

2

Reparación y refuerzo

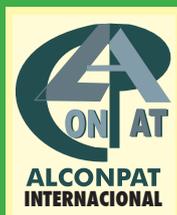
Reparo e reforço

Repair and strengthening

Boletín Técnico

Raúl Husni

Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología
y Recuperación de la Construcción - ALCONPAT Int.



Elaboración de:



PREFÁCIO

Com o grande desenvolvimento atual dos meios de comunicação e de transporte, há efetiva possibilidade e necessidade de integração dos profissionais dos países Ibero-americanos, conscientes de que o futuro inscreve-se numa realidade social onde o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico são as ferramentas corretas a serem utilizadas em benefício da sustentabilidade e qualidade de vida de nossos povos.

É missão e objetivo da ALCONPAT (Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción) ser um forte instrumento de união, desenvolvimento e difusão dos conhecimentos gerados pela comunidade da construção civil, com foco nos materiais e na gestão da qualidade de obras em andamento, no estudo dos problemas patológicos, na manutenção, recuperação e proteção do enorme patrimônio construído e na prevenção de falhas de projeto e construção em obras novas.

Desde sua fundação no ano de 1991 em Córdoba, Argentina, os membros da ALCONPAT Internacional e de suas delegacias e entidades nacionais, vêm organizando cursos, seminários, palestras e, nos anos ímpares o tradicional e reconhecido congresso científico CONPAT, já realizado de forma itinerante em onze diferentes países da Ibero-américa.

Com o objetivo de fortalecer essa integração e valorizar ainda mais a Construção Civil desses países, a ALCONPAT instituiu, em 2011, a “Comisión Temática de Procedimientos Recomendables” sob a profícua coordenação do Prof. Dr. Bernardo Tutikian. Essa Comissão tem o objetivo de levantar temas de interesse da comunidade, buscar um especialista que se disponha a pesquisar e escrever sobre o assunto, voluntariamente, e divulgar esse conhecimento na comunidade Ibero-americana.

O conteúdo deve ser claro, objetivo, com bases científicas, atualizado e não muito extenso, fornecendo a cada leitor profissional as bases seguras sobre um tema específico de forma a permitir seu rápido aproveitamento e, quando for o caso, constituir-se num ponto de partida seguro para um desenvolvimento ainda maior daquele assunto.

O resultado dessa iniciativa agora se cristaliza na publicação de 10 textos fantásticos, em forma de fascículos seriados, cuja série completa ou coletânea se denomina “O QUE É NA CONSTRUÇÃO CIVIL?”. Se tratam de textos conceituais visando o nivelamento do conhecimento sobre as principais “palavras de ordem” que hoje permeiam o dinâmico setor da

Construção Civil, entre elas: Sustentabilidade, Qualidade, Patologia, Terapia, Profilaxia, Diagnóstico, Vida Útil, Ciclo de Vida, e outras, visando contribuir para o aprimoramento do setor da construção assim como a qualificação e o aperfeiçoamento de seus profissionais.

Por ter um cunho didático, os diferentes temas são abordados de modo coerente e conciso, apresentando as principais etapas que compõem o ciclo dos conhecimentos necessários sobre aquele assunto. Cada fascículo é independente dos demais, porém o seu conjunto constituirá um importante referencial de conceitos utilizados atualmente na construção civil.

O curto prazo disponível para essa missão, de repercussão transcendental aos países alvo, foi superado vitoriosamente e esta publicação só se tornou realidade graças à dedicação, competência, experiência acadêmica, profissionalismo, desprendimento e conhecimento do Coordenador e Autores, apaixonados por uma engenharia de qualidade.

Estes textos foram escritos exclusivamente por membros da ALCONPAT, selecionados pela sua reconhecida capacidade técnica e científica em suas respectivas áreas de atuação. Os autores possuem vivência e experiência dentro de cada tópico abordado, através de uma participação proativa, desinteressada e voluntária.

O coordenador, os autores e revisores doaram suas valiosas horas técnicas, seus conhecimentos, seus expressivos honorários e direitos autorais à ALCONPAT Internacional, em defesa de sua nobre missão. Estimou-se essa doação em mais de 500h técnicas de profissionais de alto nível, a uma média de 50h por fascículos, acrescidas de pelo menos mais 200h de coordenação, também voluntária.

Todos os recursos técnicos e uma visão sistêmica, necessários ao bom entendimento dos problemas, estão disponíveis e foram tratados com competência e objetividade, fazendo desta coletânea uma consulta obrigatória. Espera-se que esta coletânea venha a ser amplamente consultada no setor técnico-profissional e até adotada pelas Universidades Ibero-americanas. Esta coletânea é mais um esforço que a ALCONPAT Int. realiza para aprimoramento e atualização do corpo docente e discente das faculdades e universidades, assim como para evolução dos profissionais da comunidade técnica ligada ao construbusiness, valorizando indistintamente a contribuição da engenharia no desenvolvimento sustentado dos países Ibero-americanos.

Mérida - México, março de 2013

Prof. Paulo Helene
Presidente ALCONPAT Internacional

Prof. Bernardo Tutikian
Coordenador Comisión Temática de Procedimientos Recomendables

Junta Directiva de ALCONPAT Internacional (bienio jan.2012/dez. 2013):

<i>Presidencia:</i>	<i>Prof. Paulo Helene</i>
<i>Presidência de Honor:</i>	<i>Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho</i>
<i>Vicepresidente Administrativo:</i>	<i>Profa. Maria Ysabel Dikdan</i>
<i>Vicepresidente Técnico:</i>	<i>Profa. Angélica Piola Ayala</i>
<i>Secretario Ejecutivo:</i>	<i>Prof. José Manuel Mendoza Rangel</i>
<i>Director General:</i>	<i>Dr. Pedro Castro Borges</i>
<i>Gestor:</i>	<i>Ing. Enrique Crescencio Cervera Aguilar</i>

Sede permanente ALCONPAT:

CINVESTAV Mérida México
<http://www.alconpat.org>
Dr. Pedro Castro Borges

Presidente Congreso CONPAT 2013

Prof. Sérgio Espejo

Comisiones Temáticas:

<i>Publicaciones</i>	<i>Dr. Pedro Castro Borges</i>
<i>Educación</i>	<i>Prof^a. Liana Arrieta de Bustillos</i>
<i>Membrecía</i>	<i>Prof. Roddy Cabezas</i>
<i>Premiación</i>	<i>Prof^a. Angélica Piola Ayala</i>
<i>Procedimientos Recomendables</i>	<i>Prof. Bernardo Tutikian</i>
<i>Relaciones Interinstitucionales</i>	<i>Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho</i>
<i>Historia ALCONPAT</i>	<i>Prof. Dante Domene</i>
<i>Boletín de Noticias</i>	<i>Arq. Leonardo López</i>

Missão da ALCONPAT Internacional:

ALCONPAT Internacional es una Asociación no lucrativa de profesionales dedicados a la industria de la construcción en todas sus áreas, que conjuntamente trabajan a resolver los problemas que se presentan en las estructuras desde la planeación, diseño y proyecto hasta la ejecución, construcción, mantenimiento y reparación de las mismas, promoviendo la actualización profesional y la educación como herramientas fundamentales para salvaguardar la calidad y la integridad de los servicios de sus profesionales.

