

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

615-30 EL CEMENTO DE ESCORIAS EN LA CONSTRUCCION DE PISTAS

(Le Ciment de Laitier dans la Construction des Pistes)

De: "REVUE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET DE TRAVAUX PUBLICS"

(Édition C), nº 458, Noviembre 1953, pág. 118

- - -

INFORME DE LA COMISION DE ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE EMPLEO
DE LOS CEMENTOS DE ESCORIA EN LA CONSTRUCCION DE PISTAS

La Fédération des Chaux et Ciments dió a conocer, en Julio de 1952, al Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie des Liants Hydrauliques, un cierto número de incidentes - producidos en diversas obras de aeródromos que utilizaban cementos a base de escoria. Ante la importancia de estos incidentes, el Gobierno decidió prohibir, en previsión, el empleo de estos cementos en la construcción de pistas.

El Centre d'Etudes invitó a considerar de urgencia - una reunión de todos los interesados a fin de determinar la importancia de los incidentes, su causa, y si ciertamente la medida tomada por el Gobierno tenía una justificación técnica. - Con este motivo, a partir del 24 de Julio se reunió un Comité en el que estaban representados el Service de l'Infrastructure du Ministère de l'Air, el Service Technique des Bases Aériennes, la Commission des Chaux et Ciments du Ministère des Travaux Publics, los Empresarios Especialistas de la Construcción de Pistas y los Fabricantes de Cemento. Este Comité, constitu-

yó inmediatamente una Comisión limitada, encargada de establecer un programa de trabajo. Este programa comprendía:

1º - La comprobación de las anomalías.

2º - Una serie de ensayos de laboratorio destinados a investigar si, como había admitido el Gobierno, la causa de las anomalías correspondía a una resudación más intensa de los hormigones con cemento de escorias.

3º - Ensayos de obra, sobre una pista experimental que la fábrica de cementos de Rombas se ofreció a construir en el interior de sus instalaciones.

Estos diversos ensayos, en la actualidad están prácticamente terminados y han sido completados por una serie de comprobaciones hechas sobre pistas construidas en el Este de Francia, a fin de medir la dureza superficial de los hormigones elaborados con los diferentes cementos.

El objeto del presente informe es dar cuenta de este conjunto de ensayos y de ellos deducir conclusiones. Para ello se tomarán sucesivamente los diversos puntos que figuran en la orden del día de la Comisión.

I - COMPROBACION DE LAS ANOMALIAS

Habiendo autorizado el Servicio de l'Infrastructure al Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics abrir sus archivos, se solicitó por parte de éstos, aclarar en sus laboratorios de Obras, la importancia de los perjuicios sobre los aeródromos.

Se han recogido informes sobre cuatro pistas. El Director de la Sociedad Soliditit, que formaba parte de la Comisión,

ha tenido a bien comunicar sus observaciones sobre una quinta pista.

En conjunto los perjuicios comprobados son de dos tipos: Fisuras y formación de polvo.

Se han observado fisuras sobre pistas construidas con cemento que contiene escorias y sobre una pista hecha con cemento Portland, sin que los elementos estadísticos de que disponía la Comisión hayan permitido deducir conclusión alguna. Por el contrario, el empolvamiento es conocido desde hace tiempo, por producirse siempre que el hormigón hecho con cemento de escoria está expuesto al aire en el periodo de fraguado sin riego suficiente. La importancia de las anomalías en los diferentes terrenos es la siguiente (Informe de fecha 15 Diciembre de 1952):

Terreno A - realizado con cemento de alto horno: empolvamiento - 0,5%.

Se comprueban fisuras en el 0,8% de las losas; las anotaciones conservadas de las obras permiten atribuir estas fisuras a retrasos en la preparación de las juntas de retracción.

Terreno B - empolvamiento 0; fisuras, 2,7%.

Los datos de la obra en construcción, atribuyen la fisuración a causas corrientes, en especial la puesta en obra en tiempo cálido sin humidificación inmediata, sin señalar que la calidad del cemento haya podido jugar un papel importante.

Terreno C - realizado con cemento de alto horno: empolvamiento 0 y número de losas fisuradas 6,1% del total.

Las Memorias de la obra de fábrica correspondientes a las losas fisuradas, demuestran un riego insuficiente y una confección muy tardía de las juntas de retracción.

