

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

611-24 INVESTIGACIONES JAPONESAS SOBRE CEMENTOS

(Cement Research in Japan)

De: "ROCK PRODUCTS", nº 10, Octubre 1952, pág. 122

- - -

Del 9 al 16 de Mayo de 1952 se celebró en Tokio la Sexta Asamblea Anual de la Japan Cement Engineering Association. En conjunto se dieron a conocer 84 informes. En el artículo de que damos cuenta se han resumido los de mayor interés para químicos e ingenieros.

1.- Finura de los crudos y resistencia de los cementos (aplicación de la fórmula de Jander a la cocción del cemento), por K. Watanabe y M. Kajii, Laboratorio Central de Investigación, Ube Kosan, S.L.

Los autores prepararon diversas mezclas de crudos variando la relación entre las superficies específicas de la arcilla y de la caliza y cocieron a 1450, 1500 y 1550° C. Las relaciones comprendidas entre 1:2 y 1:4 resultaron ser las más eficaces y económicas, y los resultados coinciden muy bien con los valores obtenidos con la fórmula de Jander para la aptitud de cocción.

2.- Observación de la meteorización de los cementos con microscopio electrónico y por rayos X, por K. Watanabe y N. Tanaka, Laboratorio Central de Investigación, Ube Kosan, S.L.

Se han examinado cementos aireados con microscopio electrónico, empleando el método de difracción de electrones y los -

rayos X, y se ha encontrado que la superficie de las partículas de cemento aireado se halla recubierta por una fina película de carbonato cálcico, y que se ha formado en las mismas cierta cantidad del "bacilo del cemento".

3.- Efecto de la composición química y de la finura sobre la meteorización del cemento, por K. Watanabe y N. Tanaka, Laboratorio Central de Investigación, Ube Kosan, S.L.

Los cementos que contienen mucho C_3S y C_4AF presentan la máxima resistencia a la meteorización; cuando más C_3A contiene el cemento, tanto más rápidamente desciende la resistencia a la meteorización debido al aumento del contenido de CO_2 del cemento.

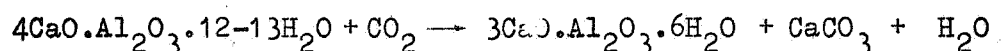
Al cabo de una pequeña meteorización, los cementos de grano más fino muestran un descenso más rápido de resistencia, mientras que, si continua la meteorización, son por el contrario, los cementos de grano más grueso los que se presentan un descenso más pronunciado.

4.- Investigaciones sobre la meteorización de los cementos de escorias de alto horno endurecidos, por T. Yamanouchi, T. Mohri y H. Togai, Instituto de Tecnología de Tokio.

En la Cuarta Asamblea Anual de la J.C.E.A. en 1950, los autores informaron que los productos de hidratación de las escorias granuladas con cal, al cabo de un mes de curado, son: $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 12-13 H_2O$, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 8-10, 5H_2O$ y gel de sílice.

Al cabo de un año de conservadas en la atmósfera ambiente, se ensayaron de nuevo las mismas muestras al microscopio

y con rayos X, y se encontró que estaban exentas de $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12-13\text{H}_2\text{O}$. A partir de este hecho los autores sugieren que durante la meteorización tiene lugar la siguiente reacción:



Los autores opinan que la meteorización superficial del cemento de escorias endurecido es debida a la absorción de CO_2 , que dá lugar a la anterior reacción química y hace descender la resistencia de la masa endurecida.

5.- Estudio del fraguado anormal del cemento, por R. Naito, Laboratorio Central de Investigación, Onoda Cement, Co., Ltd.

El autor ha examinado el fraguado de cementos curados en diversas condiciones de humedad y temperatura, encontrando que el tiempo de fraguado es afectado en gran escala por la composición química del cemento y por la humedad y temperatura.

1) Efecto del CO_2 .

Se presenta un fraguado anormal cuando se hace pasar una corriente de CO_2 seco a través del cemento, mientras que si se le pone en contacto con aire húmedo - e exento de CO_2 se observa únicamente un fraguado lento.

2) Efecto de los carbonatos alcalinos.

La adición de carbonatos alcalinos en cantidades muy pequeñas, como un 0,1% de Na_2O , provoca un fraguado anormal, mientras que adiciones mayores (0,3%) producen un fraguado rápido, pero cuando este cemento de endurecimiento rápido se cura en aire húmedo durante 24 horas, adquiere de nuevo un fraguado lento.

