

disposiciones en materia retributiva de dicho Real Decreto-ley a los Cuerpos civiles dependientes de la Dirección General de Seguridad.

Asimismo, el párrafo segundo del mismo apartado dos autoriza la Gobierno para, a propuesta del Ministerio de la Gobernación y previo informe, dentro de sus respectivas competencias, de los Ministerios de Hacienda y del Ejército, modificar la organización y régimen de los Cuerpos mencionados en el párrafo anterior. En consecuencia, se procede a elaborar el presente Real Decreto, con el fin de dar cumplimiento a lo ordenado en aquella disposición.

En su virtud, y a propuesta de los Ministros de Hacienda y Gobernación, previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día veinte de mayo de mil novecientos setenta y siete,

#### DISPONGO:

Artículo primero.—A los funcionarios de los Cuerpos civiles dependientes de la Dirección General de Seguridad les será de aplicación lo dispuesto para los funcionarios de la Administración Civil del Estado en los títulos I y III y en las disposiciones finales, adicionales y transitorias del Real Decreto-ley veintidós/mil novecientos setenta y siete, de treinta de marzo, con las excepciones que se señalan en los artículos siguientes.

Artículo segundo.—Uno. El Cuerpo General de Policía estará constituido por las siguientes categorías: Comisarios principales, Comisarios, Subcomisarios, Inspectores de primera, Inspectores de segunda e Inspectores de tercera.

Dos. Para la modificación de las categorías que se establecen en el apartado anterior será de aplicación lo dispuesto en el punto uno del artículo sexto del Real Decreto-ley veintidós/mil novecientos setenta y siete, de treinta de marzo.

Artículo tercero.—Uno. Una vez superadas las pruebas de selección y examen, los alumnos permanecerán en la Escuela General de Policía, en calidad de funcionarios en prácticas, durante un período de tres años, pasado el cual ingresarán, en su caso, en el Cuerpo General de Policía.

Dos. El Cuerpo citado en el número anterior quedará incluido, a los efectos económicos, en el nivel de titulación de Educación Universitaria (Diplomados, Arquitectos Técnicos, Ingenieros Técnicos, Titulados de Formación Profesional de tercer grado y equivalente), del artículo tercero del Real Decreto-ley veintidós/mil novecientos setenta y siete.

Artículo cuarto.—Grado. El grado se aplicará en la forma siguiente:

Uno. El grado del Cuerpo General de Policía resultará de la categoría y de la permanencia en el Cuerpo.

A) El grado por la categoría supondrá la percepción de una cantidad fija.

Al alcanzar la categoría mínima, por ingreso en el Cuerpo, se percibirá el grado inicial que se asigne conforme a lo dispuesto en el artículo sexto, dos, del Real Decreto-ley veintidós/mil novecientos setenta y siete, de treinta de marzo. Los sucesivos grados, uno por categoría, se devengarán con ocasión del ascenso. Sin embargo, durante el primer año de servicios en el Cuerpo no se percibirá la cuantía que correspondería al grado inicial.

B) Cada cinco años de servicios efectivos en el Cuerpo se perfeccionará un grado por permanencia en el mismo.

Cuando el número de grados por categorías, excluido el inicial, sea inferior al grado por permanencias, se devengarán un número de éstos últimos igual a la diferencia entre ambos, no procediendo reconocimiento alguno de grados por permanencia cuando el correspondiente al de las categorías sean igual o superior.

Dos. A los funcionarios de los Cuerpos Especiales Administrativo y Auxiliar de Oficinas de la Dirección General de Seguridad se les aplicará el grado en la forma prevista con carácter general para los funcionarios civiles de la Administración del Estado.

