

¿Puede fabricarse un buen cemento artificial en una fábrica pequeña?

II

En la fábrica de la Fortunada la fabricación es muy sencilla.

Las materias primas, secadas en un pequeño secadero vertical, se pesan sobre una báscula; machacadas luego, son reducidas a sémola en un molino de bolas. Unos aparatos de manutención mecánica transportan luego esta sémola a unos silos, donde se verifica la dosificación.

El polvo, perfectamente dosificado, se aglomera en briquetas, las cuales se cargan luego en hornos.

Puesto que en la Fortunada la calcinación se efectúa en hornos verticales, nos esmeramos en producir un polvo siempre fino y de composición invariable.

La elección del combustible, particularmente importante para los hornos verticales, es objeto de todos los cuidados de la dirección.

En efecto, hay muchísimo interés en emplear un combustible de primera calidad, y no variarlo, aunque se presente otro combustible un poco más barato. Una pequeña economía aparente en el precio de coste se traduce frecuentemente por una pérdida, si se quiere establecer el balance completo de la operación, pues un cambio brusco en el empleo de un combustible repercute sobre el rendimiento de los hornos y la calidad del cemento.

Nos acordamos de un gerente de sociedad que compraba al azar varias calidades de combustibles, desde las carbonillas de cok hasta la mejor clase de antracita.

El director de la fábrica no pudo hacer comprender a este amable señor que el carbón con 35 por 100 de cenizas es completamente impropio para la fabricación de los *clinkers*. Pero como este combustible era algo más barato que el buen carbón, se continuó con la más completa desenvoltura en llenar la fábrica de carbones terrosos.

Otro gerente obligaba a su director a consumir briquetas aglomeradas de carbón, y contestaba a las observaciones juiciosas de su técnico: «Se emplean briquetas para las calderas de los torpederos, ¿verdad? Pues usted las puede muy bien utilizar para un horno de cal.» (Textual.)

Sin duda alguna, éstos dos gerentes hubieran aprovechado mucho la lectura de las obras de Fayol y Taylor sobre la manera de llevar negocios.

En la Fortunada se emplea únicamente carbón de primera calidad.

Fuera de toda consideración económica, la elección del combustible depende mucho de la naturaleza de las materias primas.

Si las materias primas son de cochura difícil, es preferible emplear cok o bien antracita de calidad muy especial, pues la hay de 4 a 6 por 100 de cenizas, y la hay de 16 a 20 por 100. Hay que saber elegir. Si, al contrario, las materias primas se aproximan a la mezcla teórica y están constituidas por granos naturalmente finísimos, se puede emplear antracita.

También hay que tener en cuenta las característi-

cas del horno, que tienen su importancia, y la calidad del cemento que se quiere obtener.

Podríamos nombrar una fábrica donde se necesita añadir una proporción bastante elevada de arena sílicea a las materias primas. Se probó varias veces calcinar con antracita sola, en vez de emplear parte de antracita y parte de cok. Cuando se calcinaba con cok bueno y antracita buena, se obtenían *clinkers* buenos.

Calcinando, al contrario, con antracita únicamente, los *clinkers* obtenidos eran de segunda calidad. Después de tres o cuatro días de marcha con antracita sola los *clinkers* empezaban a salir incandescentes, a pesar de la ventilación forzada. Y, además, no estaban bien cocidos; el horno ya no tenía su marcha normal, y bajaba el rendimiento.

Un ensayo de cochura con antracita sola, dió los resultados siguientes sobre los *clinkers* almacenados durante varias semanas:

	Peso del residuo por 100 de <i>clinkers</i>	Peso específico	Cal soluble en solución de azúcar
Residuo sobre el tamiz de 5 $\frac{m}{m}$	38	3,18	5,5
Residuo sobre el tamiz de 1 $\frac{m}{m}$	17	3,12	5,1
Residuo sobre el tamiz de 324 mallas	9	3,04	6,1
Residuo sobre el tamiz de 900 mallas	8,5	2,99	7,1
Residuo sobre el tamiz de 4 900 mallas	9,7	»	»
Polvo fino pasando el tamiz de 4 900	17,8	2,77	14,5

Se ve claramente que el polvo fino no es más que cal hidráulica, puesto que abandona 14,5 de cal en la solución de azúcar. Ha de ser lo mismo para el residuo sobre el tamiz de 4 900 (9,7 por 100), puesto que el peso específico del residuo sobre el tamiz de 900 (8,5 por 100) ya no es más que 2,99 cuando es de 3,12 para el residuo en el tamiz de 1 mm.

