

## Puntos de vista del proyectista

LUIS FELIPE RODRIGUEZ MARTIN, Prof. Dr. Arquitecto

Cuando se comienza el estudio de un proyecto, se pretende que el edificio dure lo más posible dentro de unos límites razonables. Yo voy a abordar el punto de vista del proyectista, pero proyectista de edificios que es en lo que yo tengo experiencia.

El primer agente que trata de acortar la vida del hormigón son las acciones que van a atentar contra la estabilidad de la estructura. Esto, a veces, no se considera dentro del tema durabilidad y, sin embargo, encaja en él perfectamente. En el cuadro que nos ha dado D. Pablo García de Paredes se señala claramente que entre los agentes agresivos los primeros son: carga, sobrecarga, choque, impactos, corrientes de agua y corrientes de aire. De manera que la lucha contra la falta de durabilidad del edificio comienza por un buen cálculo de la estructura, un buen cálculo de la cimentación, una buena determinación de las condiciones para que la fisuración no sea excesiva y no abra cauces a otros agentes agresivos hasta el interior del hormigón, y con esto hemos dado el primer paso, que corresponde a los problemas estructurales.

El segundo paso, la segunda preocupación del proyectista, es indudablemente el suelo, el suelo como material resistente, pero el suelo también como posible enemigo para el material hormigón empleado en las cimentaciones. El proyectista debe conocer a este enemigo y, por lo tanto, lo primero es contar con un estudio del suelo, no solamente desde el punto de vista de sus características mecánicas, sino también de sus características agresivas. Algunas veces, el proyectista de edificios se encontraba con una cierta incompreensión en este sentido por parte del promotor. Afortunadamente los proyectistas hemos recibido una importante ayuda en este sentido con el Decreto 462 de 11 de marzo del año 1971, por el cual el Ministerio de la Vivienda autoriza al proyectista a exigir del promotor un estudio del suelo redactado por un técnico competente.

¿Qué debemos preguntar a este técnico competente, al consultor que nos va a decir como es el suelo? Pues debemos preguntarle, en primer lugar, si existe agua, y a qué profundidad. Un suelo aunque tenga sales agresivas presenta poco peligro si éstas no están disueltas. Nos interesa saber de este agua si tiene unos niveles variables, cuál es la cota máxima y cota mínima que van a alcanzar, y si es agua en reposo o en movimiento. Se comprende que un agua en movimiento va a ser mucho más perjudicial que el agua en reposo. Ya el simple movimiento del agua va a producir una erosión, y una disolución de los componentes del hormigón que producirá un daño en éste. Si este agua tiene una determinada presión que incrementará los perjuicios que pueda ocasionar.

A continuación, nos interesa saber si este agua es o no agresiva; para ello es fundamental conocer si este agua tiene sulfatos y dentro de la presencia de sulfatos, conviene distinguir el sulfato magnésico de los restantes. Debemos también determinar la presencia

de cloruros y de acidez en este agua. Aun no habiendo agua tenemos que conocer la agresividad de las sales disueltas en el suelo, puesto que en un futuro podría haber agua, disolver estas sales y ser agresivas.

Una vez conocido todo esto, nos queda la pregunta de si esas sales en la proporción en que se encuentran en el agua o en el suelo son o no perjudiciales. Sobre esto creo que debería dictarse una normativa suficientemente clara y yo no voy a entrar en ello, porque entiendo que al proyectista le compete aplicar las normas, no crearlas.

¿Qué medios tiene el proyectista para defenderse del peligro de agresión del suelo contra el hormigón de sus cimentaciones?

La mejor defensa, cuando es posible, consiste en mantener la agresión alejada del cimiento.

