

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente.... Excmo. Sr. D. Eduardo López Navarro, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
Colaboradores..... D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
 Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

CALES Y CEMENTOS PAVIN DE LAFARGE

SUS PROPIEDADES, SUS VENTAJAS Y APLICACIONES

(Continuación).

Arena de ladrillo.—En este caso, no hay que vacilar en quemar la tierra hecha ladrillos para triturarla en seguida y hacerla arena. A un débil grado de cocción la arcilla es, como se sabe, una excelente materia puzolánica; la arcilla quemada y triturada constituirá una mezcla de arena procedente de las partes muy cocidas y de materias puzolánicas de las menos cocidas, una arena tal se asociará muy bien a la cal de Lafarge, y permitirá con frecuencia, ya sea una reducción de dosis, ó ya la economía de la sustitución de la cal al cemento.

Rendimiento de los morteros.—Se llama generalmente rendimiento de un mortero a la dosis de el volumen prácticamente obtenido por el empleo de 1 m.³ de arena así dosificado.

El rendimiento de un mortero varía con la calidad de la pasta y su dosis, pero varía más con la naturaleza de la arena y con las condiciones del empleo (mortero seco, húmedo, comprimido).

Con una arena mediana y 400 kg. de cemento, por ejemplo, se obtiene un volumen de 1,050 á 1,100 m.³, que un ligero prensado permita hacer entrar en un volumen de 0,970 á 0,980 m.³

Se está en la imposibilidad de fijar nada sobre este supuesto; sólo una experiencia probable, cuidadosamente hecha en las condiciones del empleo y sobre 1 ó 2 m.³ permitirá darse cuenta si hay aumento ó disminución. Esto es lo que deberá hacerse antes de emprender un trabajo importante.

En general, para un anteproyecto se cuenta un metro cúbico de arena por metro cúbico de mortero puesto en obra.

2.º—Hormigones.

Composición de los hormigones.—Se llama hormigón la mezcla de piedras partidas con un mortero de cal ó de cemento; las piedras partidas son generalmente de las dimensiones comprendidas entre 2 y 6 centímetros. Es muy difícil tener noticias exactas sobre las resistencias de los hormigones; las fracturas no pueden hacerse cómodamente sobre bloques un poco importantes, como los que se está obligado á hacer con materiales de este grosor. Parece, por otra parte, examinando las dosis adoptadas hasta aquí para los morteros de cal de Lafarge y destinados, por tanto, á trabajos del mismo grueso (defensas del mar), que no se ha fijado bien la composición más favorable que debe emplearse.

Dosis ya experimentadas.—En Marsella se admitía la proporción de 2 volúmenes de piedra para un mortero dosificado con 350 kg. de cal Lafarge.

En Cette, 4 volúmenes de piedra para 3 volúmenes de mortero dosificado, con 350 kg. de cal Lafarge ó 500 kg. de cemento también Lafarge.

En Tolon, 2 volúmenes de piedra para un volumen de mortero dosificado con 400 kg. de cal Lafarge.

En La Reunión se mezclaban 850 litros de piedras partidas, 368 litros de arena y 165,5 kg. de cal del Teil.

Experimentos de M. Férét.—Mr. Férét ha comprobado que las fór-

mulas encontradas por él en caso de los morteros, se aplicaban aún mucho mejor á los hormigones en miniatura, hechas con piedrecitas pasadas en el anillo de 20 mm., y retenidas por el de 10 mm. Parece evidente en todos los casos, que á compacidad igual los hormigones deben ser tanto más resistentes cuanto más pasta contienen, y que en riqueza igual sus resistencias deben crecer con su compactibilidad.

Como en el caso de los morteros, la compacidad de los hormigones frescos no cambia cuando se reemplaza una parte de la pasta por un volumen absolutamente igual de arena. Asimismo, cuando la arena no es demasiado gruesa, la compacidad del hormigón se resiente apenas con las débiles variaciones de las dosis de los morteros, á condición bien entendida que el volumen de éstos, asociado á una misma cantidad de piedrecitas, queda lo mismo.

Elección de materiales.—El hormigón más compacto se obtiene con una pasta fina, una arena de granos uniformes, cuya separación deberá ser muy grande á la vez con la pasta y con los chinarrros, y los chinarrros tan gruesos como sea posible.

