

666.8/9 = 60

615 - 37

aglomerantes económicos

conferencia pronunciada en el XI coloquio público
del I.T.C.C. el 18 de marzo de 1959 por

F. ARREDONDO
Ingeniero de Caminos

Corre de boca en boca una frase, fruto del ingenio popular que dice así: la vida buena es cara; hay otra más barata, pero casi no puede llamarse vida.

No cabe duda de que esta frase es caricaturesca, pero encierra un fondo de realidad. Y comienzo con ella esta charla para significar que, si bien hay aglomerantes más económicos que el cemento, también es verdad que son peores que éste.

Al hablar de aglomerantes económicos no se trata de competidores del aglomerante por antonomasia, del cemento portland; se trata de aglomerantes que pueden sustituir al cemento en momentos de escasez de éste y cuando no se requieran resistencias elevadas.

Me permito suponer que alguno de vosotros haya venido aquí con el deliberado propósito de saber cual puede ser el ahorro que produce el uso de estos aglomerantes económicos respecto al cemento; cuánto menos puede costar el kg/cm². Si es así, vuestro deseo es legítimo porque, evidentemente, la industria de la construcción y, por tanto, la economía nacional, pueden verse beneficiadas por tal ahorro.

Lamento profundamente defraudaros, pues después de venir hasta aquí, yo no os podré contestar, porque yo también lo ignoro.

Hemos realizado ensayos en nuestra planta piloto, única en Europa, en la que se reproducen todos, absolutamente todos, los fenómenos y procesos de una fabricación industrial, excepto el factor económico, que, por tratarse de una planta piloto, ya comprenderéis que se sale de toda es-

cala. No obstante algunas comparaciones hemos podido hacer, y si no puedo daros una diferencia, en pesetas, espero que podáis sacar de mis palabras alguna orientación.

Me voy a referir a dos tipos de aglomerantes que hemos estudiado en la División de Materiales de este Instituto: los aglomerantes a base de arcillas activadas y los aglomerantes de anhidrita.

Desde la antigüedad se conoce el empleo de las puzolanas para la fabricación de aglomerantes.

Al hablar de puzolanas nos referimos a materiales de tipo silíceo que, finamente molidos y amasados con cal, presentan características hidráulicas.

Amplio ha sido el uso de este tipo de aglomerantes desde muy antiguo hasta la obtención de las primeras cales hidráulicas el siglo pasado.

Pero hay veces en que no se dispone con facilidad de puzolanas naturales y, entonces, hay que fabricarlas, hay que producir puzolanas artificiales que puedan sustituir a las naturales.

El material que tenemos, en general, más a mano y en mayor cantidad, y, por consiguiente, el más económico, es la arcilla.

La arcilla en su estado natural no tiene propiedades puzolánicas, pero podemos hacer que las tenga mediante una activación durante un determinado tiempo a una temperatura dada, variables éstas que cambiarán para cada arcilla.

Pero antes de comenzar el estudio tecnológico de estos aglomerantes a base de

arcillas activadas-cal es preciso activar la arcilla y, previamente, surgen varios problemas:

- 1.º) ¿Todas las arcillas son aptas para la activación?
- 2.º) ¿Cómo sabemos cuáles son más aptas?
- 3.º) ¿Cuáles son las condiciones óptimas de activación?

Todos estos problemas han sido detenidamente estudiados por el Dr. López Ruiz y a sus conclusiones me remito.

López Ruiz ha trabajado sobre arcillas caoliníticas e ílticas, y comprobó que ambas son adecuadas, si bien ha encontrado mayor actividad en las caoliníticas.

La activación consiste en una calcinación que destruye los minerales arcillosos por eliminación del agua reticular; se forma entonces una masa, probablemente amorfa, que parece estar integrada por sílice y alúmina libres cuyas características de actividad son la base del proceso.

No cabe duda de que en la obtención de estas arcillas activadas lo que interesa es lograr la mayor cantidad posible de sílice y alúmina activas.

Según varios investigadores, al romperse la red cristalina por la eliminación del agua reticular o de cristalización quedan en libertad sílice y alúmina activas, en tanto mayor cantidad para cada tipo de arcilla cuanto mayor sea la cantidad de agua reticular.

Por tanto puede admitirse, en principio, que una arcilla de determinado tipo será tanto más adecuada para la activación cuanto más agua reticular posea.

Ya esto es un dato para opinar sobre la aptitud comparativa de arcillas para la activación. Llamo características óptimas de activación a aquellas que producen un material que, reducido a polvo mezclado con cal y manipulado en la forma usual de los aglomerantes, nos dé las mayores resistencias.

No cabe duda que este sistema de activar la arcilla a distintas temperaturas durante diversos tiempos, fabricar probetas y esperar 28 días es enojoso.

El investigador antes citado propone la determinación del calor de disolución de la

arcilla activada en una mezcla de ácido nítrico y ácido fluorhídrico.

