

**EXPERIENCIAS SOBRE FALSO FRAGÜE DE LOS
CEMENTOS PORTLAND DE ORIGEN EXTRANJERO
UTILIZADOS EN EL PAIS DURANTE LOS AÑOS 1969/70**

Ing. M. Wainsztein*
Ing. O. R. Batic
Tco. Quím. J. D. Sota

* L.E.M.I.T. y C.N.I.C.T.

INTRODUCCION

El incremento de la actividad en la industria de la construcción a partir del año 1967 provocó un vuelco en las industrias subsidiarias que estaban pasando por un período de inactividad. Esta situación se produjo en forma muy acelerada y encontró particularmente a las fábricas de cemento desprevenidas, sobre todo debido a que durante los años anteriores la demanda del mercado interno estuvo muy por debajo de la capacidad instalada, por lo tanto imposibilitada de responder adecuadamente a esta nueva situación. No obstante tomar las previsiones inmediatas para incrementar la capacidad de producción, fue necesario que el Gobierno Nacional autorizara la importación de este material de diversos países para cubrir este déficit, entre los años 1968 y 1970.

La aparición en plaza de ligantes de características distintas a los productos nacionales, hizo que las inspecciones de obras públicas, las direcciones técnicas de las empresas y los constructores tomaron providencias en el uso de estos materiales. Recurrieron con más asiduidad a solicitar información y asesoramiento a los laboratorios pues encontraron heterogeneidad en las propiedades de las distintas partidas y algunas estructuras realizadas presentaban graves deficiencias constructivas.

Además las partidas de cemento en algunas oportunidades, tenían un prolongado período de almacenamiento por diversas causas. Si para el estacionamiento de este material no se toman buenas previsiones, las características se alteran, lo que se traduce en graves anomalías en las piezas ejecutadas.

Debido a estos hechos este Laboratorio elaboró un plan de ensayos sobre todas las muestras de cementos portland importados recibidos, consistente en realizar los ensayos especificados en la norma IRAM 1 503 y además estudiar la variación de resistencia a 60 y 90 días, determinar la influencia en la plasticidad de los morteros y el posible falso fragüe.

Con esta finalidad se ensayaron 38 muestras de 13 fábricas de 10 países distintos cuyos resultados mostraremos mediante un conjunto de tablas y gráficos donde se han representado las distintas características medidas o calculadas.

Se hace notar que las muestras cuyos resultados se presentan son solamente aquéllas que han sido recibidas en bolsa cerrada y la identificación de procedencia estaba asegurada. Además en todos los gráficos cada marca y fábrica de cemento queda identificada con una misma letra. Los valores consignados corresponden a los valores individuales de cada muestra y son el promedio del número de ensayos que las normas especifican en cada caso.

FALSO FRAGÜE

Es el nombre dado a un endurecimiento anormal y prematuro del cemento dentro de los primeros minutos del mezclado con agua; difiere del fragüe instantáneo en que no se eleva la temperatura de la mezcla y remezclando la pasta de cemento sin adición de una cantidad mayor de agua retorna a la plasticidad inicial de una manera normal y sin pérdida de resistencia.

Alguna de las causas del falso fragüe puede ser la deshidratación del yeso cuando se muele con clinker caliente; en esas condiciones se forma hemihidrato o anhídrita soluble y cuando el cemento es mezclado con agua se hidrata el yeso, resultando un endurecimiento de la pasta.

Otra causa del falso fragüe puede estar asociada con los álcalis del cemento. Durante el estacionamiento el cemento se puede carbonatar; el carbonato alcalino reacciona con el hidróxido de calcio liberado por la hidrólisis del silicato tricálcico formando carbonato de calcio que precipita e induce a la rigidez de la pasta.

En un trabajo presentado al 1er. Simposio sobre Ligan-

tes, es analizada la influencia del óxido de potasio en este proceso de falso fragüe.

Se observa que se precipita una sal doble, sulfato de calcio-sulfato de potasio fuertemente hidratada ($\text{SO}_4\text{Ca}.\text{SO}_4\text{K}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) y con mediana estabilidad, de modo que al comienzo del mezclado se produce una sustracción de agua por el hidrato precipitado, a la vez que permite por algunos momentos la hidratación de algo del aluminato tricálcico (AC_3) que es rápida, hasta que las condiciones físicoquímicas del conjunto agua-cemento permita que la doble sal intervenga descomponiéndose a su vez en la etapa de restauración de pasta y fraguado normales.

También el falso fragüe puede ser debido a la activación del silicato tricálcico (SC_3) por aereación y alta humedad relativa como ha sido puesto de manifiesto por varios autores. El agua adsorbida por los granos de cemento y esas superficies activadas pueden combinarse rápidamente con más agua durante el mezclado; esta rápida hidratación puede ser causa de este fenómeno.

Los ensayos de laboratorio de los cementos aseguran si el mismo está libre de este fenómeno, pero es necesario recalcar que debe especificarse solamente para aquellas obras de hormigón que lo justifique.