#### DISPOSICIONES FINALES

Primera.—El Gobierno, a propuesta del Ministro de la Gobernación, en base al principio de exclusiva dedicación del personal del Cuerpo General de Policía, regulará por Real Decreto, antes del uno de octubre de mil novecientos setenta y siete, el régimen de incompatibilidades de este personal en activo con el desempeño de otras actividades ajenas a su servicio no recogidas en el Real Decreto-ley diez/mil novecientos setenta y siete, de ocho de febrero, y cuya entrada en vigor tendrá lugar a partir de uno de enero de mil novecientos setenta y ocho. Igualmente se establecerá el régimen de in-

compatibilidades de los Cuerpos Especial Administrativo y Auxiliar.

Segunda.—El Gobierno, a iniciativa del Ministerio de la Gobernación, a propuesta de la Presidencia del Gobierno y previo informe del Ministro de Hacienda, podrá modificar, cualquiera que sea el rango de la disposición que las regula, las pensiones de recompensas de la Orden Civil del Mérito Policial, que están determinadas en porcentajes del sueldo.

Dado en Madrid a veinte de mayo de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia del Gobierno,  
ALFONSO OSORIO GARCIA

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de (Continuación.) obras de hormigón pretensado. aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

#### ARTICULO 28. DESCIMBRADO, DESENCOFRADO Y DESMOLDEO

Los distintos elementos que constituyen los moldes, el encofrado (costeros, fondos, etc.), como los apeos y cimbras, se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura, recomendándose, cuando los elementos sean de cierta importancia, el empleo de cuñas, cajas de arena, gatos u otros dispositivos análogos para lograr un descenso uniforme de los apoyos.

Las operaciones anteriores no se realizarán hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar, con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas, los esfuerzos a los que va a estar sometido durante y después del desencofrado, desmoldeo o descimbrado. Se recomienda que la seguridad no resulte en ningún momento inferior a la prevista para la obra en servicio.

Cuando se trate de obras de importancia y no se posea experiencia de casos análogos, o cuando los perjuicios que pudieran derivarse de una fisuración prematura fuesen grandes, se realizarán ensayos de información (véase artículo 67) para conocer la resistencia real del hormigón y poder fijar convenientemente el momento de desencofrado, desmoldeo o descimbrado.

Se pondrá especial atención en retirar oportunamente todo elemento de encofrado o molde que pueda coartar las deformaciones del hormigón en el momento de la transferencia o impedir el libre juego de las juntas de retracción o dilatación, así como de las articulaciones, si las hay.

En elementos de hormigón pretensado es fundamental que el descimbrado se efectúe de conformidad con lo dispuesto en el programa previsto a tal efecto al redactar el proyecto de la estructura. Dicho programa deberá estar de acuerdo con el correspondiente al proceso de tesado.

Para facilitar el desencofrado y, en particular, cuando se empleen moldes, se recomienda pintarlos con barnices antiadherentes que cumplan las condiciones prescritas en el artículo 18.

#### COMENTARIOS

Se llama la atención sobre el hecho de que en hormigones jóvenes no sólo su resistencia, sino también su módulo de deformación presenta un valor reducido; lo que tiene una gran influencia en las posibles deformaciones resultantes.

Resulta útil a menudo la medición de flechas durante el descimbrado de ciertos elementos, como índice para decidir si debe o no continuarse la operación e incluso si conviene o no disponer ensayos de carga de la estructura.

Se exige efectuar el descimbrado de acuerdo con un programa previo debidamente estudiado, con el fin de evitar que la estructura quede sometida, aunque sólo sea temporalmente durante el proceso de ejecución, a tensiones no previstas en el proyecto que puedan resultar perjudiciales.

#### ARTICULO 20. ACABADO DE SUPERFICIES Y TOLERANCIAS

Las superficies vistas de las piezas o estructuras, una vez desencofradas o desmoldeadas, no presentarán coqueas o irregularidades que perjudiquen al comportamiento de la obra o a su aspecto exterior.

Terminadas las piezas, los defectos de planeidad o irregularidades de los paramentos, medidos haciendo pasar un escantillón de perfil adecuado y 2 m de longitud, no excederán de los siguientes valores:

- en superficies vistas: 5 mm.
- en superficies ocultas: 20 mm.