Terreno D - ninguna observación sobre el empolvamiento.

El hormigonado se efectuó a partir del 24 de Junio, utilizando en parte máquinas Dingler, y para el resto, máquinas S.G.M.E. En la zona realizada con el material Dingler se fisuraron 75 losas en un total de 85. Por el contrario, de las 858 losas hechas con el material S.G.M.E., solamente 5 presentaban fisuras.

La Memoria de la obra en construcción señala, que algunas de éstas últimas son debidas a una mala puesta en obra, consecuencia de una deficiencia en los equipos.

La fisuración parecía en este caso debida únicamente al material empleado.

Terreno E - Sólo 2 ó 3 losas presentan fisuras, lo que representa un porcentaje muy débil del total de losas construidas. La recepción definitiva de los trabajos se pronunció sin observación alguna. El trabajo se llevó a cabo en parte con cemento Portland y en parte con cemento de escoria, según las posibilidades de entrega de las fábricas.

La consideración de las superficies alteradas permite reducir los incidentes ocurridos a su justa proporción. Ha habido algunos casos de empolvamiento que deben ser absolutamente evitados y de los que conviene investigar las causas.

II - ENSAYOS DE LABORATORIO

Se han llevado a cabo ensayos en el laboratorio de la Fábrica de Rombas, en el Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics, en el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées y en el Laboratoire du Centre d'Etudes.

La Comisión había admitido en principio que el empolvamiento debía corresponder a una subida excesiva de lechada, la cual expuesta al aire se secaba y no fraguaba, dando en la superficie un material pulverulento.

El fenómeno de empolvamiento aparecía pues en razón directa con la subida de lechada, es decir, el exudado del hormigón. Es en este estudio del exudado por el que se ha atacado más a los distintos laboratorios. Según el programa que se les había trazado, debían investigar si se comprobaba una diferencia sensible entre el exudado de los cementos de escoria y del cemento Portland, y examinar si adiciones de productos plastificantes permitían disminuir el exudado.

El método empleado ha sido el "standard" americano aplicado a pastas puras y que consiste en recoger, en un embudo lleno de un líquido pesado, el agua que remonta en la superficie del hormigón. El método ha mostrado ser muy poco sensible para los hormigones muy secos, tales como los que se utilizan normalmente sobre pistas. El Laboratoire du Centre ha puesto a punto un método en el cual el agua es elevada por medio de papel de filtro, permitiendo continuar las investigaciones en el dominio en que el ensayo americano no daba resultados. Un método más preciso, pero de aplicación difícil, ha sido propuesto por el Laboratoire des Ponts et Chaussées. Consiste en congelar las probetas, cortarlas en lonjas y determinar el contenido de agua de cada una de ellas.

La Comisión ha recibido la Memoria de los diferentes Laboratorios, a excepción del de Ponts et Chaussées donde todavía continúan los estudios. Las conclusiones son las siguientes:

a) - Cuando el hormigón está hecho en las condiciones del Pliego de las Bases Aéreas, es decir, con una relación agua-cemento = 0,36, no había exudación en ningún caso, cualesquiera que sea la naturaleza del cemento empleado. El exudado no se hacía sensible en pasta pura más que para valores de la relación agua/cemento del orden de 0,5.

El empleo de plastificantes del tipo "Plastocrete", - permite reducir el contenido en agua del hormigón, a igualdad de plasticidad. Si el hormigón está de acuerdo con el Pliego de Condiciones no debe tener exudación.

b) - Si se examinan las pastas y morteros hechos con diferentes calidades de cementos y con contenidos de agua tales que en efecto se produzca exudación, el elemento determinante - parece ser la finura del cemento y no su naturaleza.

Los ensayos hechos con el cemento de escoria de Rombas, que es un cemento de molienda fina, han hecho aparecer un exudado inferior al de otras calidades de cemento.

Los ensayos hechos en el Laboratoire du Centre con el fin de investigar la influencia de adiciones sobre el exudado, no han permitido comprobar un resultado favorable más que en el caso del cloruro cálcico.

En resumen, los ensayos de laboratorio no han dado indicación alguna que permita acusar a los cementos hechos a base de escoria. La aplicación estricta del Pliego de Condiciones impide todo exudado.