Se basa este método en la suposición de que dicho calor será tanto mayor cuanto más elevada haya sido la deshidratación y, por tanto, cuanto mayor sea la proporción y actividad de la sílice y alúmina libres en presencia.

El método es rápido —una hora aproximadamente— y su eficacia se ha comprobado experimentalmente.

Independientemente de esto, el factor económico tiene también su participación en las condiciones óptimas en escala industrial ya que, según el horno que se posea, puede ser interesante modificar ligeramente las condiciones óptimas teóricas para aumentar la rentabilidad del negocio sin perjudicar sensiblemente las características técnicas del producto.

Una vez en posesión de todos estos datos ya podemos activar arcillas.

El proceso industrial será tanto más adecuado cuanto más se acerque a las condiciones óptimas de activación encontradas en los ensayos de laboratorios. En él, pues, se deben controlar, dentro de las tolerancias más estrechas posibles, las variables de tiempo y temperatura que intervienen en la activación. Estas tolerancias las fijarán, en todo caso, las características del procedimiento que se ha de seguir —regularidad de la marcha térmica y mecánica del horno, homogeneidad en el calentamiento del material evitando puntos en los que exista una concentración de calor a los que éste llegue en defecto, etc.— o vendrán determinadas por las condiciones económicas.

Las variables a considerar serán, por consiguiente, tiempo, temperatura y calor requerido. El calor vendrá definido por la naturaleza de la arcilla y no estará en nuestras manos el modificarlo. Con el tiempo y la temperatura de activación, sí podemos jugar a nuestro antojo, dentro de ciertos límites, y podremos entonces definir dos tipos de procesos de activación: un proceso empleando temperaturas de unos 800°C con tiempos de activación de hora u hora y media y otro proceso con temperatura de activación del orden de los 1.000°C y tiempos de activación de 10 minutos o un cuarto de hora. En ambos, se logran condiciones óptimas del material activado.

La elección de uno u otro proceso no puede decidirse a primera vista, porque las ventajas de cada uno de ellos son considerables y solamente un estudio detallado puede darnos alguna luz para resolver el problema.

Estos 200°C de diferencia que hemos señalado hacen variar las propiedades de los materiales de que está constituido el horno, exigiendo que en el de temperatura más alta los materiales sean más selectos y cuidados, de aleaciones especiales los metálicos, y habrá de contarse siempre con una vida menor de las instalaciones por muy buen entretenimiento que tengan. La probable adopción de sistemas de refrigeración para los elementos móviles, puede complicar y encarecer considerablemente las instalaciones. No cabe duda que las pérdidas calóricas, para la misma superficie de horno, serán mayores. No existen en este caso problemas térmicos, ya que estas temperaturas pueden alcanzarse fácilmente.

El control de tiempo debe ser rígido en el proceso rápido y solamente existe un mínimo de permanencia en el proceso lento. Si adoptamos el primero tenemos que desechár un buen número de tipos de hornos en los que es prácticamente imposible precisar velocidades del material en ellos y, por tanto, no se puede asegurar que una partícula permanezca bajo los efectos del calor un tiempo determinado, que admite nada más que unas tolerancias muy estrechas. Por otra parte, un tiempo de cocción corto trae consigo, para una misma producción, menores dimensiones del horno, con el consiguiente ahorro de superficie de radiación, cosa que puede influir de manera sensible en el balance térmico.

Las razones expuestas en líneas generales aconsejan hacer un estudio más detallado de los dos procedimientos siendo, probablemente, la parte económica la que decida en fin de cuentas el procedimiento que se ha de emplear, puesto que las condiciones técnicas de los dos procesos son igualmente aceptables.

Cualquiera que sea el procedimiento que empleemos, sin lugar a dudas podemos y debemos aprovechar las ventajas que ofrece la recuperación de calor por precalentamiento de la arcilla, aunque con ciertas precauciones. No debe olvidarse que el

proceso de activación consiste en romper la malla cristalina de la arcilla por medio del calor y congelar este estado. Si en el tratamiento sobrepasamos el tiempo o la temperatura se puede originar una cristalización con la correspondiente pérdida de actividad.

Dada la constitución de los materiales que estudiamos, el contacto de ellos con los productos de la combustión no es perjudicial en ningún caso, como hemos comprobado en las cocciones que hemos efectuado. Esto nos permite hacer pasar, sin temores de ninguna especie, los gases de salida del horno por el material para su precalentamiento.

Hay que disponer el proceso de forma que la arcilla activada se enfríe bruscamente, por lo menos hasta la temperatura de 100 ó 150°C. Que haya necesidad o no de un enfriador dependerá de la producción.

Para el proceso rápido, probablemente el horno más conveniente es el horno túnel con bandejas deslizantes sobre rodillos. Para el proceso lento, seguramente se obtendrán mejores resultados con un horno rotatorio.

Hemos activado varias arcillas en el horno de nuestra planta piloto. Dicho horno tiene 12 m de longitud y zona de clinkerización ensanchada. Como combustible, en estos casos, utilizamos gas-oil, y la temperatura alcanzada en la arcilla que dió mejores resultados fué de 900°C.