Visão da ALCONPAT Internacional:

Ser la Asociación de especialistas en control de calidad y patología de la industria de la construcción con mayor representatividad gremial y prestigio profesional reconocido internacionalmente, buscando siempre el beneficio social y el óptimo aprovechamiento de los recursos humanos, materiales y económicos para la construcción de estructuras sustentables y amigables con el medio ambiente.

Valores de ALCONPAT Internacional:

Ciencia, Tecnología, Amistad y Perseverancia para el Desarrollo de América Latina.

Objetivos da ALCONPAT Internacional:

ARTÍCULO 1.2 del Estatuto. ALCONPAT se define como una asociación sin fines de lucro, cuyos fines son:
a) Contribuir al desarrollo científico y técnico de toda la comunidad Latinoamericana relacionada con la construcción y sus materiales, con énfasis en la gestión de la calidad, la patología y la recuperación de las construcciones.
b) Actuar como un interlocutor cualificado, tanto de la propia sociedad civil como de sus poderes públicos representativos.
c) Promover el papel de la ciencia y la tecnología de la construcción y sus materiales, y contribuir a su difusión como un bien necesario que es para toda la sociedad Latinoamericana y Iberoamericana.



02

ALCONPAT Internacional

Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y
Recuperación de la Construcción

Boletín Técnico

Reparación y refuerzo *Reparo e reforço* *Repair and strengthening*

Raúl Husni
Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires. ARGENTINA

Generalidades

Es de aceptación general que tanto en las construcciones como en sus estructuras deben realizarse inspecciones periódicas, cuyas características y frecuencia dependen del destino, la localización y de la importancia de la obra.

Al respecto el Código Modelo *CEB-FIP 1990* aconseja de un modo más general para las estructuras de hormigón convencional, bajo condiciones normales de servicio, realizar inspecciones con los siguientes intervalos de tiempo;

Edificios de vivienda y oficina	10 años
Edificios industriales	5 a 10 años
Puentes	2 a 6 años

Con los resultados de dichas inspecciones y de los análisis que posteriormente se realizan, es

posible evaluar el estado de la estructura, conocer la capacidad de respuesta actual y utilizando distintas técnicas de análisis, que incluyen modelos de predicción, estimar su comportamiento futuro.

Si la inspección encuentra una situación que estima satisfactoria, en general la decisión será la de seguir utilizando la estructura sin intervención alguna hasta que se realice una nueva revisión. Ante estos resultados favorables, se repite el proceso periódicamente, a menos que en el intervalo entre inspecciones se detecte alguna manifestación que justifique anticipadamente una nueva evaluación, o que se decida actuar con un criterio preventivo.

La decisión de realizar algún tipo de intervención sobre una estructura puede surgir del resultado desfavorable de alguna evaluación realizada en algún momento de su vida útil, sea esta programada o no.

Sin embargo la decisión de intervenir en la estructura, puede estar sustentada en otras circunstancias, las que desde luego requerirán también del correspondiente análisis y evaluación previa. Entre estos casos podemos mencionar,

- El cambio de destino de la construcción, donde se requieran prestaciones más exigentes a las correspondientes al proyecto o la construcción original.
- La ampliación de la construcción, por ejemplo el ensanche de un puente, la extensión en altura de una edificación existente, etc.
- Acciones no previstas o excepcionales que puedan afectar alguno de sus atributos básicos, como pueden ser el incendio en una construcción, un impacto de vehículo sobre un puente, fallas en la materialización de la estructura, etc.

Los dos primeros casos señalados implicarán la necesidad de reforzar la estructura, ya que para disponer de mayores prestaciones a las previstas originalmente, deberemos mejorar su capacidad de repuesta inicial.

En el último de los casos expuestos, en general se tratará de restituir a la estructura prestaciones a



Figura 1. (a) Protección de las pilas de un puente.

Estos trabajos, encarados previamente a que algún tipo de falla o deficiencia se manifieste, son considerados incluidos dentro de una estrategia más general, de carácter preventivo o proactivo como suele vulgarmente identificarse.

La actuación se realiza antes que los daños puedan visualizarse y tiene como objetivo retardar o eliminar la aparición de algún tipo específico de deterioro, que de acuerdo a los estudios y evaluaciones realizados, podrían presentarse.

un nivel equivalente al que originalmente contaba.

Como vemos, la orientación que le demos a la intervención en la estructura, tiene características bien diferenciadas.

Al respecto la *Norma ENV 1504*, distingue tres grupos de intervenciones distintos, particularmente caracterizados por el objetivo perseguido; Protección superficial, Reparación o Refuerzo.

La protección superficial, tiene como objetivo disminuir el desarrollo de deficiencias o defectos que pueden vincularse con la durabilidad de la estructura, afectando su vida útil, la capacidad portante, su estabilidad o las condiciones de servicio.

Es como se ve una acción esencialmente preventiva destinada a evitar o extender en el tiempo la aparición de algún tipo de falla.

Como ejemplo de protección superficial, en la Fig.1 se muestra el trabajo de recubrimiento y pintura realizado sobre las pilas de un puente con el objeto de evitar la degradación que podría generarse como consecuencia de agentes agresivos detectados en las aguas del río varios años después de su puesta en servicio.



Figura 1. (b) Protección de las pilas de un puente.

El sustento de esta estrategia es la posibilidad que hoy se dispone, aunque en forma incipiente, de utilizar modelos de predicción para determinados fenómenos que afectan el comportamiento de las estructuras de hormigón, por ejemplo, la corrosión de las barras de acero. Esto que permite en muchas ocasiones la optimización de los términos técnico-económicos y prestacionales de las estructuras, en particular de aquellas pertenecientes a las obras de infraestructura.

En este tipo de obras, el concepto del "costo público" es considerado cada vez mas en el diseño, construcción y operación de las obras públicas de infraestructura, incluyendo, en la consideración del costo total de las estructuras aquellos que surgen para los usuarios y el operador, como consecuencia de la utilización limitada de la obra en cuestión producto de los trabajos de mantenimiento.

A partir de estas consideraciones y teniendo en cuenta que a veces cuando las deficiencias son visualizables, el grado de deterioro suele ser avanzado, es muy probable que en muchas circunstancias, operar de esta manera conduzca a un menor costo total de mantenimiento y/o a una extensión de la vida útil de la obra.



Figura 2. (a) Reparación de los elementos soportes del tensor de un puente en arco.

Como se ve, en estos casos los trabajos se realizan a partir que las inspecciones permiten detectar las deficiencias, por lo que las consideramos incluidas dentro de la estrategia que denominamos reactiva, en contraposición a la anterior, de carácter proactivo o preventivo.

En este caso se actúa a partir de la detección de una deficiencia.