Y cada vez que en dicha fábrica se quiso prescindir del empleo del cok, los *clinkers* han resultado como en el ejemplo citado, y no hubo más remedio que volver lo más rápidamente posible a la calcinación con cok.

Claro es que ciertos constructores de poca conciencia no hablan así cuando para ellos lo importante es vender un horno.

Recordamos haber actuado como ingeniero perito en tres asuntos de recepción de hornos construídos por tres constructores diferentes.

En la primera fábrica los dos hornos nuevamente instalados jamás habían podido dar más que cuatro toneladas de *clinkers* muy defectuosos en veinticuatro horas de marcha, en vez de las 25 toneladas garantizadas por horno.

En la segunda fábrica, los tres hornos, que tenían que dar en conjunto 200 toneladas en veinticuatro horas, no pudieron dar ni una tonelada de *clinkers*.

En fin, en la tercera fábrica, el horno no daba más que algunas toneladas, en vez de las 30 garantizadas.

¹ Véase el número anterior, página 308.

Sin embargo, en cada uno de los tres casos las garantías de los constructores eran formales. Claro es que cuando un industrial tiene que tratar, por su desgracia, con tales constructores, estos últimos no llamarán su atención sobre la necesidad de emplear tal o tal combustible. Es solamente después de la puesta en marcha, y también de muchos fracasos, cuando el comprador se apercibe de la necesidad, para aprovechar el horno comprado, de emplear una clase de combustible a veces difícil de encontrar.

Todo esto prueba, además, el interés que debieran tener los compradores, antes de comprar unos aparatos costosos, en tomar consejos de un técnico competente.

Si se hubiera para cada uno de estos tres casos pedido consejo antes de tratar con los constructores de hornos, evidentemente estos consejos se hubieran traducido por una nota de honorarios, pero también estos consejos hubiesen evitado a estas sociedades inmovilizar cada una sus hornos, durante dos años para una de ellas, y también las investigaciones legales, sin ningún resultado práctico para el comprador.

Una de estas sociedades fué puesta en liquidación, pero al constructor, por aplicación de la cláusula del contrato, se le pagó íntegramente.

En la fábrica de la Fortunada, donde se procura lograr una cochura tan perfecta como es posible, se calcina únicamente con cok.

Al contrario de los hornos rotatorios, que, prácticamente, no producen incocidos, los hornos verticales, algunas veces, para no decir generalmente, dan algunos incocidos y siempre algo de polvo.

Según la marcha de la cochura, se sacan los productos siguientes:

1.º *Incocidos amarillos*. — Son trozos ligeros, amarillos, esponjosos, procedentes de una cochura cuya temperatura es próxima a la de decarbonatación del carbonato de cal. Estos trozos tienen carbonato de cal, cal libre, soluble en solución de azúcar, y silicatos y aluminatos bicálcicos.

El análisis de un incocido amarillo nos ha dado hasta 10,5 por 100 de anhídrido carbónico y 6 por 100 de cal soluble en agua azucarada. La proporción de anhídrido ácido carbónico indica que la temperatura de cochura se ha aproximado a la de disociación del carbonato de cal; en efecto, una parte solamente de carbonato de cal se ha descompuesto.

Otro incocido nos ha dado 16,5 por 100 de cal soluble y solamente 0,6 por 100 de ácido carbónico. En este último caso la descomposición era casi completa.

Al contacto del aire estos incocidos se disgregan poco a poco en polvo, a causa de la hidratación de la cal libre y de su pulverización.

En las fábricas bien dirigidas estos incocidos se separan y transportan a la sección del crudo, o a los hornos, si lo permite su consistencia.

2.º *Incocidos grises*. — Son trozos intermedios entre los incocidos amarillos y los *clinkers* legítimos. Son más pesados y compactos que los amarillos. Tienen más o menos cal soluble o anhídrido carbónico según se aproximan o se apartan de los incocidos amarillos.

Por ejemplo, un incocido gris nos ha dado 2,30 de ácido carbónico, con 10,80 de cal soluble en agua azucarada, y otro tenía 15 por 100 de cal soluble y solamente 1,05 de ácido carbónico. En resumen, los incocidos amarillos y grises tienen la misma composición que las «rocas» saliendo de un horno de cal hidráulica.

