

# Bases para la interpretación de los resultados de la pérdida al fuego, SO<sub>3</sub> y residuo insoluble

F. TRIVIÑO VAZQUEZ, Investigador Científico  
CSIC/IETCC

## RESUMEN

*En este trabajo se presenta una interpretación de los resultados de los análisis químicos del R.I. Pérdida al fuego y SO<sub>3</sub> en cementos portland.*

## SUMMARY

*In this work, and interpretation of results of the chemistry analysis of the I.R., I. L. and SO<sub>3</sub> in portland cements, is presented.*

## INTRODUCCION

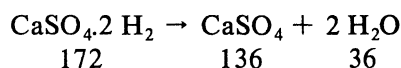
Con el fin de obtener resultados estadísticos como punto de partida para un nuevo Pliego de Cementos, se recopilaron los datos archivados de análisis realizados durante los años 1965 a 1975, de vigencia del anterior Pliego de cementos P.C.C.H. 64. Los análisis obtenidos de los resultados de las pérdidas al fuego, Residuo Insoluble y SO<sub>3</sub> de cementos P-350, se seleccionaron del resto de cementos de otros tipos y se obtuvo una cantidad de 350 cementos cuyos datos se utilizaron para un estudio estadístico; sobre los resultados obtenidos se pueden hacer, entre otras, estas consideraciones.

## PERDIDA AL FUEGO Y SO<sub>3</sub>

La pérdida al fuego viene dada por la suma de sustancias que se marchan de la muestra al calentar el cemento a 1.000° C hasta constancia de peso.

Dicha determinación se utiliza como control en los cementos, pues puede ser un índice de su meteorización, por un exceso de tiempo de almacenamiento o por un defectuoso almacenamiento en contacto directo con el aire, por lo cual el cemento sufre una prehidratación e incluso una carbonatación. Un cemento mal almacenado —en contacto directo con un ambiente húmedo— podría aumentar su pérdida al fuego hasta un 1-2 % cada año.

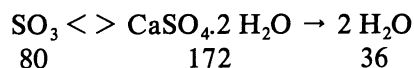
Por otra parte el yeso —sulfato cálcico dihidrato— sería un suministrador a la pérdida al fuego, por una parte, del agua de constitución, es decir, 2 moles de agua por cada mol de sulfato cálcico según la siguiente reacción:



por lo cual en esta hipótesis cada uno por ciento de SO<sub>3</sub> nos daría 0,45 % de pérdida al fuego;

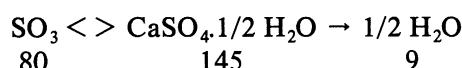
NOTA.—Este artículo guarda relación con el publicado en el n.º 197, pág. 19, de esta Revista "Modelos probabilísticos de los contenidos porcentuales de pérdida al fuego, residuo insoluble y SO<sub>3</sub> de cementos P-350 fabricados en España".

como los máximos de SO<sub>3</sub> tolerables son del 4,5 % en el RC-75 (para los P-450 y P-550) daría:



$$\begin{array}{ccc} 4,5 \% \text{ SO}_3 < > 9,675 \% \text{ yeso} < > 2,025 \% \text{ P.F.} \\ 1 \% & & 0,45 \% \end{array}$$

La realidad es diferente pues el CaSO<sub>4</sub>·2 H<sub>2</sub>O al molerse en contacto con el clínker, en el molino para obtener cemento, alcanza temperaturas superiores a los 100° C. En la práctica, de un orden de 140° C y el yeso pierde molécula y media de agua, por lo cual se convierte en hemihidrato: CaSO<sub>4</sub>·1/2 H<sub>2</sub>O, esto se puede observar por difracción de rayos X y A.T.D., I.R. etc. por lo cual su peso molecular será 145 y la nueva proporción real sería:



$$\begin{array}{ccc} 4,5 \% \text{ de SO}_3 < > 8,15 \% \text{ de Hemihidrato} < > 0,506 \% \text{ P.F.} \\ 1 \% & & 0,1124 \% \end{array}$$

es decir, la cuarta parte que antes para el dihidrato.

Aceptando la 1.<sup>a</sup> hipótesis tendría que haber una correlación en el estudio estadístico entre el contenido de SO<sub>3</sub> y la pérdida al fuego de 1 % SO<sub>3</sub> = 0,45 P.F.

Aceptando la 2.<sup>a</sup> hipótesis, de deshidratación del yeso, habría una correlación de 1 % de SO<sub>3</sub> = 0,1124 P.F. Luego la explicación de una elevada pérdida al fuego superior al 0,5 % habrá que encontrarla en motivos diferentes, de los expuestos anteriormente.

En el pliego anterior P.C.C.H. 64 se admitía la adición de sustancias no activas y no perjudiciales al clínker y yeso en una proporción menor del 10 %. Entre las sustancias que posiblemente se añaden al clínker y yeso estaban: La sílice no activa, que no tiene pérdida al fuego. Las escorias y cenizas volantes activas, que por haber sufrido un proceso térmico no se descomponen a 1.000° C. Las puzolanas activas que en casos extremos pueden llegar a tener hasta un 15 % de pérdida al fuego. Algunas arcillas si son de mucha superficie específica como las monmorillonitas, bentonitas, que están prohibidas éticamente, pues darían lugar a expansiones fisuración, etc. Finalmente la caliza, considerada entonces no activa, que tiene un 44 % de pérdida al fuego.

