Materiales de Construcción. Últimos avances Vol. 7, nº 80
Noviembre, diciembre 1957

628.511 : 666.94.013.5 : 60

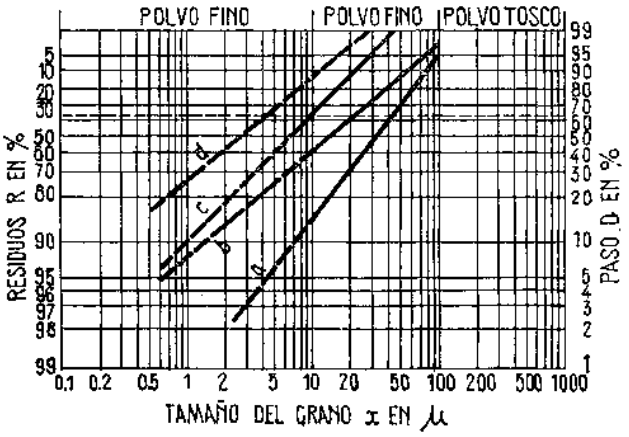
eliminación del polvo en las fábricas de cemento*

HANS IHLEFELDT
Doctor Ingeniero de la Portlandzementwerke A. G. de Heidelberg.

1. Limitación de la expulsión de polvo por legislación

La Asociación de Fabricantes Alemanes de Cemento dispone de un departamento propio dedicado a la medida de polvo. Este departamento percibe de los otros departamentos una extensa colaboración para la realización de los análisis químicos, análisis granulométricos y estudios microscópicos. En los años de 1950 a 1955 he realizado en estos laboratorios unas 1.000 mediciones de polvo en unos 300 tipos diferentes de maquinaria, compuesta por hornos de cemento, secadores e instalaciones de molienda y secado.

No puedo tratar el asunto citando todos los detalles, pero, por otra parte, les puedo informar de que en breve se editará una publicación en lengua española, en la cual podrán seguir mis estudios relacionados con este tema, resultando, por consiguiente, de más provecho que esta conferencia.



Leyenda:

a) Cemento Portland 225.
b) Polvo del gas expulsado detrás del calcinador del horno rotatorio.
c) Polvo del gas expulsado detrás del horno giratorio con dos precalentadores de aire y cámara de polvo.
d) Polvo restante de un filtro de fuerza centrífuga.

Fig. 1. Composición granulométrica.

La exactitud de las medidas realizadas se puede apreciar de la mejor forma, si se ob-

(*) Ponencia presentada en los II Coloquios de Directores y Técnicos de Fábricas de Cemento. I. T. C. C., marzo 1957.

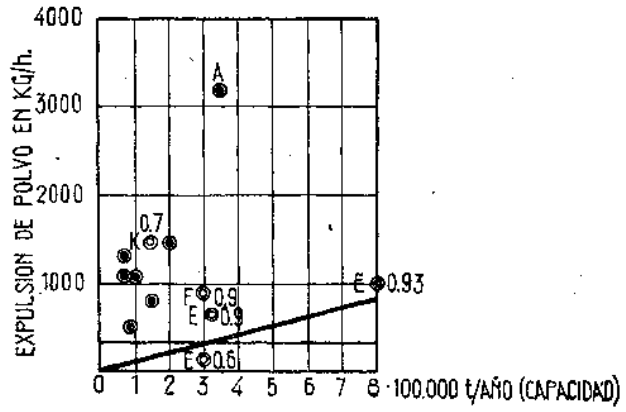
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

serva con atención la composición granulométrica del polvo.

En la figura 1 se compara la composición granulométrica del polvo con el cemento normal. Las líneas *b* y *c* representan los polvos de los gases expulsados por hornos rotatorios, y la *d* el polvo de los humos, en la forma que éstos abandonan la depuradora de polvo o la chimenea.—«*a*» representa un cemento portland de calidad 225.

En Alemania, como también en otros países, se realizan esfuerzos para determinar la cantidad de polvo expulsado, mediante valores de orientación dados en gramos de polvo por m³ de gas expulsado. Estos valores de orientación solamente tendrán importancia, si se puede alcanzar el grado de eliminación de polvo exigido, mediante los separadores de polvo que se encuentren en el mercado.

La figura 2 representa la línea límite de 1 g de polvo por m³ de gas. Se puede apreciar que de las 12 fábricas diseñadas en este gráfico, solamente una de vía húmeda, con depurador eléctrico, no sobrepasa el límite antes indicado, aunque algunas de las otras fábricas también se encuentran equipadas con dispositivos de alta calidad para la separación de polvo.



Leyenda:

- Vía húmeda.
- Vía seca.
- A Caldera de enfriamiento.
- K Cadenas.
- F Filtro de presa centrífuga.
- E Filtro eléctrico.

Fig. 2.—Expulsión de polvo y curvas límite.