III - PISTAS DE ROMBAS

Si los ensayos hechos en el Laboratorio no habían hecho aparecer una diferencia sensible entre el exudado de los horrigones con cemento de escoria y los hechos con cemento Portland, la Comisión debía investigar si el empolvamiento no podía, en ciertos casos, atribuirse a una diferencia de dureza superficial inherente al empleo de ciertos cementos.

Era pues interesante comparar, sobre obras en construcción, la dureza superficial de losas hechas con diferentes cementos, llevando o no productos de adición.

En el curso de su primera sesión, la Comisión había aceptado la propuesta de la Sociedad de Rombas de hacer construir en el interior de sus instalaciones un revestimiento constituido por losas hechas con cementos diferentes. Además, considerada aparte la cuestión de la exudación, se había decidido encargar a la Société du Vacuum Concrete un cierto número de losas para comparar su dureza superficial con la de las losas no tratadas.

La pista se construyó en el interior de la fábrica durante el mes de agosto. En el invierno siguiente sufrió la circulación de camiones que cargaban cemento en la fábrica de Rombas. Pasado el invierno se procedió a un examen completo de las diferentes losas y a sus ensayos de dureza superficial. Se ha ensayado un esclerómetro de trayectoria rectilínea; el trazo en el curso de una sola pasada era insuficiente para permitir observaciones. M. de Langavant, Consejero del Laboratoire du Centre, imaginó un esclerómetro de rotación que permite hacer, por medio de una mecha ó barreno (mèche) giratoria, huellas en la su-

perficie de una losa. Se han efectuado ensayos en Rombas y han da-
do muy buenos resultados; se han llevado a cabo sobre las 34 lo-
sas que constituían la pista de ensayo. De estas 34, la mitad ha-
bían sido tratadas por el procedimiento de Vacío, las otras pue-
tas en obra simplemente por medio de una viga vibrante. El modo de
fabricación y de alisado era, por otra parte, bastante rudimenta-
rio, no disponiendo la fábrica del material perfeccionado de los
empresarios especializados en la construcción de pistas. Las dife-
rentes losas se construyeron con los siguientes cementos:

- Cemento Portland de alta resistencia inicial
- Cemento férrico
- Cemento de alto horno 160-250
- Cemento escoria-clinker 250-315

Con cada uno de estos cementos, se construyeron las si-
guientes losas:

- | | | |
|---|---|-------------------------|
| 2 losas sin adición alguna | { | una simplemente vibrada |
| | | una tratada al vacío |
| 2 losas con adición de plas-
tificante ("Plastocrete") | { | una simplemente vibrada |
| | | una tratada al vacío |
| 2 losas con adición de un
agente "air - entraining" | { | una simplemente vibrada |
| | | una tratada al vacío |

Con el cemento férrico, se han llevado a cabo también en-
sayos con adición de bentonita, que puede considerarse como un -
plastificante, y con los de alto horno y de escoria - clinker se

incorporó además cal grasa a la bentonita.

Debe observarse, en principio, que las condiciones de en sayo del método de tratamiento por vacío no han sido favorables en la obtención de buenos resultados. En efecto, en lugar de emplear una mezcla más rica en agua, (que hubiera aprisionado por aspira- ción), se empleaba la misma mezcla de débil contenido en agua uti- lizada para la preparación de losas simplemente vibradas, aplican- do el vacío después de la vibración.

Se ha confirmado el hecho indicado anteriormente de que, cuando el hormigón está hecho con un contenido en agua suficiente- mente bajo, no ha subido lechada a la superficie de la losa, es - decir, el tratamiento por vacío no da mejora alguna a la dureza su- perficial. Sin embargo, merecería la pena revisar la cuestión en condiciones distintas y partiendo de una composición inicial más rica en agua.

Considerando simplemente las losas vibradas sin trata - miento al Vacío, se confirma que la diferencia entre las huellas al esclerómetro obtenidas con hormigones de diferentes orígenes, sin adición, es muy pequeña. No aparece diferencia alguna entre - las losas sin adición, simplemente vibradas y hechas con las cua - tro categorías de cemento.

Por el contrario la mejora es sensible, y se comprueba en todos los casos con el plastocrete. Los agentes de "air-entrai- ning" no podían dar, y de hecho no han dado, buenos resultados. - Era de preveer que un hormigón al que se han incorporado burbujas de aire fuera menos duro en la superficie que un hormigón en masa.

