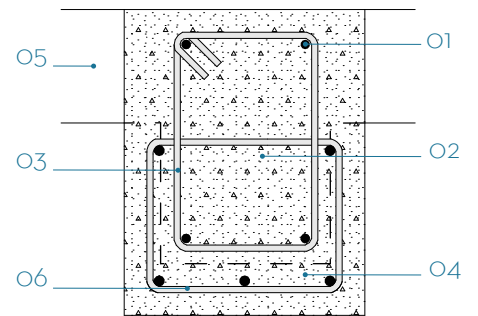
Sección Viga  
Esc 1:10



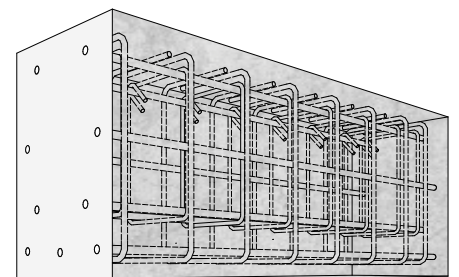
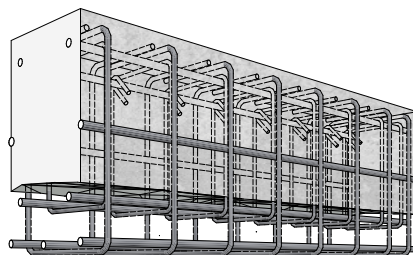
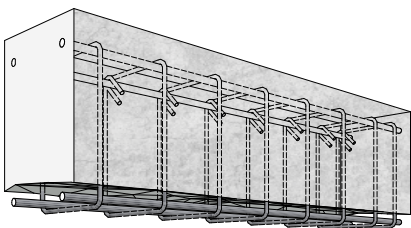
Sección Viga  
Esc 1:10

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Mortero de relleno
- 05. Losa H°A
- 06. Nueva armadura
- 07. Primera etapa
- 08. Segunda etapa



Sección Viga  
Esc 1:10



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## EMPRESILLADO METÁLICO (SOLDADURA)

---

### Descripción:

Son refuerzos estructurales permanentes que mantienen la geometría original del elemento y aumenta la capacidad resistente de una viga a través del confinamiento con láminas metálicas. Se emplea en situaciones de emergencia donde el objeto es salvar la estructura de un colapso.

### Ventajas:

De rápida ejecución y relativamente baratos. La estructura puede entrar en carga casi inmediatamente de la ejecución del refuerzo. Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad.

### Desventajas:

Es poco fiable por no poder garantizarse el trabajo conjunto del hormigón armado con acero. Se requieren de grandes deformaciones para que entre en carga el refuerzo.

### Materiales:

Ángulos y placas metálicas (max 4mm)

Adhesivo estructural

Suelda

Resina epoxi / grout.

Imprimaciones / revestimientos

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste / Disco de corte / Cincel y martillo

Equipo soldador

Equipos para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se debe apuntalar la estructura descargando la viga. Se escarifica la superficie del hormigón viejo eliminando la capa de mortero y pintura para mejorar la adherencia de los nuevos componentes, obteniendo una superficie plana y rugosa. Así mismo se biselan las esquinas del pilar. En caso de ser necesario por alguna

irregularidad se rellena cavidades y nivela la superficie con mortero de base epoxi. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, esto se puede lograr mediante chorro de aire comprimido.

Las placas metálicas deben ser preparadas con chorro de arena o lijadas con equipo eléctrico. Instantes antes de su colocación esta debe ser limpiada y secada con chorro de aire comprimido seco.

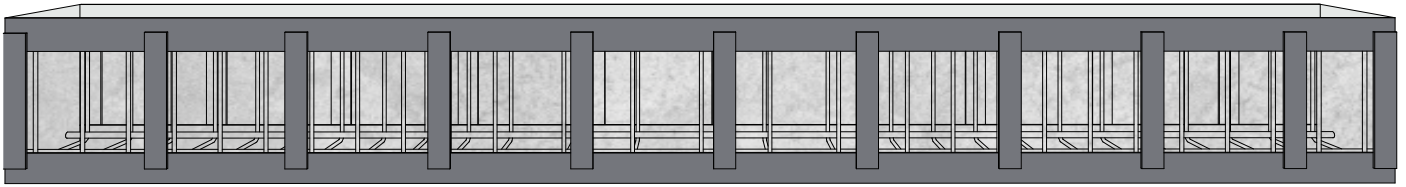
#### 2. Reparación

El primer paso es fijar con un adhesivo estructural a la viga los ángulos metálicos en las aristas biseladas de la columna además se empotran a través de agujeros en el forjado los anillos metálicos, el objetivo de estos elementos es transmitir las cargas. A continuación, se realiza un punteo con soldadura de las presillas que harán la función de estribos y armadura principal, una vez presentado el conjunto se suelda completamente. Ultimadamente el espacio entre el refuerzo y el pilar se rellena con resina epoxi o grout.

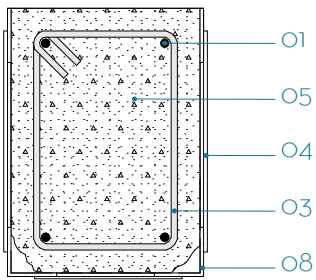
Como complemento las placas metálicas pueden ser calentadas a cerca de 100° C y así al enfriarse con la temperatura ambiente ocurre una contracción de los elementos, lo que garantiza adherencia y aumento de la capacidad de soporte.

#### 3. Protección

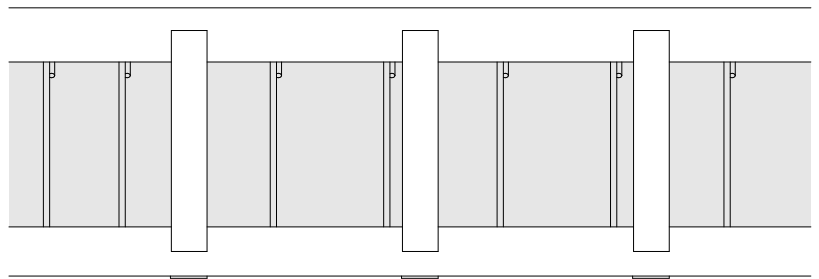
Los elementos de acero deben ser higienizados y posteriormente protegidos por imprimaciones o revestimientos que garanticen una mayor resistencia contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.



Axonometría

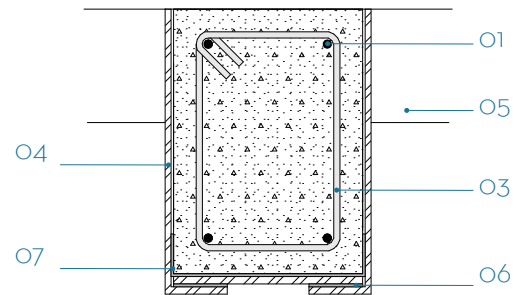


Sección Viga  
Esc 1:10

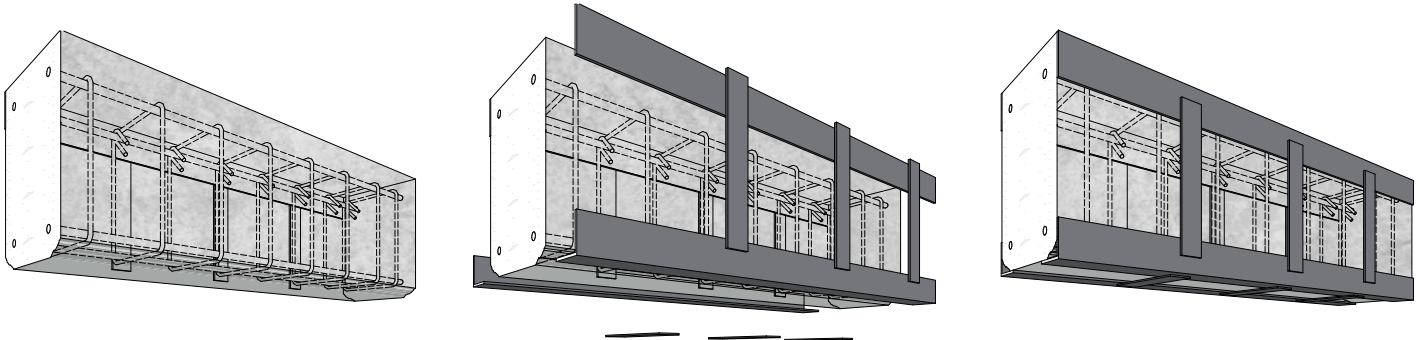


LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Placa de acero
- 05. Losa H°A
- 06. Adhesivo acero-acero
- 07. Epoxi
- 08. Ángulo de acero



Sección Viga  
Esc 1:10



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

## EMPRESILLADO METÁLICO (ANCLAJE MECÁNICO)

### Descripción:

Son refuerzos estructurales permanentes que mantienen la geometría original del elemento y aumenta la capacidad resistente de una viga a través del confinamiento con láminas metálicas. Se emplea en situaciones de emergencia donde el objeto es salvar la estructura de un colapso.

### Ventajas:

De rápida ejecución y relativamente baratos. La estructura puede entrar en carga casi inmediatamente de la ejecución del refuerzo. Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad.

### Desventajas:

Es poco fiable por no poder garantizarse el trabajo conjunto del hormigón armado con acero. Se requieren de grandes deformaciones para que entre en carga el refuerzo.

### Materiales:

Ángulos y placas (max 4 mm)

Adhesivo estructural

Anclajes mecánicos

Imprimaciones / revestimientos

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste / Disco de corte / Cincel y martillo

Equipos para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se debe apuntalar la estructura descargando la columna. Se escarifica la superficie del hormigón viejo eliminando la capa de mortero y pintura para mejorar la adherencia de los nuevos componentes, obteniendo una superficie plana y rugosa. Así mismo se biselan las esquinas del pilar. En caso de ser necesario por alguna irregularidad se rellena cavidades y nivela la superficie con mortero de base epoxi. El sustrato debe quedar

limpio y con superficie seca, esto se puede lograr mediante chorro de aire comprimido.

Las placas metálicas deben ser preparadas con chorro de arena o lijadas con equipo eléctrico. Instantes antes de su colocación esta debe ser limpiada y secada con chorro de aire comprimido seco.

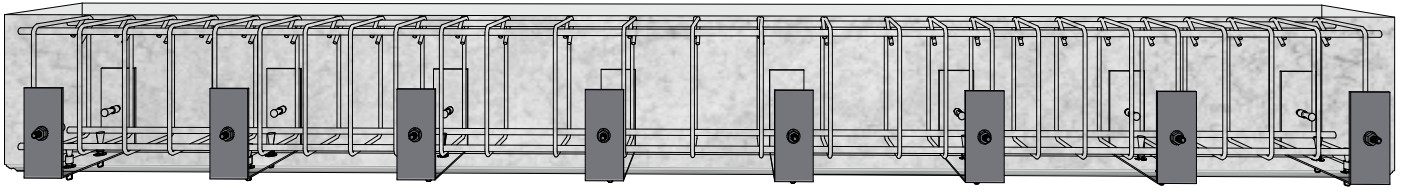
#### 2. Reparación

El primer paso es ajustar las láminas metálicas a la viga con la ayuda del producto de adherencia de base epoxi aplicado en la superficie del concreto y del acero. Las placas de acero deben contar con orificios de 3mm de diámetro cada 15 - 20 cm para dejar escapar el aire, al momento de presionar la placa. Es recomendable fijar presionando las placas con anclajes mecánicos (pernos y tuercas) previamente introducidos y anclados en el elemento estructural con material de anclaje de base poliéster. Finalmente se inserta puntales telescópicos fuertemente acñados y distribuidos en el canto inferior de la viga, estos se retiran pasados los tres días.

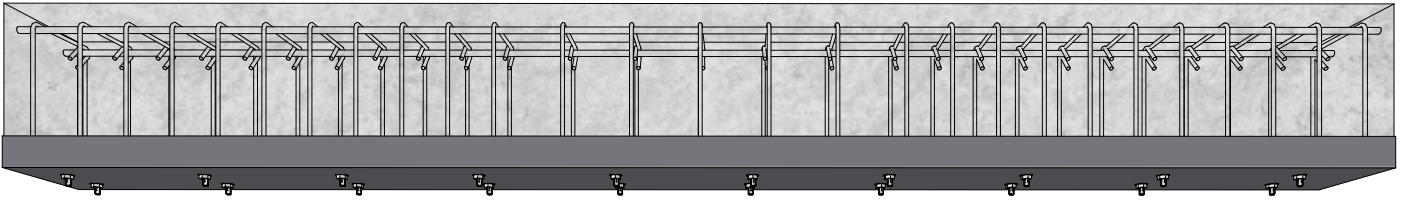
Una vez que se ha cumplido el tiempo de secado se elimina los sobrantes de adhesivo. La estructura se puede volver a poner en carga pasados los 7 días de intervención.

#### 3. Protección

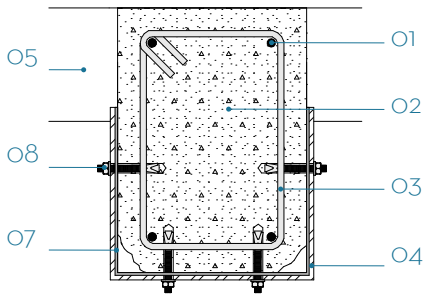
Los elementos de acero deben ser higienizados y posteriormente protegidos por imprimaciones o revestimientos que garanticen una mayor resistencia contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.