De los experimentos de M. Férét, resulta, en efecto:

1.º Que la compacidad del hormigón aumenta al mismo tiempo que el grosor de los más gruesos elementos del cascajo.

2.º Que varía en razón inversa del contenido de materia fina en el mortero.

3.º Que disminuye generalmente cuando se aumenta la proporción de mortero combinado con la misma cantidad de piedras.

Parece, pues, que hay interés en aumentar, tanto como sea posible, el grosor del cascajo, en disminuir el contenido de granos finos en el mortero, y en combinar el cascajo con las más pequeñas dosis de mortero correspondiente á un hormigón bien trabado, lo que nos conduce á recomendar:

Principios que deben tenerse presentes al fijar los elementos que han de emplearse para hacer un buen hormigón.—1.º El empleo de cascajo de dimensiones tan grande como lo permita el macizo que se quiere confeccionar. Es bien evidente que á grosor igual se deberá dar la preferencia al cascajo que contenga menos huecos.

2.º Un mortero de arena granada fuertemente dosificado.

3.º La más ligera cantidad de mortero posible con relación al volumen del cascajo.

Cascajo desechable.—Está demostrado que la naturaleza química ó mineralógica de los cascajos, no tiene más influencia sobre la resistencia de los hormigones, que la naturaleza química de la arena sobre la de los morteros; pero será preciso rechazar las piedras permeables ó heladizas y los materiales porosos, que exigen una cantidad de agua mayor que los otros, lo que acarrea una disminución en la compactibilidad.

Hormigones de escorias.—La dureza misma de los cascajos parece tener poca importancia, cuando la cantidad de mortero es suficiente para que los guijarros no tengan entre ellos más que pocos puntos de contacto; es esta propiedad la que permite elegir materiales ligeros (escorias varias y cok) para construir suelos ó muros de casas.

Fabricación de hormigones.—Cualquiera que sea la fabricación y el empleo de los hormigones exigen algunas precauciones esenciales que enumeraremos aquí.

Precauciones que deben tomarse.—Recomendaremos, por lo pronto, el lavado de los guijarros, que deben estar absolutamente exentos de tierra y de arena.

El mortero debe estar hecho, tanto como posible sea, mecánicamente.

te, después mezclado á los guijarros, ya sea con rastrillos, palas ó garfios, ya sea en cilindros giratorios.

Una manera de proceder que la experiencia ha demostrado muy superior, consiste en mezclar en socio, ya sea en cilindros de paletas, ya sea á mano, los guijarros, la arena y la pasta, después llevarlo todo debajo de una amasadera de muela giratoria que bata el hormigón. Estas amasaderas exigen una fuerza demasiado grande, pero su empleo en grandes trabajos (Canal de Jonage, depósitos de agua de Bron en Lyon) ha demostrado que producen un hormigón de calidad, desde luego, superior.

Hormigones aglomerados.—Debemos añadir, que frecuentemente, cuando se dispone de una mezcla de grava y de arena se confecciona el hormigón, simplemente añadiéndole á esta mezcla la pasta y el agua necesaria.

Se emplea generalmente en este caso 120 á 200 kg. de pasta por metro cúbico de grava y arena todo aglomerado.

Modo de emplear el hormigón.—Qualquiera que sea la naturaleza del trabajo, á ejecutar, una de las condiciones esenciales de las que depende la calidad del hormigón es la rapidez de su colocación en obra; importa, en efecto, que el fraguado del hormigón esté lo menos adelantado posible cuando se empieza una nueva capa, de manera que se establezca una ligazón completa entre las capas consecutivas de un mismo macizo; se debe evitar igualmente los largos trayectos en carretón y en vagonetas, durante los cuales la masa perderá su homogeneidad, los guijarros bajarían al fondo, y el cemento y el agua subirían á la superficie.

Cuando el trabajo se ejecuta al aire, se ha establecido un cajón de madera formando un molde tan impermeable como sea posible, que se levantará después del fraguado, dejando desnudas las paredes del monolito. La construcción de este molde es la operación más larga y más costosa del trabajo, porque importa darle y obtener con la forma exacta que se desea la solidez necesaria para resistir el empuje del hormigón y los sacudimientos resultantes del apisonado.