Si se encuentra falso fragüe en obra, puede ser solucionado con el remezclado del hormigón sin adición de agua, lográndose que la trabajabilidad del hormigón sea recuperada al valor original (1).

Debemos recordar que el falso fragüe de por sí no tiene efectos deletéreos sobre la calidad del hormigón; sin embargo el empleo de cementos con gran tendencia al falso fragüe motivan que el operador, para querer producir la misma consistencia, usualmente le agregue más agua, lo que hace que resulten resistencias finales menores, aumentando la contracción por secado. (2)

Es importante considerar para este problema, cómo es fabricado, transportado y colocado el hormigón. Si es preparado en planta y transportado en camiones agitadores, es movido un

tiempo elevado que impide la materialización de este hecho físico-químico. También las instalaciones y mecanismos para el hormigón bombeado incluyen operaciones que concurren a evitarlo. Por otro lado esta situación puede llegar a ser importante en obras de pavimentación donde se usan bajas razones agua/cemento y tiempos de mezclado cortos, el hormigón es transportado sin agitación y/o tener que estar acumulado antes de ser colocado.

En general podemos decir que todos los cementos portland tienen yeso deshidratado en mayor o menor grado. Por lo tanto, todos son potencialmente capaces de producir morteros y hormigones con falso fragüe; el problema es determinar el límite a fijar para el tiempo de mezclado. Antes de la adopción de la norma A.S.T.M. C-451 se hicieron ensayos entre 30 y 240 s estableciendo que 180 s era un tiempo razonable, ya que cementos con leve tendencia, deben ser rechazados si el tiempo de mezclado en obra es muy pequeño.

Algunos autores especialistas en el tema, aconsejan para disminuir la posibilidad de que se produzca este hecho, el reemplazo de un porcentaje de piedra de yeso por anhídrita soluble, es decir, evitar la deshidratación durante la molienda. Siendo los porcentajes más satisfactorios 25 % de piedra de yeso y el 75 % de anhídrita soluble, en peso, ya que una sustitución total parecería no ser técnicamente posible.

EXPERIENCIAS REALIZADAS

A todas las muestras recibidas se les hicieron los ensayos especificados por la norma IRAM 1 503, tanto físicos como químicos. Además se efectuaron las siguientes determinaciones complementarias: resistencia a la flexión y compresión hasta la edad de 90 días, determinación de la plasticidad del mortero en la mesa de escurrimiento para los morteros normalizados y determinación del falso fragüe por los métodos del mortero,

T A B L A I

CEMENTOS PORTLAND EMPLEADOS EN LAS EXPERIENCIAS

| Procedencia | Marca |
|-------------|---------------------|
| Bélgica | Obourg |
| Colombia | Barranquilla |
| Chile | Melón |
| Chile | Cerro Blanco |
| Dinamarca | Norden |
| España | El Caballo |
| Perú | Sol |
| Perú | Andino |
| Rumania | Mineralimportexport |
| Rusia | -- |
| Rusia | Proletari |
| Uruguay | Ancap |
| Venezuela | Vencemos |

norma A.S.T.M. C-359-67-T y el de la pasta, norma A.S.T.M. C-451-68. Recordamos que la norma A.S.T.M. C-150 "Especificación para cemento portland" ya ha adoptado el último de los métodos mencionados como ensayo de rutina, con la aclaración que se debe aplicar cuando se requiera específicamente. El valor normalizado es: penetración final mínima 50 % de la inicial ($34 \pm \pm 4$ mm).

A continuación expondremos y comentaremos los resultados de los ensayos de los cementos que intervienen para este estudio.

En la tabla I se exponen las marcas y procedencias. Se observa que se han utilizado cementos del mercado de la ALALC y de países europeos.