Una posibilidad en este sentido es colocar la cimentación por encima del nivel de las aguas subterráneas. No basta, sin embargo, con colocarse por encima del nivel, sino contar también con la subida por efecto de capilaridad de este agua hasta nuestra cimentación. Cuando esté por debajo, pero a una distancia peligrosa, puede utilizarse el procedimiento de colocar una capa de grava como base de la cimentación a fin de que a través de la grava el agua no pueda subir. Convendrá también colocar debajo de la capa de grava una capa de arena que impida que la grava se hinque en el suelo. Otra solución, aunque pocas veces posible, consiste en intentar evacuar el agua agresiva, o cortar su llegada a la cimentación, mediante drenajes adecuados.

Cuando no podemos evitar que bañe la cimentación, tenemos que producir un hormigón resistente a la agresión. Comenzaremos por intentar detener el ataque en la superficie. Para ello haremos un hormigón muy impermeable. Con este objeto el hormigón presentará una gran riqueza de conglomerante, una granulometría muy bien estudiada, y una colocación en obra que lo compacte al máximo, utilizando con este fin vibración y todos los medios de que disponga el constructor para reducir su porosidad a unos límites mínimos.

Tendremos después que ocuparnos de emplear los materiales más adecuados. Para el agua de amasado la condición fundamental es que no contenga sales que van a producir la agresión, porque entonces introduciríamos el enemigo dentro del propio material. Es muy importante que los áridos sean inertes ante el conglomerante, puesto que si empleamos un determinado tipo de áridos que reaccione produciendo un aumento de su volumen, éste producirá fisuración del hormigón; como consecuencia, abrirá caminos por los que penetre la agresión. Por ello cuando hayan de utilizarse áridos de los que no se tenga suficiente experiencia, una medida muy prudente es analizar si son o no reactivos con los restantes componentes del hormigón. Hay áridos de cuarzo microcristalino o resultante de fragmentación de rocas dolomíticas que sufren unos aumentos de volumen muy peligrosos.

Si el hormigón es armado hay que tener en cuenta su armadura. En la armadura el problema consiste en evitar su corrosión, no solamente porque debilite las armaduras sino porque también, por un efecto parecido al de los áridos, al oxidarse aumentan de volumen y, en consecuencia, se produce también un efecto de fisuración con los mismos peligros ya señalados. ¿Cómo evitamos la corrosión? El propio hormigón, que es un material básico, protege al acero con una película que lo pasiva, es decir, que lo hace resistente a la corrosión. Debemos, por tanto, evitar que esta película se destruya. Dado que la afectan de forma perjudicial los cloruros, trataremos de evitar su incorporación al hormigón. Unas arenas de playa o un amasado con agua de mar pueden aportar una

cierta proporción de cloruros. También pueden penetrar a través del medio que rodea al hormigón, cuando este medio, por ejemplo, es agua de mar, o podemos nosotros introducirlo en forma de acelerante de fraguado a base de cloruro cálcico. De manera que cuando el tema corrosión nos preocupe verdaderamente, y yo creo que en los casos de suelo debe preocupar, será conveniente no emplear productos que contengan cloruro cálcico y, si no hay más remedio, procurar que no se supere una proporción del 2 %.

Finalmente llegamos al material conglomerante. Como es lógico convendrá utilizar aquellos elementos que sean más adecuados para el tipo de agresión previsto. Si no hay que temer agresión, un cemento portland normal puede ser perfectamente adecuado. En caso de aguas selenitosas, es decir con sulfato cálcico disuelto, el cemento más adecuado será el tipo PAS cuya traducción es: portland resistente a las aguas selenitosas.

Cuando el sulfato potencialmente agresivo es fundamentalmente de tipo magnésico, parece que pueden ser más adecuados cementos de tipo puzolánico o cementos de alto horno o sobresulfatados. Hay un cemento de grandes cualidades resistentes a la agresión: el cemento aluminoso. Sin embargo, este cemento es un material especial que exige cuidado en su empleo; la propia "Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa y armado" de 1968 recomienda que cuando se emplee cemento aluminoso se justifique su empleo y se tomen las medidas adecuadas. La propia Instrucción recomienda cuáles han de ser estas medidas.