El hormigón se vacía en la excavación apisonándola por pequeños golpes repetidos con pisonos de 8 á 15 kg. En los ángulos se ataca por medio de varas. En principio, las capas son horizontales, ó no deben tener más de 20 ó 30 cm. de espesor.

Medio de igualar dos capas horizontales de hormigón de las que una ha fraguado.—Para igualar dos capas horizontales, se las termina por juntas oblicuas en escalera. Si en razón á las condiciones particulares de la obra hay necesidad de extender una capa encima de un hormigón ya fraguado, es esencial picar la capa precedente, humedecerla, y asimismo extender encima una pequeña capa de mortero graso ó mejor cubrirla (aun cuando se trate de un hormigón de cal) con cemento desleído en agua en consistencia cremosa. Este cemento sirve de ligadura entre las dos capas.

Modo de emplear el hormigón bajo el agua.—El vertido de los hormigones bajo el agua presenta dificultades particulares. Los materiales pueden separarse durante la caída por orden de densidad, no se pueden extender y apisonarles convenientemente. Finalmente, se forma por el contacto del agua y de la pasta una materia cremosa llamada lechada que perjudica considerablemente la trabazón de las capas sucesivas.

El estudio de los métodos empleados para verter el hormigón bajo el agua nos conduciría muy lejos; recordaremos solamente que se puede verter el hormigón en talud, introduciéndole en la excavación por medio de un tubo hasta que rebose en la superficie del agua, después comprimiendo de nuevo hormigón encima, de manera de empujarle en el interior del primero, lo que hace avanzar el talud sin cambiar la superficie mojada. Al reanudarse el trabajo se barre la superficie para sacar la lechada, y se opera en adelante sobre una nueva superficie de hormigón.

Para las profundidades mayores el hormigón se introduce en cajas cerradas que se bajan por medio de grúas. A su llegada al fondo se abren por un sistema especial que les permite vaciarse.

En fin, se emplea con frecuencia sacos llenos de hormigón que son colocados á mano por buzos ó echados por chalanas de doble fondo.

Rendimiento de los hormigones.—El rendimiento de los hormigones es aún más difícil de evaluar que el de los morteros, y, como para estos últimos, una experiencia práctica permite sólo determinarlo.

En la práctica y en un anteproyecto, según la cantidad y la dosis del mortero mezclado con piedra, se contará 0,900 m.³ á 1 m.³ de esta última por metro cúbico de hormigón puesto en obra.

Para una dosis de	{	2 volúmenes piedra.....	{	1 m. ³ de piedra.
		1 volumen mortero de 400 kilogramos pasta.....		0,500 arena.
				200 kg. pasta.

Para una dosis de	{	3 volúmenes piedra.....	{	0,900 m. ³ piedra.
		2 volúmenes mortero de 500 kg.....		0,600 arena.
				300 kg. pasta.

El Cuerpo de Ingenieros militares en Francia exige generalmente á sus contratistas que entre á lo menos por m.³ de hormigón puesto en obra..... { 0,900 m.³ piedra.
0,500 arena.
300 kg. pasta.

3.º—Obras de fábrica.

Parece que la ejecución de obras de fábrica son de práctica corriente para que vayamos á dar aquí muchas indicaciones útiles.

Desgraciadamente, las obras de fábrica, racional y concienzudamente ejecutadas, son aún muy raras para que pudiéramos pasar en silencio esta aplicación (que es sin duda la más importante) del empleo de las calces y cementos.

Obra de fábrica racional.—Se puede decir que una obra de fábrica es racionalmente concebida cuando todos los elementos son combinados de manera de darle la resistencia necesaria asegurando en todo una perfecta economía.

Sería ilógico, por ejemplo, juntar al mortero de cemento piedras en las que la resistencia fuera inferior á la del mortero escogido, y también lo sería perder el tiempo cuidando de llevar todos los cuidados en la confección de éste y olvidar las precauciones naturales para asegurar su adherencia á las piedras.

Elección de las pastas y de las dosis.—Si no nos corresponde recordar aquí las reglas que deben presidir en la elección de materiales y las precauciones á tomar para la confección misma de las obras de fábrica (1), debemos decir algunas palabras de la elección de pastas y de las dosis á emplear siguiendo la naturaleza de los trabajos á ejecutar.