Por otra parte, se comprobarán cuantas tolerancias dimensionales (flechas, contraflechas, combas laterales, etc.) hayan sido especificadas en el proyecto.

En general, para el recubrimiento o relleno de las cabezas de anclaje, orificios, entalladuras, cajetines, etc. que deba efectuarse una vez terminadas las piezas, se utilizarán morteros fabricados con masas análogas a las empleadas en el hormigonado de dichas piezas, pero retirando de ellas los áridos de tamaño superior a 5 mm. Todas las superficies de mortero se acabarán de forma adecuada.

#### COMENTARIOS

##### ARTICULO 30. UNIONES DE CONTINUIDAD ENTRE ELEMENTOS PREFABRICADOS

Las uniones entre las distintas piezas prefabricadas, pretensadas, que constituyen una estructura, o entre dichas piezas y los otros elementos estructurales construidos «in situ», deberán asegurar la correcta transmisión de los esfuerzos entre cada pieza y las adyacentes a ella.

Se construirán de tal forma que puedan absorberse las tolerancias dimensionales normales de prefabricación, sin originar solicitaciones suplementarias o concentración de esfuerzos en los elementos prefabricados.

Las testas de los elementos que vayan a quedar en contacto no podrán presentar irregularidades tales que impidan que las compresiones se transmitan uniformemente sobre toda la superficie de aquéllas. El límite admisible para estas irregularidades depende del tipo y espesor de la junta; y no se permite intentar corregirlas mediante enlucido de las testas con mortero de cemento.

Las uniones por soldadura sólo pueden autorizarse cuando esté garantizada la soldabilidad de los elementos que se vayan a unir. En cualquier caso deberá cuidarse que el calor desprendido por la soldadura no produzca daños en el hormigón o en las armaduras de las piezas.

Las uniones mediante armaduras postesas exigen adoptar precauciones especiales si estas armaduras son de pequeña longitud. Su empleo es recomendable para rigidizar nudos y están especialmente indicadas para estructuras que deban soportar acciones sísmicas.

#### COMENTARIOS

Desde el punto de vista de la resistencia, durabilidad, deformaciones, etc. de la estructura, las uniones constituyen siempre puntos singulares que exigen una atención especial. Así, por ejemplo, su resistencia al fuego y a la corrosión deberá ser objeto de un detenido estudio.

Entre los tipos de junta que se consideran adecuados para las uniones de continuidad cabe citar los siguientes:

- las juntas de mortero (en cama o retacadas);
- las juntas hormigonadas;
- las juntas encoladas.

Las juntas de mortero deberán tener, como mínimo, de 10 a 20 mm de anchura. Los paramentos adyacentes de las piezas que vayan a unirse deberán estar limpios y no presentar picos o salientes, en los que se produciría concentración de tensiones, toda vez que la experiencia ha demostrado que la regularización de las testas con mortero no resulta eficaz.

En las juntas hormigonadas, el hormigón de relleno deberá ser al menos de la misma calidad que el utilizado para la construcción de las piezas prefabricadas que se vayan a unir, pero preparado, en caso necesario, con áridos de menor tamaño. La anchura de estas juntas será la suficiente para permitir una buena compactación del hormigón y nunca inferior a 75 mm. Cuando existan conductos destinados al paso de las armaduras de pretensado habrá que disponerlos cuidadosamente para que queden bien alineados en los extremos de las piezas que vayan a ser adyacentes. Deberán adoptarse, además, las precauciones necesarias para que el hormigón de la junta no penetre en el interior de los conductos ni aplaste las vainas comprimiéndolas contra las armaduras. En tanto no haya terminado el hormigonado de las juntas no se procederá a la usual limpieza de las vainas con chorro de agua, previa a la operación de inyectado de las mismas.

Un buen sistema en el caso de juntas encoladas consiste en fabricar una contra otra las testas de las dos piezas que vayan a unirse, con el fin de asegurar su buen acoplamiento y conseguir que el espesor de la capa de pegamento sea pequeño y uniforme. Es frecuente utilizar como pegamento resinas epoxi.

