

69: 670.177 6

882-1

revestimientos incorroibles de las obras

P. JIMENEZ MONTOYA

Ingeniero de construcción

SINOPSIS

Estudio y descripción de los distintos tipos de revestimiento que requieren las obras industriales para protegerlas contra las acciones químicas desarrolladas por las sustancias puestas en contacto con ellas. El amplio estado evolutivo actual de los procedimientos industriales exige, como es natural, que las construcciones modernas se proyecten con un conocimiento claro, no ya de su estabilidad estructural, sino de la de sus propios materiales, que, por fenómenos corrosivos, pueden causar la ruina de la construcción. En este trabajo se dan los procedimientos de revestir, las características más importantes de estas protecciones y materiales empleados y, finalmente, su comportamiento en contacto con los agentes agresivos normalmente manipulados en la industria.

GENERALIDADES

Dado el enorme desarrollo industrial de estos últimos tiempos, el problema de los revestimientos de obras, que han de resistir acciones corrosivas, ha tomado tal importancia que, aparte de los laboratorios dedicados a su estudio, han surgido importantes organizaciones dedicadas exclusivamente al proyecto y construcción de dichos revestimientos, llamados incorroibles, mediante personal especializado.

En la última gran guerra han evolucionado los métodos empleados, no sólo con la práctica adquirida en el gran esfuerzo industrial de los contendientes, sino también con la aparición de

nuevos materiales sintéticos, que han venido a llenar un gran vacío en esta importante técnica.

Dada la cantidad de sustancias empleadas en la industria, que pueden provocar la corrosión, junto con las distintas condiciones estructurales de las superficies que se han de proteger y la multitud de detalles peculiares de cada obra, el problema es vastísimo, exigiendo un estudio y proyecto de tipo particular en cada caso.

No obstante, estudiaremos los revestimientos de las partes fundamentales de las obras, que clasificaremos como sigue:

- 1.º—Pavimentos.
- 2.º—Canalizaciones, cubetas planas de recogida y depósitos.
- 3.º—Bancadas y obras auxiliares.
- 4.º—Paramentos verticales y techos.
- 5.º—Obras especiales.

Sólo estudiaremos aquí los revestimientos de las obras, reservando, para otros trabajos, el estudio de las características que han de reunir los hormigones y los materiales empleados en su confección para resistir mejor las acciones agresivas.

ACCIONES AGRESIVAS

Sería imposible enumerar la acción que desarrollan los distintos productos industriales, sobre los materiales de construcción que los han de contener o soportar. Siendo los más importantes los morteros y hormigones a base de cemento Portland, a estos materiales nos referiremos con especial interés.

A continuación insertamos un resumen, sacado de un trabajo del señor García de Paredes, del efecto que los distintos productos ejercen sobre el hormigón ordinario:

SUBSTANCIA	EFFECTO SOBRE EL HORMIGON
—Acidos acético, fosfórico, láctico, carbónico, férrico, aguas aciduladas	Lo desintegran lentamente.
—Acidos clorhídrico, fluorhídrico, nítrico, sulfúrico, sulfuroso ...	Lo desintegran.
—Soluciones concentradas de carbonatos sódico, potásico y amónico .	Lo pueden desintegrar lentamente.
—Cloruros sódico, potásico y cálcico	Ningún efecto.
—Cloruros de amonio, cobre, hierro, magnésico, mercurio y zinc ...	Lo desintegran lentamente.
—Hidróxidos de sodio, potasio y amonio	Lo desintegran.
—Nitrato de amonio	Lo desintegra.
—Nitrato sódico y potásico	Lo desintegran lentamente.
—Sulfatos	Lo desintegran.
—Aceites de petróleo ..	Ningún efecto.
—Aceites vegetales	Desintegran lentamente la superficie.

TIPOS DE PROTECCIONES

El tipo de protección más conveniente en cada caso depende de muchos factores, entre los que podemos citar: la naturaleza de la superficie a proteger, tipo de agente en contacto con ella, temperatura, trabajo mecánico a que se somete el revestimiento, etc.

A continuación, indicamos la organización de los revestimientos normalmente empleados para resistir acciones corrosivas:

1.º—Fluatado de las superficies de hormigón

Consiste en aplicar sobre la superficie seca y limpia del hormigón, dos o más manos de fluo-

silicato magnésico al 10 %, a 50-60°C, mediante brocha o estropajo. Conviene que antes de cada pasada esté bien seca la anterior. Cuando se haya secado la última mano, se cepilla toda la superficie y se lava después para remover los cristales que se hayan formado. En vez de fluosilicato magnésico puede emplearse el fluosilicato de zinc.

La superficie así tratada del hormigón se hace más dura, más densa y más resistente a los agentes agresivos. Puede emplearse este tratamiento cuando la superficie que se ha de proteger no está sometida a trabajo de rozamiento o erosión, así como contra los agresivos que se indicarán al hablar de los materiales.

2.º—Silicatado de superficies de hormigón

Se aplica para ello una solución de silicato sódico en dos o tres manos (hay que dejar secar bien la anterior antes de dar la siguiente), se frota con cepillo y se lava entre cada dos aplicaciones. La concentración depende del silicato y densidad del hormigón. Para un silicato sódico de 42,5°Bé, puede diluirse en la proporción de 250 c. c. de silicato en 1 litro de agua. En depósitos y otras estructuras similares, se puede ir variando la concentración, empezando por la solución más diluida. No obstante, en cada caso conviene emplear la concentración adecuada, pues hay que tener en cuenta que el silicato es un líquido muy denso y conviene que penetre bien en el hormigón.

3.º—Ocratización del hormigón

Este método sólo sirve para elementos prefabricados de hormigón, mediante la acción del gas tetrafluoruro de silicio aplicado sobre el hormigón seco. El gas reacciona con los componentes cálcicos del mortero, formándose fluoruro-cálcico e hidratos de ácido silícico y de alúmina, que rellenan los poros del hormigón. La penetración de este tratamiento es superior al de la fluatación, y depende: de la duración del tratamiento, cantidad y presión del gas, tiempo de secado, etc.

El hormigón ocratizado es más compacto, mejora sus características mecánicas y su resistencia a ciertos agentes químicos.

4.º—Pintado y barnizado

Muchos son los tipos de pinturas y barnices que pueden emplearse para revestimientos incorroibles, entre los que podemos citar, como más importantes: el aceite de linaza cocido, aplicado en caliente para que penetre mejor, así como pinturas fabricadas a base de aceite de linaza y barnices a base de bakelita y resinas sintéticas. En Europa se están empleando mucho las pinturas a base de caucho clorado y de cloruro de polivinilo, con bastante buen resultado para proteger las paredes contra los vapores ácidos. Deben aplicarse dos o tres manos, siendo necesario, a veces, una imprimación conveniente. Cuando se trate de hormigón, puede reforzarse la acción de la pintura con una aplicación previa de fluosilicato magnésico.

5.º—Protección con esmalte bituminoso

Constituye éste una buena protección contra ácidos relativamente fuertes, pero no tiene resistencia al desgaste a temperaturas altas. Se usan dos materiales distintos: uno para la mano de adherencia y el otro para el esmalte propiamente dicho. La solución para la primera mano debe aplicarse sobre la superficie del hormigón cuando éste esté bien seco y sin polvo. Antes de aplicar el esmalte debe revisarse cuidadosamente la superficie, reparar aquellos lugares que no hayan sido debidamente cubiertos por la mano de adherencia y efectuar una nueva aplicación. La mano de adherencia se dejará secar hasta que adquiera una consistencia ligeramente pegajosa, y después aplicar el esmalte. El esmalte consiste, generalmente, en un betún, al que se ha incorporado algún polvo silicioso finamente pulverizado. Dicho polvo aumenta la resistencia al desgaste y reduce el reblandecimiento cuando la temperatura sube. El esmalte se calentará cuidadosamente hasta que se funda y se vuelva suficientemente fluido para poderse aplicar con brocha. Durante el calentamiento, la temperatura no deberá exceder de 190°C. Una vez que ha adquirido una consistencia fluida, el esmalte se aplicará en seguida, pues fragua y endurece rápidamente.

6.º—Recubrimiento con pastas bituminosas

Los recubrimientos a base de pastas bituminosas son de los más empleados en la industria.

Se aplican para formar la primera capa de protección de la mayor parte de los pavimentos, canalizaciones, depósitos y obras auxiliares, que puedan estar en contacto con agentes corrosivos.

Normalmente se empieza dando una mano de imprimación, mediante brocha, sobre la superficie que se ha de revestir, de una pintura asfáltica adecuada, de modo que no queden poros ni faltas. Una vez seca, se aplican, mediante llana y normalmente en caliente, varias capas cruzadas de pasta bituminosa, procurando igualarlas y alisarlas con paleta y soplete, con objeto de que la superficie quede perfectamente lisa y sin poros. Es una técnica sencilla, pero que requiere cierta práctica, ya que el éxito del revestimiento estriba en que no tenga faltas y sea de espesor constante, normalmente de 6 a 8 mm. El calentamiento no debe sobrepasar de los 190°C.

Estas pastas bituminosas están compuestas de asfalto y una harina inerte. Sus características se estudiarán más adelante.

Este revestimiento puede, a veces, ser suficiente; pero, en la mayor parte de los casos (pavimentos, canales, depósitos, etc.), se completa con un embaldosado de piezas especiales, organizado como se indicará en el apartado correspondiente.

7.º—Recubrimiento con pasta de resinas artificiales

Estas masillas pueden emplearse para efectuar revestimientos continuos en elementos expuestos a la corrosión. Estas pastas endurecen a la temperatura ordinaria, si bien es conveniente un calentamiento posterior a 60 ó 70°C para aumentar su resistencia química.

8.º—Revestimientos con pasta de caucho-látex

Se preparan mediante una mezcla de árido, mortero caucho-látex natural y un cemento aluminoso. Tiene mucha menos aplicación que los asfálticos.

9.º—Revestimiento con láminas elásticas incorroibles

Como la pasta anterior, constituye una primera protección de aislamiento, sobre la que se organizará después la protección incorroible de resistencia mecánica.