La figura 3 nos muestra una fábrica americana de yeso, en la cual la expulsión de polvo se ha fijado oficialmente en 1,5 g por metro cúbico de gas. Al observar esta fotografía, no parece que en realidad esta fábrica cumpla con la medida antes indicada. La

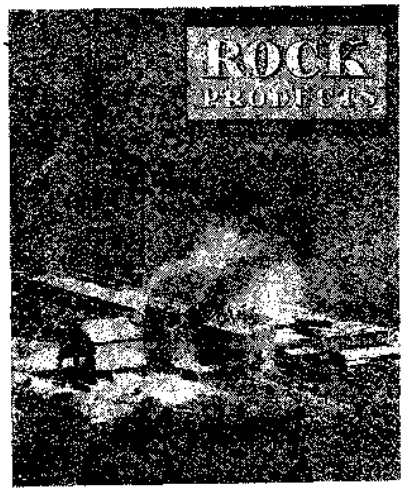


Fig. 3.—Fábrica de yeso en Estados Unidos.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

fotografía procede de la portada de la revista americana «Rock Products». La limitación de la expulsión de polvo (en g/m³) no

Polvo expulsado en por 100 de la producción del horno

Tipo de horno	Instalaciones modernas	Instalaciones antiguas
Hornos verticales	0,3-0,5	1,0
» giratorios	1,0	3,0
» Lepol	1,5	2,0-3,0

Cuadro 4.

resulta adecuada para la industria del cemento, ya que las cantidades de gases expulsados por cada kilogramo de clínker (dependientes en cada caso del procedimiento de cocción), no permiten, al presentar grandes diferencias, establecer una relación comparativa entre gramos de polvo y m³ de gases. Mejor resulta la limitación en tanto por ciento, en relación con el rendimiento del horno, o también, en relación con la cantidad total de polvo expulsada, expresada en kg/hora.

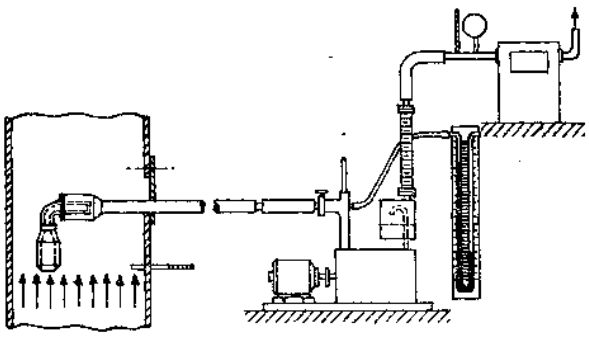


Fig. 5.—Aparato para medir el polvo. Sonda con cabeza filtrante.

El cuadro 4 representa la limitación de la expulsión de polvo, la cual fué establecida por la oficina técnica de nuestro país en 1940. Estos valores se pueden mantener, en parte, basándose en los nuevos conocimientos sobre la separación del polvo. Queremos hacer

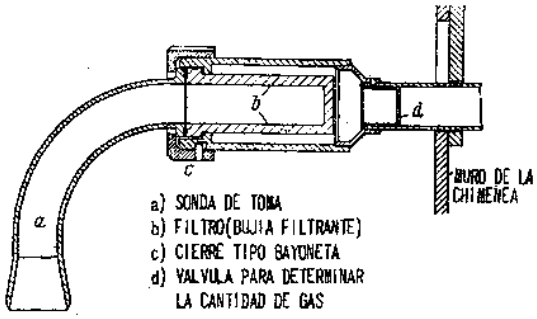


Fig. 6.—Sonda con cabeza filtrante, según E. Ruhland.

la observación, de que estos valores no representan una ley. Las cantidades expulsadas se indican por separado, referidas a instalaciones nuevas o antiguas, así como también a los diferentes tipos de hornos.

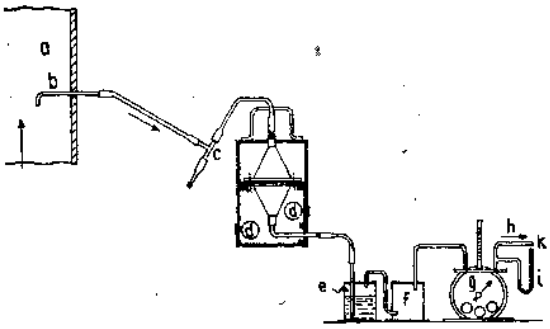


Fig. 7.—Aparato para medir el polvo VDEh.

2. Aparatos de medida y su aplicación

Para el estudio del polvo se aplican los aparatos de medida más modernos, los cuales representan, en cada caso, los conoci-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

mientos más recientes de la técnica de la medida.