Las uniones mediante armaduras postesas resultan adecuadas,

por ejemplo para rigidizar los nudos, eliminar fisuras en las uniones y transformar en hiperestáticas las estructuras que, construidas con piezas prefabricadas, trabajan como isostáticas durante el periodo de ejecución. Como las armaduras postesas utilizadas en estas uniones son generalmente muy cortas, cualquier irregularidad en su trazado, variación en su longitud o deslizamiento en los anclajes origina una fuerte variación en su tensión. Por ello resulta de la mayor importancia controlar cuidadosamente la colocación de estas armaduras y el comportamiento de dichos anclajes.

Por otra parte, la fuerte curvatura que suele darse al trazado de estas armaduras ocasiona importantes pérdidas de tensión por rozamiento, que es necesario tener en cuenta en los cálculos.

##### ARTICULO 31. INYECCION

###### 31.1. Preparación de la mezcla

Los materiales sólidos utilizados para preparar el producto de inyección deberán dosificarse en peso.

El amasado de dichos materiales se realizará en un aparato mezclador capaz de preparar un producto de inyección de consistencia uniforme y, a ser posible, de carácter coloidal. Se prohíbe el amasado a mano.

El tiempo de amasado depende del tipo de aparato mezclador, pero, en cualquier caso, no será inferior a 2 minutos.

Después del amasado, el producto debe mantenerse en movimiento continuo hasta el momento de la inyección. Es esencial que en ese momento el producto se encuentre exento de grumos.

En el caso de vainas o conductos verticales, la relación agua/cemento de la mezcla debe ser algo mayor que en las mezclas destinadas a inyectar vainas horizontales.

#### COMENTARIOS

El aparato mezclador, el agitador si se utiliza y la bomba de inyección deben ser accionados por motores independientes y controlarse también cada uno por separado.

La bomba de inyección debe alimentarse por gravedad y no por succión, ya que este último sistema tiende a introducir aire en la mezcla, lo que debe evitarse.

El orden de introducción de los materiales en el mezclador debe ser: primero el agua, después el cemento y después los áridos, si se emplean. Si se utilizan aditivos, éstos deberán introducirse en el momento y en la forma indicada en las correspondientes instrucciones para su empleo.

El tiempo de amasado necesario oscila entre 2 y 4 minutos, dependiendo del tipo de mezclador.

Para evitar los grumos se recomienda pasar el producto, en el momento en que se vaya a proceder a la inyección, por un tamiz que al mismo tiempo elimine las impurezas y cuya abertura de malla sea de 2 mm si se trata de mortero y 0,16 mm en el caso de lechada. Podrá utilizarse también cualquier otro procedimiento eficaz que produzca el mismo efecto.

###### 31.2. Ejecución de la inyección

La inyección debe efectuarse lo más pronto posible después del tesado. Si, por razones constructivas, debiera diferirse, se efectuará una protección provisional de las armaduras, utilizando algún método o material que no impida la ulterior adherencia de los tendones al producto de inyección.

El procedimiento de inyección utilizado deberá permitir rellenar totalmente la vaina o conducto y recubrir por completo los tendones.

Las bombas de inyección pueden ser accionadas por motor o a mano. En el caso de vainas largas verticales no es aconsejable utilizar las bombas accionadas a mano.

Antes de proceder a la inyección de la mezcla debe limpiarse el conducto con aire comprimido. En el caso de conductos sin vaina (paredes de hormigón) se inyectará agua para humedecer dicho hormigón. Después se expulsará el agua sobrante inyectando aire comprimido o por cualquier otro medio.

La inyección debe ser continua e ininterrumpida. La bomba tendrá capacidad suficiente para asegurar, en conductos de menos de 10 cm de diámetro, una velocidad de avance comprendida entre 6 y 12 m/minuto, con una presión inferior a 10 atmósferas.

Deberá estar dotada de un dispositivo de seguridad que evite las sobrepresiones.