Algunas veces estas láminas elásticas están formadas por tejidos de yute o de amianto, impregnados en materiales bituminosos, fieltros de amianto, oppanol, compuestos de caucho, etc.

Empleo.—Aunque resultan algo caros, estos revestimientos son los más indicados cuando se quiere construir una capa de aislamiento de bastante garantía. También se utilizan en la formación de juntas de dilatación.

Para su colocación se seguirán las Normas indicadas por la casa comercial suministradora, si bien, en la mayor parte de los casos, podrán emplearse pastas bituminosas.

10.º—Revestimiento de pavimentos con aglomerado asfáltico

Este aglomerado asfáltico es un compuesto de materiales bituminosos, harinas inertes y arena silíceas o de barita. Suele emplearse en caliente formando una capa de 20 a 30 mm de espesor, que constituye un pavimento continuo. Normalmente no se extiende el aglomerado directamente sobre el hormigón del firme, sino encima de una capa previa aislante, de pasta bituminosa, como se ha indicado en el apartado 6.

11.º—Revestimientos con losetas especiales

Estos revestimientos se hacen de acuerdo con la acción química que han de resistir, con piezas cerámicas, noya, azulejos, losetas de carbón o vidrio, etc., enluchados con un mortero adecuado. El rejuntado puede hacerse con pasta anticorrosiva especial, de características adecuadas al agente agresivo, trabajo mecánico que ha de experimentar y material.

Más adelante daremos detalles concretos de estos revestimientos, así como de los materiales empleados en sus aplicaciones en los solados, depósitos y canalizaciones principalmente.

12.º—Revestimientos metálicos

Para ellos suelen emplearse láminas metálicas, unas veces recibidas con pastas bituminosas y, las más de las veces, colocándolas directamente y soldando entre sí las distintas hojas.

Es muy utilizado el plomo, en placas de 2 a 3 mm, unidas mediante soldadura, debiendo tener la precaución de no oxidar el metal al efectuar la costura.

13.º—Revestimientos mixtos

Muy frecuentemente se organiza un recubrimiento anticorrosivo a base de dos o más de los mencionados, superponiéndolos, formando una especie de varias defensas sucesivas.

En los revestimientos de depósitos, pavimentos y canalizaciones, primero se aplica una capa aislante del tipo 6, 7 u 8, y seguidamente la capa de protección con baldosas (ver n.º 10). A veces, se refuerza el revestimiento disponiendo una segunda capa de baldosas, enluchada con mortero incorroible adecuado.

MATERIALES EMPLEADOS

Pastas y morteros asfálticos

Las pastas asfálticas de protección están constituidas por asfalto y una harina inerte, generalmente a base de sílice, kaolín, o amianto finamente pulverizados. Los morteros asfálticos pueden contener áridos inertes de mayor tamaño, según la aplicación. Su mayor ventaja es la impermeabilidad.

Los asfaltos empleados no deben contener materias volátiles y tener un punto de reblandecimiento adecuado a la temperatura de trabajo. Pueden emplearse para temperaturas entre -10°C y 100°C . Las casas suministradoras de estas pastas disponen, normalmente, de dos tipos: pastas y morteros, para instalaciones industriales donde se trabaje hasta 70°C , y hasta 100°C .

Los asfaltos normalmente empleados son los tipos 85/25, 105/15, 115/15 y 135/10 (el primer número indica la temperatura de fusión y el segundo la penetración).

Su resistencia a los agentes agresivos depende de la dosificación del asfalto. Las corrientes resisten bien a las aguas aciduladas, ácidos minerales, sus sales y soluciones débilmente alcalinas. Son atacados por los ácidos orgánicos, disolventes y compuestos oxidantes.

Empleo.—Para capa de protección, como morteros de enluchado y rejuntado de losetas, y también para pavimentos continuos.

Morteros de silicato o vidrio soluble

Son morteros incorroibles, obtenidos por la mezcla de solución de silicato sódico o potásico

con una harina inerte adecuada, normalmente cuarzo y asbesto pulverizados (80 - 325 mallas), y pueden endurecer por pérdida de agua o por reacción del silicato con un agente endurecedor que se mezcla con la harina. Como endurecedores suelen utilizarse: cloruro cálcico, fluoruro de aluminio, anhídrido benzoico, mezcla de clorhídrico diluido con silicato de etilo y ácido oxálico, entre otros. Las casas comerciales suministran la solución de silicato y la harina que ha de mezclarse en la proporción que indiquen, pero nunca se debe añadir agua, cemento ni otros ingredientes.

La solución de silicato se emplea normalmente en la proporción de 250 - 300 c.c. por cada kilogramo de carga. Empiezan a fraguar a los 30 ó 40 minutos de su amasado a 20°C (este tiempo disminuye con la temperatura). El tiempo normal de fraguado suele ser de 1 a 4 días, también a 20° C. Puede acelerarse si se calienta la solución de silicato a unos 60°C en baño de agua. En tiempo frío conviene calentar el lugar de trabajo. Por el contrario, si la temperatura es elevada conviene amasar pequeñas cantidades para no dar lugar a que comience a fraguar.

Normalmente, es conveniente esperar unos 5 días antes de poner la obra en servicio. Si se trata de depósitos que almacenan substancias calientes, debe esperarse unos 10 días.

Según la aplicación y composición de los morteros de silicato, una vez endurecidos, se les somete a un tratamiento de lavado con soluciones de ácido sulfúrico, clorhídrico, cloruro cálcico, nitrato cálcico, acetato cálcico o fluosilicato magnésico (1). Este tratamiento tiene por objeto, unas veces neutralizar los álcalis libres que se puedan producir durante el fraguado, y otras, hacer más impermeables las pastas fraguadas, ya que uno de los grandes inconvenientes de estos morteros es su porosidad.

Los morteros de silicato no deben aplicarse directamente sobre el hormigón. Si el hormigón carece de una capa aislante previa, se le tratará aplicando dos veces una solución de fluosilicato magnésico al 10 % y a 50 - 60°C, y dejar que seque la primera mano antes de dar la segunda, lavando cuando ésta esté bien seca.

Las características físicas corrientes de los morteros de silicato son:

—Peso específico	1,9
—Resistencia a compresión, 28 días	200-350 kg/cm ²
—Resistencia a tracción	20-40 kg/cm ²
—Adherencia a losetas in- corroibles	5-20 kg/cm ²
—Absorción de agua	9 %

Se adhieren bien a metales, baldosas y ladrillos cerámicos, madera, vidrio y revestimientos bituminosos, pero no deben emplearse directamente sobre hormigón, sino después de un fluatado.

Empleo.—Para enlechar y rejuntar losetas y ladrillos incorroibles.

Resisten bien la acción corrosiva de los ácidos diluidos y concentrados, tanto en frío como en caliente, excepto al ácido fluorhídrico. No resisten la acción de los álcalis, ni aun a los débiles. No se comportan bien frente al agua, que constituye el inconveniente principal junto con su porosidad. Resisten bien a las grasas y disolventes.

Masillas de resinas fenólicas

Estas masillas están compuestas por una resina fenólica líquida, a la que se le mezcla una harina de carbón o sílice —finamente pulverizada— con un agente químico endurecedor que, actuando de catalizador, acelera el endurecimiento. Normalmente, para preparar 1 litro de masilla son necesarios de 0,8 - 1,5 kg de harina y 0,5 - 0,7 kg de resina líquida. El amasado no puede hacerse con la mano sin la debida protección, por ejemplo, guantes, debiendo ventilarse bien el lugar de trabajo.

El comienzo del endurecimiento suele ser de 1-4 horas —según el tipo— y el tiempo de fraguado es de 1 a 3 días a 20°C. Puede acelerarse el fraguado mediante calentamiento, pero normalmente no debe ponerse en servicio la obra hasta transcurridos 8 días. Se aumenta considerablemente la resistencia química de la masilla someténdola a un tratamiento térmico, de unos 80°C, durante unas 10 horas.

Las masillas de resinas fenólicas no se adhieren bien al hormigón ni a los metales, por lo que, en estos casos, hay que disponer de una capa impermeable bituminosa o, incluso, de emulsión

(1) Fluosilicato magnésico al 10 %, a temperatura de 50-60°C.

fenólica, sobre las que se pueden emplear las masillas. Se adhieren bien a las losetas normales incorroibles, que son algo rugosas, pero no a las baldosas vidriadas, que necesitan de la acción del chorro de arena para hacer su superficie áspera.

Las características físicas de estas masillas son:

—Peso específico	1,4
—Resistencia a compresión, 28 días	800-1.000 kg/cm ²
—Resistencia a tracción	70-80 kg/cm ²
—Adherencia a losetas incorroibles	10-12 kg/cm ²
—Absorción de agua	0,5 %

Son prácticamente impermeables a los líquidos; de gran dureza; muy resistentes al rozamiento, y estables a 150-180°C de temperatura.

Empleo.—Para rejuntado de baldosas y, a veces, también para enlechados de las mismas. Cuando las baldosas se reciben con morteros de cementos de alto horno o de silicato, antes de rellenar las juntas con las resinas conviene acidificarlas con una solución alcohólica de ácido clorhídrico al 10 %. También se utilizan para formar capas de protección, aplicándolas, mediante brocha o pistola, sobre hormigón, metales, carbón, porcelana, mampostería y caucho.

Las masillas de resinas fenólicas resisten bien a los ácidos orgánicos y minerales de cualquier concentración, excepto oxidantes fuertes, así como al ácido sulfúrico hasta 50 %. No deben emplearse en contacto con el ácido nítrico. Resistencia también la acción de las soluciones salinas, disolventes y grasas. Son atacadas por los álcalis, para los que es conveniente el empleo de resinas furánicas.

Por último, las resinas fenólicas no pueden almacenarse durante más de 6 meses a la temperatura ordinaria.

Masillas de resinas fenólicas especiales y sus aplicaciones

Algunas veces se modifica la composición de las resinas fenólicas para dar a las masillas características especiales.

Aplicaciones indicadas de los tipos de resinas fenólicas:

Con objeto de aumentar la resistencia a temperaturas elevadas se usan resinas fenólicas con furfural y siliconas.