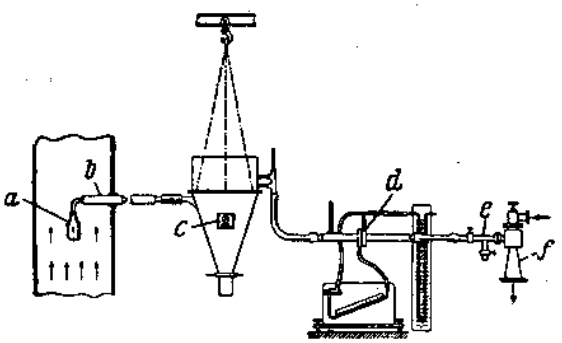


Fig. 8.—Aparato para medición de polvo, sistema Bewag.

La figura 5 corresponde al esquema de la sonda con cabeza filtrante, aplicada como aparato para medir polvo. Con una bomba

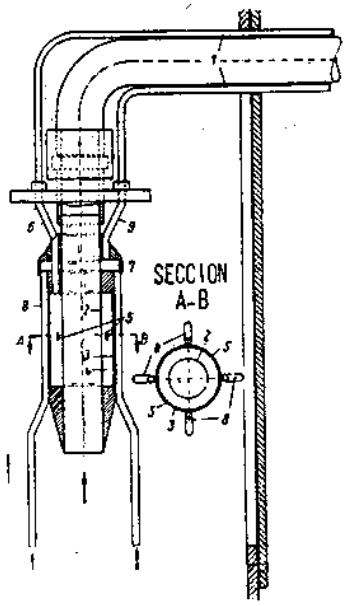


Fig. 9.—Sonda sistema Babcock para absorber y medir la velocidad al mismo tiempo.

aspiradora de aire y un contador de gas se absorbe una determinada cantidad del gas contaminado de polvo, y se precipita el polvo en un filtro (figura 6), que se encuentra en la cabeza de la sonda, pesando a continuación el polvo recogido, una vez terminado el ensayo.

La figura 7 nos ofrece un dispositivo de ensayo para una cantidad reducida de gas.

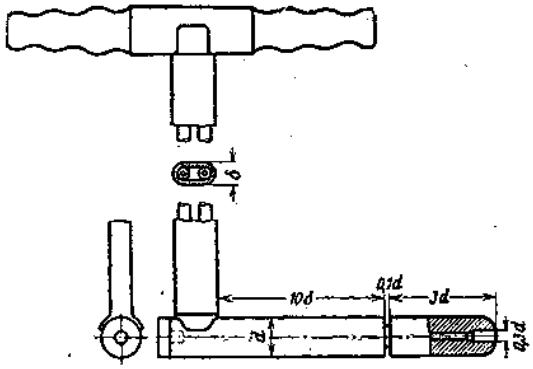


Fig. 10.—Tubo de Prandtl (según la comunicación número 76 del Centro de Estudios Térmicos Wärmestelle, de Düsseldorf).

La medición que se realiza con este aparato ha de hacerse en un plazo de corta duración. Hemos podido comprobar que las medidas a

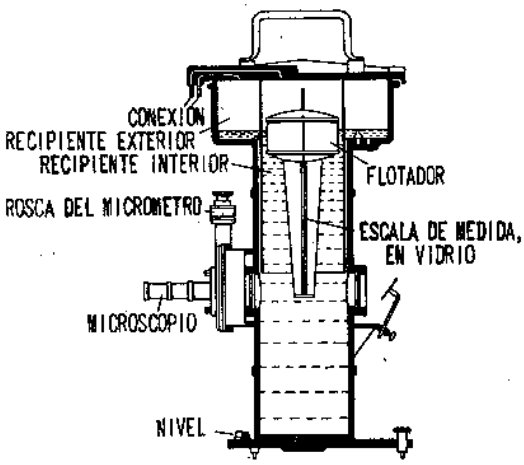


Fig. 11.—Manómetro de precisión. Miniscopio.

plazo corto requieren muchas mediciones independientes, dada la cantidad reducida de aire, para poder averiguar con exactitud la

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)

cantidad de polvo evacuado, según las diferentes marchas del horno. Por este motivo,

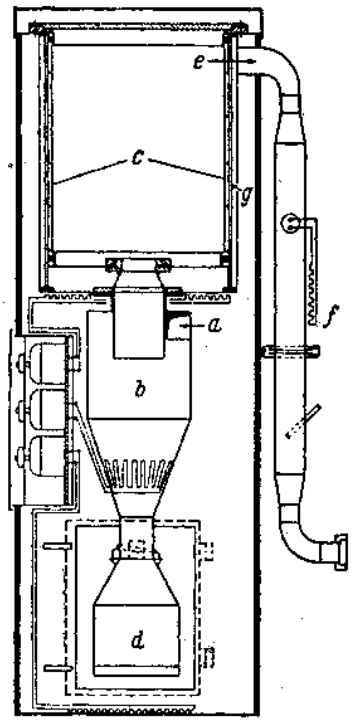


Fig. 12.—Aparato para medir polvo, sistema Babcock.

se adquirieron aparatos con un paso mayor para el aire y una superficie mayor de fil-

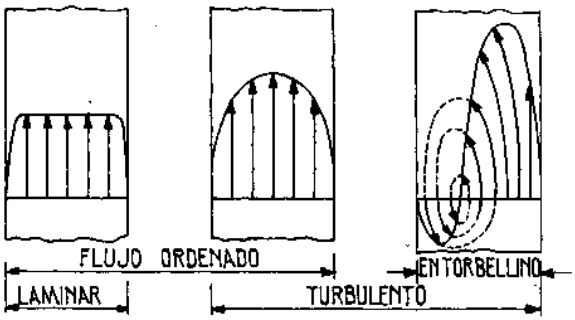


Fig. 13.—Perfil de velocidad en una tubería.

tro. Un aparato de este tipo lo podemos ver en la figura 8.