3) Efecto de la temperatura y de la humedad de la atmósfera.

A una temperatura relativamente elevada (35° C) los cementos con poco yeso presentaron un fraguado rápido, que, desde luego, puede corregirse por adición de más yeso. A una temperatura ambiente de 20° C, y a 10° C, los cementos con un elevado contenido de yeso presentan con frecuencia un falso fraguado.

6.- Investigaciones sobre las propiedades hidráulicas latentes de las escorias de alto horno granuladas. IV.- Endurecimiento de las escorias vítreas artificiales del sistema ternario $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$, por T. Tanaka, Laboratorio Central de Investigaciones, Onoda Cement Co., Ltd.

El autor ha estudiado las características de endurecimiento de 50 tipos de escorias vítreas artificiales del sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$, añadiendo un 20% de cemento portland y ensayando la resistencia en comparación con las escorias industriales de alto horno. La mejor resistencia obtenida en el mortero corresponde a una composición química de las escorias artificiales de $\text{C}_3\text{S}_2:\text{C}_2\text{AS} = 60:40$.

7.- Estudio de las escorias vítreas artificiales del sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ por análisis térmico diferencial, por T. Tanaka, K. Takemoto y H. Kikuchi, Laboratorio Central de Investigaciones, Onoda Cement Co., Ltd.

Es creencia general que las escorias granuladas de alto horno, calentadas a 800° C, se desvitrifican, pasando al

estado cristalino y perdiendo gran parte de su poder hidráulico latente. Al estudiar las escorias comerciales de alto horno, los autores han observado una reacción exotérmica entre 750 y 1100°C que parece causada por la desvitrificación, pero esta reacción no es siempre la misma para escorias de distinta composición química. Por esta razón, los autores consideraron necesario observar esta reacción exotérmica con escorias artificiales de composición química sencilla y conocida.

En el presente trabajo se prepararon unas 20 clases distintas de escorias granuladas por medio de agua. El cambio de vidrio a cristal, causado por el calentamiento, fué examinado por análisis térmico diferencial. Los resultados se comprobaron simultáneamente por medio de análisis de rayos X.

8.- Investigaciones sobre la actividad de las escorias granuladas, por T. Yamanouchi y K Kondo, Instituto de Tecnología de Tokio.

El poder hidráulico latente de las escorias granuladas difiere con la clase y cantidad de los materiales que se añaden como activadores o excitadores. Por ejemplo, la composición química de las escorias adecuadas para cemento portland de alto horno es muy distinta de las utilizadas en el cemento de escorias y yeso o cemento sulfometalúrgico.

Los autores prepararon 4 tipos de cemento con escorias granuladas de diferente composición química, obtenidas por fusión de productos químicos puros, y ensayaron sus resistencias.

De estos ensayos resultó que la composición química adecuada de las escorias para cada tipo de cemento era la siguiente:

a) Cemento de escorias de alto horno con cemento portland:

SiO_2 37-48%

$\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ 72-63%

b) Cemento sulfometalúrgico (escorias + yeso cocido):

CaO 58-48%

Al_2O_3 por encima del 14%

c) Cemento sulfometalúrgico (escorias + yeso cocido + cal apagada):

$2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$

d) Cemento de escorias y cal:

Escorias cuya composición química cae sobre la línea que une los puntos $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ y $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$.

En este estudio se ha descubierto también que, para determinados valores de la composición química, las escorias presentan de suyo una cierta capacidad de endurecimiento y, también, un fraguado rápido.

9.- Investigaciones sobre el mecanismo de la cocción del cemento portland, por M. Ueda, Laboratorio Central de Investigaciones, Onoda Cement Co., Ltd.

El autor ha aplicado el análisis térmico diferencial a un gran número de mezclas de crudos de distinta composición química. Las distintas reacciones químicas que tienen lugar al elevarse la temperatura se han examinado por métodos químicos, microscópicos y de rayos X.

Se han observado los siguientes cambios térmicos:

Un primer cambio térmico (endotérmico) a 800° C, provocado por la descomposición del CaCO_3 .

Segundo cambio térmico (exotérmico) a 1200° C, que se supone debido a la formación del $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$.