Para uniones de vidrio y metal se utilizan resinas fenólicas con cloruro de polivinilo, butadieno o acrílo nitrilo.

Se aumenta la plasticidad, resistencia al impacto y al ataque químico, mezclando a las resinas fenólicas buna N. Resistencia a los álcalis y al nítrico hasta 15 %, pudiendo almacenarse durante un año.

También pueden mezclarse ésteres alifáticos de alcohol furfúrico, que aumentan considerablemente su resistencia química.

Uno de los tipos más importantes es el formado por resinas fenólicas y furánicas, cuyas masillas aumentan la resistencia a los álcalis.

Masillas de resinas furánicas

Están compuestas por una resina furánica líquida, a la que se le mezcla, en el momento de utilizarla, una harina inerte compuesta, generalmente, por carbón, grafito, asbestos, sílice, amianto, barita, etc., finamente pulverizados, y un catalizador que acelere el endurecimiento. Entre las resinas furánicas más empleadas podemos citar: las de alcohol furfúrico-ácido, las de furfural, de furfurila-croleína-furfural-formol, de furfural-acetona, de furfural-anilina, de alcohol furfúrico-sulfocianuro-aldehído, así como distintas mezclas de alcohol furfúrico-ácido con otras resinas.

Con los preparados comerciales se requiere, normalmente, 0,55 kg de resina y 1,5 kg de harina para preparar 1 litro de pasta. Con las resinas furánicas no es necesario tomar las precauciones adoptadas con las fenólicas, pues no perjudica su acción sobre la piel humana.

El comienzo de fraguado y duración del mismo es muy variable según el tipo y temperatura; pero hay que tener en cuenta que, normalmente, las masillas de resinas furánicas empiezan pronto a fraguar, por lo que cada vez se amasarán cantidades pequeñas.

Como los cementos fenólicos, los furánicos no se adhieren bien sobre metales ni hormigones, por lo que hay que interponer una capa impermeable bituminosa. Se adhieren bien a las losetas incorroibles normales; pero si son vidriadas, conviene someterlos al chorro de arena. Si las losetas incorroibles se reciben con morteros de cemento de alto horno o de silicato, antes de

hacer el rejuntado con resinas furánicas conviene acidificar las juntas con una solución alcohólica de ácido clorhídrico (1) al 10%. Después se aplica, con pincel, la resina furánica diluida, y una vez seca se rejunta con masilla de consistencia normal.

Las características físicas de las masillas furánicas son:

—Peso específico	1,6 - 1,9
—Resistencia a compresión	1.000 kg/cm ²
—Resistencia a tracción	100 kg/cm ²
—Adherencia a losetas incorroibles	10 kg/cm ²
—Absorción de agua	0,5 %

Son prácticamente impermeables; de gran dureza; muy resistentes al rozamiento, y estables hasta 180°C.

Empleo.—Aplicanse para rejuntado de losetas incorroibles y, a veces, también para enlchado de las mismas.

Esta masilla, llamada con razón *cemento incorroible o universal*, resiste bien la acción de los ácidos no oxidantes, álcalis, detergentes, grasas, aceites, disolventes y sales. Son insustituibles para instalaciones que hayan de someterse alternativamente a la acción de soluciones ácidas y alcalinas. No debe emplearse en presencia de los ácidos crómico, sulfúrico concentrado, nítrico, ni lejías concentradas de blanqueo.

No deben almacenarse más de 6 meses a la temperatura normal.

Cementos de azufre

Son aglomerantes fabricados con azufre y cuarzo pulverizado y, a veces, también con carbón. Pueden plastificarse con asfalto duro, alquitrán, resina natural o caucho sintético (thiocol).

Para su aplicación se funde la mezcla a fuego lento (unos 115°C) hasta que, una vez líquido, pueda verterse en los huecos de las juntas que ha de llenar. Al enfriarse endurece, lo que permite poner la obra en servicio inmediatamente.

(1) Se obtiene pasando una corriente de clorhídrico por metanol.

Empleo.—Normalmente, en el rejuntado de piezas incorroibles, en depósitos y canalizaciones, a la temperatura de 95°C.

Las características físicas aproximadas de los tipos corrientes son:

—Resistencia a compresión	420-450 kg/cm ²
—Resistencia a tracción	45- 60 kg/cm ²
—Adherencia a losetas incorroibles	Buena
—Absorción de agua	0,5 %

Las juntas formadas con cemento de azufre son quebradizas, tienen bastante resistencia al rozamiento y soportan bien los cambios de temperaturas.

Resisten bien a la mayor parte de los ácidos no oxidantes, ácidos orgánicos y sales, así como al agua y álcalis diluidos. No se comportan bien frente a los ácidos nítrico y sulfúrico. Tampoco resisten la acción de los disolventes, grasas y álcalis concentrados. Se desintegran por la acción de ciertas bacterias, inconveniente que puede salvarse mediante el empleo de ciertas bactericidas (pentaclorofenol).

Cementos de resinas Poliester

Están compuestos por una resina poliester líquida y una carga pulverulenta, que endurecen por reacción química al mezclarlas, momentos antes de su empleo.

La resina líquida es un producto de reacción de ácidos polibásicos no saturados, monoles o polioles no saturados, sus derivados clorados, sus esteres y cloruros de ácidos dibásicos o anhídridos. Existen, pues, variedad de estas resinas.

El ingrediente harina en este caso es carbón, con determinados porcentajes de peróxido de benzoilo, acetilo, laurilo o agua oxigenada, que hacen de catalizador.

A 20°C empiezan a fraguar una hora después de mezclar, tiempo que disminuye al aumentar dicha temperatura. La obra puede entrar en servicio, según la temperatura, al cabo de dos o tres días de finalizarla.

Estas resinas se almacenarán en lugar seco, al abrigo de la luz y a una temperatura inferior a 15°C. Son inestables, por lo que no conviene utilizar las que llevan preparadas más de tres meses.

Las características físicas medias son:

—Peso específico	1,9-2,0
—Resistencia a compresión	850 kg/cm ²
—Resistencia a tracción	100 kg/cm ²
—Absorción de agua	0,1 %

Resisten bien las bases diluídas, determinados disolventes y ácidos, incluyendo soluciones diluídas y frías de los ácidos nítrico y crómico. Son atacados por los álcalis concentrados y disolventes, tales como: cetonas, anilina y sulfuro de carbono.

Empleo.—Para rejuntar y enlechado de losetas incorroibles, pavimentos, depósitos, canalizaciones y torres, donde se trabaje a temperatura inferior a 120°C. Pero su empleo característico está indicado en las obras que han de estar en contacto con peróxidos de cloro, industrias de blanqueo, fábricas de papel, etc.

Hasta 120°C pueden sustituir las resinas poliéster a las furánicas, pero, a partir de esta temperatura hasta 180°C, conviene emplear resinas furánicas.

Cementos Epoxi

Se componen de una resina líquida y una harina que lleva su correspondiente catalizador de endurecimiento.

Las resinas epoxi, que pueden incluirse entre las poliéster, se obtienen por polimerización de epíclorhidrina con bifenol.

Los morteros de estos cementos se curan a temperatura ambiente o más elevada, según los tipos, y tienen una resistencia química semejante a las masillas de resinas furánicas, si las temperaturas son inferiores a 95°C, con excepción de las soluciones alcalinas calientes, que le atacan. Son aislantes y resisten bien la humedad.

Su mayor ventaja frente a las masillas fenólicas y furánicas, reside en que se adhieren bien sobre hormigones y metales.

Resinas vinílicas

Son productos de copolimerización de resinas vinílicas modificados, con objeto de aumentar su adherencia; se secan al aire, y son muy apropiadas para revestir el hormigón, madera y metales, para lo cual se aplican con brocha o pistola.

Resisten bien a la acción de la mayor parte de las soluciones de ácidos, sales y álcalis hasta 60 - 70°C. No se comportan bien frente a los disolventes. Los revestimientos que los emplean no deben ponerse en servicio antes de las 48 horas de haber sido tratados.

Empleo.—Como capa de aislamiento incorroible.

Resinas de estireno-butadieno

Son resinas de copolimerización entre estireno y butadieno, que se expiden en forma de soluciones que se secan al aire en 48 horas. Se aplican mediante brocha o pistola, sobre hormigón, metales y madera. Resisten bien a los ácidos no oxidantes, álcalis y sales, a temperatura no superior a 70°C.

Empleo.—Como capa de aislamiento incorroible.

Soluciones de neopreno

La concentración e índice de polimerización varían según la naturaleza de su empleo, siendo necesario un catalizador de endurecimiento. Pueden utilizarse al cabo de una semana a 20°C, y en cinco horas si se mantiene a 75°C.

Resisten bien física y químicamente, no debiendo utilizarlas con temperaturas de trabajo mayores de 70°C.

Empleo.—Como capas de aislamiento, en aquellos casos que han de resistir a la acción de álcalis concentrados.

Compuestos de polietileno

De estos compuestos distinguiremos, el polietileno, de buena resistencia a los agentes químicos; el polietileno clorado, de mejores propiedades físicas y químicas, y el polietileno clorosulfonado, que resiste incluso la acción del nítrico fumante, sulfúrico de 95 %, ácido crómico concentrado y ácido acético glacial, no necesitando, este último, el negro de humo para aumentar su adherencia y resistencia mecánica, como se hace a veces con el polietileno, mediante adición de 0,5 % de negro de humo o grafito, finamente dividido.

Puede aplicarse sobre hormigón y metales, preparándose la superficie previamente con el chorro de arena, si no es rugosa, y calentarla a unos 200 - 260°C. Se aplica pulverizándolo en caliente.

Empleo.—Para la formación de capas de protección.

Cemento caucho-látex

Se preparan estos compuestos mezclando cemento, arena silícea y caucho-látex en proporciones que varían según su empleo.

La resistencia a la corrosión depende del cemento empleado, aumentando cuando es aluminoso o supersulfatado. De todas formas, la presencia del caucho presenta mayor resistencia química que el mortero normal obtenido con estos compuestos.

El caucho de estos cementos es atacado por aceites y grasas.

Se adhieren fuertemente a ladrillos y baldosas, resultando las juntas impermeables.