El tipo y el momento de intervención requerirán un estudio que permita optimizar el resultado final del costo operativo (2), teniendo en cuenta que decidir una reparación de bajo costo podría estar asociado a un trabajo de baja durabilidad y consecuentemente tener que en el corto plazo enfrentar un problema similar al que estamos resolviendo.

La toma de decisión debería estar asociada al criterio de minimizar el costo total (Ct), manteniendo

En el caso de *la reparación*, la actuación se hace sobre un estructura ya dañada.

El objetivo de restituirle parcial o totalmente sus condiciones iniciales en lo que hace a, su capacidad portante, su prestación en estado de servicio, su estabilidad o, para garantizar o extender su vida útil.

Como ejemplo de reparación se presentan en la Fig. 2a y Fig. 2b los trabajos realizados para recomponer los soportes del tensor de un puente en arco vinculados a las vigas transversales y, cuya rotura generaba marcadas vibraciones en el tablero y el posible colapso global en caso de continuar las pérdidas de sustento del tensor.



Figura 2. (b) Reparación de los elementos soportes del tensor de un puente en arco.

la confiabilidad establecida para la estructura y cuyos componentes son los correspondientes al proyecto (Cp), la construcción (Cc), el operativo (Co) y el de su demolición (Cd).

$$C_t = C_p + C_c + C_o + C_d \quad (\text{Eq.1})$$

A los efectos de la toma de decisión con respecto al tipo de reparación a realizar es de interés desglosar el costo operativo (Co) en sus componentes habituales, el correspondiente a la inspección en si misma (Ci) incluyendo el de los accesos, ensayos, etc., el correspondiente a la menor operatividad de la construcción mientras se desarrollan los trabajos de mantenimiento (Cm), la reparación en si misma (Cr) mas, el costo de una eventual falla (Cf).

$$C_o = C_i + C_m + C_r + C_f \quad (\text{Eq.2})$$

Para una obra existente y en operación, se tratará entonces de reducir el costo operativo C_o durante su ciclo de vida, balanceando adecuadamente los términos que lo componen ya que cada uno de ellos incide sobre los otros.

El refuerzo de una estructura, dañada o no, es la intervención que se realiza con el objetivo de mejorar su condición inicial de proyecto o la correspondiente al momento de su puesta en servicio, en lo referido a, la capacidad portante, el comportamiento en operación o su estabilidad.

Como se ve, los trabajos de refuerzo estructural, pueden requerir mejoras en las condiciones de su comportamiento resistente como en las de su rigidez.



Figura 3. (a) Refuerzo de una columna mediante encamisado de hormigón armado

La reparación, tal como se la definió anteriormente, esta vinculada a una estructura existente afectada en alguna de sus prestaciones y que queremos recomponer llevándola a su nivel de proyecto o al que disponía en la puesta en servicio.

En cambio, el concepto de refuerzo, esta relacionado con la idea de hacer algo, una estructura o parte de ella, tal como los casos mostrados en la Fig. 3, más resistente, o con mejor respuesta en servicio, independientemente de que se encuentre afectada o no.

Cuando se trata de refuerzos estructurales, el objetivo puede alcanzarse a través de muy diferentes medios, íntimamente relacionados con el/los componentes débiles que se identifiquen a través del análisis estructural.

Ejemplos de refuerzo estructural se muestran en la Fig. 3a y Fig. 3b, en el primer caso (a), incrementando la capacidad portante de una columna adicionándole una camisa perimetral de hormigón con sus correspondientes armaduras.

En el segundo (b), aumentando la capacidad de respuesta a flexión de una ménsula invertida, adicionándole flejes de acero que sumen capacidad de tracción a la que ya proveen las armaduras interiores existentes.

En ambos casos los refuerzos se realizaron debido a deficiencias en el proyecto, aunque también podrían haberse generado por fallas en la construcción o por algún requerimiento adicional de prestación.



Figura 3. (b) Refuerzo de una ménsula invertida mediante flejes de acero adheridos con epoxi

En estos casos resulta habitual referirnos a alguna de las siguientes técnicas disponibles:

- Incremento de la sección de hormigón o aumento de su capacidad portante mediante recursos de confinamiento.
- Incorporación de nuevas barras de acero dentro o fuera de la masa original de hormigón o alternativas equivalentes como son la colocación de flejes de acero o fibras de carbono adheridas exteriormente.
- Redistribución de la acción de las cargas exteriores y/o adición de esfuerzos mediante el empleo de cordones pos tensados.

Cualquiera sea el tipo de intervención dispuesta, previamente al inicio de los trabajos, se deberá concluir que la decisión adoptada resulta

conveniente frente a otras alternativas posibles, tales como la sustitución parcial o total del elemento estructural, que los trabajos necesarios hayan sido bien diseñados y evaluados económicamente y que la prestación y la vida útil remanente resultarán satisfactorias.

Es necesario también realizar una cuidadosa planificación de los trabajos, teniendo en cuenta las condiciones en los que se deberán desarrollar, así como los medios de acceso, la disponibilidad de equipos, etc., los que muchas veces condicionan la solución adoptada.

Es oportuno aclarar que parte de la literatura técnica distingue la reparación del refuerzo de manera algo diferente a la expuesto hasta aquí, estableciendo que los trabajos de refuerzo son aquellos que permiten incrementar la resistencia de la estructura, independientemente que esté afectada o no y los de reparación, aquellos destinados a restituirle su funcionalidad.

Según este último criterio, las actuaciones típicas de las reparaciones estarían relacionadas con daños superficiales, o con aquellos generados

por las acciones ambientales, particularmente los fenómenos de corrosión. En estos casos las reparaciones más comunes son aquellas que apuntan a preservar las armaduras de acero, por ejemplo empleando la protección catódica, mediante la restauración de su alcalinidad o de la recomposición del recubrimiento del hormigón.

Como se ve, la diferencia de criterio está relacionada con la "condición inicial", vale decir al hecho de considerar, o no, como punto de comparación la prestación de la estructura originalmente proyectada o construida.

Si es necesario superar dicha condición, el trabajo realizado entraría en la categoría de refuerzo, en cambio si se la reintegra, a la de reparación.

En nuestro criterio adoptar dicho punto de comparación clarifica responsabilidades contractuales y las obligaciones de mantenimiento de las estructuras, mas allá que en determinadas circunstancias para reparar una estructura haya que aplicar técnicas propias del refuerzo estructural.

2. Presentación de casos de reparación y de refuerzo de estructuras.

2.1. Reparación de recubrimientos. Puente sobre el río Neuquén, Argentina.

Dentro del plan de inspección de puentes establecido en la relación contractual entre el estado nacional con una empresa operadora de caminos, se detectaron deficiencias en los estribos

de un puente de hormigón armado, construido sobre el río Neuquén en el año 1936.

Debido a las características del hormigón empleado, con agregado grueso de grandes



Figura 4. (a) Estribos del puente afectados



Figura 4. (b) Estribos del puente afectados



Figura 4. (c) Sectores de los apoyos del puente con deficiencias

dimensiones y falta de materiales finos, a las deficiencias en el llenado de los moldes y en la compactación, así como a la inexistencia de recubrimientos adecuados, se generaron en distintos sectores del puente, nidos y descascaramientos con exposición de las armaduras.