En la tabla II se dan los resultados de los ensayos fí-

T A B L A II.- ENSAYOS

| Nº TAB. | MARCA | Superficie Específica (Blaine) cm ² /g | Tiempo de Traguado (VICAT) | | Expansión en auto- clave % | Retenido s tamiz IRAM 74µ (nº 200) % | Agua pa- ra pasta normal % |
|-----------|-------|--|----------------------------------|----------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| | | | Inicial h min | Final h min | | | |
| 5 486/68 | A | 2 598 | 5 05 | 4 55 | 0,06 | 17,0 | 24,5 |
| 1 242/69 | A | 2 466 | 2 55 | 4 55 | 0,01 | 14,8 | 24,5 |
| 2 804/69 | A | 2 686 | 5 05 | 4 50 | 0,04 | 16,9 | 24,5 |
| 5 544/69 | A | 2 657 | 2 45 | 4 15 | 0,07 | 18,0 | 24,5 |
| 4 500/69 | A | 2 758 | 5 55 | 5 40 | 0,06 | 17,0 | 24,5 |
| 7 685/69 | A | 2 649 | 5 00 | 7 00 | 0,02 | 21,0 | 24,5 |
| 16 126/69 | A | 5 155 | 5 05 | 4 25 | 0,09 | 14,6 | 24,5 |
| 18 716/69 | A | 2 871 | 5 50 | 5 10 | 0,05 | 11,0 | 24,5 |
| 2 553/70 | A | 2 551 | 5 55 | 5 15 | 0,05 | 15,5 | 24,5 |
| 5 681/70 | A | 2 854 | 5 20 | 5 10 | 0,07 | 15,6 | 24,5 |
| 16 505/69 | B | 5 151 | 2 40 | 4 50 | -0,02 | 5,0 | 26 |
| 5 554/70 | B | 5 158 | 5 15 | 4 45 | 0,02 | 5,5 | 26,5 |
| 557/70 | B | 2 882 | 5 50 | 4 20 | 0,02 | 6,7 | 26 |
| 1 688/70 | B | 5 060 | 5 40 | 5 20 | 0,00 | 5,8 | 28,5 |
| 1 689/70 | B | 5 044 | 2 50 | 4 50 | 0,02 | 5,8 | 29,5 |
| 1 752/70 | B | 2 974 | 5 40 | 5 40 | 0,00 | 2,1 | 29,5 |
| 5 682/70 | B | 5 122 | 5 20 | 8 20 | 0,02 | 7,8 | 29 |
| 4 517/70 | B | 2 996 | 5 15 | 5 10 | 0,02 | 4,8 | 28,5 |
| 574/70 | C | 5 421 | 1 50 | 5 00 | 0,01 | 11,2 | 25,5 |
| 11 177/70 | D | 5 551 | 5 45 | 6 30 | 0,00 | 16,1 | 24,5 |
| 1 758/69 | E | 5 801 | 2 25 | 3 55 | 0,12 | 5,2 | 28 |
| 16 721/69 | E | 5 557 | 5 40 | 5 00 | 0,14 | 4,8 | 26,5 |
| 6 562/69 | F | 2 882 | 4 15 | 6 55 | 0,08 | 7,7 | 26,5 |
| 16 137/69 | G | 5 426 | 2 15 | 3 20 | 0,16 | 1,8 | 28,0 |
| 1 257/69 | H | 5 375 | 2 15 | 3 40 | 0,32 | 7,2 | 26,0 |
| 16 727/69 | I | 5 151 | 2 20 | 3 55 | 0,10 | 10,5 | 26,0 |
| 16 872/69 | I | 5 178 | 2 30 | 3 55 | 0,10 | 7,3 | 26,0 |
| 18 116/69 | I | 5 122 | 2 20 | 3 50 | 0,05 | 5,8 | 25,5 |
| 896/70 | I | 5 310 | 2 50 | 4 05 | 0,09 | 7,1 | 28,5 |
| 16 873/69 | J | 5 085 | 2 15 | 3 30 | 0,06 | 4,5 | 24,5 |
| 18 115/69 | J | 2 797 | 2 10 | 3 50 | 0,05 | 4,6 | 24,5 |
| 897/70 | J | 5 458 | 1 55 | 2 40 | 0,02 | 5,0 | 24,5 |
| 1 737/69 | K | 4 624 | 2 15 | 4 30 | 0,13 | 5,2 | 29 |
| 14 608/69 | K | 4 782 | 2 30 | 5 05 | 0,07 | 2,0 | 29 |
| 16 885/69 | K | 4 827 | 2 30 | 5 55 | 0,08 | 1,7 | 29 |
| 16 158/69 | L | 4 742 | 5 55 | 5 45 | 0,00 | 5,8 | 28,5 |
| 7 686/69 | M | 5 011 | 4 50 | 6 50 | -0,05 | 8,2 | 24,0 |
| 19 048/69 | M | 5 598 | 3 30 | 5 05 | -0,05 | 5,4 | 25,0 |

límites especificados por norma IRAM ≥ 2 500 >45 min <10 h ≤ 1 = 15
1 503.

FISICOS (NORMA IRAM 1 503)