Hace algunos años funcionaba todavía en Issy-les Molineaux, cerca de París, una fábrica de cal hidráulica artificial.

3.º *Rocas negras*. — Estas rocas, que constituyen el verdadero *clinker*, tienen que constituir la gran mayoría de la masa, si se ha conducido bien la preparación del crudo y la cocción. Pesadas, compactas, de color negroverde, constituyen el cemento llamado en los antiguos Pliegos de Condiciones «cemento administrativo». Así se llamaba porque los pliegos de condiciones exigían un cemento procedente de rocas negras escogidas a mano.

Estas rocas negras constituyen el verdadero *clinker*.

Solamente desde que se aplicaron los métodos micrográficos es cuando se han podido determinar los constituyentes del *clinker*. El análisis da el porcentaje de cada elemento (sílice, alúmina, óxido de hierro, cal, etc.), pero no trae ninguna luz sobre la manera en que estos cuerpos están combinados (combinaciones) o asociados (soluciones sólidas) entre sí.

Por aplicación de este método, Henri Le Chatelier y luego Tornebohm han logrado determinar cuatro clases de cristales, que este último experimentador ha llamado: alita, belita, celita, felita.

El cuerpo hidráulico del *clinker* es la alita, cuya constitución ha sido y es todavía muy discutida.

Según Le Chatelier, la alita se compone casi únicamente de silicato tricálcico (*grapier* del Teil). La belita corresponde al silicato bicálcico; la celita, hacía el papel de cuerpo relleno y tiene la totalidad del hierro. En cuanto a la felita, tendría la misma composición que la celita, pero no se encontraría en todos los *clinkers*.

Desde las investigaciones de Lechatelier, que principiaron en 1883, muchos experimentadores han procurado determinar la naturaleza de los constituyentes hidráulicos de los *clinkers*. Cierto es que todas las publicaciones que se han hecho, y que forman unos cuantos libros, han aclarado poco la cuestión. Hay que llegar hasta las investigaciones de Rankin en 1915, en el *American Journal of Sciences*, para tener una idea clara del problema. Estas investigaciones, que necesitaron un trabajo verdaderamente considerable, puesto que Rankin y sus colaboradores estudiaron más de siete mil fusiones, han, en su conjunto, confirmado los magistrales trabajos de Henri Lechatelier.

Según Rankin, se separan tres silicatos definidos de la masa fundida: el silicato monocálcico, el bicálcico y el sesquicálcico.

El silicato tricálcico se forma por calentamiento prolongado a 1 400-1 500°, y se disocia en silicato bicálcico y en cal aproximadamente a 1 900° o más. Se formaría también durante el enfriamiento de la masa. Según Rankin, los constituyentes del cemento son el silicato tricálcico, el silicato bicálcico y el aluminato tricálcico.

Es interesante comparar la disociación del silicato tricálcico a 1 900° con la que hemos observado calentando a un poco más de 1 000° durante varias horas unos *clinkers* en trozos o reducidos a polvo fino.

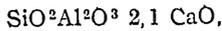
Se molieron y pasaron por el tamiz de seda unos *clinkers* elegidos con el fin de conseguir un polvo extremadamente fino. Se colocaron unos 100 gramos de este polvo en una cápsula de platino, poniéndolo todo en la mufla de un pequeño horno de gas de laboratorio, cuya temperatura no alcanzaba 1 000°. Los resultados observados fueron los siguientes:

Duración de la calcinación	Cal soluble en agua azucarada
0 horas	3,09
3 ---	7,21
6 ---	9,36
9 ---	9,92
12 ---	12,73
24 ---	15,16
48 ---	16,47
103 ---	16,47
119 ---	16,29

El residuo del tratamiento con agua azucarada, y el residuo del polvo antes del tratamiento, dieron los resultados siguientes al análisis:

	<u>Clinkers</u>	<u>Residuos</u>
Insoluble en ácido.....	0,46	1,20
Sílice.....	20,94	27,40
Alúmina.....	7,95	6
Oxido de hierro.....	2,65	2,10
Cal.....	65,20	61,85
Magnesia.....	1,18	1,40

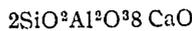
El análisis del residuo corresponde a la fórmula



sin tener en cuenta el óxido de hierro ni la magnesia.

Observamos que las proporciones de alúmina y de óxido de hierro del residuo son inferiores a las del producto inicial, a causa de una ligera solubilidad de estos dos cuerpos en el agua azucarada.