La bentonita ha dado, al menos con el cemento de alto - horno, resultados que parecían superiores al hormigón sin adición,

aunque sin alcanzar la calidad del hormigón con plastocrete. La incorporación de cal al cemento de alto horno y al de escoria con clinker, parece haber mejorado ligeramente los resultados. Sería preciso volver a repetir los ensayos y hacer una serie suficiente de ellos, para estar seguro que no se trata de una dispersión debida a variaciones en la dureza superficial del material.

En conjunto, estos resultados parecen confirmar los ensayos de Laboratorio. Los hormigones fabricados con bajo contenido de agua y cementos, lleven o no escoria, dan durezas superficiales muy parecidas. El empleo de plastificante mejora la calidad de la superficie y de éstos el plastocrete parece dar los mejores resultados.

IV - ENSAYOS DE PISTAS DE AVIACION EXISTENTES

El Service de l'Infrastructure au Ministère de l'Air autorizó la ejecución de una serie de ensayos de dureza sobre losas colocadas en diferentes aeródromos de la Región del Este. Estos ensayos se han llevado a cabo del 20 al 25 de Abril. Las losas ensayadas han sido elegidas por el Service des Ponts Chaussées de Nancy. Los ensayos se han hecho en particular sobre losas cuya puesta en obra había dado lugar a incidentes: temperatura elevada, helada, precipitaciones abundantes, incidentes en la marcha de la vibradora, etc.

Los ensayos se llevaron a cabo en las mismas condiciones que en Rombas, por medio de un esclerómetro de rotación. Para ello, se había construido un dispositivo especial provisto de dos puntas simétricas que trazaban una huella única. Las condiciones de ejecución del ensayo se eligieron de manera que aún los hormigones más duros fuesen atacados. Se ha hecho una comparación en -

tre las huellas después de 10, 20, 40 y 80 vueltas, demostrándose así que pasadas las 40 vueltas se alcanza prácticamente el límite de perforación. Esta perforación no alcanza más que la capa de lechada superficial. En todos los casos, una vez eliminada aquélla, el hormigón resiste al dispositivo empleado y lo hubiera deteriorado en caso de insistencia.

El ensayo ha demostrado ser muy sensible y ha permitido poner en evidencia las diferencias de dureza que un examen directo no hubiera permitido ver. La amplitud de la huella, que varía desde 2 mm. para las losas muy duras a 7 mm. y más aún, para las losas relativamente blandas, permite obtener resultados cuantitativos. En las figuras se encuentran las fotografías de un cierto número de impresiones características de distintas pistas. El conjunto de los ciento cincuenta moldes, que comprende los ensayos hechos sobre losas cuya puesta en obra dió lugar a incidentes, se ha puesto a disposición de la Comisión.

Los aeródromos ensayados han sido:

F, construido completamente con cemento Portland

G, construido con cemento de escoria C.L.K.

E y H, en el que se han empleado sucesivamente el Portland y escoria.

Sobre el aeródromo F, se han hecho unos treinta ensayos en puntos indicados por la Administración. La importancia de las huellas permite darse cuenta de la incidencia de las condiciones de puesta en obra.

Las losas construidas en buenas condiciones han dado huellas de 3 a 4 mm. de ancho.

Sobre la pista G, en la que se han hecho veinte ensayos, los resultados son muy comparables a los de la F. Aquí, es interesante señalar que los hormigones de G se han hecho con cementos de escoria en pleno verano. La anchura media de las huellas está comprendida entre 3 y 4,5 mm.

El aeródromo E, había llamado la atención durante la reunión del Comité Restringido a raíz de los mediocres resultados obtenidos sobre las losas de cementos de escoria.

Una encuesta ha hecho aparecer que los ensayos de E, habían sido menos completos que los de otros terrenos; la parte central de la pista se construyó con productos negros (bituminosos?). Sólo los dos extremos fueron contruidos con hormigón y sobre éstos han llevado a cabo los ensayos el Service Local de Ponts et Chaussées. Uno de los dos extremos de la pista, hecho de cemento Portland, ha dado excelente resultado. El otro, construido el invierno siguiente, lleva losas de Portland y losas de escoria C.L.K. Ambas han dado durezas mucho menores que las del otro extremo; la anchura de huella varía de 4 a 7 mm. Sobre las cuatro losas de escorias examinadas, dos se han construido a mano con pisón vibrante, otra bajo forma congelada. El Servicio no ha dado ninguna indicación sobre las condiciones de construcción de la cuarta, pero ha dado huellas comparables a las de las losas de cemento Portland próximas. Las condiciones climatológicas en la construcción de esta zona eran menos satisfactorias que en el otro extremo de la pista.

