

EL CONCRETO EN LA INDUSTRIA DEL CURTIDO

Prevención de daños en estructuras expuestas a agentes corrosivos

Arquitecto Jorge Patiño Guajardo**

PRESENTACIÓN:

El concreto es el material aconsejado aquí para las edificaciones y la planta de tratamiento destinadas a la reubicación de la industria del curtido en la ciudad de León. Dada la presencia de agentes corrosivos que pueden provocar daños futuros en las estructuras, el estudio señala las medidas preventivas que deben tomarse al diseñar las mezclas.

El sistema de curtido preferido por la industria curtidora del Bajío es el denominado *curtido mineral* o *al cromo*, en virtud de que utiliza en su formulación sales de cromo. Lo emplean 73 por ciento de las empresas. El sistema de *curtido vegetal*, que trabaja con materias primas de origen natural tales como mimosa, acacia, quebracho, cañagria, etcétera, se utiliza en 23 por ciento de las empresas.

El proyecto Condominio Industrial León ha considerado conveniente que el agua tratada sea reusada en los procesos de curtiduría; tomando en cuenta la obligatoriedad de tratar las aguas de desecho y la rigidez de las nuevas normas de descarga, la reutilización del agua tratada logra una economía importante en el uso del agua en el proceso.

El concreto raramente es atacado por agentes químicos sólidos o en seco. Para producirle un ataque significativo, los químicos agresivos deben estar en solución y sobre un cierto mínimo de concentración. El concreto sujeto a soluciones agresivas y bajo presión de alguna de sus caras es más vulnerable puesto que la presión hace que la solución agresiva penetre en él.

Para la protección contra el ataque de sulfatos se sugiere utilizar una mezcla de concreto muy densa y con baja relación agua-cemento para que el concreto tenga una buena resistencia contra los sulfatos. Algún aditivo inclusor de aire ayuda a reducir la relación agua-cemento y por consecuencia la permeabilidad. Un correcto curado de acuerdo con la norma ACI-308 es esencial para minimizar la permeabilidad.

Algunos estudios han demostrado que ciertas puzolanas y la escoria de hierro empleadas en la mezcla del cemento o agregadas separadamente a la mezcla de concreto incrementan considerablemente la vida de este material cuando está expuesto a sulfatos. Además del efecto

El cloruro de calcio en el concreto reduce su resistencia al ataque de sulfatos y su empleo debe ser prohibido en concretos expuestos a condiciones severas y muy severas. Se reconoce que estas recomendaciones son conservadoras y pretenden procurar una larga vida de servicio del concreto. Si se desea una menor vida de servicio, se justifican requerimientos menos exigentes.

Una mezcla densa de concreto con baja relación agua-cemento puede proveer una protección aceptable contra el ataque de ácido diluido. Algunos materiales puzolánicos tales como sílica-fume en particular, incrementan la resistencia del concreto a los ácidos. En todos estos casos, la exposición de los ácidos debe ser minimizada si es posible, y la inmersión del concreto en éstos debe evitarse.

Las reacciones químicas de los agregados del concreto pueden afectar el comportamiento de las estructuras. Algunas reacciones pueden ser benéficas, otras pueden causar serios daños en el concreto al provocar expansiones internas que producen agrietamientos y aun desplazamientos así como pérdida de resistencia en las estructuras.

Gran parte de los agregados utilizados en la dosificación del concreto con cemento portland son químicamente estables y sin interacción deletérea con otros ingredientes del concreto. Sin embargo, este no es el caso de los que contienen ciertos minerales que reaccionan con los álcalis solubles en el concreto.

Las reacciones álcali-silicato ocurren en concretos ricos en álcalis, los cuales contienen argilita y rocas del tipo grauvaca en el agregado. La reacción de este tipo de rocas y los álcalis es por lo regular lenta. Los constituyentes silíceos en los agregados pueden expandirse causando la ruptura del concreto.

Las barreras de protección son sistemas utilizados para proteger el concreto de la degradación provocada por agentes químicos y la consecuente pérdida de la integridad estructural, para prevenir manchas en el concreto o proteger líquidos contenidos de la contaminación misma del concreto.

La fuerza adhesiva de una barrera no bituminosa al concreto deberá ser por lo menos igual a la resistencia del concreto a la tensión en su superficie. Normalmente, la mayor parte de los materiales no bituminosos especialmente fabricados para utilizarse en superficies de concreto tienen mayor resistencia a la tensión que la indicada anteriormente.

Seleccionar un sistema de barrera apropiado nos garantizará el óptimo desempeño de la misma así como una mayor economía (costo/vida útil) ya que hay una gran variedad en el mercado. Los sistemas de barrera de protección se clasifican en tres categorías de acuerdo con la severidad de las condiciones químicas de servicio: leves, intermedias y severas.

Seleccionar un sistema de barrera apropiado nos garantizará el óptimo desempeño de la misma así como una mayor economía (costo/vida útil) ya que hay una gran variedad en el mercado. Los sistemas de barrera de protección se clasifican en tres categorías de acuerdo con la severidad de las condiciones químicas de servicio: leves, intermedias y severas.

Si la contracción por secado puede presentarse sin ninguna restricción, el concreto no de agrieta. Sin embargo, en una estructura el concreto está siempre sujeto a algún grado de restricción, ya sea por la cimentación o alguna otra parte de la estructura, o por el acero de refuerzo dentro del concreto. Esta combinación de contracción y restricción origina esfuerzo de

tensión y cuando estos esfuerzos de tensión alcanzan su resistencia, el concreto se agrieta.

Para minimizar el agrietamiento, el concreto debe tener baja contracción por secado y un alto grado de deformabilidad (bajo módulo de elasticidad y alta deformación diferida), así como una alta resistencia a la tensión. Sin embargo, una alta deformabilidad de los elementos de concreto sujetos a tensión causará grandes deflexiones.

El empleo de juntas es el método más efectivo para evitar la formación de grietas gruesas. Si se tienen longitudes largas o superficies extensas de concreto tales como muros, losas o pavimentos, y no se proporcionan juntas separadas convenientemente para absorber las contracciones, el concreto hará sus propias juntas por agrietamiento

(TEXTO DEL ARTÍCULO:)

La ciudad de León, en Guanajuato, es un centro de población que cuenta actualmente con más del millón de habitantes, y tiene 1,350 locales industriales y comerciales, 568 de los cuales están dedicados al ramo de la curtiduría.

Su crecimiento acelerado, aunado al desarrollo de la exportación, ha provocado una desordenada ocupación de zonas primordialmente habitacionales y comerciales, como son las del centro y norte de la ciudad.

No sólo se han generado problemas de servicios urbanos, como es el caso del suministro de agua a la ciudad; también a raíz de las descargas de desechos altamente contaminantes se ha provocado el rápido deterioro de las redes de drenaje de los sistemas naturales y de la calidad del agua subterránea de la región.

Existe además un severo problema de tránsito derivado de la ubicación de la industria, pues sus vehículos de carga ocasionan congestión en las calles por las que transitan.

En consideración a esta situación, se ha elaborado un proyecto denominado Condominio Industrial León, que pretende dar solución a los principales problemas señalados. Sus objetivos son el reordenamiento urbano industrial de la ciudad, el fomento de la exportación con la modernización de la infraestructura para la planta productiva y la integración de los procesos industriales, la solución al problema de la contaminación ambiental que genera la industria del sector y una mayor facilidad de acceso a la infraestructura.

Hay que mencionar que la mayor parte de las tenerías están actualmente alojadas en viejas edificaciones antifuncionales y techadas con lámina acanalada sobre estructura metálica. Los vapores emanados del sistema de curtido, altamente corrosivos, provocan una fuerte y rápida degradación de esos materiales.

El estudio que aquí se presenta tiene por objeto proponer la utilización del concreto armado, tanto en las edificaciones como en las plantas tratadoras de aguas residuales que se tendrán

que construir, pues ello daría por resultado una mayor durabilidad y, por consiguiente, una economía para las empresas.

Sin embargo, para que esto sea factible es preciso contar con el diseño y la construcción adecuados para prevenir los daños que podrían sufrir posteriormente las edificaciones a causa de los agentes químicos y naturales a que estarán expuestas. Aquí se enfoca justamente este aspecto y se propone una serie de medidas preventivas para asegurar una mayor durabilidad de las estructuras.

DETERMINACIÓN DE AGENTES CORROSIVOS Y DAÑINOS

En primer lugar es preciso buscar los agentes que pueden dañar y corroer el concreto. Para ello hay que revisar los desechos producidos en los diferentes procesos de curtido, así como los productos químicos utilizados y sus reacciones en tales procesos.

Sistemas de curtido utilizados en la industria curtidora

El sistema de curtido preferido por la industria curtidora del Bajío es el denominado *curtido mineral* o *al cromo*, en virtud de que utiliza en su formulación sales de cromo. Lo emplean 73 por ciento de las empresas. El sistema de *curtido vegetal*, que trabaja con materias primas de origen natural tales como mimosa, acacia, quebracho, cañagria, etcétera, se utiliza en 23 por ciento de las empresas. Otro sistema de curtido que se emplea, aunque en mínima escala, es el llamado *curtido sintético*, que utiliza resinas y polímeros en la formulación para proporcionar al cuero algunas propiedades de los plásticos, brindándole un acabado acharolado.

Descripción de la planta de tratamiento (capacidad requerida)

El Condominio Industrial León está diseñado para ubicar en él:

- 257 naves de 675 m² que curten 60 pieles/día (675 m³);
- 48 naves de 337.50 m² que curten 30 pieles/día (337.50 m³);
- 17 bodegas para insumos;
- una zona de control y administración, y
- un área de centro comercial y de servicios.

El volumen de desechos industriales se considera igual al volumen de agua utilizado, es decir, 568 litros por piel y por día.

La distribución del gasto en los diferentes pasos del proceso de curtido es como sigue:

-Aguas de remojo 21.04 % = 55.97 lps

- Aguas de pelambre 36.91 % = 98.18 lps

- Curtido y recurtido 42.05 % = 111.85 lps

Las aguas de remojo tienen una salinidad de 20,000 ppm, lo que hace antieconómico su tratamiento, ya que no puede esperarse una recuperación de más de 35 por ciento.

Las aguas de pelambre tienen sulfuros; la experiencia recomienda su eliminación para evitar problemas en el tratamiento.

Las aguas de curtido presentan cromo; es necesaria su eliminación y también estudiar la conveniencia de recuperarlo, ya que puede resultar económico.

Lista-resumen de agentes dañinos

Los agentes dañinos presentes en el proceso industrial tratado estarán en contacto –directa o indirectamente– tanto en estructura en forma de vapores, como en tanques de curtido, líneas de conducción, pisos y tanques de tratamiento en forma directa. Los que más afectan al concreto son: ácido fórmico, ácido oxálico, ácido sulfúrico, álcalis, bicarbonato de sodio, bisulfito de sodio, cal, carbonato de sodio, cloruro de sodio, hidróxido de calcio, lignosulfatos, sales de cromo, sulfato de amonio, sulfato de magnesio, sulfhidrato de sodio, sulfuro de sodio, aceites sulfatados, blanqueadores, colorantes de carácter iónico, colorantes sintéticos, formiato, sulfataciones, sulfitaciones, sulfocoloración y ambiente ácido (ph = 3.5 -3.9).

Otro factor que deberá tomarse en cuenta será, en los pavimentos tanto interiores como exteriores, la abrasión, ya que estarán sujetos a desgaste por equipos de carga y transportes pesados, los cuales transmiten la mayor carga al pavimento al efectuar maniobras en distancias cortas así como en arranques y frenadas.

MEDIDAS PREVENTIVAS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS

Aunque no todos los puntos que se tratan aquí intervienen en el diseño de una buena mezcla resistente a los ataques de agentes externos, son sin embargo medidas preventivas que deberán tomarse en cuenta antes del diseño, en el momento del colado y después de haberse colocado el concreto, ya que sabemos que la mayor parte de las estructuras que intervienen en este proyecto estarán sujetas a medios abrasivos.

Exposición a agentes químicos agresivos

El concreto se comporta satisfactoriamente cuando está expuesto a diferentes condiciones atmosféricas, a los diversos tipos de aguas y suelos con contenido moderado de agentes químicos agresivos y a una gran variedad de agentes químicos. Existen, sin embargo, algunos

entornos químicos bajo los cuales su vida útil se reduce –aun la del mejor concreto–, a menos que se consideren determinadas medidas de prevención. Para tomar éstas o reducir el rango de agresividad al que será sometida una estructura, es preciso entender esas condiciones agresivas.

El concreto raramente es atacado por agentes químicos sólidos o en seco. Para producirle un ataque significativo, los químicos agresivos deben estar en solución y sobre un cierto mínimo de concentración. El concreto sujeto a soluciones agresivas y bajo presión de alguna de sus caras es más vulnerable puesto que la presión hace que la solución agresiva penetre en él.

Ataque por sulfatos

Los sulfatos de sodio, potasio o magnesio, que se cuentan entre los que atacan al concreto, se encuentran en forma natural en la tierra o disueltos en aguas del subsuelo adyacentes a las estructuras de concreto. Cuando ocurre una evaporación en alguna cara expuesta, los sulfatos se acumulan en dicha cara y se incrementa la concentración y, por ende, el potencial de deterioro. El ataque por sulfatos ha ocurrido en múltiples localidades del mundo; se trata de un problema en particular de las zonas áridas.

Los sulfatos, además de encontrarse en el subsuelo, se presentan también en aguas de desechos industriales, como ocurre en el caso que nos ocupa.

Existen aparentemente dos reacciones químicas involucradas en el ataque por sulfatos en el concreto: a) combinación de sulfato con iones de calcio liberados durante la hidratación del cemento para formar el gel de la pasta ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); y b) combinación de iones de sulfato y calcio aluminato hidratado para formar sulfoaluminato de calcio (ettringite) ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Ambas reacciones provocan un aumento en el volumen sólido. La formación de ettringite es la mayor causa de expansión y ruptura del concreto causada por las soluciones sulfatadas.

Recomendaciones

Para la protección contra el ataque de sulfatos se sugiere utilizar una mezcla de concreto muy densa y con baja relación agua-cemento para que el concreto tenga una buena resistencia contra los sulfatos. Algún aditivo inductor de aire ayuda a reducir la relación agua-cemento y por consecuencia la permeabilidad. Un correcto curado de acuerdo con la norma ACI-308 es esencial para minimizar la permeabilidad.

Existe una buena correlación entre la resistencia del cemento a los sulfatos y su contenido calculado de aluminato tricálcico (C_3A). De acuerdo con la norma ASTM C-150, el cemento tipo V (resistente a los sulfatos) podrá contener un máximo de 5 por ciento de C_3A y el cemento tipo II (resistencia moderada a los sulfatos), hasta 8 por ciento de contenido calculado. También existe evidencia de que la alúmina en la fase del ferroaluminato del cemento portland puede participar para dilatar el ataque de los sulfatos. De ahí que la norma

ASTM C-150 nos da que en el cemento tipo V el C_4AF (ferroaluminato tetracálcico) más el 2 C_3A (aluminato tricálcico) no debe exceder de 25 por ciento, a menos que los requerimientos basados en el uso de la prueba de comportamiento ASTM C-452 sea rechazada. En el caso del cemento tipo V, la prueba de expansión por sulfatos ASTM C-452 podrá ser utilizada en vez de los requerimientos químicos.

Según algunos estudios, ciertas puzolanas y escorias pueden ser efectivos para incrementar la resistencia del concreto a los efectos de los sulfatos con cementos tipo I y II. Sin embargo, algunas puzolanas, especialmente las de la clase C (ceniza volante), decrecientan la resistencia de los morteros hacia los sulfatos. Se han obtenido buenos resultados cuando la puzolana ha sido del tipo ceniza volante, cumpliendo con los requerimientos de la norma ASTM C-618 clase F. La escoria debe cumplir con la ASTM C-989. En adición al efecto benéfico que muchas puzolanas tienen en la permeabilidad del concreto, también combinan con los álcalis e hidróxido de calcio que son liberados durante la hidratación del cemento.

El cloruro de calcio en el concreto reduce su resistencia al ataque de sulfatos y su empleo debe ser prohibido en concretos expuestos a condiciones severas y muy severas.

Ataque por ácidos

El cemento portland no tiene por lo regular una buena resistencia a los ácidos; sin embargo, algunos ácidos débiles pueden ser tolerados, particularmente si la exposición es ocasional.

Los productos de combustión de muchos combustibles contienen gases sulfurosos que, combinados con la humedad, forman ácido sulfúrico.

Los desechos de agua en algunas industrias pueden contener ácidos que atacan el concreto. En el caso que nos ocupa, ello se debe al alto contenido y variedad de ácidos involucrados en el proceso del curtido.

Algunos tipos de suelos pueden contener sulfato ferroso (pirita), que con la oxidación produce ácido sulfúrico. Reacciones posteriores pueden producir sales sulfatadas que pueden propiciar ataques de sulfato.

Ácidos orgánicos producto de industrias de manufactura (tales como la curtiduría), pueden causar daños en la superficie del concreto. Esto provoca una preocupación en el caso de los pisos, aunque la integridad estructural no se vea afectada.

El deterioro del concreto provocado por los ácidos es primeramente el resultado de la interacción entre estos químicos y el hidróxido de calcio del cemento portland hidratado (cuando se utilizan agregados limosos y arcillosos también son susceptibles de ser atacados por ácidos). En la mayoría de los casos la reacción química resulta en la formación de los componentes de calcio diluidos en agua, que son expulsados por las soluciones acuosas. El ácido fosfórico y oxálico son la excepción ya que las sales de calcio resultantes son insolubles al agua y no son rápidamente removidas de la superficie del concreto.

En el caso del ataque del ácido sulfúrico resultan deterioros adicionales y acelerados porque el sulfato de calcio formado afectará el concreto por un mecanismo de ataque del sulfato de calcio descrito en la sección anterior.

Si los ácidos clorhídricos y/o soluciones de sales agresivas llegan a alcanzar el acero de refuerzo por las grietas o poros existentes en el concreto, puede resultar corrosión en aquél, lo que provocará la cuarteadura y el desprendimiento del concreto.

Recomendaciones

Una mezcla densa de concreto con baja relación agua-cemento puede proveer una protección aceptable contra el ataque de ácido diluido. Algunos materiales puzolánicos tales como sílica-fume en particular, incrementan la resistencia del concreto a los ácidos. En todos estos casos, la exposición de los ácidos debe ser minimizada si es posible, y la inmersión del concreto en éstos debe evitarse.

Ningún concreto hidráulico, por bueno que sea, podrá soportar agua con alta concentración de ácidos ($\text{pH} = 3$ o menor). En estos casos, una apropiada barrera protectora deberá ser utilizada. ACI-515.1R da recomendaciones de barreras protectoras para proteger el concreto de varios químicos, como lo veremos más adelante.

Reacción química de los agregados

Las reacciones químicas de los agregados del concreto pueden afectar el comportamiento de las estructuras. Algunas reacciones pueden ser benéficas, otras pueden causar serios daños en el concreto al provocar expansiones internas que producen agrietamientos y aun desplazamientos así como pérdida de resistencia en las estructuras. Esto provoca, por supuesto, inquietudes naturales puesto que puede verse afectada la seguridad de las estructuras, motivo por el cual se han realizado tantas investigaciones.

Reacción álcali-agregado

La reacción álcali-agregado se identifica como un proceso fisicoquímico en el cual intervienen principalmente los minerales que constituyen la roca utilizada como agregado, según sea su naturaleza cristalina o amorfa y los hidróxidos alcalinos del concreto que pueden ser aportados, ya sea por el cemento, por los mismos agregados o por algún agente externo.

Gran parte de los agregados utilizados en la dosificación del concreto con cemento portland son químicamente estables y sin interacción deletérea con otros ingredientes del concreto. Sin embargo, este no es el caso de los que contienen ciertos minerales que reaccionan con los álcalis solubles en el concreto.

Esta reacción que se genera es denominada, en términos generales, álcali-agregado, y se identifican tres tipos de la misma: álcali-carbonato, álcali-silicato y álcali-sílice. Pueden ocurrir varios tipos de interacciones en cada clase, y no todas son necesariamente expansivas o deletéreas.

La primera se lleva a cabo entre los álcalis aportados por el cemento en la fase líquida del concreto y las rocas carbonato; es un proceso poco frecuente por lo que se conoce poco de este tipo de reacción. Existe un solo tipo que se produce en presencia de agregado fino o arena dolomítica, la cual contiene calcita y arcilla intersticial y produce expansiones significativas.

Las reacciones álcali-silicato ocurren en concretos ricos en álcalis, los cuales contienen argilita y rocas del tipo grauvaca en el agregado. La reacción de este tipo de rocas y los álcalis es por lo regular lenta. Los constituyentes silíceos en los agregados pueden expandirse causando la ruptura del concreto. Por la expansión de partículas individuales, se sugiere la absorción de agua sobre las superficies aluminosilíceas previamente secas localizadas en las porciones microcristalinas de las mismas. Se deduce que puede existir una relación directa entre la cantidad de material microcristalino, la porosidad y la expansión del concreto que contiene estos agregados.

La reacción más frecuente en que intervienen los hidróxidos álcali y el material silíceo de los agregados del concreto es identificada como álcali-sílice, fenómeno particularmente expansivo que tiene la capacidad de desarrollar suficiente presión de dilatación para fisurar y romper el concreto. Por lo regular, la reacción progresa lentamente permitiendo que las expansiones sean previstas antes de que el daño de la estructura sea de gravedad.

Al aparecer las primeras grietas, éstas permiten la entrada de agentes degradantes dentro del concreto, ocasionando la aparición de otros mecanismos destructivos. Se ha encontrado estrignita en las grietas, y se ha observado en éstas gel álcali-silíceo. La estrignita encontrada es la que normalmente se forma entre el aluminato tricálcico y el sulfato de calcio en la hidratación del cemento, lo que sugiere que ninguna fuerza externa de ataque de sulfatos ha causado el desarrollo de la estrignita sino que el sulfato necesario se deriva de la matriz cementante.

Las cantidades finales de los álcalis presentes en un clinker dependerán de las proporciones de mica, ilita o feldespato en la alimentación del horno.

Con el objeto de controlar la cantidad de álcalis presentes, se ha desarrollado la práctica de contabilizarlos en función del sodio equivalente, encontrando que si el valor de este último es menor al 0.6 por ciento en peso, la reacción álcali-sílice no puede llevarse a cabo.

Sodio equivalente = $NA_2O + 0.653 K_2O$ relación en peso.

Existen pruebas de laboratorio para determinar el grado potencial de reactividad álcali-sílice. Por ejemplo:

Análisis petrográfico. ASTM C-295.

Barra de mortero para reactividad potencial. ASTM C-227.

Prueba química para reactividad potencial. ASTM C-289.

Estas pruebas arrojan resultados que van de unos cuantos días hasta un año, puesto que una de las características de la reacción es que se da de forma muy lenta. Sin embargo, se puede prever a partir de dichas pruebas.

Las partes de una estructura que están expuestas a los elementos del medio ambiente son más propensas a efectos de la reacción que otras partes que se encuentran protegidas del intemperismo. Existen casos donde hay una diferencia notable entre la superficie expuesta a la humedad y los lados protegidos en una misma estructura. Por debajo de 70 por ciento de humedad relativa la expansión no es significativa, pero por encima de 80 por ciento los efectos de expansión se incrementan notablemente.

Las peores condiciones que pueden presentarse en un concreto no son aquellas donde los factores de reacción se encuentran en sus máximas concentraciones. En el fenómeno conocido como "proporción pésima" se demuestra que para cada agregado reactivo tiene que estar presente un determinado contenido de álcali para que se produzca la máxima expansión. Así, resulta que cementos con muy distintos contenidos de álcalis pueden dar la misma expansión, con un agregado determinado, variando la proporción de este último.

Recomendaciones

Tratar de no utilizar agregados propensos a la reacción álcali-agregado sería una buena medida, pero en función de los tiempos de análisis y pruebas de laboratorio, si se sabe que una estructura estará sometida a alto grado de humedad, se recomienda utilizar un cemento tipo portland bajo en contenido de álcalis (máximo 0.6 por ciento de Na_2O). Es recomendable utilizar adicionantes tales como puzolana o escoria. (ASTM C-618 y C-989), que a pesar de que demandan mayor contenido de agua en la mezcla, garantizan una mayor trabajabilidad y aumentan la resistencia del concreto a los 28 días. Al igual que en estructuras expuestas al ataque de ácidos, una apropiada barrera protectora deberá ser utilizada en la o las superficies expuestas al intemperismo o a la humedad, o a ambas.

Empleo de barreras de protección

Las barreras de protección son sistemas utilizados para proteger el concreto de la degradación provocada por agentes químicos y la consecuente pérdida de la integridad estructural, para prevenir manchas en el concreto o proteger líquidos contenidos de la contaminación misma del concreto.

Para que sea efectiva la protección del concreto, el material de la barrera deberá tener ciertas propiedades tales como:

- . Cuando el material de la barrera vaya a estar expuesto a agentes químicos, éstos no deberán expandir, disolver, agrietar o resquebrajar el material. Además, los químicos no deberán penetrar a través de la barrera y eliminar la adherencia de ésta con el concreto.

- . La resistencia a la abrasión será suficiente para prevenir el desgaste de la barrera durante el

trabajo normal de servicio.

. La fuerza adhesiva de una barrera no bituminosa al concreto deberá ser por lo menos igual a la resistencia del concreto a la tensión en su superficie. Por supuesto, la adherencia estará sujeta a la limpieza de la superficie donde se aplicará la barrera.

Posiblemente la parte más crítica del sistema de barrera sean los primeros 6 mm de concreto, ya que cuando ocurre una falla, se da en una capa delgada de concreto (usualmente de 3 a 6 mm) que se adhiere a la cara interior del material de la barrera. Esto significa que el concreto falla porque los esfuerzos internos del material de la barrera fueron mayores que la resistencia a la tensión del concreto cercano a la unión. Estos esfuerzos se pueden derivar de lo siguiente:

. Durante el curado del material de la barrera ocurren contracciones y polimerización, las cuales desarrollan esfuerzos en el momento de la reacción entre la resina polimérica y su agente de curado.

. Ocurren cambios diferenciales de volumen en el concreto y la barrera debido a la diferencia en el coeficiente lineal de la expansión térmica ocurrida por el cambio de temperatura. Todas las barreras poliméricas tienen un coeficiente lineal de expansión térmica mucho más alto que el del concreto.

El sistema de barrera debe tener un módulo de elasticidad bajo para prevenir los esfuerzos antes mencionados. Aun si esto se presenta, podría ser debido a la baja resistencia del concreto en su capa superficial causada por una alta relación agua-cemento, al sobretrabajado en el momento del acabado, a la presencia de agentes extraños en la superficie o a un mal curado. Si se tiene una superficie débil, deberá promoverse y/o repararse antes de aplicar un sistema de barrera (ACI 515.1R).

Cualquier fisura en el concreto, incluyendo aquellas ocurridas antes y después de la aplicación de la barrera, se reflejarán a través de ésta si el concreto está sujeto a movimientos por cambios de temperatura o por aplicación de cargas. Estos movimientos evitan el trabajo adecuado de la barrera. Una estructura de concreto con alta permeabilidad permitirá la entrada de agua en el concreto de tal manera que nunca permitirá a la barrera trabajar adecuadamente, no existirá la adherencia deseada y es probable que se "bote" en poco tiempo. Habrá que buscar un secado total antes de aplicar el material polimérico.

Seleccionar un sistema de barrera apropiado nos garantizará el óptimo desempeño de la misma así como una mayor economía (costo/vida útil) ya que hay una gran variedad en el mercado. Los sistemas de barrera de protección se clasifican en tres categorías de acuerdo con la severidad de las condiciones químicas de servicio: leves, intermedias y severas.

1] Condiciones químicas de servicio leves

Ejemplos típicos de estas condiciones son la exposición al agua, las soluciones químicas con un pH tan bajo como es 4, las sales de deshielo, los ciclos de congelación y deshielo. El

espesor de la barrera es menor a 1 mm y algunos tipos de materiales son: polyvinil, acrílicos, epoxy, poliuretano, hule clorinado, asfalto y vinilos.

2] Condiciones químicas de servicio intermedias

Ejemplos típicos de estas condiciones son la exposición intermitente a soluciones ácidas en las plantas de productos lácteos, las plantas procesadoras de alimentos y las combinaciones de abrasión con químicos. El espesor de la barrera es de 3 a 9 mm y algunos tipos de materiales son: epoxy impregnado de arena, polyester impregnado de arena, poliuretanos impregnados de arena y fórmulas bituminosas.

3] Condiciones químicas de servicio severas

Ejemplos típicos de estas condiciones son los ácidos orgánicos o naturales diluidos o concentrados y las soluciones fuertes de álcalis. El espesor de la barrera es de más de 6 mm y algunos tipos de materiales son: epoxy o poliéster reforzado con fibra de vidrio, hojas de neopreno precurado, hojas de PVC, membranas de asfalto recubiertas con ladrillo resistente al ácido colocado con mortero resistente al ácido y epoxy impregnado de arena recubierto con una barrera de epoxy.

Al seleccionar el sistema de barrera, también se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- . Que la barrera sea resistente a la degradación causada por los agentes químicos actuantes sobre la misma.
- . Que sea lo suficientemente impermeable para evitar el paso del agente químico. Esto puede causar el desprendimiento de la barrera. En especial el ácido clorhídrico puede penetrar a través de varios plásticos y barreras de hule.
- . La temperatura de los ácidos puede modificar el comportamiento de una barrera. Cada material tiene una temperatura óptima de comportamiento.
- . Entre otros aspectos que se deberán tomar en cuenta al aplicar cualquier tipo de barrera de protección está la humedad en el concreto, que afecta la adhesión, las condiciones ambientales en el momento de la colocación y el agua encapsulada en el concreto.

Abrasión

La resistencia del concreto a la abrasión está definida como la capacidad de una superficie a resistir el "desgarre" provocado por la fricción y el tallado constantes (ACI 116R). La abrasión en pisos y pavimentos resulta de la operación de una línea de producción o del tránsito vehicular o peatonal. La resistencia a la abrasión estará entonces involucrada en pisos industriales. La erosión por viento o agua provocan abrasión en estructuras de concreto.

Existen muy diversos tipos de abrasión, por lo que se ha hecho una clasificación en cuatro

grandes grupos:

- 1] Construcción de pisos y losas
- 2] Pavimentos de concreto en zonas de rodamiento sujeto a carga pesada (desgaste, raspado y percusión)
- 3] Erosión en estructuras hidráulicas
- 4] Socavación por erosión en sistemas hidráulicos provocada por presiones negativas

Con el desgaste de la pasta, el agregado fino y la coacción de los agregados en general son expuestos, y el impacto y la abrasión causan degradación adicional. El grado de desgaste irá relacionado con la calidad y dureza de los agregados. Puesto que la abrasión ocurre en la superficie del concreto, es indispensable que la resistencia de ésta sea maximizada. El caso que nos ocupa, industria pesada, nos obliga a pensar en la optimización de la resistencia a la abrasión en pisos y pavimentos, ya que además de someterse a esfuerzos de carga, estarán sometidos a agentes dañinos, como ya se mencionó anteriormente.

Recomendaciones

Es conveniente utilizar una baja relación agua-cemento. Se puede utilizar algún aditivo reductor de agua, una mezcla proporcionada y evitar el sangrado, y se evitará adicionar agua durante y después del colado.

También es recomendable una buena graduación de los agregados finos y gruesos (ASTM C-33). El tamaño máximo del agregado grueso deberá seleccionarse para una óptima trabajabilidad y un mínimo contenido de agua. Se seleccionarán agregados de la mayor resistencia posible, lo que permitirá reducir la relación agua-cemento. Éstos son normalmente utilizados para acabados integrales de alta resistencia (toppings).

El revenimiento deberá ser bajo, con una buena colocación y compactación (ACI 309.R). Se proporcionará la mezcla con el revenimiento deseado y la resistencia adecuada.

Se colocará un acabado integral de alta resistencia de 420 kg/cm^2 en la superficie para incrementar la resistencia a la abrasión, utilizando un agregado grueso máximo de 12.5 mm (1/2").

Para la mayor parte de los pisos, pavimentos y losas, el mejor método de curado es mantener éstos constantemente mojados, lo cual da como resultado un concreto denso y duro. También se pueden utilizar membranas de curado, siempre y cuando se restinja el tránsito en estas áreas (ASTM C-309). Se recomienda evitar al máximo el contacto con CO_2 durante el curado para que no ocurra la carbonatación.

Prevención de agrietamientos

Las grietas en estructuras de concreto pueden indicar la presencia de problemas importantes y dañar la apariencia de la construcción monolítica. Pueden dejar el acero de refuerzo expuesto al oxígeno y a la humedad, y hacerlo más susceptible a la corrosión. Aunque las causas específicas del agrietamiento son muchas, las grietas se originan normalmente por esfuerzos que se desarrollan en el concreto por la restricción al cambio volumétrico o por las cargas que se aplican a la estructura.

Mecanismo de agrietamiento

Antes de la aplicación de carga, los cambios volumétricos en la pasta del cemento causan grietas interfaciales que se forman en la frontera mortero-agregado grueso. Bajo cargas de compresión de corta duración, no se forman grietas adicionales hasta que la carga alcanza aproximadamente 30 por ciento de la resistencia a compresión del concreto, arriba de este valor se inicia un agrietamiento por falta de adherencia entre agregado grueso y mortero. El agrietamiento por falta de adherencia se incrementa hasta que la carga alcanza aproximadamente 70 por ciento de la resistencia a la compresión, en cuyo momento el microagrietamiento comienza a propagarse a través del mortero. El agrietamiento del mortero continúa a una velocidad acelerada hasta que el material finalmente falla.

El daño en la pasta de cemento parece jugar un papel importante en el control del comportamiento esfuerzo-deformación del concreto bajo carga axial de corta duración. En concretos de peso normal, las partículas de agregados actúan como incrementadores de esfuerzo, aumentando la rigidez inicial y disminuyendo la resistencia de la pasta. Para carga cíclica y sostenida, una gran parte del agrietamiento por adherencia se origina de la carga inducida por los cambios volumétricos dentro de la pasta, pero no tiene efecto importante en la resistencia.

Contracción por secado

El agrietamiento del concreto debido a la contracción por secado es el aspecto que mayor atención ha recibido por parte de los constructores, más que ninguna otra característica o propiedad del concreto. Es uno de los problemas más serios que enfrentan las construcciones hechas con este material. Diseño y prácticas constructivas adecuadas pueden minimizar la cantidad de agrietamiento y eliminar las grietas grandes visibles mediante el empleo de refuerzo adecuado y juntas de construcción.

Aunque la contracción por secado es una de las principales causas de agrietamiento, los esfuerzos por temperatura, las reacciones químicas, la acción de la congelación, así como los esfuerzos de tensión excesivos debido a las acciones internas, son responsables a menudo del agrietamiento del concreto. El agrietamiento también se puede presentar en el concreto antes del endurecimiento debido a la contracción plástica.

Otro tipo de restricción se origina por la diferencia de la contracción en la superficie y en el interior de un elemento de concreto, especialmente a edades tempranas. Esto puede originar agrietamiento superficial, que no penetra mucho en el concreto; sin embargo, con el tiempo

puede penetrar más cuando la parte interna del concreto está sujeta a contracción adicional.

Es el cambio en el contenido de humedad de la pasta de cemento la que causa la contracción o la expansión del concreto, mientras que los agregados proporcionan una restricción interna, la cual reduce en forma importante la magnitud de estos cambios de volumen.

Cuando un concreto está expuesto a condiciones de secado, la humedad migra lentamente del interior de la masa de concreto hacia la superficie, donde se pierde por evaporación. Con el humedecimiento, este proceso se revierte y da lugar a una expansión del concreto.

Adicionalmente, la pasta de cemento está sujeta también a la contracción por carbonatación. La acción del bióxido de carbono (CO_2) presente en la atmósfera sobre los productos de hidratación del cemento, principalmente hidróxido de calcio [$\text{Ca}(\text{OH})$], origina la formación de carbonato de calcio (CaCO_3), la que está acompañada de una disminución poco importante en el volumen.

. Factores que influyen en la contracción por secado

Los factores que influyen en la contracción por secado incluyen la composición del cemento, el tipo de agregado, el contenido de agua y el proporcionamiento de las mezclas. La velocidad de pérdida de humedad o la contracción de un concreto dado, está influida en gran medida por el tamaño y forma del elemento de concreto, el ambiente y la duración de exposición al secado. La finalidad de este estudio no es profundizar en cada uno de los factores; simplemente habrá que tomarlos en cuenta para evitar al máximo agrietamientos por contracción (Ref. ACI 207.2R-90).

. Control del agrietamiento por contracción

Debido a que varios tipos de restricciones evitan que el concreto se contraiga libremente, la posibilidad de agrietamiento debe esperarse a menos que la humedad relativa ambiente se mantenga en cien por ciento. El control de agrietamiento consiste en reducir a un mínimo la tendencia a agrietarse, mediante el empleo de acero, colocado donde se requiera, y con la utilización de juntas de contracción.

Reducción de la tendencia al agrietamiento. Algunos factores que reducen la contracción disminuyen al mismo tiempo la deformación diferida o relajación e incrementan el módulo de elasticidad, dando como resultado poco o casi nulo beneficio en la tendencia al agrietamiento. Se debe poner énfasis, por lo tanto, en aquellos factores que producen una reducción neta en la tendencia al agrietamiento.

Cualquier medida que se emplee para reducir la contracción del concreto reducirá también la tendencia al agrietamiento. La contracción por secado se puede reducir utilizando menos agua en la mezcla y el tamaño máximo del agregado grueso más grande. Un contenido de agua menor se puede obtener utilizando agregados bien graduados, consistencia más seca y temperatura inicial del concreto más baja. Sin embargo, la reducción en el contenido de agua

por el empleo de aditivos reductores de agua no reduce usualmente la contracción.

Refuerzo. El refuerzo, utilizado en forma adecuada y en cantidad conveniente, reducirá la cantidad de agrietamiento así como lo desagradable que resulta a la vista.

Juntas. El empleo de juntas es el método más efectivo para evitar la formación de grietas gruesas. Si se tienen longitudes largas o superficies extensas de concreto tales como muros, losas o pavimentos, y no se proporcionan juntas separadas convenientemente para absorber las contracciones, el concreto hará sus propias juntas por agrietamiento.

Las juntas de contracción se hacen en muros, por ejemplo, sujetando a la cimbra tiras de madera o de hule, las que dejan ranuras verticales estrechas en el concreto sobre las caras interior y exterior del muro. El agrietamiento debido a la contracción se presentará en las ranuras, relevando los esfuerzos en el muro y evitando de esta manera la formación de grietas no controladas. Estas ranuras se sellarán en la cara exterior del muro para prevenir la penetración de humedad.

Las juntas aserradas se emplean frecuentemente en pavimentos, losas y pisos. La localización de las juntas depende de las particularidades de la colocación. Cada obra se debe estudiar en forma individual para determinar dónde se deben colocar.

Prácticas constructivas adecuadas

Las prácticas constructivas incluyen diseño, especificaciones, materiales y consideraciones de mezclado, así como la práctica constructiva misma de la obra. Antes de discutir el control de la práctica constructiva que afecta el agrietamiento, es conveniente mencionar la causa básica del mismo: la restricción. Si todas las partes del concreto en una estructura están libres para moverse cuando el concreto se expande o se contrae, no habrá agrietamiento debido al cambio volumétrico.

Obviamente, los componentes de las estructuras de concreto no están libres y, por lo tanto, no son libres de responder en el mismo grado a los cambios volumétricos; consecuentemente, se desarrollan deformaciones y se presenta el agrietamiento. Esto señala la importancia de proteger el concreto en el proceso de endurecimiento, tanto como sea posible, de la pérdida de humedad o de una disminución en la temperatura. Estas consideraciones pueden dar como resultado esfuerzos capaces de causar grietas a edades tempranas, pero pueden ser soportadas a una madurez mayor.

. Restricciones

Las restricciones existen en muchas circunstancias bajo las cuales la estructura y sus elementos de concreto deben comportarse satisfactoriamente.

Un muro o parapeto anclado a lo largo de su base a la cimentación, o a los elementos estructurales inferiores, sujetos a cambios volumétricos menores, estará restringido a la contracción cuando su parte superior se acorte debido al secado o enfriamiento. El

agrietamiento es inevitable a menos que se proporcionen juntas de construcción o ranuras de una profundidad no menor a 10 por ciento del espesor del muro, en ambas caras y a intervalos de una a tres veces la altura del muro, para muros altos y bajos respectivamente.

El refuerzo por temperatura restringe la contracción del concreto superficial, originando un número mayor de grietas, pero éstas son más estrechas.

En cambios fuertes de sección se presentarán restricciones, ya que el efecto del cambio de temperatura o de contracción por secado será diferente en las dos secciones. Si es posible, se empleará una junta de contracción para evitar los esfuerzos en la restricción.

El anclaje de la losa en las losas perimerales o zapatas origina restricciones de trabajo del elemento en su plano. Cuando una losa tiene libertad para contraerse a partir de todos sus lados hacia su centro, hay un agrietamiento mínimo. Las juntas de contracción y los apoyos perimetrales serán diseñados en concordancia con las restricciones.

. Contracción

Las causas principales de la contracción, la cual origina la formación de grietas en el concreto, son:

Efecto del contenido de agua. A medida que el contenido de agua es mayor en el concreto, más se contraerá durante el secado. Es importante el empleo del revenimiento más bajo que sea práctico.

Secado superficial. El secado superficial ocurrirá en algún momento, excepto cuando la superficie está sumergida. Donde el secado de la superficie pueda ser rápido, se le pondrá mayor cuidado a un curado ininterrumpido para alcanzar buena resistencia superficial.

Contracción plástica. Se presenta cuando la humedad superficial se elimina más rápidamente de lo que se puede reemplazar con el agua de sangrado de abajo. Estas grietas se presentan antes del acabado final y del inicio del proceso de curado.

. Decantación

Las grietas originadas por decantación se desarrollan mientras el concreto está en estado plástico, después de la vibración inicial. No se debe a ninguna de las causas previamente comentadas, sino al resultado natural de que los sólidos más pesados se asientan en un medio líquido.

Las grietas originadas por la decantación se presentan abajo del refuerzo horizontal soportado rígidamente, de los pernos de las cimbras u otros elementos embebidos. A menudo las grietas aparecen en juntas de construcción horizontales y en losas para cubiertas de puentes, sobre el refuerzo o pernos de cimbras con poco recubrimiento. El revibrado posterior, ejecutado

adecuadamente, puede emplearse para cerrar las grietas causadas por el asentamiento y mejorar la calidad y apariencia del concreto en la porción superior de tales colocaciones, aun cuando la decantación se ha presentado y el revenimiento se ha perdido.

. Construcción

Durante la construcción se puede hacer un gran esfuerzo para minimizar el agrietamiento, o en muchos casos para eliminarlo. Tales acciones deben ser requeridas por las especificaciones y por el cuerpo de ingenieros que las administran. Las acciones incluyen lo siguiente:

Agregados para concreto. Los agregados serán tales que produzcan concretos de alta capacidad de deformación. Los agregados gruesos y finos deben estar limpios y libres de material fino innecesario, particularmente arcilla. La arena tendrá un valor de equivalente de arena arriba de 80 por ciento y esto se verificará con frecuencia. La arena estará almacenada por suficiente tiempo para que se establezca el contenido de humedad en un nivel inferior a 7 por ciento sobre la base de seca al horno.

Lechadas, morteros o concretos sin contracción. Usualmente los sólidos en mezclas de lechadas, morteros y concretos se decantarán antes del endurecimiento, y parte del agua subirá a la superficie. Esta decantación puede ser objetable si el espacio hay que llenarlo sin dejar vacíos en la parte superior. Las medidas para evitar tales asentamientos han producido lo que se conoce como lechada, mortero o concreto "sin contracción". Algunos de los materiales solamente previenen la decantación, otros proporcionan además expansión a medida que la mezcla se endurece.

Entre los aditivos comerciales, hay uno que contiene agregados metálicos, los cuales, además de oponerse a la decantación, proporcionan una ligera expansión después del endurecimiento. También tiende a eliminar el efecto de contracción por secado. Donde sea posible, el problema de la reducción de volumen puede resolverse mediante el empleo de morteros secos para taponamientos, en lugar de lechadas o fluidos secos.

Manejo y dosificación. Se deberán hacer con todo el cuidado que resulte práctico para evitar contaminación, sobreposición de tamaño, segregación y fracturación del agregado, de tal forma que no se tengan variaciones en la granulometría que afecte la trabajabilidad. Esto se logra con un cribado, lavado y almacenamiento por tamaños de agregado grueso en los silos de las plantas de proporcionamiento. Todos los esfuerzos necesarios se harán para uniformar la dosificación y el mezclado del concreto, de manera que haya un mínimo de variación en el revenimiento y trabajabilidad.

Trabajabilidad excesiva. Debe evitarse si el incremento en la trabajabilidad se alcanza con un revenimiento más alto del requerido, más arena de la necesaria, agregados pequeños o mayores contenidos de aire.

Revibración. Cuando, después de colocado el concreto, el revibrado se difiera tanto tiempo como se pueda mientras aquel aún responda al vibrador, eliminará las grietas que se forman

cuando algún dispositivo rígidamente fijado evita que una parte del concreto se contraiga igual que el resto. Las grietas por decantación son más aparentes en la parte superior de muros y columnas, donde la revibración se puede emplear fácilmente. La revibración profunda corrige grietas causadas por la decantación diferencial alrededor de cimbras para bloques salientes y ventanas, y donde las losas y los muros se cuegan monolíticamente.

Acabado. El acabado con llana puede evitar el agrietamiento de todo tipo. Se empleará en concreto de bajo revenimiento. Rara vez se requiere utilizar concreto con más de 8 cm de revenimiento, excepto quizá en climas muy cálidos en los cuales tanto el revenimiento como la humedad se pierden rápidamente. El acabado no se hará en presencia de agua superficial. Se tomarán precauciones para evitar la contracción plástica.

Cualquier marcado o ranurado requerido se hará cuidadosamente, a la profundidad especificada. El curado será aplicado oportunamente, completo, y el material de recubrimiento se dejará secar antes de removerlo.

Curado y protección. El concreto debe llevarse a un nivel adecuado de resistencia y madurez, protegido de bajas temperaturas y condiciones de secado que puedan originar agrietamiento. El curado y la protección no deben interrumpirse abruptamente. Si al concreto nuevo se le dan algunos días para secarse y enfriarse gradualmente, la deformación diferida tendrá oportunidad de reducir la posibilidad de agrietamiento, cuando el curado y la protección se eliminan

completamente.

(La segunda parte de este artículo se publicará en el número 122 de *Construcción y Tecnología*)

* Tomado de una tesina presentada en el Diplomado de Obras de Concreto que imparten la Facultad de Arquitectura de la UNAM y el IMCYC. (Primera de dos partes)

* Director técnico de la empresa Condominio Industrial León, SA de CV

DISEÑO DE MEZCLAS

Consideraciones generales

Ya hemos determinado los agentes químicos dañinos que atacarán el concreto en los diferentes elementos de este proyecto. Se pretende ahora proponer un proporcionamiento de mezclas apropiado para cada caso, según el empleo que se le dará al concreto en particular, tomando en cuenta los factores externos y las cargas a que será sometido cada elemento.

Se han tomado muestras representativas de los agregados de la zona y se propondrá el tipo de cemento y adicionantes que realmente se puedan encontrar en la localidad.

Las resistencias de diseño ($f'c$) propuestas en cada caso, son las recomendadas en los documentos del diseño por el calculista responsable, y no es motivo del presente documento revisar el diseño estructural por lo que se tomarán como adecuados y aprobados por el diseñador, supervisor y propietario, en los documentos del diseño.

Dados los volúmenes de concreto a utilizar en este proyecto (tabla 4.1.a), se ha determinado que es económicamente factible contar con equipo dosificador en obra, montando una planta dosificadora de concreto, marca ODISA, modelo 6000, con capacidad de producción de 104 Yd³/Hr. El mezclado y la entrega de producto al tramo de la obra, se hará en una "olla" revolvedora para concreto marca FORSA con capacidad de 7M³, montada sobre tractocamión Mercedes Benz.

Elementos de concreto y sus características

. Zapatas de cimentación

Zapata aislada colada en sitio de concreto armado según croquis, con concreto $f'c=250$ kg/cm². Cemento portland tipo 1, agregado máximo 3/4", revenimiento máximo 7.5 cm.

(Entran figuras y foto p. 17)

. Columnas

Columna de concreto presforzado de 0.70 x 0.90 x 7.50 m armada según croquis, con concreto $f'c=350$ kg/cm². Cemento portland tipo V, con aditivo para resistencia rápida, agregado máximo 3/4", revenimiento máximo 5 cm, aditivo inclusor de aire al 5%.

Montaje: concreto superfluidificado $f'c=350$ kg/cm². Cemento portland tipo Y, agregado máximo 1/1", revenimiento máximo 7.5 cm, aditivo superfluidizante.

La estructura estará sometida a los vapores de ácido sulfúrico principalmente, por lo que además de las características de pretensado, se deberá prevenir con una barrera protectora contra ácidos (impermeabilizante polimérico). (Ver sección 5, supervisión)

(Entran figuras p. 17 vuelta)

(Entra foto p. 18)

. Trabe portante

Trabe portante de concreto presforzado de 15 m de longitud, sección y armado según croquis, con concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$. Cemento portland tipo V, con aditivo para resistencia rápida, agregado máximo 3/4, revenimiento máximo 5 cm, aditivo inclusor de aire al 5 por ciento.

Montaje: Concreto superfluidificado $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$. Cemento portland tipo I, agregado máximo 1/2", revenimiento máximo 7.5 cm, aditivo superfluidizante.

La estructura estará sometida a los vapores de ácido sulfúrico principalmente, por lo que además de las características de pretensado, se deberá prevenir con una barrera protectora contra ácidos (impermeabilizante polimérico). (ver sección 5, supervisión).

(Entran figuras y foto p. 18 vuelta)

. Losa tipo "STT"

Losa tipo doble "T" de concreto presforzado de 22.5 m de longitud, sección y armado según croquis, con concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$. Cemento portland tipo V, con aditivo para resistencia rápida, agregado máximo 3/4, revenimiento máximo 5 cm, aditivo inclusor de aire al 5%.

Montaje: Concreto superfluidificado $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$. Cemento portland tipo I, agregado máximo 1/2", revenimiento máximo 7.5 cm, aditivo superfluidizante.

La estructura estará sometida a los vapores de ácido sulfúrico principalmente, por lo que además de las características de pretensado, se deberá prevenir con una barrera protectora contra ácidos (impermeabilizante polimérico) (ver sección 5, supervisión)

(Entran figuras p. 19)

. Firmes de naves

Firme de concreto armado con malla electrosoldada 6-6 10-10 de 12 cm de esp. en cuadros de 3.75 x 3.75 m, $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$, cemento portland tipo I, revenimiento máximo 7.5 cm, agregado máximo 3/4", acabado pulido integral con aditivo endurecedor para concreto (topping).

En el área de escurrimientos, donde estará el piso sometido a mayor contacto con ácidos, se colocará un revestimiento polimérico (recubrimiento epóxico o acrílico). (Ver sección 5, supervisión)

. Calles y patios de maniobras

Piso de concreto armado con malla electrosoldada 6-6 8-8 de 20 cm de esp. en cuadros de 3.00 x 3.50 m, $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$, cemento portland tipo I, revenimiento máximo 3/4", pasajuntas de 1" x 35 cm a cada 30 cm.

. Tanques de curtido y tratamiento de aguas

Concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$, cemento portland tipo V, revenimiento máximo 5 cm, agregado máximo 3/4", incluir 15 por ciento de material cementante por puzolana (humo de sílice) ACI-226. recubierto con barrera de protección.

De todos los elementos de concreto, éstos serán los más afectados por los ataques corrosivos, por lo que se tendrá especial cuidado en que el cemento deba tener un máximo o menor de 5 por ciento de aluminato tricálcico (C_3A). Se deberá cuidar siempre la conservación de una baja relación agua/cemento + puzolana.

Proporcionamiento de mezclas

Por ser el caso más crítico de diseño, se tomó la mezcla de los tanque de curtido y tratamiento de aguas para el ejemplo de proporcionamiento de mezcla.

En el caso siguiente no se tienen datos estadísticos de mezclas previas, por lo que se deberán realizar mezclas de prueba hasta determinar la desviación standard. Como la mezcla requiere un $f'c$ entre 210 y 350 kg/cm^2 , se determina un $f'c+85$. (ACI-318-95).

De todos los elementos de concreto, éstos serán los más afectados por los ataque corrosivos, por lo que se tendrá especial cuidado en que el cemento deberá tener un máximo o menor de 5 por ciento de aluminato tricálcico (C_3A). Se deberá cuidar siempre el conservar una baja relación agua/cemento+puzolana.

. Pruebas de laboratorio

Las pruebas de laboratorio se deberán realizar en todos los casos de la forma en que se indica en las especificaciones de construcción que aparecen bajo el título de Procedimientos Constructivos.

. Diseño de mezcla

Concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$, cemento portland tipo V, revenimiento máximo 5 cm, agregado máximo 3/4", incluir 15 por ciento de material cementante por puzolana (humo de sílice) ACI-

226. Recubierto con barrera de protección.



EL URBANISMO CONTEMPORÁNEO*

Denio Munia Benfatti

PRESENTACIÓN: A partir de una clasificación de Christian de Portzamparc, el autor de este artículo pasa revista a las respuestas que ha tenido a lo largo del siglo la problemática urbana. Desde una perspectiva que busca soluciones humanas, analiza el momento actual con su reconsideración de las formas tradicionales y su intento de redescubrir los valores de la ciudad.

* Da Vinci proponía la creación de asentamientos satélites de no más de 10 mil habitantes. También proponía un diseño de vías de comunicación para el centro urbano en varios niveles, reservando el nivel superior a la circulación de peatones y el inferior a la circulación de vehículos, mercancías, y a la eliminación de desechos.

Brasilia es uno de los más grandes ejercicios urbanísticos de inspiración corbusiana. La adopción de sus principios pretendidamente universales ha suavizado el desmontaje progresivo de la ciudad tradicional y de los conceptos urbanísticos de la ciudad del siglo XIX.

Lo que en la ciudad de la Edad I tenía el sentido de calle, espacio público por excelencia, toma ahora el sentido de vía de circulación, de acceso. En la definición de Portzamparc, lo que distingue, y al mismo tiempo caracteriza a la ciudad de la Edad II es esta inversión de la visión del espacio. Una inversión que supone el rechazo de la calle con edificios autónomos, que ya no se organizan alrededor de espacios públicos.

Entre otros, los principales objetivos del Plan del Gran Londres eran el bloqueo de instalaciones industriales, el desplazamiento industrial y residencial hacia las áreas exteriores, la disminución de la población del Gran Londres en su conjunto. Como complemento de estas acciones, fue propuesto un esquema de reasentamiento poblacional por medio de ocho ciudades nuevas autosuficientes, localizadas a una distancia promedio de 50 km del centro de Londres.

* ,Para dar una idea de la profundidad de la crisis habitacional en la ciudad de París en 1954, diremos que solamente 22 por ciento de las habitaciones estaban servidas por un sistema de aprovisionamiento de agua; 40 por ciento aproximadamente no tenía lavavó interno, y solamente 20 por ciento poseía baño con ducha.

* En total, durante un periodo de 15 años, entre 1955 y 1970, Francia construyó en todo su territorio más de cuatro millones de departamentos, sin contar algunos cientos de miles de viviendas individuales. Una cifra bastante significativa, en comparación con la población total del país, que actualmente es de poco más de 50 millones de habitantes.

En 1960 se preparó el primer Plan de Mejoramiento y Organización General de la Región Parisina. Pretendía frenar el crecimiento físico de París promoviendo el crecimiento de otras

ocho ciudades del país, como polos de equilibrio, o metrópolis de equilibrio. Este plan se opuso frontalmente a la propuesta de ciudades nuevas para la región de París, con el pretexto de que las mismas acabarían por intensificar el crecimiento urbano de la región.

* Ciudades tales como Sao Paulo, México, Río de Janeiro, entre muchas otras, no solamente han mantenido altas tasas de crecimiento sino que también ven agravarse todos los días sus disfunciones urbanas. Para no citar más que algunos indicadores de viabilidad, y de modo de vida urbana, estas ciudades imponen una carga diaria en tiempo de transporte superior a dos horas. Este mismo recorrido promedio cotidiano en las grandes ciudades de Estados Unidos, Europa y Japón es inferior a 50 minutos.

Ya las grandes metrópolis de principios del siglo (Londres, Berlín, Nueva York, etcétera), siguiendo el ejemplo de París, han tenido una inflexión en su tasa de crecimiento urbano, y actualmente se han estabilizado o presentan tasas de crecimiento anual de poco más de cero.

* La estabilización de la población de las metrópolis, y sobre todo el decrecimiento de la población en las zonas centrales, podrían estar originando un nuevo tipo de preocupación completamente opuesto al que tenían los urbanistas de principios de siglo. Actualmente ya no se teme a la explosión de los grandes centros urbanos, sino por el contrario, al vaciamiento.

* Si en los años cincuenta, sesenta y hasta la mitad de los setenta, los gobiernos locales centraban sus esfuerzos en la administración urbanística y la planificación del crecimiento urbano acelerado, en los años subsiguientes, su preocupación ha estado dirigida hacia la dotación de servicios a las grandes zonas urbanas que han sido incorporadas a las ciudades en el periodo precedente.

* El crecimiento de las ciudades y su urbanización han creado, o mejor dicho, han resuelto solamente una parte de los problemas: dar alojamiento a la población nueva. La ciudad, por contigüidad o por extensión, presta su nombre, pero no pasa sus atributos a estas nuevas áreas. Aquí tenemos la ciudad de la tercera edad. Y es para esta ciudad que se deben presentar nuevos planteamientos teóricos, las estrategias de transformación.

Actualmente, asociado a un conjunto de crisis económicas, institucionales e ideológicas, vemos cómo se ponen a discusión una serie de hechos que se daban por ciertos, y conceptos ya establecidos. La arquitectura y el urbanismo, ciertamente, no han escapado a estas crisis de dudas, y los procedimientos ensayados progresivamente en las diferentes regiones del mundo destinados a controlar, orientar y dar forma al crecimiento de las ciudades son impugnados en cuanto a su naturaleza y eficacia.

* El predominio o el consenso, o ambos, respecto a los principios y modelos, comienzan a derrumbarse. Aun teniendo en cuenta la genialidad y el talento de Le Corbusier, las proposiciones del CIAM, la ambición de postular conceptos definitivos y universales para la construcción y la organización de la ciudad moderna, así como los resultados obtenidos, han resultado profundamente discutibles. Habitar, circular, trabajar, es lo esencial, y sin embargo, insuficiente para constituir una ciudad.

Se habla de un retorno a la ciudad, de un redescubrimiento de los valores de la ciudad. Pero, ¿cuáles son estos valores exactamente?, ¿de qué ciudad o de cuál de sus partes se habla?, y, ¿para qué situación específica se propone este retorno a la ciudad?

Lejos de haber encontrado una síntesis, las preguntas están todavía en el aire. ¿Será que las propuestas que se hicieron para Barcelona y Berlín eran equivocadas? ¿Debemos aceptar el mito de la ciudad que no evoluciona, o afirmar su opuesto, la ciudad como algo que ha sido superado por la velocidad, por los cables ópticos, por las redes de comunicación?

* Evitando la facilidad y la simple regresión, Portzamparc busca en los intersticios de la ciudad actual, en la oposición de las herencias contradictorias, nuevas estrategias para las transformaciones que exige la ciudad contemporánea. Él prevé todo el desorden del momento actual como una posibilidad de afirmación, de construcción de nuevas estrategias.

(TEXTO DEL ARTÍCULO:

Todos los ciudadanos sueñan con un tiempo feliz en la ciudad. Un tiempo que, independientemente de la edad, del autor, del personaje, se sitúa invariablemente en un periodo lejano de su existencia. Los recuerdos adquieren una importancia fundamental y la nostalgia se impone como un hecho universal. Con frecuencia recordamos que los tiempos idos fueron mejores. "¡Ah, qué tiempos los de antaño!" Se podía tomar el tranvía, el trayecto no era largo, era seguro, todas las líneas estaban a nuestra disposición, cosa que ya no es evidente en nuestros días.

En términos urbanísticos, la realidad es a veces diferente. El crecimiento vertiginoso y caótico, simple producto de la casualidad y de la acumulación de elementos incoherentes y sin método, las dimensiones y la disposición a que han llegado las ciudades, las disfunciones de la vida urbana, la cantidad de gente, el fenómeno reciente de los embotellamientos, la instalación de gigantescas y modernas fábricas, como la Fiat de Lingotto – inaugurada en los años veinte en Turín y cuya extensión sobrepasa los 500 metros por lado– en fin, todo lo que concierne al fenómeno metropolitano, ha colocado desde el comienzo de este siglo a los arquitectos, urbanistas y geógrafos ante cuestiones que comprenden no sólo el modo de vida y la dimensión ideal de las ciudades, sino también la viabilidad misma de las metrópolis en cuanto lugares de domicilio y producción de bienes y servicios.

Ante estos problemas, en las últimas décadas la idea de caos se ha extendido y ha estado siempre presente. Sin embargo, no sólo no se ha llegado al caos, sino que la idea misma se ha renovado constantemente, y entonces, una vez más, cada nueva generación puede cantar la misma canción: "¡Ah, qué buenos los viejos tiempos!"

La idea de ciudad-jardín estaba en el centro de las preocupaciones a principios del siglo. Los esquemas de Howard proporcionaban los sustratos teóricos para todo el desarrollo de la planificación urbana subsecuente; preconizaban una combinación entre las ventajas de una vida urbana intensa y sana con los placeres del campo.

El movimiento de ciudades-jardín y su ulterior desarrollo teórico, asociado a algunas experiencias concretas durante la primera mitad de este siglo, han dado como resultado un esfuerzo de contención del crecimiento urbano, así como el desarrollo de modelos que estipulan una dimensión ideal para la ciudad, una cintura verde para estructurar y delimitar el controno urbano, y el crecimiento controlado por la implementación de nuevos núcleos urbanos (ciudades nuevas).

Esta idea no es reciente. Debemos a Leonardo da Vinci la primera formulación moderna en 1485, destinada a reorganizar y sanear la ciudad de Milán después de la devastación, casi total, que sufriera a raíz de una peste. Da Vinci proponía la creación de asentamientos satélites de no más de 10 mil habitantes. También proponía un diseño de vías de comunicación para el centro urbano, en varios niveles, reservando el nivel superior a la circulación de peatones y el inferior a la circulación de vehículos, mercancías, y a la eliminación de desechos. Durante los años cincuenta, el buró del arquitecto Mauricio Roberto presentó un proyecto similar, el de una ciudad como núcleo, para el concurso de Brasilia.

La idea de orden y vida urbana sana, sin embargo, no siempre ha estado asociada a un retorno al pasado, a la contención del crecimiento urbano o, inclusive, a un retorno al campo.

Frente al caos y a todos los males que afligían entonces a los habitantes de las grandes ciudades, Le Corbusier interpone su obsesión de limpieza, geometría y orden.

Su ciudad contemporánea se opone radicalmente a la ciudad tradicional. Portzamparc, en un texto publicado en el número 9 de la revista *Óculum*, define la ciudad tradicional, a la que nos referimos antes, como ciudad de la primera edad. En contraposición con la ciudad tradicional, la ciudad contemporánea propuesta por Le Corbusier ha sido llamada la ciudad de la segunda edad.

Le Corbusier, a pesar del pequeño número de realizaciones —el Plan Director de Chandigarh y la ciudad-jardín de Pesac— fue un agitador cultural, y sus teorías, por lo tanto, han influido en todo el urbanismo de los decenios posteriores. Brasilia es uno de los más grandes ejercicios urbanísticos de inspiración corbusiana. La adopción de sus principios pretendidamente universales ha suavizado el desmontaje progresivo de la ciudad tradicional y de los conceptos urbanísticos de la ciudad del siglo XIX. A los islotes cerrados de la ciudad tradicional, él opone los islotes abiertos, grandes calles, inmuebles autónomos y aislados, separación de flujos sobre niveles distintos según los tipos de desplazamiento (peatones, circulación local, etcétera).

Al principio, sus proposiciones de islotes abiertos en U conservan parcialmente la calle como corredor solamente en la forma. Más tarde, sus proyectos abandonan completamente la relación con la calle.

La influencia más grande de sus teorías no consiste, por lo tanto, en la implementación de nuevas ciudades sino fundamentalmente en su idea del inmueble aislado y autónomo. La Unidad Habitacional de Marsella (1947-1952), uno de los raros proyectos construidos, un

inmueble aislado en el interior de un área, que no se puede afirmar que sea un islote, se convirtió en uno de los modelos de inmuebles urbanos más copiados en el mundo. Esta nueva tipología y su correspondiente relación inmueble-ciudad, rompen completamente la forma del urbanismo típico del siglo XIX.

Así, lo que en la ciudad de la Edad I tenía el sentido de calle, espacio público por excelencia, toma ahora el sentido de vía de circulación, de acceso. En la definición de Portzamparc, lo que distingue, y al mismo tiempo caracteriza a la ciudad de la Edad II es esta inversión de la visión del espacio. Una inversión que supone el rechazo de la calle con edificios autónomos, que ya no se organizan alrededor de espacios públicos.

Estas características de la Edad II han marcado significativamente la construcción del territorio urbanizado en los años cincuenta, sesenta y setenta. Sobre todo en las ciudades, en donde su expansión se hace por la construcción de conjuntos residenciales planificados y concebidos en el "estilo internacional".

CAOS Y CONTENCIÓN URBANA

Toda la discusión respecto al crecimiento y transformación de las ciudades, la planificación urbana y las propuestas de contención y redistribución equilibrada de la población sobre el territorio urbano y regional, desarrolladas durante la primera mitad de este siglo, incidirá de manera decisiva en la formulación del Plan del Gran Londres (1944). Coordinado por el arquitecto Patrick Abercrombie, este plan representó, según Mumford, "el mejor documento aislado que haya surgido hasta ahora sobre la planificación, después del libro de Howard; en efecto, puede casi considerarse como la forma madura del organismo, del cual Garden Cities of Tomorrow había sido el embrión".

Además, el acta que daría viabilidad a la política de New Towns en Inglaterra, editado poco después (1946), reposaba sobre una legislación urbanística que ha evolucionado siguiendo este mismo proceso de discusión, en donde la Town and Country Planning Association ha jugado un papel fundamental. Oponiéndose sistemáticamente a la creación de nuevos barrios populosos, esta asociación defendía la alternativa de que el crecimiento urbano se hiciera a partir de la creación de ciudades nuevas autónomas.

Entre otros, los principales objetivos del Plan del Gran Londres eran el bloqueo de instalaciones industriales, el desplazamiento industrial y residencial hacia las áreas exteriores, la disminución de la población del Gran Londres en su conjunto. Como complemento de estas acciones, fue propuesto un esquema de reasentamiento poblacional por medio de ocho ciudades nuevas autosuficientes, localizadas a una distancia promedio de 50 km del centro de Londres.

Esta estrategia de contención del crecimiento y desconcentración urbana por medio de

ciudades nuevas, fue más tarde seguida por varios países extranjeros en distintas metrópolis. Primero en los países escandinavos, en Estocolmo y Helsinki, a principios de los años cincuenta. Después en Japón, en Tokio, contando también con un entorno verde rodeado de ciudades nuevas, según el modelo inglés. Ulteriormente también en Rusia, Francia, Estados Unidos y en muchos otros países.

Con un cierto desfase en el tiempo (años setenta), estas políticas de contención han sido también adoptadas en Brasil con el programa de ciudades medias y de regiones metropolitanas.

URBANISMO Y ARQUITECTURA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBURBIOS DE PARÍS

El ejemplo parisino es no sólo un ejemplo específico de contención urbana sino también una base de referencia del texto de Portzamparc.

Francia comenzó a preocuparse tardíamente por las grandes dimensiones del acelerado crecimiento metropolitano. Las primeras ciudades nuevas se propusieron apenas en 1965, cuando esta forma de control del crecimiento metropolitano comenzaba ya a ser cuestionado y estaba en retroceso en otros países.

Los primeros esfuerzos realizados en la posguerra estuvieron canalizados a resolver el problema de la vivienda, a la reconstrucción y el mejoramiento de lo existente, sin que eso implicara proposiciones urbanísticas de mayor alcance. Para dar una idea de la profundidad de la crisis habitacional en la ciudad de París en 1954, diremos que solamente 22 por ciento de las habitaciones estaban servidas por un sistema de aprovisionamiento de agua; 40 por ciento aproximadamente no tenía lavabo interno, y solamente 20 por ciento poseía baño con ducha.

Como una primera reacción a esta situación, la administración recurrió a un programa de reconstrucción de grandes conjuntos residenciales, pero sin poner mucha atención en su localización y en la calidad de los proyectos. En total, durante un periodo de 15 años, entre 1955 y 1970, Francia construyó en todo su territorio más de cuatro millones de departamentos, sin contar algunos cientos de miles de viviendas individuales. Una cifra bastante significativa, en comparación con la población total del país, que actualmente es de poco más de 50 millones de habitantes.

Hasta 1958 la escala de estos conjuntos era todavía de alrededor de 500 unidades. Desde entonces, con la propuesta de las ZUP (zonas de urbanización prioritaria), las dimensiones de estas nuevas masas urbanizadas han dado un salto. Algunas de estas zonas han alcanzado dimensiones muy grandes, comparables con las ciudades nuevas implantadas en otros países.

Jean-Pierre Le Dantec, en su libro *Enfin l'Architecture*, consagra a la descripción de esta

situación todo un capítulo, cuyo título es a la vez claro y contundente: "Los treinta años negros de la arquitectura francesa".

Su evaluación de los resultados de la reconstrucción y de la expansión de los barrios populosos es demoledora. Entonces, dice él, "lo que se construía –a gran velocidad por cierto– era espantoso. Sin importar cuál fuera el discurso social que pretendidamente lo justificara"... "Prefabricación pesada por una parte, urbanismo de *zoning* por la otra y, sobre todo, un empaquetamiento considerado arquitectura: todo tendía a la repetición de un catálogo de cajas, listas para colocarse donde fuera: maletas de todos los tamaños, pero cuanto más grandes mejor; silos para trabajar o para dormir..."⁵

En 1960 se preparó el primer Plan de Mejoramiento y Organización General de la Región Parisina. Pretendía frenar el crecimiento físico de París promoviendo el crecimiento de otras ocho ciudades del país, como polos de equilibrio, o metrópolis de equilibrio. Este plan se opuso frontalmente a la propuesta de ciudades nuevas para la región de París, con el pretexto de que las mismas acabarían por intensificar el crecimiento urbano de la región.

Las medidas tomadas en este plan resultaron inadecuadas. A fin de cuentas, aun si las metrópolis de equilibrio resultaban ser un gran éxito, las luces de París permanecían como una atracción irresistible para los jóvenes inmigrantes. Siguiendo el ritmo de crecimiento verificado en esa época, la ciudad no habría resistido, con toda seguridad, una explosión así.

En 1964, cuando se empezó a pensar más concretamente en las ciudades nuevas, las ZUP albergaban ya una población aproximada de dos millones de personas, casi todas concentradas en los suburbios. Esto no es ninguna exageración. La reconstrucción y la expansión de los barrios populosos dieron como resultado asentamientos verdaderamente caóticos.

En 1965, cuando la población parisina alcanzaba los nueve millones de habitantes, se propuso un nuevo plan general. Este plan definía normativamente que la población de la región no debería sobrepasar los 14 millones de habitantes hasta el año 2000. Esta previsión no se realizó, y la población de la región parisina no sobrepasa actualmente los 11 millones de habitantes. Sin embargo, en ese momento, esta previsión contenía una suposición heroica, podría decirse, pretendiendo que la emigración hacia París sería de cero. No consideraba más que el crecimiento de la población ya fijada en París durante todo el periodo considerado (35 años).

Sin embargo, los urbanistas tenían como tarea dar abrigo a una población de cinco millones de habitantes. Así pues, adoptaron un plan de ciudades nuevas siguiendo el modelo de ciudades satélites adoptado en Estocolmo, a principios de los años cincuenta. Se propusieron cinco nuevas ciudades de 500 mil habitantes y, por lo tanto, la mitad del crecimiento previsto para París estaría fijada en cinco nuevos núcleos, y otra cantidad similar debería encontrar acomodo en el interior del área ya urbanizada.

Las ciudades se colocaron sobre el eje preferencial este-oeste, en el valle del Marne, y en el

alto Sena. Las nuevas ciudades son: Evry y Melun-Senart (región sur), St. Quentin en Yvelines (sudeste), Marne-la-Vallée (este) y Cergy-Pontoise (norte).

Estas cinco ciudades están situadas entre 20 y 30 km del centro de París. Su objetivo principal es romper el monocentrismo de la capital realizando la transferencia de puestos de trabajo hacia otras regiones, disminuyendo los desplazamientos hacia el centro, aligerando así la presión sobre el tránsito en la zona central.

La expansión rápida de los suburbios parisinos ha presentado, en su conjunto, resultados poco alentadores.

"Ah, qué bella época era aquella... la de los grandes conjuntos" que pasaban por "ejemplares" (y lo eran, ciertamente, para desgracia de los usuarios).

No tardaron las demandas sociales por un mejoramiento de las condiciones urbanas. Comenzaron inmediatamente después de las inauguraciones, y los programas de recalificación de los espacios habitacionales habían empezado ya hacia mediados de los años setenta. Poco tiempo después, a comienzos de los ochenta, con el aumento de la tensión social y de la violencia en la región parisina, el Estado tuvo que establecer una política más agresiva y ambiciosa, denominada "desarrollo social de los barrios". La transformación de estos espacios en una ciudad ha planteado cuestiones muy complejas. Mientras que los conjuntos más pequeños y aislados son demasiado pequeños para justificar la adopción de centros, cuando la dimensión del conjunto es demasiado grande, la definición rigurosa de espacios compromete la posibilidad de calificación. En ciertas áreas, esta recalificación no es posible más que con la demolición de los espacios ya construidos.

REVERSIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS METRÓPOLIS TRADICIONALES

La rápida e intensa urbanización de la sociedad, no solamente en términos cuantitativos, se ha generalizado en casi todas las regiones del planeta en esta segunda mitad del siglo XX.

Sin embargo, todos estos años de política de contención del crecimiento urbano y de desaceleración del crecimiento poblacional en los países desarrollados han provocado alteraciones significativas.

La primera es el desplazamiento geográfico del peso y de la localización de la red urbana en el mundo. La segunda, y que complementa la primera, es que la concentración urbana en Europa y en América del Norte presenta tasas decrecientes de crecimiento urbano, mientras que las grandes ciudades de Asia, África y América Latina continúan teniendo tasas elevadas de urbanización y concentración urbana, aumentando así el número de ciudades con más de cinco millones de habitantes.

Estos hechos, que tienen ecos de extrema importancia para el urbanismo y la planificación urbana, no inciden de la misma manera en el conjunto de las grandes metrópolis actualmente existentes en el mundo. Las grandes ciudades de los países considerados en desarrollo han igualado ya en tamaño a las ciudades más grandes del mundo.

Ciudades tales como Sao Paulo, México, Río de Janeiro, entre muchas otras, no solamente han mantenido altas tasas de crecimiento sino que también ven agravarse todos los días sus disfunciones urbanas. Para no citar más que algunos indicadores de viabilidad, y de modo de vida urbana, estas ciudades imponen una carga diaria en tiempo de transporte superior a dos horas. Este mismo recorrido promedio cotidiano en las grandes ciudades de Estados Unidos, Europa y Japón es inferior a 50 minutos. En ciudades como Sao Paulo, el tiempo de transporte aumenta aún más cada año. Es una tendencia que todavía no ha sido revertida.

Ya las grandes metrópolis de principios del siglo (Londres, Berlín, Nueva York, etcétera), siguiendo el ejemplo de París, han tenido una inflexión en su tasa de crecimiento urbano, y actualmente se han estabilizado o presentan tasas de crecimiento anual de poco más de cero. Además, teniendo otra vez a París como ejemplo, el conjunto de la región central de la metrópoli ha presentado un crecimiento negativo, es decir, pierde población. Así pues, nos parece que después de algunos decenios de vigencia de las políticas urbanas, que buscan la contención del crecimiento urbano metropolitano, las principales metrópolis europeas han comenzado a presentar signos concretos de un tope en su crecimiento.

Las consecuencias de esta verificación son fundamentales para la orientación de proposiciones y estrategias urbanísticas que han tomado cuerpo a fines de los años setenta. Con una población estabilizada de las metrópolis, o incluso declinante en sus zonas centrales, se hace inevitable repensar nuevas estrategias de intervención.

La estabilización de la población de las metrópolis, y sobre todo el decrecimiento de la población en las zonas centrales, podrían estar originando un nuevo tipo de preocupación completamente opuesto al que tenían los urbanistas de principios de siglo. Actualmente ya no se teme a la explosión de los grandes centros urbanos, sino por el contrario, al vaciamiento. Nuestro ejemplo de la fábrica Fiat al comienzo de este texto, uno de los monumentos del movimiento moderno que asombraba en su época por la posibilidad de engendrar trastornos, asombra actualmente por su total abandono; un inmueble fantasma completamente desactivado que sólo espera una cosa: su reemplazo o transformación.

De ahí los conceptos y propuestas de una nueva centralidad con la creación de áreas urbanas y de barrios generadores destinados no solamente a llevar comodidades urbanas a los suburbios, sino también a reforzar y revitalizar los centros ya existentes.

Por el contrario, si en los años cincuenta, sesenta y hasta la mitad de los setenta, los gobiernos locales centraban sus esfuerzos en la administración urbanística y la planificación del crecimiento urbano acelerado, en los años subsiguientes, su preocupación ha estado dirigida hacia la dotación de servicios a las grandes zonas urbanas que han sido incorporadas a las ciudades en el periodo precedente.

A partir de ese momento, el urbanismo para estas ciudades entra en una nueva fase. Ya no es un urbanismo de anticipación como lo era, por ejemplo, la experiencia de las *new towns* y las *villes nouvelles*. Se convierte en un urbanismo de transformación endógeno recreando la ciudad a partir de su interior, de su renovación.

Ahora es necesario que los arquitectos y los urbanistas definan cuáles son los nuevos presupuestos teóricos, los nuevos temas, los nuevos instrumentos y las nuevas estrategias para poder promover esta transformación urbana. ¿Y en cuanto a las otras ciudades?, ¿en cuanto a nuestras ciudades?

Es necesario establecer algunas diferencias con respecto a los contextos específicos abordado antes. Primero, nosotros somos un país de asentamientos y urbanización recientes. No tenemos una gran herencia urbana. La ciudad tradicional, la ciudad de la Edad I, tiene poca expresión física en el conjunto de nuestras ciudades. Aquí predomina la ciudad de la segunda edad, no exactamente con el acento racionalista y corbusiano, sino más bien "caboclo".

Nuestra ciudad de la segunda edad está en gran parte formada. Los grandes conjuntos habitacionales, tan indignos como sus similares europeos, nos han dado la satisfacción de no ser numerosos, no predominan en nuestro paisaje, ni en el centro ni en los suburbios.

En los mismos años del cincuenta al ochenta, la ciudad se ha extendido teniendo como base el lote individual y la habitación autoconstruida. Aquí, lo que se considera formado está en gran medida todavía en formación. Lo provisional se convierte en definitivo, los asentamientos se transforman ante nuestros ojos inclusive antes de estar terminados. Es difícil saber si una casa en un suburbio tendrá uno o tres pisos, sólo el tiempo podrá decirlo. Es la autoconstrucción infinita. La idea de ciudad acabada no es predominante en nuestro repertorio, porque aunque todavía insatisfechos por estas diferencias, nosotros somos también iguales. En nuestros días, todavía sufrimos en nuestras ciudades dos males simultáneos: la adolescencia y la vejez (obsolescencia asociada a los efectos de la globalización). Todavía tenemos un fuerte crecimiento periférico, con gran deterioro de las zonas centrales y de algunas zonas industriales más recientes. Zonas que empiezan a mostrar signos de un vacío económico y poblacional al lado de zonas periféricas que incorporan nuevos territorios a nuestras metrópolis.

Pero es nuestra ciudad, es nuestra diversidad. Para nosotros, tampoco hay recetas.

LOS AÑOS DE CRÍTICA Y REFLEXIÓN

Después de más de medio siglo bajo el fuego de ideas, principios e intereses diversos, las ciudades y sus suburbios son el resultado del crecimiento y la superposición de lógicas múltiples y variadas. Una sucesión de factores económicos y sociales aleatorios, que responden no solamente a principios y modelos, sino también a urgencias y necesidades. Así

pues, ya sea en función de la copia, de la repetición estandarizada, o bien por omisión, urgencia y necesidad, como es el caso de una buena parte de los suburbios autoconstruidos de las ciudades del Brasil, y en otras partes, la ciudad de hoy día, en buena parte, ya está constituida.

El crecimiento de las ciudades y su urbanización han creado, o mejor dicho, han resuelto solamente una parte de los problemas: dar alojamiento a la población nueva. La ciudad, por contigüidad o por extensión, presta su nombre, pero no pasa sus atributos a estas nuevas áreas. Aquí tenemos la ciudad de la tercera edad. Y es para esta ciudad que se deben presentar nuevos planteamientos teóricos, las estrategias de transformación.

Actualmente, asociado a un conjunto de crisis económicas, institucionales e ideológicas, vemos cómo se ponen a discusión una serie de hechos que se daban por ciertos, y conceptos ya establecidos. La arquitectura y el urbanismo, ciertamente, no han escapado a estas crisis de dudas, y los procedimientos ensayados progresivamente en las diferentes regiones del mundo destinados a controlar, orientar y dar forma al crecimiento de las ciudades, son impugnados en cuanto a su naturaleza y eficacia.

El predominio o el consenso, o ambos, respecto a los principios y modelos, comienza a derrumbarse. Aun teniendo en cuenta la genialidad y el talento de Le Corbusier, las proposiciones del CIAM, la ambición de postular conceptos definitivos y universales para la construcción y la organización de la ciudad moderna, así como los resultados obtenidos, han resultado profundamente discutibles. Habitar, circular, trabajar, es lo esencial, y sin embargo, insuficiente para constituir una ciudad.

El momento actual, por lo tanto, debe orientar su análisis y su reflexión no solamente a los aspectos cuestionables de la planificación urbana cuantitativa y su ideario moderno, sino también a toda la materia establecida de la ciudad, y a partir de allí evaluar los resultados concretos de las situaciones portadoras de sentido. Actualmente nosotros andamos a tientas con lo nuevo, y el vacío que acompaña esta búsqueda hace más fácil y refuerza la tendencia a la regresión y a la necesidad de apegarse a las tradiciones más recientes.

Con ello, la idea de ciudad en su sentido tradicional adquiere todavía más cierta importancia, se convierte en la canción recurrente. Se habla de un retorno a la ciudad, de un redescubrimiento de los valores de la ciudad. Pero, ¿cuáles son estos valores exactamente?, ¿de qué ciudad o de cuál de sus partes se habla?, y, ¿para qué situación específica se propone este retorno a la ciudad?

La ciudad de Barcelona es, actualmente, uno de los ejemplos paradigmáticos de la transformación urbana reciente. El arquitecto Oriol Bohigas, uno de los coordinadores de este proyecto, afirma que la "redefinición de la ciudad implica, en efecto, la reconsideración de formas tradicionales. Nuestra generación ha pensado, durante mucho tiempo, que era posible encontrar alguna otra forma de ciudad. Todos nosotros éramos grandes admiradores de Le Corbusier, de la idea de la ciudad radiante, de las proposiciones del CIAM. pero ahora estimamos que la ciudad debe tener una forma comprensible para quienes la habitan. La

ciudad debe corresponder a una tradición, y es por eso que nosotros juzgamos que el islote, la calle, el jardín urbano, son todavía muy utilizables y bastante más eficaces que otras formas de ciudad".

En efecto, las transformaciones de Barcelona a lo largo de la fachada marítima hacen esa referencia a la ciudad tradicional. La estructura urbana propuesta para la Villa Olímpica se basa en la estructura urbana existente propuesta por Cerda. Los superbloques propuestos inscriben una nueva jerarquía en la forma urbana en vez de cuestionarla. Las calles principales delimitan los superbloques mientras que las secundarias atraviesan los bloques perimetrales en edificios puente. En este proyecto son perceptibles las influencias de experiencias precedentes, sobre todo las del IBA (Internationale Bauhaussteling Berlín), en la renovación de una gran zona próxima al muro de Berlín. En ambos casos, es perceptible un retorno a la morfología tradicional de la ciudad. De manera similar, en la película *Las alas del deseo*, el hombre viejo insiste en no aceptar la tierra arrasada. Sobreviviente de un Berlín destrozado, camina solitario al lado del muro, en un paisaje de un vacío futurista, donde los vestigios de la ciudad se esconden bajo la hierba. El viejo deambula en los cafés y en los bares de su tiempo, tratando de hacerlos volver.

No encuentro Potsdamer Platz.

¿Aquí? ¡No es posible!

El café Josti estaba sobre la Potsdamer Platz,

Solía ir allí todas las tardes, para platicar... tomar un café, ver a las gentes.

Yo iba a fumarme un cigarro a Loesse et Wolf, tabaco de gran renombre.

Exactamente aquí.

No es la Potsdamer Platz. No hay nadie a quien preguntar...

...El almacén Wertheim se encontraba allí.

...No voy a desistir hasta que encuentre otra vez la Potsdamer Platz.

Después del derrumbamiento del muro, en la reconstrucción y reunificación de Berlín se ha llamado a los arquitectos para que encuentren nuevamente la Potsdamer Platz. Pero inclusive en una situación urbana que ha sido tan bien estructurada en el pasado, podemos preguntarnos, ¿de qué Potsdamer se trata?

La propuesta urbanística seleccionada establece una relación inmueble/ciudad que nos hace recordar al viejo de la película *Las alas del deseo*.

El proyecto de reurbanización de Potsdamer Platz de los arquitectos Heinz Hilmer y Christoph Sattler recomponen las formas urbanas de la ciudad tradicional: la ciudad, el islote, el paseo, el mismo urbanismo que consagró a Berlín como metrópoli de los años veinte.

La materia acumulada actualmente ya no es la misma de los años veinte ni de los años cincuenta. La ciudad es la fijación de todo su pasado, lo que comprende la ciudad del siglo XIX, la ciudad industrial, la formación del suburbio y su urbanización.

Así pues, el simple cuestionamiento de los principios urbanísticos del movimiento moderno no se debe confundir en ningún momento, con una actitud regresiva. Solución fácil y peligrosa.

Vivimos en otra época. Como lo sostiene Portzamparc, "después de la ciudad preindustrial y la ciudad industrial, las cuales no pueden en ningún caso constituir un modelo teórico para el momento actual, continuamos obligados a inventar formas de ciudad contemporáneas, las de la ciudad de la edad de las metrópolis..."

De manera que, lejos de haber encontrado una síntesis, las preguntas están todavía en el aire. ¿Será que las propuestas que se hicieron para Barcelona y Berlín eran equivocadas? ¿Debemos aceptar el mito de la ciudad que no evoluciona, o afirmar su opuesto, la ciudad como algo que ha sido superado por la velocidad, por los cables ópticos, por las redes de comunicación?

¿Es posible definir una nueva estrategia general para la ciudad como en el siglo XIX?, ¿reinventar la posibilidad de la ciudad en las condiciones de ciudades con inmuebles aislados? ¿Cuáles serán las estrategias indicadas para el momento actual?

Evitando la facilidad y la simple regresión, Portzamparc busca en los intersticios de la ciudad actual, en la oposición de las herencias contradictorias, nuevas estrategias para las transformaciones que exige la ciudad contemporánea. Él prevé todo el desorden del momento actual como una posibilidad de afirmación, de construcción de nuevas estrategias. Él trabaja la arquitectura con la idea de interferir en la ciudad, de contaminarla de convertirla en un elemento generador.

La pluralidad de las soluciones es utilizada como una cuña para penetrar en los espacios urbanos de la ciudad real, algunas veces de origen claro, y otras de origen híbrido. Alterar, reemplazar, revelar, continuar, enriquecer, reinventar: la pluralidad de soluciones y su vinculación a situaciones concretas es presentada por Portzamparc como la gran pregunta del momento actual.

Al decidir trabajar la arquitectura como una posibilidad de transformación del modo de vida, como una manera de rediseñar la ciudad, Portzamparc vuelve a tomar, en cierto modo, una gran tradición del movimiento moderno. Ya veremos.

* Publicado en *Óculum 9*, revista universitaria de arquitectura, urbanismo y cultura, Campinas, agosto de 1997.



Influencia de las variaciones aleatorias en las propiedades del suelo y pilote en la respuesta dinámica por cabeceo de grupos de pilotes de fricción

Víctor M. Taboada Urtuzuástegui, Jorge M Gutiérrez Alonso y Arturo Marín Bonilla

Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, México, 1997, 11 pp.

Se presenta un estudio del efecto de la variación de parámetros relevantes dentro de un grupo de pilotes en la respuesta por cabeceo dinámico del grupo. Estos parámetros incluyen la velocidad de propagación de ondas de cortante en el suelo, la separación entre pilotes (considerando la desviación con respecto a su localización, de diseño e inclinación accidental) y la respuesta de un solo pilote. El estudio se instrumentó utilizando la técnica de simulación de Monte Carlo para condiciones máximas y mínimas de variabilidad esperadas. Se concluye que para ciertas condiciones de campo, las variaciones aleatorias pueden afectar significativamente la respuesta del grupo.

Effect of wet curing duration upon mechanical properties of commonly-used concretes

J.P. Balayssac y otros *Material and Structures*, vol. 30, junio de 1997, 9 pp.

Si, por causa de falta de agua, se retarda o se detiene la hidratación del cemento, cesa la evolución de las propiedades mecánicas del concreto. El papel del proceso de curado es mantener suficiente humedad durante la hidratación, de manera que se alcancen las propiedades deseadas.

Se estudian ocho proporcionamientos de mezcla de concreto colado con cemento portland ordinario y cemento portland mezclado (cuatro de cada tipo) para cubrir una amplia variedad de concretos empleados comúnmente.

Los resultados muestran que los efectos indeseables del curado húmedo inadecuado sobre las propiedades mecánicas del concreto están relacionadas estrechamente con el contenido de cemento. Los resultados sugieren así reglas cuantitativas para compensar la pérdida de comportamiento a causa del curado inadecuado debido al aumento del contenido de cemento.

Cover of welded wire fabric in slabs and pavements

Luke M. Snell *Concrete Construction*, julio de 1997, 4 pp.

Muchos profesionales en diseño no escogen el empleo de malla de alambre soldado en losas o pavimentos porque creen que el espesor de recubrimiento no se puede controlar.

Una manera efectiva de determinar el espesor de recubrimiento para la malla de alambre soldado es utilizar un medidor portátil, dispositivo que induce un campo magnético dentro del concreto a través de una punta exploradora. El acero perturba el campo inducido, lo que

permite una determinación de la profundidad del acero.

Metodología para determinar coeficientes de diseño sísmico para niveles de confiabilidad especificados

E. Mendoza, O. Díaz y L. Esteva

Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, 1997, 6 pp.

Se presenta la manera de realizar análisis de confiabilidad de marcos de edificios considerando incertidumbre tanto en las propiedades estructurales como en las características del movimiento del terreno para valores dados de la intensidad. Además, se plantean un marco de referencia y una metodología para obtener las ordenadas espectrales de diseño para edificios de marcos continuos, de manera de lograr el nivel de confiabilidad establecido para un temblor cuya intensidad correspondiera a un periodo de recurrencia dado.

Methods for the determination of water permeability of concrete

R.P. Khatri y V. Sirivivatnanon *ACI Materials Journal*, mayo-junio de 1996, 5 pp.

Se han utilizado con éxito dos métodos para determinar la permeabilidad al agua de diferentes concretos. Los métodos se basaron en la determinación del coeficiente de permeabilidad empleando una técnica tanto de flujo constante como de profundidad de penetración. Se ha encontrado generalmente que el método de flujo se adecua para concretos con permeabilidad superior, mientras que el método de penetración se utiliza para concretos con permeabilidad muy baja. Actualmente no existe ninguna norma para la selección del método apropiado para un tipo particular de concreto. Este estudio se llevó a cabo para examinar la correlación entre los dos métodos

Effects of shape, size, and casting direction of specimens on stress-strain curves of high-strength concrete

M.S. Chin, M.A. Mansur y T.H. Wee *ACI Materials Journal*, mayo-junio de 1997

Esta investigación experimental estudia los efectos de la forma, el tamaño y la dirección del colado de especímenes sobre la relación esfuerzo-deformación del concreto de alta resistencia en compresión. El grado del concreto varió desde 50 hasta 120 Mpa. Los resultados de las pruebas revelan que el efecto de tamaño de espécimen se desvanece por debajo de cierto tamaño y que los efectos de la forma y la dirección del colado de los especímenes son significativos, particularmente para la rama descendente de la curva de esfuerzo-deformación.



PRODUCTOS Y EQUIPOS

SIERRA DE PAVIMENTOS

La sierra de pavimentos 38 Special de Magnum Diamond & M. Inc., es perfecta para aserrado verde, ampliación de juntas y parchado y reparación de caminos.

Con su motor de gasolina de 37 hp, 4 cilindros, enfriado por aire, la 38 Special entrega 24 por ciento más de par de torsión y 30 por ciento más desplazamiento en pulg³ que otros motores de 35 hp. Una exclusiva ceja de hoja MAGNA-LOCK™ se encarga de la fácil liberación de una hoja atorada. La sierra se puede utilizar con hojas de 12 a 30 pulg. y guardas hasta para corte de una profundidad de 12 pulgadas.

La palanca de control QUICK STICK™ para accionamiento y con montaje en consola, ofrece control direccional, de velocidad de corte y de camino y de profundidad de hoja.

ARADO VIBRATORIO

El arado vibratorio B-30 de Burkeen M. Co. tiene la capacidad de hacer zanjas y arar. Con una transmisión de dos velocidades y propulsión hidrostática de tierra, el B-30 proporciona control de velocidad infinitamente ajustable para transporte y para trabajo. El B-30 recibe energía de un motor diesel de 30 hp enfriado por aire y presenta un cortador rodante para tierra con raíces. La máquina ofrece profundidad de surco hasta de 24 pulg., un aditamento para abrir zanjas para tubo de gran diámetro o para abrir fosos para aplicaciones de perforar, y una unidad rotatoria de perforación para instalar tubo hasta de 2 pulg. de diámetro.

ELEVADORES DE TIJERA AUTOPROPULSORES

Los nuevos elevadores de tijera GS™ de Genie son los mejores en la industria. En la fabricación de esta económica alternativa para brazos mecánicos y plataformas aéreas de trabajo portátiles, aprovechamos la enorme ventaja de 30 años de experiencia y tecnología aplicada. La serie GS es resistente, permite el acceso a espacios reducidos, ofrece extensión corrediza para plataforma y silenciosos motores eléctricos con alcance vertical de 6.4 a 9.8 m.



PROTECCIÓN DE LAS SUPERFICIES DE CONCRETO

IMPREGNACIONES HIDRÓFOBAS

PRESENTACIÓN: Además de proteger el concreto contra la penetración del agua y la acción de los cloruros, las impregnaciones hidrófobas tienen ventajas adicionales como son el no cambiar el aspecto de las superficies y evitar que se ensucien fácilmente. Las indicaciones que siguen, claras y oportunas, permitirán obtener los resultados esperados de su aplicación.

(RECUADRO:)

Influencia de la tensión superficial

Las tensiones superficiales (y otros fenómenos tales como las fuerzas de adherencia) dan como resultado que los líquidos formen superficies específicas tan pequeñas como sea posible, y en el caso ideal, forman esferas. Los sólidos buscan reducir su tensión superficial atrayendo cuerpos extraños. Es por esto que una superficie de concreto no tratada atrae el agua. El ángulo de contacto (ángulo de mojado) que forma el agua con el concreto es pequeño. Dicho de otro modo, eso significa que el agua se dispersa sobre la superficie. Además, es aspirada en los capilares (figura 1).

La tensión superficial del concreto tratado con una impregnación hidrófoba es mucho más débil que la del concreto no tratado. Así pues, el concreto tratado atrae menos fuertemente el agua, y el ángulo de contacto es más grande. En consecuencia, el agua ya no se dispersa sobre la superficie del elemento de construcción, sino que forma gotas, y las fuerzas capilares son neutralizadas (figura 2).

(TEXTO DEL ARTÍCULO:)

Entre las protecciones de superficies, las impregnaciones hidrófobas son las que menos influyen en el aspecto de las superficies de concreto. Se las encuentra entre las impregnaciones en la misma categoría que los productos de intemperización.¹ Su principal efecto consiste en impedir, o hacer más difícil, que se moje la superficie, así como en reducir la absorción del agua por capilaridad. La tensión superficial del agua juega, en este caso, un papel importante (ver el recuadro "Influencia de la tensión superficial").

En la segunda parte de "Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen"² del "Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb)", las impregnaciones hidrófobas figuran bajo OS 1 consideradas como sistema autónomo de protección de superficies.³ Según el DAfStb, las

impregnaciones hidrófobas se utilizan para las superficies de concreto verticales o inclinadas, expuestas a la intemperie; tales impregnaciones son ineficaces contra el agua bajo presión.

Principales usos de las impregnaciones hidrófobas

Las superficies de concreto tratadas con una impregnación hidrófoba casi no absorben agua cuando se mojan durante varias horas.⁴ Los cloruros se disuelven en el agua que penetra en el concreto. Es por eso que un concreto exento de fisuras, dotado de una protección eficaz contra la absorción capilar, está también protegido en gran medida contra la corrosión causada por los cloruros. Se ha probado que los concretos tratados con una impregnación hidrófoba resisten claramente mejor las heladas. Respecto a la resistencia a las heladas y a las sales anticongelantes, los resultados registrados son a veces contradictorios. En un estudio hecho en Estados Unidos, se examinaron las guarniciones de 37 puentes situados en Estados Unidos y Alemania. A excepción de dos casos en Alemania, no se encontró ninguna diferencia entre los concretos tratados y los no tratados con una impregnación hidrófoba, independientemente de que los concretos no tratados mostraban una resistencia débil o elevada al congelamiento y a las sales anticongelantes.⁵ Los exámenes en el laboratorio han demostrado que ciertos productos de impregnación mejoran considerablemente la resistencia a la congelación y a las sales anticongelantes del concreto inestable, mientras que otros no tienen ningún efecto. Parece que en este caso es particularmente importante que las resinas del silicón penetren lo más profundamente posible en los capilares.^{4, 6} Otros efectos de las impregnaciones hidrófobas son los siguientes:

- . La permeabilidad a los gases y al vapor de agua no se reduce más que de manera insignificante.
- . Las superficies tratadas con una impregnación hidrófoba se ensucian menos fácilmente.
- . Las superficies no cambian de aspecto.

Las impregnaciones hidrófobas no ejercen ninguna acción positiva sobre el progreso de carbonatación; ésta puede inclusive ser un poco más rápida que en un concreto no tratado con una impregnación hidrófoba.⁴

Un efecto secundario interesante de las impregnaciones hidrófobas es el mejoramiento de los valores promedio de aislamiento térmico de los muros exteriores. Por una parte, los poros llenos de aire son peores conductores del calor que los poros llenos de agua, y, por otra parte, consumen menos energía para la evaporación del agua que haya penetrado.^{6,7} Las impregnaciones hidrófobas a veces también forman parte integral de otros géneros de protección de superficies. Los sistemas de protección contra los *graffiti* son un ejemplo.⁸

Duración de la acción

Las impregnaciones hidrófobas constituyen un sistema complejo, del que forman parte los productos de impregnación, las propiedades de soporte, la técnica de aplicación y las influencias exteriores. Además, hacen falta más estudios sistemáticos sobre este tema. No sorprende, por lo tanto, que no se puedan hacer pronósticos confiables sobre la duración de una impregnación hidrófoba.⁴ De todos modos, son las experiencias obtenidas en la práctica lo determinante. Y las indicaciones recabadas aquí son contradictorias. Se ha constatado, por ejemplo, en las obras de carreteras, una importante disminución de la acción de las impregnaciones hidrófobas en lapsos de tiempo que varían de menos 3 a más de 14 años.⁹ De todas maneras, es posible tratar una vez más el concreto que no está suficientemente protegido por una impregnación hidrófoba. Se han verificado acciones que duran más de 10 años sobre fachadas de concreto aparente, cuando la aplicación se ha hecho sobre un concreto de por lo menos seis meses de edad. Se considera poco probable poder obtener una eficacia de larga duración en superficies de concretos jóvenes, ya que al no estar todavía terminado el proceso de hidratación del cemento, se pueden formar constantemente nuevas superficies no humedecidas por los productos de impregnación.⁴

Los productos de impregnación hidrófoba

Al principio se utilizaron para las impregnaciones hidrófobas sustancias tan numerosas como diversas, por ejemplo, parafinas y jabones metálicos. Pero solamente se impusieron los compuestos sílico-orgánicos. Forman parte de ellos:

- . los silanos o trialkoxyalkylsilanos
- . los siloxanos oligómeros
- . los siloxanos polímeros
- . las resinas silicones

Cualquiera que sea el producto de base, las impregnaciones hidrófobas engendran siempre resinas de silicones que están ligadas a la base en el concreto. Las varias clases de compuestos se diferencian, entre otras cosas, por el tamaño de sus moléculas, la reactividad

y la solubilidad en el agua y en los solventes orgánicos. Previamente, a veces se usaban también compuestos que, al no ser suficientemente estables en las condiciones fuertemente básicas, daban malos resultados.

En la práctica, actualmente se utilizan en general silanos (trialkoxysilanos), siloxanos oligómeros o mezclas de estas dos clases de compuestos. Los trialkoxysilanos constituyen las más pequeñas moléculas (diámetro de 1.0×10^{-6} a 1.5×10^{-6} mm). Es por eso que tanto su movilidad como su volatilidad son las más grandes. Los siloxanos oligómeros no volátiles son un poco más voluminosos (diámetro de 1.5×10^{-6} a 7.5×10^{-6} mm) y, por lo menos en parte, pueden penetrar fácilmente en los poros capilares (diámetro de 10^{-5} a 10^{-3} mm).¹⁰ Las resinas de silicones tienen un grosor que no les permite cubrir correctamente los poros estrechos.

Son los silicones exentos de solvente los que penetran mejor en el concreto. Pero más frecuentemente, el producto de impregnación se utiliza en solución en alcoholes (etanol, isopropanol) o en el white spirit (esencia blanca), o igualmente en emulsiones a base de agua.^{2, 10}

Preparación para la aplicación de impregnaciones hidrófobas

Es siempre aconsejable realizar previamente pruebas en lugares característicos de la superficie que se va a proteger. Los fabricantes de productos de impregnación dan generalmente las indicaciones necesarias para el pretratamiento de las superficies de concreto. Con frecuencia se trata de preparar la superficie con chorro de agua a alta presión. El agua de lavado en ningún caso debe contener sustancias detergentes. Las superficies viejas de concreto se deben limpiar con especial atención, a fin de liberar las aberturas que conducen a la estructura capilar. Si la aplicación de la impregnación sigue inmediatamente a un periodo de mal tiempo (concreto mojado), se corre el riesgo de que el agente activo no penetre a la profundidad suficiente. Las resinas del silicón tienden a acumularse en la superficie. El efecto neto hidrorrepulsor resultante (formación de pequeñas gotas en la superficie) hace creer, equivocadamente, que la impregnación hidrófoba ha tenido éxito.¹²

Los solventes orgánicos tales como el white-spirit o los hidrocarburos alifáticos pueden atacar las masas donde hay juntas o revestimientos. Es por eso que éstas deben ser protegidas. Si se utilizan productos integrados en los solventes, es necesario recubrir los árboles y la vegetación en general, después de haberlos rociado con agua. Los trabajadores deben llevar máscaras respiratorias, anteojos de protección y guantes resistentes a los productos químicos. Los productos a base de agua no exigen cubrirse con máscaras respiratorias, pero es aconsejable llevar una máscara simple. En el interior de los edificios sólo pueden utilizarse aparatos antideflagrantes. Además, es necesario procurar que haya ventilación suficiente.¹²

Aplicación de impregnaciones hidrófobas

Para una impregnación hidrófoba, el concreto debe tener una antigüedad de al menos 28 días, pero de preferencia más tiempo. La aplicación no debe efectuarse a bajas temperaturas o a temperaturas muy elevadas, ni cuando haya tasas elevadas de humedad en el aire y en los elementos de construcción. Para las resinas silicóneas, la base debe estar seca, y para los silanos y los siloxanos puede estar ligeramente húmeda. Aquí también es necesario seguir las indicaciones del fabricante.

Por lo regular se aconseja aplicar el producto de impregnación por el método de rociado. Las pistolas sin aire han probado ser buenas, pero se utilizan igualmente pulverizadores de motor.¹³ En cuanto a la necesidad de rociar las superficies verticales de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo, no se han puesto de acuerdo los especialistas. Lo importante es aplicar suficientemente el producto de impregnación para que se deslice sobre unos 30 o 50 cm antes de ser absorbido. Se procede del mismo modo para las superficies horizontales bajas. Para las superficies "por encima de la cabeza", la aplicación debe hacerse cuidadosamente a mano, con brocha o con pistola.⁴

Cuando las impregnaciones hidrófobas no tienen éxito, con frecuencia se debe a que no se ha aplicado suficiente producto. Los productos de impregnación son más eficaces si se aplican al menos dos manos y con un intervalo corto. Puesto que el éxito de una impregnación hidrófoba no puede verificarse más que a costos elevados, es imprescindible saber exactamente qué cantidad del producto se ha aplicado. El concreto poroso absorbe más fácilmente la impregnación que el concreto compacto, y exige una cantidad mucho mayor de producto. Para un concreto de absorción normal, es necesario utilizar aproximadamente 0.2 kg de sustancia activa por m² (hay que tener en cuenta la dilución). Sin embargo, no es posible tener indicaciones confiables sino después de pruebas previas efectuadas sobre superficies características.

Controles en la obra

Los rayos ultravioleta degradan los productos de impregnación hidrófoba. Por esta razón, para ser completamente eficaces, estos productos deben penetrar lo más adentro posible en los poros capilares. Es a partir de una profundidad de aproximadamente 0.2 mm cuando quedan protegidos contra la acción de los rayos U.V. El control de la profundidad de penetración de un reactivo hidrofobante es muy costoso. Forman parte de los procedimientos utilizados:¹⁴

. *La profundidad de penetración del remojo.* Unos 20 o 30 minutos después de la aplicación, se remueve un pequeño sitio de aproximadamente 1 cm de profundidad. Las zonas que están mojadas por el producto de impregnación o el solvente aparecen más oscuras.

. *Procedimiento con colorante.* Se agrega un colorante al producto de impregnación. En una fisura, se determina la profundidad de penetración del colorante, la cual equivale a la profundidad de penetración del producto de impregnación.

. *Profundidad de la impregnación.* Catorce días después de la impregnación, se remueve un poco de material en un sitio pequeño y se limpia con agua. La zona hidrófoba aparece más clara. Se utilizan igualmente tubos del Dr. Karsten, particularmente tubos con superficies de absorción agrandadas. La absorción del agua del concreto tratado con una impregnación hidrófoba es de 0.02 a 0.2 kg/m²(h)^{1/2}. Un aparato simple, basado en el transporte de corriente en las soluciones electrolíticas, se describe en el anexo 5 de los ZTV-SIB 1190.¹⁵

Controles en el laboratorio

Lo que concierne a los controles en la obra se aplica igualmente a los controles en el laboratorio: no existen procedimientos simples que permitan calcular la durabilidad de una impregnación hidrófoba. Son las experiencias obtenidas en la práctica las que aportan el criterio esencial. Recientemente se ha presentado como un método confiable de control en el laboratorio la espectroscopía al infrarrojo, que permite determinar con precisión la profundidad de penetración de los compuestos del producto de impregnación.¹⁴ Pero es más simple determinar la absorción del agua por capilaridad en secciones de una muestra. Este procedimiento permite establecer un perfil de absorción a partir del cual se puede deducir la profundidad de penetración.¹⁴

FOTOGRAFIAS:

Portada: Gotas de agua sobre concreto prefabricado tratado con una impregnación hidrófoba.

Foto 1. Pruebas previas, en una carretera de concreto, para el tratamiento por impregnación hidrófoba: aplicación del producto de impregnación con pistola o con rodillo.

Foto 2. Impregnación hidrófoba de una carretera hecha de concreto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Directive SIA 162/5: *Conservation des structures en béton* (projet avril 1997).
2. *Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen*, partie 2: "Bauplanung und Bauausführung", editado por Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStbl, 69 pp (1990).
3. Hermann, K., "Protection des surfaces de béton (1): généralités", *Bulletin du ciment* 65 [7/8], 3-11 (1997).
4. Sasse, H.R., "Hydrophobierungen" in *Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen unter Verwendung von Kunststrotten - Sachstandsbericht*. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton 443, 145-163 (1994).
5. Perenchio, WF., "Durability of concrete treated with silanes", *Concrete International* 10 (11), 34-40 (1988).
6. DeVries, J. y Polder, R.B., "Hydrophobic treatment of concrete", *Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen* 2 (2), 145-160 (1966).
7. "Hydrofobieren", *Betoniek* 9 (29), 1-6 (1994)
8. Hermann, K., "Nettoyage des surfaces de béton (2)", *Bulletin du ciment* 65 (6), 3-11 (1997).
9. Haag, C., Gerdes, A. y Wittmann, F.H., "Hydrophobierung des Betons-Ökologische und ökonomische Aspekte", *Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen* 3 (3), 293-314 (1997).
10. McGettigan, E., "Silicon-based weatherproofing materials", *Concrete International* 14 (6), 52-26 (1992).
11. Hermann, K., "Protection des surfaces de béton (2): préparation du support", *Bulletin du ciment* 65[9], 3-11 (1997).

12. Halvorsen, G.T., "Aplying penetrating sealers to concrete", *Concrete Construction* 37 (11), 819-823 (1992).
13. Rödder, K.-M., "Die Grundlagen der Hydrophobierung mineralischer Baustoffe" en Weber, H. y otros, *Fassadenschutz und Bausanierung*, Expert Verlag, 4a. ed., 578 pp. (1988) (*Kontakt und Studium*, tomo 4).
14. Gerdes, A. y Wittmann, F.H., "Charakterisierung einer hydrophobierenden Massnahme durch Anwendung der FT-IR-Spektroskopie", *Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen* 1 (2), 135-152 (1995).
15. ZTV-SIB 1990: *Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen*, editado por el Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn (1990).



RECONOCIMIENTO A CEMEX POR SU CALIDAD Y PRESENCIA INTERNACIONAL

PRESENTACIÓN:

Fundada en 1906, Cemex es la empresa cementera más importante del continente americano y una de las tres principales en el nivel mundial. Por la excelencia de su producción y el servicio que presta a la economía nacional, el gobierno federal le hizo entrega de dos importantes premios.

Cementos Mexicanos (Cemex) inició el año con dos merecidos reconocimientos que le hizo el Gobierno de México. El primero fue el Premio Nacional de Calidad que recibió su planta de Tepeaca, productora entre otras marcas de cemento Tolteca y cemento Monterrey, y el segundo, el Premio Nacional de Exportación en la categoría de Empresas Industriales Grandes que otorga la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi).

Ambos reconocimientos fueron entregados por el Presidente de la República en dos ceremonias efectuadas en la residencia oficial de Los Pinos. En la primera, el ingeniero Lorenzo H. Zambrano, presidente y director general de Cemex, y el licenciado Francisco Garza, director general de Cemex en México, recibieron de manos del doctor Ernesto Zedillo el Premio Nacional de Calidad. El acto contó con la presencia de distinguidas personalidades del gobierno federal y la iniciativa privada, como son Herminio Blanco, secretario de Comercio, Arsenio Farrell, secretario de la Contraloría y Desarrollo Administrativo, y José Giral, presidente de la Fundación Mexicana de Calidad Total.

El Comité de Selección de este premio, que se otorga anualmente, está integrado por la

Cabe señalar que el complejo cementero Tepeaca y su cemento Tolteca –la marca de cemento de mayor venta en México– compitieron por el premio de calidad con 85 empresas de la categoría Gran Industria, resultando vencedores gracias al constante y prestigiado servicio que la planta brinda en estados del centro y sur de la República, donde su contribución al desarrollo regional ha sido permanente desde hace varias generaciones merced a la participación en la construcción de grandes obras.

El segundo reconocimiento también fue entregado en una ceremonia encabezada por el presidente Ernesto Zedillo. Con este premio, el gobierno federal distingue anualmente a las compañías mexicanas que han destacado en la venta de sus productos en el nivel internacional, abriendo así nuevos mercados para las empresas del país.

El Comité Evaluador está integrado en este caso por 11 secretarías de Estado, dos organismos financieros y 10 organismos de representación empresarial.

Entre los méritos que corresponden a Cemex en relación con el comercio exterior está el haber incrementado su actividad exportadora y su presencia en los mercados del Sureste Asiático y el Lejano Oriente. En 1996, sus ventas a esta región de rápido crecimiento a la que pertenecen Indonesia, Filipinas y Malasia, superaron los 2.5 millones de toneladas de cemento y clinker, lo cual significó un aumento de 70 por ciento.

Si se hace una consideración global, se comprueba que las exportaciones totales de Cemex en México crecieron de 2.9 millones

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, la Dirección General de Normas, la Dirección General de Desarrollo Tecnológico, la Procuraduría Federal del Consumidor, el Centro Nacional de Metrología, la Concanaco, la Canacintra, la Concamín, la Fundación Mexicana para la Calidad Total y los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial.

de toneladas en 1995 a 4.2 millones en 1996. Si se comparan con las de 1994, que alcanzaron 1.1 millones de toneladas, las cifras actuales equivalen a cuatro veces las de aquel año.

Estos resultados son producto de una logística de exportación basada en la coordinación de la flota marítima de transportación de cemento más grande del mundo, la cual es administrada por el área de Trading de la empresa.

Contar con esta flota le ha permitido a Cemex mantener independencia respecto a los principales participantes en el mercado mundial de transportación de cemento, así como ofrecer un servicio de entrega oportuno apoyado por inversiones en tecnología informática y comunicaciones.

De esta manera, la empresa ha ganado un lugar destacado en el comercio internacional, y los premios que acaba de recibir son un incentivo más para continuar con la política de calidad y expansión que se ha trazado.