Procedimiento para la reparación,

La preparación y el tratamiento del sustrato se realizaron escarificando la superficie a través de métodos manuales y mediante el empleo de maza y cincel.

Para completar el tratamiento superficial se emplearon discos de desbaste, de manera de dejar una superficie a tratar, sana y rugosa, con el agregado grueso expuesto (vide Fig. 5a, Fig. 5b, Fig. 5c, Fig. 5d) cuidando que no quedaran partes



Figura 5. (a) Sectores de estribos ya el preparados para recibir el material de relleno

Para los casos como los de la Fig. 5a donde la profundidad del relleno superaba los 4 cm,



Figura 4. (d) Sectores de los apoyos del puente con deficiencias

huecas, debilitadas o fracturadas.

Luego de la eliminar todo vestigio de oxido de las armaduras mediante el empleo de lijas y cepillos de cerdas metálicos y previamente a completar el material faltante, se procedió a limpiar la superficie con aire comprimido y a humedecerla, con el fin de contar con un sustrato de hormigón saturado, de manera tal que al aplicarle el nuevo relleno cementicio, no absorbiera agua de la mezcla adicionada.

La reparación se completó rellenando las zonas con morteros en base a cemento Pórtland, arena, y adhesivo acrílico, elaborados de manera tal que alcancen una consistencia plástica y firme, y así poder colocarlo manualmente, ayudados con espátula



Figura 5. (b) Sectores de estribos ya el preparados para recibir el material de relleno

se adicionó a la mezcla piedra triturada de tamaño máximo de 6 mm, transformando

el mortero en un micro hormigón.

Para finalizar se protegieron las zonas reparadas con mantas humedecidas, de manera de asegurar



Figura 5. (c) Sectores de los apoyos con el sustrato ya tratado



Figura 5. (d) Sectores de los apoyos con el sustrato ya tratado

2.2. Reparación parcial de la estructura de hormigón armado de un edificio de vivienda, afectada localmente por un incendio.

El incendio de una unidad de vivienda ubicada en un primer nivel de un edificio de propiedad horizontal de 14 pisos de altura, que solo pudo ser extinguido luego de más de 4 horas de trabajo por parte de los bomberos, dejó como consecuencia, daños de distinta naturaleza en sus componentes estructurales, algunos de los cuales comprometían

seriamente la estabilidad del conjunto de la edificación.

La Fig. 6a muestra parcialmente la fachada exterior del contrafrente del edificio, en la zona más afectada, con un pórtico de apeo de las columnas del sector, de 17,50 m de luz entre columnas y la Fig. 6b, una imagen del interior de la unidad dañada.



Figura 6. (a) Vista exterior del edificio incendiado.



Figura 6. (b) Vista interior.

Los daños en las losas se circunscribían a sectores locales, superficiales con las armaduras desplazadas y en algunos casos cortadas. La Fig. 7a muestra los daños estructurales típicos que presentaban las losas.

El dintel del pórtico presentaba pérdidas

importantes del recubrimiento de las armaduras y signos evidentes de haberse afectado, la capa inferior de la armadura principal y sus estribos, ambos con curvaturas en las zonas más afectadas. La Fig. 7b, muestra parcialmente la viga del pórtico de apeo mencionado.



Figura 7. (a) Daños típicos de las losas y estado del dintel del pórtico del edificio.



Figura 7. (b) Daños típicos de las losas y estado del dintel del pórtico del edificio

La Fig. 8a muestra el estado de una columna interior muy afectada al igual que una de las vigas del entrepiso, localizadas en el sector que recibió la mayor carga de fuego, con un tiempo de intensa actividad, estimado en más de 3 horas.

La columna presentaba las armaduras de una de sus caras curvadas por efecto de la dilatación impedida, fisuración y desprendimientos, todos

localizados aproximadamente en el tercio de la altura, donde la incidencia del fuego resultó, mayor.

Los estudios preliminares realizados, permitieron estimar una pérdida de su capacidad portante del orden del 40 al 45 %.

En la Fig. 8b se muestra una viga interior, de 7m de luz, que presentaba las típicas fisuras de corte inclinadas aproximadamente 45 grados.



Figura 8. (a) Columna afectada.



Figura 8. (b) Estado de losas y viga dañadas.

La eventual falla de la columna mencionada o la del del pórtico de apeo, podrían haber generado la falla la edificación en su conjunto, en cambio las afectaciones de las losas y vigas interiores alcanzadas por el fuego, solo tendrían consecuencias locales.

Por la magnitud del daño y el riesgo que implicaba

la columna mas dañada, luego de apuntalar el sector perimetral, se procedió a repararla con la mayor premura posible. (vide Fig. 9a, Fig. 9b y Fig. 9c).

Debido al estado delicado de la columna solo se procedió a realizar una limpieza superficial en la parte mas afectada, luego se la encamisó en las $\frac{3}{4}$ parte inferior con un anillo perimetral de hormigón

de 15 cm de espesor de calidad H30 colocado con superfluidificante. (vide Fig. 9a).

El anillo contaba con su correspondiente armadura vertical y estribos densificados en la zona mas afectada. Luego de 24 hs de mantener el encofrado se procedió al curado durante 5 días más,

empleando para eso una manta humedecida que la envolvía en su totalidad. (vide Fig. 9b).

Para finalizar la reparación de la columna, se completó el hormigonado de la parte superior, asegurando un perfecto calce con las losas y vigas que descargan en la columna reparada. (vide Fig. 9c).



Figura 9. (a) Columna en estado de reparación

Figura 9. (b) operación de curado

Figura 9. (c) Columna una vez terminada

Previamente se realizó el tratamiento superficial típico de escarificación, limpieza y humedecimiento, adicionándole además conectores de corte para mejorar la transferencia de la carga de la parte sana al nuevo prisma de hormigón incorporado.

El curado de la parte superior también se mantuvo

durante 5 días empleando un procedimiento similar al anterior.

Por la importancia que revestía para la estabilidad del edificio, la viga del pórtico del contrafrente mereció un estudio particularizado.



Figura 10. (a) Operario realizando el tratamiento superficial del hormigón.



Figura 10. (b) Aspecto de la rugosidad alcanzada

A partir de los estudios realizados, que incluían una estimación de las posibles temperaturas alcanzadas dentro de la masa del hormigón, particularmente importante para los parantes y teniendo en cuenta

que las barras de acero existentes fueron elaboradas mediante tratamientos en frío, se decidió reponerle la capacidad portante perdida por la menor prestación que ofrecían los materiales luego del siniestro.

En esencia y teniendo en cuenta la fuerte incidencia de la pérdida de capacidad portante por la disminución de las resistencias de las barras de acero, el trabajo de recuperación consistió en la adición de armaduras de flexión y de corte (estribos).

Se comenzó por escarificar toda la superficie donde se alojarían las nuevas armaduras, Fig. 10a y Fig. 10b, de manera de contar con una superficie sana y rugosa.