Trabajos al aire y en agua dulce.—Hemos visto cuáles eran las resistencias del mortero de cal de Lafarge y hemos hecho notar con tal objeto que este producto daba una seguridad más que suficiente en la mayoría de los trabajos. Aconsejaremos, pues, su empleo en todos los trabajos aéreos ó en agua dulce, donde no deban temerse esfuerzos de extensión, ni deformaciones permanentes, ni una dilución muy considerable, donde un fraguado muy rápido no se haga necesario por las condiciones mismas del trabajo.

Dosis de cal.—Hemos visto que es igualmente difícil dar reglas, ni aun aproximadas, para las dosis á emplear porque la indicación de la cantidad de la pasta por metro cúbico de arena, es insuficiente para dar ninguna idea del valor de un mortero. Pero podemos citar las dosis que se emplean corrientemente.

A.—**Con la cal Lafarge.** 1.º Obras aéreas (casas, bóvedas y viaductos de pequeña luz): 200 á 250 kilogramos por metro cúbico de arena.

2.º Túneles, fundaciones en terreno húmedo, pilas y estribos, viaductos de gran altura: 250 á 300 kilogramos por metro cúbico de arena.

3.º Bóvedas importantes (2), presas, depósitos de agua de gran altura, sometidos á presiones importantes á veces difíciles de determinar y á filtraciones: 300 á 350 kilogramos para metro cúbico de arena.

Dosis reducidas con la cal Lafarge.—Llamamos particularmente la atención de los constructores sobre las dosis reducidas que permiten la cal de Lafarge para las obras aéreas. No hay en ello de nuestra parte la simple afirmación de la posibilidad de su empleo; las dosis reducidas, que muy pocos productos pueden soportar, han entrado aquí desde hace largo tiempo en la práctica de los constructores. Han recibido la consagración del tiempo.

Las dosis de 300 y 350 kilogramos han sido empleadas en las grandes presas; las de 250 y 275 kilogramos en numerosos trabajos importantes por su elevación. En la línea de Limoges á Moynac (3), por ejemplo, la cal Lafarge ha sido empleada, en dosis de 250 kilogramos, en las partes aéreas de numerosos puentes y viaductos.

El General Ferron (antiguo Ministro de la Guerra en Francia) ha obtenido asimismo morteros de grandísima cohesión (4) con una dosis de 210 kilogramos por metro cúbico durante la construcción del fuerte Remivemont que dirigió como coronel de Ingenieros.

(1) Indicaremos solamente de paso que el viejo precepto «mortero seco, materiales mojados», es frecuentemente olvidado aun por los contratistas más importantes.

(2) Véase la nota de la pág. sobre la razón teórica que hace limitar á 40 ó 50 metros de luz los arcos en que la cal puede emplearse.

(3) M. Sabourat, Ingeniero.

(4) Término de su certificado.

En fin, poseemos certificados de numerosos contratistas que en la construcción de casas de cuatro y cinco pisos han podido felicitarse de un completo éxito con las dosis de 200 y aun de 150 kg. de cal Lafarge por metro cúbico de arena.

Dosis de cemento.—En el caso que el uso del cemento se ha hecho necesario por un motivo cualquiera, en los trabajos aéreos ó en el agua dulce, las dosis más frecuentes empleadas han sido:

B.—Con el cemento Lafarge.—1.º En las pilas de puente, muros, pequeñas bóvedas, no teniendo que soportar más que efectos de compresión: 200 á 250 kg. por metro cúbico de arena.

2.º En las bóvedas de puentes de gran luz, para no tener en el des- cimbramiento más que deformaciones elásticas, y nada de deformaciones permanentes, y un ligero descenso de la clave: 350 á 400 kg. por metro cúbico de arena.

Trabajos en el mar.—En los trabajos en el mar es una causa particular de deterioración la acción química del sulfato de calcio y del sulfato de magnesio que contienen las aguas, la que conducen al Ingeniero á tener más escrupulosidad aún en la elección de la pasta á emplear.