En Alemania, al contrario, ciertos autores no admiten todavía el papel principal del silicato tricálcico. Según ciertos experimentadores, la alita sería una solución soluble de cal en silicato bicálcico. Certo es que en los últimos años Janeck, como hemos dicho antes, pretende que la alita es un sílico-aluminato de cal, teniendo por fórmula



Otros experimentadores pretenden que la alita es una solución soluble de aluminato tricálcico en el silicato tricálcico.

En estos últimos años el Dr. Hans Kuhl se aproximó mucho a la escuela de Henri Le Chatelier, que admite como punto final de la alita el silicato tricálcico.

En los Estados Unidos, Bates repitió las experiencias de Rankin, dándoles un aspecto industrial. Para la ejecución de sus ensayos se instaló una pequeña fábrica de molienda con un pequeño horno rotatorio. Se fabricaron una cincuentena de cementos diferentes, sobre los cuales se hicieron los ensayos de cristalización y el análisis petrográfico. Estos ensayos han demostrado el papel hidráulico del silicato tricálcico de manera muy clara.

Bates considera que los *clinkers* están formados de silicato bicálcico, de silicato tricálcico y de un *flux* formado por aluminato tricálcico, felita y la masa vitrificada.

Todos estos ensayos demuestran que la preparación, y particularmente la cochura, tienen más influencia sobre las propiedades del cemento que la composición química de la mezcla cruda. Quizá también ocurre lo mismo con el enfriamiento de los *clinkers*.

4.° *Rocas bermejas*. — Se encuentran pocas cuando los hornos van a marcha normal. Sin embargo, se encuentran en los rincones de los hornos Hoffmann — muy poco empleados ahora — aun en marcha normal, y en los hornos verticales cuando van a marcha lenta.

Estos *clinkers* hay que quitarlos absolutamente, porque el cemento procedente de ellos es muy expansivo. Se disgrega aun en agua fría.

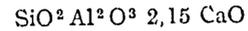
Es tanto más peligroso cuanto que la hidratación de estos *clinkers* y en los silos es extremadamente lenta. Como lo hemos demostrado ¹, estas rocas provienen de la disociación del silicato tricálcico.

Diferentes muestras de rocas bermejas nos han dado las proporciones siguientes de cal soluble en agua azucarada: 7,33, 9,40, 9,96, 26,22, 27,82.

El residuo del tratamiento por el agua azucarada de la última muestra (27,82) ha dado la composición siguiente:

Sílice.....	29,10
Alúmina.....	4,40
Oxido de hierro.....	1,90
Cal.....	63,40

Correspondiendo a la fórmula



es decir, como anteriormente, a un silicato y a un aluminato bicálcico.

Para poner en evidencia la influencia prolongada de la cochura a baja temperatura, hemos colocado en una pequeña mufla de laboratorio, como anteriormente, un trozo de buen *clinker*.

Después de ciento cincuenta y una horas de cocción el *clinker* había tomado un color chocolate y abandonaba 20 por 100 de cal en solución de azúcar, cuando antes de esta cocción no dejaba más de 3,28 por 100.

5.° *Sobrecocidos*. — Son pesados, compactos, más o menos parecidos a un vidrio. Son debidos, sea a la acción de una cochura demasiado fuerte, habiendo ocasionado la fusión de los *clinkers*, sea a la influencia de las cenizas del combustible.

Estas rocas son generalmente inertes.

6.° *Polvo amarillo*. — Este polvo es el resultado de la hidratación al aire de los incocidos amarillos. Hay que hacerlo volver a la sección de preparación del crudo.

7.° *Polvo azul*. — Es un polvo pesado, presentándose algunas veces en proporción notable. Es debido a la formación de silicato bicálcico, arrastrando por su pulverización algo de verdadero cemento, y por esto algunas veces es hidráulico, y otras veces, inerte. Por otra parte, lo que complica el estudio es que el silicato es hidráulico por sí, es decir, sin adición de polvo procedente del buen *clinker*, y otras veces inerte.

Hemos logrado preparar silicato bicálcico endureciéndose perfectamente, por descomposición de rocas de cemento, cuando este mismo silicato, preparado por síntesis en un horno de gas, es algunas veces inerte, otras veces hidráulico.

Según Day, el silicato bicálcico existe bajo tres formas alotrópicas.