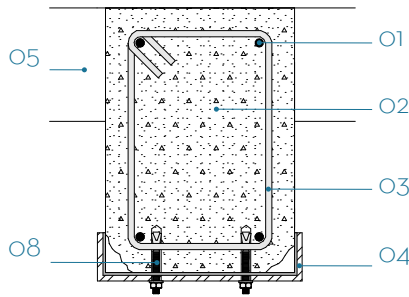
Axonometría



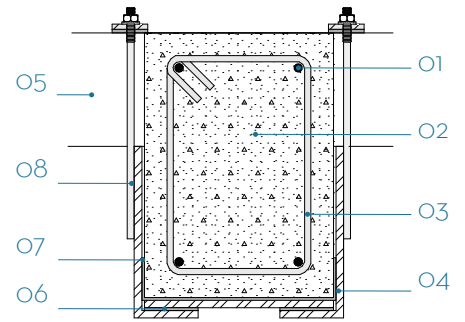
Axonometría



Sección Viga  
Esc 1:10



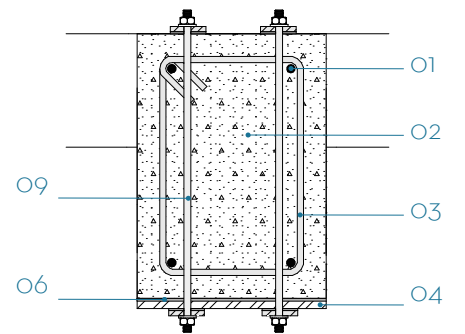
Sección Viga  
Esc 1:10



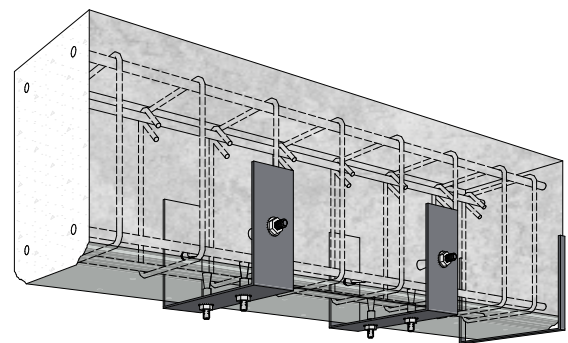
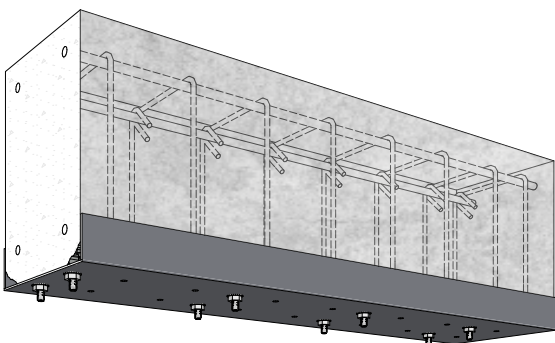
Sección Viga  
Esc 1:10

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Placa de acero
- 05. Losa H°A
- 06. Adhesivo acero-acero
- 07. Epoxi
- 08. Perno de anclaje
- 09. Varilla roscada



Sección Viga  
Esc 1:10



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

### **ENCAMISADO (FRP - FIBER REINFORCED POLYMER TRM - TEXTILE REINFORCED MORTAR)**

---

**Descripción:**

Son refuerzos estructurales permanentes que mantienen la geometría original del elemento y aumenta la capacidad resistente de una viga a través de la adición por adherencia de láminas de fibra de carbono con productos epoxi.

**Ventajas:**

De rápida ejecución y alta trabajabilidad. La estructura puede entrar en carga casi inmediatamente después de la ejecución del refuerzo. Incrementa la capacidad de deformación o ductilidad del elemento y se considera un material exento de sufrir corrosión.

**Desventajas:**

Las técnicas de diseño empleadas son empíricas, poco desarrolladas y existe variabilidad de las propiedades de los materiales.

**Materiales:**

Bandas FRP o TRM

Adhesivo estructural

**Equipos y Herramientas:**

Puntales telescópicos, Andamios

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste

/ Disco de corte / Cincel y martillo

Equipos para acabado superficial

**Procedimiento:**

#### 1. Preparación y limpieza

Se debe apuntalar la estructura descargando la viga. Se escarifica la superficie del hormigón viejo eliminando la capa de mortero y pintura para mejorar la adherencia de los nuevos componentes, obteniendo una superficie plana y rugosa. Así mismo se biselan las esquinas del pilar. En caso de ser necesario por alguna irregularidad se rellena cavidades y nivela la superficie con mortero de base epoxi. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, esto se puede lograr mediante chorro de aire comprimido.

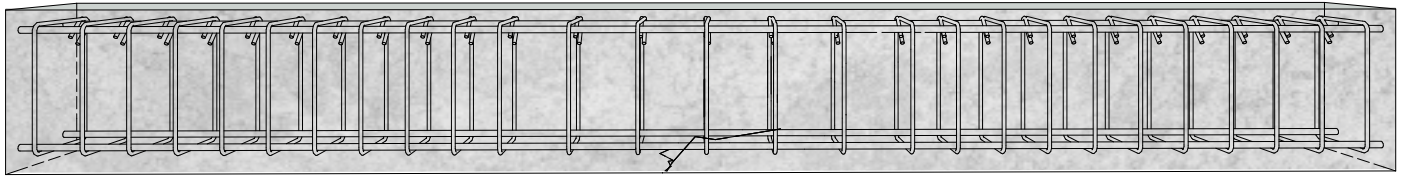
#### 2. Reparación

Se prepara el adhesivo epoxi y se aplica sobre la superficie de la viga y de la banda de fibra de carbono con una espátula dejando una capa de espesor máximo a 1 mm, antes de unir ambas superficies se debe esperar al menos 5 minutos. Una vez juntos los planos se presiona las láminas con un rodillo de acero o caucho para así expulsar el aire y el exceso de adhesivo. Los solapes deben realizarse de al menos 10 cm en dirección de las fibras. Después de un día de espera se puede volver a cargar la estructura.

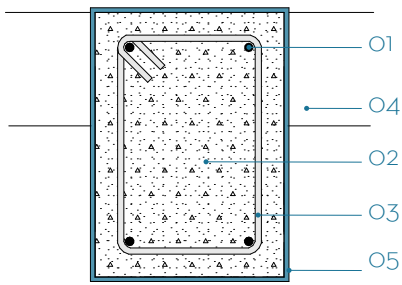
#### 3. Protección

No requiere protección el material a base de FRP cuenta con propiedades que garantizan una mayor resistencia contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.

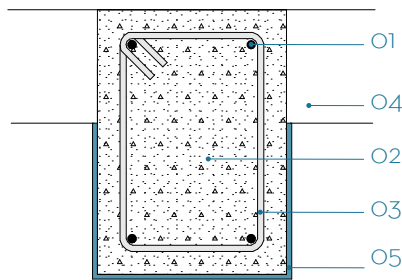




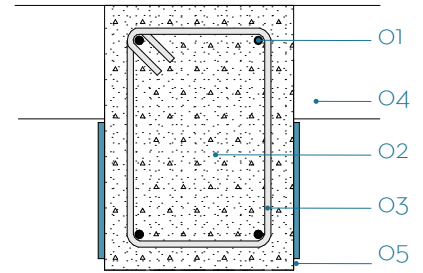
Axonometría



Sección Viga  
Esc 1:10



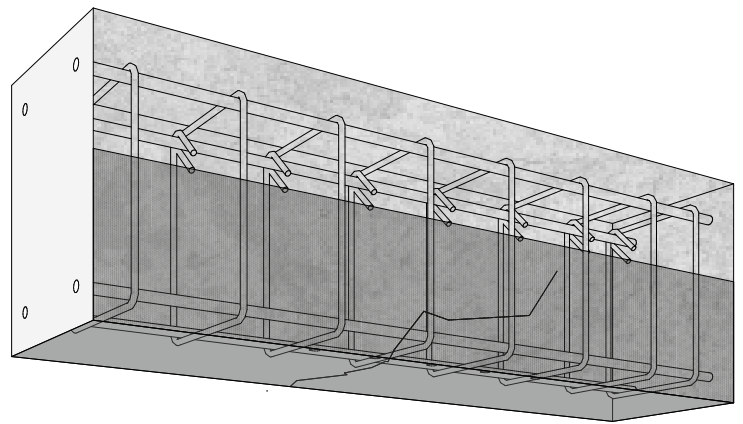
Sección Viga  
Esc 1:10



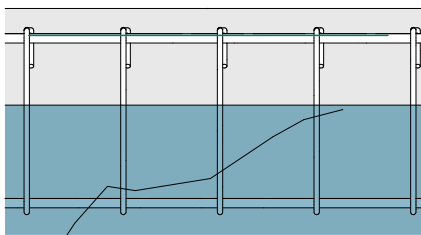
Sección Viga  
Esc 1:10

LEYENDA

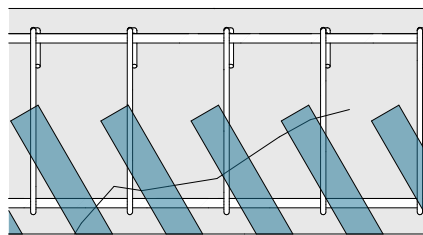
- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Losa H°A
- 05. FRP



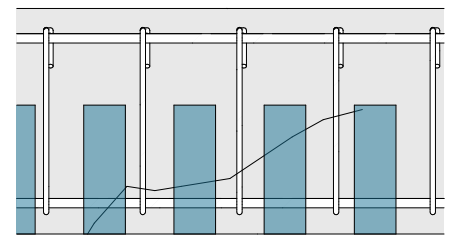
Axonometría



Manta



Cerchos inclinados



Cerchos verticales

**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## POSTENSADO EXTERNO

---

### Descripción:

Una alternativa para para refuerzos estructurales permanentes que mantienen la geometría de la sección original de las vigas es el añadir cables que serán postensados para soportar las tensiones del proyecto.

### Ventajas:

Permite intervenir en las vigas de hormigón armado sin deformarlas y sin necesidad de descargarlos. El refuerzo entra en carga sin necesidad de nuevas deformaciones. Es muy favorable en fallos por flexión y cortante.

### Desventajas:

Es necesario realizar el procedimiento cuidadosamente para evitar que el problema se traslade a otras partes de la estructura. Se analizan los efectos de la fuerza de tesado sobre las tensiones dentro de la estructura. Necesita personal altamente especializado.

### Materiales:

Tensores

Adhesivo estructural

Anclajes mecánicos

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios

Taladro

Gato hidráulico

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

Se debe apuntalar la estructura descargando la viga. Las grietas y fisuras existentes deben limpiarse e inyectarse, antes de tensar según los procedimientos señalados en las actuaciones por reparación.

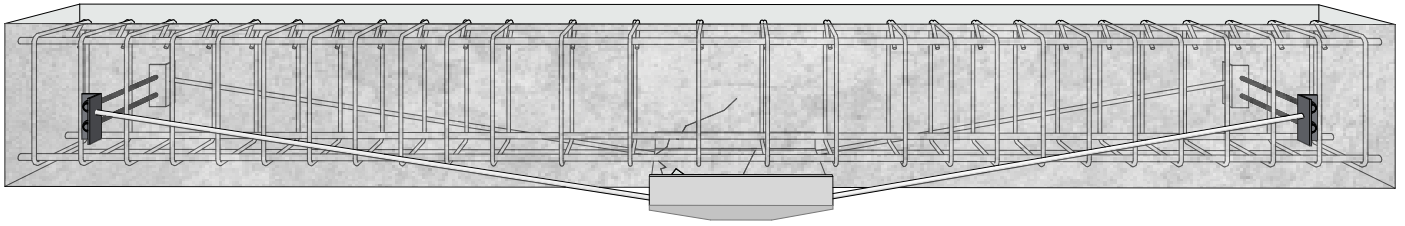
Las vigas deben perforarse en sus extremos para fijar los anclajes mecánicos por ambas caras, además se debe escarificar, limpiar y dejar seca la superficie donde se instalarán estos.

#### 2. Reparación

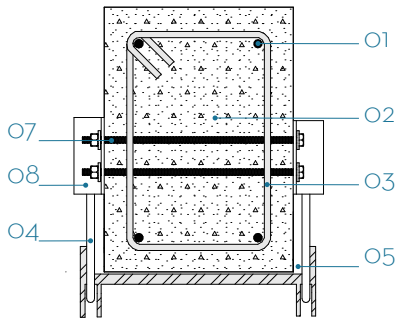
Se adhieren las placas con adhesivo epoxi estructural a la superficie previamente preparada además de conectar con la placa opuesta a través de pernos pasantes. Una vez fraguado el adhesivo se insertan los tendones que suelen ser de tipo cable con vaina de plástico, con inyección de grasa anticorrosión. Se fija uno de los extremos, mientras que en el otro se colocan dispositivos de anclaje y tracción, consecutivamente se tensan los cables con el gato hidráulico ajustándose a los requerimientos del proyecto. Finalizada la intervención se desapuntala y se vuelve a poner en carga la estructura.

#### 3. Protección

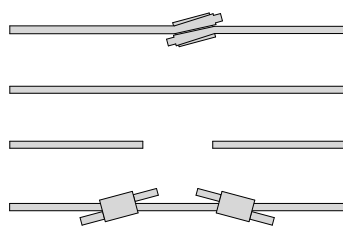
Los elementos de acero deben ser higienizados y posteriormente protegidos por imprimaciones o revestimientos que garanticen una mayor resistencia contra amenazas de características físicas, químicas, biológicas o mecánicas.