Posteriormente se localizaron las armaduras inferiores adicionales, envueltas por los



Figura 11. (a) Colocación de nuevas armaduras.

correspondientes estribo, los que fueron anclados en la parte superior de la viga mediante perforaciones rellenas con mortero epoxi. (vide Fig. 11a y Fig. 11b)

Finalmente se colocaron los moldes en el perímetro de la vigaviga (vide Fig. 12a), se limpió y humedeció la superficie escarificada y se llenaron con hormigón calidad H30 con superfluidificante. Luego de 24 hs se procedió a retirar los moldes laterales, manteniendo el curado húmedo con mantas, durante 5 días adicionales. (vide Fig. 12b).

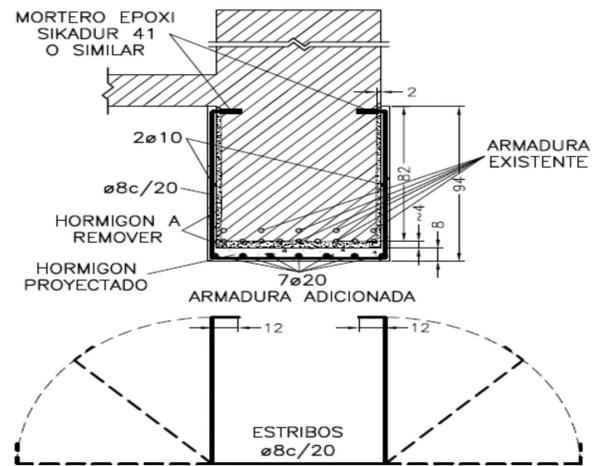


Figura 11. (b) Detalle de las armaduras



Figura 12. (a) Encofrado y curado del nuevo hormigón.



Figura 11. (b) Encofrado y curado del nuevo hormigón.

Tal como se comentó anteriormente algunas vigas interiores presentaban fisuras diagonales y pérdida de capacidad portante a flexión.

A los efectos de recuperar la integridad de la sección de dichos elementos de hormigón se procedió al sellado de las fisuras mediante la inyección de

resina epoxídica, la que por su baja viscosidad fluye fácilmente, llenando la totalidad de la fisura.

Previamente a la inyección, se procedió a limpiar la fisura con aire comprimido.

El proceso de inyección a presión, requirió el confinamiento de la grieta con masilla epoxídica

y el empleo de boquillas de manera tal que, al inyectar el material de relleno a presión desde la boquilla inferior, se produjera su desborde por la localizada en la parte superior, asegurando así un buen llenado de la abertura.

El procedimiento se reiteró hasta



Figura 13. (a) Sellado de fisuras mediante la inyección de resina epóxi.

completarlo en toda su altura.

En algunos casos la fisura era pasante, por lo que la inyección se realizó desde ambas caras laterales y el material afloraba por la parte opuesta; en otros no y la inyección se realizó solamente desde la cara afectada (vide Fig. 13a y Fig. 13b).



Figura 13. (b) Sellado de fisuras mediante la inyección de resina epóxi..

El refuerzo final para restituirle capacidad de corte, incluyó el agregado de flejes de chapa de acero en forma de U, adheridos con adhesivo de

epoxi y dispuestos transversalmente a la viga. (vide Fig. 14a y Fig. 14b).



Figura 14. (a) Colocación de flejes transversales de refuerzo.



Figura 14. (b) Colocación de flejes transversales de refuerzo.

La reparación de la viga finalizó restituyéndole capacidad de resistir esfuerzos de flexión, y consistió en el agregado de flejes de chapa de acero de 3 mm de espesor y un ancho de 8 cm, pegados con adhesivo en base a epoxi.

Previamente se escarificó la capa de mortero superficial, se limpió y se aplicó un mortero de epoxi para nivelar las superficies, debido al sobre espesor que fijaban los flejes transversales colocados con anterioridad. (vide Fig. 15a y Fig. 15b).



Figura 15. (a) Colocación de refuerzos de flexión exteriores a la viga.

La limpieza superficial de los flejes de acero a los efectos de eliminar vestigios de productos de la corrosión, polvo o grasa, que pudieran afectar un buen pegado, se realizó mediante lijado mecánico, en el mismo lugar donde fueron colocados, ni bien finalizado dicho procedimiento.



Figura 15. (b) Colocación de refuerzos de flexión exteriores a la viga.

Los flejes se fijaron mediante tornillos de ajuste en los extremos (Fig. 15a), asegurando su posicionado y un buen contacto a presión mediante tirantes de madera y puntales metálicos con rosca de ajuste (vide Fig. 15b).

2.3. Refuerzo de losas para incrementar su capacidad portante

Tal como planteamos al comienzo, una de las razones de realizar refuerzos de una estructura, proviene de la necesidad de aumentar su capacidad portante o de alguna otra prestación que el elemento estructural dispusiera originalmente.

Esta circunstancia se presentaba en un edificio de 7 pisos de altura, destinado a oficinas, íntegramente construido en hormigón armado, cuyas losas de los distintos entrepisos, presentaban marcadas deficiencias para soportar las nuevas cargas útiles

previstas, no así las vigas y las columnas, que estaban en buenas condiciones de hacerlo.

El requerimiento de tener que soportar nuevas cargas útiles surgía del cambio del destino que se le asignaba a la construcción existente.

La propuesta de refuerzo de la estructura, desarrollada en este caso para ampliar parcialmente su capacidad de trasladar cargas, contempló dos aspectos básicos,



Figura 16. (a) Eliminación de sobrepesos.



Figura 16. (b) Eliminación de sobrepesos.

a) La eliminación de sobrepisos construidos con materiales de alto peso específico (1600 Kg/m^3) y su reemplazo por otros más livianos (600 kg/m^3) y además en algunos casos de menor espesor

b) El agregado de refuerzos adicionales para absorber mayores esfuerzos de tracción por flexión. Para los esfuerzos de compresión, la capacidad portante del hormigón existente resultaba suficiente.

El nuevo sobrepiso utilizado estaba compuesto por mortero con el agregado de bolillas de poliestileno expandido, procedimiento que permitió reducir la carga permanente en aproximadamente 100 Kg/m^2 y consecuentemente aumentar la sobrecarga útil.

En la Fig. 16a se muestran los sobrepisos eliminados en una planta intermedia y en Fig. 16b en la terraza del edificio

La necesidad de remover todos los sobrepisos existentes de las diferentes plantas, orientó la propuesta del refuerzo adicional necesario,



Figura 17. (a) Posicionado de barras de refuerzo.

El ancho de los surcos de 4 cm, permitió albergar una barra de 12 mm en cada uno de ellos, la que según los cálculos realizados, resultó la armadura adicional necesaria para completar la capacidad portante requerida.

En la Fig. 18a se muestra el anclaje de la armadura en su extremo, el que fue realizado perforando la losa, introduciendo la escuadra de la barra en un hueco, de aproximadamente 5 cm de profundidad y 16 mm de diámetro, colmado con

objetivo alcanzado incrementando la capacidad portante de sus apoyos.

El estudio de la redistribución plástica de las cargas permanentes y variables aún por actuar, confirmó la viabilidad de dicha propuesta.