1.° La forma α (peso específico 3,27), estable después de 1 450°. No se pulveriza a la temperatura ordinaria si ha templado a la misma temperatura.

2.° La forma β (peso específico 3,27), estable entre 600° y 1 450°, pero aun templado a 600° no queda estable y cambia a la forma γ .

3.° La forma γ (peso específico 3,14), estable antes de 600°, no es hidráulica. Es el polvo que aparece sobre ciertas rocas a la salida de los hornos, las cuales, a pesar de su buena apariencia, empiezan a dis-

¹ Sobre la disolución de los productos hidráulicos, por E. Leduc. Congreso de Budapesth, 1901.

gregarse para reducirse enteramente a polvo. Este no es hidráulico.

El peso específico del silicato de la forma β es 3,27, cuando el de la forma γ es solamente 3,14; por eso, aumentando de volumen para pasar de 3,27 a 3,14, el silicato se pulveriza.

Este polvo no se produce en la cochlura en el horno rotatorio, ventaja en favor de este horno, no tanto desde el punto de vista de calidad, sino de la proporción de *clinkers* de buena calidad. Por esto queremos decir que si hay probabilidad de producir en el horno rotatorio 90 por 100 y más de *clinkers* de calidad *A*, la proporción de la misma calidad *A* será inferior en los hornos verticales.

Las condiciones económicas tienen su importancia en la elección del horno, aun cuando se trate de una gran fábrica, porque algunas veces hay interés en producir un cemento ordinario de calidad corriente.

Otras veces hay interés en rebajar la calidad del cemento que procede del horno giratorio por artificios de fabricación. Estas prácticas son corrientes. Por consiguiente, ocurre con frecuencia que la calidad media de los cementos que salen de una fábrica, trabajando exclusivamente con hornos rotativos, es la misma que la calidad media de los cementos que salen de otra fábrica empleando únicamente hornos verticales bien vigilados.

En la fábrica de la Fortunada se separan cuidadosamente los incocidos cuando se producen.

La separación de los incocidos es indispensable y es la consecuencia misma de la definición del cemento portland. En todos los países se consideran, en efecto, como verdaderas rocas de cemento (*clinkers*) únicamente las que han sido elevadas a alta temperatura, y bastante tiempo, para que las reacciones de combinación se verifiquen.

Los diferentes pliegos de condiciones dan las definiciones siguientes de los cementos portland artificiales:

España. — Se entenderá por cemento artificial el producto finamente pulverizado obtenido por la cochlura hasta el principio de la fusión de una mezcla íntima en cantidades determinadas de materias arcillosas y calizas, sin adiciones después de la cochlura superiores al tres por ciento (3 por 100).

Bélgica. — Los cementos portland son artificialmente obtenidos partiendo de las mezclas artificiales de carbonato de cal y arcilla o de todas otras materias teniendo calizas, sílice y alúmina.

Estas mezclas, rigurosamente dosificadas, finamente molidas y perfectamente homogéneas en todas sus partes, están sometidas a la cochlura hasta principio de ablandamiento. La molienda de las rocas escoriadas (o *clinker*) así obtenidas dan un polvo fino que constituye el cemento portland artificial. Después de la cochlura los cementos portland artificiales no deben ser adicionados de ninguna materia sin perder su denominación, exceptuando la adición de yeso crudo en la cantidad estrictamente necesaria para la regularización del fraguado.

Austria (1925). — El cemento portland se obtiene de una mezcla natural de marga caliza o de mezcla artificial de materias calcáreas y arcillosas por cochlura hasta un principio de fusión.

Francia. — El cemento portland se producirá por la molienda de una mezcla íntima de carbonato de cal, sílice, alúmina y hierro, cocida hasta ablandamiento.

Comisión permanente de Standardización (Francia). Los cementos artificiales (corrientemente llamados

portland) se obtienen por medio de mezcla compuesta principalmente de carbonato de cal, sílice, alúmina y óxido de hierro rigurosamente dosificados, química y físicamente homogéneos en todas sus partes, cocidos hasta un principio de ablandamiento y molidos en polvo fino. No deben tener más de 3 por 100 de su peso de materias ajenas, añadidas después de la cochlura.

Inglaterra (especificaciones Standard, revisadas en 1925). — El cemento se fabricará por la mezcla íntima de caliza y arcilla u otros materiales silíceos y aluminosos; su cochlura hasta temperatura de clinkerización, y la molienda de los *clinkers* obtenidos de tal manera que se consiga un producto respondiendo a las presentes especificaciones. No se deberá hacer después de la cocción ninguna adición de materiales, salvo la del sulfato de cal o agua, o estos dos elementos.