Gracias a la posibilidad de variación de la inclinación y velocidad de giro del horno, pudimos conseguir que el material estuviese a la temperatura máxima durante media hora nada más.

La alimentación del horno se hacía con arcilla en grano, del tamaño de nuez para abajo.

El enfriamiento era rápido para «congelar» la estructura producida durante el proceso de calcinación.

Después de activada la arcilla, se tritura conjuntamente con cal viva en terrones y, luego, se mezcla con agua y con agua y áridos para formar pasta pura o morteros.

Ambas cosas hemos ensayado, pasta pura y morteros.

La pasta pura constaba de tres partes de arcilla y una parte de cal en peso.

Para los morteros hemos ensayado áridos silíceos, calizos y de yeso crudo. Las proporciones han sido, para cada tipo de árido, 3:1, 1:1 y 1:3. El aglomerante para los morteros tenía la misma composición que la que hemos indicado para la pasta pura.

Para nuestros ensayos hemos utilizado el aglomerante con dos tipos de finura: la que hemos llamado gruesa, con residuo de un 28 % sobre tamiz de 4.900 mallas, y la que denominamos fina, con residuo del 4 % sobre el mismo tamiz.

Tanto para un tipo de finura como para el otro, hemos conservado las probetas por dos procedimientos: al aire en el ambiente del laboratorio y en agua.

Para los ensayos de compresión hemos empleado probetas cúbicas de 7 x 7 x 7 cm, y para los de tracción utilizamos los ochos normales.

Es de todos conocido el hecho de que las resistencias de los aglomerantes de tipo puzolánico son adquiridas por éstos lentamente. Es, pues, interesante utilizar adiciones que aceleren estas resistencias. Entonces, para cada tipo de finura y de conservación, hemos roto probetas sin ninguna adición y con las tres adiciones siguientes: 5 % de yeso crudo, 10 % de cemento y 10 % de cemento + 3 % de cloruro cálcico. Estos tantos por ciento están tomados sobre el total de arcilla activada + cal.

En fin, hemos roto 160 series de probetas a tracción y otras tantas a compresión, y como cada serie era de 12 probetas hemos reunido un arsenal de datos (de casi 4.000 roturas). Pero no tengáis miedo, os libero del suplicio de dáros a conocer todos los resultados. Sólo os diré que en compresión la cifra más alta obtenida corresponde a la media de la serie de aglomerante fino, conservada al aire con 10 % de cemento + 3 % de Cl_2Ca como acelerante, en mortero 3:1 con árido de yeso crudo. Esta cifra es 171,93 kg/cm².

Todas las roturas se hicieron a 28 días.

Detalladamente examinados los resultados, con el correspondiente espíritu crítico, pueden deducirse las cinco conclusiones siguientes:

1.ª) En tracción, lo mismo en pasta pura que en morteros, las probetas

conservadas en agua dan más resistencia que las conservadas al aire, excepto para los morteros de yeso crudo.

- 2.ª) En compresión y con árido de yeso crudo ocurre lo contrario. En pasta pura y en morteros con árido silíceo y calizo no hay diferencias apreciables.
- 3.ª) En general, los morteros con árido silíceo dan las mayores resistencias; después los de árido calizo y luego los morteros con árido de yeso crudo.
- 4.ª) En pasta pura y en morteros con áridos silíceos dan más resistencias las probetas fabricadas con aglomerantes finos. En los demás casos no hay gran diferencia.
- 5.ª) En morteros con árido calizo y de yeso crudo se nota el efecto de los acelerantes. En morteros de árido silíceo casi no se nota nada. En pasta pura se nota algo en compresión y poco en tracción.

Es evidente que este aglomerante no sustituye al cemento cuando se requieran resistencias elevadas; pero sí sirve como aglomerante para albañilería y, desde luego, es más económico.

En la activación de arcillas llevada a cabo en nuestra planta piloto se consumieron 37 litros/hora de gas-oil, en tanto que, en el mismo horno, el consumo normal de combustible para la producción de cemento es del orden de 70 litros/hora.

Aunque no tenga datos concretos de molienda, puedo afirmar que, para llegar a las mismas finuras, se tardaba menos tiempo al moler este aglomerante que el clinker.

En cuanto a morteros para albañilería, todavía hemos hecho otro ensayo.

Hace años llevamos a cabo unos ensayos de muros de ladrillo para estudiar la influencia en la resistencia de los distintos aparejos, del espesor de la llaga, de la dosificación del mortero de las juntas, etc.

Utilizamos, en este caso, unos morteros de cemento que, a 28 días, dieron resistencias a compresión de 116, 87, 59 y 44 kg/cm².

Evidentemente estas resistencias se alcanzan con los morteros de arcillas activadas-cal. Pero el ensayo a que me acabo de referir ha consistido en estudiar qué adición de cemento, a manera de acelerante habría que hacer para que en un mortero 1:3 se alcanzaran estas mismas resistencias.