Este aparato de medida, sistema BEWAG, está equipado con un ciclón, en el cual sirve un papel filtrante como separador de polvo. Los gases conteniendo polvo se extraen

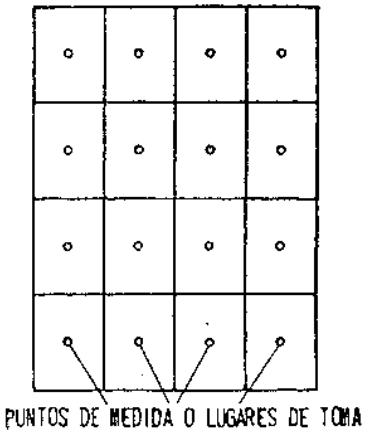


Fig. 14.—Disposición de puntos de medida en una sección transversal rectangular.

del punto de medida con un extractor de aire comprimido. La velocidad de absorción

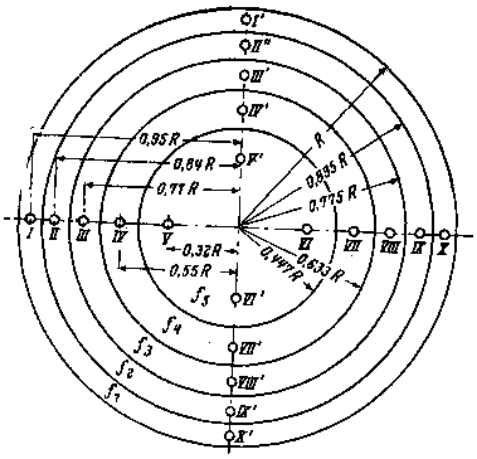


Fig. 15.—Disposiciones de los puntos de medida en una sección circular.

se debe regular de tal forma, que corresponda a la velocidad del gas en el punto de medida, ya que, en caso contrario, aparece una descomposición de la granulometría.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

La figura 9 nos muestra una sonda, con la cual se puede realizar simultáneamente la determinación de la velocidad y la absorción en el punto de medida.

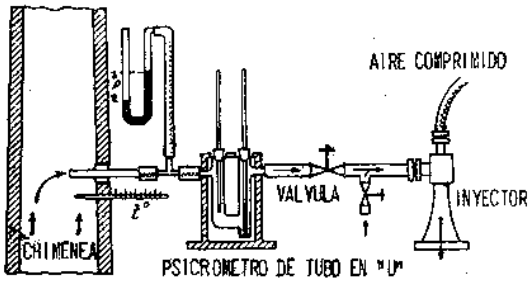


Fig. 16.—Disposiciones para medir la humedad por el procedimiento de los dos termómetros.

Para determinar la cantidad de gas se emplea un tubo de estancamiento, sistema Prandtl (figura 10).

Para indicar la diferencia de presión se aplica un manómetro de gran sensibilidad, con el cual se pueden apreciar con exactitud suficiente valores de 1/100 mm. En la figura 11 aparece nuevamente este aparato.

La figura 12 presenta el tipo más moderno de aparato para medir el polvo, sistema BABCOCK, cuya aplicación recomienda la Asociación de Ingenieros Alemanes. Con este aparato he realizado la mayor parte de las medidas que he efectuado. Se compone de un ciclón separador, que va equipado con una bolsa de tejido para recoger el polvo más fino. El filtro de tela posee el mismo tamaño de poros que los filtros de papel empleados hasta ahora. La cantidad de gas absorbida se determina por un diafragma. Este aparato permite absorber 100 m³/hora. Además se puede calentar por electricidad, de forma que también resulta posible medir los gases de los hornos de vía húmeda, que salen a temperaturas más bajas.