La armadura superior necesaria a adicionar en las losas se distribuyó regularmente en forma perpendicular a las líneas de las vigas que constituían sus apoyos.

En la Fig. 17a, dicha viga une las dos columnas que se visualizan y en la Fig. 17b, esta localizada perpendicularmente a las armaduras ya colocadas en los surcos, y aproximadamente en la mitad de su longitud.

Para la colocación de las barras se realizaron surcos sobre la losa distribuidos cada 50 cm, mediante el empleo de disco de corte y escarificados posteriormente con punta operada mecánicamente. A los efectos de no dañar la armadura superior de las vigas se limitó la profundidad de los surcos a 1 cm aproximadamente.



Figura 17. (b) Posicionado de barras de refuerzo.

mortero epoxídico autonivelante. En la Fig. 18b, se muestra la limpieza realizada en los surcos, mediante aire comprimido, previa a la colocación del material de relleno.

Luego de colocadas las barras de acero y de contar con una superficie, sana y limpia, se colocaron dos listones de madera paralelos a las armaduras y de altura de 4 cm, de manera de conformar un pequeño molde.

El material de relleno utilizado fue un super



Figura 18. (a) Fijación de la barra en el extremo.



Figura 18. (b) Limpieza del sustrato.

mortero preelaborado, adicionándole un agregado grueso, cuyo tamaño máximo no superaba 6 mm, material denominado comúnmente, micro hormigón. El puente de adherencia epoxídico aplicado sobre la superficie de base existente, se lo aplicó cuando estaba todo dispuesto para el llenado de los moldes

La Fig. 19a y Fig. 19c muestran el surco con la sobre elevación ya colada. Luego de finalizar la tarea de curado se completa el sobrepiso liviano de 8 cm de espesor, tal como se ve en la fig.19b, con las fajas dispuestas para recibir la carpeta de cemento de terminación.



Figura 19. (a) Refuerzos realizados.



Figura 19. (b) Sobrepisos colocados.

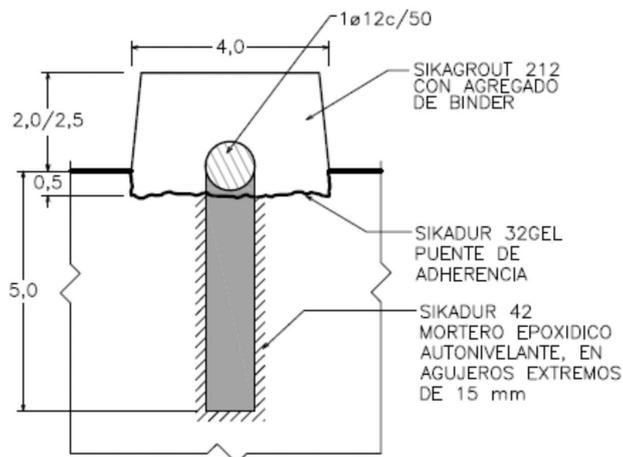


Figura 19. (c) Detalle de las armaduras adicionadas, anclaje de la barra y material agregado.

El curado final es de vital importancia para asegurar un buen comportamiento solidario entre el hormigón existente y los nervios adicionales. En esta caso para su realización los sectores afectados al refuerzo se cubrieron con arpillera y arena húmeda.

Es muy frecuente el empleo de procedimientos similares para el refuerzo de aleros, balcones y marquesinas con falta de capacidad portante, lo que en general responde a la escasez de armaduras o al hecho de estar colocadas deficientemente de manera de presentar un brazo elástico menor al proyectado. Al estar solicitados por esfuerzos de tracción en su cara superior, la técnica expuesta resulta útil y de fácil aplicación.

En las Fig. 20a y Fig. 20b se muestra este tipo



Figura 20. (a) Refuerzo de balcones.

de trabajo realizado en los balcones de un edificio de 18 pisos con armaduras insuficientes para las cargas previstas de utilización.

El refuerzo en este caso consistió en adicionar armaduras concentradas en surcos con textura rugosa, sana y limpia, al que se le coloca un puente de adherencia epoxídico para finalmente ser llenados con hormigón en anchos adecuados a la armadura adicionada y con alturas que compatibilicen los resultados de los cálculos de resistencia y la sobre altura disponible.

El grado de refuerzo y consecuentemente la cantidad de armaduras adicionadas puede ser muy variable en función del déficit de capacidad portante detectado.



Figura 20. (b) Refuerzo de balcones.

En las Fig. 21a y Fig. 21b se muestra la realización de un trabajo de refuerzo para soportar la totalidad de la carga prevista, ya que por error en la construcción, las armaduras originalmente diseñadas fueron colocadas íntegramente en la cara inferior en lugar de posicionarlas como correspondía, en su cara superior.

En este caso las canaladuras realizadas fueron mucho más importantes, de 20 cm de ancho, dispuestas cada 80 cm. al igual que las armaduras adicionadas, 6 barras de 12 mm. El tratamiento del sustrato requirió condiciones de rugosidad, integridad y humedecimiento similares a las detalladas anteriormente. En este caso, dada las dimensiones a rellenar, el material empleado fue

hormigón, de las mismas características que en el resto de la obra, manteniendo un curado posterior con manta húmeda, durante 7 días.

En ocasiones es más sencillo reforzar las losas desde su cara inferior, tal el caso que se presenta a continuación.

El refuerzo realizado, fue necesario debido la existencia de espesores importantes de sobrepisos en la azotea, no contemplados en el proyecto, lo que reducía la sobrecarga útil a valores muy bajos, antirreglamentarios y consecuentemente inaceptables.

En la Fig. 22a se visualiza un espesor de 42 cm correspondiente a aislaciones, contrapisos, carpetas y pisos.



Figura 21. (a) Fajas con refuerzos adicionales.



Figura 21. (b) Su posterior hormigonado.

Como no era posible eliminarlos ya que constituían la protección hidráulica de la vivienda ubicada en el último piso del edificio, solo quedaba la alternativa de actuar desde la cara inferior de la losa, adicionando capacidad a través de una mayor aptitud para soportar los momentos flectores positivos. Por otra parte, la pequeña relación de lados de la losa, establecía su condición de losa bi direccional, con la consecuente necesidad reforzar ambas direcciones.

Sobre la superficie sana, rugosa y limpia lograda mediante escarificación con cincel y disco de desbaste, se intercalaron armaduras a las ya existentes. Con el sustrato saturado y la superficie húmeda, se rellenó la superficie con mortero de cemento, de consistencia tixotrópica, colocado a presión con las manos enguantadas y alisado posteriormente con llana. En la Fig. 22b se ve las armaduras adicionales en la dirección principal y el relleno parcial con mortero.



Figura 22. (a) Espesor de sobrepiso



Figura 22. (b) Reparación con agregado de armaduras

En la Fig. 23a puede visualizarse la terminación alcanzada en la superficie que constituye el fondo de la losa con la dirección principal ya reforzada.