Tercer cambio térmico (exotérmico) a 1280° C. Comienza la formación de $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ y de la primera fase líquida. La mezcla empieza a adquirir "color de clinker"; también se supone que en este punto se forma el $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, pero no se ha confirmado el hecho.

Cuarto cambio térmico (exotérmico) a 1380° C. Este cambio varía con la composición química de los crudos y se supone que está causado por la formación de una fase líquida.

Quinto cambio térmico (endotérmico) a 1420° C. Se cree que es causado por el paso del $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - \beta$ a $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - \alpha$. Se continúa trabajando para comprobar este punto.

10.- Estudios sobre la capacidad de molienda de los molinos de cemento en circuito abierto, por S. Suzuki, Chichibu Cement Co., Ltd.

Se estudia la distribución granulométrica de los cementos por medio de un analizador de aire y un aparato de Blaine, haciendo variar la producción de los molinos. Se han obtenido fórmulas exponenciales que relacionan la distribución de partículas y la producción, los Kwh consumidos y la producción y la superficie específica creada con el gasto de energía.

11.- Molturación excesiva del cemento, por K. Miyazawa y K. Nogi, Iwaki Cement Co., Ltd.

En la práctica de la molienda se ha observado muchas veces que, cuando se muele excesivamente el cemento, presenta éste un fraguado rápido y contiene una especie de laminillas. Los autores han observado los cemento molidos en exceso con el permeabilímetro de Blaine, encontrando que, aunque se forman laminillas, la superficie específica continúa aumentando. El contenido de yeso en los finos no presenta modificación alguna, y se puede evitar el fraguado prematuro del cemento añadiendo más yeso. Este hecho hace suponer que el fraguado prematuro, a que da lugar una molturación excesiva, tiene su explicación en que la superficie del cemento se hace tan grande, que ya no se puede regular el fraguado con la cantidad normal de yeso.

12.- Determinación de la cal libre en el cemento portland, por Y. Suzukawa y K. Yamane, Laboratorio Central de Investigaciones, Ube Kosan Co., Ltd.

Los autores estudian el método propuesto por R. Haydon y Hatschek y lo comparan con los métodos ordinarios basados en el empleo de glicerina. Este nuevo procedimiento no utiliza glicerina; consiste en tratar el cemento con alcohol mezclado con una determinada cantidad de agua. La diferencia entre la pérdida al fuego antes y después del tratamiento con alcohol, multiplicada por un factor conocido, nos da la cantidad de cal libre.

Se han realizado muchos ensayos que ponen de manifiesto que este método es de muy fácil ejecución y lo bastante exacto para determinaciones ordinarias de la cal libre.

13.- Determinación del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el cemento portland endurecido,
por K. Fujii, Instituto de Investigaciones Químicas e Industriales de Tokio.

Las dificultades que presenta la determinación del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el cemento portland endurecido parecen depender del hecho de que este compuesto no sólo puede presentarse en forma libre, sino también absorbido por el gel de hidrosilicato cálcico. El autor trata el cemento hidratado con solución alcohólica de 2,4,6-tribromofenol y glicerina a diversas concentraciones, determinando el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tanto en estado libre como absorbido con un error máximo del 0,5%.

14.- Determinación rápida del SO_3 en los cementos por separación centrifuga, por Y. Ohno, Sangyo Cement and Railway Co., Ltd.

Se trata de un nuevo procedimiento para la determinación rápida del SO_3 en los cementos por separación centrifuga de BaSO_4 . Se emplea el tubo de separación indicado en la fig. 1.

El método comprende los siguientes pasos:

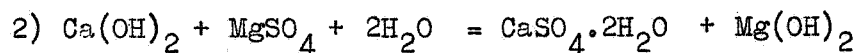
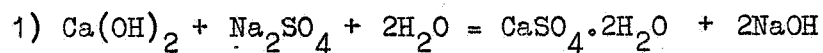
- 1) Disolución de 0,3-0,4 g de cemento en HCl 5N caliente y filtración.
- 2) Adición al filtrado en el tubo de separación de 7 cc de solución de BaCl_2 al 4%.
- 3) Separación del precipitado de sulfato bórico en una centrifuga a 3000 revoluciones por minuto durante un minuto.
- 4) Lectura de la altura de sedimentación en la parte graduada del tubo, que, multiplicada por un factor, da el % de SO_3 en el cemento.