Las mediciones de polvo se deben realizar fundamentalmente sólo en corrientes laminares, como aparece indicado en la figura 13. Al aparecer torbellinos es imposible poder realizar una medida. Según las dimensiones de la sección de paso de los gases, se deben fijar varios puntos de medida:

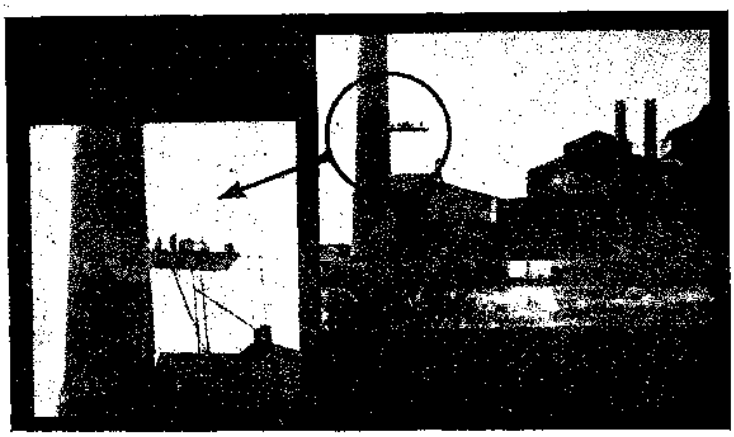


Fig. 17.—Medición de polvo en una chimenea

En la figura 14 se puede apreciar la disposición de los puntos de medida en una sección rectangular.

La figura 15 representa la distribución de los puntos de medida en una sección circular.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)

Además de la cantidad de gas, su temperatura y la composición de los humos, es necesario e imprescindible determinar tam-

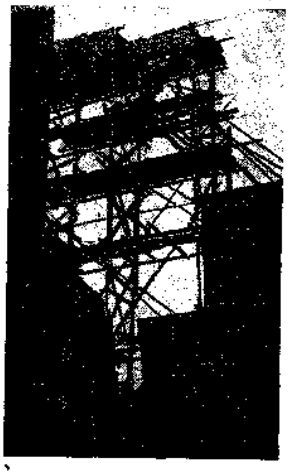


Fig. 18.—Punto de medida en una chimenea aislada.

bién el contenido de agua en los gases. La medición de la humedad se realiza de la for-

Fig. 19.—Punto de medida en una chimenea independiente.

ma más fácil, por el procedimiento de dos termómetros (ver figura 16), sirviendo la diferencia entre un termómetro húmedo y uno seco para el cálculo del punto de rocío. Frecuentemente surgen dificultades en las fábricas de cemento para encontrar un punto de medida apropiado para la determinación del gas y del contenido de polvo. Las

Fig. 20.—Punto de medida en una tubería horizontal (tambor de secado).

cámaras de polvo o los colectores de humos de los hornos rotatorios no son apropiados para esto, ya que el polvo se va separando

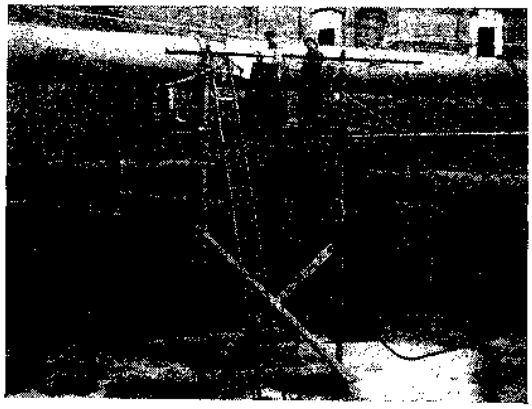


Fig. 21.—Punto de medida en una tubería horizontal (tambor de secado).

constantemente en estos puntos. Por consiguiente, en la comprobación oficial se exige que la medición de polvo se realice en un ca-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

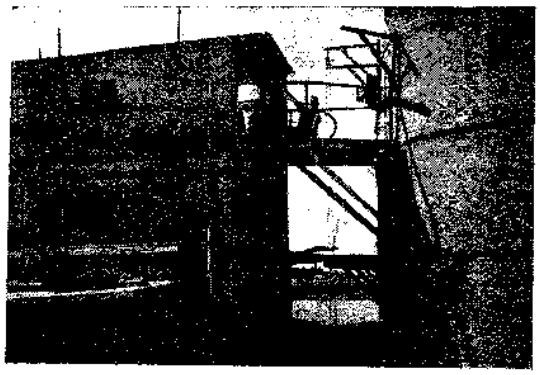


Fig. 22. – Punto de medida en una chimenea aislada.

Medición de polvo en una chimenea

	Polvo crudo (Por 100)	Polvo chimenea (Por 100)
Pérdida al fuego	35,43	23,95
SiO_2 e insolubles	11,39	15,90
Al_2O_3	5,31	3,78
Fe_2O_3	1,81	2,58
CaO	43,52	34,40
MgO	0,98	0,78
SO_3	0,72	7,74
K_2O	1,25	11,06
Na_2O	0,09	0,41

Cuadro 23.

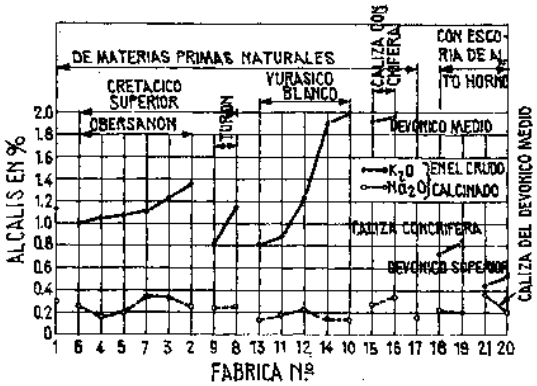


Fig. 24. – Contenido de álcalis de formaciones geológicas diferentes.