Pues bien, con árido silíceo hemos llegado a la conclusión de que las adiciones de cemento para llegar a los 116, 87, 59 y 44 kg/m³ son, respectivamente, del 35, 22, 15 y 10. Es decir, para preparar 100 kg de mortero en seco, en uno y otro caso se necesitan los materiales que se indican en el siguiente cuadro:

Tipo de aglomerantes	Componentes	Resistencia a la compresión			
		116 kg/m ³	87 kg/m ³	59 kg/m ³	44 kg/m ³
Cemento	Cemento	16,7	13,5	10,8	8,1
	Arena	83,3	86,5	89,2	91,9
Arcillas activadas	Arcilla	13,9	15,0	16,25	17,00
	Cal	4,6	5,0	5,50	5,70
	Cemento	6,5	5,0	3,25	2,30
	Arena	75,0	75,0	75,00	75,00

* * *

El sistema sulfato cálcico-agua es complejo.

Para empezar tenemos tres compuestos distintos: el sulfato cálcico dihidrato, el sulfato cálcico hemihidrato y el sulfato cálcico anhidro. Pero aun dentro de estos compuestos existen diversas formas.

Nos vamos a referir ahora solamente al sulfato cálcico anhidro o anhidrita.

La anhidrita presenta dos formas diferentes: la soluble y la insoluble.

La soluble es francamente inestable, y esta es la causa de que no exista en la naturaleza. Se hidrata rápidamente, incluso en presencia de la humedad atmosférica pasando a hemihidrato.

Puede obtenerse por calcinación a unos 200-250°C del dihidrato, pero las precauciones que exige manipulación para evitar su hidratación la hacen inadecuada para usos industriales.

La anhidrita insoluble, sí puede utilizarse como aglomerante y en ella hemos centrado los ensayos de que vamos a dar cuenta.

La anhidrita insoluble se encuentra en la naturaleza. Según información facilitada por el Instituto Geológico y Minero sólo

hay en España una cantera en explotación, pero dicho mineral puede encontrarse en más parajes.

Independientemente de esto, nosotros la hemos producido aquí, en el Instituto, por calcinación del dihidrato a 600-700°C.

Esta anhidrita al hidratarse se convierte en dihidrato y fragua, pero la velocidad de este proceso es lentísima (fácilmente tarda días en fraguar).

Ya se comprende que en estas condiciones sirve para poco.

Para poderla utilizar en la industria de la construcción es necesario añadirle un catalizador de la reacción, un acelerante que le permita fraguar y adquirir resistencias en plazos análogos a los de los demás aglomerantes.

No había, por consiguiente, más remedio que ensayar distintos acelerantes, pero para eso lo primero con que había que contar era con anhidrita.

En tanto localizábamos la cantera en explotación, la pedíamos, nos la enviaban, llegaba, etc., nos hicimos nuestra propia anhidrita partiendo de una piedra de yeso de buena calidad.

La cocción se realizó en el horno de nuestra planta piloto, a 600-700°C como queda dicho, y con un consumo de unos 22-23 litros/hora de gas-oil.

La anhidrita resultante era muy buena y nos pusimos a actuar.

Empleamos como acelerantes mezclas, en distintas proporciones de bisulfato sódico y sulfato potásico, de sulfato potásico y sulfato de zinc, de bisulfato sódico y sulfato de zinc, cal, sosa, cemento portland, alumbre y no sé si alguno más.

Los mejores resultados los obtuvimos con mezclas de 0,5 % de bisulfato sódico y 0,5 % de sulfato potásico o con 3 % de cemento portland.

Proseguimos los ensayos con este acelerante, con 3 % de cemento portland, en peso, sobre la anhidrita, y utilizamos este acelerante por considerar que es mucho más fácil de usar por poder hacer la mezcla en fábrica y no en obra. Los otros productos los añadíamos al agua de amasado, y ya se sabe la repugnancia que se siente en obra a las misteriosas adiciones de «la química» a una amasadora.

Ensayamos pastas puras y morteros. Todos en probetas prismáticas de 4 x 4 x 16 cm. Estas probetas se conservaron en el ambiente del laboratorio para los morteros. Para la pasta pura se siguieron cuatro tipos de conservación:

- Al aire, en el laboratorio.
- En agua.
- En aire húmedo, y
- En aire del laboratorio y en agua durante tres horas antes de la rotura.

Para los morteros se utilizaron cuatro tipos de áridos, a saber:

- Arena de río.
- Arena caliza.
- Arena de yeso crudo.
- Arena de anhidrita artificial.