El tiempo preciso para la determinación es de unos 5 minutos, y los resultados presentan una exactitud suficiente para un control industrial. Debe trabajarse cuidadosamente, ya que el tamaño de los cristales de BaSO_4 es afectado por la temperatura, concentración y cantidad de solución de cloruro bórico añadida, y de otro modo los resultados serían inciertos.

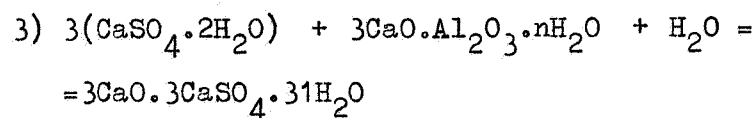
15.- Investigaciones sobre cementos resistentes a los sulfatos. - II, por K. Asaoka, S. Uchida, M. Ishii y E. Sano, Laboratorio Central de Investigaciones. Nihon Cement Co., Ltd.

Se han estudiado probetas de cemento portland de alta resistencia inicial, portland ordinario y dos tipos de cementos resistentes a los sulfatos, sumergidas en agua pura, solución al 10% de sulfato sódico y de sulfato magnésico, durante 7 y 28 días y 3 y 6 meses, respectivamente.

A partir del análisis químico de las probetas, después de extraídas, los autores sugieren que durante las etapas iniciales de la corrosión tienen lugar las siguientes reacciones:



En una fase posterior de la corrosión ocurre la siguiente reacción:



- 16.- Ensayos de la resistencia a los sulfatos del cemento portland, por N. Takata, R. Nagano y K. Kitagawa, Osaka Jogyo Cement Co., Ltd.

Los autores ensayan la resistencia a los sulfatos del cemento con un método basado en el empleo de ondas sonoras, mucho menos engorroso que los procedimientos anteriores y comparan los resultados con el índice de desintegración obtenido por el método de Taylor y Bogue (Res. Reports, P.C.A.F., Feb. 1944).

- 17.- Estudio sobre el calor de hidratación del cemento portland, por S. Akaiwa y J. Mori, Chichibu Cement Co., Ltd.

Se estudia el influjo del tipo de cemento y de la adición de yeso, cloruro cálcico y álcalis, sobre el calor liberado en la hidratación del cemento por medio de un calorímetro adiabático.

Igualmente, los autores estudian la influencia de la relación agua-cemento, de la adición de cloruro cálcico y de puzolanas sobre el calor de hidratación propiamente dicho.

- 18.- Estudio del fraguado del cemento por medio de calorímetro y viscosímetro, por Y. Fukushima y I. Hayashi, Laboratorio Central de Investigaciones, Onoda Cement Co., Ltd.

Se estudia el fraguado del cemento midiendo las variaciones de viscosidad que experimenta la pasta y el calor liberado durante este proceso. Como aparatos de ensayo se han empleado un viscosímetro de Ostwald y un calorímetro adiabático construido por los autores.

- 19.- Estudios sobre el calor de hidratación de cementos que contienen escorias granuladas de alto horno, por T. Yamanouchi, R. Kondo y H. Asano, Instituto de Tecnología de Tokio.

Se ensayaron varios tipos de cementos. El cemento de escorias y yeso, o sulfometalúrgico, al que se ha adicionado clínker de cemento portland, presentó una elevada resistencia inicial y un calor de hidratación alto, mientras que aquellos a los que se añade MgO calcinado como acelerador no presentan inicialmente valores altos en la resistencia y en el calor de hidratación, pero dan valores extraordinariamente elevados al cabo de un tiempo mayor. Los cementos que contienen Ca(OH)_2 presentan una resistencia y un calor de hidratación bajos, incluso al cabo de un largo tiempo. El valor de la resistencia dividido por el del calor de hidratación viene a ser constante para todos los tipos de cementos ensayados.

- 20.- Estudios sobre la dureza de pastas puras de cemento endurecidas, por K. Chujo, Laboratorio Central de Investigaciones, Nihon Cement Co., Ltd.

El autor ha encontrado que la parte superior de las probetas es siempre más dura que la parte inferior. Por el contrario, en el período inicial que sigue al fraguado, la parte del fondo presenta una dureza mayor que la de la parte superior. Los ensayos de resistencia a tracción realizados con probetas cilíndricas confirman que la parte superior de las mismas es más resistente que la parte inferior.

