



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ESTRUCTURAL



PROPUESTA METODOLÓGICA CONSTRUCTIVA DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO

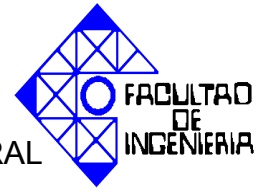
Tutor: Prof. Edson Martinez

Elaborado por:
Garcia O., Josune
Chirico N., Giovanni M.

Valencia, Octubre de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ESTRUCTURAL



PROPUESTA METODOLÓGICA CONSTRUCTIVA DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de
Carabobo para optar al Título de Ingeniero Civil

Tutor: Prof. Edson Martinez

Elaborado por:
Garcia O., Josune
Chirico N., Giovanni M.

Valencia, Octubre de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ESTRUCTURAL



CARTA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para estudiar el trabajo especial de grado titulado: “Propuesta metodológica constructiva de rehabilitación estructural de edificios aporticados de concreto armado ” (Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo)”. Realizado por los bachilleres: Garcia Josune y Chirico Giovanni. Hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo especial.

Presidente

Jurado

Jurado

Valencia, Octubre 2012

DEDICATORIA

A Dios.

A nuestros padres.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A nuestro tutor el profesor Edson Martínez.

Al ingeniero Juan Antonio García.

A nuestros padres.

Mil gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS.....	ix
LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema.....	3
Formulación del Problema.....	5
Objetivos de la Investigación.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Justificación.....	6
Delimitaciones.....	7

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación.....	8
Bases Teóricas.....	10
Sistema aporticado.....	11
Concreto armado.....	13
Acero de refuerzo.....	14
Causas del deterioro en estructuras de concreto.....	15
Falla estructural.....	16
Posibles riesgos.....	17

Seguridad estructural.....	18
Patología estructural.....	18
Rehabilitación estructural.....	18
Refuerzo estructural.....	18
Tipos de refuerzo estructural.....	19
Sistemas de refuerzo y rehabilitación estructural	19
Materiales.....	28
Metodología constructiva.....	31
Marco Normativo Legal.....	32

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación.....	33
Diseño de la Investigación.....	34
Técnicas de recolección de datos.....	35
Descripción de la metodología.....	35
Primera etapa.....	35
Segunda etapa.....	35
Tercera etapa.....	36
Cuarta etapa.....	36

CAPÍTULO IV La propuesta

Encamisado de columnas con concreto.....	38
Encamisado de columnas con perfiles acero.....	45
Encamisado de vigas con concreto armado.....	55

Pórticos diagonalizados con elementos de acero.....	64
Muros de Relleno de pórticos	69
Reforzamiento de las fundaciones.....	72

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS.....	82

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS

FIGURA		Pág.
1	<i>Pórtico</i>	11
2	<i>Pórtico tridimensional</i>	12
3	<i>Sistemas de refuerzo de concreto con acero</i>	13
4	<i>Muros estructurales Exteriores</i>	21
5	<i>Muros estructurales Interiores</i>	22
6	<i>Refuerzo con diagonales</i>	23
7	<i>Encamisado de columnas y vigas</i>	25
8	<i>Arriostramiento de pórticos</i>	26
9	<i>ilustración encamisado de concreto</i>	41
10	<i>Limpieza de la columna</i>	47
11	<i>Colocación angulares</i>	48
12	<i>Colocación de planchas</i>	48
13	<i>Colocación presillas</i>	49
14	<i>Ilustración de capiteles</i>	51
15	<i>Continuidad del refuerzo a través del nudo</i>	52
16	<i>Encamisado de columna con perfiles angulares</i>	53
17	<i>Armados para refuerzo de vigas caso a</i>	57
18	<i>Armados para refuerzo de vigas caso b</i>	58
19	<i>Armados para refuerzo de vigas caso c</i>	58
20	<i>Preparación viga caso a</i>	59
21	<i>Preparación viga caso b</i>	59
22	<i>Perforaciones de viga</i>	60
23	<i>Preparación viga caso c</i>	60
24	<i>Encofrado de viga</i>	62
25	<i>Vaciado de concreto</i>	62
26	<i>Detalle</i>	65

27	<i>Detalle corsé</i>	65
28	<i>Detalle corsé 3D</i>	66
29	<i>Detalle corsé cara interna 3D</i>	66
30	<i>Detalle perfil</i>	66
31	<i>Detalle perfil 3D</i>	67
32	<i>Detalle diagonalizacion 3D</i>	67
33	<i>Detalle encofrado</i>	70
34	<i>Zapata</i>	73
35	<i>Zapata con</i>	73
36	<i>Zapata con Nueva</i>	74

LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTO		Pág.
1	<i>Estructura aporticada</i>	12
2	<i>Armadura acero</i>	15
3	<i>Cabillas</i>	15
4	<i>Columna con falla</i>	16
5	<i>Recrecio de viga</i>	21
6	<i>Hospital de Cardiología del Instituto Mexicano del Seguro Social que fue reforzado</i>	22
7	<i>Refuerzo con diagonales</i>	23
8	<i>Estadio de futbol, University of Notre Dame.</i>	24
9	<i>Concreto deteriorado</i>	25
10	<i>Muros Debilitados</i>	25
11	<i>Encamisado de columnas con acero</i>	26
12	<i>Columna deteriorada</i>	27
13	<i>Columna encamisada de concreto</i>	27
14	<i>Rehabilitación</i>	27
15	<i>ilustración de apuntalamiento</i>	39
16	<i>ilustración de nueva armadura</i>	41
17	<i>Apuntalamiento columna</i>	46
18	<i>Colocación presillas</i>	49
19	<i>Capitel</i>	50
20	<i>Apuntalamiento de viga</i>	56
21	<i>Descubrimiento de acero en viga</i>	56
22	<i>Zapata descubierta</i>	73
23	<i>Zapata con pasadores</i>	73
24	<i>Zapata con Nueva armadura</i>	74



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL



PROPUESTA METODOLÓGICA CONSTRUCTIVA DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO

Elaborado por:

García O., Josune

Chirico N., Giovanni M.

Tutor: Prof. Edson Martinez.

Fecha: Octubre, 2012.

RESUMEN:

La investigación tuvo como objetivo fundamental la propuesta de una metodología constructiva de rehabilitación de estructuras aporticadas de concreto armado existentes que permita a profesionales de la ingeniería tener una guía de cómo se construyen las técnicas seleccionadas en esta investigación, para tal fin se identificaron y analizaron los componentes utilizados en cada uno de los sistemas seleccionados por medio de referencias bibliográficas, consultas a profesionales y documentos relacionados al tema para elaborar la propuesta metodológica. Estuvo clasificada como documental y descriptiva. Esta constituida por cuatro fases metodológicas. Como resultado final se expone el procedimiento de manera esquematizada de 6 sistemas.

Descriptores: Rehabilitación, estructuras aporticadas.

INTRODUCCIÓN

Toda estructura debe ser concebida y diseñada bajo normas antisísmicas que al pasar de los años son renovadas, dejando en riesgo aquellas construidas antes de los cambios, ya que poseen menor reforzamiento del considerado como el reglamentario en el tiempo presente. Esta situación genera la necesidad de buscar y plantear diferentes formas de rehabilitar o adecuar estructuras a fin de garantizar un adecuado comportamiento de manera que no colapsen o no presenten ningún tipo de falla en un futuro.

En la búsqueda de estos métodos de rehabilitación, se encontró un gran vacío en cuanto a información referente a los procedimientos constructivos de los mismos.

En esta investigación se pretende llevar a cabo un análisis de los diferentes métodos de rehabilitación de estructuras, para describir una metodología constructiva de las técnicas consideradas como las mas utilizadas a fin de establecer una serie de pasos que sirva como apoyo a profesionales de la ingeniería a la hora de verse en la necesidad de realizar dichas rehabilitaciones en todo tipo de estructuras aporticadas de concreto armado.

La investigación se desarrollo en cinco capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capitulo I: En el cual se muestra información relevante respecto al problema objeto de estudio, los objetivos del trabajo y la justificación.

Capitulo II: Donde se muestran los antecedentes consultados y los soportes teóricos conceptuales para la presente investigación.

Capitulo III: Constituido por la metodología general, el tipo de investigación, las técnicas de recolección y análisis de datos y las fases metodológicas.

Capitulo IV: En el cual se presenta la propuesta basada en las fases metodológicas planteadas en el capitulo III.

Capitulo V: En el cual se muestran las conclusiones y recomendaciones dadas por el investigador producto del investigador.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Las estructuras de concreto armado son consideradas durables con un bajo costo de mantenimiento, sin embargo las mismas presentan lo que se conoce como vida útil, lo cual según la Red DURAR, “Manual de Inspección, evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado”, CYTED, 1997), se define como: “periodo en el que la estructura conserva los requisitos del proyecto sobre seguridad, funcionalidad y estética, sin costos inesperados de mantenimiento.”

A lo largo de esa vida útil las estructuras pueden presentar distintos tipos de fallas causadas por diferentes razones, bien sea por la acción de eventos naturales como sismos, por no estar diseñadas con normativas vigentes, por estar expuestas en zonas de alta corrosión, entre otras. Una de las causas mas comunes y con mayor incidencia de daños en las estructuras la constituyen los sismos, generando consecuencias de mayor o menor grado, que cuando pueden ser reparadas se requiere aplicar lo que se denomina como métodos de adecuación estructural, que no son mas que una serie de procedimientos constructivos que garanticen una respuesta estructural adecuada.

Después de los sismos ocurridos en Estados Unidos (Loma Prieta, 1989) y Northridge, 1994) y Japón (Kobe, 1995), en los que sufrieron daños muchos edificios importantes, comenzó la preocupación por el

comportamiento que podrían tener edificaciones existentes construidas bajo normativas sismo resistentes menos exigentes que en la actualidad. En el caso específico del terremoto de Loma Prieta se pusieron en práctica diversas ideas para salvar y reforzar los edificios que habían quedado dañados por el mismo, como por ejemplo en el edificio de la corte de apelaciones de California (estructura de acero revestida con mampostería) en el cual los daños causados por el sismo fueron reparados por diversas técnicas y adicionalmente construyeron un sistema de aisladores de caucho y acero bajo las columnas del edificio para que si llegara a ocurrir un sismo la estructura quede aislada.

En el año 1997 se registro en Venezuela el terremoto de Cariaco, considerado como el más grave ocurrido en este país desde el terremoto que afectó a la ciudad de Caracas en el año 1967. El mismo ocasiono severos daños a edificaciones escolares , encontrándose una cantidad de fallas no registradas hasta la fecha en este tipo de estructuras. A raíz del mencionado terremoto comenzaron a realizarse los diferentes métodos de rehabilitación estructural para prevenir que estructuras existentes construidas con normativas no vigentes colapsen a la hora de un sismo de mayor o menor magnitud que el terremoto de Cariaco.

Cada vez los métodos de rehabilitación estructural son mas conocidos y utilizados por ingenieros en Venezuela, pero en su mayoría son realizados basados en la experiencia laboral de los profesionales o de la experiencia de proveedores, ya que no existe ningún tipo de documento normativo o ningún manual que indique cada uno de los pasos de los procesos constructivos de los sistemas de rehabilitación estructural. En esta investigación se propone desarrollar una propuesta metodológica con las etapas constructivas de los sistemas de rehabilitación estructural a estructuras aporticadas de concreto armado existentes mas utilizados en Venezuela.

Formulación del problema

¿De que manera podría establecerse una metodología constructiva de rehabilitación estructural de edificios existentes de concreto armado ?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Proponer una metodología constructiva de rehabilitación estructural de edificios aporticados de concreto armado existentes.

Objetivos Específicos

1. Seleccionar los sistemas de rehabilitación estructural de edificaciones aporticadas de concreto a ser estudiadas.
2. Identificar los componentes utilizados en cada uno de los sistemas seleccionados.
3. Analizar los componentes utilizados en los sistemas de rehabilitación estructural de edificaciones aporticadas de concreto para su colocación en la estructura.
4. Elaborar la propuesta metodológica de construcción de rehabilitación estructural.

Justificación

Debido a eventos naturales como lo son los sismos se generan fallas en las estructuras que pueden ser reparadas con una serie de métodos de adecuación estructural. Estos métodos son muy utilizados en el país aunque los mismos son realizados basados en la experiencia de los constructores o fabricantes de materiales, ya que no existe un documento normativo o un manual que indique los procesos constructivos de los métodos de adecuación estructural. Es por esto que en esta investigación se propone desarrollar un manual que unifique todos esos procesos constructivos de los métodos de rehabilitación mas utilizados en nuestro país, con lo que se brindarían los siguientes aportes:

Desde el punto de vista académico se pretende proporcionar un manual acerca de la metodología de construcción de rehabilitaciones estructurales a edificaciones aporticadas de concreto armado existentes, el cual podría servir de ayuda para posteriores investigaciones y brindar mayor conocimiento acerca de este tema.

Desde el punto de vista social se puede lograr que profesionales de la ingeniería conozcan con mayor profundidad acerca de esta área y pueda realizarse esta metodología en estructuras existentes que necesiten cualquiera de estos tipos de adecuaciones estructurales, previniendo de esta manera un posible colapso de las mismas, salvaguardando las vidas de los ocupantes.

Desde el punto de vista técnico con la realización de un manual de metodología de procedimiento de adecuación de estructuras aporticadas de concreto armado se brinda una herramienta adicional a la hora de realización de este tipo de procedimiento constructivo.

Delimitaciones

La presente investigación esta basada en estudios bibliográficos previos que fueron ajustados a los procedimientos constructivos utilizados en Venezuela.

Para la misma no fueron realizados ningún tipo de ensayos de laboratorio ni tampoco procedimientos de calculo.

No se tomaron en cuenta criterios económicos , es decir ningún tipo de análisis de precio fueron realizados para esta investigación

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación

Los antecedentes bibliográficos están referidos a investigaciones previas realizadas por otros autores, que sirven de base documental y teórica al trabajo que se está desarrollando. Según Arias, F. (1999) los antecedentes se refieren a “los estudios previos y tesis de grado relacionadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el problema en estudio”. (p.14)

A continuación se presentan los antecedentes empleados en la presente investigación:

Del Río Bueno, Alfonso (2008) , **“Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación”**, mediante una investigación documental-descriptiva, describe distintos métodos de adecuación y rehabilitación para estructuras de concreto armado, haciendo énfasis en los tres elementos estructurales mas importantes como lo son las columnas, vigas y la losa, además plantea metodologías constructivas asociadas a las normas de España.

De este documento es importante destacar el aporte de las metodologías constructivas en él descritas ya que proporcionaron una guía

importante para el desarrollo y adaptación a las normas venezolanas de los procesos constructivos de estos métodos de rehabilitación.

Helene ,Paulo y Pereira, Fernanda (2003) **“Manual de rehabilitación de estructuras de Hormigón”**, en el cual se describe como el concreto de cemento Portland ha probado ser el material de construcción mas adecuado para las estructuras, pero siempre pudiera presentar manifestaciones patológicas de fallas. Ante estas manifestaciones patológicas se observa en general una actitud inconsecuente, que conduce en unos casos a simples reparaciones superficiales, y en otros a demoliciones y refuerzos, para los cuales los autores plantean causas y múltiples soluciones a cada uno de los problemas que pudiese presentar el concreto en las estructuras.

La investigación descrita en el párrafo anterior brindo como aporte a esta investigación amplios conocimientos acerca del material de construcción concreto, además de sus características, causas de deterioro y métodos para rehabilitar estructuras construidas con este material.

Compendio coordinado por Grases, José (1997) titulado **“Diseño Sismoresistente: especificación y criterios empleados en Venezuela”**, una colaboración de muchos autores, en este libro los autores describen distintos eventos sobretodo a partir del terremoto de caracas de 1967, donde describen los problemas que presentan distintas estructuras y como han sido solucionados, con basamentos legales en las normas Venezolanas.

Este libro brindo información acerca de los eventos naturales que han afectado a el país y como a partir de los mismos comenzaron a desarrollarse técnicas de rehabilitación estructural en el país, además brindo ejemplos particulares de técnicas realizadas a edificaciones existentes.

Bases Teóricas

Estas comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que son el apoyo del trabajo de investigación, ya que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado. El investigador cito algunas bases teóricas de autores que son especialistas en la materia y que aclaran ciertas terminologías con relación al tema planteado.

Según Sabino (2007) las bases teóricas comprenden “un conjunto de conceptos de preposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado y dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado” .(p.24)

Los distintos tipos de edificaciones forman parte da la vida diaria de cualquier ser humano, estas estructuras las cuales tienen diversos usos, tales como residencial, comercial, de oficinas, y una infinidad de propósitos, obedecen a distintos sistemas estructurales o tipologías constructivas, es decir, distintas maneras y formas de soportar y distribuir cargas , así como servir de soporte a la estructura como tal.

En la actualidad el sistema constructivo mas visto y utilizado es el sistema aporticado, conformado por elementos verticales (columnas) y horizontales (vigas) el cual a su vez puede ser construido en distintos materiales como por ejemplo: concreto armado, acero, madera, entre otros.

Sistema Aporticado

Es un sistema estructural compuesto por pórticos los cuales no son más que la unión de elementos verticales (columnas) y elementos horizontales (vigas) que se unen por medio de juntas rígidas (Fig.1). Esta estructura, denominada pórtico rígido simple o de una nave, se comporta de manera monolítica y es bastante resistente tanto a las cargas verticales como a las horizontales.



Figura 1. Pórtico. (Fuente: *Sistemas Estructurales 10*)

Una edificación aporticada no es más que el desarrollo de esta estructura simple. A medida que aumentan el ancho y la altura del edificio, resulta práctico aumentar el número de naves, reduciendo así la luz de las vigas y absorbiendo las cargas horizontales de manera más económica. La estructura resistente del edificio se convierte de este modo en un pórtico con una serie de mallas rectangulares que permiten la libre circulación en el interior, y es capaz de resistir tanto cargas horizontales como verticales. Una serie de estos pórticos, paralelos entre sí y unidos por vigas horizontales, constituye la estructura tipo-jaula que encontramos hoy en la mayoría de los edificios de acero o de concreto armado. Estos pórticos tridimensionales actúan integralmente contra cargas horizontales de cualquier dirección, pues sus columnas pueden considerarse como parte de uno u otro de dos sistemas de pórticos perpendiculares entre sí (Fig. 2).