Valor de la cal y del cemento Lafarge en el mar.—Y los fenómenos producidos son, por otra parte, todavía hoy, aun después de largas investigaciones y largos estudios de los sabios de todos los países, tan oscuros, que aquí más todavía que en todos los demás casos, es la experiencia adquirida la que debe tomarse por guía. Para estos trabajos, como para los otros, la cal de Lafarge ha hecho sus pruebas. Los constructores que han puesto su confianza en ella desde sesenta años, en Marsella, Tolon, Argel, Suez, Saigón, Veracruz, La Reunión, etc., y en casi todos los mares, no han tenido que arrepentirse, mientras que los ensayos intentados en Saint-Malo, Cherbourg, Focamp y en el Havre, demuestran que puede clasificarse desde luego á la cabeza de los productos hidráulicos para el empleo que consideramos, como para otros.

Es sin duda ninguna (y este es el solo punto que han esclarecido hasta hoy los experimentos de laboratorio), que á su composición únicamente silicea (1) la cal de Lafarge debe esta resistencia notable á la acción química del agua del mar.

De ello es fácil deducir que el cemento Lafarge tomará puesto para el empleo en el mar en medio de los mejores.

Y tanto es así, que M. Castanheira das Neves (2) no vacila en clasificarlo como uno de los mejores de los ensayados por él en agua salada.

Dosis en el mar.—Es natural que los morteros empleados en las obras sometidas á la acción del agua de mar, sean mejor dosificados que los empleados para las construcciones aéreas ó sumergidas en agua dulce.

Es importante, en efecto, que el mortero sea, no solamente resistente, sino impermeable. La parte exterior del mortero, endurecida en presencia del ácido carbónico de las aguas, es menos sensible á los efectos de la descomposición que las capas interiores, y es prudente impedir que el agua del mar penetre por infiltración hasta estas últimas.

Es preciso, pues, esforzarse para tener morteros grasos sin huecos, no dejando más que poca posibilidad á la acción del agua salada sobre las capas profundas, y, por consiguiente, aumentar las dosis, más aún proporcionalmente con el cemento, que sufre menos fácilmente la acción del ácido carbónico, que con la cal.

Los que se han empleado frecuentemente son los de 350 á 400 kg. de cal, y de 450 á 600 kg. de cemento por metro cúbico de arena (3).

4.º—Enlucidos.

Diversas clases de enlucidos.—Los enlucidos que se aplican en las construcciones son de dos clases:

Los unos son aéreos, y tienen por objeto, bien sea la preservación de las obras contra la humedad que pueda dimanar de las lluvias, bien sea su ornamentación.

Los otros son sumergidos, al menos por intervalos, y tienen por objeto impedir las filtraciones á través de las obras que recubren, como, por ejemplo, el colocado en el interior de un depósito.

Enlucidos aéreos.—Los enlucidos de la primera categoría pueden hacerse con mortero de cal ó con mortero de cemento.—No obstante el fraguado poco lento de la cal, se presta muy bien á esta aplicación.

Enlucidos con cal.—De los ensayos hechos en Marsella, bajo la dirección de M. Pascal, resulta, que los morteros de cales de Teil se han prestado perfectamente á la confección de molduras y cornisas. Para colocar en obra tal mortero, es preciso adoptar una dosificación que fluctúe entre 300 á 400 kg. de cal por metro cúbico de arena, y no emplearlo hasta pasadas cuatro ó cinco horas después de amasado. No habiendo empezado su fraguado, no ha sufrido ninguna alteración, más que simplemente una desecación que lo hace más plástico y de empleo más fácil.

Enlucidos con cemento.—*Dosis preferibles para los enlucidos.*—El cemento Lafarge se presta igualmente muy bien á estas clases de enlucidos. Como una dosificación muy grasa acarrearía con las variaciones de la temperatura una contracción que se traduciría por resquebrajaduras (1), es preciso tener cuidado para no emplear en los enlucidos aéreos más que dosis que no excedan de 300 á 350 kg. por metro cúbico de arena.

Inconveniente del alisado con llana.—Recomendamos igualmente de no alisar los enlucidos con la llana; la tensión superficial que produce esta manera de operar da por resultado casi inmediato la aparición de grietas, muy desagradables á la vista.

Enlucidos imitando mosaicos.—Con un gasto mayor, se pueden obtener muy buenos enlucidos usando arena uniformemente granada, dosificada fuertemente (7 á 800 kg. por metro cúbico de arena), si se tiene cuidado, desde que el enlucido ha fraguado (el día siguiente ó el subsiguiente de su aplicación) de limpiar la superficie con una brocha suave. Los granos de la arena quedan al descubierto y aparecen entonces en el exterior constituyendo un mosaico muy agradable á la vista.