Se prohíbe efectuar la inyección mediante aire comprimido.

La unión del conducto que se vaya a inyectar con el tubo por el que se inyecta debe ser hermética para evitar arrastre de aire.

Siempre que sea posible, la inyección debe efectuarse desde el anclaje más bajo o desde el tubo de toma inferior del conducto.

La inyección debe prolongarse hasta que la consistencia de la mezcla que rebosa por el extremo libre del conducto sea igual a la del producto inyectado y, una vez terminada, deben adoptarse las medidas necesarias para evitar pérdidas de la mezcla en el conducto.

En el caso de vainas o conductos verticales, en la parte superior debe colocarse un pequeño depósito con pasta, mantenido constantemente lleno, para compensar la reducción de volumen que se produce. Es importante que este depósito se sitúe en posición centrada encima del conducto, con el fin de que el agua ascendente por exudación pueda unirse a la mezcla contenida en el depósito y no se quede acumulada en el extremo superior de la vaina, lo que resultaría peligroso para la protección del tendón y del anclaje correspondiente.

En tiempo frío y, especialmente en tiempo de heladas, deben tomarse precauciones especiales. En primer lugar, es necesario asegurarse de que, al iniciar la inyección, no existe hielo en los conductos. Para ello debe inyectarse agua caliente, pero nunca vapor.

Si se prevé que la temperatura no descenderá por debajo de los 5° C en las 48 horas siguientes a la inyección, se puede continuar ésta utilizando un producto, poco sensible a las heladas, que contenga del 6 al 10 por 100 de aire ocluido y que cumpla las condiciones prescritas en el artículo 17.

Si es probable que la temperatura descienda por debajo de los 2° C durante las 48 horas siguientes a la inyección, deberá calentarse el elemento de la estructura, de modo que su temperatura no baje de 5° C durante ese tiempo. Por el contrario, cuando la temperatura ambiente exceda de los 35° C es recomendable enfriar el agua de la mezcla.

En todos los casos, una vez terminada la inyección deben obturarse herméticamente los orificios y tubos de purga, de modo que se evite la penetración en los conductos, de agua o de cualquier otro agente corrosivo para las armaduras.

#### COMENTARIOS

El plazo máximo, que normalmente se considera admisible, desde que se concluye el tesado hasta que se efectúa la inyección, es el de un mes.

Para comprobar que las vainas o conductos han quedado totalmente rellenos se recomienda comparar el volumen de los huecos a rellenar, con la cantidad de mezcla realmente inyectada. A tal efecto se dispondrán los oportunos aparatos de control a la entrada y a la salida de la inyección.

La limpieza de los conductos con aire comprimido sirve, además, para detectar posibles tapones en el interior de dichos conductos. Si existiese algún bloqueo puede intentarse su eliminación tirando de los cables alternativamente en uno y otro sentido.

Conviene que la presión de inyección sea lo más baja posible; los valores normales oscilan entre 3 y 7 atmósferas. Estos valores se alcanzarán por aumentos progresivos, sin saltos bruscos.

La inyección debe hacerse con la lentitud necesaria para impedir la segregación de la mezcla.

En conductos muy largos o de gran diámetro puede ser necesario repetir la inyección, después de 2 horas, para compensar la eventual reducción de volumen de la mezcla.

Cuando se inyectan cables largos y ondulados, en los que se necesita una presión elevada, se puede cerrar el extremo por el que se ha iniciado la inyección y continuarla por los sucesivos tubos de purga.

En caso de tener que efectuar la inyección en tiempo de bajas temperaturas se puede proteger contra las heladas mediante un calentamiento adecuado de las vainas y, por supuesto, del agua.

Una vez terminada la inyección conviene plegar y atar los tubos de salida, en forma análoga a como se hace con una válvula de balón.