A los efectos de no incrementar el espesor de la

losa adicionando una nueva capa de armadura, la dirección secundaria, también con déficit de acero, se reforzó mediante el pegado de fibras de carbón impregnadas con epoxy, tal como se ve en la Fig. 23b.



Figura 23. (a) Superficie terminada luego de completada la colocación del mortero de cemento.



Figura 23. (b) Mantas de fibra de carbono adheridas con epoxy, adicionadas en la dirección secundaria.

2.4. Refuerzo de la estructura para proceder a su posterior reparación. Puente sobre el río Solís Grande. R.O. del Uruguay.

Un caso singular donde se presenta en una misma estructura trabajos de refuerzo y de reparación, lo constituye la recuperación de los apoyos del tablero de un puente que presentaba deficiencias de distintos tipos, fundamentalmente,

insuficiente capacidad en el sector de apoyo de las vigas principales. Zona muy deteriorada, con reparaciones previas inadecuadas y las armaduras con corrosión. (vide Fig. 24a y vide Fig. 24b)

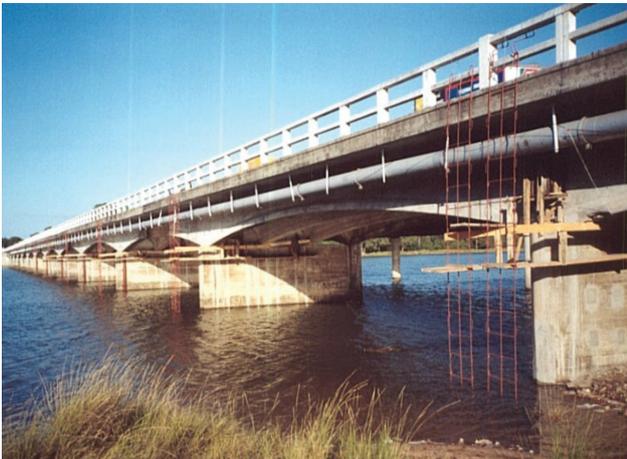


Figura 24. (a) Vista general del puente.



Figura 24. (b) Apoyo del puente con deterioros.

Considerando el deterioro del hormigón en la zona del apoyo de las vigas longitudinales principales, lo que disminuía sensiblemente la capacidad de soportar cargas, y teniendo en cuenta que para su saneado se debía eliminar parte del hormigón existente en dicho sector, fue necesario encontrar una alternativa que permitiese garantizar durante la ejecución de los trabajos, la transferencia de las cargas de las vigas longitudinales a los tabiques de apoyo.

A su vez los tabiques apoyaban en un cabezal de fundación corrido sustentado por pilotes.

Un fuerte condicionante para establecer una propuesta de recuperación, fue que los trabajos a realizar debían llevarse a cabo con el puente en operación, lo que entre otras cosas implicaba la imposibilidad de plantear la opción de levantar el tablero para poder actuar sobre los apoyos.

La solución finalmente adoptada contempló la

transferencia de la carga de las vigas principales a las pilas mediante la materialización de apoyos adicionales de carácter permanente, completando las caladuras de las vigas transversales mediante la incorporación de nuevos diafragmas. (vide Fig. 25)

Para materializar los nuevos apoyos se propuso completar el diafragma, vinculándolo a la pila en el lugar más cercano posible a los apoyos existentes, compatibilizando el hecho de tener que dejar un espacio suficiente para la reparación y, de lograr que la componente horizontal generada como consecuencia del desplazamiento del punto de apoyo, resulte lo más pequeña posible.

En las condiciones existentes las vigas transversales sólo contaban con capacidad de transferir a los nuevos apoyos, una mínima parte de la carga actuante, ya que la armadura

dispuesta era muy escasa tanto en la parte superior como en la inferior y no contaba con armadura de corte significativa.

Para poder resolver este problema y transferir las cargas necesarias a través del diafragma se proyectó un tesado longitudinal exterior, a los efectos de mantener comprimida la zona superior, de manera tal que se compensaran las tracciones que se originan al trabajar como ménsula el tramo comprendido entre los nuevos apoyos y el extremo de la viga longitudinal.

Simultáneamente, a través de la compresión adicionada por el postesado, se logró llevar los valores de las tensiones principales de tracción en el alma a valores compatibles con la calidad del hormigón existente.



Figura 25. Tímpano terminado y las vainas de los cables colocados.



Figura 26. Anclaje de los cables de postesado

El material empleado para completar los tímpanos fue hormigón de calidad H30.

La fuerza de compresión excéntrica necesaria se materializó incorporando en cada vaina lateral superior 4 cables engrasados de $\frac{1}{2}$ pulgada, y en el inferior 2 cables también engrasados de $\frac{1}{2}$ pulgada en cada lateral, todos de trazado recto. Las vainas se materializaron con caños de pvc, tal como se ve en la Fig. 25.

El orden de tesado de los cables se estableció de manera de someter a la viga y al diafragma a los

menores esfuerzos posibles de flexión transversal.

En la Fig. 26 se aprecia el cabezal de anclaje de los cables superiores e inferiores.

La reparación de los apoyos de las vigas principales se realizó una vez completado el diafragma y aplicado el tesado exterior, eliminando por partes el hormigón afectado, sin superar en ningún caso la mitad de su superficie de apoyo.

Actuando por sectores se limpiaron las armaduras, se eliminaron las partes sueltas y se llenaron los moldes también con hormigón

H 30, con agregado grueso de tamaño máximo de 12 mm y super fluidificante, completando la tarea con el curado del material de sector afectado durante 5 días

El proceso se realizó íntegramente trabajando desde andamios suspendidos del propio tablero,



Figura 27. (a) Vista de los apoyos.

repetiéndose la misma operatoria para los 12 tramos de apoyo del puente.

El plazo total para la realización de los trabajos fue de 4 meses, sin ningún tipo de interrupción del tráfico.



Figura 27. (b) Reparación de los apoyos.

3. Consideraciones Finales

Es de particular interés destacar la importancia de las inspecciones de las estructuras para poder controlar, desde el inicio, su construcción y posteriormente, su confiabilidad, durabilidad y apariencia. Este seguimiento sistemático de las estructuras permite, con un trabajo de mantenimiento adecuadamente planificado y desarrollado, mantener la construcción en servicio con un costo operativo mínimo.

De acuerdo a nuestro criterio, todo trabajo de mantenimiento, en la medida que no conduzca a superar alguna de las prestaciones iniciales, los consideramos trabajos de reparación de la estructura, independientemente de los recursos que se utilicen, dejando el término de refuerzo de una estructura para el caso que se incremente su prestación mas allá de la dispuesta en el proyecto y la construcción.

Una clara discriminación de los trabajos de reparación de la estructura o de su refuerzo, pueden ser claves a la hora de establecer responsabilidades en la construcción, operación o mantenimiento y aún por las fallas y daños que pudieran presentarse durante la vida útil de la estructura.

A través de los casos concretos presentados, tanto de reparación como de refuerzo de estructuras,

hemos querido mostrar alternativas y técnicas que puedan servir de orientación a quienes deban enfrentar problemas de esta índole, dando nuestra interpretación de los aspectos que diferencian a unos de otros.