Pintura protectora para los enlucidos.—Se ha buscado con frecuencia proteger los enlucidos exteriores por medio de pintura ó de estuco. El silicato de potasio, el fluosilicato de magnesio, y, sobre todo, la pintura llamada «Silorex» son ventajosamente empleados.

Enlucidos bajo el agua.—Los enlucidos destinados á asegurar la impermeabilidad son de cemento (2); las dosis deben ser elevadas; 800 á 1.200 kg. por metro cúbico de arena; la arena debe ser granada.

Naturaleza de la arena á emplear.—Los morteros de arena granada son mucho más difíciles de aplicar, pero, una vez terminados, son mucho más resistentes y más impermeables. Tanto como sea posible será preciso sumergirlos inmediatamente después de su fraguado; cuanto antes estén bajo el agua, mejores resultarán. También aconsejamos dejarlos hacer en las obras de las presas ó de los depósitos el fraguado completo y de no hacer los enlucidos más que en el momento de poner aquellas obras en agua.

Modo práctico de hacer adherir un enlucido á una obra vieja.—Esta manera de proceder puede traer un inconveniente, que es la dificultad de hacer adherir el enlucido á una obra seca, sobre todo si está consolidada. Se resuelve esta dificultad teniendo cuidado antes de la aplicación del enlucido, de humedecer ó impregnar la obra con una brocha de pelo largo, mojada en cemento disuelto, de consistencia cremosa, de manera que se forme una primera capa que tenga algunos milímetros de espesor. Tres ó cuatro horas de esta operación, cuando el cemento puro empiece á fraguar, se comenzará la aplicación del enlucido, que se adherirá perfectamente á la obra, gracias á la capa intermedia de cemento.

Enlucidos bajo intradós de bóvedas.—Esta manera de proceder se aplica muy particularmente en el caso en que se trate de endurecer el intradós de una bóveda.

Enlucidos con mortero rehecho.—Se da en varias obras el consejo de hacer los enlucidos de cemento con mortero rehecho, es decir, dejando el mortero empezar su fraguado y amasándole después con una pequeña cantidad de agua para darle una nueva plasticidad. Este método puede adoptarse para los enlucidos aéreos; pero debe estar absolutamente prohibido para los destinados á asegurar la impermeabilidad.

Enlucidos para protección de las filtraciones exteriores.—Los enlu-

(1) La presencia de la alúmina, aun en cantidades poco elevadas, acarrea casi siempre una deterioración rápida con el agua del mar.

(2) Ingeniero director del servicio de ensayos del Gobierno portugués.

(3) Muchos constructores han proclamado el empleo en paramento sobre 0,50 á 0,75 de espesor en obras, el mortero de Lafarge, y el empleo detrás de paramentos el mortero de cal Lafarge. Este procedimiento concilia la seguridad y la economía.

(1) De los experimentos hechos por M. Considère, resulta que el cemento puro expuesto al aire sufre una contracción que aumenta con el tiempo de exposición. Es esta contracción la que hace abrir los cimientos adheridos á una obra—la cual no se libra del peligro—del mismo modo que el esmalte de una porcelana, cuando la pasta y el esmalte no tienen el mismo coeficiente de dilatación. Los morteros se contraen tanto menos, cuanto son más áridos, lo que explica que los débilmente dosificados tienen mejor éxito en los enlucidos que los grasos.

(2) Al contrario de lo que pasa al aire, el cemento bajo el agua no tiene contracción alguna; se pueden, pues, hacer enlucidos ricos,

cidos sumergidos están, naturalmente, colocados entre el agua y la obra, y son, pues, aplicados á ella por la presión misma del agua.

En el caso en que deba preservarse ésta de filtraciones que vengan del lado opuesto (muro de sostenimiento por ejemplo), un revestido ordinario, cualquiera que sea, es insuficiente para asegurar la impermeabilidad, puesto que la presión del agua tiende á despegarlo de la obra. Es entonces prudente sumergir en el enlucido, al cual se da un espesor más grande que de costumbre (0,04 á 0,05 m.), una pequeña celosía de hierros redondos de pequeños diámetros ó una tela metálica de «metal estirado» (1).