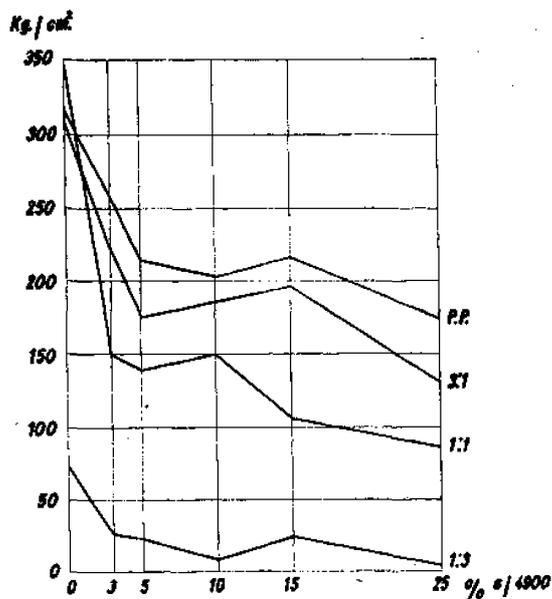
Los resultados podéis verlos en los gráficos que se adjuntan, en los cuales se puede comprobar que las resistencias obtenidas son interesantes.

La zona blanca corresponde a roturas a 3 días y la zona rayada a 28 días.

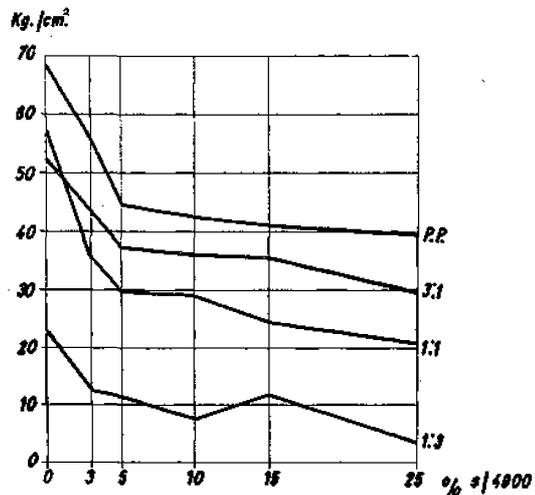
Cuando ya conseguimos la anhidrita natural hicimos otros tanteos antes de empezar los ensayos, y observamos que la adición de cemento portland no era tan eficaz como en el caso de la anhidrita artificial.

Ante esto efectuamos los ensayos con

COMPRESIÓN



TRACCIÓN



dos acelerantes: con el 4 % de cemento y con el 0,5 % de bisulfato sódico + el 0,5 % de sulfato de zinc.

Los resultados son más alentadores todavía, pues conseguimos resistencias aún mayores, llegando a 440 kg/cm² en un mortero 3:1 con árido de anhidrita. Como los resultados son muchos, puesto que se hizo el ensayo a 3 y 28 días, con áridos silíceos, calizos y de anhidrita y con tres morteros, nos llevaría mucho rato su exposición.

Pero en fin, creo que esto es prometedor. Posteriormente hemos realizado ensayos para determinar la influencia de la finura de molido en las diversas características de los aglomerantes obtenidos.

En la velocidad de fraguado, la finura casi no tiene influencia.

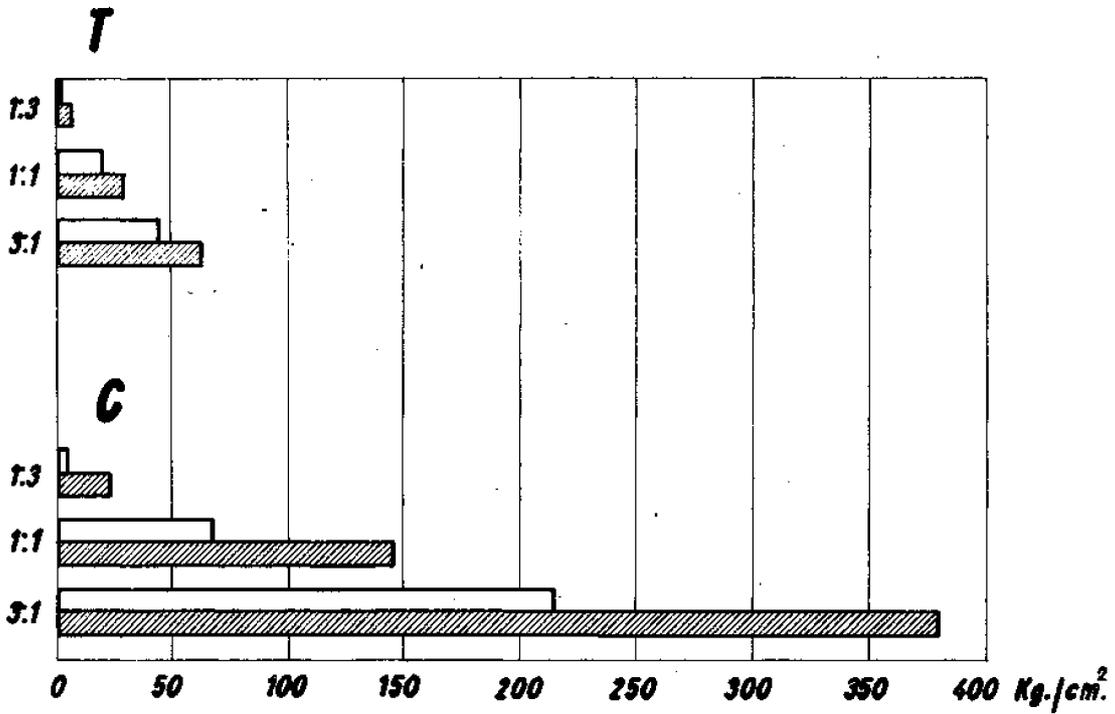
En la consistencia normal en la pasta tiene influencia y la influencia que tiene es la que se podía esperar: cuanto mayor es la finura, más agua se necesita para la pasta normal.