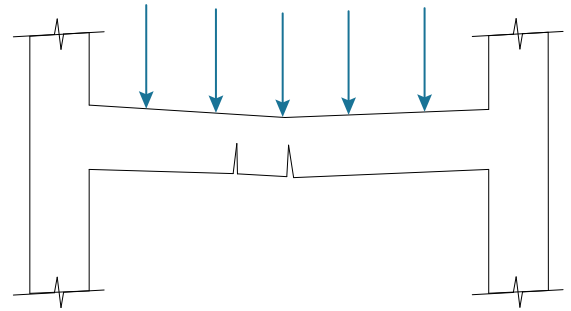
Axonometría



Sección Viga  
Esc 1:10

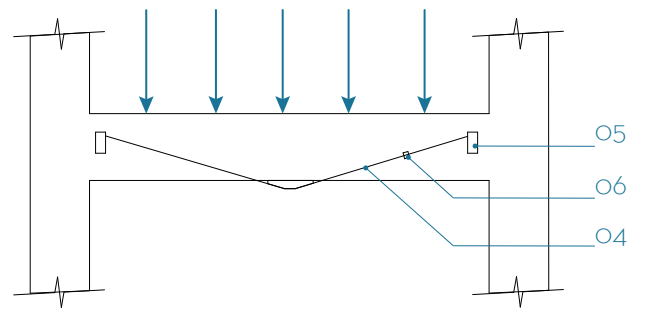


Retensado de cable roto

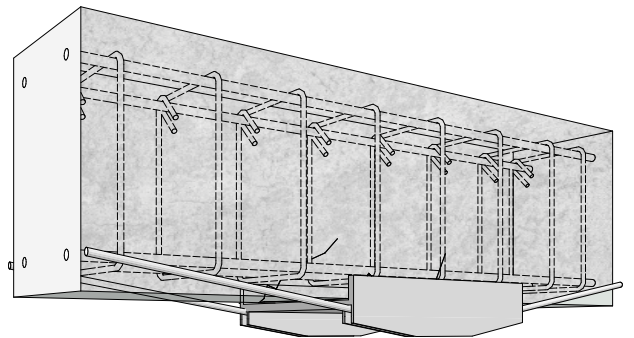
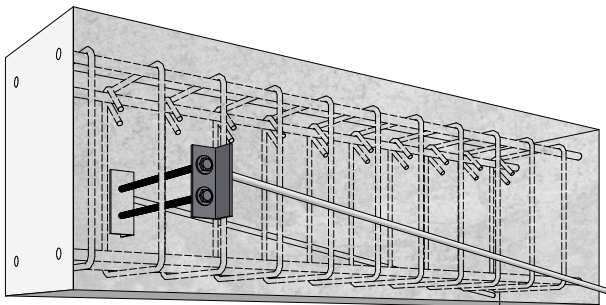


LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Columna H°A
- 03. Estribo
- 04. Cable
- 05. Anclaje
- 06. Conector de tensado
- 07. Varilla roscada
- 08. Ángulo de acero



Recuperación y refuerzo de viga



**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## ADICIÓN DE ELEMENTOS (COLUMNA)

---

**Descripción:**

Esta técnica consiste en un refuerzo indirecto con base en elementos estructurales nuevos, conforme la arquitectura lo permita. El objetivo de esta intervención es disminuir las tensiones y deformaciones ante las mismas cargas, dando soporte a los elementos iniciales. En este caso se obtiene mediante la inserción de columnas.

**Ventajas:**

Es un recurso muy efectivo, acorta luces y reduce esfuerzos

**Desventajas:**

Genera cargas puntuales, además del peso del propio elemento. También resulta una intervención muy invasiva respecto al espacio que ocupa el nuevo elemento.

**Materiales:**

Columna (Hormigón, metálica, etc.)

**Equipos y Herramientas:**

Puntales telescópicos, Andamios

Equipo de excavación

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste / Disco de corte / Cincel y martillo

Equipos para acabado superficial

**Procedimiento:**

1. Preparación y limpieza

En esta situación se debe apuntalar la estructura descargando la viga donde el objetivo es salvar la estructura del colapso. Se escarifica la superficie del hormigón viejo para mejorar la adherencia de los nuevos elementos estructurales. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

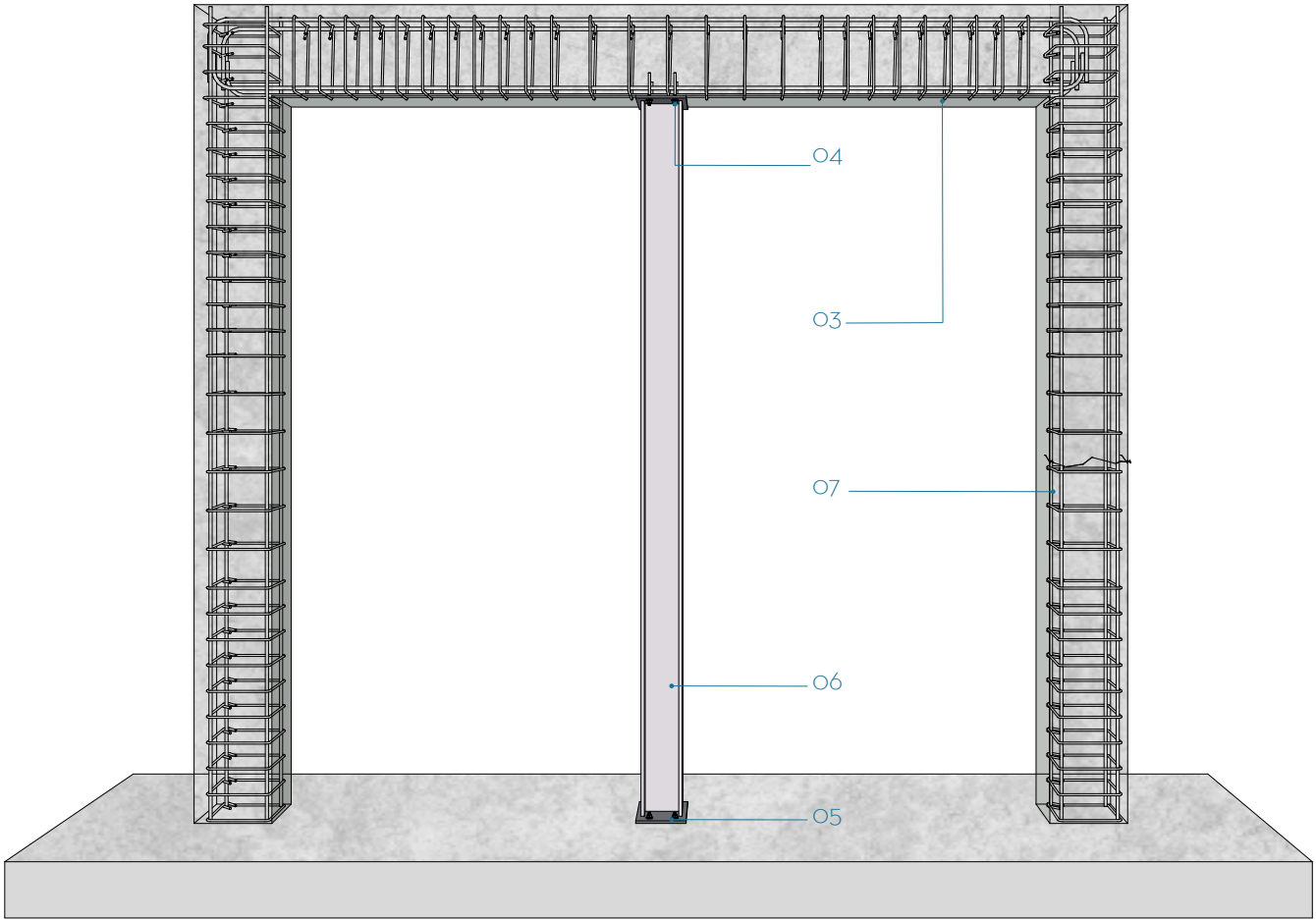
2. Reparación

Procedemos con la construcción de la fundación de

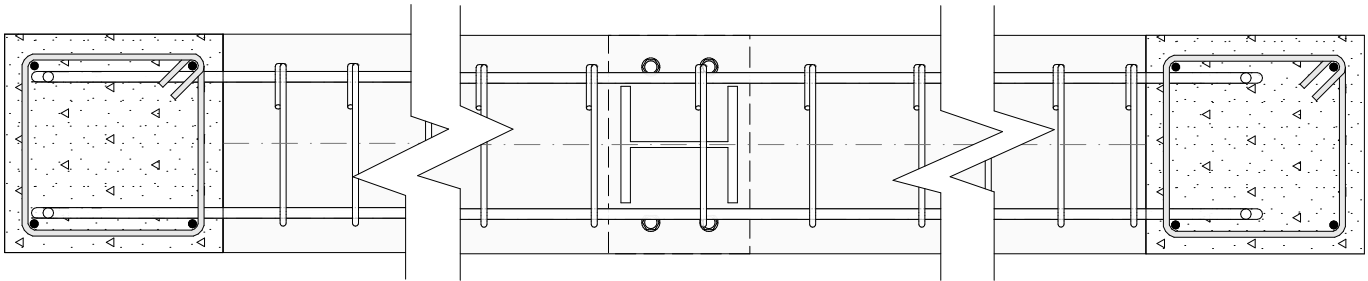
la nueva columna, posterior a esto se procede a la insertar el nuevo elemento acuñándolo contra la viga existente. En plantas superiores se debe macizar las losas para soportar la carga puntual que ocasiona este nuevo elemento.

3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



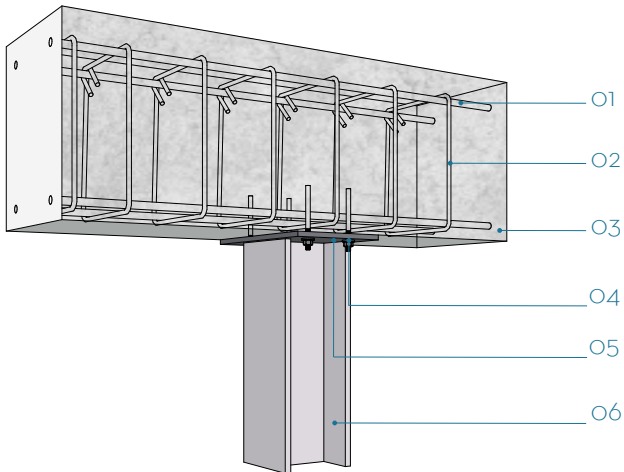
Axonometría



Unión viga-columna  
Esc 1:10

Unión viga - apoyo  
Esc 1:10

Unión viga-columna  
Esc 1:10



Axonometría

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Estribo
- 03. Viga H°A
- 04. Perno de anclaje
- 05. Placa de acero
- 06. Apoyo (perfil laminado)
- 07. Columna H°A

**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## ADICIÓN DE ELEMENTOS (COLUMNA EN APOYOS)

---

### Descripción:

Este es un refuerzo indirecto con base a elementos estructurales nuevos, conforme la arquitectura lo permita. El objetivo de esta intervención es disminuir las tensiones y deformaciones ante las mismas cargas, dando soporte a los elementos iniciales. En este caso se obtiene mediante el adosamiento de columnas en los apoyos de la viga, aumentando el área de sostén.

### Ventajas:

Es un recurso muy efectivo, reduce esfuerzos

### Desventajas:

Resulta una intervención muy invasiva respecto al espacio que ocupa el nuevo elemento.

### Materiales:

Columna (Hormigón, metálica, etc.)

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios

Equipo de excavación

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste / Disco de corte / Cincel y martillo

Equipos para acabado superficial

### Procedimiento:

1. Preparación y limpieza

En esta situación se debe apuntalar la estructura descargando la viga donde el objetivo es salvar la estructura del colapso. Se escarifica la superficie del hormigón viejo para mejorar la adherencia de los nuevos elementos estructurales. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

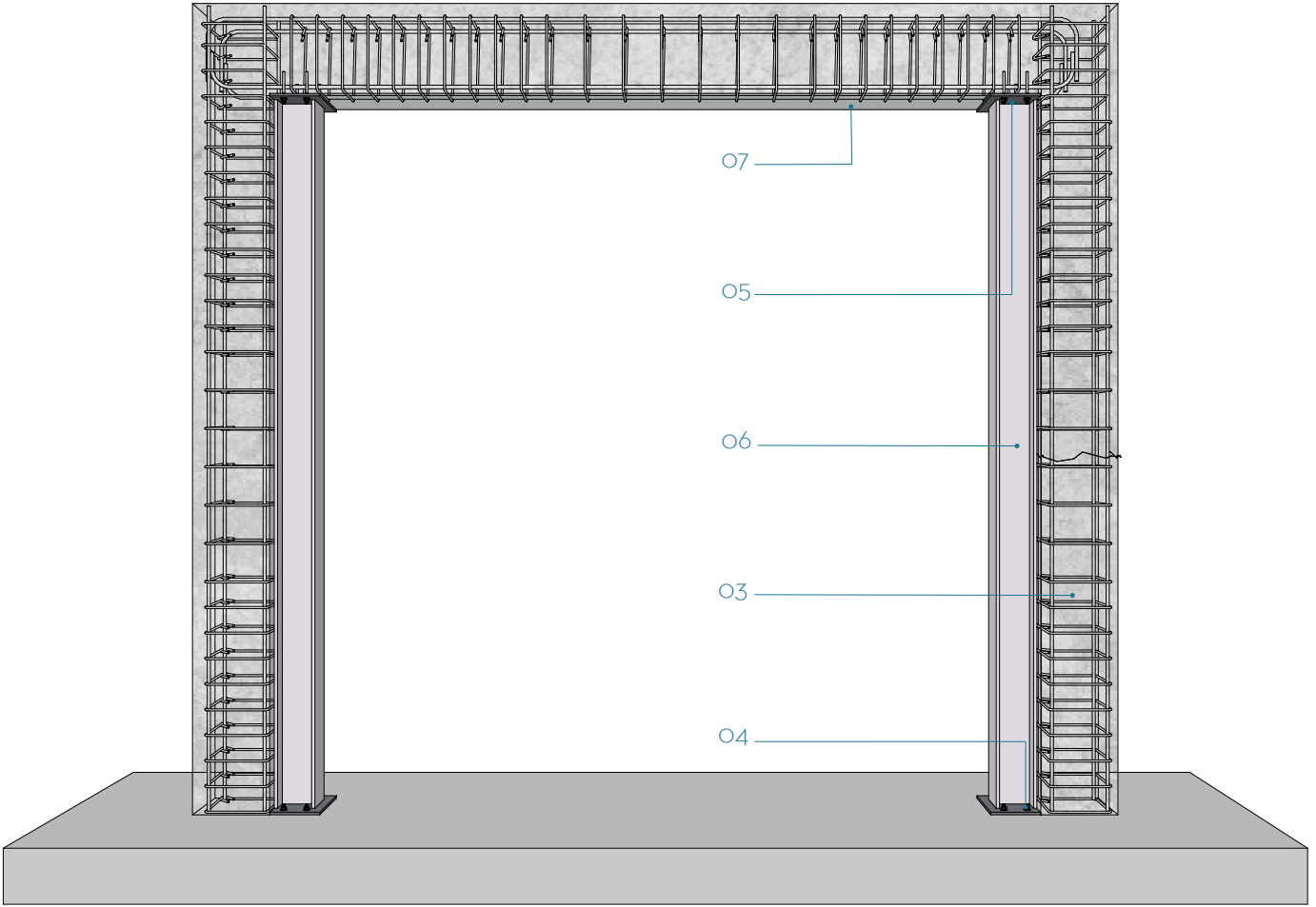
2. Reparación

Procedemos con la construcción de la fundación de la nueva columna, posterior a esto se procede a insertar el nuevo elemento acuniándolo contra la viga y columna existentes. En plantas superiores se debe macizar las