Empleo.—Para rejuntar y enluchar baldosas o para solados continuos.

Cementos supersulfatados

Estos cementos están constituidos por escoria de alto horno, sulfato cálcico y una pequeña proporción de cal apagada o cemento Portland.

La técnica para su empleo es análoga a la del Portland, si bien deben emplearse dosificaciones más altas, siendo conveniente conservar los morteros de cemento supersulfatado en estado húmedo durante varios días después del vertido. A este cemento no se le debe mezclar cloruro cálcico, cal o cemento portland.

El rejuntado efectuado con estos morteros no es impermeable; y tienen mayor resistencia a los ácidos que los aluminosos, así como gran resistencia a los sulfatos.

Empleo.—Para enluchar losetas incorroibles, pudiéndose dejar las juntas libres, si es necesario, para efectuar un rejuntado posterior con alguna pasta que sea más impermeable o de mayor resistencia química. A veces, pueden emplearse en pavimentos continuos de muy poca exigencia incorroible.

Cementos aluminosos

Los cementos de alto contenido en alúmina resisten a la acción ácida algo mejor que los portland. No deben mezclarse con cal ni con cemento portland.

Los revestimientos efectuados con cementos aluminosos deben conservarse húmedos por lo menos durante 24 horas, debido a que, por su gran calor de fraguado, pueden agrietarse de no regarlos con frecuencia.

Los morteros y hormigones amasados con cementos aluminosos de pequeño grado de humedad y a temperaturas superiores a 30°C, pierden resistencia mecánica.

Su resistencia a los ácidos, algo mejor que la del cemento portland, no alcanza a la de los cementos supersulfatados. No resisten la acción de los álcalis cáusticos.

Empleo.—Para enluchar losetas incorroibles, cuyo rejuntado posterior ha de hacerse con masillas antiácidas. Dada su rapidez de fraguado, también se emplean para trabajos de reparación.

Láminas especiales de aislamiento

Existe una infinidad de láminas especiales de aislamiento que se utilizan como primera capa de protección. Suelen dar muy buen resultado, y en cada caso se empleará la más conveniente.

Se presentan en forma de tejidos impregnados en pastas bituminosas; tejidos de asbestos impregnados; láminas plásticas, a base de cloruro de polivinilo; oppanol, a base de polysobutileno resistente a los ácidos, sales y álcalis de gran concentración, es decir, hasta 70°C, etc.

Pinturas incorroibles

Tantas son las clases de pinturas y barnices de este tipo, que pueden ser objeto de un amplio trabajo independiente. Como este trabajo se ha dedicado a las protecciones contra la corrosión de fábricas, nos limitaremos a citar las pinturas actuales más empleadas, estas son: a base de caucho clorado, cloruro de polivinilo, resinas sintéticas y pastas bituminosas.

Las pinturas a base de caucho clorado pueden emplearse sobre superficies expuestas a vapores ácidos o alcalinos.

Las de cloruro de polivinilo, cuando sea necesaria mayor resistencia contra ácidos oxidantes, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, etc. Todas suelen ser lavables.

Fluosilicato magnésico

Se comporta bien frente a las aguas aciduladas y álcalis débiles; ácido fénico, fosfórico, húmico láctico y tánico; carbonatos; cloruros; sulfatos; aceites minerales y vegetales.

Empleo.—Para la impermeabilización del hormigón, así como para la protección del mismo contra los agentes químicos débiles, si bien no constituye una protección elástica.

Losetas y piezas especiales incorroibles

Existe un gran número de losetas y piezas especiales empleadas en los revestimientos incorroibles, todas ellas diferentes por su calidad, dimensiones y forma. Normalmente se emplean piezas cerámicas, de carbón, vidrio, etc.

Las losetas cerámicas empleadas en solados y revestimientos de depósitos, suelen ser de 250 x 120 mm de superficie, y un espesor mínimo de 25 mm, pero las hay con espesores de 30 y 40 mm. Para ciertos depósitos y canalizaciones, se fabrican ladrillos de hasta 120 mm de espesor, con objeto de obtener una gran caída de temperatura cuando se trabaja en caliente, protegiendo de esta forma la membrana de impermeabilización. Normalmente, en un depósito conteniendo un líquido a 100°C, los ladrillos de

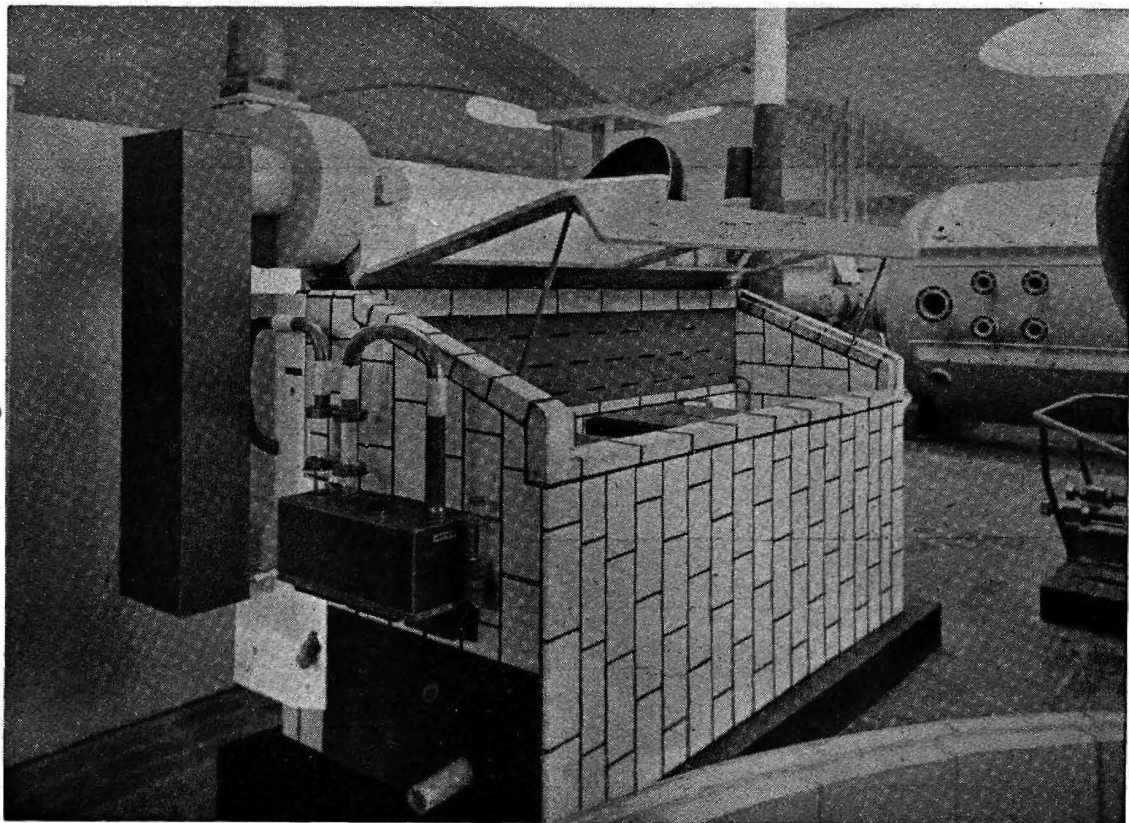


Fig. 1.—Instalación transportable de decapado al latón sistema Bacumbe.

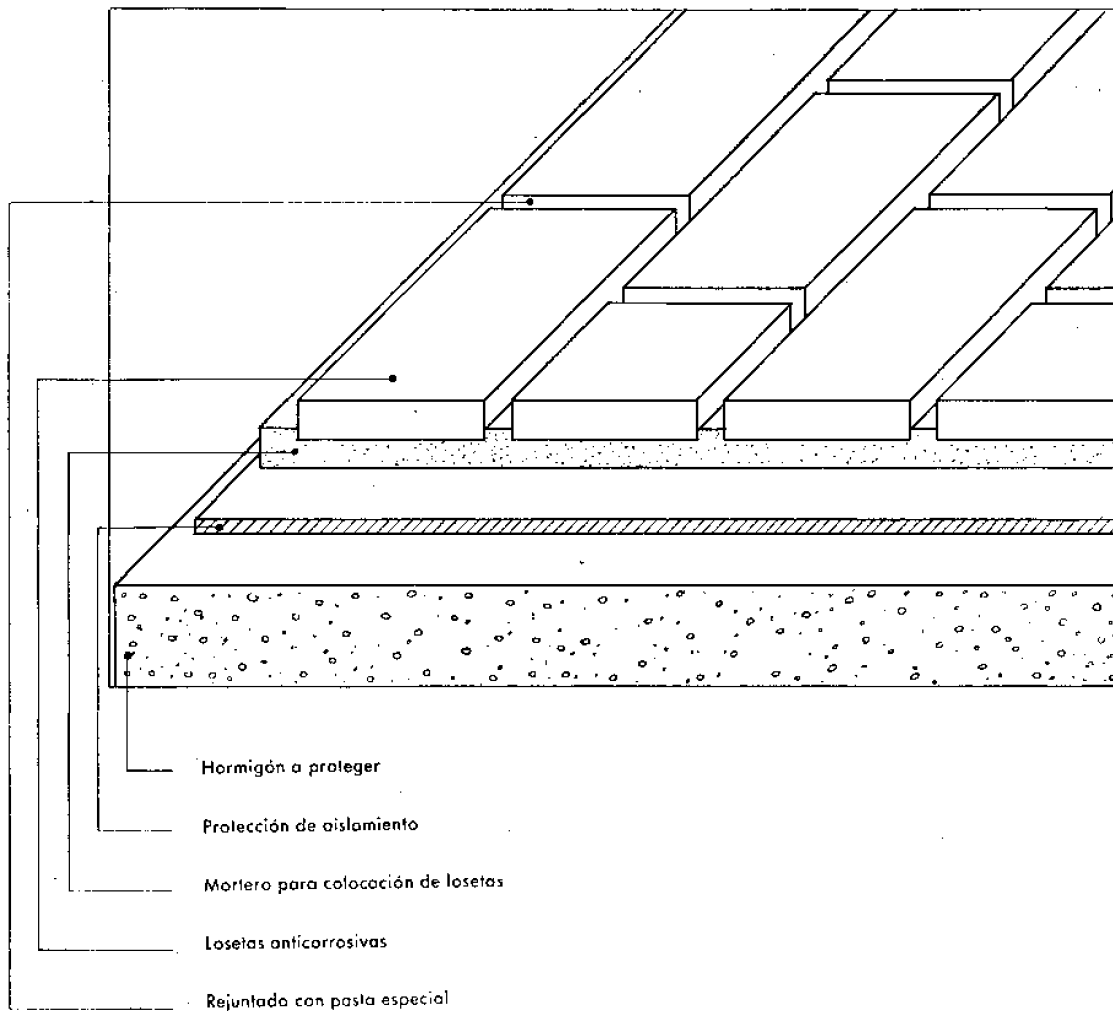


Fig. 2.—Disposición general de un revestimiento de protección contra las acciones químicas, terminado con losetas.