#### 31.3. Inspección

Deberá hacerse un informe de cada inyección en el que se anoten: las características del producto, la temperatura ambiente en el momento de la inyección, el tipo de cemento utilizado, el aditivo en su caso incorporado a la mezcla y su dosificación, la relación agua/cemento elegida, el tipo de mezclador, la duración del mezclado y las probetas que se han fabricado para controlar las condiciones prescritas en el artículo 17.

Los informes de las inyecciones deben formar parte de los documentos de la obra.

#### COMENTARIOS

Se recomienda, a efectos de control, medir en obra la fluidez del producto de inyección, de acuerdo con lo indicado en 17.2.

#### 31.4. Medidas de seguridad

Durante la inyección de los conductos, los operarios que trabajen en las proximidades deberán ir provistos de gafas protectoras o una pantalla transparente, en previsión de posibles escapes de la mezcla inyectada a presión.

No debe mirarse por los tubos utilizados como respiraderos o rebosaderos, para comprobar el paso del producto de inyección.

Cuando la inyección se efectúa en obra y existe circulación en zonas próximas se adoptarán las oportunas precauciones para impedir que, si se escapa el producto de inyección, pueda ocasionar daños.

#### COMENTARIOS

Un chorro brusco del producto de inyección a presión puede ocasionar graves daños, especialmente si salta a los ojos. La mezcla inyectada puede atascarse temporalmente y, como continúa aplicándose presión, desatascarse después, de un modo brusco, soltando un chorro por los respiraderos o por el extremo de la vaina opuesto a aquel por el que se inyecta, originando graves daños.

#### ARTICULAR 32. OBSERVACIONES GENERALES RESPECTO A LA EJECUCION

##### 32.1. Adecuación del proceso constructivo al proyecto

Se adoptarán las medidas necesarias para conseguir que las disposiciones constructivas y los procesos de ejecución se ajusten en todo a lo indicado en el proyecto.

En particular deberá cuidarse de que tales disposiciones y procesos sean compatibles con las hipótesis consideradas en el cálculo, especialmente en lo relativo a los enlaces (empotramientos, articulaciones, apoyos simples, etc.).

Si el proceso constructivo sufre alguna modificación sustancial deberá ser objeto de un nuevo estudio a nivel de proyecto.

#### COMENTARIOS

##### 32.2. Acciones mecánicas durante la ejecución

Durante la ejecución se evitará la actuación de cualquier carga estática o dinámica que pueda provocar daños en los elementos ya hormigonados. Se recomienda que en ningún momento la seguridad de la estructura durante la ejecución sea inferior a la prevista en el proyecto para la estructura en servicio.

Cuando la construcción de las obras da lugar a fases sucesivas de descimbrado, de pretensado o de puesto en carga puede ser necesario determinar las sollicitaciones correspondientes a un cierto número de estas fases. Esta determinación se efectuará en cada caso según el método apropiado.

Por otra parte, conviene advertir que la fluencia ejerce efectos importantes sobre las construcciones sometidas a vínculos retardados, es decir, introducidos después de aplicar una parte de las cargas.

#### COMENTARIOS

La actuación prematura de cargas estáticas o dinámicas, de valor excesivo, puede originar daños de diversa índole que se reflejan normalmente en una fisuración o deformación inadmisibles de los elementos ya hormigonados y que es imprescindible evitar. La acumulación de materiales (acopio de ladrillos en forjados de edificación, por ejemplo) y la trepidación originada por ciertas máquinas auxiliares de obra son dos de las causas que pueden provocar tales daños en aquellos elementos sobre los que actúan directamente esas cargas, especialmente si dichos elementos no han alcanzado aún su resistencia prevista.

Todas las manipulaciones y situaciones provisionales y, en particular, el transporte, montaje y colocación de las piezas prefabricadas, deberán ser objeto de estudios previos. Será preciso también justificar que se han previsto todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad, la precisión en la colocación y el mantenimiento correcto de las piezas, en su posición definitiva, antes y durante la ejecución y, en su caso, durante el endurecimiento de las juntas construidas en obra.