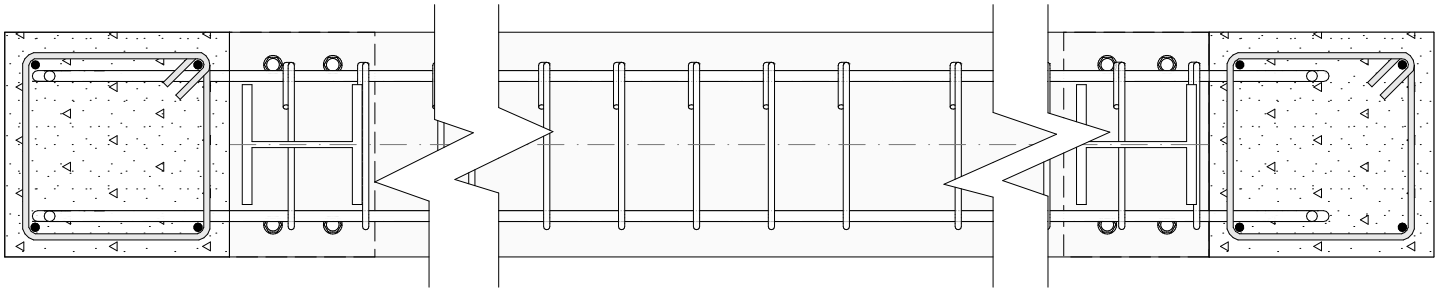
losas para soportar la carga puntual que ocasiona este nuevo elemento.

3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



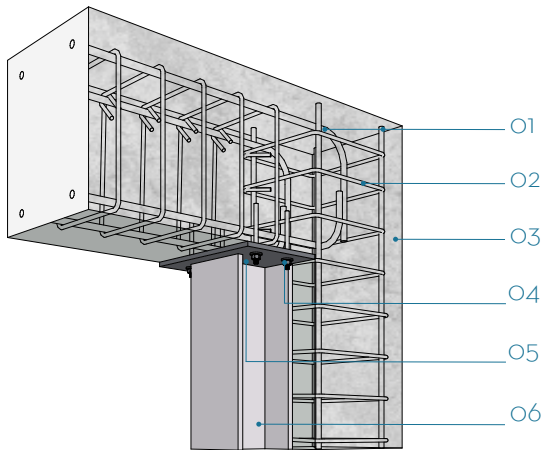
Axonometría



Unión viga-columna-apoyo  
Esc 1:10

Planta viga  
Esc 1:10

Unión viga-columna-apoyo  
Esc 1:10



Axonometría

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Estribo
- 03. Columna H°A
- 04. Perno de anclaje
- 05. Placa de acero
- 06. Apoyo (perfil laminado)
- 07. Viga H°A

**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## ADICIÓN DE ELEMENTOS (VIGA)

---

### Descripción:

Este es un refuerzo indirecto con base a elementos estructurales nuevos, conforme la arquitectura lo permita. El objetivo de esta intervención es disminuir las tensiones y deformaciones ante las mismas cargas, dando soporte a los elementos iniciales. En este caso se obtiene mediante la inserción de vigas.

### Ventajas:

Es un recurso muy efectivo, reduce esfuerzos

### Desventajas:

Resulta una intervención muy invasiva respecto al espacio que ocupa el nuevo elemento.

### Materiales:

Viga (Hormigón, metálica, etc.)

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios

Equipo de excavación

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste / Disco de corte / Cincel y martillo

Equipos para acabado superficial

### Procedimiento:

1. Preparación y limpieza

En esta situación se debe apuntalar la estructura descargando la viga donde el objetivo es salvar la estructura del colapso. Se escarifica la superficie del hormigón viejo para mejorar la adherencia de los nuevos elementos estructurales. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

2. Reparación

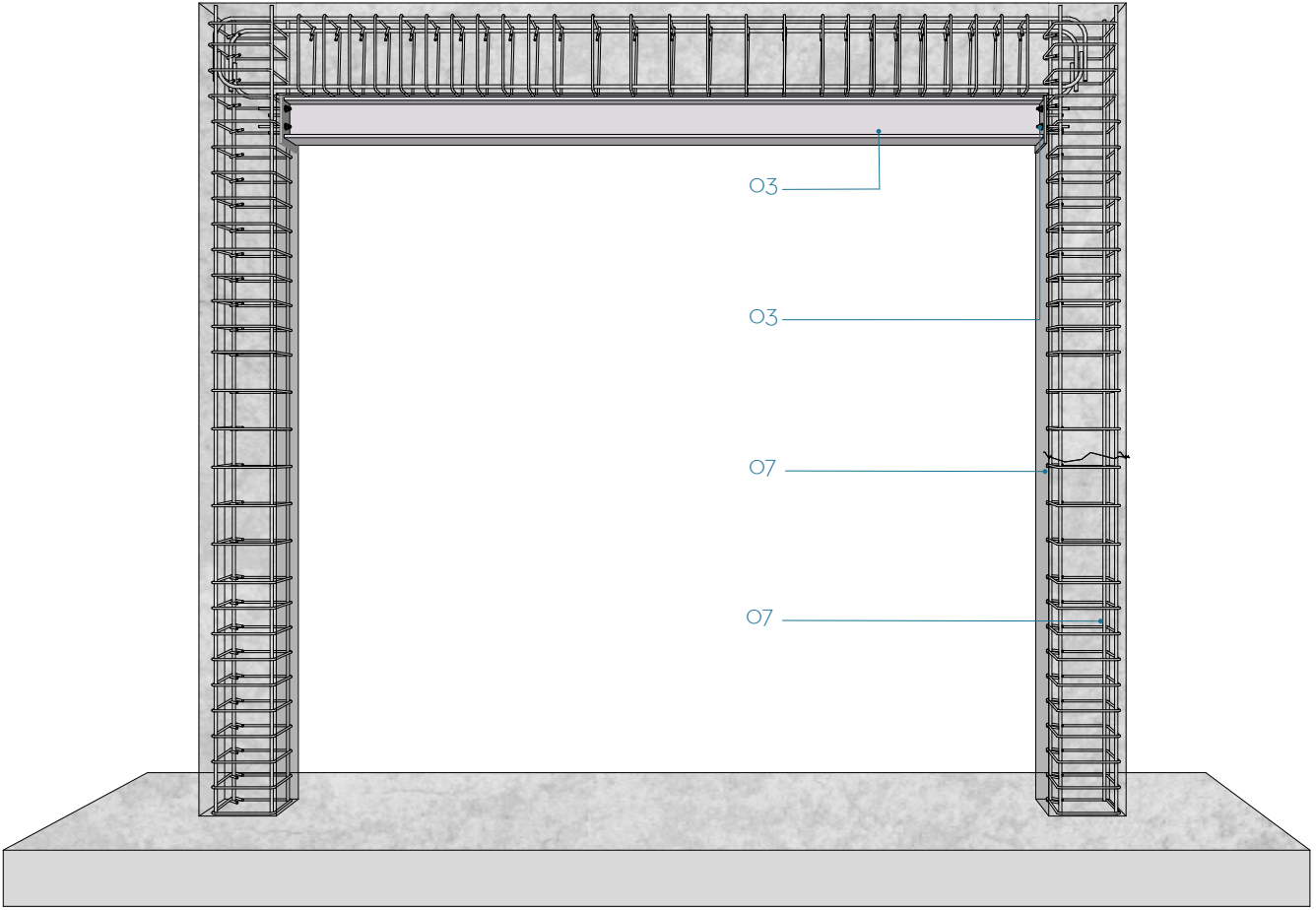
Procedemos con la inserción de la nueva viga controlando su horizontalidad en la colocación, esta se empotra en las columnas que sostienen al elemento horizontal inicial, se mejora su adherencia con adhesivos estructurales o anclajes mecánicos en

las superficies de adosamiento con la viga y columnas iniciales.

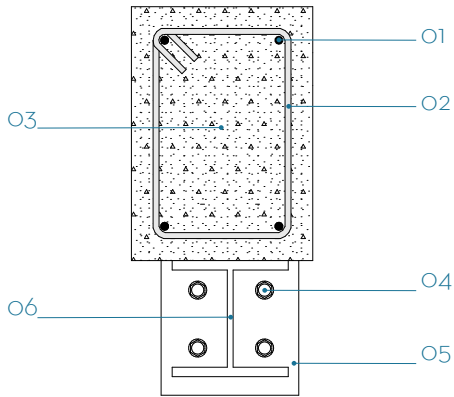
3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.

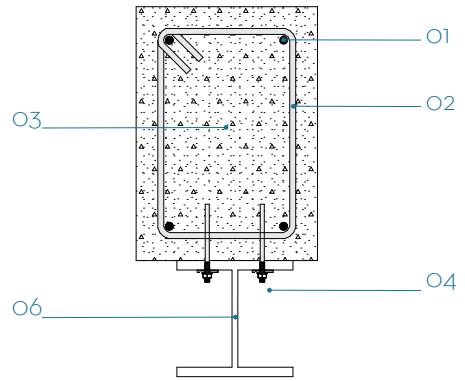




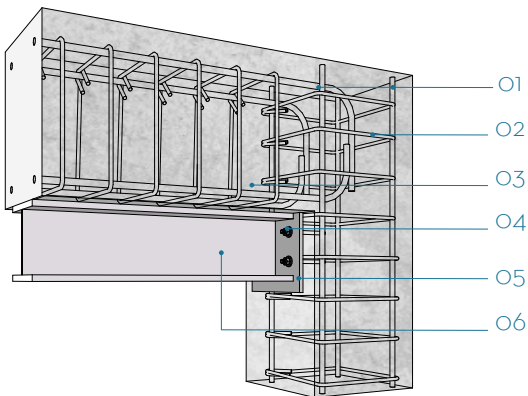
Axonometría



Unión viga-columna-apoyo  
Esc 1:10



Unión viga-columna-apoyo  
Esc 1:10



Axonometría

LEYENDA

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Estribo
- 03. Viga H°A
- 04. Perno de anclaje
- 05. Placa de acero
- 06. Apoyo (perfil laminado)
- 07. Columna H°A

**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

---

## ADICIÓN DE ELEMENTOS (PÓRTICO)

---

### Descripción:

Este es un refuerzo indirecto con base a elementos estructurales nuevos, conforme la arquitectura lo permita. El objetivo de esta intervención es disminuir las tensiones y deformaciones ante las mismas cargas, dando soporte a los elementos iniciales. En este caso se obtiene mediante la inserción de un pórtico.

### Ventajas:

Es un recurso muy efectivo, reduce esfuerzos

### Desventajas:

Resulta una intervención muy invasiva respecto al espacio que ocupa el nuevo elemento.

### Materiales:

Viga (Hormigón, metálica, etc.)

Columna (Hormigón, metálica, etc.)