| Resistencia media de rotura a la edad de: | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|-------------|
| kg/cm ² | | | | | | | | |
| Flexión | | | | Compresión | | | | Plasticidad |
| 7 días | 28 días | 60 días | 90 días | 7 días | 28 días | 60 días | 90 días | |
| 64 | 77 | -- | -- | 252 | 392 | -- | -- | -- |
| 69 | 75 | -- | -- | 312 | 378 | -- | -- | -- |
| 69 | 87 | -- | -- | 320 | 454 | -- | -- | -- |
| 61 | 86 | -- | -- | 227 | 380 | -- | -- | -- |
| 75 | 77 | -- | -- | 295 | 376 | -- | -- | -- |
| 47 | 68 | -- | 84 | 186 | 339 | -- | 435 | -- |
| 59 | 77 | -- | -- | 273 | 367 | -- | -- | -- |
| 62 | 80 | 84 | 80 | 302 | 407 | 430 | 435 | 130 |
| 53 | 84 | 89 | 80 | 212 | 246 | 375 | 441 | 125 |
| 62 | 85 | 74 | 82 | 275 | 425 | 414 | 427 | 133 |
| 72 | 80 | 86 | 98 | 410 | 605 | 642 | 580 | -- |
| 82 | 95 | 94 | 102 | 516 | 645 | 559 | 576 | 125 |
| 67 | 82 | 96 | 94 | 364 | 442 | 511 | 582 | 115 |
| 87 | 95 | 98 | 100 | 391 | 524 | 540 | 574 | 124 |
| 90 | 94 | 99 | 95 | 413 | 526 | 534 | 491 | 122 |
| 68 | 87 | 97 | 97 | 256 | 472 | 525 | 519 | -- |
| 62 | 86 | 85 | -- | 279 | 405 | 479 | -- | 110 |
| 77 | 89 | -- | 88 | 365 | 510 | -- | 612 | 110 |
| 73 | 79 | 80 | 62 | 346 | 349 | 405 | 459 | 130 |
| 68 | 80 | -- | -- | 407 | 428 | -- | -- | -- |
| 72 | 80 | 87 | 92 | 446 | 498 | 523 | 491 | -- |
| 78 | 83 | 86 | 91 | 386 | 527 | 850 | 600 | -- |
| 77 | 95 | 97 | 95 | 394 | 422 | 494 | 553 | -- |
| 66 | 75 | 84 | 83 | 340 | 435 | 461 | 416 | -- |
| 65 | 76 | -- | -- | 316 | 449 | -- | -- | -- |
| 79 | 83 | 86 | 88 | 320 | 451 | 499 | 461 | -- |
| 76 | 82 | 84 | 92 | 367 | 451 | 471 | 490 | -- |
| 69 | 90 | 90 | 105 | 353 | 393 | 644 | 681 | 130 |
| 74 | 88 | 79 | -- | 435 | 473 | 435 | -- | 115 |
| 54 | 84 | 83 | 95 | 264 | 488 | 598 | 530 | -- |
| 69 | 86 | 86 | 98 | 306 | 497 | 568 | 491 | 135 |
| 61 | 81 | 85 | -- | 336 | 490 | 453 | -- | 135 |
| 65 | 67 | 82 | 94 | 270 | 330 | 348 | 325 | -- |
| 71 | 80 | 74 | 89 | 260 | 262 | 340 | 350 | -- |
| 67 | 81 | 86 | -- | 269 | 317 | 403 | -- | -- |
| 58 | 74 | 95 | 95 | 269 | 323 | 487 | 528 | -- |
| 52 | 81 | 93 | 96 | 237 | 412 | 500 | 502 | -- |
| 45 | 57 | 77 | 71 | 200 | 260 | 327 | 392 | 108 |

≧ 35

≧ 55

≧ 170

≧ 300

sicos realizados siguiendo las técnicas de la norma IRAM 1 503, ya que ésta es de aplicación en la Provincia de Buenos Aires desde el 9-10-1967. Al pie del mismo se han incluido los requisitos especificados por dicha norma.

Debemos recordar que para admitir el ingreso al país los cementos portland debían cumplir con los requisitos exigidos por el viejo Pliego del M.O.P. de la Nación actualmente en desuso, pues a partir del mes de abril del corriente año ha sido reemplazado para la recepción de cementos portland por la norma IRAM ya citada.

Los valores obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión a 28 días varían desde 246 a 645 kg/cm²; diferencias tan notables no son frecuentes en cementos nacionales provenientes de una zona de producción (iguales características se observan en las resistencias mecánicas a 60 y 90 días de edad). Además existen 3 resultados menores al especificado por la norma. Respecto a la finura medida por el porcentaje retenido sobre tamiz IRAM 74 μ (nº 200) se puede decir algo similar, ya que estos varían entre 1,7 % y 21 % con siete valores que superan el requisito normalizado.

También se encuentra una gran variación en las superficies específicas (Blaine) cuyos valores van desde 2 466 hasta 4 827 cm²/g.

La plasticidad del mortero normalizado por la norma IRAM 1 622 fue medida en la mesa de caída libre, con 25 golpes en 15 s. Se observa que las distintas marcas tienen grandes diferencias lo que lógicamente incidirá en el contenido unitario de agua en los hormigones para un asentamiento constante.

En la tabla III se exponen los resultados de los análisis químicos realizados según la norma IRAM 1 504. En la parte inferior se consignan los valores especificados de aceptación.

También se incorporan los resultados de la composición en compuestos calculada de los cementos portland importados sin adición ya que para los de la zona de influencia del ALALC se permitió la importación de cementos con adiciones.