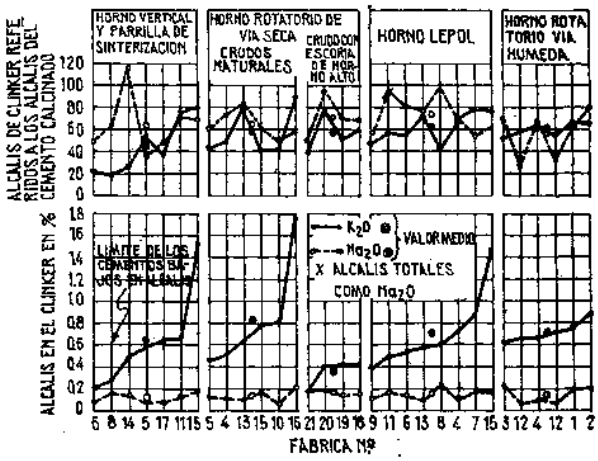


Fig. 25. — Alcalis en el clínker de diferentes tipos de hornos.

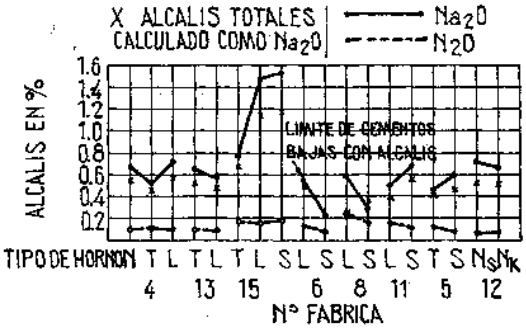


Fig. 26. — Contenido de álcalis en el clinker de cemento, de un mismo crudo, procedente de diferentes tipos de hornos.

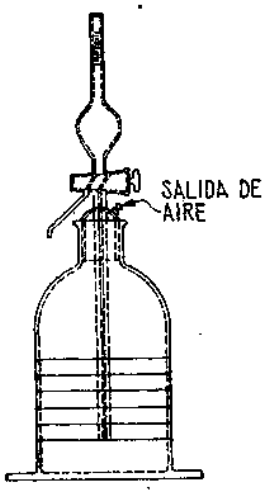


Fig. 27. — Pipeta de Andreasen, modificada.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)

nal vertical, de acuerdo con las disposiciones. La distribución de los puntos de medida se puede ver en las figuras 17 a 22.

3. Estudio del polvo en relación con su composición granulométrica y con el contenido de álcalis

La mayor parte de las materias sólidas que aparecen en los gases provienen del crudo. Por este motivo, el polvo que contienen los gases de las fábricas de cemento no es cemento, como erróneamente se ha indicado con frecuencia. La proporción de crudo en el polvo total depende del procedimiento de cocción empleado en cada caso. En el cuadro 23 se puede apreciar el análisis del crudo y del polvo de la chimenea de un horno rotatorio de vía seca. Los gases contienen, además de materias sólidas (cenizas de carbón y polvo de crudo), álcalis liberados en la zona de sinterización, principalmente óxido potásico (11 % frente al 1,3 % en el crudo) y pequeñas cantidades de óxido de sodio frecuentemente combinado en forma de sulfato, los cuales se escapan en forma de vapor. La proporción de álcalis en el polvo depende considerablemente de la cantidad existente en el crudo.

En la figura 24 se indica la proporción de álcalis de diversas formaciones geológicas.

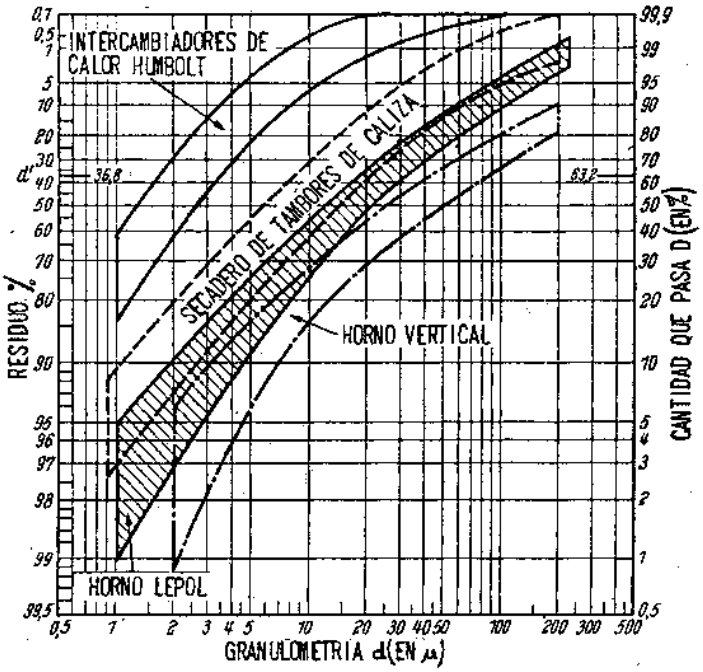


Fig. 28.—Composición granulométrica del polvo del gas contaminado procedente de hornos para cocer cemento.