100 mm de espesor originan una caída térmica de 33°C. Un revestimiento de ladrillos de 200 milímetros de espesor, origina una caída de 50°C. A medida que aumenta la temperatura del líquido, aumenta las caídas de temperatura, manteniendo constante el espesor.

Para rodapiés y revestimientos de algunas paredes se emplean losetas de 20 mm de espesor.

Las losetas deben tener la cara que ha de ser recibida rugosa, con objeto de aumentar

su adherencia a los cementos incorroibles. Es frecuente disponer en dicha cara estrías en cola de milano.

Las casas especializadas en la fabricación de material incorroible, ofrecen multitud de piezas especiales normalizadas.

Parece ser que en la sinterización de las piezas cerámicas no deben entrar los feldspatos en forma exagerada, pues esto no favorece la adherencia con las pastas incorroibles que las han de recibir.

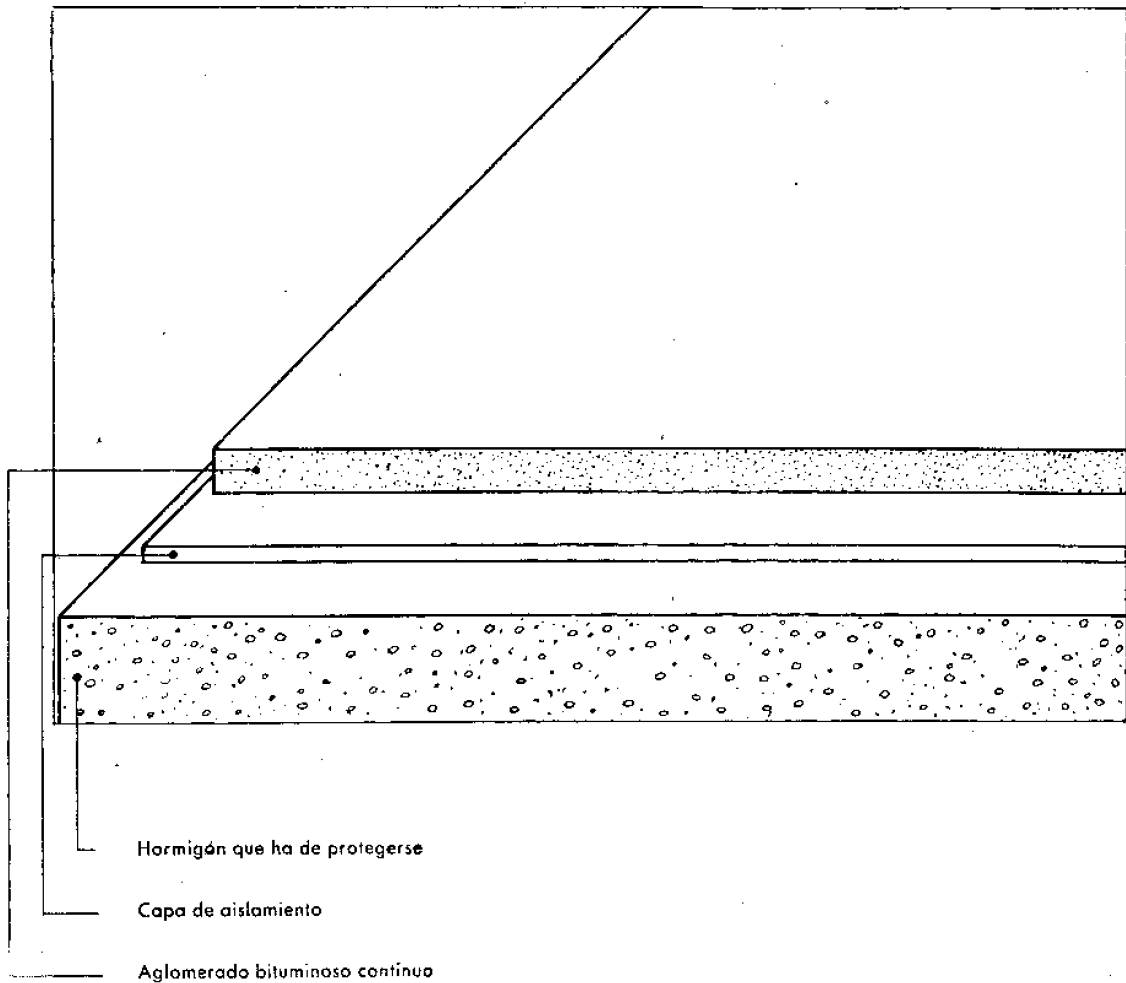


Fig. 3.—Constitución de un revestimiento continuo, mostrando las dos capas protectoras y el hormigón protegido.

La absorción de agua de las piezas cerámicas oscila entre el 3 y el 6 %; y su porosidad, entre el 5 y 13 %. Suelen ser resistentes al cambio brusco de temperaturas, y también resisten bien a ácidos y álcalis.

PAVIMENTOS

Generalidades

El problema de la corrosión de pavimentos

toma más importancia cuando se trata de losas de hormigón armado, ya que los ácidos atacan al hormigón y pueden penetrar hasta las armaduras, con el peligro consiguiente. En las plantas bajas pueden penetrar los líquidos corrosivos hasta las cimentaciones y desorganizarlas.

Normalmente debemos tener en cuenta, al proyectar un pavimento incorroible, su aislamiento, resistencia mecánica adecuada, resistencia química y, resistencia térmica, en caso necesario.

Los pavimentos deben protegerse en forma continua, y en sus intersecciones con paramentos verticales se pondrán rodapiés de 25 cm de altura mínima, estableciendo resaltes o bordillos de 15 cm de altura en sus discontinuidades. A estos pavimentos se les dará pendientes adecuadas para la salida de los líquidos que puedan derramarse. La pendiente normal suele ser de un 2 %, no debiendo nunca ser inferior al 1 % ni mayor del 2,5 %. La dirección de las pendientes dependerá de la posición de los sumideros, que deben estar alejados de las partes fundamentales de la estructura. Los desagües se construirán de modo que no sea preciso levantar los pavimentos para su reparación. Es fundamental efectuar un estudio racional del sistema de desagües que, además de ser simple, ha de prestarse a una fácil reparación. Existen en el comercio piezas especiales que se prestan a estas exigencias.

Para la construcción normal de estos pavimentos se empieza por aplicar, sobre el hor-

migón, una capa de aislamiento de uno de los tipos de los ya descritos anteriormente, sobre la que se coloca otra resistente, que puede ser de baldosas o continua de aglomerado o pasta especial.

Pavimentos de losetas

En la figura 2 puede apreciarse la disposición normal de un pavimento incorroible de losetas. Está constituido por una capa aislante, una tongada para recibir y losetas. El rejuntado puede efectuarse posteriormente, utilizando la misma pasta que para recibir o con pasta especial. A continuación, describimos los tipos más frecuentes:

1.º—Capa de aislamiento, de 6 a 8 mm de espesor, con pasta bituminosa; una tongada de mortero bituminoso para recibir; losetas y rejuntado posterior con pasta bituminosa.

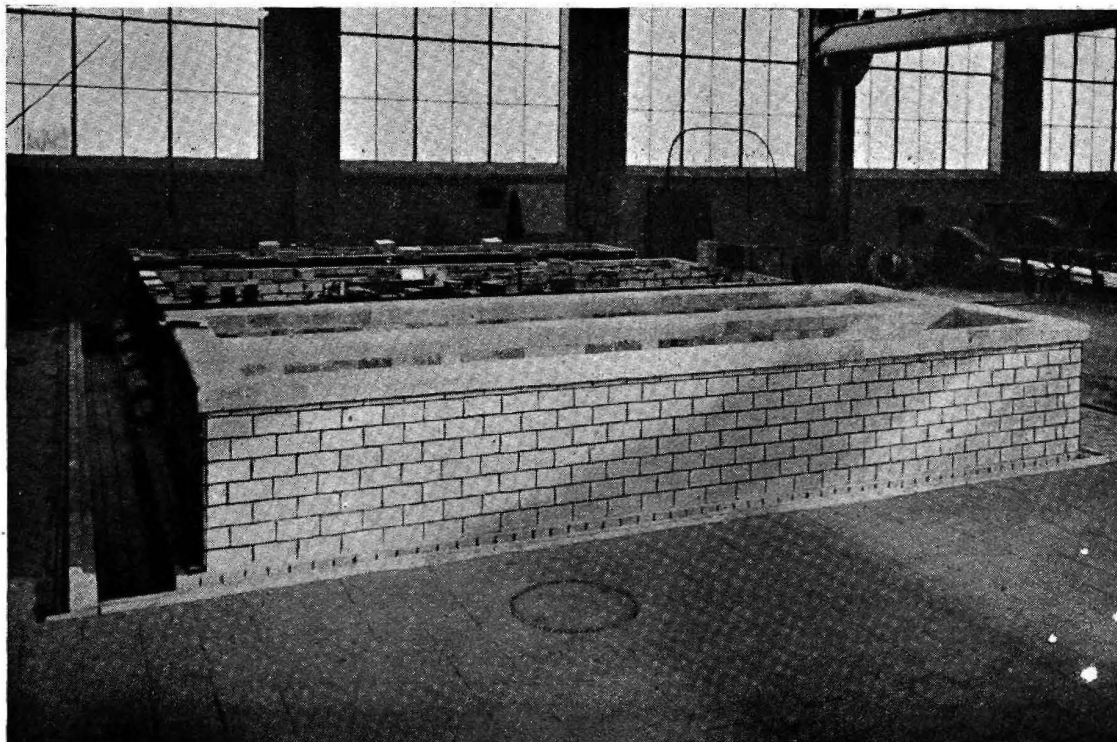


Fig. 4.—Cubas de decapado. Estructura de hormigón con protección antiácida cerámica.