A pesar de que se realizaron ensayos de aprobación de

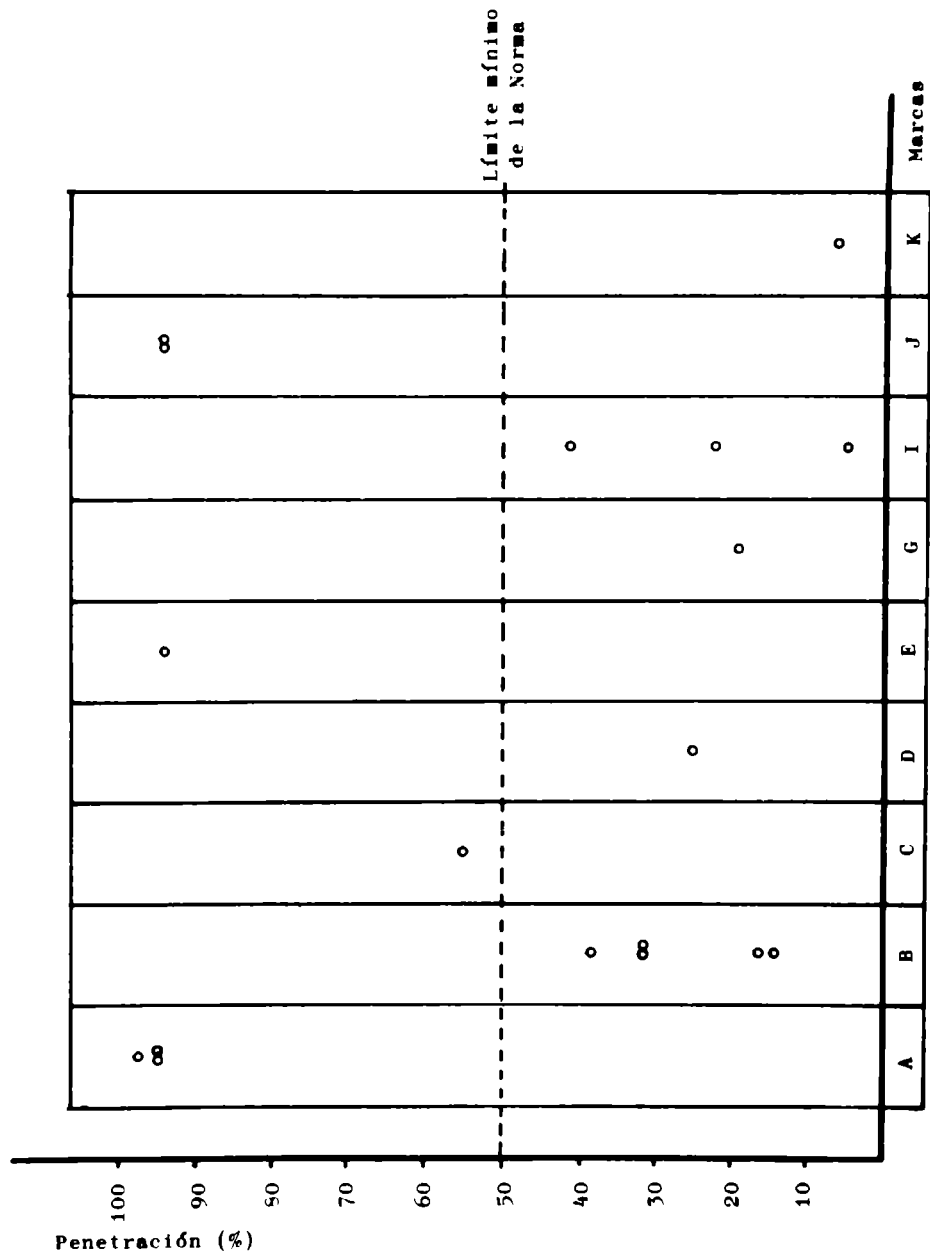


Fig. 1. - Falso frágile (método de la pasta), ASTM C-451-625

T A B L A I I I

ENSAYOS QUIMICOS (Norma IRAM 1 503) y COMPOSICI

(Valores expresados como

| Nº LAB. | Marca | Residuo insoluble | Pérdida por calcinación | SO ₃ | MgO | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ |
|-----------|-------|-------------------|-------------------------|-----------------|------|------------------|--------------------------------|
| 3 486/68 | A | 0,3 | 1,1 | 1,5 | 1,9 | 21,3 | 4,1 |
| 1 242/69 | A | 0,6 | 0,9 | 1,7 | 1,5 | 21,8 | 4,5 |
| 2 804/69 | A | 0,8 | 1,0 | 2,3 | 1,7 | 20,8 | 4,2 |
| 3 544/69 | A | 0,3 | 0,8 | 1,3 | 2,5 | 21,3 | 4,1 |
| 4 300/69 | A | 0,4 | 2,4 | 1,2 | 2,4 | 21,5 | 4,0 |
| 7 685/69 | A | 0,7 | 1,4 | 2,0 | 0,6 | 21,6 | 4,1 |
| 16 126/69 | A | 0,8 | 0,7 | 1,1 | 0,6 | 21,5 | 4,5 |
| 18 716/69 | A | 0,77 | 1,08 | 1,13 | 1,25 | 22,58 | 4,75 |
| 2 333/70 | A | 0,32 | 1,18 | 1,29 | 1,58 | 22,22 | 4,36 |
| 3 681/70 | A | 0,5 | 1,4 | 1,2 | 1,8 | 21,9 | 4,1 |
| 16 503/69 | B | 0,8 | 2,3 | 1,9 | 1,0 | 21,0 | 2,2 |
| 334/70 | B | 0,39 | 1,13 | 2,85 | 0,52 | 22,26 | 2,23 |
| 1 688/70 | B | 0,45 | 1,43 | 1,77 | 1,11 | 21,0 | 2,52 |
| 357/70 | B | 0,43 | 1,50 | 1,00 | 1,10 | 21,57 | 2,50 |
| 1 689/70 | B | 0,42 | 1,87 | 1,85 | 1,05 | 22,84 | 2,52 |
| 1 752/70 | B | 0,65 | 1,95 | 1,89 | 0,70 | 21,05 | 2,64 |