En las resistencias mecánicas, también tiene su influencia.

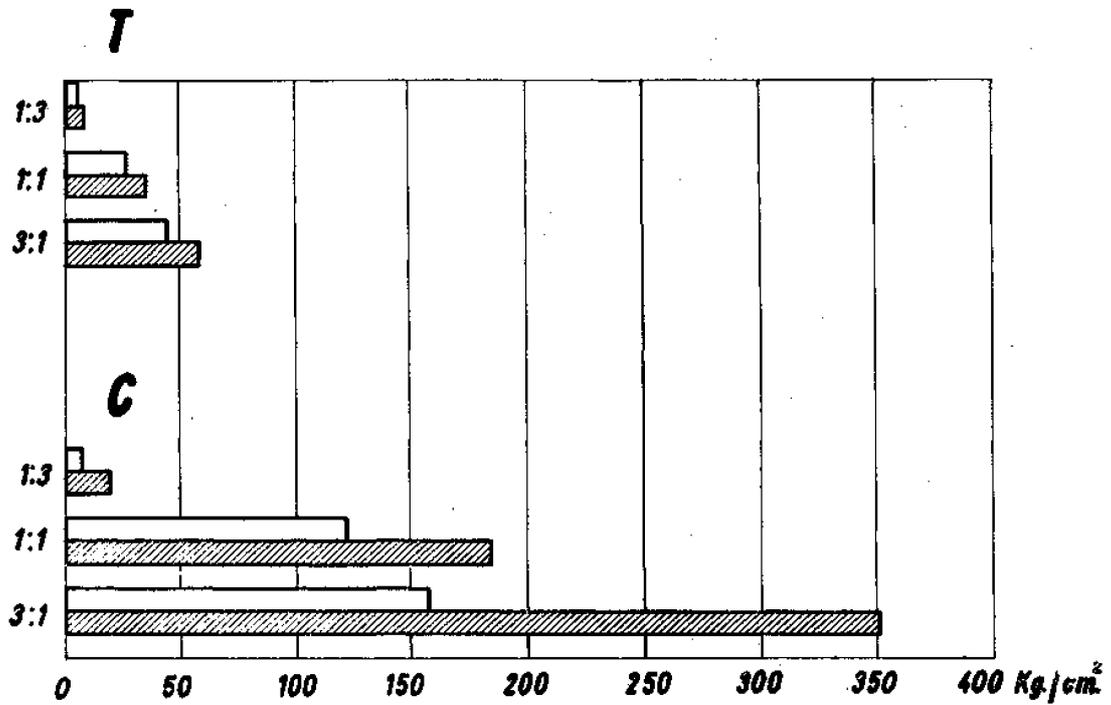
Hemos realizado los ensayos con pasta pura y diversos tipos de mortero. El árido ha sido silíceo, la consistencia normal y la conservación en aire.