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios

Equipo de excavación

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste / Disco de corte / Cincel y martillo

Equipos para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

En esta situación se debe apuntalar la estructura descargando la viga donde el objetivo es salvar la estructura del colapso. Se escarifica la superficie del hormigón viejo para mejorar la adherencia de los nuevos elementos estructurales. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

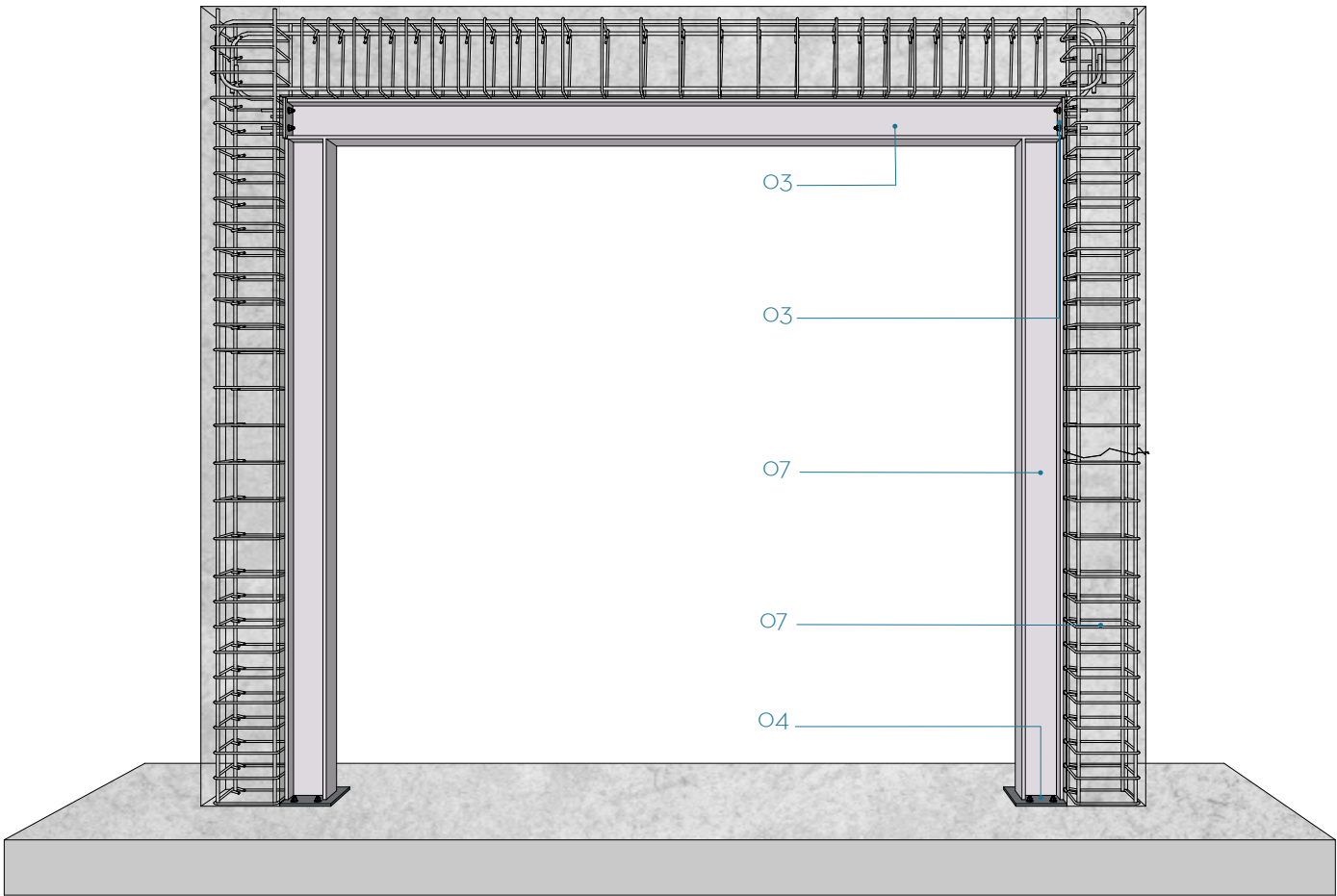
#### 2. Reparación

Procedemos con la inserción del nuevo pórtico ocupando todo el vano, adosándose a la columna y viga por reforzar controlando su horizontalidad y verticalidad en la colocación, esta se empotra en las

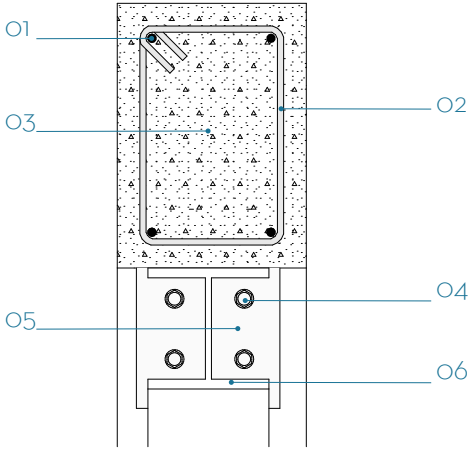
columnas que sostienen al elemento horizontal inicial, se mejora su adherencia con adhesivos estructurales o anclajes mecánicos en las superficies de adosamiento con la viga y columnas iniciales.

#### 3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.

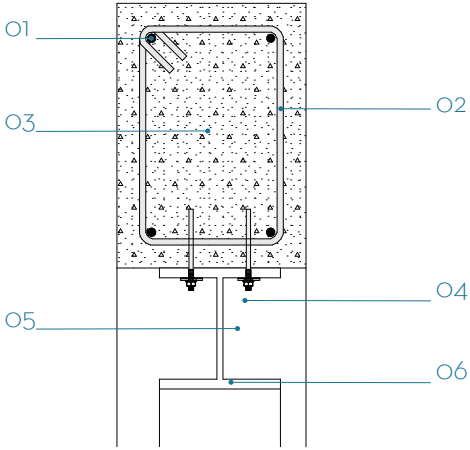


Axonometría



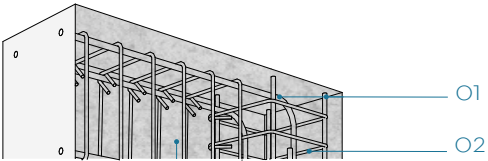
Unión viga-columna-pórtico

Esc 1:10



Unión viga-columna-pórtico

Esc 1:10



LEYENDA

O1 Refuerzo longitudinal O2 Placa de apoyo

**Elemento:** Viga

**Lesión:** Deformaciones

**Causa:** Carga y sobrecarga, Movimiento, Impacto

**Intervención:** Reforzamiento

**Propuesta de actuación:**

## ADICIÓN DE ELEMENTOS (MURO)

### Descripción:

Este es un refuerzo indirecto con base a elementos estructurales nuevos, conforme la arquitectura lo permita. El objetivo de esta intervención es disminuir las tensiones y deformaciones ante las mismas cargas, dando soporte a los elementos iniciales. En este caso se obtiene mediante la inserción de un muro portante.

### Ventajas:

Es un recurso muy efectivo, reduce esfuerzos y ayuda a los soportes a transmitir las cargas directamente al suelo.

Mejora la resistencia lateral y la capacidad de deformación o ductilidad, así mismo la estructura soporta mayores empujes.

### Desventajas:

Resulta una intervención muy invasiva con respecto al espacio que ocupa el nuevo elemento.

### Materiales:

Muro de Hormigón

Adhesivo estructural

### Equipos y Herramientas:

Puntales telescópicos, Andamios

Equipo de excavación

Chorro de arena, granalla o agua / Disco de desbaste / Disco de corte / Cincel y martillo

Equipos para acabado superficial

### Procedimiento:

#### 1. Preparación y limpieza

En esta situación se debe apuntalar la estructura descargando la viga donde el objetivo es salvar la estructura del colapso. Se escarifica la superficie del hormigón viejo para mejorar la adherencia de los nuevos elementos estructurales. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, se realiza con agua a presión, arenado u otro abrasivo.

#### 2. Reparación

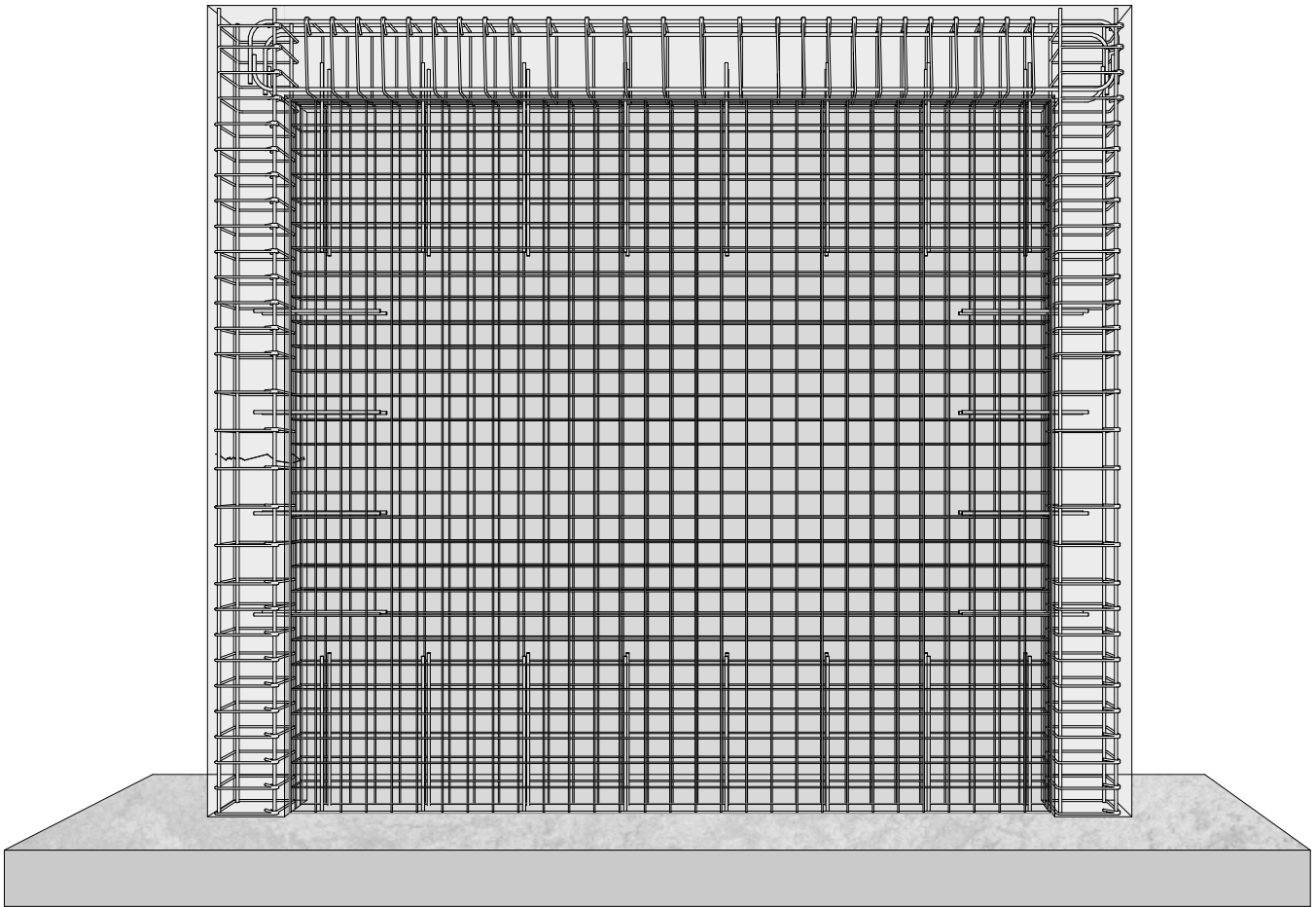
El encofrado estará perfectamente limpio y tratado con desencofrante para garantizar su puesta en obra y el correcto acabado del muro. Se coloca las varillas de refuerzo y se atan entre si con el fin de impedir el desplazamiento de las mismas durante la etapa de hormigonado rigidizando en su totalidad la armadura, también se debe controlar la separación entre barras y entre armazón y molde mediante rigidizadores para lograr los recubrimientos de protección previstos. Para finalizar esta etapa de la intervención se cierra la cara abierta del encofrado y se apuntalan ambas caras del muro por hacer, junto con un perfecto aplome con margen de tolerancia de +/- 2 cm, quedando así firme y rígido.

La colocación del material se lleva a cabo en capas continuas, evitando movimientos en encofrados y armaduras, acción que podría dar origen a formación de diversos fenómenos que se producen en la etapa de ejecución. Una vez vertido el material se procede con la vibración, donde la realización más recomendada es proceder con vibradores de aguja.

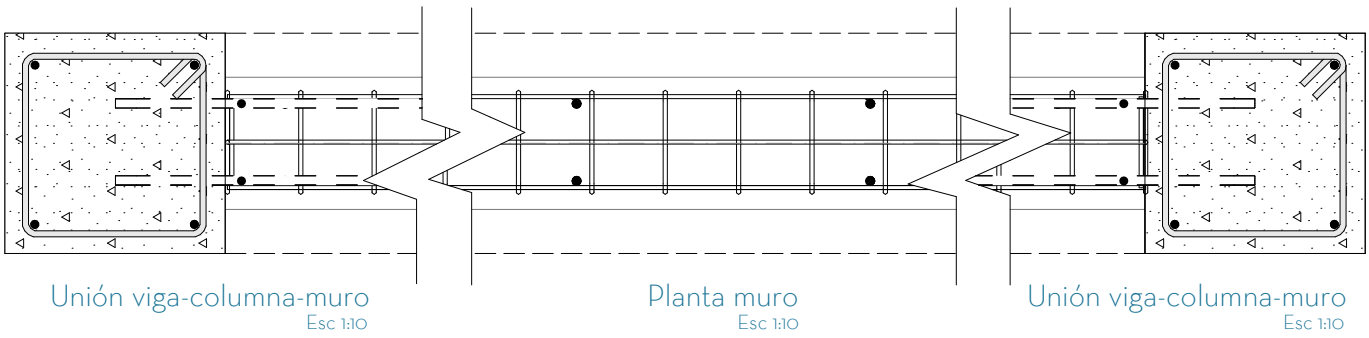
Después de hormigonar el tiempo mínimo de espera para determinar el estado del hormigón es de 24 horas, acción subsiguiente será el apartar el encofrado del muro de hormigón permitiendo la libre dilatación y retracción del material. Se debe curar el hormigón hasta los 7 días después de la aplicación o emplear membranas de curado. Es importante también proteger de la irradiación solar durante los dos primeros días de insertado el elemento. Así mismo retirar los puntales solamente después de los 7 días de actuación.