Los cementos que reciben adiciones de escorias de altos hornos, y los que son una mezcla de cemento portland y de escorias, no son conformes a las presentes especificaciones.

Estados Unidos de América (Especificaciones Standard, 1922). — El cemento portland es el producto obtenido pulverizando finamente los *clinkers* producidos por calcinación hasta principio de fusión de una mezcla íntima y convenientemente proporcionada en materiales arcillosos y calcáreos, sin otra adición ulterior a la calcinación que de agua y yeso, calcinado o no.

Alemania (orden del 16 de marzo de 1910). — El cemento portland es un aglomerante hidráulico no teniendo en peso menos de 1,7 partes de cal (CaO) por una parte del conjunto, sílice soluble (SiO²), alúmina (AlO³) y óxido de hierro (Fe²O³), obtenido por una mezcla íntima de materias primas después de división en finas partículas, cochlura llevada por lo menos hasta vitrificación y fina molienda. No se debe añadir al cemento portland más de 3 por 100 de materias inorgánicas, en vista de conseguir fines particulares.

Después de cochlura la proporción de magnesia del cemento portland no debe exceder del 5 por 100, y la proporción en anhídrido sulfúrico, 2,5 por 100.

Resulta de todas estas designaciones que se deben apartar los incocidos que no han sido llevados a la temperatura de escoriación, de ablandamiento, de clinkerización o de principio de fusión. Dejar los incocidos es una falsificación de la mercancía.

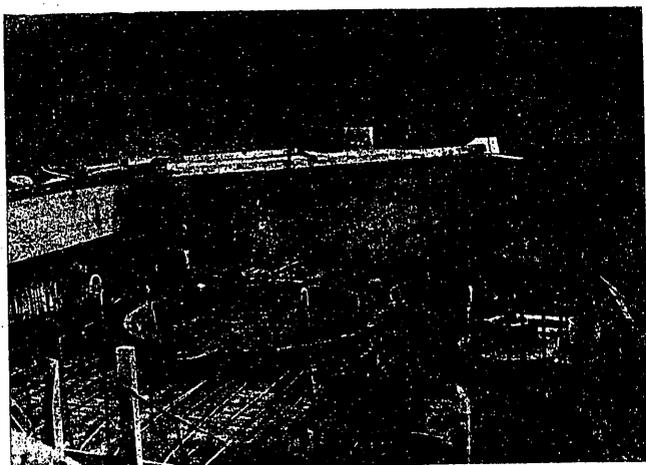


Pantalla impermeable de la presa de embalse del Lago de Urdiceto. Altura de presa, 20 metros. Capacidad del embalse, 5 500 000 m³

Desgraciadamente, se encuentran todavía fabricantes que por mercantilismo puro dejan los incocidos en el cemento y, cosa más grave, favorecen la producción de estos incocidos, calcinando con una proporción de combustible, intencionalmente insuficiente, o empleando combustibles de calidad inferior. Así

se aumenta el rendimiento de los hornos y se reduce el precio de coste de manera extremadamente notable, puesto que en realidad se fabrica una mezcla de cemento y de cal hidráulica artificial. Evidentemente, es un procedimiento muy sencillo.

Entregar un cemento conteniendo incocidos puede



Climentación del tercer grupo de la Central del Cinca. Potencia del grupo 20 500 CV. Revoluciones, 500. Altura del Salto, 450 metros

ocasionar verdaderos desastres, especialmente cuando se trata de grandes obras marítimas.

«¿Qué me importa la calidad del cemento que vendo — me contestaba el gerente de una sociedad importante —, puesto que yo solo, por el sitio geográfico de mi fábrica, puedo entregar el cemento a un buen precio? Sería muy tonto en preocuparme de la calidad. El cemento siempre es bastante bueno para fabricar bloques que se tiran al mar o para la construcción de alcantarillas; luego, no se ve.»

También se entregaba, sin vacilar, para grandes obras de ingeniería, obras de cemento armado y también grandes obras marítimas unas mezclas infames de incocidos.