Como norma general se admite superponer las deformaciones calculadas (en lugar de las tensiones) correspondientes a las sucesivas fases constructivas. De esta forma, y utilizando los

diagramas tensiones-deformaciones de los materiales, se pueden tener en cuenta adaptaciones que resultan favorables desde el punto de vista económico.

### ARTICULO 33. PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA ACCIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

#### 33.1. Generalidades

Cuando el hormigón haya de estar sometido a acciones físicas o químicas que por su naturaleza puedan perjudicar a algunas cualidades de dicho material, se adoptarán, tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra, las medidas oportunas para evitar los posibles perjuicios o reducirlos al mínimo. Para ello deberán observarse las prescripciones de carácter general que a continuación se indican, así como las particulares dadas en 33.2, 33.3, 33.4 y 33.5.

En el hormigón se tendrá en cuenta no sólo la durabilidad del hormigón frente a las acciones físicas y al ataque químico, sino también la corrosión que puede afectar a las armaduras, debiéndose, por tanto, prestar especial atención a sus recubrimientos.

En estos casos, los hormigones deberán ser muy homogéneos, compactos e impermeables.

#### COMENTARIOS

Debe advertirse que, independientemente de los casos de hormigonado en tiempo frío indicados en el artículo 25, existe también el peligro de heladas en épocas posteriores. Frente a ellas, el hormigón ya endurecido se comporta como un material pétreo cualquiera, siendo su menor o mayor capacidad de absorción de agua la causa determinante de su mejor o peor comportamiento.

Las aguas puras, como las de lluvia, nieve y algunos manantiales de montaña, disuelven la cal libre del hormigón, debiendo especialmente a su alto contenido en anhídrido carbónico.

Por último, este artículo es de aplicación en aquellos casos en que el hormigón se encuentra en contacto con un medio químicamente agresivo (atmósfera, agua y líquido en general, suelo o cualquier sustancia).

#### 33.2. Durabilidad del hormigón

Por lo que respecta a la durabilidad del hormigón deberá elegirse cuidadosamente en el proyecto el tipo, clase y categoría de conglomerante que haya de ser empleado, según las características particulares de la obra o parte de la misma de que se trate y la naturaleza de las acciones o ataques que sean de prever en cada caso. Si se emplean distintos tipos de conglomerantes en una misma obra se tendrá presente lo indicado en los últimos párrafos de los artículos 22 y 24.

En cuanto a los áridos deberá comprobarse que cumplen las limitaciones indicadas en el artículo 9.º y, de modo especial, las relativas a reactividad con los álcalis del cemento.

Con independencia de las precauciones señaladas, que tienen un carácter marcadamente preventivo, deberán adoptarse medidas especiales de protección del hormigón ya endurecido, mediante revestimientos o tratamientos superficiales adecuados, en función de la naturaleza e intensidad de las acciones nocivas actuantes.

#### COMENTARIOS

En la protección frente a los agentes químicos agresivos, las medidas preventivas suelen ser las más eficaces y menos costosas. Por ello, la durabilidad es una cualidad que debe tenerse en cuenta durante la realización del proyecto, estudiando la naturaleza e intensidad potencial previsible del medio agresivo y eligiendo los materiales, dosificaciones y procedimientos de puesta en obras más adecuados en cada caso.

Entre las muchas variables que influyen en los fenómenos de carácter agresivo, la compacidad del hormigón es una de las más importantes y todo lo que se haga por aumentarla redundará en una mayor durabilidad del elemento correspondiente.

Por otra parte, la elección del tipo, clase y categoría del cemento o cementos que vayan a emplearse es otro extremo con repercusión directa en la durabilidad del hormigón.

Por último, se reseñan a continuación las sustancias que, de un modo genérico, poseen carácter agresivo para el hormigón:

- a) gases que posean olor amoniacal o que, por su carácter ácido, enrojecen el papel azul de tornasol humedecido con agua destilada;
- b) líquidos que desprendan burbujas gaseosas, posean olor nauseabundo, dejen residuos cristalinos o terrosos al

evaporarlos o que por su carácter ácido enrojecen el papel azul de tornasol; aguas muy puras o de alta montaña y aceites vegetales;

- c) tierras o suelos con humus o sales cristalizadas; sólidos secos o húmedos, cuyas dispersiones acuosas enrojecen el papel azul de tornasol.