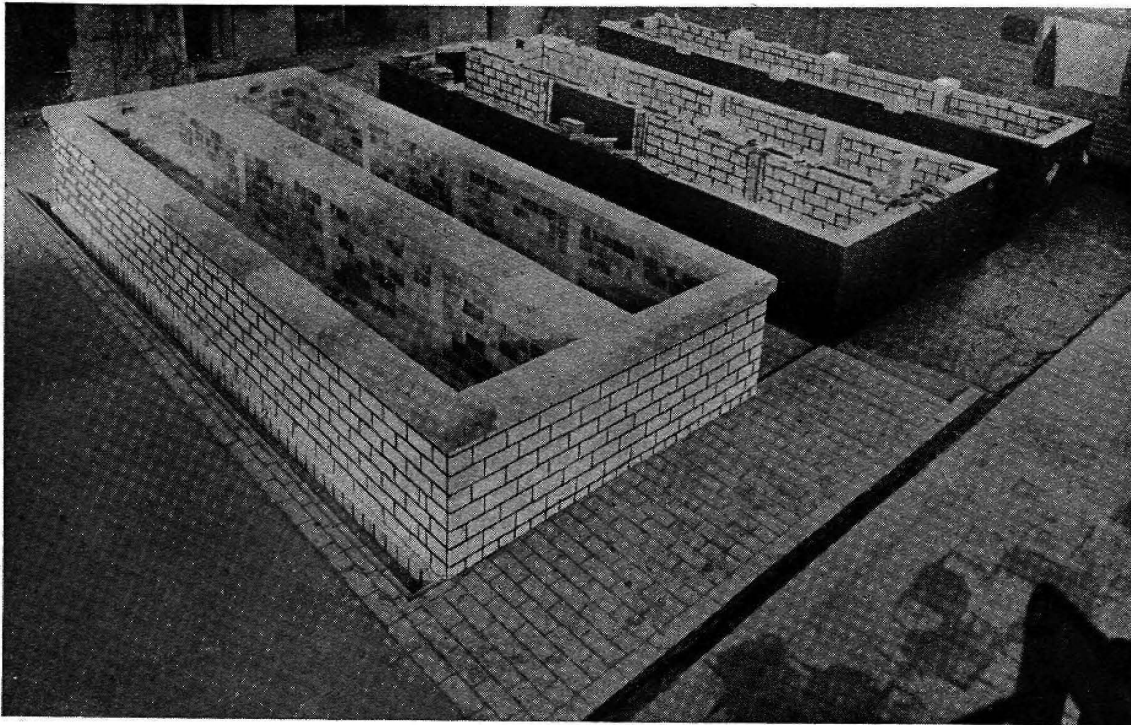


Fig. 5.—Cubas de decapado. En las del fondo se procede al montaje de los revestimientos.

Empleo.—Este revestimiento está indicado cuando no se exige gran resistencia contra las acciones químicas.

2.º—Capa de aislamiento de pasta bituminosa; mortero 1:3 de cemento supersulfatado o alto horno (muy pobre en cal) para recibir las losetas; colocación de éstas formando juntas muy limpias de unos 7 mm de luz y 15 de profundidad, y, finalmente, rejuntado con pasta de silicato.

La capa bituminosa conviene rociarla con arena silícea de granulometría comprendida entre 0,7 y 1,2 mm, para obtener una buena trabazón con el mortero. Los labios de la junta conviene se pinten con dos manos de fluosilicato magnésico al 10 % (50-60°C), dejando que seque y lavándolo antes de rejuntar con pasta de silicato. Una vez endurecido el relleno de las juntas, debe tratarse con soluciones de fluosilicato magnésico, ácido clorhídrico, ácido sulfúri-

co o de sales cálcicas, según el tipo de pasta empleada y la aplicación.

Empleo.—Suelen utilizarse para resistir acciones ácidas, protecciones poco importantes y en pavimentos que no deben de estar en contacto con el agua.

3.º—El mismo tipo anterior, pero efectuando el rejuntado con pasta de resinas artificiales. Los labios de las juntas se pintarán con solución alcohólica de ácido clorhídrico al 10 % o con solución de resina especial, según sea la composición de la pasta utilizada.

Empleo.—Es muy útil en pavimentos sometidos a una acción química importante, que requieran juntas impermeables y de bastante resistencia mecánica o donde se lave frecuentemente con agua.

4.º—Este solado requiere una capa de aislamiento bituminoso, mortero de silicato para el enlechado de losetas y rejuntado de pasta de silicato.

Una vez endurecidas las juntas conviene tratarlas con soluciones de fluosilicato magnésico, ácido clorhídrico, sulfúrico o sales cálcicas, de acuerdo con la clase de pasta empleada o su aplicación.

Empleo.—Para ácidos concentrados, pero no se comporta bien frente al agua.

5.º—Del mismo tipo que el anterior, pero rejuntando con pasta de resinas artificiales.

Los labios de la junta se pintan con una solución alcohólica de ácido clorhídrico al 10% o con resina especial, según el tipo de pasta de resina empleada en el rejuntado.

Empleo.—Están indicados cuando es necesario bastante resistencia química, mecánica y al agua.

6.º—En este solado, la capa aislante es bituminosa, se usa pasta de resinas artificiales para enlechar las losetas y se rejunta con la misma pasta. En este caso, las juntas pueden ser de menor luz que las mencionadas anteriormente.

Empleo.—Este tipo de solado es muy caro; se utilizará excepcionalmente contra grandes acciones químicas, sea necesario lavarlo con agua y se exija bastante resistencia mecánica.

7.º—Los tipos enumerados anteriormente son los solados más frecuentes con losetas; no obstante, pueden construirse muchos tipos más, para lo cual basta elegir adecuadamente los materiales estudiados.

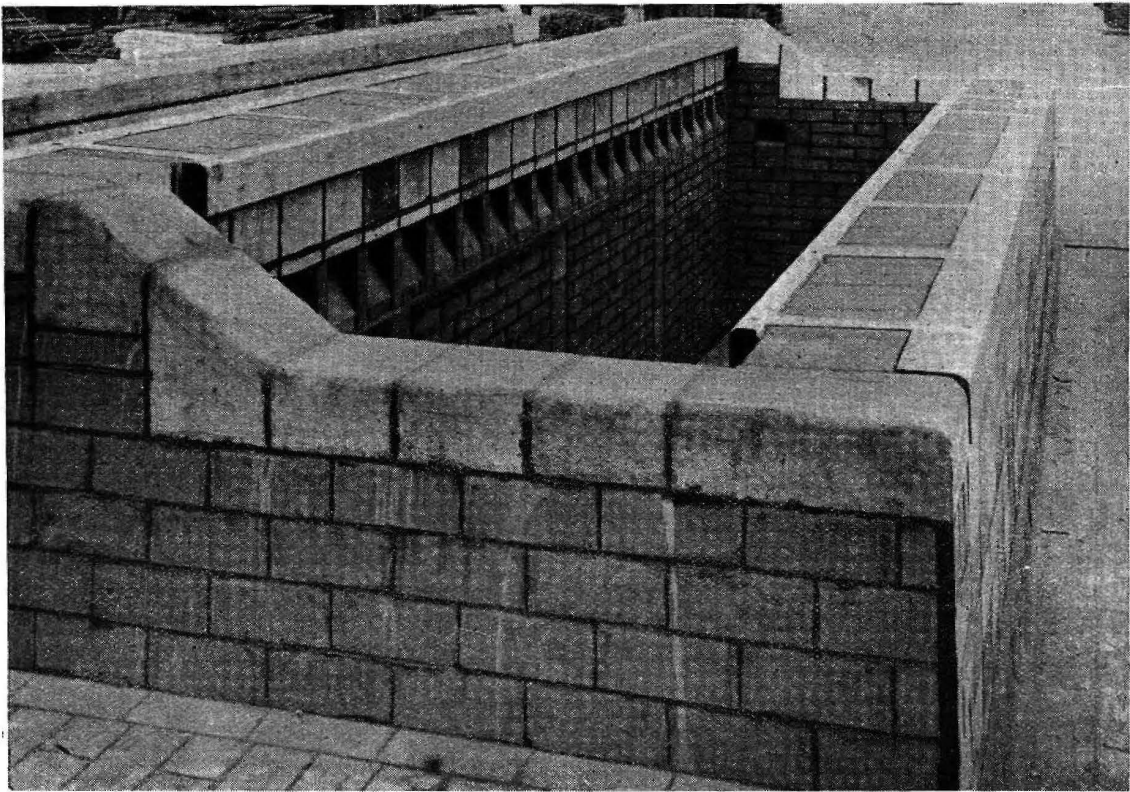


Fig. 6.—Cuba de decapado con aberturas de respiración y de soplado, a base de ladrillos especiales.

Puede sustituirse la capa de aislamiento bituminoso por otra de fieltro bituminoso, opanol, plásticos, cartón asfáltico, etc., pues existen múltiples combinaciones, pero habrá de emplearse la más adecuada en cada caso, de acuerdo con los materiales disponibles.

Empleo.—Para acciones químicas muy débiles y en protecciones de muy poca importancia.