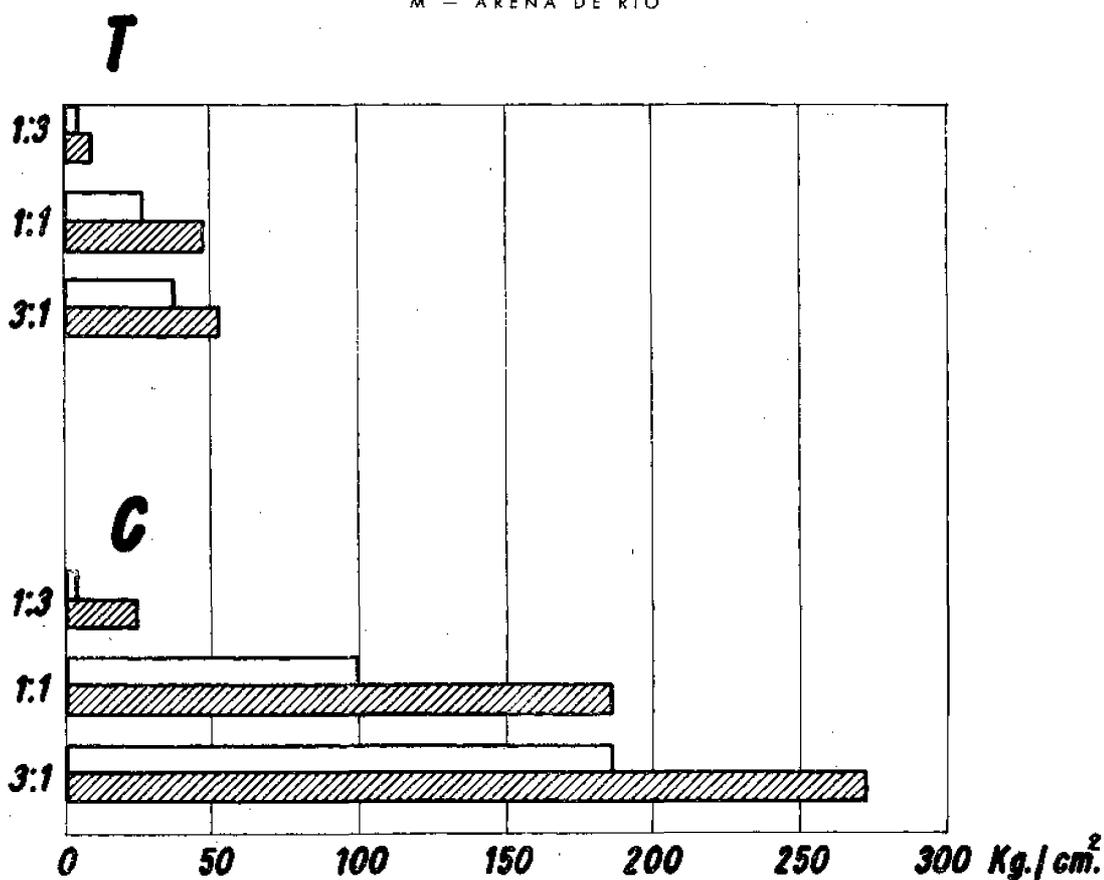
Los resultados para las distintas finuras pueden verse en los gráficos que a continuación se incluyen.

M — ARENA CALIZA



M — ARENA DE YESO CRUDO





Parece que la finura tampoco tiene repercusión en los cambios dimensionales debidos al fraguado que, en este caso, como en el caso del yeso, son de expansión.

Me temo que os alarme esto de llegar hasta finuras del 0 % de residuo sobre 4.900 mallas.

Creo que no hay motivo. Hemos realizado una comparación de molienda de la anhidrita y el clínker de portland en un molino de bolas de laboratorio.

Estos ensayos han sido llevados a cabo por mi colaborador Sr. Soría, quien, con su amplia experiencia en ese tipo de ensayos, ha llegado a los siguientes resultados:

Pasar del residuo del 50 % al residuo del 15 % cuesta en anhidrita el 66 % del tiempo que en el clínker y, por tanto, el 66 % de kWh y de pesetas.

Pasar del residuo del 50 % al del 10 %, lo mismo.

Pasar del residuo del 50 % al del 5 %, lo mismo.

Pasar del residuo del 50 % al del 0 %, cuesta en anhidrita el 92 % de tiempo que en clínker.

Esto demuestra que la molienda de la anhidrita es más barata que la del clínker; mucho más barata hasta llegar al 5 % de residuo y poco más barata cuando se trata de llegar al 0 %. Es decir, bajar del 5 % de residuo al 0 % es caro. Es posible que lo más económico sea moler hasta el residuo del 5 % nada más. Pero dadas las características del material, con lo que se conseguiría un buen rendimiento es con la utilización de un molino ventilado o con una molienda en circuito cerrado.

Por otra parte, el desgaste de bolas medido ha sido del orden del 50 % del que se produce moliendo clínker.

Fijaos además, en que esta comparación se ha realizado entre la molienda de la anhidrita y la del clínker. Pero para llegar al clínker es necesario realizar una cocción de un crudo que previamente ha sido molido también. En la anhidrita natural no se hace esta molienda del crudo ni la cocción. Ya comprenderéis que la Tm de anhidrita tiene forzosamente que ser mucho más barata que la tonelada de cemento.

Posteriormente se han realizado otros ensayos con vistas a la utilización de este material para elementos prefabricados.

Para ello hemos fabricado probetas con mortero 1 : 1 de anhidrita y arena silíceas; con 25 % de residuo sobre 4.900 mallas y con 10 % de agua. Esto da una mezcla con consistencia de tierra húmeda que se ha