| 3 682/70 | B | 1,1 | 2,6 | 2,3 | 1,0 | 21,2 | 2,5 |
| 4 517/70 | B | 0,5 | 1,87 | 1,70 | 1,1 | 22,3 | 2,9 |
| 374/70 | C | 0,13 | 2,34 | 2,20 | 0,64 | 20,49 | 5,06 |
| 11 177/70 | D | 0,25 | 1,90 | 1,98 | 0,40 | 20,97 | 2,83 |
| 1 738/69 | E | 0,14 | 1,36 | 1,79 | 0,94 | 20,74 | 2,90 |
| 16 721/69 | E | 1,0 | 1,2 | 2,3 | 0,7 | 20,5 | 2,4 |
| 6 362/69 | F | 1,4 | 0,8 | 1,8 | 1,0 | 20,7 | 2,0 |
| 16 137/69 | G | 0,8 | 1,2 | 2,3 | 0,6 | 21,0 | 2,3 |
| 1 257/69 | H | 0,2 | 0,9 | 1,9 | 5,0 | 20,5 | 3,7 |
| 16 727/69 | I | 0,5 | 1,2 | 2,4 | 1,6 | 18,8 | 2,8 |
| 16 872/69 | I | 0,8 | 1,4 | 1,2 | 3,8 | 18,4 | 3,0 |
| 18 116/69 | I | 0,2 | 1,4 | 1,9 | 1,2 | 21,9 | 3,3 |
| 896/70 | I | 0,17 | 0,16 | 3,90 | 2,69 | 19,53 | 3,20 |
| 16 873/69 | J | 0,2 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 21,8 | 3,8 |
| 18 115/69 | J | 0,3 | 1,6 | 2,3 | 1,2 | 21,7 | 3,3 |
| 897/70 | J | 0,84 | 1,35 | 1,95 | 0,30 | 21,98 | 3,59 |
| 1 737/69 | K | 24,72 | 3,02 | 2,11 | 1,94 | 14,24 | 2,72 |
| 14 608/69 | K | 26,2 | 1,8 | 3,6 | 0,7 | 15,9 | 5,2 |
| 16 885/69 | K | 25,9 | 2,6 | 2,1 | 1,7 | 13,8 | 2,6 |
| 16 138/69 | L | 25,1 | 2,1 | 0,6 | 0,7 | 10,4 | 3,2 |
| 7 686/69 | M | 0,5 | 1,5 | 1,8 | 0,6 | 22,0 | 5,0 |
| 19 048/69 | M | 1,30 | 2,95 | 4,30 | 1,50 | 20,40 | 5,25 |

Límites especificados
por norma IRAM 1 503 ≤ 1 ≤ 3 ≤ 2,5 ≤ 5

ON EN COMPUESTOS POTENCIAL (Norma IRAM 1 504)

por ciento en peso)