2.º—Pavimento continuo de aglomerado asfáltico, provisto de una capa de aislamiento bi-

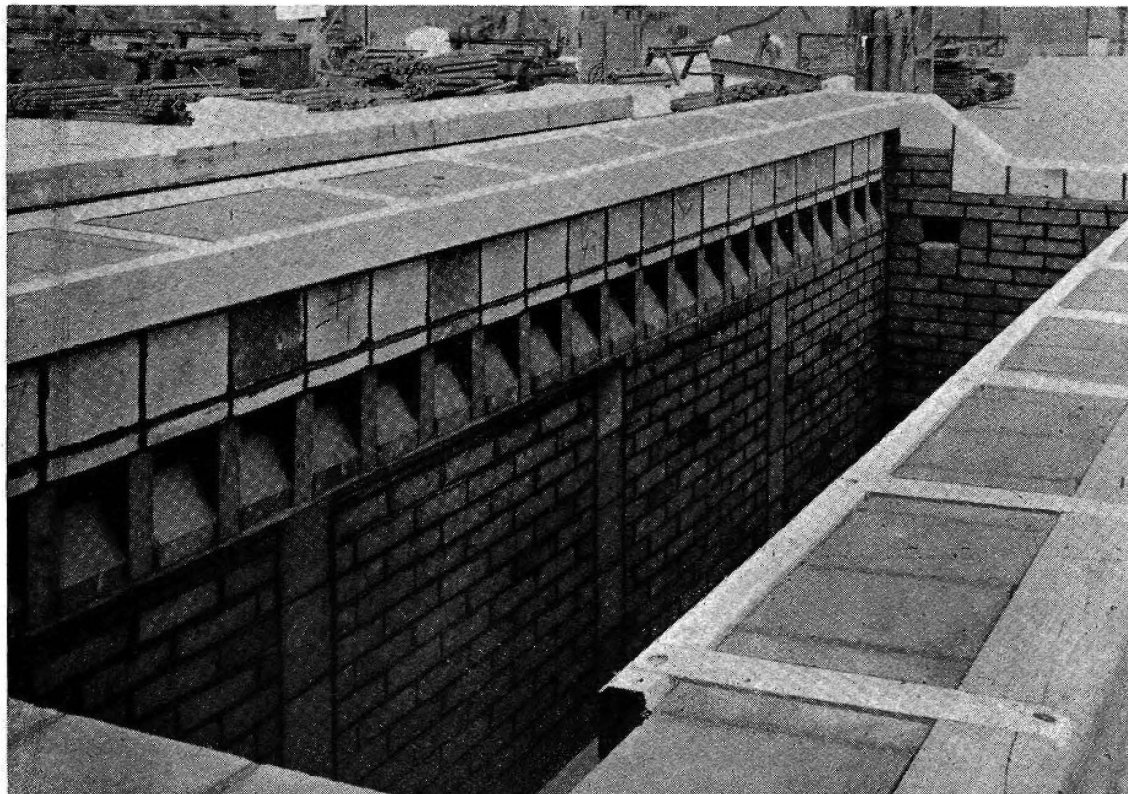


Fig. 7.—Otra vista de la figura 6.

Pavimentos continuos

A continuación se indican los pavimentos continuos incorroibles de empleo más frecuente.

1.º—Pavimento continuo de mortero de cemento aluminoso. Conviene regarlo durante su fraguado. Su rapidez de fraguado lo hace apto para reparaciones.

tuminoso, sobre la que se extiende el aglomerado asfáltico. El espesor total es de unos 30 mm.

Empleo.—Es apropiado para acciones químicas débiles.

3.º—Pavimento continuo de cemento-caucho-látex, de unos 9 mm de espesor.

Empleo.—Para pequeñas acciones químicas y para grandes cargas.

4.º—Pavimentos continuos de resinas artificiales, dispuestos en capas de pequeño espesor.

6.º—Pavimentos continuos metálicos, en los que las láminas de plomo, de 2 a 3 mm de espesor, soldadas, son de uso frecuente.

Empleo.—Van bien para el ácido sulfúrico, constituyendo una protección excelente.



Fig. 8.—Pilas con capas protectoras, en un taller de reproducciones.

Empleo.—Indicados para grandes acciones químicas o mucha resistencia mecánica. Son caros.

5.º—Pavimentos continuos plásticos. Suelen emplearse en forma de masillas extendidas «in situ» o en láminas.

Empleo.—Como existe una multitud de tipos, es difícil preconizar su empleo.

CANALIZACIONES, CUBETAS PLANAS DE RECOGIDAS Y DEPOSITOS

Las canalizaciones se construirán con una pendiente mínima de un 1%. Para proyectar una canalización o depósito incorroible, se tendrán en cuenta, como en los pavimentos, su aislamiento, resistencia mecánica, resistencia química y resistencia térmica adecuada.

Empleo.—Para pequeñas acciones químicas y para grandes cargas.

4.º—Pavimentos continuos de resinas artificiales, dispuestos en capas de pequeño espesor.

6.º—Pavimentos continuos metálicos, en los que las láminas de plomo, de 2 a 3 mm de espesor, soldadas, son de uso frecuente.

Empleo.—Van bien para el ácido sulfúrico, constituyendo una protección excelente.



Fig. 8.—Pilas con capas protectoras, en un taller de reproducciones.

Empleo.—Indicados para grandes acciones químicas o mucha resistencia mecánica. Son caros.

5.º—Pavimentos continuos plásticos. Suelen emplearse en forma de masillas extendidas «in situ» o en láminas.

Empleo.—Como existe una multitud de tipos, es difícil preconizar su empleo.

CANALIZACIONES, CUBETAS PLANAS DE RECOGIDAS Y DEPOSITOS

Las canalizaciones se construirán con una pendiente mínima de un 1%. Para proyectar una canalización o depósito incorroible, se tendrán en cuenta, como en los pavimentos, su aislamiento, resistencia mecánica, resistencia química y resistencia térmica adecuada.

Muchos tipos de depósitos y canalizaciones pueden presentarse en la industria, pero, en la mayor parte de los casos, se proyectarán contando con una capa aislante apropiada y un revestimiento con piezas cerámicas de formas especiales, que se adapten a las necesidades de

enlechadas y rejuntadas con pastas bituminosas. En los paramentos verticales es posible suprimir, a veces, las losetas.

Empleo.—En canalizaciones y depósitos sometidos a una reducida acción química, en con-

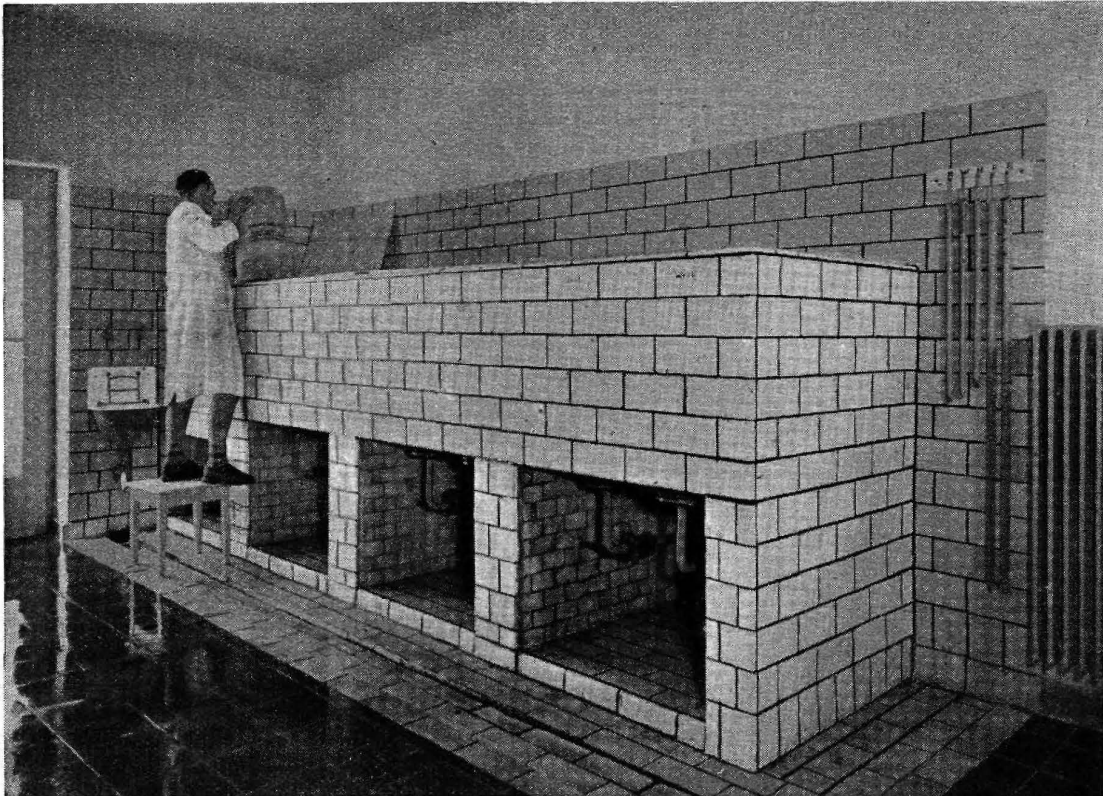


Fig. 9.—Protección de depósitos, paredes y suelos.

cada caso, enlechadas y rejuntadas con pastas adecuadas. Si se ha de trabajar en caliente, se emplearán dos o más capas de losetas para obtener la caída necesaria de temperatura y proteger la capa de aislante empleada.

Los tipos de canalizaciones y depósitos más frecuentes suelen ser los siguientes:

1.º—Protección con aislamiento bituminoso de 6 a 8 mm de espesor. Losetas incorroibles

ducciones por tuberías, ciertos tanques de sedimentación, etc.

2.º—Este revestimiento se diferencia del anterior por el rejuntado que, en este caso, se efectúa con resinas artificiales.

Empleo.—Está indicado para canalizaciones y depósitos que contengan líquidos fríos, y para una acción química más violenta que los anterio-

res, debiendo utilizar el tipo de resina que mejor se comporte contra la acción.

3.º—Protección con aislamiento bituminoso, enluchando y rejuntando las losetas incorroibles con pasta de vidrio soluble.

losetas incorroibles, de unos 20 mm de espesor, enluchadas con pasta bituminosa de reblandecimiento adecuado, seguida de una segunda hilada de losetas del mismo tipo, de espesor adecuado, pero recibidas y rejuntadas con mortero de silicato o resinas artificiales, según los casos.