La figura 25 representa la proporción de álcalis en el clínker de cemento procedente de diferentes tipos de hornos.

En la figura 26 podemos apreciar la proporción de álcalis en el clínker de cemento elaborado con el mismo crudo, pero cocido en diferentes tipos de hornos.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

El contenido de álcalis en el clínker depende, por consiguiente, en primer lugar, del contenido de álcalis en los crudos, incluyendo el carbón; y en segundo lugar, de las condiciones de cocción, pero no de los tipos de hornos.

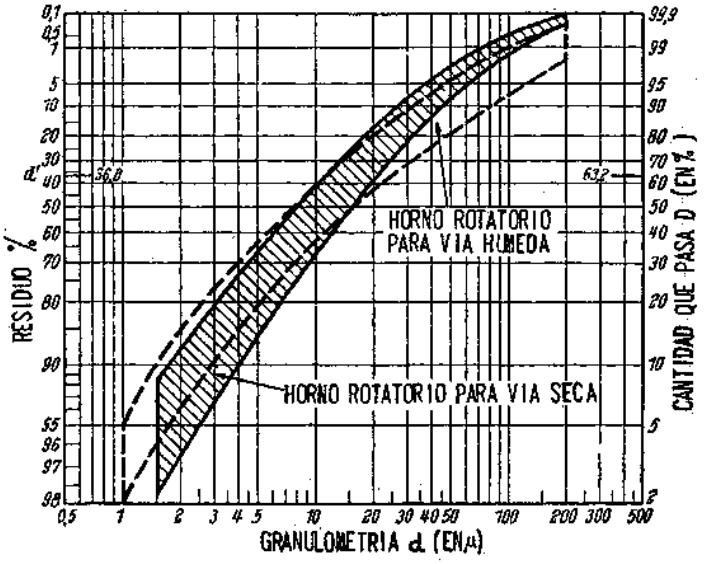


Fig. 29.—Composición granulométrica de los polvos del gas contaminado procedente de hornos giratorios de cemento.

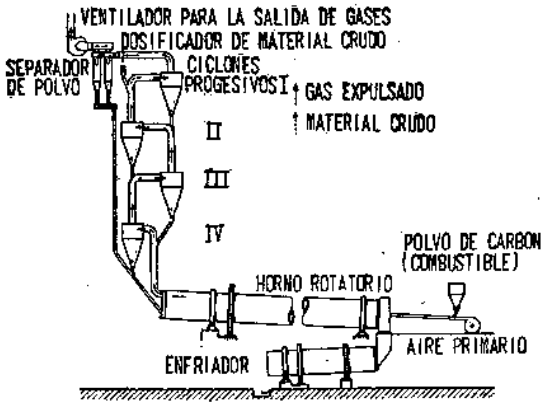


Fig. 30.—Intercambio de calor Hümboldt.

El estudio de la composición granulométrica se realiza según las indicaciones de Andreasen.

La figura 27 nos muestra la pipeta modificada por Andreasen, que se emplea para este fin. Con este aparato se realizaron más de 2.000 estudios individuales para determinar la granulometría entre 2 y 200 μ. En este

Fig. 31.—Cámara de polvo, según Agricola «De re metallica».

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)

aspecto, nos interesa principalmente la composición granulométrica del polvo arrastrado por los gases de los diferentes tipos de

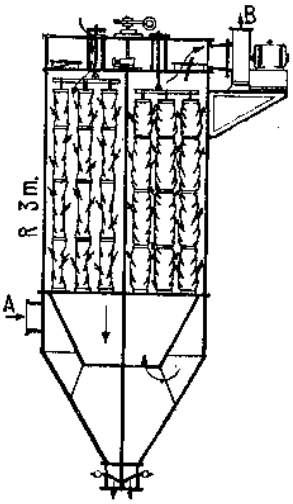


Fig. 32.—Filtro circular de mangas.

hornos. Las figuras 28 y 29 reflejan la composición granulométrica del gas contamina-

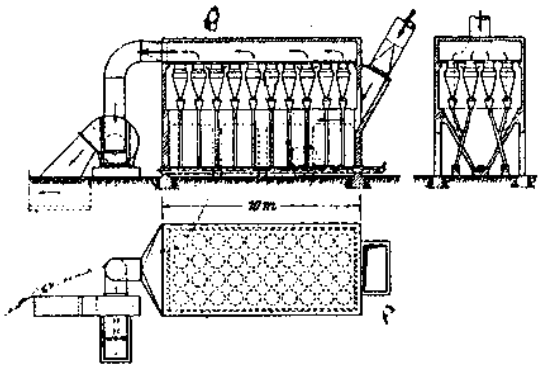


Fig. 33.—Separador de polvo por ciclones múltiples (esquema).

do, que es de esperar en relación con el tipo de horno.