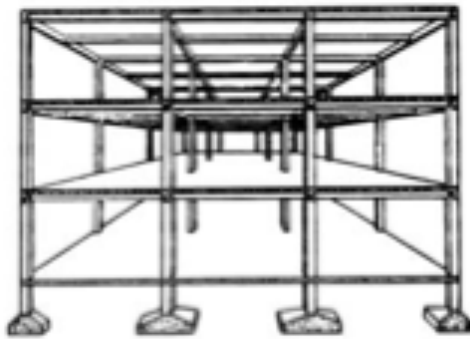


Figura 2. Pórtico tridimensional. (Fuente: *Sistemas Estructurales 10*)



Fotografía 1. Estructura aporticada. (Fuente: <http://www.civil.cicloides.com>)

Bajo la acción de cargas verticales, los tres elementos de un pórtico simple se hallan sometidos a esfuerzos de compresión y flexión. Con las proporciones usuales de vigas y columnas, la compresión predomina en las últimas y la flexión en las primeras. Las columnas son relativamente esbeltas y la viga relativamente alta (Salvadori, 1998).

Según la norma COVENIN 1756-2-2001, las edificaciones aporticadas son diseñadas y detalladas para garantizar un comportamiento con zonas cedentes bien localizadas y con una elevada capacidad de redistribución de las solicitaciones. En estos sistemas, los pórticos deben resistir la totalidad de las cargas verticales y las acciones sísmicas. La interacción entre vigas y columnas da lugar a deformaciones esencialmente debidas a flexión a lo largo de estos miembros, aún cuando el conjunto presente una deformada típica por corte.

Las exigencias de diseño para garantizar un comportamiento dúctil en estructuras de concreto armado, acero o mixtas, se dan en las respectivas Normas COVENIN-MINDUR 1753 y COVENIN-MINDUR 1618

Las mencionadas estructuras aporticadas, pueden ser diseñadas de distintos materiales, pero habitualmente un material que ha resultado ser muy popular en este tipo de edificación es el concreto armado

Concreto armado

Anteriormente se menciono el concreto como un material constructivo, esto lleva a establecer que trabajar con este materiales tiene algunos punto a tomar en consideración.

La técnica constructiva del concreto armado consiste en la utilización de concreto reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. El concreto armado se utiliza en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles y obras industriales.

El concreto al igual que cualquier otro material tiene un mantenimiento al que debe ser sostenido por las posibles fallas o defectos que pudiese presentar en un futuro, a su vez las edificaciones construidas de concreto sufrirán las consecuencias del deterioro del mismo así como también debemos sumarles los problemas relacionados con la estructura o edificación como tal.

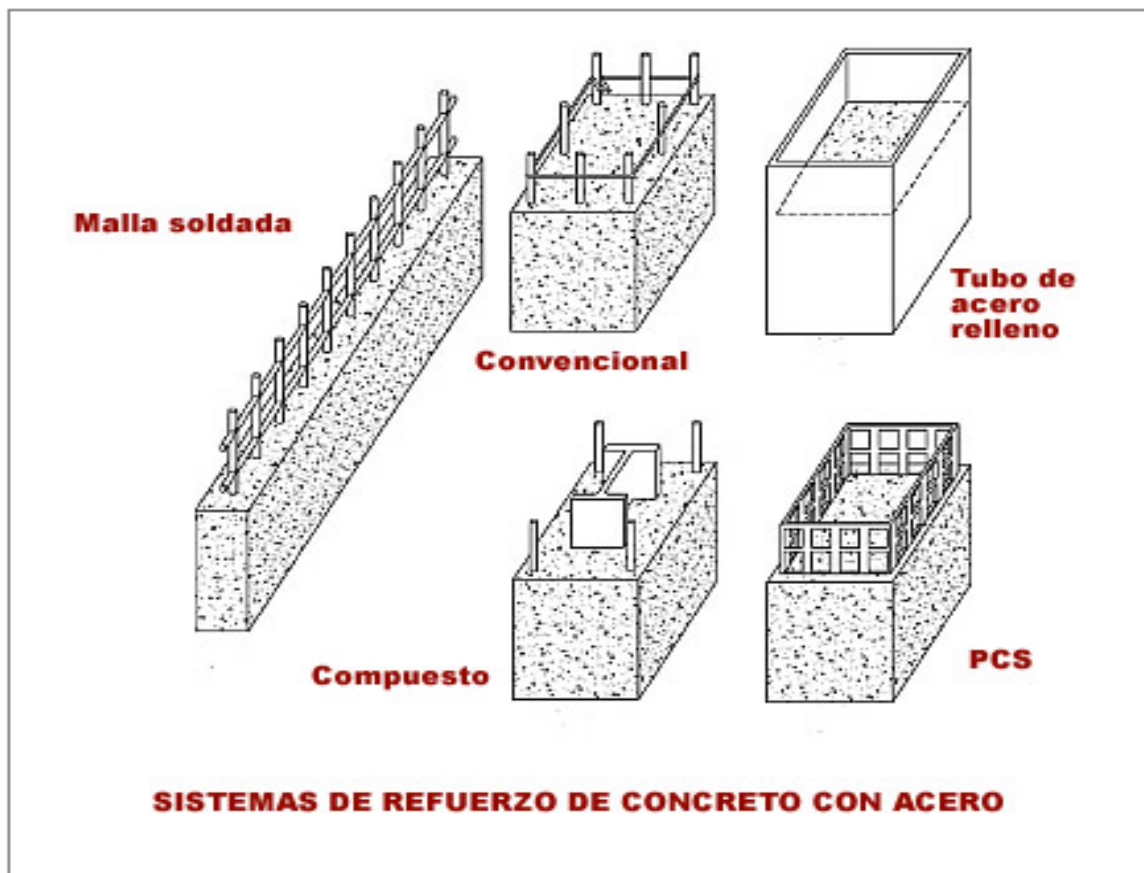


Figura 3. Sistemas de refuerzo de concreto con acero. (Fuente: <http://www.ingenieria.peru-v.com>)

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo, es un importante material para la industria de la construcción utilizado para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de este elemento, de conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos y especificaciones. Por su importancia en las edificaciones, debe estar comprobada y estudiada su calidad. Los productos de acero de refuerzo deben cumplir con ciertas normas que exigen sea verificada su resistencia, ductilidad, dimensiones, y límites físicos o químicos de la materia prima utilizada en su fabricación.



Fotografía 2. Armadura acero.
(Fuente:<http://es.dreamstime.com>)



Fotografía 3. Cabillas.
(Fuente:<http://spanish.alibaba.com>)

Las barras de refuerzo se doblarán en frío de acuerdo con los detalles y dimensiones mostrados en los planos. No podrán doblarse en la obra barras que estén parcialmente embebidas en el concreto, salvo cuando así se indique en los planos o lo autorice el interventor en la obra.

Causas de deterioro en estructuras de Concreto

Las causas más frecuentes del deterioro de estructuras de Concreto han sido analizadas por numerosos autores. De acuerdo con la obra de S.M. Johnson, las mismas pueden clasificarse en los siguientes once grupos:

- a) Errores o defectos de ejecución:
 - Asientos de las superficies
 - Desplazamientos de encofrados
 - Vibraciones
 - Segregación del hormigón fresco
 - Retracción en fase de fraguado
 - Desencofrado prematuro
- b) Retracción durante el endurecimiento
- c) Efectos térmicos:
 - Variaciones de la temperatura atmosférica

- Variaciones de la temperatura interna
- d) Absorción de agua por el concreto (con cambio de volumen)
- e) Corrosión de armaduras:
 - Corrosión por ataque químico
 - Corrosión por efecto electrolítico
- f) Reacciones químicas
- g) Acción de agentes atmosféricos
- h) Acciones "excepcionales" (choques, impactos, terremotos, fuego, etc)
- i) Erosión (abrasión)
- j) Mala concepción de detalles constructivos:
 - Cambios bruscos de sección
 - Angulos entrantes
 - Juego insuficiente de las juntas de dilatación
 - Incompatibilidad de materiales
 - Sistema de desagüe mal proyectado
 - Fugas por las juntas
 - Drenaje insuficiente
 - Deformaciones y efectos de fluencia no previstos
 - Juntas rígidas entre losas prefabricadas
- k) Errores de proyecto:
 - Concepción del sistema estructural
 - Diseño y/o cálculo

Falla estructural

La presencia de alguna de las causas anteriormente mencionadas o de varias de ellas al mismo tiempo, pueden llevar una estructura a presentar fallas definidas que generan un riesgo para la integridad de la misma y la seguridad de las personas que dentro de la misma trabajan o hacen vida.



Fotografía 4. Columna con falla.
(Fuente: <http://ciperchile.cl>)

Para obtener una adecuada definición de “falla estructural” se deberá recurrir a la definición previa de disfuncionalidad, o sea, el mal funcionamiento de la estructura o de cualquiera de sus componentes. Esto se establecerá a partir de ciertas evidencias, tales como: fisuras, desplomes, desprendimientos, etc.

Por lo tanto, falla estructural se definirá como aquel fenómeno que siendo observable, haya sido generado por un mal o inadecuado funcionamiento de un elemento o sistema estructural.

Al estar en presencia de una falla estructural se deben evaluar las implicaciones de la misma dentro de la vida de la misma y los posibles riesgos.

Posibles Riesgos

Entre los posibles riesgos en una estructura desactualizada a las normas o que ya presente indicios de posibles fallas en su estructura podemos mencionar

- Pérdida de vidas humanas
- Pérdidas materiales
- Daños colaterales
- Pérdida de la funcionalidad estructural de la edificación
- Desplome parcial o total de la estructura ante algún evento extraordinario.

Seguridad estructural

Para evaluar la seguridad estructural de una edificación deberán verificarse sus características actuales. Las propiedades de los materiales se podrá determinar por medio de procedimientos destructivos, siempre que no se deteriore la capacidad resistente de los elementos estructurales.

Patología estructural

Luego de definir la presencia de una falla y la inseguridad o riesgos que genera en la estructura, se puede hablar de cómo se establecen las consecuencias sobre la estructura de manera específica a través de un estudio de patología estructural

En un estudio de patología estructural se evalúa el comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas (enfermedad), buscando detectar sus causas (diagnóstico) y proponer acciones correctivas (terapéutica) o su demolición.

Esto conlleva a esclarecer lo que es una rehabilitación estructural

Rehabilitación Estructural:

Son las obras motivadas por las patologías en elementos estructurales (cimentación, columnas, vigas, cubiertas,...), que afectan a la estabilidad, solidez y seguridad de las edificaciones.

Refuerzo estructural

La exigencia por el manejo de cargas mayores, el cumplimiento de las normas de sismo resistencia y la aparición de defectos inaceptables en las estructuras, han incrementado la necesidad por el reforzamiento estructural en edificaciones, dado que esta alternativa puede ser más económica que tumbar y construir de nuevo o porque se requiere la preservación histórica de la edificación.

El refuerzo estructural se consigue mediante modificaciones en el diseño o mediante cambios y refuerzos en los componentes estructurales, lo cual depende del tipo y del material de construcción y del incremento en capacidad de carga requerido.

Tipos de refuerzo Estructural:

Para llevar a cabo un correcto refuerzo estructural, se debe prestar gran atención a la unión que existe entre el refuerzo en sí y la estructura existente.

Se pueden destacar dos tipos de **refuerzo estructural**, como son:

- ✓ **Refuerzos Activos:** es el refuerzo básico de la estructura establecido así en el momento de su diseño y posterior colocación durante la construcción.
- ✓ **Refuerzos Pasivos:** En numerosas ocasiones, el refuerzo obedece a la necesidad de aumentar el nivel de seguridad de la estructura hasta alcanzar los valores exigibles hoy en día, lo cual se consigue con un incremento de su resistencia última.

Sistemas de Refuerzo y/o Rehabilitación Estructural:

El reforzamiento está dirigido a incrementar la capacidad de carga y el estado de serviciabilidad de una estructura existente. Esto se vuelve necesario cuando los diseños estándares son adaptados para cubrir nuevas solicitudes o cuando existen errores en el diseño o inadecuada mano de obra en la etapa de construcción.

Según lo estipula la norma covenin 1756-2-2001 se admiten en general los siguientes tipos de reforzamiento estructural (ATC, 1978; Bertero, 1992; FEMA, 19975):

- a) Reparación mediante reemplazo o restauración de material dañado, incluyendo la inyección de materiales selladores, etc.
- b) Incremento en la resistencia de las conexiones por cambio de conectores.
- c) Incremento de espesores o dimensiones en miembros. Adición de refuerzos, incluyendo forramiento con acero estructural o concreto confinado.
- d) Incorporación de anclajes mecánicos.
- e) Sustitución de conexiones a corte por conexiones a momento.
- f) Consolidación del terreno mediante inyecciones.
- g) Transformación de pórticos en sistemas de muros o pórticos arriostrados.
- h) Adición de nuevos planos resistentes de pórticos, muros o pórticos diagonalizados.
- i) Adición de diafragmas.
- j) Adición de zapatas, pilotes o anclajes en fundaciones.
- k) Supresión de niveles ó plantas de la edificación.

Métodos de rehabilitación estructural mas utilizados

Los siguientes son los métodos mas comunes en el ámbito de la rehabilitación estructural en los cuales se observan diferencias marcadas de ubicación y función, y su aplicación dependerá de varios factores, tales como requerimientos estructurales, condiciones geométricas, ubicación del refuerzo entre otros.

- Muros en el exterior del edificio. Esta solución se emplea generalmente cuando las limitaciones de espacio y de continuidad de uso del edificio hacen preferible el trabajo en la periferia. Para asegurar la transmisión de esfuerzos por medio del diafragma a los muros se emplean vigas colectoras en los bordes de la losa. No es recomendable para edificios muy largos.

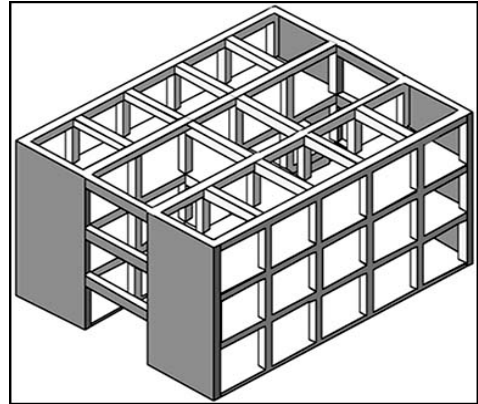


Figura 4 . Muros estructurales Exteriores. (fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)



Fotografía 5 . Recreido de viga. (fuente: <http://kcwardco.com>)

- Encamisado de columnas y vigas:

Empleado para sistemas de pórticos, este sistema se realiza generalmente sobre una gran parte de las columnas y vigas de un edificio, con el fin de aumentar tanto su rigidez, resistencia y ductilidad. Los sistemas de encamisado, en la mayoría de los casos, se diferencian básicamente en la manera como se une el recubrimiento nuevo a la columna existente.

- Contrafuertes:

A diferencia de los elementos anteriores, su colocación es perpendicular a la cara del edificio. Además de aportar rigidez, son útiles para tomar el momento de vuelco en edificios esbeltos. Debido a las limitaciones de espacio no siempre son factibles.



Fotografía 6. Hospital de Cardiología del Instituto Mexicano del Seguro Social que fue reforzado usando pórticos contrafuertes (fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)

- Muros en el interior del edificio:

Cuando las posibilidades de trabajo en el interior del edificio lo permitan, son una alternativa de necesaria consideración en edificios largos, en los cuales la flexibilidad del diafragma deba ser reducida. Se insertan generalmente por medio de perforaciones en los diafragmas, a través de las cuales pasan las barras de refuerzo.

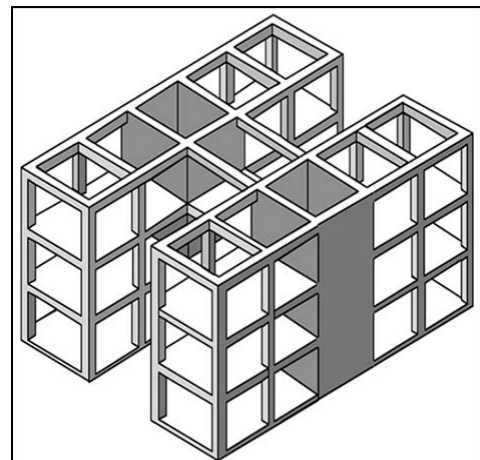


Figura 5. Muros estructurales Interiores. (fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)

- Muros de relleno de pórticos: Tanto en el interior como en el exterior de edificios, una solución práctica al problema de rigidez y resistencia es el relleno de vanos de pórticos con muros de concreto o de mampostería reforzada. Debido a la unión con la columna, los esfuerzos en éstas cambiarán substancialmente. Si el refuerzo de la misma es suficiente para el nuevo estado, la unión con el muro podrá realizarse solamente por medio de pasadores soldados. En caso contrario, se debe construir un encamisado de la columna monolítico con el muro.
- Pórticos arriostrados: Otra solución frecuente consiste en incluir varios pórticos de acero con diagonales anclados fuertemente a los diafragmas, como sustituto de los muros de rigidez. Igualmente, pueden construirse solamente las diagonales unidas a los pórticos existentes cuando éstos demuestran ser resistentes ante las fuerzas demandadas por ellos con el nuevo sistema, en especial, ante las fuerzas axiales en las columnas y de corte en los nudos.
- Construcción de un nuevo sistema aporticado: En ocasiones es posible llevar a cabo una reestructuración total adosando la antigua estructura a nuevos pórticos perimetrales externos. Usualmente se combina con la incorporación de muros estructurales internos perpendiculares al sentido longitudinal de los pórticos.

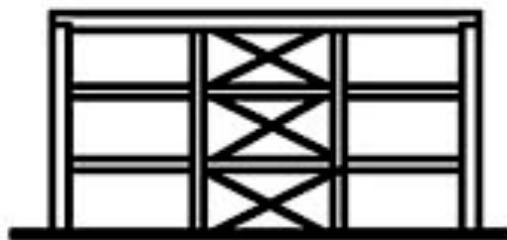


Figura6. Refuerzo con diagonales.
(fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)



Fotografía 7 . Refuerzo con diagonales.
(fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)

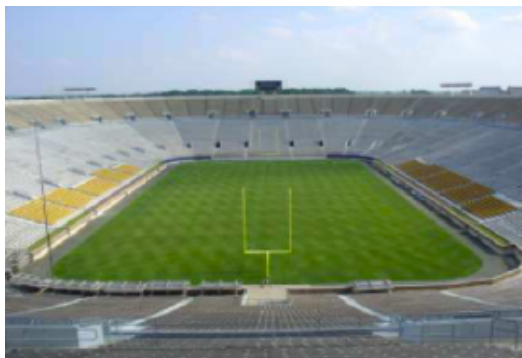
- Incorporación de disipadores de energía y aisladores en la base. Algunas técnicas innovadoras pueden ser una alternativa para aumentar la capacidad de disipación de energía y el amortiguamiento de una estructura existente. También es posible aislar en la base el edificio con elementos que pueden reducir el desplazamiento relativo entre los pisos de su estructura.

Teniendo en cuenta los métodos brevemente descritos anteriormente se trae a colación un caso interesante porque muestra la utilización de dos de estos métodos, ya que habitualmente no solo un elemento o un tipo de elementos se ve afectado en una edificación, lo mas normal es que la estructura se vea afectada en varios aspectos o elementos al mismo tiempo.

De manera ilustrativa e informativa se presentan algunos casos documentados donde fue necesario la implementación de algunos de estos métodos de adecuación

Casos Documentados

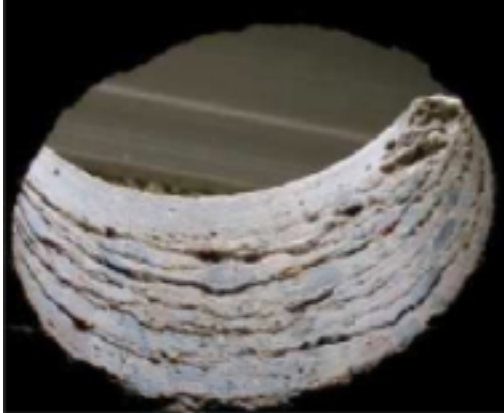
- Estadio de futbol, University of Notre Dame



Fotografía 8 . Estadio de futbol, University of Notre Dame. (fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)

Un ejemplo de esto es el Estadio de futbol, University of Notre Dame (Capacidad: 59,075), construida entre 1929 y 1930 , la cual esta dispuesta de una estructura aporticada soportando las gradas con rellenos de albañilería en el exterior, el estadio fue ampliado en 1995, en donde se aumento la capacidad de el estadio.

En este caso podemos observar, deterioro del concreto, principalmente por los ciclos de congelamiento y descongelamiento y una debilitación del sistema resistente de cargas laterales del estadio posiblemente agravado o acelerado por el aumento de capacidad .



Fotografía 9 . Concreto deteriorado.
(fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)



Fotografía 10 . Muros Debilitados. (fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)

En su trabajo titulado Evaluación, Reparación y Rehabilitación de Estructuras de Concreto, para la universidad de Massachusetts, Gustavo Tumialan describe los distintos métodos utilizados para los distintos problemas resueltos en el estadio, entre los cuales destacan por ser de tipo estructural el encamisado de columnas y vigas (figura 4), además de la implementación de pórticos arriostrados (figura 5).

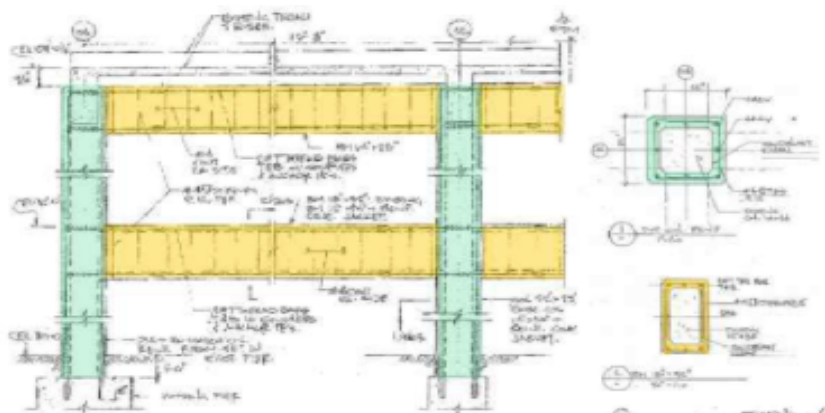


Figura 7 . Encamisado de columnas y vigas. (fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)

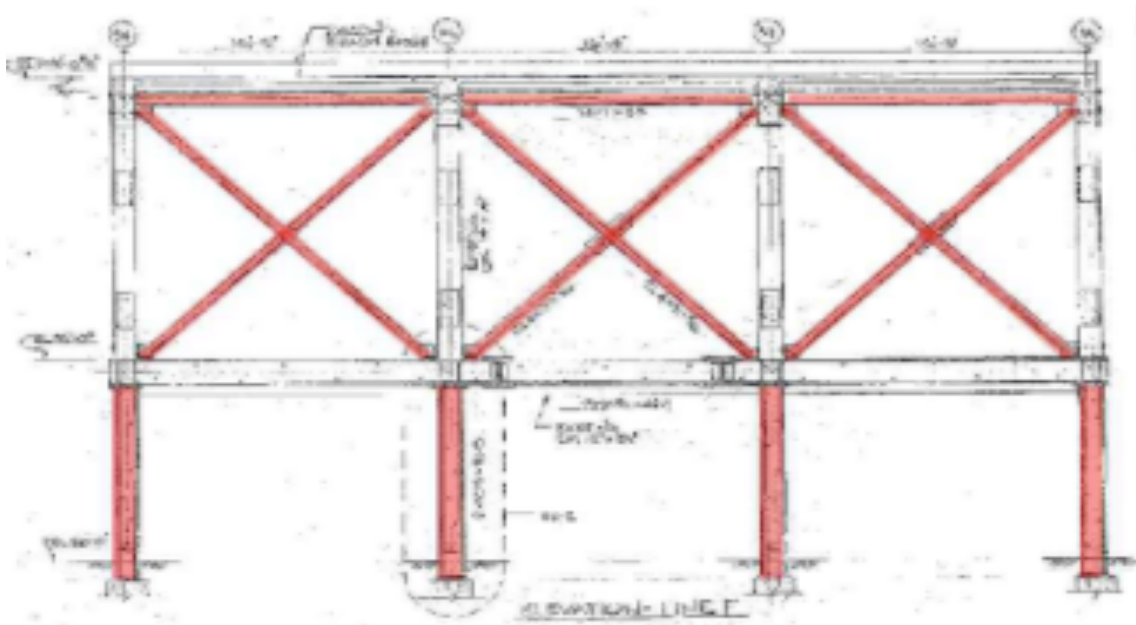


Figura 8 . Arriostramiento de pórticos. (fuente: Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto)

- Edificio de viviendas multifamiliares:

En la ciudad de Valencia, España se encuentra el edificio de viviendas multifamiliares C/ Eduardo Boscá, donde por acciones del uso y edad de la edificación fue necesario el reforzamiento de las columnas por medio de un confinamiento de la sección con perfiles metálicos, (Fotografía 11)



Fotografía 11 .encamisado de columnas con acero. (fuente: vulka.es)

- Viaducto



Fotografía 12 .columna deteriorada. (fuente: <http://www.quakewrap.com>)

La Carretera Interestatal 40 (I-40) pasa a través de Oklahoma City e incluye un viaducto que pasa por encima de un ferrocarril Union Pacific. Muchas de las columnas fueron dañados por la corrosión, este daño por corrosión sumado al paso de los años llevo a un rediseño de las mismas en el cual se determino, aumentar los diámetros de columna de 3-pies a 4 pies. Fueron rehabilitadas 13 columnas en total, las cuales tenían un diámetro de 3 pies y 35 pies de altura



Fotografía 13 .columna encamisada de concreto. (fuente: <http://www.quakewrap.com>)



Fotografía 14 .rehabilitación. (fuente: <http://www.quakewrap.com>)

Teniendo ya los ejemplos anteriores y basamentos teóricos de los métodos de rehabilitación estructural, se procede a mencionar los aspectos técnicos mas relevantes de los mismos, además de la descripción de los materiales a utilizar.

Materiales

Para la elaboración y construcción de los métodos de rehabilitación mencionados anteriormente, son necesarios una serie de componentes cuya función en algunos casos será soportar los esfuerzos, y en otros garantizar la transmisión de esfuerzos entre el elemento estructural a ser reforzado y el refuerzo como tal.

Entre los principales se tienen:

- Concreto

Es un material de construcción principalmente elaborado de cemento Portland, agua y agregados, con una baja resistencia a la tracción pero excelente resistencia a la compresión.

Según lo establece la norma COVENIN 1753-2006: “La mínima resistencia promedio a la compresión requerida f'_{cr} , para obtener valores de la resistencia especificada $f'_c \geq 210 \text{ kgf/cm}^2$ se establece en la Sección 5.4.2.”

- Acero:

- Barras

La norma COVENIN 1753-2006 establece

Las barras utilizadas como acero de refuerzo que deban resistir las solicitaciones debidas a la acción sísmica, en miembros de sistemas aporticados, miembros de borde de muros y dinteles, deben ser del tipo W. También se podrán utilizar los otros tipos de aceros establecidos en la Norma Venezolana 316 siempre que cumplan con los siguientes requisitos:

- a. La resistencia cedente real (f_y^*) determinada mediante ensayos regulados, no debe exceder a la resistencia cedente especificada (f_y) en más de un 25%;
- b. La resistencia de agotamiento real en tracción (f_{su}^*) determinada mediante ensayos regulados, debe exceder la resistencia cedente real (f_y^*), por lo menos en un 25%;
- c. En ningún caso, el alargamiento a la rotura determinado mediante ensayos regulados, será menor que el 12%.

- Planchas

Las planchas de acero estructural son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203 mm y 219 mm, y espesores mayores de 5,8 mm y mayores de 4,5 mm, respectivamente.

- Perfiles

La norma permite la utilización de los perfiles de acero estructural usados en conjunto con acero de refuerzo, en miembros mixtos comprimidos y que satisfagan los requisitos del Artículo 10.7, deben cumplir con los requisitos del Capítulo 5 de la Norma Venezolana COVENIN 1618.

Para concluir con respecto a la utilización del acero como parte de los métodos de rehabilitación, es indispensable hablar de la soldadura ya que en muchos casos se deberá unir acero con acero por medio de soldaduras, de

las cuales la norma COVENIN 1753-2006 destaca lo siguiente:

Frecuentemente es necesario soldar acero de refuerzo existente sin que se tenga información suministrada por el fabricante. Esto es común en las rehabilitaciones de estructuras existentes. La Norma ANSI/AWS D1.4, requiere que para tales aceros de refuerzo se realice un análisis químico o que se suponga un carbono equivalente por "encima de 0,75" (el cual requiere un precalentamiento a 315 oC). El procedimiento para soldar este tipo de refuerzo debe ser como se especifica en la Norma ANSI/AWS D1.4. El Ingeniero Responsable debe también determinar cuando son necesarias otras precauciones, basándose en consideraciones, tales como: nivel de tensiones en el acero de refuerzo, consecuencias de una falla y daño por calor al concreto existente debido a las operaciones de soldado.(p.196).

- Pernos

El diccionario Manual de la Lengua Española (2007) lo define como "Pieza metálica cilíndrica, larga y de cabeza redonda, que se asegura por el extremo opuesto con una tuerca, una chaveta o un remache y que sirve para afirmar piezas de gran volumen."

La norma COVENIN 1753-2006, establece:

La geometría de los espárragos y pernos con cabeza cumplirá con los requisitos de las Normas ANSI/ASME B1.1, B18.2.1, B18.2.6. Los espárragos y pernos con cabeza y los pernos con ganchuras demostrarán que poseen una resistencia al deslizamiento en secciones no agrietadas, sin incluir el efecto beneficioso de la fricción, igual o mayor que $1,4 N_p$, donde N_p se define en las fórmulas (D-15) y (D-16), respectivamente.(p.150)

Los anclajes a ser instalados en el concreto endurecido deben ser previamente calificados de conformidad con la Norma **ACI 355.2**. Para ser usados en estructuras con Niveles de Diseño ND2 o ND3, estos anclajes deberán aprobar previamente el

ensayo de simulación sísmica de la mencionada Norma ACI.(p.150)

- Resinas epóxicas

Las resinas epóxicas son un tipo de adhesivos llamados estructurales o de ingeniería; el grupo incluye el poliuretano, acrílico y cianoacrilato. Estos adhesivos se utilizan en la construcción de aviones, automóviles, bicicletas, esquís. Sirven como material adhesivo de gran cantidad de materiales, incluidos algunos plásticos, existiendo una amplia gama de ellos que pueden ser rígidos o flexibles, transparentes o de color, de secado rápido o lento.

En general, si el secado de un adhesivo epóxico se realiza con calor, será más resistente al calor y a los agentes químicos que si se seca a temperatura ambiente. La resistencia a la tracción de este tipo de adhesivos puede llegar a superar los 350 kg/cm², lo que les convierte en el adhesivo más resistente del mundo.

Al entender los principios básicos de estos métodos de rehabilitación y sus funciones es necesario dar paso a una descripción metodológica de cada uno , no obstante primero se establecerá la definición de una metodología constructiva

Metodología constructiva

Hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos que se rigen en función del objetivo, en este caso es la serie de pasos para la elaboración y construcción de una rehabilitación estructural puntual.

Marco Normativo Legal

- **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA** (PUBLICADA EN GACETA OFICIAL EL 30 DE DICIEMBRE DE 1999, NÚMERO 36.860)
- **NORMA VENEZOLANA COVENIN 1756 “Edificaciones Sismorresistentes”**
- **NORMA VENEZOLANA COVENIN 1753 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”**
- **NORMA VENEZOLANA COVENIN 1618 (1era revisión) “Estructuras de acero para edificaciones. Métodos de los estados limites”**
- **NORMA VENEZOLANA COVENIN 2002 “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”**
- Norma Técnica FONDONORMA: Concreto. Durabilidad NTF 27:1-004

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

La veracidad de una investigación científica requiere que el aspecto metodológico sea debidamente respetado y considerado, de esta manera, los procedimientos y resultados reunirán las condiciones de fiabilidad, objetividad y validez propias de un estudio llevado a cabo a través del método científico, en consecuencia, se hace necesario el planteamiento de los procedimientos y las consideraciones metodológicas que sustentan la investigación. Por lo anteriormente expuesto, el Marco Metodológico del presente trabajo de investigación busca exponer el conjunto de procedimientos, métodos y protocolos que permiten llevar a cabo la obtención de información y los diversos datos requeridos para la adecuada consecución de los objetivos planteados, así como también, el debido procesamiento y presentación de los mismos. Adicionalmente, busca situar la investigación dentro de los esquemas metodológicos que rigen las investigaciones científicas, de acuerdo al área de conocimiento, el universo o población de estudio, el tipo de datos a estudiar, el tipo de resultados a generar y las características del estudio que se llevará a cabo.

Tipo de Investigación

La investigación en estudio, es de *Tipo Descriptiva*. Describe la problemática existente de cómo aplicar medidas de adecuación, en edificaciones aporticadas de concreto armado, construidas en base a normas ya caducadas o edificaciones con deficiencia estructural , las cuales se

encuentra en riesgo, debido a distintos factores como, el tiempo, el uso o algún evento extraordinario que pudiera comprometer la integridad de la estructura.

Su principal función es describir las características del problema que se está investigando; también puede describir el problema y sus características, relacionándolo con algún factor o diferenciándolo. (Simonovis, J. 2001)

Diseño de la Investigación

La investigación que se realizó, para llevar a cabo los objetivos específicos, es de naturaleza documental, ya que a través de la consulta en distintos medios, se obtuvo información referida a adecuaciones de estructuras aporticadas de concreto armado, en su mayoría información y antecedentes nacionales y en algunos casos información sobre materiales y procedimiento aplicados y utilizados en el exterior.

Toda esta información recopilada puede ser clasificada principalmente en :

- Antecedentes constructivos
- Procedimientos constructivos de los distintos métodos de adecuación
- Información sobre los materiales utilizados en las distintas adecuaciones
- Repercusiones en la estructura

La investigación documental es “aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc.)”. (Zorrilla ,1993:43)

Técnicas de recolección de datos

En función de la información requerida y las características de la investigación se utilizan diversas técnicas para recolectar los datos necesarios para llevar a buen término el presente trabajo, teniendo en consideración los aspectos teóricos y metodológicos pertinentes para el mismo. La técnica utilizada fue la observación no participante, a través de distintas fuentes documentales y bibliográficas.

Descripción de la Metodología

El desarrollo de la investigación puede ser descrito en cuatro etapas de investigación:

PRIMERA ETAPA: Recopilación de información Bibliográfica

La información fue obtenida mediante la consulta de normas existentes, trabajos de investigación y catálogos de fabricantes que proporcionan la información de los materiales constructivos, así como procedimientos de utilización y colocación de los mismos.

SEGUNDA ETAPA: Selección de sistemas de rehabilitación estructural

En esta etapa se procederá a llevar a cabo la selección de los sistemas de rehabilitación estructural a ser descritos en esta investigación, tomando como referencias diferentes fuentes bibliográficas, las cuales proporcionaban experiencias constructivas acerca de los sistemas mas recomendados y utilizados en el país.

TERCERA ETAPA: Descripción de los componentes de los sistemas de rehabilitación estructural seleccionados.

En esta etapa se procederá a describir cada uno de los componentes utilizados en los sistemas de rehabilitación seleccionados, tomando en cuenta características geométricas, tipo de material, procedimientos, y especificaciones generales establecidas por las normas y fabricantes.

CUARTA ETAPA: Esquematización de las etapas constructivas

En esta etapa se elaborara la propuesta metodológica para cada uno de los sistemas seleccionados, describiendo de manera secuencial los procedimientos constructivos.

CAPÍTULO IV

En el presente capítulo se proponen metodologías constructivas detalladas de distintos métodos de rehabilitación de estructuras aporticadas de concreto armado, así como descripción de los distintos materiales utilizados y señalamientos referentes a las normas venezolanas vigentes.

Para elaborar estos procedimientos metodológicos fue necesaria la búsqueda de información referente a la materia, como lo son, manuales, guías, antecedentes documentados y normas nacionales e internacionales de adecuación estructural. Las cuales describen detalladamente muchas técnicas de adecuación y rehabilitación de estructuras , algunas únicamente de concreto, otras de mampostería o estructuras de acero.

Los métodos de adecuación a ser descritos son

- I. Encamisado de columnas con concreto (ensanchamiento de sección)
- II. Encamisado de columnas con acero (mediante perfiles angulares)
- III. Encamisado de vigas sometidas a flexión, con concreto armado (recrecido de canto de viga)
- IV. Pórticos diagonalizados con elementos de acero
- V. Muros de Relleno de pórticos
- VI. Reforzamiento de las fundaciones

LA PROPUESTA

I. Encamisado de columnas con concreto armado:

En este proceso la columna original se envuelve con una corona o camisa de concreto, que incorpora una nueva armadura que dará continuidad al soporte y conectará elásticamente el nuevo elemento de refuerzo con los elementos estructurales horizontales. Por lo general en los encamisados el elemento original deja de tener función resistente y es la corona o camisa de concreto la que tendrá esta función. Este método se realiza con la finalidad de resistir nuevas sobrecargas verticales que se generen en la columna a ser rehabilitada.

Ventajas :

- Las cargas se transmiten no sólo puntualmente en los extremos de la columna, sino también por fricción entre los dos concretos (el existente y el nuevo). De esta forma, se evita la creación de esfuerzos cortantes sobre las losas, como ocurre en el caso de refuerzos proyectados con perfiles laminados.
- Es el método mas utilizado, por su practicidad en cuanto al proceso constructivo.

Desventajas:

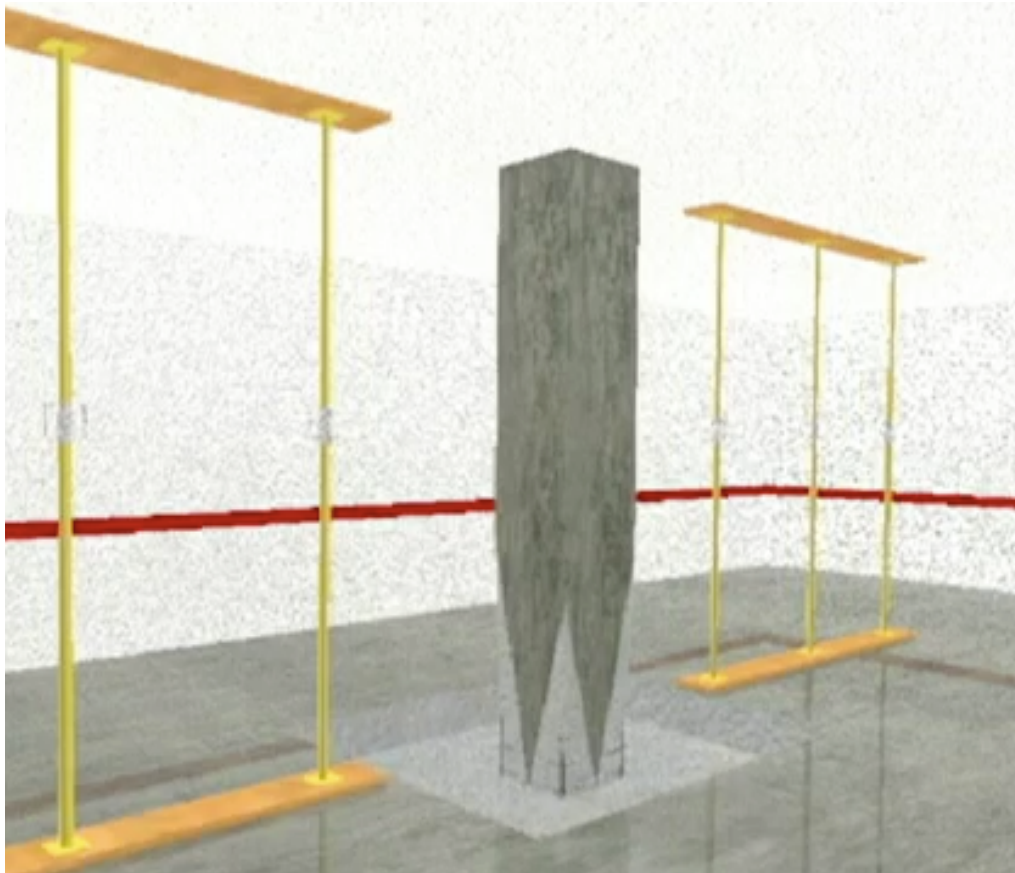
- Un condicionante importante de este sistema es la necesidad de un incremento relevante de las dimensiones de la columna original.
- Otro problema es la dificultad de ejecución y el costo que conlleva preparar la superficie de contacto, disponer armadura adicional y concreto adicional.

Materiales utilizados:

- Barras de acero de refuerzo (Cabillas).
- Concreto Autocompactable o Autonivelante.
- Material para Encofrado: Madera, Acero o Plástico.
- Resina Epóxica.

Procedimiento constructivo:**1) Apuntalamiento.**

Las implicaciones de apuntalamiento de la columna original se debe considerar de tal manera que la camisa de concreto armado resistirá parte de la carga total y no sólo una parte de los incrementos de carga.



Fotografía 15 . ilustración de apuntalamiento. (Fuente: renovak.es)

2) Limpieza de la superficie de la columna existente.

De acuerdo al estado en el que se encuentre la interfase entre concreto original y de refuerzo, existen varios métodos o soluciones de limpieza de la superficie existente:

a) Una primera solución consiste en limpiar la superficie de concreto, eliminando polvo, suciedad o material susceptible de estar deteriorado, y aplicar una capa de lechado de agua y cemento para que exista una buena adherencia entre el concreto nuevo con el concreto viejo.

b) Otra solución consiste en cajeear intermitentemente la columna original en intervalos de aproximadamente 30 cm, creando entrantes y salientes que mejoren la transferencia de esfuerzos.

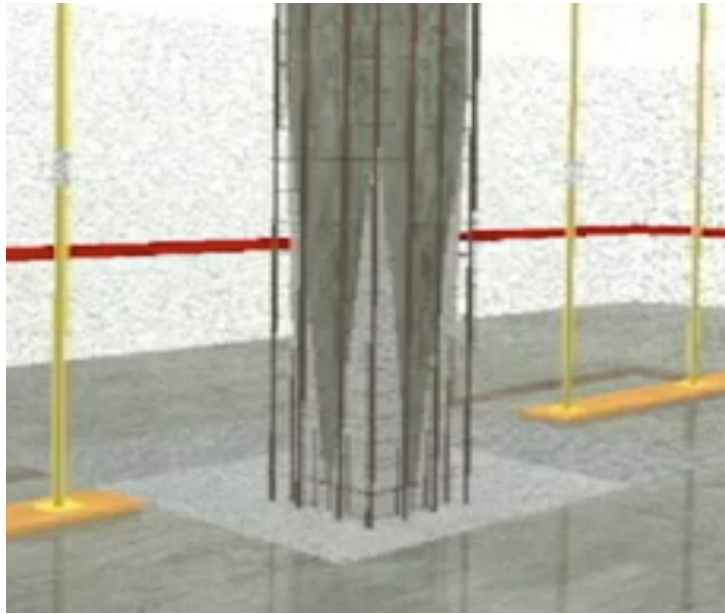
c) Para refuerzos de cierta entidad, conviene picar el recubrimiento en las esquinas, descubrir en ellas las armaduras originales, y conectarlas a las nuevas mediante barras dobladas en forma de horquilla, preferiblemente soldadas a ambas. En este caso, el refuerzo conviene completarlo ejecutando un zunchado helicoidal de paso reducido (10 cm) que conecte las armaduras originales de las esquinas con las centrales de refuerzo e incremente el efecto confinante.

d) Finalmente, en casos de gran deterioro del concreto original, lo más adecuado es picar completamente el recubrimiento de la columna inicial, descubriendo sus armaduras y conectándolas a las nuevas mediante horquillas soldadas. Al igual que en el caso anterior, el refuerzo debe completarse con un zunchado de paso reducido (10 cm o menos).

3) Colocación de la armadura longitudinal y de las ligaduras.

La posición de las barras de acero del refuerzo longitudinal deben ser distribuidas de manera uniforme. Si esto no es posible, se debe prestar atención para evitar la agrupación excesiva en las esquinas.

En cuanto a la adición de las ligaduras, se recomiendan que las mismos tengan una separación mínima de 10 cm.



Fotografía 16 . ilustración de nueva armadura. (Fuente: renovak.es)

4) Anclaje de la armadura longitudinal añadida:

Se perforan agujeros en las zapatas, los cuales deben ser limpiados adecuadamente por lo que el uso de una aspiradora es muy recomendable. Las barras de acero pueden ser eficientemente ancladas a la zapata con una resina epóxica, para un buen anclaje se debe taladrar una perforación de diámetro 1 a 2 mm mayor que el diámetro de la cabilla y de una profundidad adecuada, para que pueda ser cubierta toda la superficie con la resina. Es importante recalcar que la longitud de anclaje dependerá de las especificaciones del fabricante de la resina epóxica a ser utilizada.

5) Continuidad entre los pisos de los refuerzos longitudinales añadido (en caso de tener pisos superiores o inferiores):

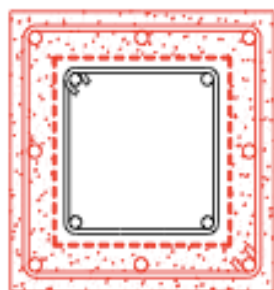
Se perforan agujeros en la losa para pasar las nuevas barras de acero por la misma y garantizar la continuidad. De igual manera los agujeros deben ser limpiados y se debe añadir una resina epóxica a los mismos para que las nuevas barras de acero se adhieran perfectamente. De igual manera que en el paso anterior es importante recalcar que la longitud de anclaje dependerá de las especificaciones del fabricante de la resina epóxica a ser utilizada.

6) Colocación de encofrado.

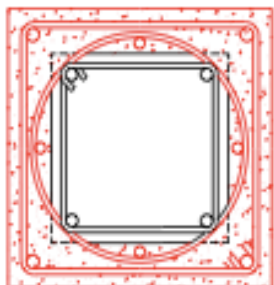
Se debe encofrar el elemento y colocarle contrafuertes y correas para asegurar una buena sección lo mas confinada posible.

7) Añadido de concreto.

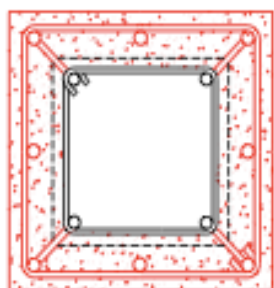
Es recomendable utilizar un concreto que no se contraiga que sea autocompactable, de alta resistencia y alta durabilidad. Para el curado total del concreto debe pasar un lapso de 10 días.



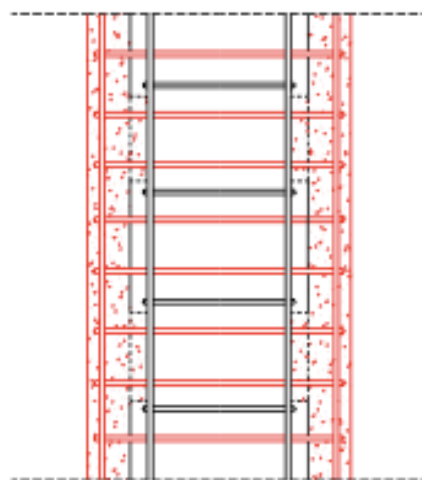
a:
UNION DIRECTA
MEDIANTE ADHESIVO
(PLANTA)



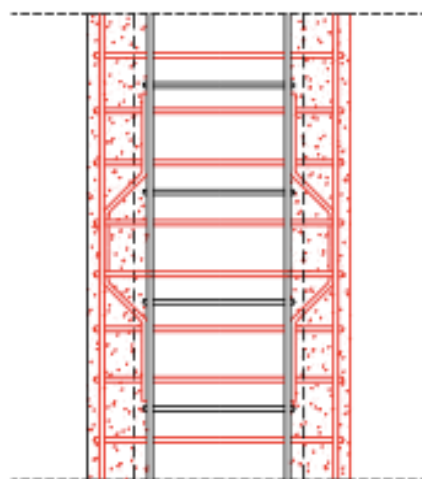
c:
PICADO DE ESQUINAS Y
ZUNCHADO HELICOIDAL
(PLANTA)



e:
CONEXION DE ARMADURAS
MEDIANTE HORQUILLAS
(PLANTA)



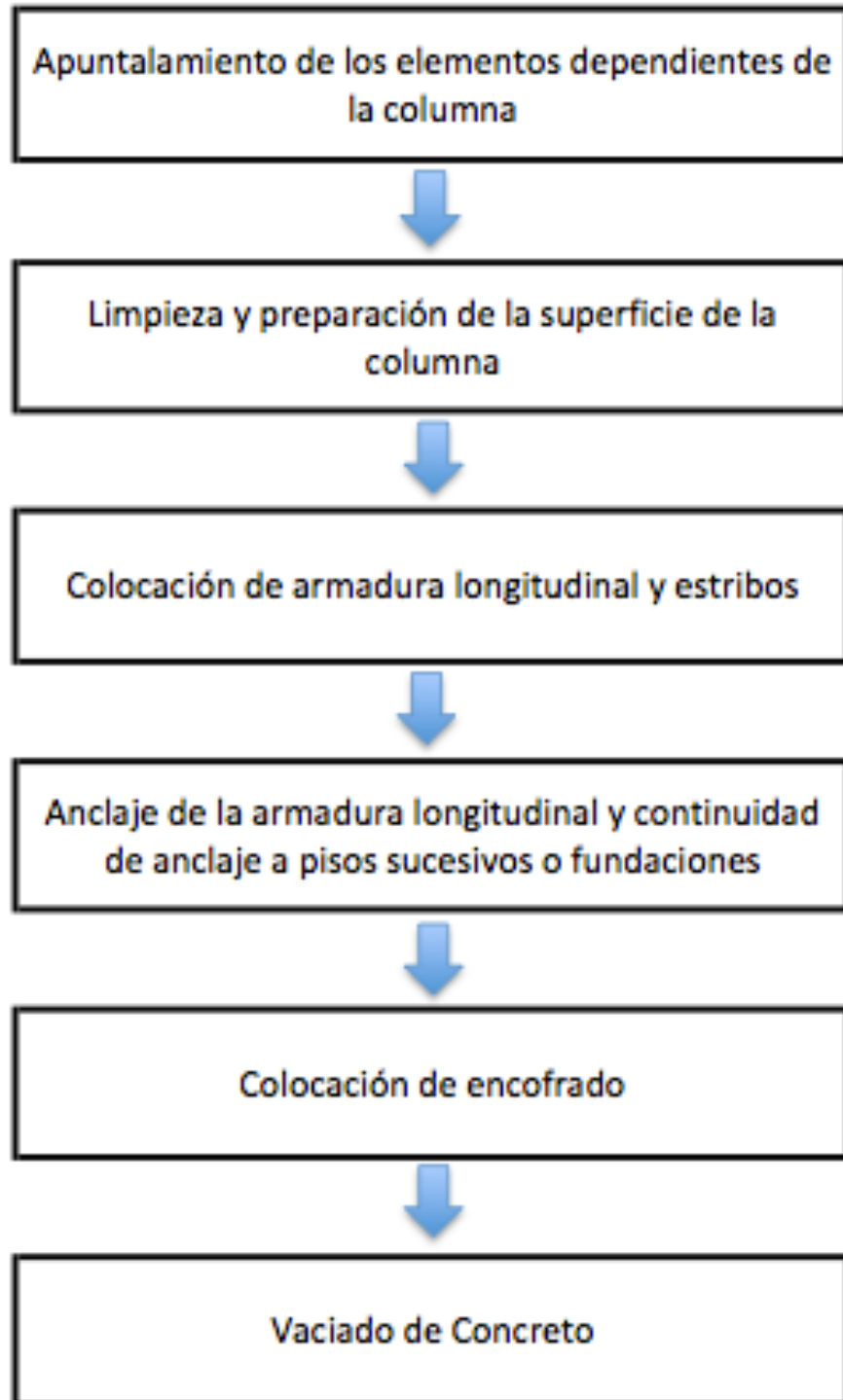
b:
UNION MEDIANTE CAJEADO
INTERMITENTE
(SECCION-ALZADO)



d:
CONEXION DE ARMADURAS
MEDIANTE HORQUILLAS
(SECCION-ALZADO)

Figura 9 . ilustración encamisado de concreto. (Fuente: Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación)

Diagrama constructivo:



II. Encamisado de columnas con perfiles de acero

El refuerzo de columnas mediante perfiles de acero y particularmente angulares colocados en sus esquinas es un método de adecuación muy común. Como tal ha sido objeto de numerosos estudios teóricos y experimentales, destacando la tesis doctoral de E. Giménez Carbó. Se realiza con la finalidad de reducir los efectos de sobrecargas verticales.

Es un sistema de adecuación indicado para adecuaciones medias, que requieran menos del 50% de incremento en la resistencia de la sección y que se apliquen sobre columnas con esfuerzos solicitados esencialmente en compresión simple o con flexiones reducidas.

Ventajas:

- Exige espesores adicionales muy reducidos.
- Constructivamente es un sistema mucho más sencillo y rápido de ejecutar que el encamisado con concreto.

Desventajas:

- Solo sirve para columnas cuadradas o rectangulares.
- El comportamiento del conjunto es menos monolítico.
- No es conveniente frente a flexiones importantes.
- En general no es posible alcanzar los refuerzos suministrados por el recubrimiento con concreto.
- El comportamiento frente a fuego de este tipo de refuerzos es menos satisfactorio.

Materiales a utilizar

- Apuntalamiento: Puntales de madera o preferiblemente puntales de acero

- Perfiles angulares de acero tipo ("U", "I", "H")
- Resina Epóxica.
- Tornillos o soldadura para conexiones de armadura metálica.
- Planchas de acero (para presillas)
- Electrodo

Procedimiento constructivo:

1) Apuntalamiento

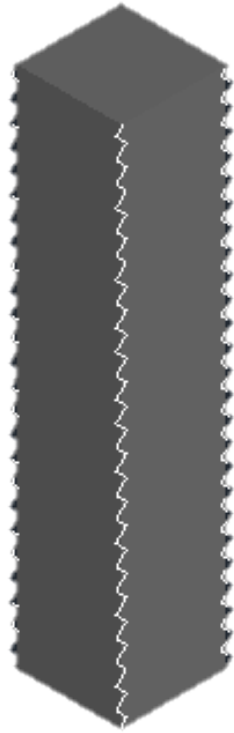
Se debe apuntalar los elementos estructurales adyacentes, que pudieran estar vinculados y ser afectados por alguna falla en el elemento a rehabilitar.

En el caso de las columnas se procederá a apuntalar las vigas que se apoyan del elemento a ser rehabilitado.



Fotografía 17 . Apuntalamiento columna.
(Fuente:eurolosa.com)

2) Limpieza y descubrimiento de acero de la columna existente.



Este proceso consiste en remover la superficie de concreto, a fin de generar una superficie rugosa, mejor para la adherencia, principalmente en las zonas de interfaz concreto-acero, en las esquinas de la columna y en los lugares donde se pondrán las planchas.

Se debe limpiar la superficie de la columna eliminando polvo, suciedad o material susceptible de estar deteriorado, y aplicar una capa continua de adhesivo (generalmente epoxi).

Figura 10 . limpieza de la columna. (Fuente: propia)

3) Colocación de Angulares.

Se dispondrán perfiles angulares de acero en las cuatro esquinas del elemento a ser reforzado, la posición y longitud de los perfiles angulares de acero dependerá directamente de las dimensiones de la columna

Debe asegurarse el ajuste de los angulares, disponiendo para ello una junta de mortero sin retracción o de masilla epoxi.

Las especificaciones técnicas de espesor y capacidad de los perfiles debe ser previamente calculada mediante algún análisis del refuerzo estructural requerido. Se debe siempre evitar holguras entre el refuerzo y el

soporte original que imposibiliten la movilización del fenómeno de confinamiento

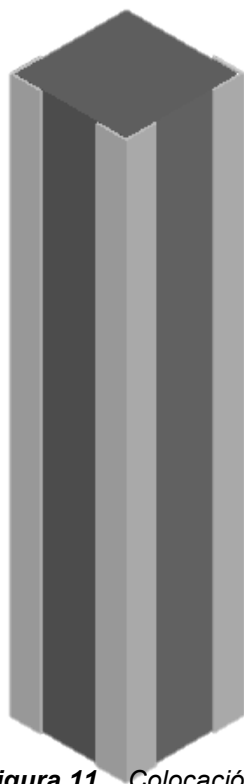


Figura 11 . Colocación angulares. (Fuente: propia)

4) Colocación de Presillas.

Luego se procederá a colocar las planchas de acero, en los espacios previamente descubiertos de concreto y cubiertos con resina epóxica.

En algunos casos puede resultar conveniente pretensar o precalentar las presillas de unión entre angulares o, cuando menos, estudiar la disposición de soldaduras a fin de aprovechar su

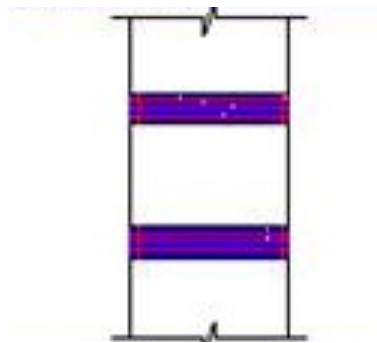


Figura 12 . Colocación de planchas. (Fuente: propia)

'retracción'. Pueden incluso diseñarse sistemas de presillas atornilladas que permitan ejercer una presión controlada sobre el soporte original. En estos casos, se genera un efecto de confinamiento activo sobre el concreto original, extremadamente favorable, y capaz incluso de regenerarle parcialmente en caso de deterioro.

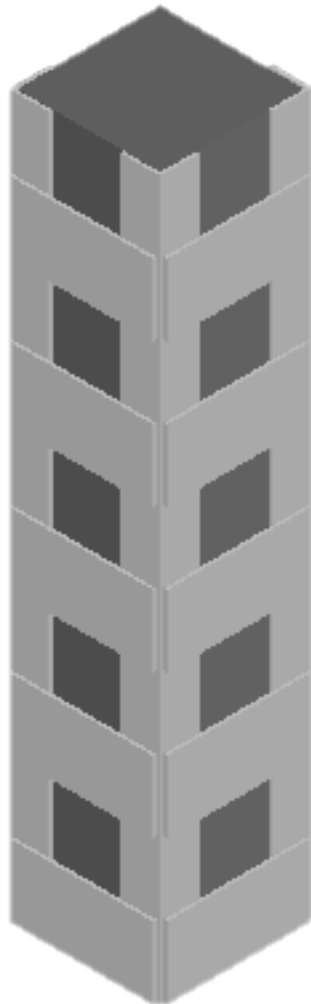


Figura 13 . Colocación presillas. (Fuente: propia)



Fotografía 18 . Colocación presillas

5) Preparación de capiteles

Para garantizar la entrada en carga de los angulares suele ser necesario

disponer de angulares en los extremos (pié y capitel de la columna), comúnmente denominados simplemente capiteles. Además, para conseguir una unión adecuada del capitel y el forjado, se interpone un mortero de alta resistencia a compresión, para que actúe como elemento de reparto y para que evite la concentración de tensiones y cree un contacto lo más uniforme posible.

Estos capiteles no son mas que los mismos perfiles angulares en “L” o en forma de “U” dispuestos de forma transversal a la columna y que actúan de presillas en los extremos de la columna. Estos también deben ser fuertemente ajustados a la columna y a los angulares longitudinales por medio de soldadura o tornillos

También se debe tomar en cuenta que para mejorar la eficacia del sistema es importante aprovechar al máximo el efecto de confinamiento. Dicho efecto es fundamental en los extremos del soporte, donde el incremento de resistencia y ductilidad del concreto original resulta esencial para la entrada en carga del refuerzo. Ello aconseja reducir la separación entre presillas en la cabeza y la base del refuerzo.



Fotografía 19 . Capitel

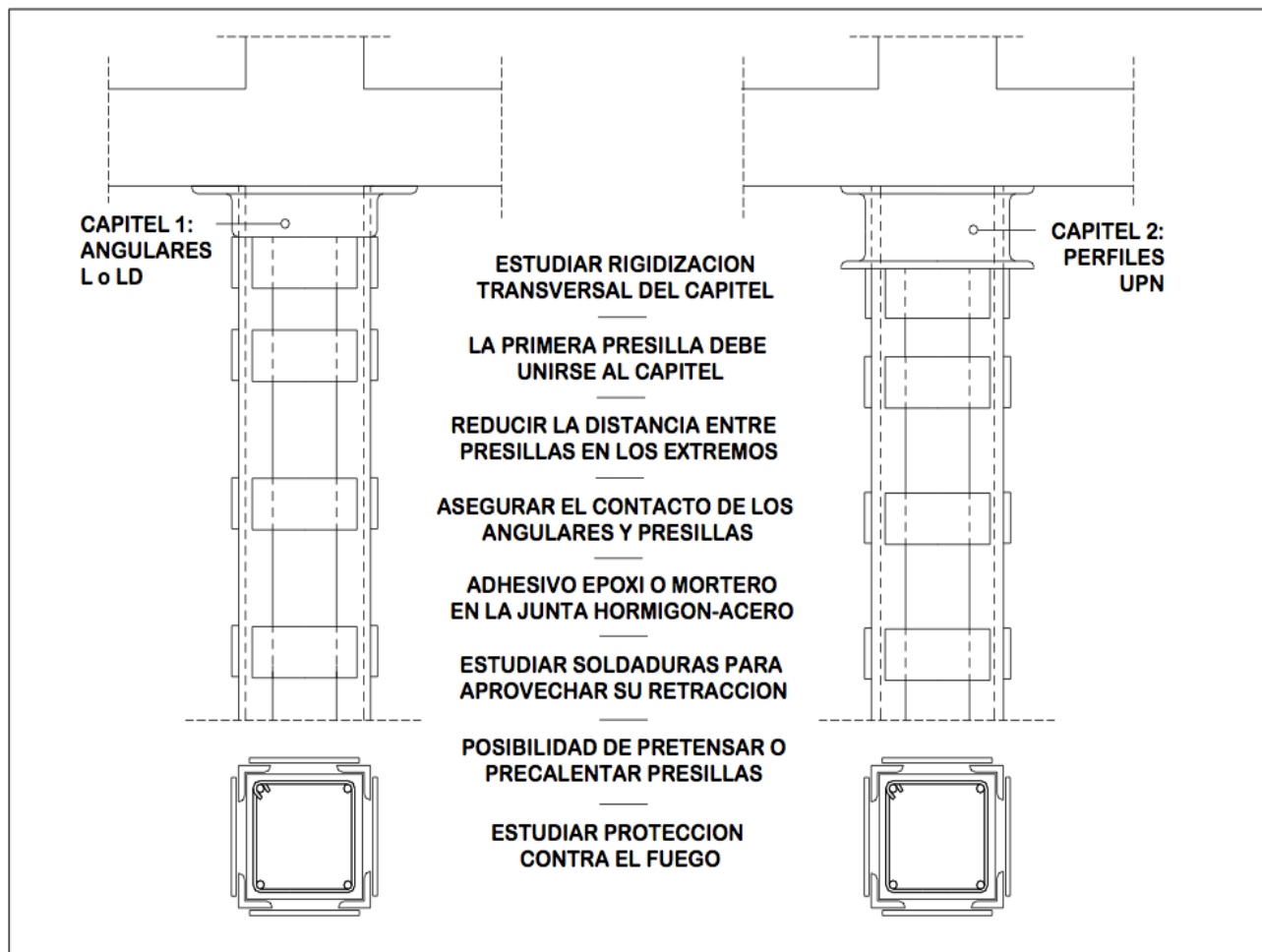


Figura 14 . ilustración de capiteles. (Fuente: Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación)

Otro aspecto de gran interés es el relativo a la continuidad de este tipo de refuerzos entre diferentes plantas. En primer lugar, resulta fundamental el perfecto ajuste entre el capitel y la base de cada tramo de refuerzo y los forjados superior e inferior, para lo cual es necesario disponer masilla epóxica.

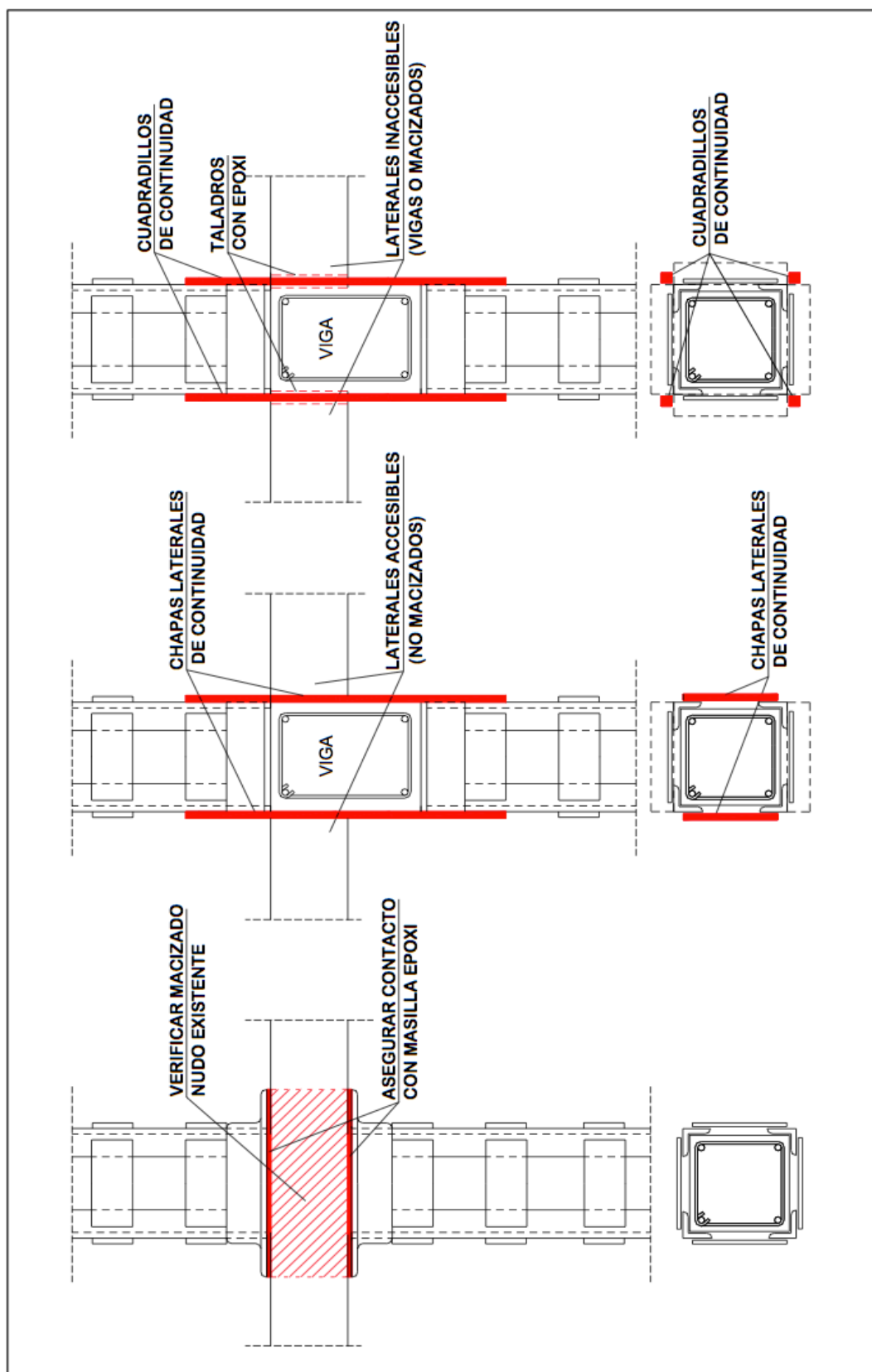


Figura 15 . Continuidad del refuerzo a través del nudo. (Fuente: Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación)

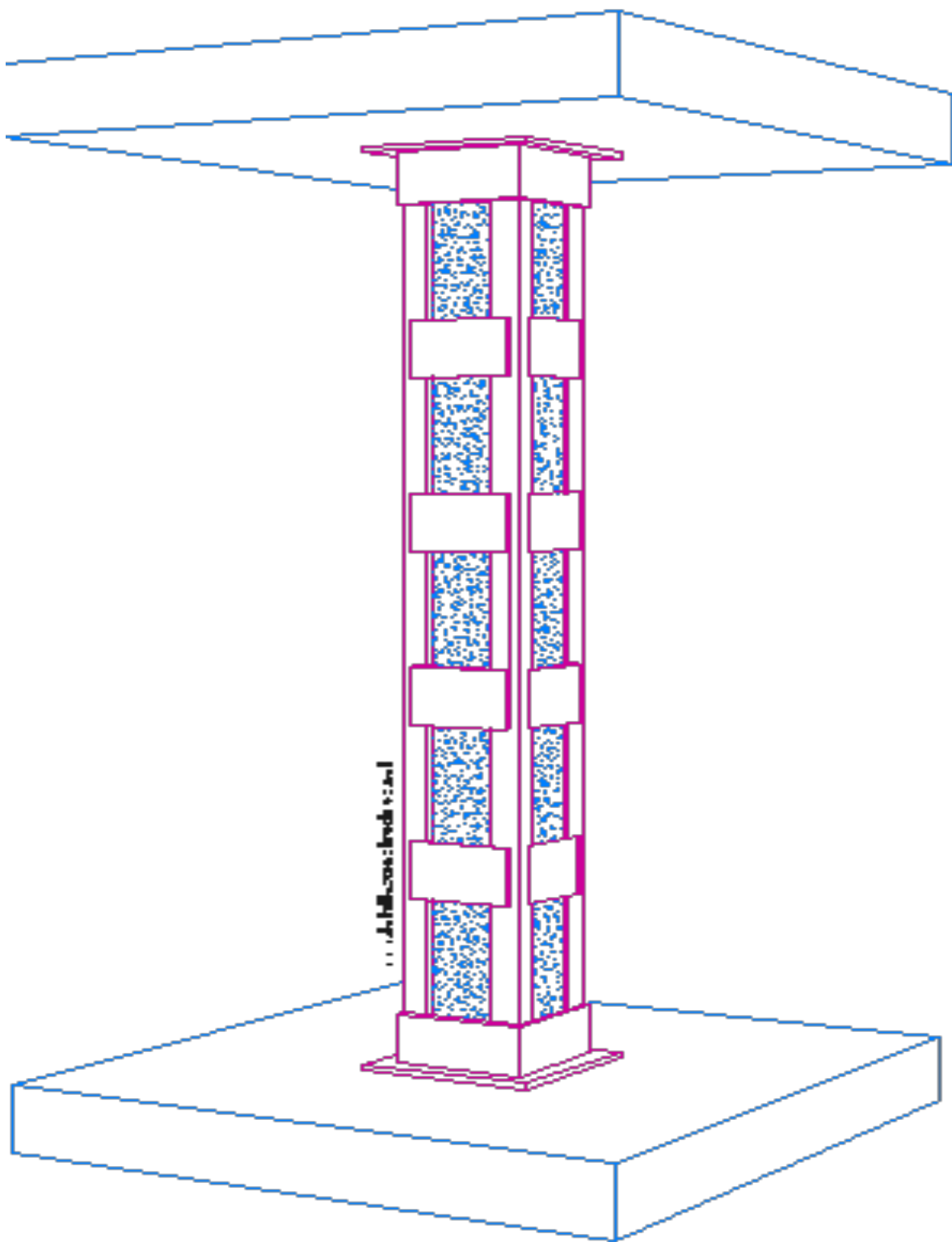
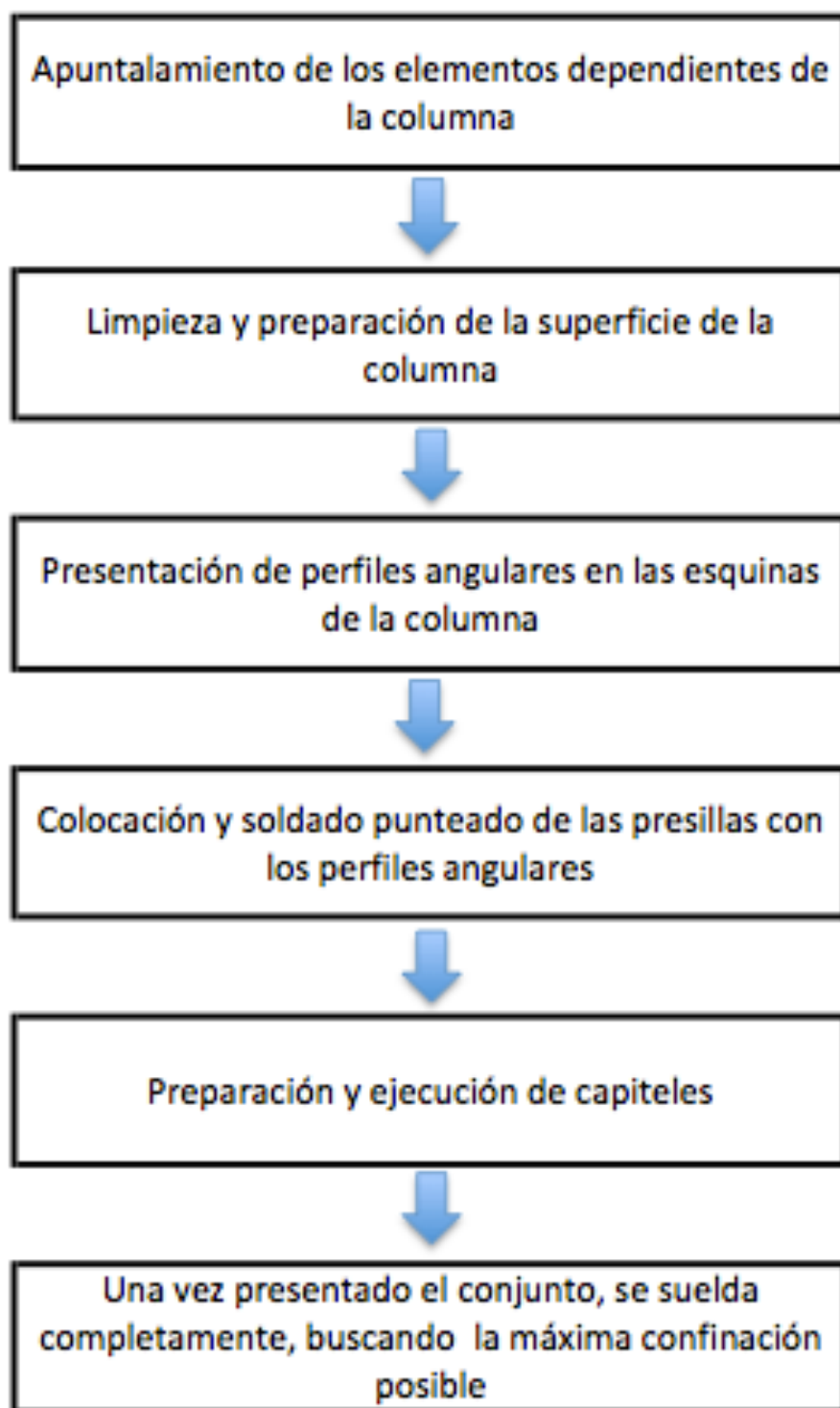


Figura 16 . Encamisado de columna con perfiles angulares de acero (Fuente: detallesconstructivos.net)

Diagrama constructivo:



III. Encamisado de vigas sometidas a flexión, con concreto armado (recrecido de canto de viga):

En general, el refuerzo de vigas a flexión se realiza incrementando fundamentalmente su capacidad flectora frente a momentos 'positivos'. Un método muy eficaz para el refuerzo a flexión consiste en recrecer la viga original mediante una sección adicional de hormigón convenientemente armado. En general el refuerzo se efectúa recreciendo inferiormente la viga original, en función de la armadura adicional que se disponga, ello permite incrementar considerablemente la capacidad frente a flexión positiva.

Materiales utilizados:

- Barras de acero de refuerzo (Cabillas).
- Concreto Autocompactable o Autonivelante.
- Resina Epóxica.
- Material para Encofrado: Madera, Acero o Plástico.

Procedimiento constructivo:

1) Apuntalamiento

El apuntalamiento es el primer paso a realizar en casi cualquier rehabilitación estructural, principalmente por que sirve también de medida preventiva en caso de sospecha de falla o riesgo en un elemento.

Se debe apuntalar los elementos estructurales adyacentes, que pudieran estar vinculados y ser afectados por alguna falla en el elemento a rehabilitar.

En el caso de la viga se procederá a apuntalar la placa que reposa sobre esta para así desestresar la viga de cualquier solicitación generada por la placa.



Fotografía 20. Apuntalamiento de viga (fuente: narcizobarros.com)

2) Descubrimiento y limpieza del acero de la viga existente.

De acuerdo al estado en el que se encuentre la interface entre concreto original y de refuerzo se debe, descubrir la capa de concreto que protege la armadura y limpiar la superficie de concreto y la armadura como tal, eliminando polvo, suciedad o material susceptible de estar deteriorado, y aplicar una capa continua de adhesivo (epóxico) de 1 mm de espesor.



Fotografía 21. Descubrimiento de acero en viga (fuente: narcizobarros.com)

3) Tipos de Armado

Ya que las vigas son elementos estructurales que muchas veces se encuentran empotrados en la losa, las armaduras y como ponerlas puede variar dependiendo de cuanto de la viga este descubierto o si es una viga descubierta se puede trabajar toda su superficie.

Por otro lado lo mas habitual es conseguir vigas de canto es decir que solo su parte inferior y parte de sus laterales están descubiertos, también se encuentran vigas planas, se entiende que existen distintos tipos de vigas y por ello existen varias formas de rehabilitarlas.

A continuación se destacaran tres tipos de armaduras aplicables en vigas , ilustradas en las figuras :

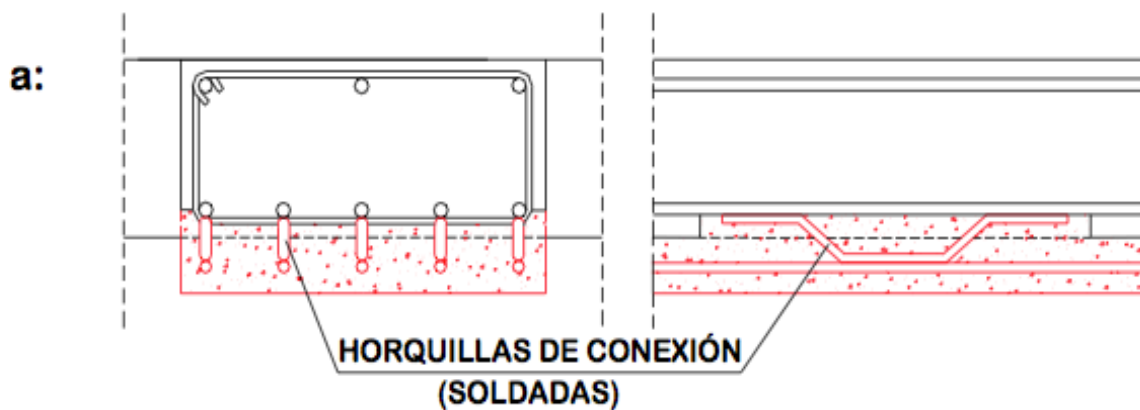


Figura 17 . Armados para refuerzo de vigas caso a. (Fuente: Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación)

- a) Viga Plana: se observa un refuerzo exclusivamente a flexión realizado recreciendo inferiormente la viga original. Esta solución requiere la conexión directa de las armaduras longitudinales original y de refuerzo.

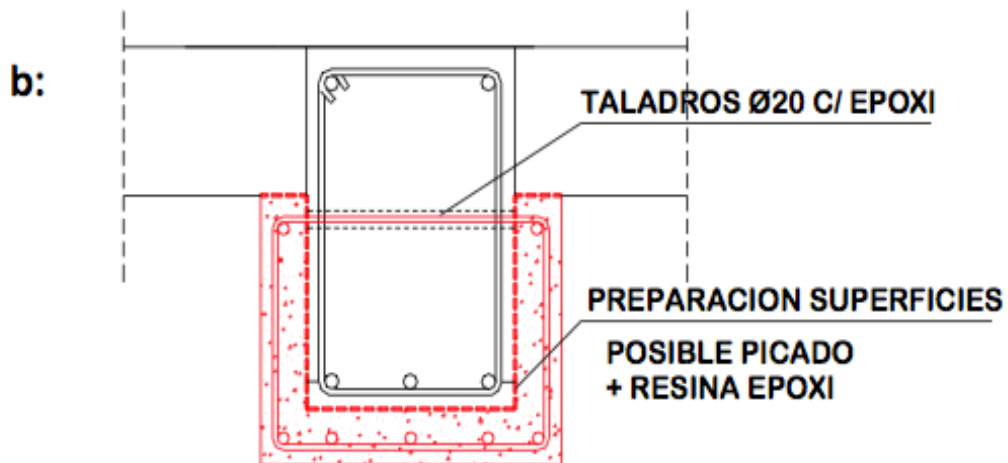


Figura 18 . Armados para refuerzo de vigas caso b. (Fuente: Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación)

- b) Viga de “cuelgue”: se muestra una solución apta para este caso, en la que esencialmente se consigue también un refuerzo a flexión, si bien se evita la necesidad de conectar directamente armaduras.

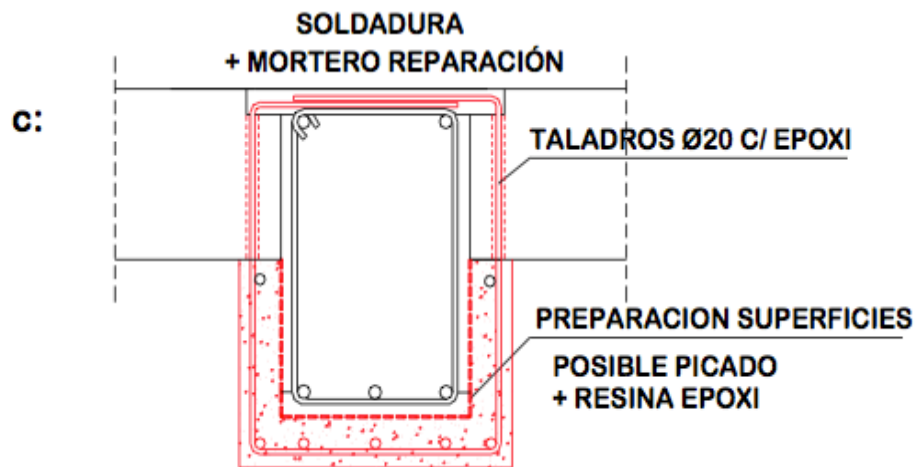


Figura 19 . Armados para refuerzo de vigas caso c. (Fuente: Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación)

- c) Representa un sistema de refuerzo tanto a flexión como a cortante mediante el cual pueden alcanzarse considerables incrementos de resistencia.

4) Preparación de la viga para la conexión de armaduras

- a) En este tipo de vigas luego de descubrir por completo el acero original, es necesario soldar horquillas metálicas a lo largo de la viga donde luego se conectara el acero de refuerzo

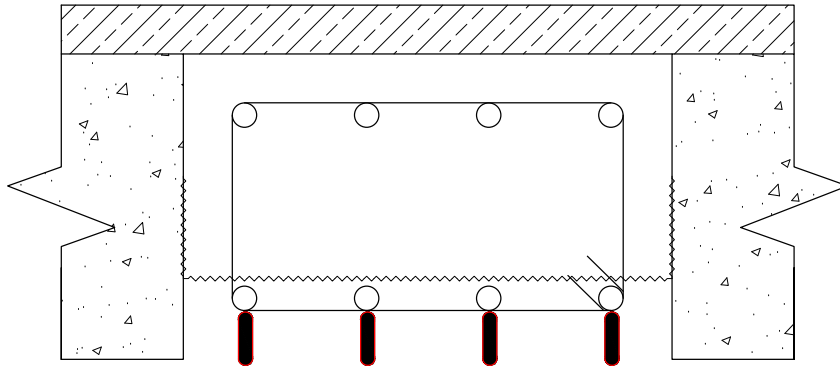


Figura 20 . preparación viga caso a (fuente: propia)

- b) Partiendo de un previo diseño de el refuerzo se debe tener la separación de los nuevos estribos de refuerzo en la viga, para proceder luego a perforar la viga transversalmente, a la altura donde se interceptan la viga con la losa, estos agujeros se rellenaran de resina epóxica y se dispondrán anclajes metálicos donde se colocaran los estribos luego.(Figura)

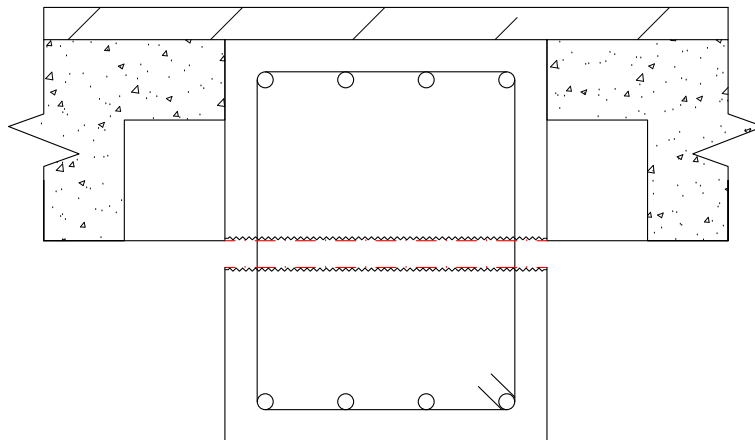


Figura 21 . preparación viga caso b (fuente: propia)

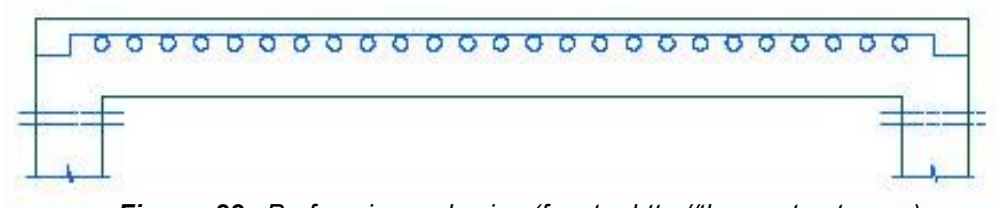


Figura 22 . Perforaciones de viga (fuente: <http://theconstructor.org>)

- c) Este caso aunque similar al anterior no es igual ya que las perforaciones deberán ser a través de la losa que se apoya en la viga y se deberá descubrir la parte superior de la viga y recubrir con resina epóxica.

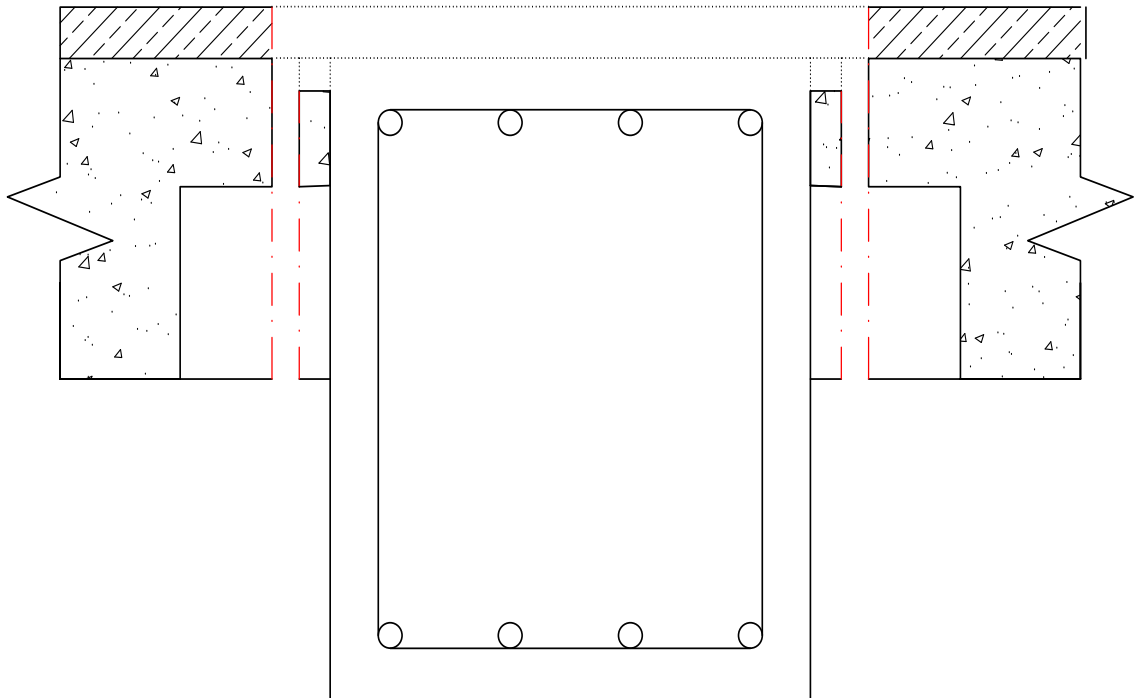


Figura 23 . preparación viga caso c (fuente: propia)

5) Colocación de estribos

A diferencia de las columnas en las vigas es necesario posicionar y amarrar bien los estribos nuevos al elemento ya existente para que luego el acero longitudinal pueda apoyarse sobre estos

- a) En este caso no se utilizan estribos, se utilizan horquillas soldadas entre en acero nuevo y el original
- b) Se colocaran estribos dejando los estribos y el refuerzo en general confinado a la parte inferior de la viga.
- c) Se deben introducir los estribos y en la parte superior de la viga se removerá el recubrimiento para dar paso al estribo que reposara allí y luego recubrir tanto la parte superior como los agujeros perforados con resina epóxica.

6) Colocación de acero longitudinal de refuerzo

Aunque los 3 casos anteriormente mencionados sean muy similares detallaremos la colocación del nuevo acero de refuerzo en cada uno de ellos:

- a) Se colocara el nuevo acero longitudinal soldándolo a las horquillas metálicas ya soldadas al acero original.
- b) En este caso no se planteara la unión del acero mediante soldadura, simplemente se dejara descansar el acero longitudinal, previamente calculado, sobre los estribos ya colocados y en su lugar, se podrá amarrar el acero a los estribos con alambre para asegurar que no se mueva de su lugar durante el vaciado.

c) Este procedimiento es igual al descrito para el caso “b”.

7) Colocación de encofrado.

Se debe encofrar la viga por completo teniendo en cuenta que se debe perforar la losa o sección de losa inmediatamente superior al área de ensanchamiento de sección para poder vaciar el concreto por estos espacios.

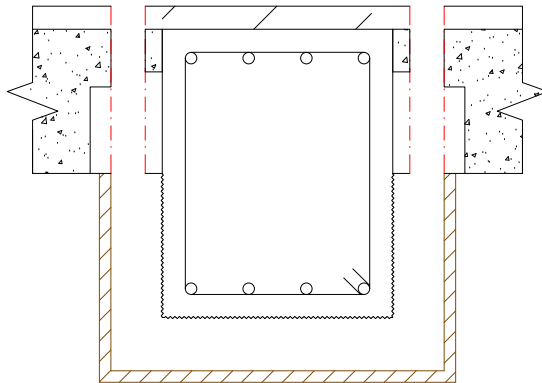


Figura 24 . Encofrado de viga (fuente: propia)

8) Vaciado de concreto.

Es recomendable utilizar un concreto que no se contraiga que sea autocompactable, de alta resistencia y alta durabilidad. Además se sugiere utilizar un concreto que tenga un $f'c$ mayor en 50 Kg/cm² que el utilizado en la viga original. Para el curado total del concreto debe pasar un lapso de 10 días.

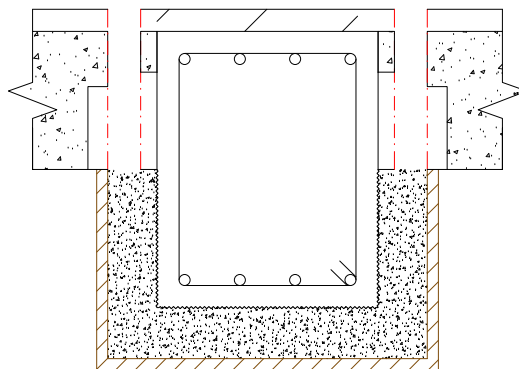
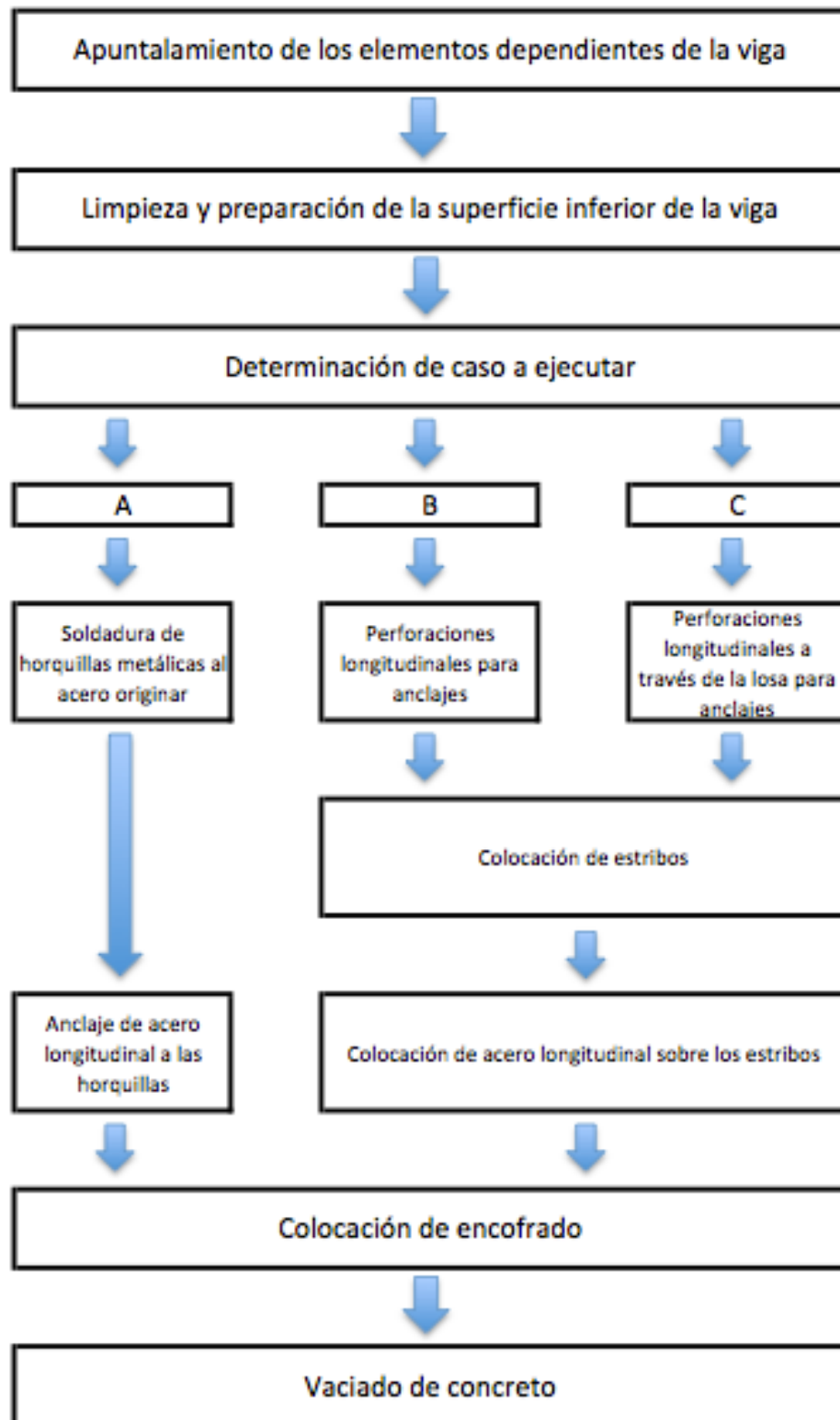


Figura 25 . vaciado de concreto (fuente: propia)

Diagrama constructivo:



V. Pórticos diagonalizados con elementos de acero:

Este método consiste en la adición de elementos metálicos dentro de pórticos de concreto para disminuir el desplazamiento lateral de la estructura durante sismos y corregir problemas de torsión. La conexión de los nuevos elementos metálicos adicionados externamente a la estructura existente requiere de elementos macizos (perfiles tipo I, H) perfectamente anclados conformando un elemento estructural compuesto y que garanticen el trabajo en conjunto de toda la estructura reforzada o rehabilitada.

Ventajas

- La mayor parte del trabajo de reforzamiento puede ser llevado a cabo con elementos prefabricados, brindando mayor comodidad en el trabajo de obra.
- Tanto la entrada de luz como la circulación de aire son permitidas.
- Brindan gran estabilidad a la estructura.

Desventajas:

- Requiere de mano de obra calificada.

Materiales utilizados:

- Perfiles de acero tipo ("Tubulares de pared gruesa", "Tubulares formados por la unión de dos perfiles tipo U soldados entre sí", "H").
- Pernos de Acero.
- Resina Epóxica.
- Planchas de Acero.

Procedimiento constructivo:

- 1) Limpieza de la superficie de las juntas del pórtico.

Se elimina el friso de las juntas y adicionalmente se retira el polvo y suciedades que puedan quedar en la superficie de trabajo. Una vez que este bien limpia la superficie se procede a colocar la resina epóxica sobre la misma.

- 2) Colocación de corsé en la junta.

Sobre la junta preparada se colocan planchas de acero en forma de corsé las cuales soportaran el cortante adicional que se generara a raíz de la colocación de las diagonales de acero, además serán el elemento de unión entre el concreto y el acero.

Las planchas deben ser ancladas dentro de la losa y adheridas a la misma con una resina epóxica.

Las planchas deben ser prefabricadas con las siguientes dimensiones que se muestran a continuación:

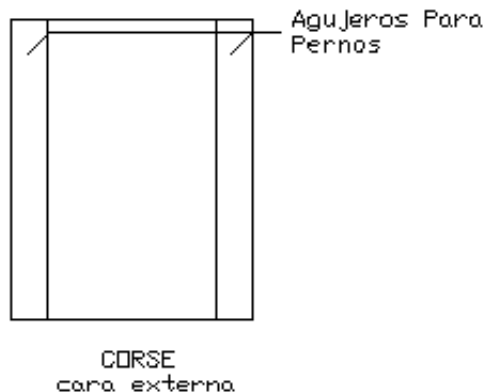


Figura 26 . Detalle corse
(fuente: propia)

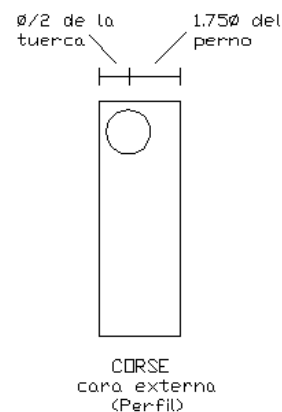


Figura 27 . Detalle corse
(fuente: propia)

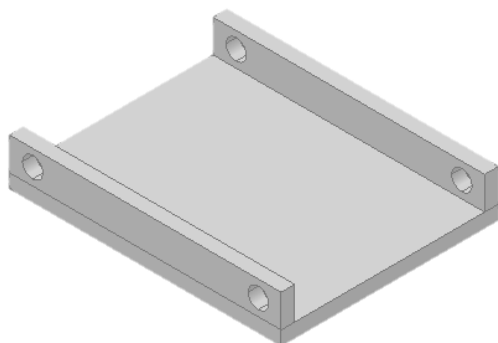


Figura 28 . Detalle corsé 3D
(fuente: propia)

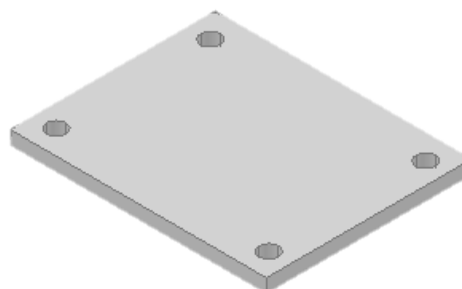


Figura 29 . Detalle corsé cara interna 3D (fuente: propia)

3) Preparación de los perfiles a ser utilizados.

Los perfiles a ser utilizados como diagonales, seleccionados previamente de acuerdo a las solicitaciones del pórtico, deben ser prefabricados con unas aletas de acero soldadas en los extremos de los mismos con forma triangular de 30° y plancha de acero perpendicular al perfil.

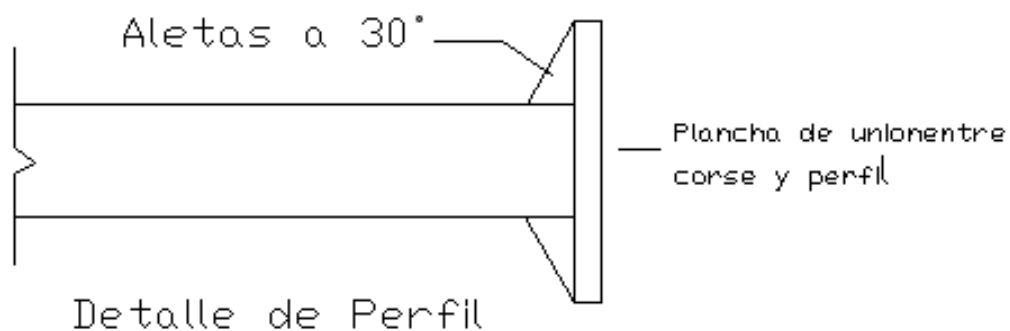


Figura 30 . Detalle perfil (fuente: propia)

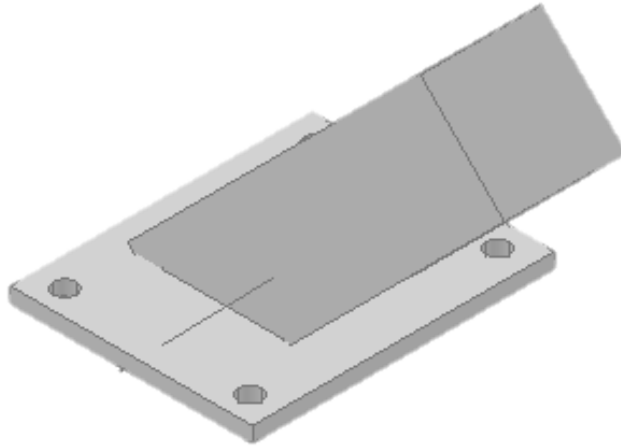


Figura 31 . Detalle perfil 3D (fuente: propia)

4) Colocación de los perfiles de acero.

Los perfiles de acero son unidos entre si por medio de soldadura convirtiéndose en una sola estructura en forma de X, la cual es colocada dentro del pórtico y es adherida en los extremos (la plancha con el corsé de la junta) por medio de pernos.

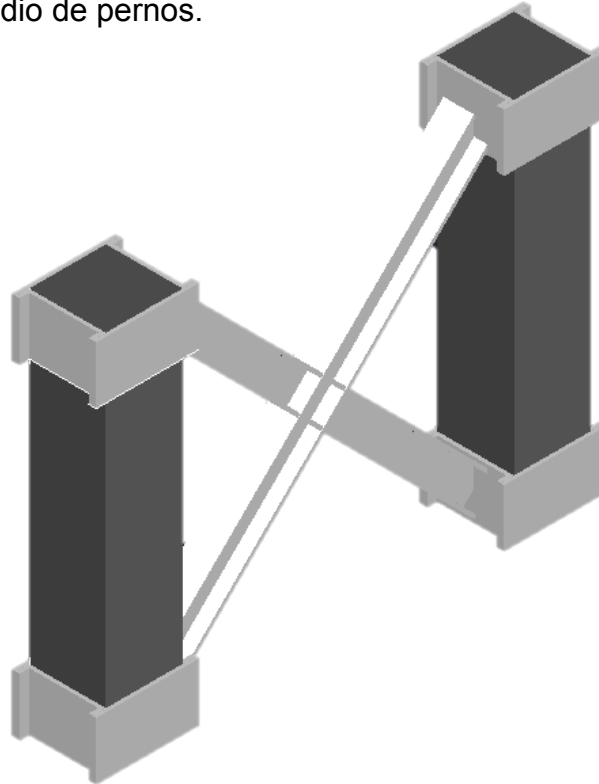
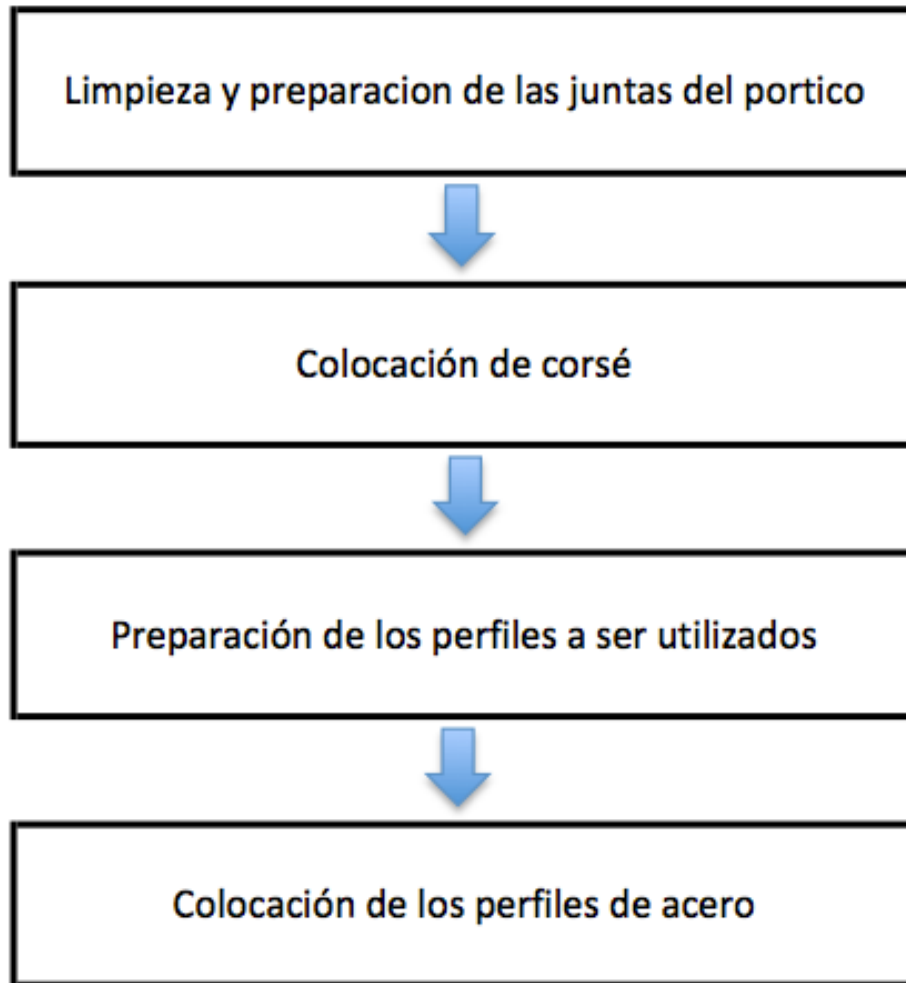


Figura 32 . Detalle diagonalizacion 3D (fuente: propia)

Diagrama constructivo:



VI. Muros de Relleno de pórticos

Este método consiste en la adición de un muro de concreto armado a un pórtico existente, con la finalidad de disminuir desplazamientos laterales a la hora de un sismo. Debido a la unión del mismo con las columnas, los esfuerzos en éstas cambiarán sustancialmente. Si el acero de refuerzo de las columnas es suficiente para soportar las nuevas cargas, la unión con el muro podrá realizarse solamente por medio de anclajes de las cabillas de refuerzo. En caso contrario, se debe construir un encamisado de la columna en forma monolítica con el muro.

Ventajas:

- Es un método mas sencillo de realizar que el de pórticos diagonalizados y su finalidad es la misma.
- No necesita mano de obra especializada.

Desventajas:

- Cambian la distribución arquitectónica de la edificación.
- Ocasiona el cerramiento completo del pórtico por lo que se impide la entrada de luz y de aire por el mismo.

Materiales Utilizados:

- Barras de acero de refuerzo (Cabillas).
- Concreto.
- Resina Epóxica.
- Material para Encofrado: Madera, Acero o Plástico.

Procedimiento Constructivo:

1) Aislamiento de elementos que conforman el pórtico

En esta fase se debe retirar o demoler todo elemento que pudiera obstaculizar la construcción del muro estructural, tales como: paredes de mampostería, sobrepisos así como cualquier revestimiento existente incluyendo frisos, de manera tal que quede expuesto el concreto

2) Perforación de vigas y columnas.

Se hacen perforaciones de diámetro 1 a 2 mm mayor que el diámetro de las cabillas que serán ancladas tanto en vigas como columnas del pórtico. Posteriormente se coloca una resina epóxica para garantizar la adherencia del acero con el concreto. Es importante recalcar que la longitud de anclaje dependerá de las especificaciones del fabricante de la resina epóxica a ser utilizada.

3) Armado del muro

De acuerdo al calculo estructural del muro a ser construido se procede a distribuir el armado del mismo. Se recomienda no utilizar cabillas mayores a ½" para tener una menor longitud de anclaje.

4) Encofrado del muro.

Bien sea con madera o acero se construye el encofrado de manera tal que las paredes del mismo queden a nivel medio de la viga formando un embudo como se muestra en la figura 26, para que a la hora de añadir el concreto este cubra completamente el espacio entre la viga y el muro.

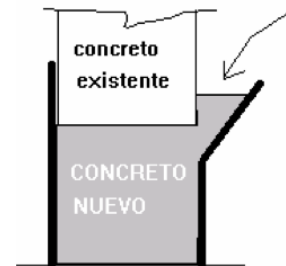


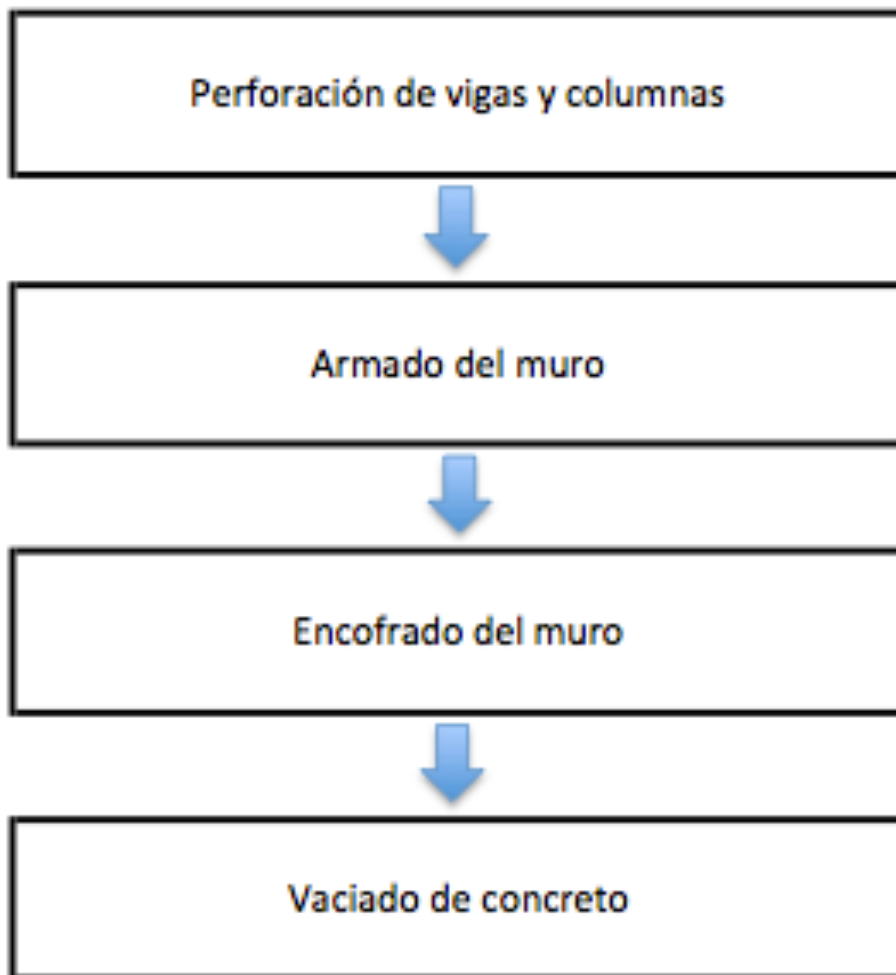
Figura 33 . Detalle encofrado
(fuente: NORMA TECNICA E. 070
ALBAÑILERIA, Perú)

5) Vaciado de concreto.

Se vacía el concreto monolíticamente.

En caso de ser necesario un encamisado de columna el procedimiento constructivo no varia solo cambia la forma del encofrado y adicionalmente se debe realizar el procedimiento constructivo del encamisado de columnas con concreto.

Diagrama constructivo:



VII. Reforzamiento de las fundaciones:

Los métodos de rehabilitación estructural explicados anteriormente conllevan a un aumento de solicitaciones a nivel de fundación por efecto sísmico que no fueron consideradas a la hora de diseñar las mismas, por lo que es necesario tomar en cuenta las nuevas solicitaciones y verificar si la fundación las soportara. De no ser así deben considerarse posibles soluciones para que la rehabilitación estructural sea efectiva.

Cada estructura presenta un caso particular que debe ser evaluado y estudiado para conseguir la opción mas optima para solventar los problemas que puedan presentar las fundaciones con los métodos de rehabilitación estructural descritos anteriormente.

Como posible solución se plantea el uso de micropilotes, los cuales de acuerdo al sistemas de fundaciones que presente la estructura será construido de diferentes maneras. Es importante considerar que para los casos en donde las fundaciones presentes no sean del mismo tipo que la planteada, la misma (micropilotes) pasara a ser el nuevo soporte de la estructura dejando al existente como un factor de seguridad adicional .

Como otra posible solución se plantea una metodología de ensanchamiento de zapatas aisladas, esto en el caso particular de que las fundaciones de la edificación sean de este tipo. Adicionalmente debe ser considerado que tanto deben ser ensanchadas las mismas para saber si caben o si la aplicación del mismo es lo mas recomendables.

Procedimiento Constructivo:

1. Excavación alrededor de la zapata.



Fotografía 22 . Zapata descubierta
(fuente: <http://www.cuevadelcivil.com>)

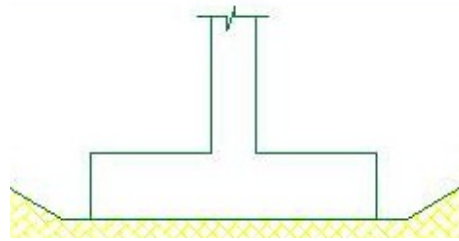


Figura 34 . Zapata descubierta
(fuente: <http://theconstructor.org>)

2. Limpieza y descubrimiento del acero a fin de crear una superficie rugosa para mayor adherencia del nuevo concreto.
3. Instalación de pasadores en 25-30cm de separación en ambas direcciones utilizando un material epóxico adecuado.



Fotografía 23 . Zapata con pasadores
(fuente: <http://www.cuevadelcivil.com>)

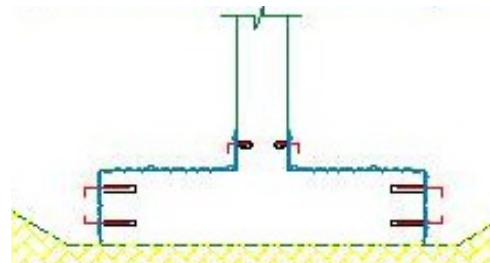
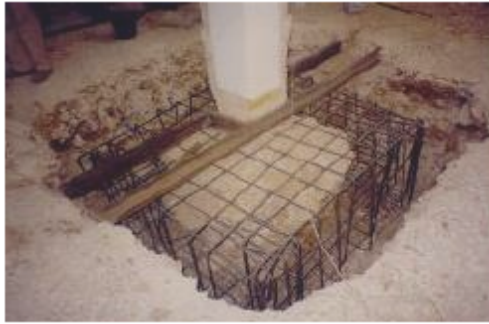


Figura 35 . Zapata con pasadores
(fuente: <http://theconstructor.org>)

4. Fijación de las barras de acero nuevas con las espigas utilizando alambres de acero. El diámetro y el número de barras de acero debe ser de acuerdo con el diseño.



Fotografía 24. Zapata con Nueva armadura
(fuente: <http://www.cuevadelcivil.com>)

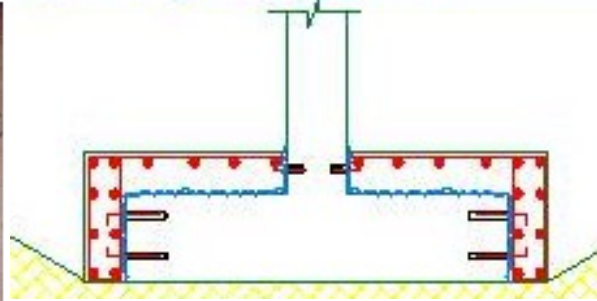
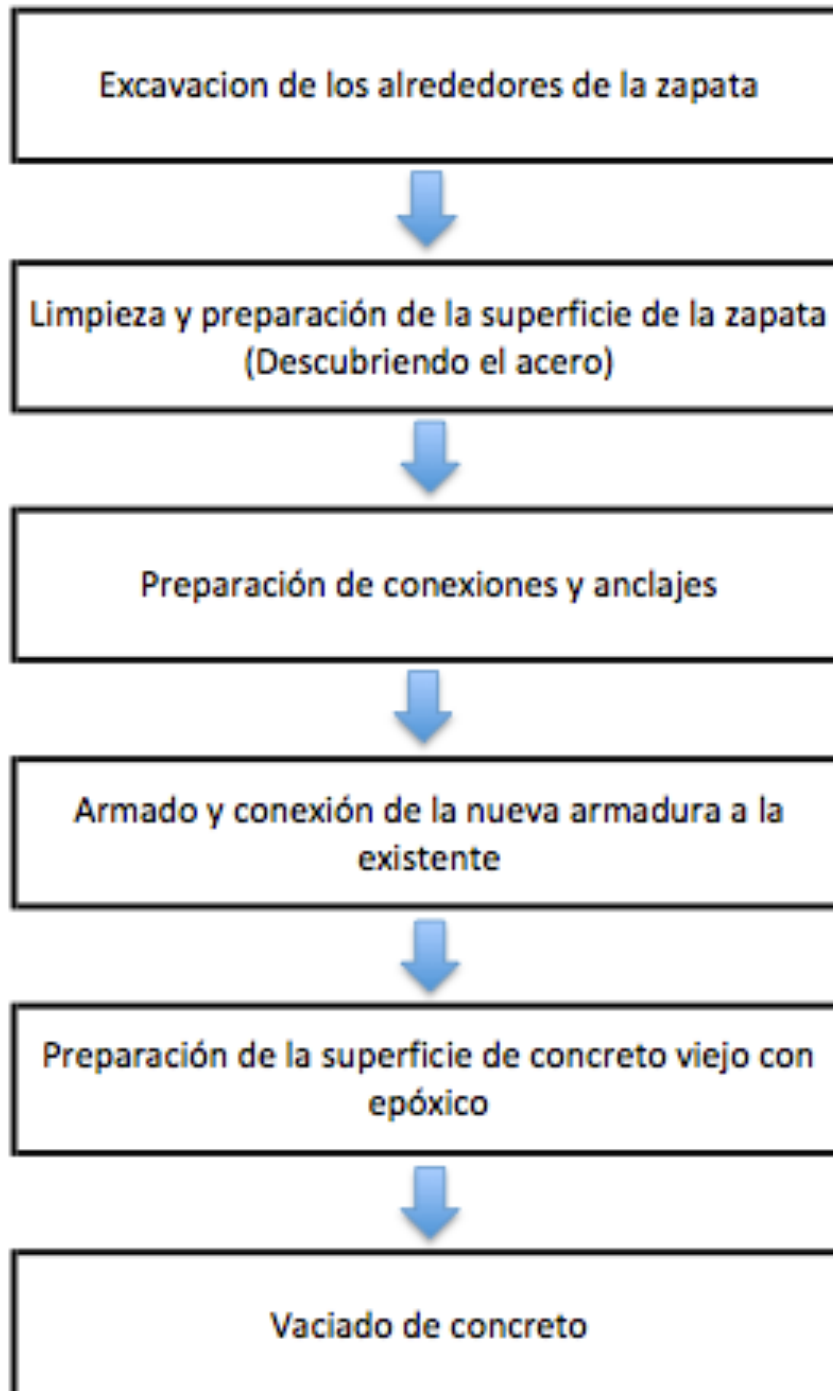


Figura 36 . Zapata con Nueva armadura
(fuente: <http://theconstructor.org>)

5. El recubrimiento de la zapata superficial con una resina epóxica para unir el concreto viejo con el nuevo

6. Vaciado del nuevo concreto sobre la nueva armadura

Diagrama constructivo:



CAPITULO V

CONCLUSIONES

Para la selección de los sistemas de rehabilitación estructural se tomaron en cuenta los métodos mas utilizados en el país, tomando como variables para dicha selección materiales utilizados en los procedimientos constructivos y ejemplos de estructuras que han sido rehabilitadas en el país. Una vez cumplidos los objetivos inicialmente planteados, se pudo concluir lo siguiente:

En el aspecto de recolección de información bibliográfica, es importante destacar la falta de material acerca de las distintas metodologías, existe mucha información acerca de los métodos como tal y cuales son sus objetivos, pero en la parte constructiva de cada uno se aprecio una casi inexistente metodología de los mismos.

Actualmente en las normas venezolanas no se encuentran acotaciones específicas ni recomendaciones sobre estos procesos de rehabilitación, la única referencia encontrada es una lista de rehabilitaciones aceptadas en la norma COVENIN 1756-2001. Esto pudiese dar excesiva libertad para el desarrollo de cualquier metodología constructiva de rehabilitación, ya que no existen lineamientos básicos estipulados en las normas.

Se observo que entre los puntos claves para el buen desarrollo de estos métodos están la buena utilización de resinas de adherencia, principalmente epóxicos, asegurar una buena transferencia de esfuerzos entre los elemento a rehabilitar y las rehabilitación y por ultimo pero no menos importante la actualización y refuerzo de las fundaciones, que como muchos autores coinciden son parte fundamental de estos procesos y no actualizarlas o tomarlas en consideración para la rehabilitación podría ser contraproducente para la estructura.

Se destaca que en cada proceso descrito la necesidad de descubrir el acero interior de los elementos y en muchos casos quitar parte del recubrimiento de concreto para generar una superficie irregular donde sea mas fácil la utilización de resinas de adherencia (pegamentos).

Es muy importante asegurar una buena transmisión de esfuerzos, especialmente en las columnas, en estos elementos es indispensable buscar un confinamiento de la sección envuelta en el refuerzo, ya sea de acero o de concreto, el encamisado en las columnas debe comprimir la misma y asegurar la transferencia de los esfuerzos, así como un comportamiento monolítico del elemento original junto con el refuerzo, se debe también tomar en cuenta los recomendados capiteles para una mejor transferencia de esfuerzos en los nodos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda con especial atención que antes de la utilización de cualquier metodología descrita en este documento, se realice un estudio de la estructura a rehabilitar y además un diseño previo de la rehabilitación, es imperativo para la aplicación y desarrollo de cualquiera de los métodos de rehabilitación aquí descritos.

Se llama a una especial atención en las fundaciones de las estructuras a rehabilitar, ya que cualquier modificación aquí descrita generara solicitaciones sísmicas adicionales en estas, las cuales no habrían sido contempladas en el diseño original de la edificación, y siendo una parte tan importante de la estructura no seria recomendable, ejecutar estas mediadas de rehabilitación sin tomar en cuenta el impacto sobre las fundaciones.

Se llama a la verificación del marco normativo legal en el momento de aplicar las metodologías descritas en este trabajo, ya que las metodologías descritas fueron desarrolladas con basamentos en las normas actuales de la Republica Bolivariana de Venezuela, y en un futuro pudiesen estar sujetas a cambios ya sea por actualización de las normas o por avances tecnológicos en este campo.

Se recomienda a la hora de ejecutar cualquier método de rehabilitación estructural, elaborar un estudio económico a fin de evaluar la conveniencia o no de su aplicación .

BIBLIOGRAFÍA

J.L. RAMÍREZ ORTIZ, J.M. BÁRCENA DÍAZ, J.M. FEIJOO GIL. **“Eficacia Resistente de Pilares de Hormigón Armado de Baja Calidad Reforzados por Dos Procedimientos Diferentes”**. Informes de la Construcción, n1 272, pp. 89-98. Madrid, Junio 1975

J.L. RAMÍREZ ORTIZ, J.M. BÁRCENA DÍAZ, J.M. FEIJOO GIL. (1977) **“Comparación Resistente de Cuatro Métodos de Refuerzo de Pilares”**. Informes de la Construcción, n1 275, pp. 57-68. Madrid.

J.L. RAMÍREZ ORTIZ. (1996). **“Ten concrete column repair methods. Construction and Building Materials”**, 10, 195-202.

A. DEL RÍO BUENO. (1987). **“Aportaciones al Refuerzo de Estructuras de Hormigón Armado de Edificación”**. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid. Madrid,

DANTE ARIEL. (2007). **“Refuerzo de pilares con encamisado de hormigón solicitados a axil centrado”**. Trabajo de investigación para la universidad politécnica de Madrid.

Helene, P (2003). **“Proyectar para durabilidad”**. Seccional colombiana del ACI. Bogotá, Colombia.

Helene P., Pereira F. (2007). **“Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto”**. Editores. Sao Paulo, Brasil.

Tumialan Gustavo (2005), **“Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto”**

E. GIMÉNEZ CARBÓ. (2007) **“Estudio experimental y numérico de soportes de hormigón armado reforzados con perfiles metálicos sometidos a esfuerzos de compresión simple”**. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

S.M JOHNSON. (1973). **“Deterioro, conservación y reparación de estructuras”**. Editoriales Blume y Labor. 334 pp. Madrid,

Arias, F. (2004). **El Proyecto de Investigación, Guía para su Elaboración**. Episteme. Venezuela.

Aurrekoetxea, J. (2009). **“Reparación de pilares con daños parciales**

localizados". Universidad de Burgos. Burgos, España.

Fernández Canovas M. (1994). **"Patología y Terapéutica del hormigón armado"**. ED. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, España.

Fernández Canovas M. (1996). **"Hormigón"**. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, España.

Guido, Geimar. (1979). **"Concreto"** Sika. Valencia, Venezuela

Muñoz, Harold. (2001). **"Evaluación y Diagnostico de Estructuras de Concreto"**. Seminario. Bogotá, Colombia.

Norma Covenin 1753:2006 **"Proyecto y construcción de obras de concreto estructural"**

Norma Técnica FONDONORMA: **"Concreto. Durabilidad"** NTF 27:1-004

Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño (2001). **Manual de Trabajo Especial de Grado**. Extensión Valencia.

Porrero, Ramos, Grases, Velazco (2008). **"Manual del concreto estructural"**. SIDETUR. Caracas, Venezuela.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Estructuras de Acero y Concreto Rehabilitación (2008, Febrero 12) Pág.
Web en línea: [http:// www. lamigal.com](http://www.lamigal.com) (Consultada: 2012, Octubre1).

Refuerzo de Vigas (2011, Mayo 5)
Web en línea: <http://www.cuevadelcivil.com>(Consultada: 2012, Octubre 17).

Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto
(2005) Web en línea: <http://www.scrib.com>(Consultada: 2012, Octubre 3).

Pernos de anclaje

http://www.construmatica.com/archivos/46568/hus_hr_hormigon.pdf
(Consultada: 2012, Octubre1)

Placas de anclaje

https://www.hilti.es/fstore/holes/techlib/docs/typicals_cad_files/anchors/Placa_muro_hormigon.pdf (Consultada: 2012, Septiembre 20)

Barras roscadas

<http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/9394729/Medicion-de-Barras-Roscadas.html>te (Consultada: 2012, Septiembre 20)

Técnicas de rehabilitación estructural

http://www.rehabimed.net/Publicacions/Metode_Rehabimed/II.%20Rehabilitacio_Ledifici/ES/2a%20Parte.%20Herramienta%208.pdf (Consultada: 2012, Septiembre 25)

Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón

<http://www.scribd.com/doc/35762562/Manual-Rehabilitacion-de-Estructuras-Hormigon-Reparacion-Refuerzo> (Consultada: 2012, Septiembre 25)

Manuales IMMERC

<http://www.immerc.com.ve/productos/anclajes.html> (Consultada: 2012, Octubre 3)

<http://www.ingenieria.peru-v.com> (Consultada: 2012, Septiembre 29)

<http://ciperchile.cl> (Consultada: 2012, Septiembre 29)

<http://www.viax.cl> (Consultada: 2012, Octubre 5)

ANEXOS