Por otra parte, los análisis químico y térmico ponen de manifiesto que la parte superior del cemento endurecido posee un contenido de cal mayor que el de la parte inferior.

21.- Estudio de la hidratación del cemento portland mediante el empleo del microscopio electrónico, Parte I: Hidratación del aluminato tricálcico, por K. Takemoto, Laboratorio Central de Investigaciones, Onoda Cement Co., Ltd.

Se estudia la hidratación del aluminato tricálcico puro tratado con agua pura, con agua de cal y con agua de yeso. La composición de los productos de hidratación se ha determinado por el método de difracción de rayos X.

Se ha determinado la siguiente composición:

- 1) Cristales hexagonales de $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ en forma de láminas delgadas.
- 2) Cristales hexagonales de $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ en forma de láminas delgadas.
- 3) Cristales del sistema regular de $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en forma de icositetraedros y hexaedros.
- 4) Cristales aciculares de $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$

22.- Productos de hidratación del cemento portland estudiados con ayuda del microscopio electrónico, por Y. Sanada, K. Miyazawa y Y. Matsuzaki, Iwaki Cement Co., Ltd.

Los autores han observado los productos de hidratación del cemento portland en exceso de agua, encontrando $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en forma esférica, que se transforma después en CaCO_3 , cristales aciculares y laminares que han de ser considerados como "bacilo del cemento" y $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. En un período más avanzado del fraguado se ha encontrado también una sustancia gelatinosa.

23.- Investigaciones sobre puzolanas, II. Estudio de la Al_2O_3 reactiva en las puzolanas, por G. Murakami, Chichibu Cement Co., Ltd.

A fin de estudiar la reacción de la alúmina en las puzolanas, el autor escogió como muestra típica una arcilla caolinitica cocida.

Los resultados del estudio son los siguientes:

- 1) La arcilla presentó inicialmente una capacidad de absorción de cal muy elevada. La mezcla cal-puzolana 1:2 mostró un fraguado rapidísimo, pero al añadir una determinada cantidad de yeso se consiguió prolongar el fraguado inicial por encima de 1 hora.
- 2) La adición de yeso favorece la resistencia del mortero cal-puzolana. Al sustituir por yeso un 10% de puzolana, la resistencia del mortero aumenta de 109 Kg/cm² - hasta 270 Kg/cm², a los 7 días.
- 3) La mezcla cal-arcilla cocida-yeso (3:6:1) presenta una resistencia aproximadamente igual al 70% de la del cemento portland comercial ordinario.
- 4) La mezcla puzolana-cemento portland, en la que la arcilla está sustituyendo un 20% de cemento, presenta una resistencia igual a la del cemento portland original.
- 5) Observando al microscopio una mezcla de cal-arcilla con agua, se han determinado dos clases de cristales aciculares, que se cree corresponden a los hidratos de aluminato cálcico y sulfoaluminato cálcico.

A partir de estos resultados, parece que la alúmina soluble o activa de la arcilla cocida reacciona en la hidratación de un modo análogo al $3CaO \cdot Al_2O_3$ en el cemento portland. L.S.C.

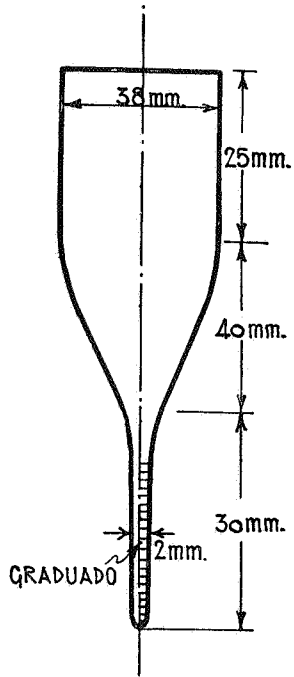


Fig. 1.

Fig. 2.—Características de inyectores.

Fig. 4.—Relación entre producción, consumo específico de calor, cantidad de aire, presión estática, consumo de energía del inyector y la constante K, a 20° C. y $n = 1,1$. Hornos verticales para cemento, cal, dolomita y magnesita.