| Al ₂ O ₃ | Ca | Na ₂ O | K ₂ O | Cal libre | Alcali total (en Na ₂ O) | Composición compuesta potencial calculada | | | |
|--------------------------------|-------|-------------------|------------------|-----------|-------------------------------------|---|-----------------|-----------------|------------------|
| | | | | | | SC ₃ | SC ₂ | AC ₃ | FAC ₄ |
| 5,6 | 63,3 | 0,18 | 0,59 | -- | 0,56 | 48,0 | 24,8 | 7,9 | 12,5 |
| 5,0 | 63,0 | 0,08 | 0,56 | -- | 0,45 | 45,9 | 27,9 | 5,6 | 13,7 |
| 5,5 | 62,3 | 0,15 | 0,58 | -- | 0,53 | 46,0 | 24,9 | 7,7 | 12,8 |
| 5,6 | 63,3 | 0,17 | 0,61 | -- | 0,57 | 48,6 | 24,4 | 7,9 | 12,5 |
| 9,3 | 57,4 | 0,12 | 0,64 | 0,28 | 0,54 | -- | -- | -- | -- |
| 5,4 | 61,9 | 0,14 | 0,47 | -- | 0,45 | 40,0 | 31,8 | 7,4 | 12,5 |
| 6,1 | 63,6 | 0,12 | 0,72 | -- | 0,59 | 45,0 | 27,7 | 8,6 | 13,7 |
| 5,04 | 62,35 | 0,08 | 0,64 | 0,31 | 0,50 | 37,7 | 36,3 | 5,3 | 14,4 |
| 4,18 | 64,04 | 0,10 | 0,72 | 0,94 | 0,57 | 53,8 | 23,0 | 3,7 | 13,3 |
| 3,8 | 63,8 | 0,18 | 0,70 | 0,76 | 0,64 | 58,5 | 18,7 | 3,1 | 12,5 |
| 5,0 | 64,8 | 0,13 | 0,13 | -- | 0,21 | 62,0 | 13,4 | 9,5 | 6,7 |
| 5,48 | 64,3 | 0,11 | 0,09 | -- | 0,16 | 44,5 | 30,2 | 10,7 | 6,8 |
| 6,26 | 64,85 | 0,10 | 0,61 | 0,38 | 0,14 | 53,7 | 19,7 | 12,3 | 7,7 |
| 5,20 | 65,0 | 0,09 | 0,13 | 0,57 | 0,17 | 59,3 | 17,1 | 9,6 | 7,6 |
| 4,90 | 63,91 | 0,12 | 0,06 | 0,25 | 0,16 | 44,8 | 31,7 | 8,7 | 7,7 |
| 6,82 | 63,80 | 0,18 | 0,18 | 0,90 | 0,30 | 44,8 | 26,5 | 13,6 | 8,0 |
| 6,0 | 63,5 | 0,20 | 0,18 | 0,76 | 0,32 | 46,9 | 25,4 | 11,7 | 7,6 |
| 4,1 | 64,0 | 0,15 | 0,12 | 0,70 | 0,23 | 54,5 | 22,8 | 5,9 | 8,8 |
| 5,80 | 62,64 | 0,63 | 1,50 | -- | 1,61 | 46,8 | 35,4 | 6,8 | 15,4 |
| 7,98 | 62,55 | 0,50 | 0,68 | 0,24 | 0,84 | 43,0 | 27,7 | 16,4 | 8,6 |
| 6,70 | 64,3 | -- | -- | -- | -- | 50,0 | 21,5 | 12,8 | 8,8 |
| 5,9 | 65,9 | 0,24 | 0,35 | -- | 0,47 | 62,9 | 11,4 | 11,6 | 7,3 |
| 5,0 | 66,2 | 0,21 | 0,27 | 0,0 | 0,39 | 70,6 | 6,1 | 9,9 | 6,1 |
| 6,5 | 63,7 | 0,51 | 0,55 | -- | 0,87 | 46,2 | 25,4 | 13,3 | 7,0 |
| 5,7 | 61,2 | 0,05 | 1,20 | -- | 0,83 | 44,4 | 25,3 | 8,8 | 11,3 |
| 7,8 | 63,1 | 0,26 | 0,68 | -- | 0,70 | 50,8 | 15,6 | 15,9 | 8,5 |
| 7,4 | 62,4 | 0,24 | 0,68 | -- | 0,68 | 56,8 | 9,9 | 14,5 | 9,1 |
| 5,5 | 61,1 | 0,10 | 0,51 | -- | 0,43 | 35,2 | 36,2 | 9,0 | 10,0 |
| 6,85 | 61,87 | 0,22 | 0,60 | -- | 0,61 | 41,8 | 24,4 | 12,7 | 9,7 |
| 5,9 | 63,1 | 0,43 | 0,63 | -- | 0,84 | -- | -- | -- | -- |
| 4,4 | 63,4 | 0,07 | 0,56 | -- | 0,44 | 53,2 | 22,7 | 6,1 | 10,0 |
| 5,71 | 63,30 | 0,07 | 0,53 | -- | 0,42 | 41,6 | 31,6 | 9,1 | 10,9 |
| 5,60 | 45,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,6 | 43,4 | 0,46 | 0,62 | -- | 0,86 | -- | -- | -- | -- |
| 5,2 | 44,7 | 0,43 | 0,63 | -- | 0,84 | -- | -- | -- | -- |
| 3,0 | 47,1 | 0,08 | 0,09 | -- | 0,14 | -- | -- | -- | -- |
| 2,8 | 65,7 | 0,12 | 0,22 | -- | 0,26 | -- | -- | -- | -- |
| 2,75 | 60,5 | 0,32 | 0,07 | -- | 0,22 | -- | -- | -- | -- |