El enlucido así constituido adquiere por si mismo una fuerza suficiente para resistir perfectamente los empujes que provengan de las filtraciones exteriores.

Resistencia de los enlucidos con cemento Lafarge á los agentes químicos aceite, estiércol, etc.—Notemos antes de terminar que el cemento Lafarge es en absoluto indescapible al contacto del aceite, y que puede también servir para hacer enlucidos en las cubas para aceite.

Igualmente lo es al contacto de los orines y de las aguas corrompidas, y puede servir, en particular, para el interior de los retretes, de los estercoleros y de las alcantarillas.

5.º—Aplicaciones diversas de las cales y cementos Lafarge.

1.º Enlosados.—Los enlosados tienen por objeto establecer un suelo sólido ó impermeable en los almacenes, paseos, muelles, andenes, cuadras, etc.

Se componen de un hormigón de cal ó de cemento de 0,10 á 0,20 m. que reposa sobre el suelo y cubierto de una capa ó enlucido de cemento fuertemente dosificado.

Las precauciones que hemos recomendado para la confección de los hormigones y de los enlucidos, son aplicables á la ejecución de los enlosados. El hormigón debe estar bien comprimido, la arena y la grava ser de primera calidad y el mortero empleado muy seco y bien apisonado.

Dosis más frecuentemente empleadas.—Las dosis y los espesores varían según la naturaleza de la arena y los usos á los cuales se destinan los enlosados.

Los más empleados son los siguientes:

Hormigón inferior.	0,10 á 0,20 cm. de espesor...	180 á 150 kg. cemento Lafarge, pudiéndose reemplazar por la misma cantidad de cal Lafarge.	Para 1 m. ³ grava de 0,005 á 0,020.
Chapa...	Enlosados interiores 2 cm. espesor.....	800 kg. cemento.....	Para 1 m. ³ de arena granada
	Enlosados exteriores 3 cm. espesor.....	800 á 1.000 kg. cemento..	
	Paso de carruajes 5 cm. espesor.....	900 á 1.100 kg. cemento..	

Empleado en el enlosado el cemento de Lafarge queda perfectamente inalterable á las intemperies y á los diversos agentes químicos. Puede ser empleado en las cuadras y en las fábricas de aceites.

Enlosados estriados imitando baldosas para cuadras.—La superficie de las chapas puede ser adornada por juntas hechas con hierros, simulando las baldosas, ó lo que es lo mismo, de estrias profundas, separando verdaderos pequeños ladrillos y permitiendo con ello en las cuadras el escurrimiento del estiércol, que así no queda bajo los pies de los caballos (2).

2.º Cemento comprimido, enlosados, enladrillados.—El mortero de cemento de Lafarge se emplea mucho en la confección de modelados diversos, ya sea por derrame, ó por compresión en un molde, teniendo el primer procedimiento, á causa del fraguado relativamente lento, el inconveniente de exigir un número muy considerable de moldes.

Para que tenga buen éxito esta fabricación, el mortero debe ser empleado muy seco, y aglomerado ó por golpes repetidos ó por una fuerte compresión.

Tubos, balastradas, piezas de ornamentación.—Se puede tener asimismo tubos ventajosamente empleados en canales y en toda clase de cañerías sin presión; objetos de ornamentación, tales como ladrillos,

baldosas simples ó modeladas, piedras artificiales, balastradas y, en fin, losas para paseos y almacenes y pavimentos de lujo.

Pavimentos de cemento comprimido.—La fabricación de pavimentos da lugar, tanto en España como en el extranjero, á una industria floreciente en la cual la superioridad de los productos de Lafarge es incontestablemente reconocida. Generalmente los pavimentos están constituidos por una capa de 2 á 4 cm. de mortero de cemento, cubiertos por otra de algunos milímetros de cemento ó mezclado íntimamente con una poca arena pura, para evitar toda contracción y destinada á dar más resistencia al deterioro y á permitir la ornamentación por medio de dibujos en colores ó de estrias.

Son aglomerados por medio de prensas hidráulicas de alta presión.

3.º Cemento armado.—Desde hace algunos años un nuevo empleo del cemento se ha introducido en la práctica de las construcciones.