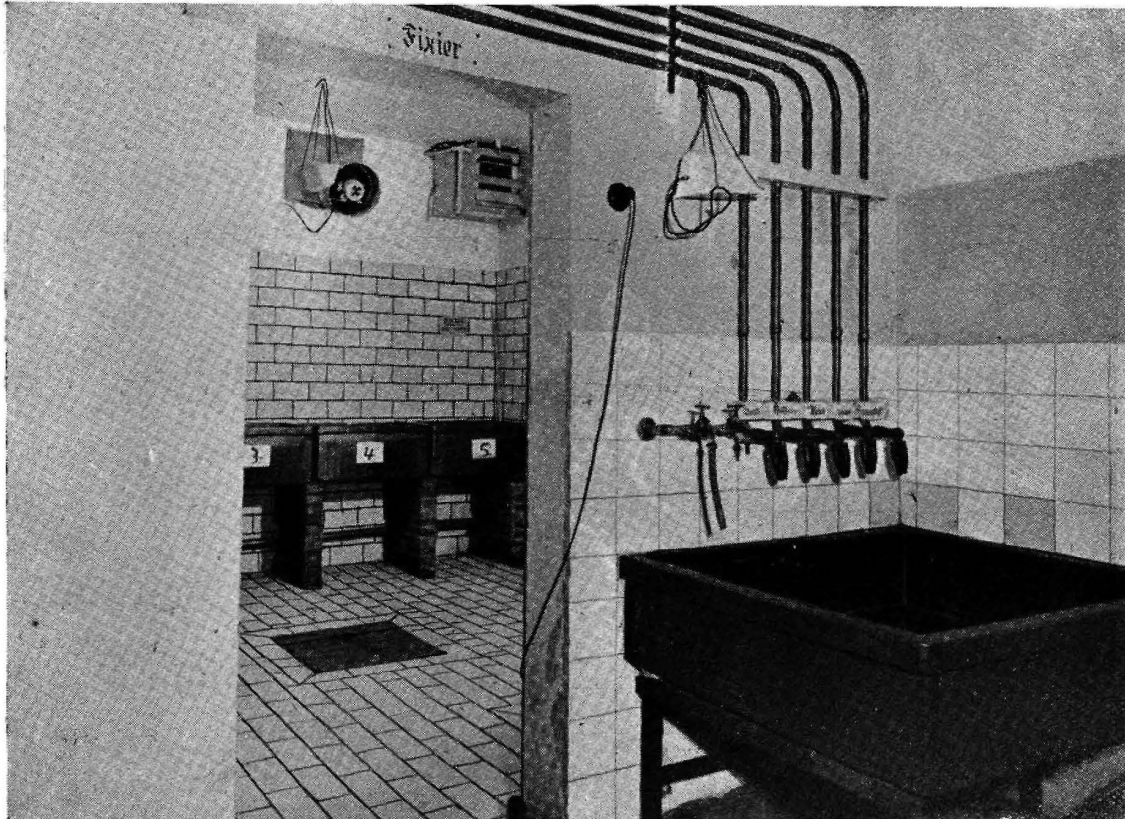


Fig. 10.—Pilas de gres con protección cerámica en paredes y suelos.

Empleo.—Este tipo de revestimiento, que antes de la última Gran Guerra se utilizaba mucho, en la actualidad se usa solamente en ciertos casos muy especiales de fosas y canalizaciones, debido a que las pastas de silicato suelen ser bastante porosas, poco estables y de muy mal comportamiento con el agua.

4.º—Este revestimiento lleva una capa bituminosa de aislamiento, una primer hilada de

Empleo.—Cuando sea necesario una doble seguridad o por razones de temperatura.

5.º—Protección elástica a base de polysobutileno o filtro de amianto resistente a los ácidos, colocado con pasta especial y una o dos hiladas de losetas incorroibles, enluchadas con mortero de silicato o resinas artificiales.

Empleo.—Para resistir al ácido sulfúrico caliente.

6.º—Protección con una capa de aislamiento bituminoso y losetas de gran espesor enlechadas con pasta bituminosa o especial, si los líquidos en contacto están calientes.

BANCADAS Y OBRAS AUXILIARES

Los revestimientos incorroibles de las bancadas de distintos depósitos y aparatos, se efectuarán de forma parecida a los de pavimentos y depósitos, si bien, en este caso, no podrán darse

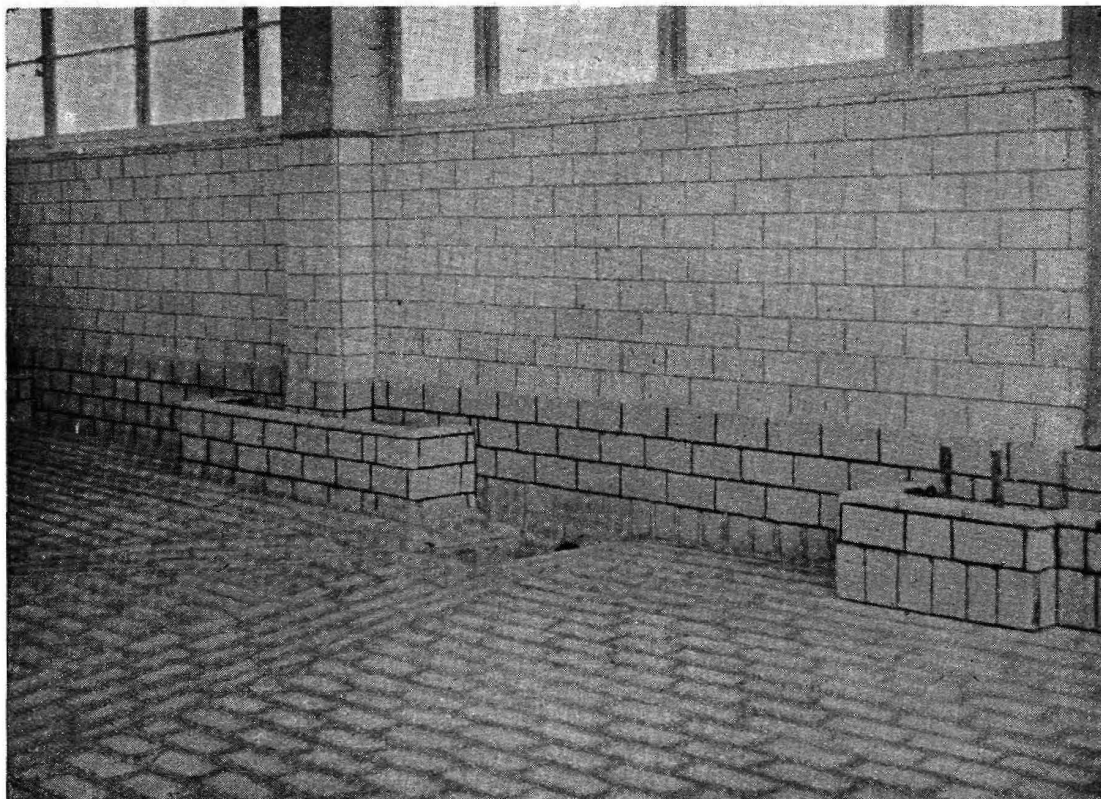


Fig. 11.—Protección antiácida de pared y suelo. Arqueta de recogida.

7.º—Depósitos móviles protegidos con pastas de resinas artificiales.

8.º—Depósitos móviles de hormigón armado, revestidos con losetas incorroibles de alguna de las formas ya indicadas.

Las cubetas planas se organizarán, en general, como los pavimentos y depósitos, disponiendo de piezas especiales en los bordes de las mismas.

normas generales, ya que cada uno de ellos será distinto.

A veces bastará una capa de aislamiento bituminoso, que podrá completarse o no, según los casos, con revestimientos de losetas o piezas especiales enlechados con una pasta adecuada.

En las partes cóncavas de las bancadas de depósitos, se dispondrá una doble protección. Si los depósitos se han de utilizar para almace-

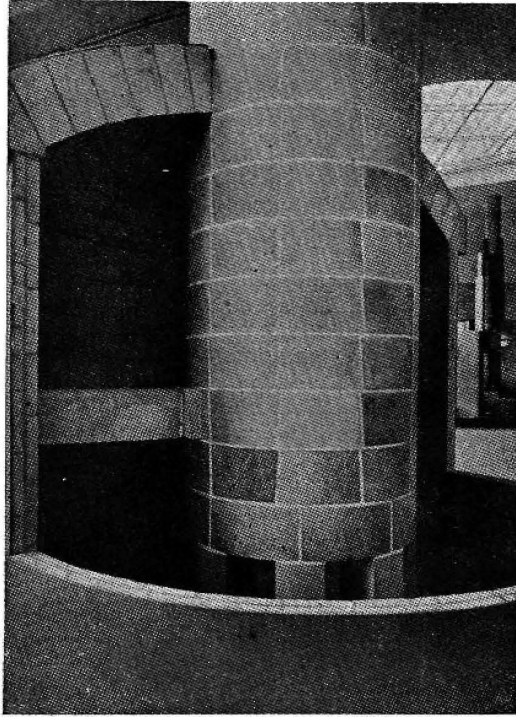


Fig. 12.—Revestimiento de una torre con tubo interior cerámico.

nar ácidos, esta protección podrá ser de pasta de silicato, de unos 15 mm de espesor, aplicada sobre la capa bituminosa de aislamiento.

En aquellos casos que se crea necesario, podrá organizarse toda la bancada con piezas especiales incorroibles, enlechadas con pastas de silicato u otra pasta adecuada a su uso.

PARAMENTOS VERTICALES, TECHOS Y OBRAS ESPECIALES

En general, los paramentos verticales y techos se protegerán mediante pinturas incorroibles adecuadas, de los tipos ya descritos.

Pero en algunos casos, será necesario efectuar los revestimientos empleados en los pavimentos.

Todas las partes metálicas de las obras se pintarán, igualmente, con pinturas incorroibles.

Respecto a las obras especiales sería prolijo detallarlas en este trabajo, dada la gran variedad de instalaciones industriales: chimeneas, torres de absorción, depósitos especiales, etc. Pero para proyectar su protección contra las acciones químicas, debe oirse a las casas especializadas de conocida garantía.

La información gráfica de este trabajo ha sido facilitada por la casa «Farbwerke Hoechst».