#### 3. Protección

La superficie reparada debe estar libre de humedad, partículas sueltas, polvo, aceite, cera y otras suciedades o productos químicos que pudieran afectar la adherencia de la barrera protectora. Los sistemas de defensa pueden ser revestimientos o imprimaciones colocados manual o mecánicamente de acuerdo con los requerimientos del producto.



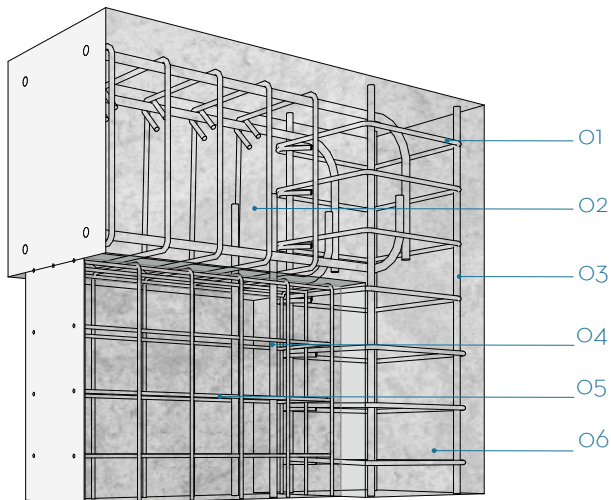
Axonometría



Unión viga-columna-muro  
Esc 1:10

Planta muro  
Esc 1:10

Unión viga-columna-muro  
Esc 1:10



Axonometría

LEYENDA

- 01. Estribo
- 02. Viga H°A
- 03. Refuerzo longitudinal
- 04. Varilla de anclaje
- 05. Malla eléctrosoldada
- 06. Columna H°A



## CONCLUSIONES

Este trabajo constituye una guía para empezar a trabajar en nuestro medio en el ámbito de la recuperación de elementos estructurales, en primera instancia estableciendo un proceso generalizado de las etapas a cumplir y dotando de la información base para incurrir en los aspectos de reparación y reforzamiento, así mismo determinando puntos clave que no pueden ser obviados y finalmente proporcionando material instructivo en las técnicas que nos permiten devolver la integridad a los elementos estructurales columna y viga de hormigón armado. Además, con el propósito de conseguir la mejor interpretación de los profesionales en el medio constructivo hemos logrado satisfactoriamente con la ayuda de un programa generador de modelos 3D interactivos (Cl3ver 3.3.) conseguir un manual digital que proporciona toda la información contenida en el producto físico y se adapta apropiadamente a los dispositivos tecnológicos actuales facilitando la accesibilidad a la información recopilada para los interesados.

La implementación de técnicas de reparación y reforzamiento en elementos estructurales de hormigón armado deteriorados por agentes mecánicos son beneficiosas, evitando el dejar fuera de servicio y posterior demolición del edificio. La intervención logra resultados factibles rápidos y económicos.

Las condiciones de las actuaciones de recuperación solo tienen efecto si en primer lugar se eliminan los orígenes de las lesiones y posteriormente los síntomas de las mismas, caso contrario la intervención fracasará habiendo empleado en vano estos recursos, ya que los daños volverán aparecer al poco tiempo o en otros casos podrían agravar la situación del elemento. Por este motivo los estudios exhaustivos de las condiciones actuales se verán reflejados directamente en la calidad del refuerzo.

Los nuevos componentes incorporados en la estructura ayudan a soportar los esfuerzos, mejorando principalmente las características de resistencia, rigidez o ductilidad según sea el caso requerido. No hay que dejar de lado que el éxito de estas acciones depende del hecho de que el material empleado entre en trabajo junto con los elementos base, siendo importante tomar en cuenta las condiciones de adherencia entre materiales para la correcta transmisión de esfuerzos.

No se puede especificar con exactitud un método para cada reparación o reforzamiento ya que las condiciones que presente cada estructura son únicas, pero en este manual se plantean variadas alternativas, dotando de la información necesaria al diseñador para tomar decisiones en la elaboración del proyecto de actuación. Teniendo en cuenta, además que una solución integral comprende el combinar varias técnicas las cuales deben estar al alcance del propietario y que puedan ser proporcionadas por la localidad. No está de más mencionar, que se pueden adoptar otras medidas como cambios de uso del edificio para reducir las solicitaciones de las partes que lo constituyen.

Existen situaciones donde la reparación del edificio no corresponde a intervenciones independientes, sino que se debe considerar a toda la estructura unificada, estos casos no están comprendidos en este documento, ya que únicamente se centra en las piezas específicas (columna y viga). Estas operaciones requieren de operaciones de mayor magnitud, empleando procesos más elaborados y tecnificados.

Hay que tomar conciencia y empezar a emplear correctamente estas medidas de rehabilitación, ya que en muchos casos las intervenciones solo llegan al punto de cumplir con las condiciones estéticas, dejando a los elementos insatisfechos en el alcance de los rangos de funcionalidad y seguridad requeridos. Se evidencia claramente que el riesgo que representa una obra civil incompetente puede tener consecuencias devastadoras como la pérdida de vidas humanas, es así como la búsqueda del conocimiento de reparación y refuerzo debe llevarse más a fondo para preservar la seguridad del edificio y de los usuarios que lo habitan.

## RECOMENDACIONES:

Como primer punto queremos mencionar que la información compilada es escasa y desactualizada, el tema de rehabilitación y reforzamiento ha quedado en el abandono, además está decir que en nuestro país es casi nula la indagación en el tema. Es un área importante que requiere estar en constante estudio por las solicitudes que se presenta en nuestra actualidad en cuanto a la optimización de los recursos. Una exploración más profunda contemplaría llegar a determinar condiciones más técnicas en estas intervenciones, incluso alcanzando el punto de lograr una normativa que garantice la calidad del proyecto de actuación.

La rehabilitación y refuerzo de estructuras contempla un amplio campo de acción, para determinar el área de nuestro estudio nos centramos en elegir en primera instancia un material, posterior a esto seleccionamos un par de elementos de la estructura y una sola línea de investigación respecto a las causas que originan el deterioro. Quedando sin explorar el conocimiento de estos mismos elementos de hormigón armado (columna, viga) en daños físicos, químicos o biológicos, así mismo de otros componentes de la edificación (losas, mamposterías, cimientos, uniones, etc.) que no han sido tomados en cuenta en este documento o toda la estructura como elemento unificado, también sin abarcar el entendimiento de recuperación con otros materiales influyentes en la localidad. Por esta razón recomendamos para futuras búsquedas tomar como referencia la estructura de nuestro proyecto de titulación donde la información recopilada se abarque en el mismo esquema el cual consideramos practico, entendible y didáctico para los lectores, aspirando a abarcar todas las demás áreas en un solo escrito.

Otro punto importante que ha quedado sin analizar es el estudio dirigido al levantamiento de información patológica en nuestro país, por regiones y localidades, dejando en especulaciones sobre cuáles son las causas y los efectos más significativos en nuestro medio. Este estudio derivaría en examinar los diversos test de evaluación de la estructura, los mismos que hemos abordado de manera superficial, pero que no dejan de tener una importancia relevante y un campo amplio de investigación.

En cuanto al tema de técnicas no existe una agregación de métodos desarrollados recientemente, fuera de la incorporación de fibras de carbono en resinas de base epoxi para la creación de placas o laminados. Siendo importante el desarrollo de nuevas vías de intervención con sus respectivos ensayos en laboratorio dotando de datos que contemplen los beneficios que este representaría en cuanto a resistencia, rigidez o ductilidad.

La facilitación de toda esta información a nuestro medio enriquecería sumamente el conocimiento constructivo de quienes ponen en práctica este tipo de acciones ya que es notable la falta de una correcta ejecución de estos procesos constructivos.



# ANEXOS

## TÉRMINOS Y DEFINICIONES

A continuación, se presentan varios términos relacionados con el tema de titulación. Con el fin de mejorar el entendimiento del lector, se han dividido las expresiones en tres secciones, la primera corresponde a las definiciones referentes a las estructuras de hormigón armado, la segunda a esclarecimientos sobre el deterioro de estas construcciones y por último vocablos vinculados con la rehabilitación de la obra.

### Estructuras de hormigón armado

#### Estructura:

Se entiende como estructura al conjunto de elementos enlazados entre sí para resistir cargas de cualquier tipo. Estas incluyen a las estructuras de edificaciones y se clasifican en otras muchas distintas a las de edificación. (NEC, 2014)

#### Hormigón:

Corresponde a la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua. Además, puede o no incluir aditivos. (ACI 318-14)

#### Hormigón armado:

Hormigón en el que se introducen barras de acero durante su fabricación, para dotarlo de mayor resistencia a la tracción y obtener un material mixto que combina favorablemente las particularidades de sus componentes. (Navarro & Pino, 2011)

El hormigón armado es posiblemente el material para construcción más importante en nuestro medio, el gran éxito de este material de obra puede entenderse fácilmente si se consideran sus numerosas ventajas.

#### Columna:

Es un componente de la estructura con una relación entre altura y menor dimensión lateral mayor que 3. Habitualmente se utiliza como una pieza vertical que soporta cargas axiales en conjunto con esfuerzos de flexión y esfuerzos cortantes. Sin embargo, también puede formar una pequeña parte del cerramiento de un espacio o de una separación. (ACI 318-14)

#### Viga:

Miembro horizontal sometido principalmente a flexión y cortante, con o sin fuerza axial o torsión. Las vigas en

pórticos resistentes a momentos que forman parte del sistema resistente ante fuerzas laterales. (ACI 318-14)

#### Cargas:

Fuerzas exteriores activas, concentradas o distribuidas por unidad de longitud, superficie o volumen. Las cargas que actúan sobre las estructuras pueden clasificarse en tres grupos: muertas, vivas y ambientales.

#### Carga muerta:

Están compuestas por los pesos de todos los componentes que se encuentran en permanencia sobre la estructura. Elementos tales como: pisos, paredes, recubrimientos, infraestructuras, máquinas y todo artefacto integrado. (NEC, 2014)

#### Carga viva:

También llamada sobrecarga de uso, se usa en el cálculo dependiendo de la ocupación de la edificación. Están conformadas por los pesos de personas, mobiliario, equipamiento, accesorios móviles o temporales, entre otros objetos. (NEC, 2014)

#### Cargas Ambientales:

Las cargas ambientales abarcan los esfuerzos provocados por la nieve, lluvia, presión y succión de viento, sismos, ceniza, presiones de suelo, cambios de temperatura, etc. De la misma manera que las cargas vivas, las cargas ambientales son aleatorias tanto en su distribución como en su magnitud.

#### Esfuerzo:

Fuerza por unidad de área (ACI 318-14). Las cargas que sobrellevan las estructuras ocasionan esfuerzos internos (tensiones), que tienden a deformar y/o romper los componentes de la misma. A estas fuerzas deformantes se las han denominado esfuerzos. Dependiendo de la carga sobrepuesta a la estructura, ésta puede caer en cinco tipos de esfuerzos diferentes: Compresión, Tracción, Flexión, Torsión, Corte.

#### Momento:

El momento de una fuerza es una magnitud vectorial cuyo valor indica la tendencia de rotación que provoca una fuerza aplicada sobre un cuerpo, respecto a un punto denominado centro de rotación.

#### Esfuerzo axial:

Una pieza está sometida a tracción o compresión simple cuando sobre sus secciones actúan únicamente esfuerzos axiales, es decir, fuerzas normales a las

secciones y aplicadas en sus correspondientes centros de gravedad. Consideramos positivos los axiales a tracción y negativos los de compresión

#### **Momento flector:**

Una pieza está sometida a flexión cuando sus secciones están solicitadas únicamente por un momento flector (M). Los esfuerzos axiales (N), cortantes (TR) y momento torsor (Mt) son nulos en todas las secciones de la pieza. Por su parte una pieza está sometida a flexión simple cuando sus secciones están sometidas a momento flector variable y, en consecuencia, viene acompañado de esfuerzo a cortante. Por el contrario, se dice que una sección está sometida a flexión compuesta cuando sobre ella actúa un momento flector y un esfuerzo axial. Por último, si actúan a la vez momentos flectores y momento torsor, se dice que la sección está sometida a flexo - torsión.

#### **Esfuerzo cortante:**

La pieza estructural está sometida a cortadura cuando sobre esta actúa un esfuerzo cortante, es decir, fuerzas paralelas al plano de la sección. Dado que la existencia de esfuerzo cortante implica la presencia de un momento flector variable, una porción diferencial de una pieza sometida a cortadura está también sometida a flexión.

#### **Momento torsor:**

Una pieza prismática está sometida a torsión simple cuando sobre sus secciones se ejerce únicamente un momento resultante que posee componentes sólo según el eje x de la pieza, es decir, un momento torsor, (Mt). En el caso particular de que el momento torsor actuante sea constante a lo largo de la pieza, se dice que el estado es de torsión pura.

## **Deterioro de estructuras**

#### **Patología:**

Relacionada con la construcción puede ser entendida como la fracción de la ingeniería que examina los síntomas, los mecanismos, las causas y los orígenes de las imperfecciones de las obras civiles, es decir, es el estudio de las partes que integran el diagnóstico del problema.

#### **Lesión:**

Son cada una de las exposiciones observables de un problema constructivo. Se trata de un síntoma o un efecto final del proceso patológico en cuestión.

#### **Causa:**

Es el agente, activo o pasivo, que actúa como origen del proceso patológico y que desemboca en una variedad de lesiones. En ocasiones, puede darse el caso que varias causas actúen colectivamente para originar una misma lesión. Con el diagnóstico, procuramos comprender las causas de la afección, su origen.