Se ha debido reconocer, como un hecho hijo de la experiencia, que la introducción de hierros redondos ó perfilados de pequeñas dimensiones en el interior de un mortero de cemento bien dosificado (600 á 800 kilogramos de cemento por m.³ de arena) aumentaba considerablemente su resistencia (1) y que en ella no había ningún inconveniente teniendo el hierro y el mortero el mismo coeficiente de dilatación. Se ha podido desde entonces, y estas fueron las primeras aplicaciones del sistema, construir tubos que pueden resistir grandes presiones y alcantarillas de dimensiones bastante mayores que las que se construían antes. Estos objetos se colocan rápidamente, de manera de no interrumpir la circulación en las calles de mucho tránsito, gracias á sus ligeros espesores, y por consecuencia, á sus pesos reducidos.

Llevando más lejos las aplicaciones de este sistema, se ha podido llegar á construir suelos ó pisos de fuerte resistencia, así como casas enteras, ligeras y sólidas.

El empleo del cemento armado ofrece numerosas ventajas, tales como la incombustibilidad, la brevedad de ejecución y la economía.

Pero su teoría ha quedado un poco oscura hasta estos últimos tiempos, y su aplicación exige algunas precauciones en los detalles, en lo que no podemos entrar aquí.

6.º—Ventajas de las cales y cementos de Lafarge.

Después de haber estudiado rápidamente las diversas aplicaciones de los productos hidráulicos é indicado, como lo hemos hecho, las reglas á seguir en la fabricación y el empleo de los morteros, parece natural que digamos algunas palabras de la pasta misma; porque si la elección de la arena y la perfección de la mano de obra son precauciones importantes, no es menos cierto que éstas serían inútiles, si el producto hidráulico empleado fuese de segundo orden.

Ventaja económica del empleo de una buena cal hidráulica.—1.º Cal de Lafarge.—Esperamos demostrar en primer lugar, que la economía que se reportaría adoptando una cal de segunda calidad sería poco importante, y podría hasta ser ilusoria.

Superioridad económica de la cal hidráulica sobre la cal grasa.—Parece inútil comparar, desde luego, los resultados obtenidos en las construcciones aéreas con la cal hidráulica y la cal grasa. El fraguado rápido de la primera que permite levantar sin detenerse los muros de las casas más elevadas, y de reducir asimismo el espesor de éstos, sus cualidades hidráulicas, que ponen las habitaciones al abrigo de la humedad, han hecho desde hace largo tiempo abandonar completamente la última.

Superioridad económica de la cal de Lafarge sobre las cales hidráulicas ordinarias.—No queda, pues, al constructor, más que la elección entre las cales hidráulicas de calidades y precios diferentes.

Pues bien; si tomamos como ejemplo una casa compuesta de cuerpo bajo, y de tres pisos, ocupando una superficie de 200 m² y construida con morrillos, se puede admitir un cubo total de 700 á 800 m³, es decir, con una dosis normal, y el empleo de cerca de 100 kg. de cal hidráulica por metro cúbico de obra, un gasto de 70 á 80 t. de cal.

El total de la casa construida en buenas condiciones económicas no habrá llegado, terreno comprendido, á menos de 100 á 120 francos por metro cuadrado y por piso, ó sea un total de 80.000 á 100.000 francos: la economía que resultará de la admisión en los trabajos de una cal hidráulica que cueste á pie de obra y por tonelada 5 francos, por ejemplo, más barata que la cal Lafarge, afectará apenas 0,4 por 100 al total gasto, ó sean 350 á 400 francos á la construcción entera. Tendríamos, pues, el derecho de decir que la economía es de poca importancia.

(Se continuará.)

(1) Sociedad «Metal estirado».—35 boulevard Hanasmusn, París.

(2) El cemento de Lafarge se adhiere perfectamente á la tela. Es el solo empleado por las «Forges et Chantiers de la Méditerranée á la Seyne» para la cimentación de los buques.

(1) De los experimentos de M. Considère, resulta que un mortero de cemento que no soportaba sin romperse más que un alargamiento de 0,1 mm. por metro, podía, si estaba armado de hierros redondos, soportar sin dividirse, un alargamiento de 2 mm. por metro, ó sea veinte veces más grande.