Por fin, sobre el aeródromo H las losas están contruidas con cemento férrico unas y con cemento de escorias CLK otras. Ambas son en todo comparables.

El conjunto de estos ensayos permite concluir que en condiciones buenas de ejecución, los cementos, incluso de fuerte contenido de escoria, permiten obtener durezas superficiales en todo comparables a las de los mejores cementos Portland.

Conclusión

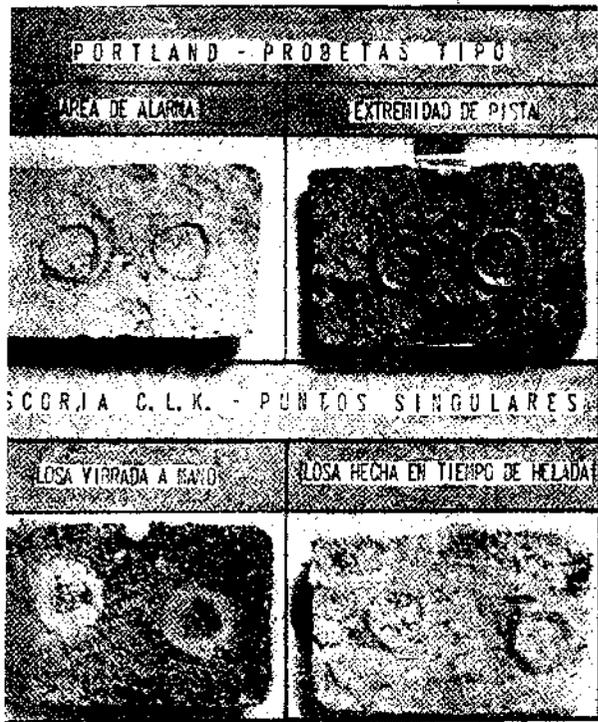
El estudio al que ha procedido la Comisión permite, al parecer, formarse una opinión sobre el riesgo que puede llevar consigo el empleo de cementos que contienen escorias en la construcción de pistas. Esta opinión es, bien entendido, exclusivamente técnica y no prejuzga en nada decisiones administrativas, que incumben sólo a los servicios interesados. La hipótesis inicial de una exudación excesiva de lechada en el caso de la escoria, que llevaría — consigo el empolvamiento, no ha sido confirmada.

Cuando el empresario aplica las prescripciones técnicas del pliego de condiciones, con un material de calidad por supuesto, y construyendo un hormigón con contenido en agua definido por la relación agua/cemento = 0,36, puede obtenerse en todos los casos y — cualquiera que sea el cemento, un hormigón que cumpla las cualidades requeridas para una pista. El empleo del cemento que contiene escoria implica, cuando la temperatura es elevada o el viento violento, precauciones suplementarias para que en ningún momento la superficie sea privada de la acción de la humedad. Los únicos incidentes que la Comisión ha podido estudiar han tenido lugar por tiempo cálido y cuando no se habían tomado precauciones protegiendo la superficie tan pronto como el hormigón se puso en obra. Por otra parte, en tiempo frío, no es aconsejar el empleo del cemento rico en escorias. Puesto que los incidentes señalados tuvieron lugar en verano, parece ser que este elemento no ha tenido intervención.