#### **Sintomatología:**

Conjunto de anomalías que puede dar a lugar en una estructura y pueden ser indicadores de un fallo a futuro, que afectara tanto su seguridad y funcionalidad como su durabilidad. (Montejo, 2013)

#### **Agresiones:**

Son una clase de sollicitaciones asociadas a la cualidad de durabilidad de una estructura. Son cualquier agente externo e interno que induzca efectos perjudiciales para una estructura, pero que no son posibles de expresarlos en términos de fuerzas y desplazamientos por lo que no se introducen en los cálculos de la mecánica estructural. (Treviño, 1998)

#### **Degradación:**

Cambios a lo largo del tiempo en la composición, microestructura y propiedades de un componente o material que reduce su rendimiento. (Ortega, 2012)

#### **Agentes degradantes:**

Cualquier cosa que afecte negativamente al comportamiento del edificio o alguna de sus partes. (Ortega, 2012)

#### **Mecanismos de degradación:**

Procesos, químicos, mecánicos o físicos que conducen a cambios adversos en una propiedad fundamental de un componente. (Ortega, 2012)

#### **Deterioro:**

Se denomina deterioro a cualquier cambio adverso de los mecanismos normales, de las propiedades físicas, químicas o ambas en la superficie o en el interior del elemento comúnmente a través del alejamiento de sus unidades.

#### **Defectos:**

Menoscabo que padecen los rasgos de una estructura por errores incurridos en las etapas de diseño (congénito) o en la etapa de ejecución (adquirido) aún y cuando se descubra posteriormente a la recepción de la obra por parte del propietario. (Treviño, 1998)

**Fallo:**

Perdida de la capacidad de un edificio o sus partes de llevar a cabo una función específica. (Ortega, 2012)

**Daños:**

Comprende todas las lesiones externas e internas que sufre una estructura, afecciones ocasionadas generalmente por sollicitaciones de máxima intensidad o por situaciones extraordinarias. (Treviño, 1998)

**Colapso:**

Ruina repentina de una obra.

## Recuperación de estructuras

**Seguridad:**

No se alcanza el final de vida útil de un elemento mientras la integridad del edificio se mantiene en el nivel estándar de seguridad. (Ortega, 2012)

**Función:**

Actividad particular que realiza una persona o una cosa dentro de un sistema de elementos, personas, relaciones, etc., con un fin determinado.

No se alcanza el final de vida útil de un elemento mientras la función se cumple. (Ortega, 2012)

**Aspecto:**

Manera en que una persona o una cosa se aparece o se presenta a la vista o al entendimiento.

No se alcanza el final de la vida útil de un elemento mientras el aspecto sea el previsto. (Ortega, 2012)

**Durabilidad:**

Capacidad de los edificios o alguna de sus partes para desenvolver el papel para el cual fueron diseñados durante un periodo específico bajo la influencia de determinados agentes. La durabilidad no es un atributo inherente de un material o componente. (Ortega, 2012)

**Vida útil:**

Se define como el lapso desde que se culmina la ejecución de un edificio hasta que éste o alguna de sus partes deja de ser apto para el uso al que está destinado. (Ortega, 2012)

**Vida útil estimada:**

Vida útil que se espera de un edificio o alguna de sus

partes en determinadas condiciones de uso, se calcula modificando la vida útil referencial en términos de materiales, proyecto, condiciones ambientales, uso y mantenimiento. (Ortega, 2012)

**Vida útil residual:**

Lo que a un edificio o alguna de sus partes le queda de vida útil en un determinado momento. (Ortega, 2012)

**Envejecimiento:**

Degradación debido a la influencia de agentes que afectan a su comportamiento durante un largo periodo de tiempo. (Ortega, 2012)

**Ensayos de envejecimiento:**

Combinación de diferentes condiciones de exposición y evaluación del rendimiento del componente evaluado para hallar los cambios que se ocasionan en las propiedades críticas con la intensión de la predicción de la vida útil. (Ortega, 2012)

**Inspección:**

Proceso por el cual se detectan, registran y documentan posibles anomalías, defectos, deterioros o daños presentes en estructuras existentes. Comprende todas las labores indispensables para determinar el estado o condiciones de la estructura a la fecha de la inspección. (Treviño, 1998)

Evaluación de la conformidad por medio de observación y dictamen, acompañada cuando sea apropiado por medición, ensayo/prueba o comparación con patrones.

**Diagnóstico:**

Se fundamenta en el estudio del estado actual de la estructura con información adquirida previa inspección. En general, comprende la evaluación de la capacidad residual, así como los requisitos de intervención y su urgencia. En caso de hallarse daños, se tiene que disponer de la naturaleza, alcance, y causa más probable de los mismos. (Rio Bueno, 2008)

**Terapia:**

Estudio de la corrección y la solución de los problemas patológicos de las obras civiles, incluso los debidos al envejecimiento natural. (Navarro & Pino, 2011)

**Mantenimiento:**

Trabajo periódico de carácter preventivo y planificado, que se realiza en las construcciones para conservar sus propiedades y capacidades, sin que sus elementos

sean modificados o sustituidos parcial o totalmente. (Navarro & Pino, 2011)

**Restauración:**

Acciones orientadas a devolver a una pieza su apariencia original. (Ortega, 2012)

**Reparación:**

Se entiende por reparación a una operación que hará de un producto inadmisibles uno aceptable para su utilización prevista. Este también implica los actos adoptados para devolverle sus aptitudes, como por ejemplo el mantenimiento. Contrario al reproceso, la reparación puede afectar o sustituir partes de un elemento no conforme.

**Rehabilitación:**

Modificaciones y mejoras de un edificio existente o alguna de sus partes para continuar con unas condiciones aceptables. (Ortega, 2012)

**Refuerzo:**

Se denomina así al acto de elevar la capacidad resistente de la estructura sobre los niveles para los que inicialmente fue diseñada. No implica necesariamente la existencia de daño. (Rio Bueno, 2008)

**Reconstruir:**

Acción de eliminar el hormigón deteriorado y sustituirlo por elementos que retornen el buen funcionamiento de la estructura.

**Sustitución:**

Constituye la demolición y posterior instalación de un elemento o parte de la estructura. Regularmente se ejecuta cuando los daños o las necesidades son prominentes, tanto que hacen difícil la reparación o el refuerzo. (Rio Bueno, 2008)

**Protección:**

Medida destinada a evitar o reducir la aparición de defectos en la estructura.

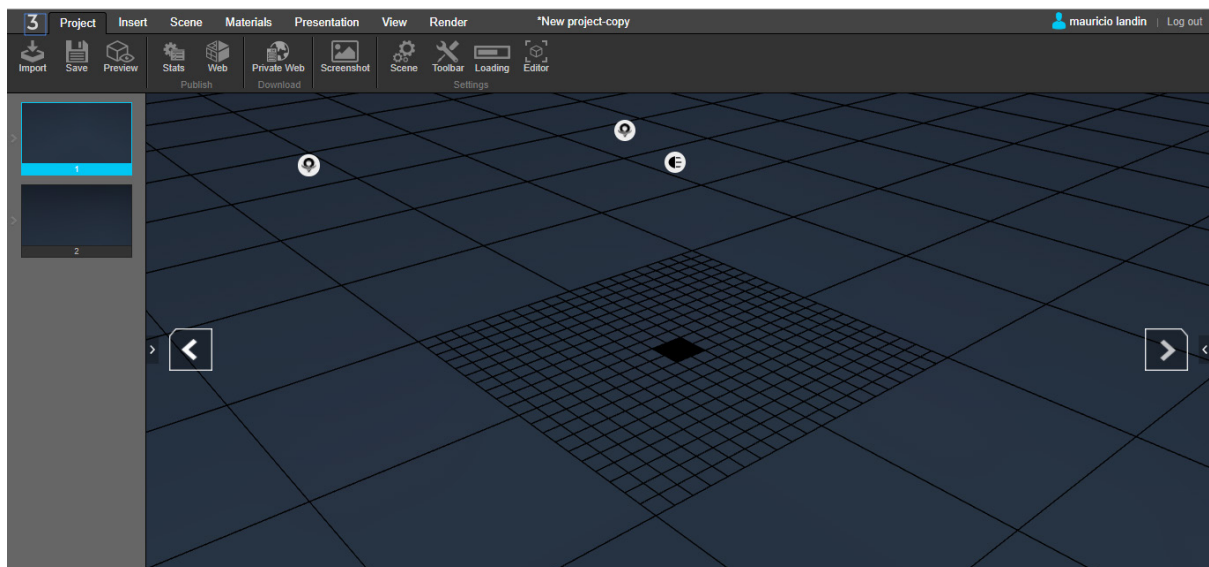
# ANEXOS

## CL3VER 3.3 (2016)

CL3VER es un software de presentación interactiva basado en la nube que simplifica la visualización 3D para las industrias de diseño y AEC, ofreciendo una manera emocionante de explorar proyectos de diseño o productos desde cualquier ángulo y evaluar fácilmente las alternativas.

Perfectamente integrado en su flujo de trabajo diario, CL3VER compara la información de la escena tal como está, incluyendo cámaras, materiales, luces y geometría, convirtiendo los diseños en experiencias inmersivas en 3D que se pueden compartir a través del navegador, fuera de línea y en la realidad virtual.

### PLATAFORMA DE TRABAJO



## MANUAL 3D INTERACTIVO DE TÉCNICAS PARA REHABILITACIÓN Y REFORZAMIENTO EN COLUMNAS Y VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO DETERIORADAS POR AGENTES MECÁNICOS.

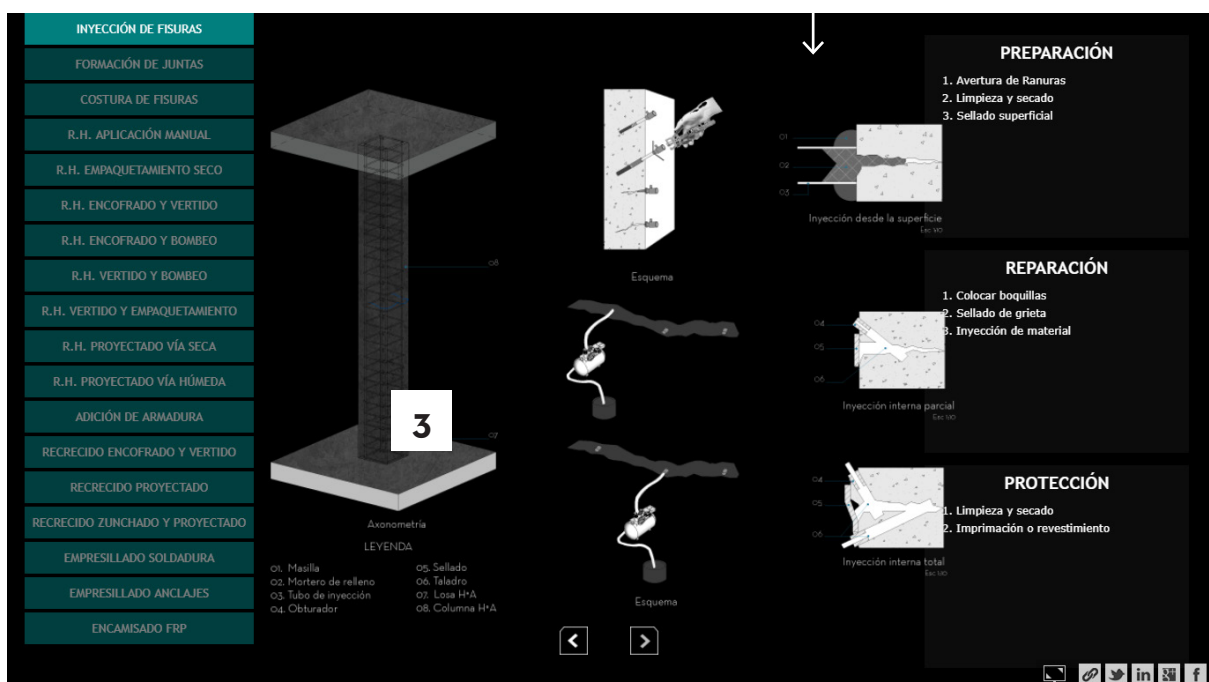
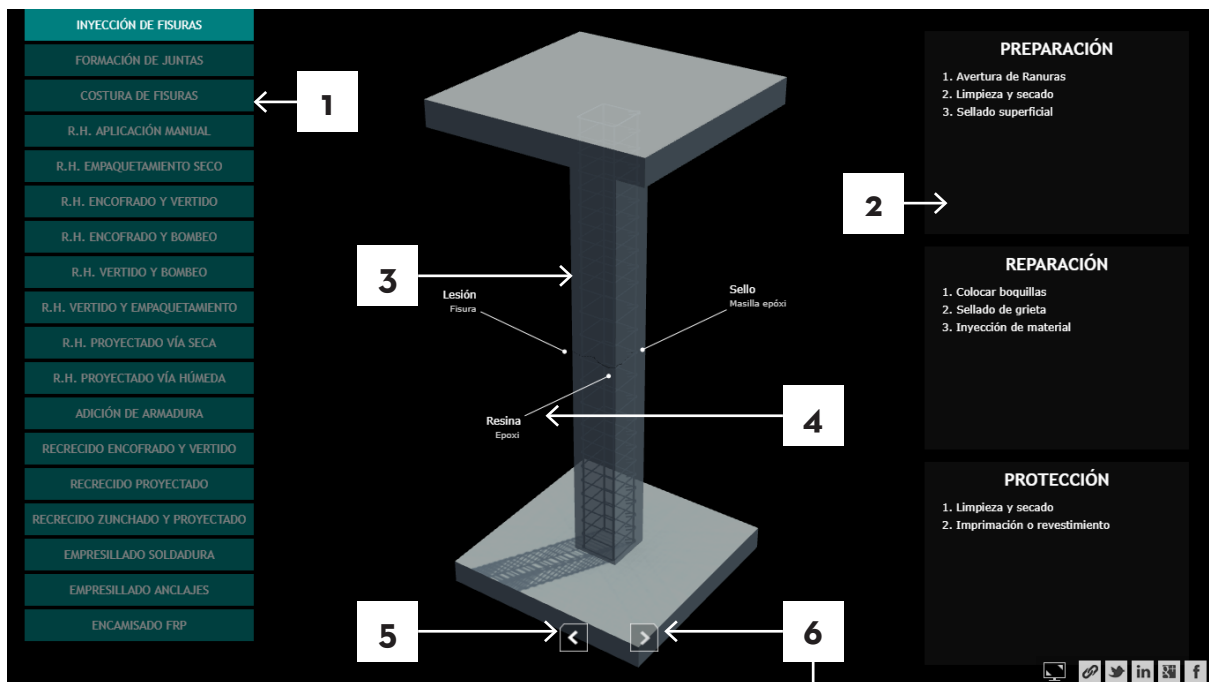
El producto desarrollado cuenta con la visualización del modelo 3d tanto para columnas como para vigas con sus respectivas especificaciones técnicas. En el lado izquierdo se encuentra el menú de técnicas para rehabilitación y reforzamiento desde donde se puede tener acceso a cualquier método enlistado según sean los requerimientos del lector. Por su parte, en el costado derecho de la pantalla se incluye el procedimiento para llevar a cabo la técnica de reparación y reforzamiento en sus tres etapas (preparación, reparación y protección). Finalmente, los botones ubicados en la zona central inferior sirven para moverse del modelado a los detalles 2d que también proporciona este manual, la flecha que indica la derecha hacia los detalles 2d y la flecha que indica hacia la izquierda hacia los objetos tridimensionales. Es una plataforma con una interfaz de fácil manejo