Realizado el hormigón con el cemento adecuado, con la máxima campacidad y con las restantes precauciones recomendadas, podemos esperar que se comporte suficientemente bien ante la agresión. Pero si el grado de agresividad es muy importante, posiblemente será necesario adoptar aún otro tipo de medidas. Hay una solución sencilla y económica para defender a un cimiento: tal es el sobredimensionarlo. Ya se comprende que si una zapata, pongo por ejemplo, le damos una dimensión de 20 cm más por lado que la estrictamente necesaria, tendremos 20 cm de protección. La eficacia del sistema dependerá de la velocidad de la agresión.

Una defensa también económica y sencilla consiste en rodear el cimiento de una capa de arcilla compacta, por ejemplo de unos 25 cm de espesor, que establezca una barrera relativamente impermeable para el agua agresiva en torno al hormigón.

En casos aún más graves habrá que recurrir a protecciones superficiales, en las cuales los materiales bituminosos han tenido amplia aplicación. Se han utilizado también, en casos extremos, hojas de plomo, lo que supone una solución excesivamente cara. Hoy se emplean, preferentemente, láminas de materiales plásticos, por ejemplo cloruro de polivinilo, y parece que dan un resultado aceptable.

Para cimientos de gran masa sometidos a agentes agresivos puede resultar económico hacer una especie de conglomerante resistente y, después, dentro de él macizar el cimiento con un portland normal.

Hay un problema también, que es el de las aguas residuales. Es muy conveniente cuidar los sistemas de evacuación de aguas residuales de los edificios, para que una rotura de los conductos no afecte al hormigón de la cimentación. Generalmente las aguas residuales de tipo doméstico no tienen una gran agresividad como nos lo demuestra el hecho de que las tuberías de saneamiento se hacen generalmente de hormigón y, sin embargo, su resultado en el tiempo resulta bastante bueno.

No obstante, cuando se trata de edificaciones de tipo industrial, de tintorerías, etc., que puedan verter a estos conductos de evacuación sustancias verdaderamente agresivas, se hará preciso estudiar cada caso en particular.

Cuando se trate de obras marítimas, el caso es semejante a los ya tratados. El agua de mar, a estos efectos, puede considerarse una disolución de cloruros y de sulfato magnésico. Los cloruros pueden penetrar en el hormigón y afectar a la resistencia del acero a la corrosión, y en cuanto al sulfato magnésico producirá su típica agresividad. Conviene en este caso emplear mezclas muy ricas de portland y mejor una mezcla de portland con cemento puzolánico.

Dejando ya el tema de la cimentación, otra de las cuestiones que nos deben preocupar, en cuanto a durabilidad de la estructura, es la corrosión de las armaduras del hormigón. En este sentido la parte más débil son los forjados, sobre todo los de viguetas, ya que, al ser elementos muy delgados, la protección de las armaduras es pequeña, y éstas son de pequeño diámetro, por lo que los efectos serán más graves.

Cuando se trabaja en zonas de ambiente agresivo o muy húmedo y si se han empleado acelerantes de fraguado con cloruro cálcico, el tema se agrava.

Al proyectista, a veces, le preocupa también otro tema: el del hormigón visto. Cuando se trata de que el hormigón sea no solamente un material resistente, sino un material que ofrezca un buen aspecto en el transcurso del tiempo, hay que proporcionarle una capacidad especial para evitar que penetren los agentes agresivos en su interior, protegerlo con tratamientos superficiales que no alteren su aspecto y darle una superficie lo más lisa e impermeable posible.

Casos especiales se plantean cuando debemos hacer conducciones o depósitos que van a contener líquidos agresivos. Naturalmente, no se puede pasar revista ahora a todos los casos, sino que en cada uno convendrá recurrir a expertos, o incluso al investigador, para que nos dé las medidas más adecuadas.

Finalmente conviene no olvidar la protección del hormigón contra golpes o rozas frecuentes en las obras y en su utilización posterior.