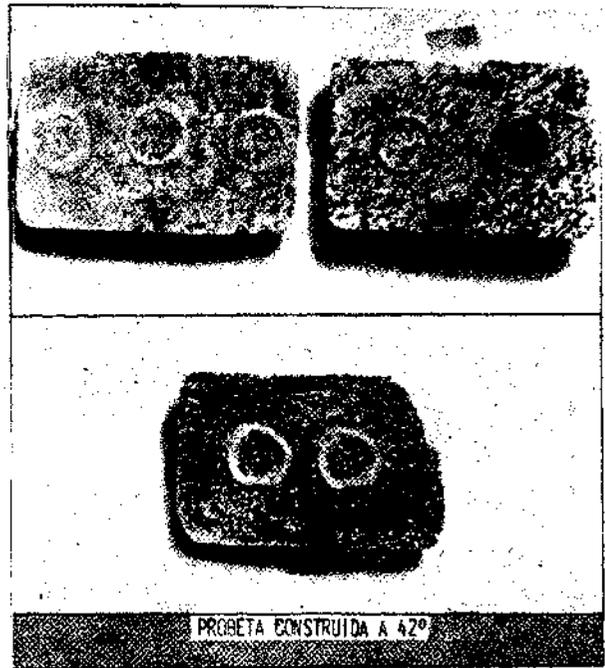
Con estas reservas se puede estimar que con un hormigón seco y cualquiera que sea la naturaleza del cemento, no se producirá lechada en la superficie, ni tampoco empolvamiento.

La técnica americana utilizaría hormigones flúidos con una proporción de agua superior. Ciertos miembros del Comité Restringido han sugerido el interés que podría representar para la ejecución de pistas una comparación de las técnicas de preparación del hormigón francesa y americana, pudiendo ser también de interés una confrontación de los puntos de vista de expertos de la N.A.T.O. (Comité de la Infraestructura). Esto se sale del cuadro de estudios que la Comisión se había propuesto. Para atenerse a ello se concluye que, si el cemento de escorias implica en su empleo precauciones especiales, los resultados, cuando estas precauciones son tomadas en consideración, pueden ser equivalentes a los que dan los cementos Portland.

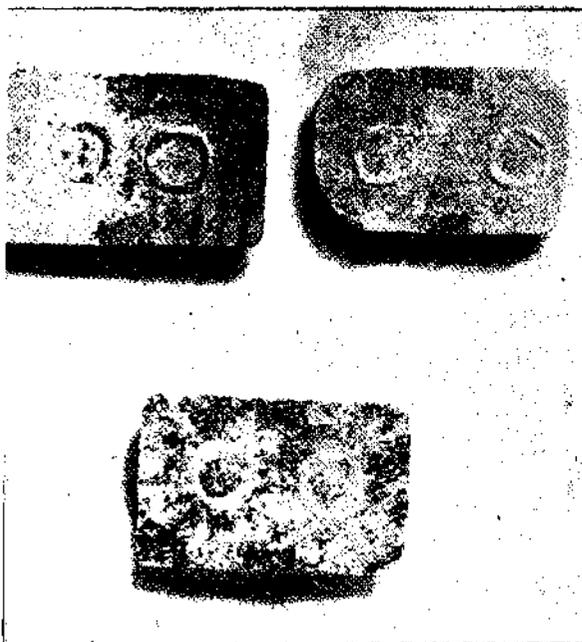
F.S.S.



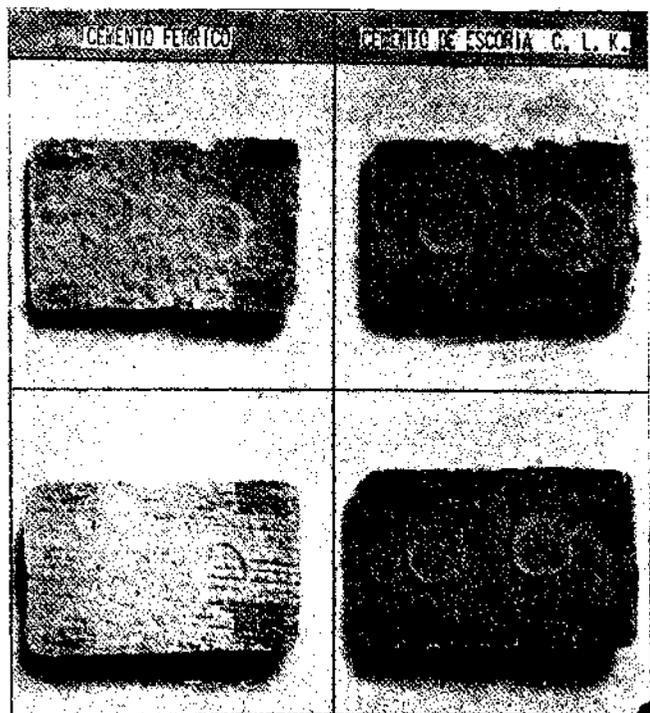
Pista E.



Pista G.



Pista F.



Pista H.