La responsabilidad del vendedor, cuando se trata de cemento, es grande, porque los ingenieros encargados de la recepción, a pesar de su competencia y su actividad, no pueden más que referirse a los ensayos normales impuestos por el pliego de condiciones. Puesto que estos ensayos no pueden, generalmente, indicar si el cemento tiene incocidos, los ingenieros aceptarán fatalmente dicho cemento, aunque sea de calidad inferior.

Evidentemente, un estudio particular de cada muestra, químico, físico y micrográfico, permitiría revelar la presencia de incocidos; pero no se puede pedir a un laboratorio de recepción el trabajo del laboratorio de investigaciones. El papel del primero se limita a ejecutar ciertos ensayos determinados por ciertas normas igualmente determinadas. Si los ingenieros encargados de recibir los cementos no pueden revelar la presencia de los incocidos, esta cuestión escapa todavía más al cuidado del contratista encargado de la puesta en obra del cemento, y aun más que confía en el control de un laboratorio de recepción serio y competente.

En estas condiciones, el falsificador abusa de la confianza del cliente, además que lo engaña sobre la calidad de la mercancía. El es el único responsable.

Cuando pocos años después de ejecutar las obras marítimas empiecen a disgregarse, entonces se escribirán, probablemente, muchos libros sobre el va-

lor de los procedimientos de construcción: si es preferible colar el hormigón en agua profunda, o bien sumergir bloques grandes; si es preferible emplear cemento artificial puro o cemento artificial con adición de puzolana; si, al contrario, no vale más emplear ciertos cementos naturales, etc.

Pero ninguno de los investigadores pensará si la causa de la destrucción no es debida sencillamente a los incocidos dejados intencionalmente en el cemento para reducir su precio de coste. Ningún investigador se lo preguntará, porque no pensará nunca en la posibilidad de tal culpable inconsciencia de un fabricante importante.

Por este motivo es por lo que en ciertos países las grandes Administraciones tienen en la fábrica misma unos agentes encargados particularmente de vigilar la elección de las rocas de cemento (*clinker*).

En la Fortunada la elección de las rocas se cuida particularmente. Se separa el polvo y los incocidos.

El verdadero *clinker*, regado, se deja en montón durante algunas semanas y luego se lleva a la machacadora y al molino «compound», donde se reduce al estado de harina de cemento.

El cemento se reparte luego en seis pequeños silos.

Como se ve, la fabricación en la Fortunada es sencillísima, sin dejar de ser cuidada.

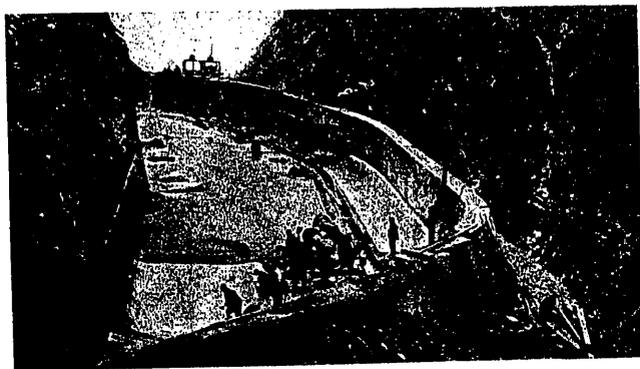
El cemento obtenido se emplea corriente y únicamente por la Sociedad Hidroeléctrica Ibérica para las construcciones de hormigón armado y la construcción de las presas.

Desde que se perfeccionó esta pequeña fábrica, es decir, en 1926, esta Sociedad no emplea más que el cemento que ella misma fabrica.

Las fotografías muestran la importancia de los trabajos efectuados con este cemento.

La fabricación media diaria, que era solamente de 10 700 kilos en 1926, ha sido, sucesivamente, de 17 500 kg en 1927 y 20 800 en 1928, sin haber añadido ni un solo aparato. La única modificación ha sido en la manera de emplearlos, en la dosificación de las materias primas y en la coadura.

Por lo que se ve por esta corta descripción, se ha logrado en una minúscula fábrica conseguir un cemento de primera calidad, pudiéndose comparar algunas veces, con ventaja, a las grandes marcas.



Entuldo de los cajeros y solera del depósito de extremidad del salto del Barrosa

Este ejemplo muestra que es fácil, aplicando los conocimientos objetivos necesarios, fabricar un cemento artificial muy bueno en una fábrica muy pequeña.

Ernesto LEDUC

Jefe honorario de la Sección de Materiales de Construcción del Conservatoire National d'Arts et Métiers, de París.
Ingeniero químico consultor