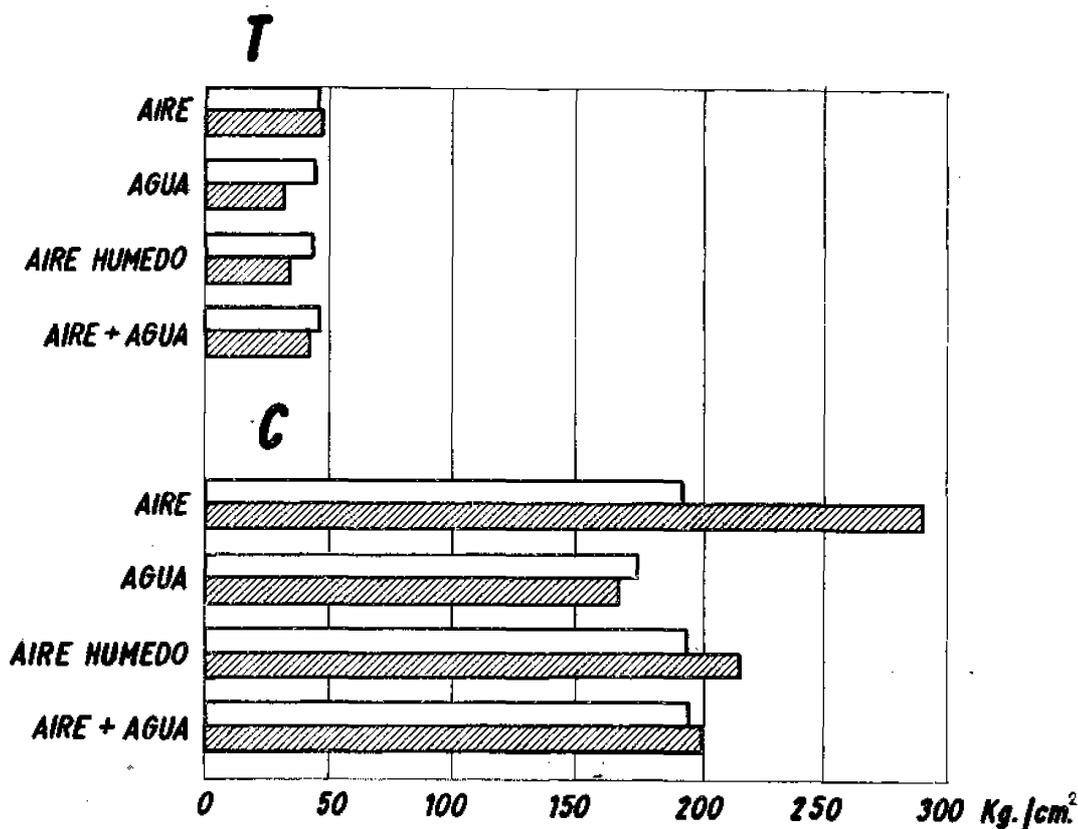
moldeado con una presión de unos 400 kg/cm².

Todavía no se han cumplido los 28 días reglamentarios para romper estas probetas. No obstante, y en atención a vosotros, la mitad de las probetas las he roto a 14 días para poder daros un avance del resultado. Este ha sido el siguiente: tracción, 43 kg/cm²; compresión, 210 kg/cm².

Parece un poco anómalo que siendo aproximadamente el 25 % el agua teórica para la hidratación de la anhidrita, estas probetas con un 10 % de agua, adquieran resistencia y se comporten bien. Cabría pensar que la resistencia era debida únicamente a la fuerte compresión que han sufrido durante el moldeo.

Pero yo creo que no. Ya sabéis que hay un investigador que ha medido la penetración de la hidratación en una partícula de cemento y ha encontrado que a los 28 días

P. P.



dicha penetración es tan sólo de 5 micras. Según esto, sólo quedan, a los 28 días, perfectamente hidratadas las partículas de 10 micras y menores.

No puedo decir que en la anhidrita vaya a ocurrir lo mismo, pero no creo que cometamos mucho error al pensar que pase una cosa análoga. Es decir, el agua teórica para hidratar toda la masa de anhidrita no cabe duda de que es el 25 %, pero el agua para hidratar una capa superficial de X micras de espesor en cada partícula puede ser mucho menor.

De todas formas es posible que se consiguieran mejores resultados con un curado en agua o con un tratamiento hidrotérmico.

No obstante, en cuanto a este aspecto de los elementos prefabricados queda por hacer un ensayo interesante que no he hecho todavía: en parte, por falta de tiempo y, en parte, por sobra de miedo. Me refiero al ensayo de impermeabilidad.

Si la anhidrita se comporta frente al agua como el yeso, temo que nada hay

que hacer por este camino, a menos que se provea a las piezas de una impermeabilización suficiente, cosa que no veo nada clara.

Esto es lo que hemos hecho. No creo que con ello hayamos atentado contra la integridad del cemento portland, pero sí creo sinceramente que en un caso concreto y en un momento determinado estos aglomerantes pueden solucionar un problema.

Arcillas es fácil encontrar; la fabricación no es complicada, y es posible que pueda ser un buen negocio para un ladrillero vender sus ladrillos con el aglomerante necesario para su unión.

El otro problema es distinto, porque la anhidrita no es tan abundante como la arcilla, y, si hay que limitarse a una sola explotación, el transporte puede malograr muchas buenas intenciones. De todas formas creo que el problema es económico, porque técnicamente, como habéis visto, parece resuelto.

En fin, yo suelto esos dos pichones a disposición de los tiradores de turno.

M — ARENA DE ANHIDRITA