T A B L A I A

DETERMINACION DE FALSO FRAGUE METODO DEL MORTERO ASTM C-559-61
Y METODO DE LA PASTA ASTM C-451-62

| Nº LAB. | Marca | Método del mortero | | | | Método de la pasta | |
|-----------|-------|--------------------|-------|-------|--------|--------------------|------------------------------|
| | | 3 min | 5 min | 8 min | 11 min | Remez- clado | Penetración Inicial Final |
| 7 685/69 | A | 58 | 48 | 45 | 45 | 50 | 36 35 97 |
| 16 126/69 | A | 50 | 50 | 45 | 40 | 50 | 37 35 95 |
| 18 716/69 | A | 48 | 45 | 45 | 40 | 50 | 38 36 95 |
| 16 505/69 | B | 27 | 0 | 0 | 0 | 45 | 35 11 31 |
| 334/70 | B | 50 | 6 | 2 | 0 | 50 | 37 14 38 |
| 357/70 | B | 50 | 12 | 6 | 0 | 45 | 36 11 31 |
| 1 688/70 | B | 50 | 2 | 0 | 0 | 50 | 38 6 16 |
| 1 689/70 | B | 48 | 4 | 0 | 0 | 45 | 36 5 14 |
| 14 564/70 | B | 45 | 20 | 1 | 0 | 50 | -- -- -- |
| 374/70 | C | 46 | 18 | 7 | 0 | 40 | 38 21 55 |
| 11 177/70 | D | 50 | 19 | 2 | 0 | 50 | 36 9 25 |
| 16 721/69 | E | 50 | 47 | 15 | 5 | 50 | 36 34 94 |
| 16 137/69 | G | 47 | 22 | 0 | 0 | 30 | 36 7 19 |
| 16 727/69 | I | 5 | 3 | 0 | 0 | 40 | 37 2 5 |
| 16 872/69 | I | 15 | 8 | 3 | 2 | 44 | 36 8 22 |
| 18 116/69 | I | 10 | 7 | 2 | 0 | 45 | 34 14 41 |
| 16 873/69 | J | 50 | 50 | 45 | 45 | 50 | 34 32 94 |
| 18 115/69 | J | 50 | 50 | 45 | 45 | 47 | 32 30 94 |
| 14 608/69 | K | 12 | 6 | 0 | 0 | 21 | 38 8 21 |
| 16 885/69 | K | 5 | 0 | 0 | 0 | 7 | 34 2 6 |
| 19 048/69 | M | 50 | 30 | 15 | 0 | 50 | -- -- -- |

Valor de la norma

50

partidas, tres muestras no cumplen con lo especificado por la norma para residuo insoluble y cuatro superan al valor permitido para anhídrido sulfúrico.

Se observa que una de las muestras tiene 5 % de óxido de magnesio límite establecido en las especificaciones sin tener problemas de estabilidad de volumen.

Además se tiene el cemento marca C, que posee un elevado porcentaje de álcali total (1,61 %).

La composición potencial calculada en compuestos pone en evidencia, una vez más, la gran heterogeneidad en la composición de los cementos portland.

En la tabla IV se dan los resultados de los ensayos de falso fragüe de los cementos en estudio, por ambos métodos normalizados por ASTM. En él se observa bastante buena correlación entre ambos métodos, y que en general la mayor parte de los cementos ensayados tienen falso fragüe.

Cuando se ensayaron varias muestras de una misma marca, los resultados fueron concordantes, es decir, el fenómeno se verificó en todas las muestras.

Los resultados obtenidos por el método de la pasta están representados en la figura 1.

OBSERVACIONES FINALES

- 1) Muchos de los cementos portland estudiados tienen características inferiores a las de los cementos portland nacionales.
- 2) De las muestras analizadas se infiere que este problema de falso fragüe sólo ha sido solucionado por algunas fábricas pero existe un predominio de los que lo tienen.
- 3) Existe buena correlación de resultados entre ambos métodos de ASTM para la determinación de falso fragüe.

BIBLIOGRAFIA

1. Fessia, S. D. - Influencia del óxido de potasio en el fraguado falso de cemento portland. 1er. Simposio sobre Ligantes Hidráulicos de Producción Nacional y sus Aplicaciones. (1966).
2. Colina, J. F., Wainsztein, M. y Batic, O. R. - Cemento portland. Análisis de resultados de ensayos realizados en el LEMIT según norma IRAM 1 503. Revista Vialidad, nº 44, julio/setiembre 1968.
3. Wainsztein, M. - Estudio y experiencia sobre el fenómeno de falso fragüe. Publicación de la Facultad de Ingeniería, Serie III, nº 248, (1969).
4. Neville, A. M. - Properties of concrete. (1963).
5. Gilliland, J. L. - Significance of false set tests. Proceedings ASTM, Vol. 63, (1963).
6. Sawyer, J. L. - Control of false set by the use of anhydrite and gypsum blends. Proceedings ASTM, Vol. 63, (1963).
7. Blanks, R. F. and Gilliland, J. L. - False set in Portland cement. Journal American Concrete Institute. Vol. 22, nº 7, (1951).
8. Hansen, W. C. - Aereation cause of false set in Portland cement. Proceedings ASTM, Vol. 58, (1958).
9. Norma ASTM C-359-67-T. Falso fragüe del cemento portland (Método del mortero).
10. Norma ASTM C-451-68. Falso fragüe del cemento portlan (Método de la pasta).
11. Norma ASTM C-150-68. Especificación para cemento portland.
12. Norma IRAM 1 503. Cemento portland normal.