#### 33.3. Corrosión de las armaduras pasivas

Por lo que respecta a la corrosión de las armaduras pasivas, en la fabricación de los hormigones armados se proscriben el empleo de materiales (agua o áridos) capaces de aportar sales solubles al hormigón. Además, se utilizarán tan sólo conglomerantes de gran estabilidad de volumen, con objeto de reducir el peligro de fisuración.

#### COMENTARIOS

El hormigón, en general, y el de cemento portland, en particular, es un medio alcalino, protector de las armaduras contra la corrosión. Pero si por una circunstancia cualquiera (penetración de agua, disoluciones ácidas o gases húmedos ácidos) la alcalinidad disminuye, la protección puede peligrar e incluso anularse. En tales condiciones, la presencia de aniones salinos y, en particular, la de cloruros puede producir una fuerte corrosión de las armaduras.

Los productos de la corrosión (herrumbre) por las condiciones de su formación y por su naturaleza en ningún caso pueden servir de protección a las armaduras; por lo que el fenómeno corrosivo, una vez iniciado, progresa de manera continua si persiste la causa que lo originó. Por otra parte, los productos de la corrosión se forman con carácter expansivo, desarrollando grandes presiones que provocan la fisuración y el agrietamiento del hormigón junto a las armaduras y abren nuevos cauces a los agentes agresivos.

De aquí la gran importancia que tienen la compacidad del hormigón y los recubrimientos en la protección de las armaduras. La corrosión química ocasionada por las sustancias ácidas y salinas puede ser notablemente acelerada e intensificada por la superposición de fenómenos electroquímicos debidos a corrientes vagabundas o derivadas, como ocurre, por ejemplo, en el caso de existir conducciones eléctricas, incluidas o no en la masa del hormigón, que corran paralelas y próximas a las armaduras principales (véase comentario al artículo 24).

A efectos de protección de las armaduras contra posibles peligros de corrosión de uno u otro tipo deben tenerse en cuenta los hechos siguientes:

- 1.º La corrosión, como fenómeno cuya ocurrencia es aleatoria, está regida por las leyes de la probabilidad y, en consecuencia, implica siempre un riesgo.
- 2.º Una eficaz garantía contra este riesgo consiste en la observancia de las indicaciones y recomendaciones anteriormente hechas.
- 3.º La corrosión de las armaduras, como la de cualquier estructura metálica, puede combatirse más fácil y económicamente si se prevé por anticipado. En cambio, una vez comenzada, sus efectos son imposibles o muy difíciles de evitar, y siempre a un costo elevado.
- 4.º Cuando se presumen riesgos serios de corrosión es aconsejable documentarse debidamente, recurriendo a las publicaciones especializadas o al dictamen de especialistas idóneos.

#### 33.4. Corrosión de las armaduras activas

Para evitar los graves daños que puede ocasionar la corrosión de las armaduras tesas se prohíbe utilizar, para la fabricación de los hormigones y de los productos de inyección, materiales que contengan cloro, azufre o sus derivados (especialmente cloruros y sulfuros), en proporciones superiores a las prescritas en los artículos 7.º, 8.º, 9.º, 10 y 17. Asimismo deberán estar exentos de cualquier sustancia que catalice la absorción del hidrógeno por el acero.

Se prohíbe la utilización de empalmes o sujeciones con otros metales distintos del acero, la de aceros protegidos por recubrimientos metálicos y, salvo confirmación experimental de su eficacia en cada caso particular, la de protección catódica.

#### COMENTARIOS

En las estructuras pretensadas existe un riesgo especial de corrosión de las armaduras sometidas a tensión. Las precauciones recomendables para eludir este fenómeno son:

(Continuará.)