Es importante tener en cuenta que problemas similares, pueden conducirnos a soluciones y desarrollos operativos distintos en función de, las condiciones particulares del problema, los recursos disponibles, las prestaciones particulares requeridas y a veces hasta por la premura en solucionar el problema planteado.

Debe quedar claro que tanto la reparación como el refuerzo de las estructuras de hormigón requieren un profundo conocimiento de los materiales que habitualmente se utilizan, del comportamiento mecánico y reológico de las estructuras, así como de los distintos recursos, equipamientos y técnicas disponibles y de posible aplicación. Una reparación mal realizada puede conducirnos a la necesidad de realizar una nueva en el corto plazo o una disminución de la vida útil de la estructura. Un refuerzo mal realizado puede resultar equivalente a disponer de una menor prestación o al colapso de la estructura.

En todos los casos, ya sean trabajos de reparación o de refuerzo estructural, es imprescindible analizar alternativas de solución viables, evaluar su costo, planificar el desarrollo en todos sus detalles

establecer el adecuado control y poner en juego el atributo esencial de nuestra profesión, como es, la creatividad y el ingenio.

Citas Bibliográficas.

- Alaejos Gutierrez P y. Calavera Ruiz. José "Ejecución y control de estructuras de Hormigón" Intemac.
- ACI - American Concrete Structures. **Concrete Repair Guide**, Part.6 Committee 546R.
- ACI - American Concrete Structures. **Standard Specification for Repairing Concrete with Epoxy Mortars**. Committee 503.
- ACI - American Concrete Structures. **Repairs of Concrete Structures, Assessments, methods and Risks**. SCM 21.
- ACI **Bridge Repair and Rehabilitation** Compilation 29.
- ACI Bridge Durability and Performance, Compilation 34.
- Bellmunt R, Casanovas X, Fernandez Cánovas M, Diaz, C., Helene P, Rosell J, Rosell JR, Vazquez E. "Manual de Diagnóstico e intervención en Estructuras de Hormigón" Col·legi d'Aprenentadors Tecnicos de Barcelona. 2000.
- Calavera José. **Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado**. Tomos 1 y 2. INTEMAC 1996.
- Calavera Ruiz. José **Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación**. INTEMAC
- Carbonell de Masy, M. **Protección y Reparación de Estructuras de Hormigón**. Ediciones Omega. 1996.
- Castro-Borges P., Helene P., et al, "Manual on rehabilitation of concrete structures: Rehabilitate network XV:F from the Iberoamerican Program for Science and Technology (CYTED), ICCRRR 2005, Ed. H. Benhaussen, Balkema Editors, Cape Town Sudáfrica, 2005
- Castro-Borges P. "Primers for the reinforcement as a repair method of concrete in columns of buildings exposed at a tropical marine environment. Influence of adjacent zones", ICCRRR 2005, Ed. H. Benhaussen, Balkema Editors, Cape Town Sudáfrica, 2005.
- CEB, "Durable concrete structures, design guide, eurointernational committee for concrete", Thomas Thelford Services Ltd., Londres, 1992.
- Emmons Peter H. **Concrete, Repair and Maintenance Illustrated**. R.S.Means Company, INC 1994.
- Fernandez Cánovas M. **Patología y Terapéutica del Hormigón Armado**. Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. 1994
- FIB Bulletin N°17. **Management, maintenance and strengthening of concrete structures**. Technical report. April 2002.
- FIB Bulletin 22. **Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures**. Task Group 5.1. 2003.
- FIB Bulletin 44. **Concrete Structure management: Guide to ownership and good practice**. Task Group 5.3. February 2008.
- FIB Bulletin 59. **Condition control and assessment of reinforced concrete structures**. Task Group 5.8. February 2011.
- GEHO-CEB Grupo español del hormigón, Colegio de Ingenieros de caminos canales y puertos, ATEP. **Reparación y Refuerzo de Estructuras de Hormigón**. Guía FIP de buena práctica. 1994.
- Helene Paulo,- Pereira Fernanda. **Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto**. Sao Paulo 2007.
- Helene Paulo,- **Manual para Reparación, Refuerzo y Protección de las de Estructuras de Concreto**. IMCYC 1997.
- Husni Raúl "Inspección y Mantenimiento de Puentes" publicado en la Revista: Ingeniería Estructural, de la Asociación de Ingenieros Estructurales, año 2003
- Husni Raúl "Calidad y Costo de las Estructuras" Revista Concreto N°38, publicación de carácter Científico- Tecnológico editada por IBRACON, Instituto Brasileiro del Concreto, Brasil 2005.
- Husni Raúl "Pautas Metodológicas para el Diagnóstico de la Patología Estructural" Trabajo presentado y publicado en los anales del I Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y III de Control de Calidad. Córdoba República Argentina.
- Red DURAR, "Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado," CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XV Corrosión/ Impacto Ambiental sobre Materiales, CYTED, Maracaibo, 1997.
- Red PREVENIR **Prevención de Problemas Patológicos en estructuras de Concreto**. Pag web de la Red Prevenir
- Troconis de Rincón O, Castro P, et al., "Durability of concrete structures: DURACON, an Iberoamerican project. Preliminary results", Building and environment, Revista en el SCI.
- Troconis de Rincón O., Castro P et al, "Chloride profiles in two marine structures. Meaning and some predictions", Building and Environment, Vol. 39, No. 9 (2004) 1065-1070. Revista en el SCI.

Boletins Técnicos Alconpat

BT 01 – Bernardo Tutikian e Marcelo Pacheco

Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil

Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil
Civil Construction Assessment

Boletim técnico 02 – Raúl Husni

Reparación y Refuerzo

Reparo e Reforço
Repair and Strengthening

Boletim técnico 03 – Antônio Carmona Filho e Thomas Carmona

Grietas en Estructuras de Hormigón

Fisuração nas Estruturas de Concreto
Cracking in Concrete Structures

BT 04 – Fernando Branco, Pedro Paulo e Mário Garrido

Vida Útil en la Construcción Civil

Vida Útil na Construção Civil
Service Life in Civil Construction

BT 05 – Gilberto Nery

Monitoreo en la Construcción Civil

Monitoração na Construção Civil
Monitoring in Civil Construction

BT 06 – Enio Pazini Figueiredo e Gibson Meira

Corrosión de armadura de estructuras de hormigón

Corrosão das armaduras das estruturas de concreto
Reinforcement corrosion of concrete structures

BT 07 – Alicia Mimbacas

Sostenibilidad en la Construcción

Sustentabilidade na Construção
Construction Sustainability

BT 08 – Paulo Helene e Salomon Levy

Curado del Hormigón

Cura do Concreto
Concrete Curing

BT 09 – Paulo Helene e Jéssika Pacheco

Controle da Resistência do Concreto

Control de la Resistencia del Hormigón
Conformity control for compressive strength

BT 10 – Hênio Tinoco

Responsabilidad Social en Construcción

Responsabilidade Social na Construção Civil
Social Responsibility in Civil Construction

Patrocínio de: