

Tratamientos de pavimentos industriales de hormigón (*)

COLEGIO INGENIEROS DE CAMINOS
BIBLIOTECA

Por RAFAEL MARTIN HUERTAS

Alumno de la E. T. S. I. C. C. P.

En el presente trabajo se desarrolla una exposición de los diferentes métodos existentes hoy en día para la construcción de pavimentos industriales con mejoras en las capacidades resistentes a acciones exteriores mecánicas y de carácter agresivo químico.

Asimismo se exponen métodos que aún se encuentran en fase de estudio y experimentación, pero que prometen ser de gran utilidad en un futuro próximo. Tales son los casos de los hormigones impregnados de polímeros y del hormigón reforzado con fibras, que aunque ya han sido empleados en diversas construcciones, aún es pronto para determinar si su comportamiento será todo lo satisfactorio que prometen.

1. NOTAS HISTORICAS

La utilización del hormigón en formes y pavimentos es de reciente aplicación. El uso del hormigón como material constructivo es propio de este siglo, aunque fuese utilizado esporádicamente a comienzos de nuestra Era.

En las primeras casas construidas o usadas por el hombre, el pavimento era la superficie de terreno encerrado por las paredes. Poco después, el hombre descubrió que amontonando tierra para conseguir una elevación por encima del terreno circundante y apisonando ésta con los pies, obtenía pisos más calientes al reducir la humedad del suelo, así como una superficie firme y de una duración razonable.

Una mejora de este tipo de suelo vino representada por la utilización de losas de piedra para recubrir la superficie. Se conseguía así un pavimento con una superficie dura y más limpia, si bien bastante fría.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 30 de septiembre de 1979.

La utilización del pavimento de madera se ha venido haciendo también desde tiempos antiguos. Aunque este material resulta menos frío al tacto, tiene el defecto de que se pudre rápidamente al estar en contacto con tierra húmeda. La solución de elevar algo el pavimento apoyándolo sobre muretes para crear superficies suspendidas hacía que las construcciones fueran más duraderas, pero no se resolvía el problema de la putrefacción de la madera, que seguía produciéndose al ascender la humedad por los muretes de sustentación.

A finales del siglo pasado, y como consecuencia de la revolución industrial, aparecieron una serie de reglamentaciones para la construcción en las que se especificaba que la superficie de terreno delimitada por las paredes del edificio tenía que estar cubierta con una capa de hormigón. La misión de esta capa de hormigón era la de eliminar la humedad y evitar el crecimiento de hierbas, todo lo cual contribuía a una mayor durabilidad del pavimento superior de madera.

Poco a poco, esta capa de hormigón terminó siendo considerada como un paramento al

que se recubría de un "forro" adecuado según cuál fuera a ser su utilización.

2. MEJORA DE LAS CARACTERISTICAS DEL HORMIGON. LOS ADITIVOS

Desde este comienzo, el hormigón ha ido imponiéndose día a día, hasta el punto de que su utilización hoy es específica y normal en todo tipo de pavimento.

No obstante, con la utilización del hormigón no han desaparecido todos los inconvenientes. Vivimos en una época de rápido desarrollo, y este constante progreso obliga a la satisfacción de un número de exigencias cada vez mayor. La obligación que tiene la técnica de satisfacer nuevas necesidades cada día ha determinado la aparición de nuevos materiales y la adaptación de los ya utilizados a las nuevas circunstancias.

Así, el hormigón ha debido irse adaptando a los nuevos tiempos mediante alianzas con otros materiales que, unidos a él, le conferían propiedades de las que por sí solo carecía, o

bien transformando sus características mediante la utilización de aditivos.

El papel de los aditivos al hormigón ha sido importante en los últimos años, y es seguro que su misión en el futuro será aún más importante, por lo que creo que no es aventurado el predecir que conforme vayan contribuyendo a mejorar las propiedades del hormigón y a facilitar su puesta en obra, llegarán a ser constituyentes "normales" del hormigón.

Una buena utilización de los aditivos permite mejorar tanto

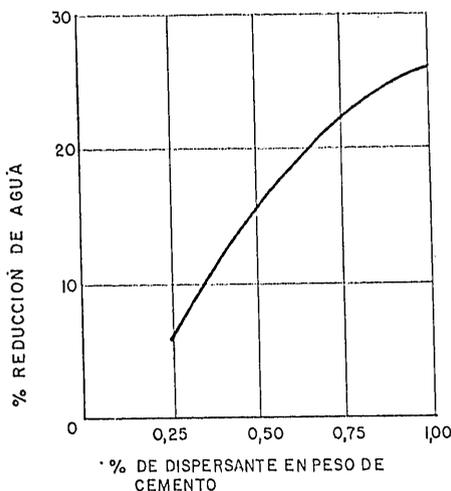


Figura 1.

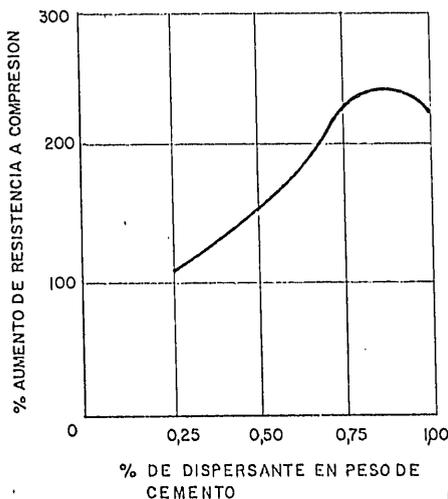


Figura 2.

las resistencias mecánicas del hormigón como las resistencias de éste a las acciones físicas, químicas y mecánicas, así como conseguir mejores efectos estéticos de las obras ejecutadas, todo lo cual es bastante importante teniendo en cuenta las calidades que hoy en día han de darse.

Quizá de entre todos los aditivos, los fluidificantes o dispersantes son los que mayor campo y posibilidades ofrecen de cara al futuro. El hecho de que actúen como reductores de agua en el hormigón, hace que puedan conseguirse hormigones de altas resistencias. Con tales aditivos pueden conseguirse hormigones que son fácilmente trabajables al mismo tiempo que presentan una relación agua-cemento muy baja, lo cual los hace densos, resistentes a la abrasión y al impacto y químicamente estables. En las figuras 1 y 2 puede observarse el efecto de un reductor de agua en la relación a/c y en la resistencia a compresión de un hormigón de cemento Portland ordinario.

Igualmente, con el fin de mejorar sus propiedades, el hormigón se ha unido con otros materiales que presentan profundas diferencias con él. Así, el hormigón, cuya principal característica es, sin duda, la resistencia mecánica a compresión, se une al acero para conseguir resistencia a tracción, y se une más tarde a los materiales plásticos con objeto de rellenar sus huecos y aumentar su resistencia a compresión, tracción y a los agresivos químicos, para aumentar, en suma, su durabilidad.

3. OBJETO DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Anteriormente ya se citó que la utilización del hormigón en la construcción de pavimentos crece día a día. Hoy, la casi totalidad de los pavimentos indus-

triales son de este material. El alto módulo de elasticidad que el hormigón posee en comparación con el suelo hace que las losas de hormigón por su gran rigidez, estén capacitadas para repartir las cargas que soportan sobre una superficie grande.

Hay, sin embargo, una serie de factores físicos y químicos que pueden causar pérdida de la capacidad funcional del pavimento. Con el fin de disminuir el ataque de todos estos factores y evitar la pérdida de las características del pavimento, las losas de hormigón se tratan superficialmente.

El objeto de estos tratamientos superficiales es conseguir mayores resistencias y características de las losas de hormigón en zonas donde se desarrolle una actividad industrial. En general, se trata de aumentar la resistencia de las losas a la abrasión, al impacto, al ataque de agentes agresivos y a temperaturas elevadas, así como conseguir superficies antipolvo, antichispa, antideslizantes, etc.

Tanto los métodos como los materiales para el acabado superficial de los pavimentos de hormigón son muy variados. Sin embargo, no es fácil conseguir un acabado que satisfaga todas las exigencias, recurriéndose muchas veces a soluciones de compromiso.

4. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA EJECUCION DE LA BASE

4.1. Superficie de apoyo de la losa de hormigón.

La superficie donde descansará la losa deberá tener la resistencia suficiente para soportar el peso de ésta y las cargas estáticas y dinámicas que se prevean han de actuar sobre ella, sin que se produzcan asientos que acarrearían deficiencias en el apoyo de las losas, con

TRATAMIENTOS DE PAVIMENTOS INDUSTRIALES DE HORMIGÓN

posibles fisuras o roturas y desnivelaciones de los bordes de las juntas entre losa y losa.

Deberá preverse el posible acceso del agua al terreno para establecer previamente el drenaje correspondiente.

Si la ejecución de la losa de hormigón se realiza en verano o en ambiente seco, el terreno deberá saturarse previamente con agua, evitando la formación de charcos y durante el tiempo necesario para evitar que ésta absorba la del hormigón recién colocado. Si el ambiente es húmedo no será necesario dicha saturación.

La citada superficie de apoyo deberá estar formada por un plano paralelo a la superficie final del pavimento terminado, con el fin de obtener un espesor uniforme de la losa de hormigón. Deberá evitarse, sobre todo, la existencia de salientes en la base que, al disminuir el espesor de la losa en dicha zona, podrían producir su fisuración.

4.2. Hormigón.

Los hormigones son hoy en día bastante bien conocidos y bastará, por tanto, con emplear en cada caso aquel que sea más adecuado según el terreno y el tipo de obra que se lleve a cabo. No obstante, se recomienda un contenido mínimo de cemento de 300 Kg/m³ y una relación agua-cemento tal, que el asentamiento obtenido en el cono de Abrams esté comprendido entre 4 y 10 centímetros.

4.3. Aditivos.

En ningún caso se utilizarán en el hormigón aditivos que contengan cloruros o puedan producir corrosión del hierro de las armaduras. Tampoco deben utilizarse aditivos aireantes. El empleo de los reductores de agua anteriormente citados, es beneficioso, si bien es conveniente realizar estudios y ensayos para ver cuál de ellos es el que mejor

se adapta al tipo de tratamiento que se vaya a realizar.

4.4. Armaduras.

Las losas pueden construirse de hormigón en masa, armado o pretensado, si bien este último se utiliza raramente en pavimentos industriales. Es conveniente armar siempre las losas aunque sea débilmente, ya que así se evita la formación de fisuras debidas a fallos constructivos o de apoyo.

4.5. Agua.

Se utilizará limpia, exenta de materias orgánicas y sales solubles. Deberá tenerse especial cuidado en este sentido con las de pozo o zonas próximas al mar.

4.6. Aridos.

Deberán ser sólidos y convenientemente dosificados. Se eliminarán aquellos en los que existan partículas de cal que, en forma de caliches, puedan producir su expansión en la superficie. Esta expansión, que en hormigones normales puede no tener gran importancia, la tiene en muy alto grado si se encuentra confinada por una capa de gran dureza, ya que la citada expansión producirá el levantamiento del revestimiento en la zona de expansión y su posterior rotura.

4.7. Juntas de hormigonado.

Las juntas son necesarias por razones constructivas con objeto de aislar el pavimento del resto de los elementos estructurales de la nave, así como para permitir los movimientos de la losa por retracción, dilatación o contracción.

La separación entre juntas en los pavimentos industriales dependerá, en general, de la funcionalidad, situación y protección de cada pavimento, pero será función sobre todo del ári-

do empleado en la fabricación del hormigón. A título orientativo se da la siguiente tabla de separación máxima entre juntas en pavimentos de hormigón apoyados directamente sobre el terreno.

Tipo de árido	Separación en metros
Silíceo, de machaqueo	7,50
Calizo, de machaqueo	6,00
Calizo, rodado ...	6,00
Silíceo, rodado ...	4,50
Gravilla	4,50
Escoria	4,50

De todas formas, esta distancia puede aumentar, dependiendo de los siguientes factores:

1. Cantidad total de agua de amasado del hormigón.
2. Variaciones previstas en la temperatura y humedad.
3. Adherencia a la base.

En las figuras 3 y 4 se muestra la disposición de las juntas en un pavimento industrial. La distancia entre juntas transversales dependerá de si el hormigón está o no armado, debiendo disminuirse esta distancia en el caso de hormigón en masa.



Figura 3.

5. PAVIMENTOS DE ARIDOS DUROS

5.1. Endurecedores.

Llamaremos endurecedores a todos aquellos áridos duros, naturales o artificiales, que se utilizan para ejecutar pavimentos industriales con una gran resistencia al choque y al desgaste por abrasión, y con características antideslizantes y antipolvo.

Los endurecedores podrán ser metálicos o pétreos, pero en última instancia la naturaleza del árido y su puesta en obra sólo dependerá de la mayor o menor importancia de los esfuerzos que tenga que soportar el pavimento.

La curva granulométrica del árido a utilizar como endurecedor ha de estar cuidadosamente escalonada de la partícula más fina a la más gruesa, con un diámetro máximo de árido de 6 mm, aunque hoy en día se utilizan preferentemente polvos con un tamaño máximo de 0,2 mm de diámetro.

Los áridos utilizados principalmente como endurecedores son:

Naturales	Metálicos	Alúmina (Corindon)
		Alúmina y óxido férrico (Esmeril)
		Oxido férrico (Magnetita)
Naturales	Pétreos	Cuarzo
		Granito
		Basalto
Artificiales	Carborundo	
	Carburo de boro	
	Granalla	
	Corindon y esmeril sintéticos	

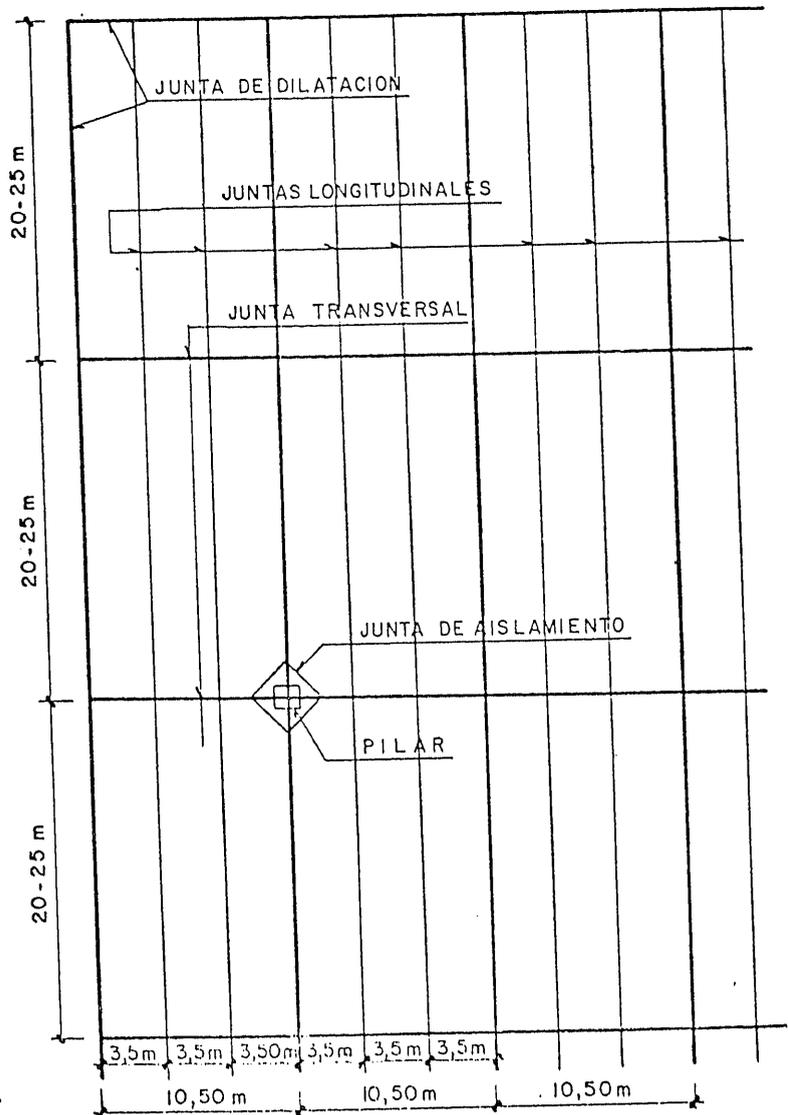


Figura 4.

5.2. Pavimentos con áridos metálicos.

5.2.1. Pavimento a base de mortero metálico.

Este tipo de pavimento está especialmente destinado para servicios extrapesados.

Consiste en un recubrimiento a base de mortero metálico que al mezclarlo con agua se coloca sobre la superficie de hormigón de la losa. El árido metálico utilizado en el mortero debe tener una gran resistencia a la abrasión, así como ser suficientemente tenaz para aguantar fuertes impactos sin que se produz-

TRATAMIENTOS DE PAVIMENTOS INDUSTRIALES DE HORMIGON

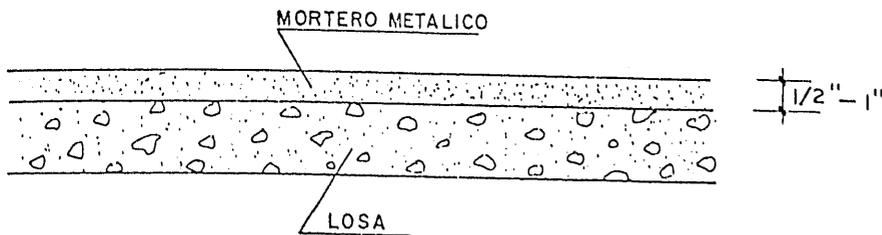


Figura 5.

ca su rotura, no debiéndose utilizar áridos metálicos que sean frágiles.

El espesor del recubrimiento puede ser variable, pero nunca será menor de media pulgada (1/2"), siendo normales espesores de una pulgada (figura 5).

Este pavimento es el adecuado en todas aquellas zonas de naves industriales que están sometidas a un desgaste extraordinario y ha sustituido con éxito a las planchas de acero, sobre todo por su facilidad de instalación que se logra con métodos constructivos clásicos, y por el poco tiempo que se requiere para su puesta en servicio, ya que a las veinticuatro horas de su instalación se consiguen resistencias del orden de 400 Kg por centímetro cuadrado a la compresión, que aumentan hasta 800 Kg/cm² a los veintiocho días, y resistencias al impacto y a la abrasión ocho veces mayores que en un hormigón normal.

5.2.2. Pavimento metálico monolítico al hormigón.

Este tipo de pavimento está indicado para ser utilizado en aquellas zonas de naves industriales que no están expuestas a un desgaste extrapesado.

Consiste en un agregado metálico con mortero que forma un recubrimiento monolítico con el hormigón y que se incorpora a éste cuando aún está fresco. Su espesor es, pues, muy pequeño.

Para su aplicación es necesario un alisado preliminar de la

superficie de la losa. Cuando el hormigón admita el peso de un operario y la máquina alisadora sin dejar una marca notable, se procede a iniciar este alisado. Se comenzará por las zonas próximas a paredes, pilares, ángulos, puertas y encofrados, ya que son las partes que primero endurecen. El alisado debe conseguirse con una sola pasada de máquina, evitando el exceso de pasadas que pueden favorecer la exudación. A continuación de este alisado se realiza un primer espolvoreo del material, aplicando las dos terceras partes de la cantidad de agregado total, repartiendo lo más uniformemente posible y procurando no aventarlo a fin de que llegue a la superficie lo más homogéneo posible. Una vez que el polvo se ha humedecido debe fratasarse hasta que el agregado se ha incorporado al hormigón uniformemente. Después de este primer fratasado, se procede al segundo espolvoreo, incorporando el resto del material y a continuación a un segundo fratasado que se realiza igual que el primero hasta que la superficie quede sin defectos. Una vez que la superficie esté suficientemente dura se procederá a dar uno o más pases con la máquina alisadora hasta conseguir la terminación deseada. En el caso de que se desee obtener una superficie rugosa antiderrapante se omitirá este último alisado. Para terminar se aplicará un líquido de curado que se extenderá con rodillo.

Con este pavimento se consigue una resistencia a la abra-

sión ocho veces superior a la del hormigón normal, así como se evitan los problemas de desprendimiento de polvo y de emisión de chispas por impacto. En ningún caso debe emplearse este pavimento cuando vaya a estar expuesto a la acción de ácidos inorgánicos y sus sales.

Según el tipo de servicio a que vaya a estar sometido el pavimento durante su utilización, las dosificaciones aproximadas que pueden emplearse son:

Tipo de servicio	Dosificación (Kg/m ²)
Medio	3
Semipesado	4,5
Pesado	6

5.3. Pavimentos con áridos pétreos.

5.3.1. Pavimento de cuarzo monolítico al hormigón.

Este tipo de pavimento está indicado para aquellos casos en que la intensidad del esfuerzo a que se ve sometido sea ligera o media.

Es un recubrimiento formado por un agregado de cuarzo y cemento de alta resistencia que se aplica sobre el hormigón fresco del pavimento, constituyendo una capa monolítica con él.

Su forma de aplicación es similar a la anteriormente descrita para el pavimento metálico monolítico al hormigón.

La resistencia a la abrasión de este pavimento es tres veces superior a la de un pavimento de hormigón normal y su alta densidad hace que sea también resistente a los aceites, grasas y productos petrolíferos.

Las dosificaciones aproximadas, según la densidad de tráfi-

co que soporte el pavimento son:

Tipo de servicio	Dosificación (Kg/m ²)
Ligero	3
Medio	4

6. PAVIMENTOS SILICATADOS

El silicatado del hormigón es un procedimiento conocido desde hace mucho tiempo.

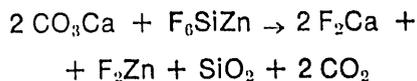
Consiste en transformar la cal Ca(OH)₂ de la hidratación del cemento en silicato cálcico, mediante el tratamiento de la superficie del hormigón con una disolución de silicato de sodio o potasio. Se forma así una capa protectora invisible de pocos milímetros de espesor.

Este tratamiento se emplea para conseguir superficies antipolvo, y el pavimento así tratado presenta una resistencia al desgaste por abrasión algo mayor que la del hormigón normal.

7. PAVIMENTOS FLUATADOS

Al igual que el anterior es un procedimiento antiguo y de similares características.

En este caso, mediante la acción de un fluosilicato se transforma la cal o el carbonato cálcico de la superficie del hormigón en nuevos compuestos más duros y resistentes a los ácidos débiles. La creación química que tiene lugar es, por ejemplo, para el caso del fluosilicato de cinc:



donde vemos que se forman como productos resultantes fluoruro cálcico, de cinc y sílice coloidal.

Con este tratamiento aumenta la resistencia al desgaste, se mejora la impermeabilidad y la resistencia a ciertas aguas agresivas.

8. PAVIMENTOS TRATADOS CON RESINAS VINILICAS

8.1. Resinas vinilicas.

Son productos que derivan de la polimerización de sustancias que tienen el radical vinilo (CH₂=CH-).

Los grupos poliméricos de

más importante aplicación son el polimetacrilato de metilo, el poliestireno, el poliacetato de vinilo, el policloruro de vinilo y el poliacrilonitrilo.

Todos estos productos son muy resistentes a la corrosión química y a la luz.

8.2. Pavimentos impregnados de polímeros.

Los hormigones impregnados de polímeros, aunque aún se encuentran en fase de estudio, prometen tener una aplicación efectiva en el tratamiento super-

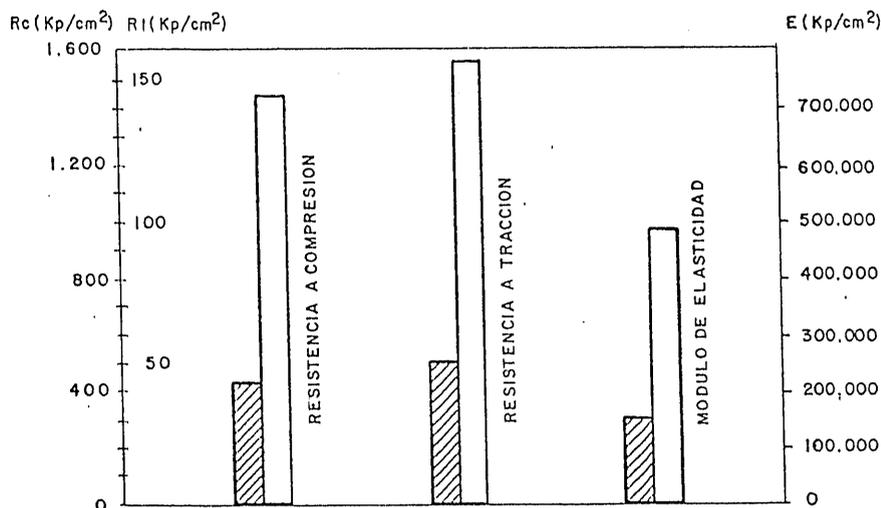


Figura 6.

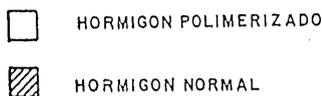
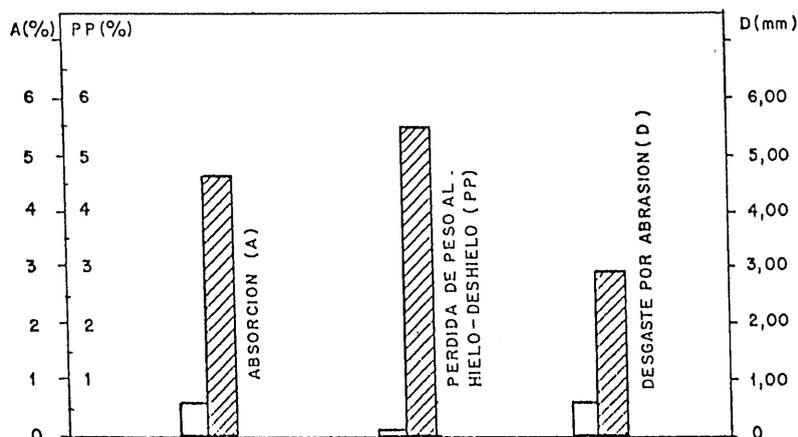


Figura 7.



ficial de pavimentos de hormigón.

En estos casos, más que conseguir una impregnación total del hormigón, lo que interesa es obtener una mayor resistencia a la abrasión y al impacto, así como a los agresivos químicos.

Es de suma importancia aquí la elección del monómero que habrá de emplearse y el proceso de tratamiento. Para poder controlar la profundidad de la impregnación es esencial conocer la viscosidad del monómero. El hecho de que no pueda aplicarse presión de ningún tipo en estas impregnaciones "in situ" hace que el control de profundidad sea hoy deficiente.

En los ensayos realizados en los últimos años por el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento en colaboración con el Instituto de Plásticos y Caucho, se eligió como monómero una mezcla de 95 por 100 de metacrilato de metilo y 5 por 100 de metacrilato de alilo. Como iniciador se utilizó azobisisobutiriometilo en un 2 por 100.

La impregnación que se obtiene en las placas de ensayo, dejando penetrar el monómero por capilaridad dentro del hormigón, depende del tiempo de tratamiento y del tipo de hormigón empleado.

Así, en los ensayos anteriormente citados se obtuvo una profundidad de impregnación de 1,2 y 1,5 cm a las dos horas en dos hormigones diferentes y de 2,5 y 3 cm a las tres horas. La polimerización se realizó utilizando agua caliente.

En los ensayos realizados con las placas así tratadas se demostró que las características alcanzadas eran idóneas en cuanto a impermeabilidad, resistencia a la abrasión y a los ataques de agresivos químicos, y que se produce una notable mejora de todas las propiedades del hormigón. En las figuras 6

y 7 pueden apreciarse las ventajas de todo tipo que representa la impregnación con polímeros.

8.3. Pavimento de mortero amasado con emulsión de resinas vinílicas.

Es un recubrimiento de poco espesor (1 a 1,5 cm) en el que el árido del mortero es un endurecedor. Presenta buena resistencia a la abrasión, al desgaste y al impacto. Es impermeable a los aceites minerales, pero su resistencia al agua es pequeña. Tiene capacidad antipolvo. Su principal utilización, por su poco espesor, es para regenerar pavimentos deteriorados.

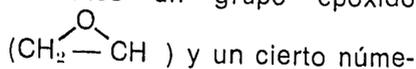
9. PAVIMENTOS CON RESINAS EPOXIDICAS

9.1. Resinas epoxy.

Estas resinas se obtienen a partir de la epíclorhidrina, derivada del propileno, y el difenol, procedente de la reacción fenol-acetona. Sus propiedades varían según las proporciones utilizadas de estos dos componentes.

Para su uso es necesario obtener un producto semisólido o sólido, por lo que se añade a la resina (líquida) un agente endurecedor también líquido. La reacción que tiene lugar entre ambos productos es exotérmica y comienza a la temperatura ambiente. Las características del producto obtenido dependerán principalmente de la resina y endurecedor puestos en contacto, de la masa total utilizada y de la temperatura ambiente a que tenga lugar la reacción.

La estructura molecular de estas resinas es lineal, caracterizándose por llevar en los extremos un grupo epóxido



de grupos hidróxilos (OH) intercalados en la cadena. Al reaccionar con el endurecedor se crea una estructura tridimensional.

Con el fin de facilitar la puesta en obra de las resinas se les añaden diluyentes para rebajar su viscosidad. Asimismo se le suelen añadir áridos para rebajar los calores de reacción y de mejorar la resistencia a los choques y a los efectos térmicos.

Con la introducción de las resinas epoxídicas en la construcción se han logrado pavimentos muy versátiles, que reúnen un gran número de propiedades, por lo que su empleo aumenta cada vez más y más.

9.2. Pavimentos con mortero de resina epoxy.

Un mortero de resina epoxy es un aglomerado formado por una mezcla de resina, un agente endurecedor y áridos, más una serie de elementos secundarios como son los diluyentes, pigmentos, etc.

El tipo de árido a utilizar en el mortero dependerá de las condiciones de trabajo a que vaya a estar sometido el pavimento. La idoneidad de éste para soportar los esfuerzos a que sea requerido dependerá también de la forma que tengan las partículas del árido utilizado. Es claro que un árido de superficie irregular y muy fracturado presentará mayores puntos de contacto con el ligante, con lo cual se conseguirá una mayor adherencia que si el árido presenta una superficie lisa. Asimismo, y con objeto de conseguir la máxima compacidad posible, ha de estudiarse con detenimiento la curva granulométrica del árido que se emplee.

El ligante estará formado por una resina epoxídica, a la que se añadirá un diluyente para mejorar su trabajabilidad.

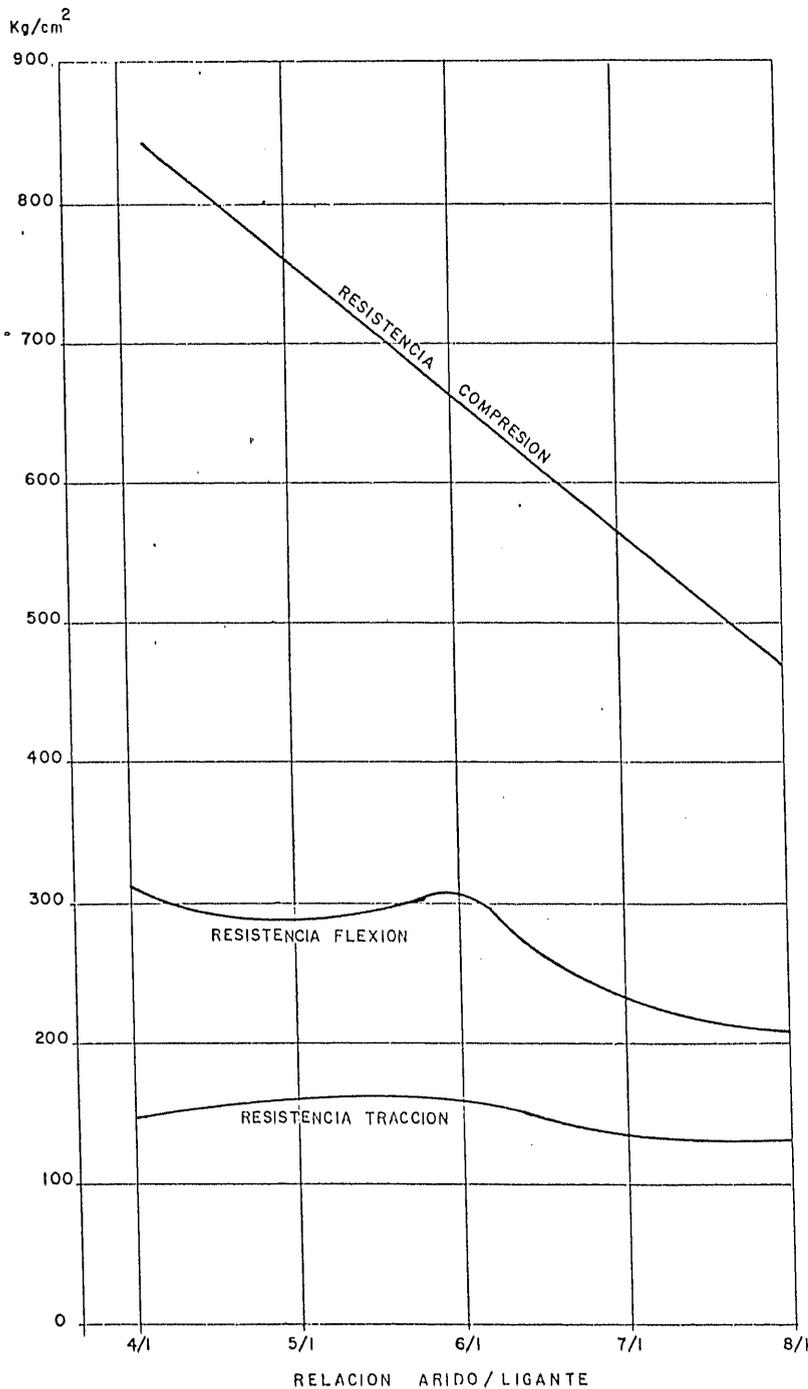


Figura 8.

Como agentes endurecedores se utilizan generalmente aminas, polisulfuros, poliaminas y poliamidas, siendo los dos últimos los más importantes, desde el punto de vista práctico. La elección del endurecedor dependerá también del uso a que se vaya a destinar el pavimento, aunque lo más aconsejable es realizar los ensayos adecuados que de-

terminen la conveniencia de utilizar uno u otro o combinaciones de ambos.

Los pavimentos tratados con estos morteros presentan una buena resistencia al desgaste y a la humedad y una gran inercia química. Para que una de estas propiedades tenga preponderancia sobre las otras deberemos actuar, además de sobre el tipo

de árido o de agente endurecedor, sobre la relación árido-ligante. En la figura 8 se da la variación de las propiedades mecánicas del pavimento en función de la relación árido-ligante.

La superficie donde se vaya a aplicar este pavimento debe estar limpia y seca, sin presencia de grasas o polvo. Debe, por lo tanto, prepararse tratándola con chorro de arena o cepillo metálico o bien lavarla con una disolución de ácido clorhídrico en agua, aclarando después con abundante cantidad de agua. La colocación en obra debe llevarse a cabo con suma rapidez para evitar que se endurezca el mortero. El espesor del recubrimiento que se consigue es muy pequeño, oscilando entre 5 y 10 milímetros y puede rebajarse a 0,5 y 1,5 mm en el caso de morteros fluidos.

9.3. Epoxibreas.

Las epoxibreas se obtienen a partir de la unión de las resinas epoxídicas con los alquitranes y la brea de hulla. La proporción de resina epoxy que entra en la mezcla oscila alrededor del 40 por 100. Su principal utilización es como impermeabilizante.

9.4. Pavimentos con epoxibreas.

La utilización de las epoxibreas en los pavimentos tiene por objeto añadir a las propiedades que ya les conferían las resinas epoxy, una mejor resistencia al impacto.

Para su aplicación deben seguirse los mismos cuidados que para las resinas epoxy. Todos estos productos requieren una buena preparación de la base sobre la que han de extenderse por ello se exige que esta base esté completamente limpia de polvo y grasas y totalmente seca.

TRATAMIENTOS DE PAVIMENTOS INDUSTRIALES DE HORMIGON

La gran elasticidad de que está dotado este material es la que confiere al pavimento resistencia al impacto y a la abrasión, pero principalmente se usa como impermeabilizante en pavimentos industriales y en tableros de puentes.

9.5. Pavimentos tratados con pinturas de resinas epoxídicas.

Las pinturas a base de resinas epoxídicas son actualmente muy utilizadas en pavimentos industriales. En general, son transparentes, presentan buena adherencia, resistencia al desgaste por rozamiento y al ataque de sustancias químicas.

10. PAVIMENTOS DE HORMIGON REFORZADO CON FIBRAS

El hormigón reforzado con fibras es un material de nueva aplicación en la construcción y sus propiedades hacen posible y atractiva su utilización en pavimentos.

El Instituto Norteamericano del Hormigón (ACI) lo define como un "hormigón hecho a partir de cementos hidráulicos, con

áridos finos y gruesos y fibras discretas discontinuas". Las fibras pueden ser muy variadas (fibras acrílicas, vegetales, carbón en fibra...), pero lo normal es que sean de acero, plásticos o vidrio.

El papel que desempeñan estas fibras en el hormigón es el de dificultar la formación de fisuras, evitando la propagación de grietas y aumentando la resistencia al impacto, al desgaste y a los esfuerzos térmicos.

Hasta ahora las fibras más utilizadas han sido las de acero y vidrio encontrándose en estudio la utilización de fibras de plástico. La longitud de éstas varía entre 10 y 80 mm y sus diámetros máximos son de 0,80 mm en el caso de acero y 0,015 en el caso de vidrio.

En el cuadro que aparece a continuación se da una idea del aumento de las propiedades mecánicas de los hormigones reforzados con fibras en comparación con un hormigón convencional.

Los dos grandes problemas con los que se encuentra este nuevo material son la baja trabajabilidad que tiene, debido a la trabazón que provocan las fibras en la mezcla, y la dificultad que presenta la dispersión de

las fibras sin que se apelotonen. Por ello, su aplicación en la construcción de pavimentos no está indicada hasta ahora salvo casos especiales y previa realización de un estudio económico. De todas formas, aún es pronto para decidir sobre las ventajas o inconvenientes que puede representar su aplicación. Como nuevo material, su utilización es de interés en algunas circunstancias y los estudios que sobre él se realizan en todo el mundo irán limitando y aclarando el campo de aplicación más adecuado.

11. CONCLUSION

Los tipos de pavimento expuestos deben tener una duración ilimitada, siempre que el proceso de ejecución haya sido correcto y el tipo de trabajo al que se les destine sea el idóneo para su constitución.

Siempre será conveniente realizar ensayos previos para determinar cuál es la formación más adecuada para que los resultados obtenidos sean satisfactorios. Esto será preceptivo sobre todo en el caso de pavimentos tratados con resinas, ya que una mala elección en cualquiera de los componentes del tratamiento llevaría al total fracaso y ruina de la obra construida.

Como final de este trabajo se da un cuadro comparativo de propiedades de distintos tipos de los pavimentos mencionados, que puede servir para darnos una primera aproximación del tipo de pavimento a utilizar en función de las resistencias que vayan a pedírsele.

	Hormigón convencional	Hormigón con fibras
Resistencia a flexotracción	100	120 - 160
Resistencia a tracción	100	120 - 140
Resistencia a compresión	100	100 - 150
Resistencia a esfuerzos dinámicos	100	500-1000

TRATAMIENTOS DE PAVIMENTOS INDUSTRIALES DE HORMIGON

CUADRO COMPARATIVO DE PROPIEDADES DE DISTINTOS TIPOS DE PAVIMENTOS

	Resistencia impacto	Resistencia abrasión	Inercia química	Resistencia humedad	Aspecto estético
Hormigón normal	100	100	100	100	100
Pavimento a base de mortero metálico	800	800	100	100	150
Pavimento metálico monolítico al hormigón	200	800	100	100	200
Pavimento de cuarzo monolítico al hormigón	100	300	150	150	300
Pavimentos silicatados y fluatados ...	100	150	150	100	100
Pavimento de mortero amasado con resinas vinílicas	200	200	150	180	200
Pavimento con mortero de resinas epoxy	150	400	800	800	400
Pavimentos con epoxibreas	300	400	700	800	200
Pavimentos tratados con pinturas de resinas epoxídicas	100	200	700	400	100

BIBLIOGRAFIA

ARREDONDO VERDU, F.: "Estudio de materiales". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. Madrid, 1960.

ARREDONDO VERDU, F.; FERNANDEZ CANOVAS, M.; FONTAN YANES, J., y LOPEZ MADURGA, E.: "Mejora del hormigón mediante su impregnación con polímeros vinílicos. Aplicación industrial". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. Monografía núm. 345. Madrid, 1977.

CALLEJA, J.: "Panorama general de los

aditivos". Conferencia pronunciada en el Cursillo de Aditivos para Hormigón organizado por ANEFHOP.

DIEZ GONZALEZ, J. J.: "Pavimentos industriales de hormigón". Agrupación de Fabricantes de Cemento de España. Serie monográfica núm. 8. Madrid, 1975.

FERNANDEZ SANCHEZ, R., y JOFRE IBAÑEZ, C.: "Panorámica actual de los pavimentos de hormigón en los Estados Unidos". C.S.I.C.-I.E.T.c.c. Informes de la Construcción, número 292. Madrid, 1977.

HALE, G.: "Pavimentos". Editorial Blume. Barcelona, 1976.

MINISTERIO DE LA VIVIENDA. Normas

NTE: "Revestimientos de suelos industriales". B.O.E. 23-2-1974. Madrid.

PROBISA: "Pavimentos industriales basados en resinas epoxy". Boletín Informativo núm. 26. Madrid, 1975.

SAENZ DE HEREDIA ULLOA, A.: "Pavimentaciones de hormigón". Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Madrid.

SANCHEZ REY, J. A.: "Los hormigones reforzados con fibras". Revista de Obras Públicas, núm. 3154. Madrid, 1978.

VENUAT, M.: "Aditivos y tratamientos de morteros y hormigones". Editores Técnicos Asociados, S. A. Barcelona, 1972.