# ANEXOS

## MANUAL 3D INTERACTIVO - CL3VER 3.3 (2016)

1. Menú de técnicas para rehabilitación y reforzamiento
2. Procedimiento de aplicación de la técnica de rehabilitación y reforzamiento
3. Modelado 3d interactivo
4. Especificaciones de los componentes del objeto 3d
5. Botón para retornar a la visualización del modelado 3d
6. Botón para acceder a la visualización de detalles 2d

COLUMNAS:



# ANEXOS

## MANUAL 3D INTERACTIVO - CL3VER 3.3 (2016)

1. Menú de técnicas para rehabilitación y reforzamiento
2. Procedimiento de aplicación de la técnica de rehabilitación y reforzamiento
3. Modelado 3d interactivo
4. Especificaciones de los componentes del objeto 3d
5. Botón para retornar a la visualización del modelado 3d
6. Botón para acceder a la visualización de detalles 2d

VIGAS:

**INYECCIÓN DE FISURAS**

- COSTURA DE FISURAS
- INYECCIÓN DE BARRAS
- R.H. APLICACIÓN MANUAL
- R.H. ENCOFRADO Y VERTIDO
- R.H. ENCOFRADO Y BOMBEO
- R.H. PROYECTADO VÍA SECA
- R.H. PROYECTADO VÍA HÚMEDA
- ADICIÓN DE ARMADURA
- RECRECIDO ENCOFRADO Y VERTIDO
- RECRECIDO PROYECTADO
- EMPRESILLADO SOLDADURA
- EMPRESILLADO ANCLAJES
- ENCAMISADO FRP
- POSTENSADO
- ADICIÓN DE COLUMNA
- ADICIÓN DE COLUMNA EN APOYOS
- ADICIÓN DE VIGA
- ADICIÓN DE PÓRTICO
- ADICIÓN DE MURO

**PREPARACIÓN**

1. Abertura de ranuras
2. Limpieza y secado
3. Sellado superficial

**REPARACIÓN**

1. Colocar boquillas
2. Sellado de grietas
3. Inyección de material

**PROTECCIÓN**

1. Limpieza y secado
2. Imprimación o revestimiento

**INYECCIÓN DE FISURAS**

- COSTURA DE FISURAS
- INYECCIÓN DE BARRAS
- R.H. APLICACIÓN MANUAL
- R.H. ENCOFRADO Y VERTIDO
- R.H. ENCOFRADO Y BOMBEO
- R.H. PROYECTADO VÍA SECA
- R.H. PROYECTADO VÍA HÚMEDA
- ADICIÓN DE ARMADURA
- RECRECIDO ENCOFRADO Y VERTIDO
- RECRECIDO PROYECTADO
- EMPRESILLADO SOLDADURA
- EMPRESILLADO ANCLAJES
- ENCAMISADO FRP
- POSTENSADO
- ADICIÓN DE COLUMNA
- ADICIÓN DE COLUMNA EN APOYOS
- ADICIÓN DE VIGA
- ADICIÓN DE PÓRTICO
- ADICIÓN DE MURO

**PREPARACIÓN**

01. Abertura de ranuras
02. Limpieza y secado
03. Sellado superficial

**REPARACIÓN**

01. Colocar boquillas
02. Sellado de grietas
03. Inyección de material

**PROTECCIÓN**

01. Limpieza y secado
02. Imprimación o revestimiento

**LEYENDA**

- 01. Refuerzo longitudinal
- 02. Sellado
- 03. Estribo
- 04. Taladro
- 05. Masilla
- 06. Mortero de relleno
- 07. Tubo de inyección
- 08. Obturador





# BIBLIOGRAFÍA

## CAPÍTULO 1

- ACI 201.2R-16 (Guide to Durable Concrete), American Concrete Institute, 2016
- ACI 228.2R-13 (Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures), American Concrete Institute, 2013
- ACI 318-14 (Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary), American Concrete Institute, 2014
- ACI 364.1R-07 (Guide for Evaluation of Concrete Structures before Rehabilitation), American Concrete Institute, 2007
- ACI 365.1R-00 (Service-Life Prediction), American Concrete Institute, 2000
- Aguado, A., Díaz, C., Agulló, L., Alegre, V., & Casanovas, X. (2003). Orientación para la selección de la intervención. In P. Helene & F. Pereira, Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón. Sao Paulo.
- Aurrekoetxea Aurrekoetxea, J. (2009). Reparación de pilares con daños parciales localizados(Doctorado). Universidad de Burgos.
- Avendaño, E. (2006). Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial (Universitario). Universidad de Costa Rica.
- Bungey, J., Millard, S., & Grantham, M. (2006). Testing of concrete in structures (4th ed.). London: Taylor & Francis.
- EHE - 08. Instrucción de hormigón estructural, Madrid, España, 2001
- Gallego Silva, M., & Sarria Molina, A. (2010). Rehabilitación de edificaciones de concreto reforzado. In M. Gallego Silva & A. Sarria Molina, El concreto y los terremotos: conceptos, comportamiento, patología y rehabilitación (2nd ed.). Bogota: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, Asocreto.
- Gobierno de España. (2012). Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la red de carreteras del estado. Madrid: Centro de Publicaciones Secretaria General Técnica Ministerio de Fomento.
- Helene, P., & Pereira, F. (2007). Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. Sao Paulo: CARGRAPHICS.
- Hernández-Castañeda, O., & Mendoza-Escobedo, C.J.. (2006). Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. Ingeniería, investigación y tecnología, 7(1), 57-70. Recuperado en 12 de septiembre de 2017, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432006000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432006000100005&lng=es&tlng=es).
- Montejo Fonseca, Alfonso. (2013). Tecnología y patología del concreto armado. Bogotá: CEAC.
- Navarro Campos, N., & Pino Velázquez, A. (2011). Patología, diagnóstico y rehabilitación de edificaciones. Cuenca: GRAFICAS "G.Q."
- NEC - SE - HM (Estructuras de Hormigón Armado). Norma ecuatoriana de la construcción, Quito, Ecuador, diciembre del 2014.
- NEC - SE - RE (Rehabilitación Sísmica de Estructuras). Norma ecuatoriana de la construcción, Quito, Ecuador, diciembre del 2014.
- Ortega Madrigal, L. (2012). Propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma ISO-15686 (Universitario). Universidad Politécnica de Valencia.
- Río Bueno, Alfonso (2008). Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación. E.T.S. Arquitectura (Universidad Politécnica de Madrid), Madrid, España.
- Rodríguez, J. (2003). Restauración y Rehabilitación de Edificios. Madrid: Thomson-Paraninfo.
- Romana, M., & Cortés, J. Metodología de inspección técnica de edificios (Universitario). Universidad Politécnica de Madrid.
- Treviño Treviño, E. (1998). Patología de las estructuras de concreto reforzado (Maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- UNE EN 1504 - 9. Norma Europea, Madrid, España, 2011
- Yepes, V. (2015). Durabilidad y vida útil de las infraestructuras. poliBLOGS. Retrieved from <http://victoryepes.blogs.upv.es/2015/02/22/durabilidad-y-vida-util-de-las-infraestructuras/>
- Yepes, V. (2016). Inspección de puentes: evaluación de daños y su evolución. poliBLOGS. Retrieved from <http://victoryepes.blogs.upv.es/2016/10/25/inspeccion-de-puentes-evaluacion-de-danos-y-su-evolucion/>

# BIBLIOGRAFÍA

## CAPÍTULO 2

- ACI 201.2R-16 (Guide to Durable Concrete), American Concrete Institute, 2016
- ACI 224.1R-07 (Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures), American Concrete Institute, 2007
- ACI 506R-16 (Guide to Shotcrete), American Concrete Institute, 2016
- Aranha, P. M. (1994). Contribución al estudio de las manifestaciones patológicas en estructuras de hormigón armado en la región Amazónica. (Maestría). Universidad Federal de Rio Grande do Sul.
- Avendaño Rodríguez, E. (2006). Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial (Universitario). Universidad de Costa Rica.
- Broto, C., Mostaedi, A., Broto i Comerma, X., & Verruno, S. (2005). Enciclopedia Broto de patologías de la construcción. Barcelona: Links International.
- Carmona, A. F.; Marega, A. (1988). Retrospectiva da Patologia no Brasil; Estudo Estatístico. In: Jornadas en Español y Português sobre Estructuras y Materiales. Madrid. Colloquia 88. Madrid, CEDEX, IETcc, mayo 1988. p. 325-48.
- Dal Molin, D. (1988). Fisuras en estructuras de concreto armado: Análisis de manifestaciones típicas y levantamiento de casos ocurridos en el estado de Rio Grande do Sul (Maestría). Universidad Federal de Rio Grande do Sul.
- Helene, P., & Pereira, F. (2007). Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. Sao Paulo: CARGRAPHICS.
- J. Vieitez Chamosa y J. Ramírez Ortiz: Patología de la Construcción en España: Aproximación Estadística. Resumen de Tesis Doctoral. Informes de la Construcción, Madrid. (1984).
- López Rodríguez, F., Rodríguez Rodríguez, V., Santa Cruz Astorqui, J., Torreño Gómez, I., & Úbeda De Mingo, P. (2004). Manual de Patología de la Edificación. Madrid: Departamento de tecnología de la edificación (E.U.A.T.M) Universidad Politécnica de Madrid.
- Montejo Fonseca, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Navarro Campos, N., & Pino Velázquez, Á. (2011). Patología, diagnóstico y rehabilitación de edificaciones. Cuenca: GRAFICAS "G.Q."
- Porto Quintián, J. (2005). Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado (Universitario). Universidad de la Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica.
- Río Bueno, Alfonso (2008). Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación. E.T.S. Arquitectura (Universidad Politécnica de Madrid), Madrid, España.
- Rivva, E. (2006). Durabilidad y patología del concreto. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/216929690/Durabilidad-y-Patologia-del-ConcretoENRIQUE-RIVVA-L#scribd>
- Rodríguez, J. (2003). Restauración y Rehabilitación de Edificios. Madrid: Thomson-Paraninfo.
- Smith Solar, J. (2010). Manual de técnicas de Reparación y Refuerzo (2nd ed.). Santiago: Instituto del cemento y del hormigón de Chile.
- Toirac Corral, J. (2004). Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención. Ciencia y Sociedad. 72-114, Republica Dominicana: Instituto tecnológico de Santo Domingo, Vols. 29, número 001.
- UNE EN 1504 - 9. Norma Europea, Madrid, España, 2011

# BIBLIOGRAFÍA

## CAPÍTULO 3

- ACI 224.1R-07 (Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures), American Concrete Institute, 2007
- ACI 506R-16 (Guide to Shotcrete), American Concrete Institute, 2016
- Aguilar, J.; Breña, S.; Del Valle, E.; Iglesias, J.; Picado, M.; Jara, M.; Jirsa, J., (1996), "Rehabilitation of existing reinforced concrete buildings in México City", PMFSEL Reporte No. 96-3, Ferguson Structural Engineering Laboratory, The University of Texas at Austin, August 1996.
- Aurrekoetxea Aurrekoetxea, J. (2009). Reparación de pilares con daños parciales localizados(Doctorado). Universidad de Burgos.
- Helene, P., & Pereira, F. (2007). Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. Sao Paulo: CARGRAPHICS.
- Pérez Valcárcel, J. Reparación de estructuras de hormigón armado. Coruña: Universidad de Coruña. Retrieved from <http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Publicaciones/pub-val/Patologia/trasparencias%20refuerzo.pdf>
- Smith Solar, J. (2010). Manual de técnicas de Reparación y Refuerzo (2nd ed.). Santiago: Instituto del cemento y del hormigón de Chile.
- Soto Barraza, E. (2008). Rehabilitación de estructuras de concreto (Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- UNE EN 1504 - 9. Norma Europea, Madrid, España, 2011