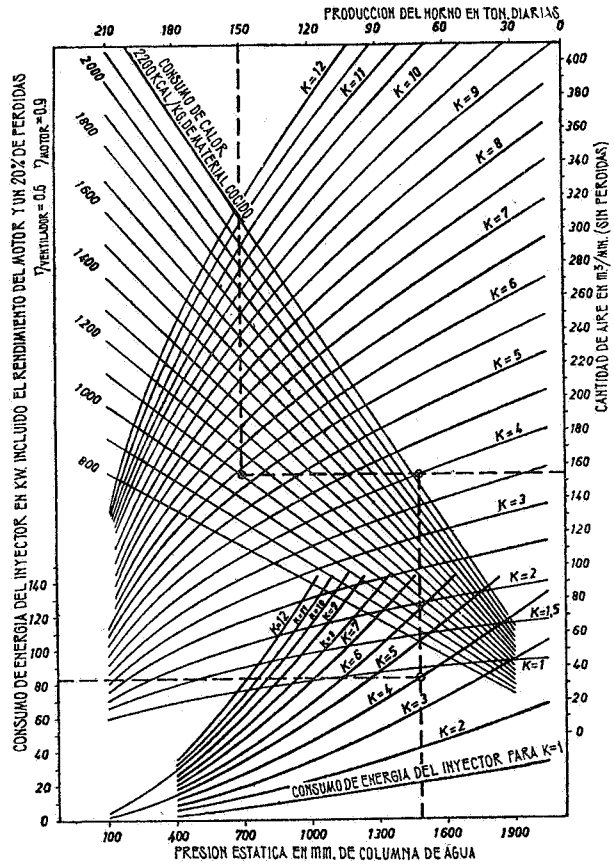


Fig. 4.

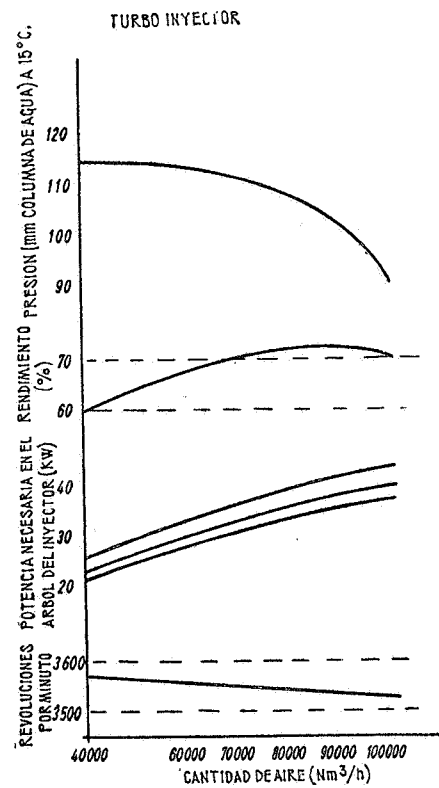
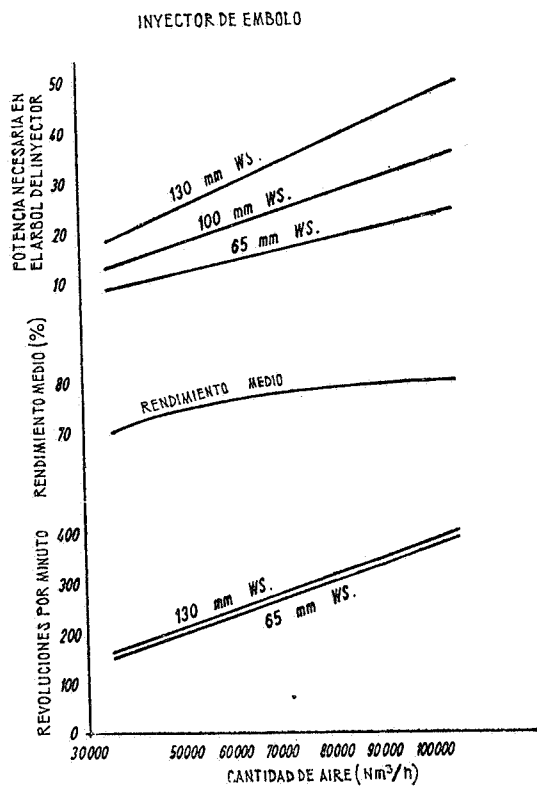


Fig. 2.