La pérdida al fuego, en este último caso de una adición caliza, nos daría el agua del yeso más el carbónico de la caliza.

Si la pérdida al fuego se hiciese entre 700° C y 1.000° C nos daría el carbónico de la caliza exclusivamente, pero como no se hace así, nos da la suma de agua más carbónico.

Las pérdidas al fuego superiores al 1 % nos indican, si no hay puzolana, la presencia de caliza; como normalmente no se hace la determinación de CO<sub>2</sub>, no se encuentran correlaciones por lo tanto en los datos estudiados.

El SO<sub>3</sub> se añade en forma de sulfato cálcico dihidrato (yeso) al molino junto con el clínker, con el fin de regular el fraguado (para retardarlo). La proporción añadida debe de estar en función del contenido de aluminato tricálcico, alcalis (sodio y potasio), SO<sub>3</sub> del clínker y finura de molido entre otros factores. Para los cementos españoles se admite según el RC-75 un máximo del 4,5 % de SO<sub>3</sub> para los P-450 y P-550 y siderúrgicos.

La proporción de  $\text{SO}_3$  del RC-75 es una de las más altas admitidas internacionalmente, ya que los cementos españoles eran inicialmente bastante altos en aluminato tricálcico.

## RESIDUO INSOLUBLE

El R.I. inicialmente es un baremo del grado de cocción del clínker, nos daría por lo tanto la sílice que no había reaccionado con la cal del crudo; el contenido de R.I. del clínker suele ser menor del 1 % y posiblemente es del orden del 0,5 % o menor. En el cemento en cambio hay que tener en cuenta la adición de yesos que pueden llevar cuarzo como impureza que podría llegar, en algunos casos, al 50 % por lo cual se podría admitir que estadísticamente debería haber una correlación entre el R.I. y el  $\text{SO}_3$  caso que parece darse en este estudio, aunque con una correlación muy baja, lo cual indica que hay suministradores de R.I. en el cemento diferentes del yeso; en este caso se podría “sospechar” que junto con adiciones de carbonato cálcico puede ser que determinadas calizas tengan sílice y también podría haber arcillas, en dicho caso por lo tanto será preciso disminuir el R.I. del R.C.-75 para un nuevo Pliego de Condiciones, por ser demasiado elevado y tolerante, salvo para el caso de adiciones de puzolanas (que habría que tener en cuenta). Un límite podría ser para los cementos P del 2,5.

Teniendo en cuenta que el contenido máximo del P-350 para el  $\text{SO}_3$  fue de 3,16 esto daría lugar a una pérdida al fuego de 1,5 y para el caso de contenido máximo en el P-450 de —4,5 de  $\text{SO}_3$ — sería de un 2 % la pérdida al fuego; puesto que estos cementos precisamente se suelen moler más, tendría dicha pérdida un 75 % de tolerancia (2.<sup>a</sup> hipótesis) que compensaría posibles absorciones de humedad; es decir, con 4,5 de  $\text{SO}_3$  sería de 0,5 % la pérdida al fuego máxima de un P-450.

En todos los casos la pérdida al fuego debería de realizarse entre 0-750° C que daría el agua y entre 700-750° y 1.000° C que daría el  $\text{CO}_2$ .

\* \* \*

## publicación del i.e.t.c.c.



**Manuel Fernández Cánovas**

Dr. Ingeniero de Construcción

Este libro, el primero en lengua castellana sobre **resinas epoxi** aplicadas a la construcción, está dirigido a arquitectos, ingenieros, constructores y aplicadores. En él, sobre una reducida base teórica imprescindible, se asienta toda una extensa gama de aplicaciones de gran interés.

El autor trabaja desde hace muchos años en el campo de la investigación, especialmente en el estudio de refuerzos y reparaciones estructurales realizados con **resinas epoxi**.

Con un lenguaje sencillo se tocan todos los problemas que pueden presentarse en la construcción y en los que la solución puede radicar en el correcto empleo de las **resinas epoxi**.

Se estudian los componentes de las formulaciones **epoxi**, sus propiedades físicas y químicas, y aplicaciones, deteniéndose, detalladamente, en las siguientes:

Unión de hormigón fresco a hormigón endurecido.—Unión de hormigones entre sí.—Inyecciones de fisuras y grietas.—Unión de acero a hormigón.—Barnices y pinturas.—Las combinaciones brea-epoxi.—Revestimientos de depósitos alimenticios.—Sellado de superficies cerámicas.—Protección de tubos.—Los suelos epoxi en sus diferentes variantes.—Terrazo epoxi.—Reparación de baches.—Reparación de desperfectos en estructuras.—Reparación de carreteras de hormigón.—Juntas elásticas.—Guardacantos de tableros de puentes.—Refuerzos de pilares, vigas, forjados y zapatas, etc.—Consolidación de suelos.—Anclajes.—Protección de aceros en pretensado.

Se termina con unos capítulos dedicados a la limpieza y preparación de las superficies según los materiales a unir; al control del estado superficial de éstos; a las condiciones de temperatura de aplicación; limpieza de los útiles de trabajo; precauciones en el manejo de los sistemas; almacenaje, mezcla y manejo de las formulaciones epoxi y métodos de ensayo de sistemas y aplicaciones epoxidicas.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 17 × 24 cm, compuesto de 334 páginas y 158 figuras y fotografías.

Madrid, 1981.

Precios: España, 1.700 ptas.; extranjero, \$ USA 34.00.