De esto resulta, como se puede apreciar en la figura 29, que para cada tipo de horno aparece una composición granulométrica característica del gas contaminado con polvo. El polvo resulta más fino en el intercambiador de calor y más grueso en el horno vertical.

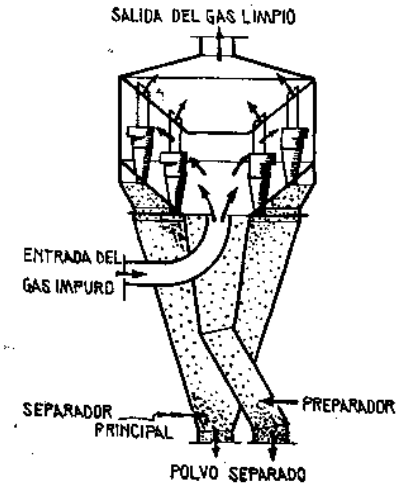


Fig. 34.—Ciclón separador de polvo.

La figura 30 representa el esquema del intercambiador de calor. La elevada propor-

Fig. 35.—Separador centrífugo de polvo.

ción de polvo es consecuencia de la repetida separación del crudo en los ciclones, ya que

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

en estos aparatos se separa siempre de nuevo lo fino de lo más grueso. Con esto se consigue también la separación del polvo fino.

tiempos en los que se crearon los hornos de fusión, ya se hacía todo lo posible para separar el polvo de los gases.

Mediciones de polvo en ciclones de tipo medio de 400 a 1.500 mm ⌀ en horno y tambores de secador.

	Gas expulsado		Contenido de polvo		Contenido de polvo de 0 a 10 μ en el gas puro	Grado de eliminación de polvo	Expulsión de polvo	
	Cantidad — m³/h	Temperatura — °C	Gas impuro — g/m³	Gas puro — g/m³	— Por 100	— Por 100	referida a la producción de clinker — Por 100	absoluta — kg/h
Tambor de secado para caliza	28.600	60	101,0	6,7	99,9	93,4	—	190
Horno rotatorio vía húmeda	78.000	145	30,8	2,3	95,8	92,5	2,0	180
Horno rotatorio vía húmeda	131.000	112	20,1	1,0	95,0	95,2	0,8	131
Horno rotatorio vía húmeda	116.000	147	18,0	2,7	97,0	85,0	2,3	313
Horno vertical de gran producción	44.000	131	5,6	0,9	80,0	84,2	0,7	40

Cuadro 36.

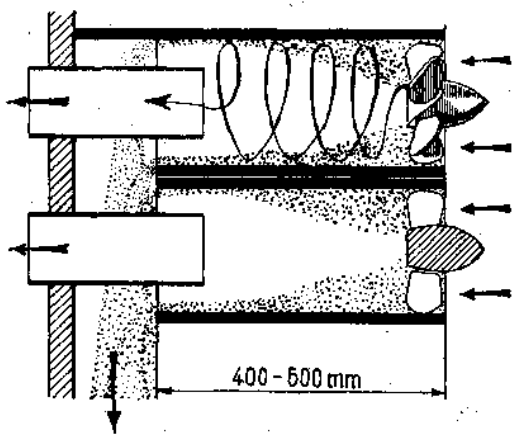


Fig. 37.—Separador centrífugo de polvo. Tamiz axial de torbellino.

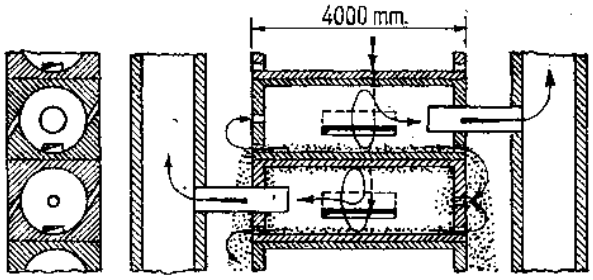


Fig. 38. — Separador centrífugo de polvo con tamiz tangencial.

4. Tipos de dispositivos para separar el polvo. Grado de efectividad

Una de las primeras cámaras de polvo empleadas, aparece en la figura 31. En los buenos tiempos antiguos, quiero decir en los

El tema de los filtros de mangas, como el que aparece en la figura 32, sirviendo de ejemplo, no ha sido tratado por nosotros, ya que, estando las mangueras en buen estado, la separación del polvo resulta perfecta.

Principalmente se emplean los ciclones para la separación del polvo. A base de las

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)

mediciones realizadas, se ha podido comprobar que el tipo medio de ciclones, con un diámetro de 400 a 1.500 mm., es más favorable. Este tipo de ciclones aparecen en las figuras 33 a 35.

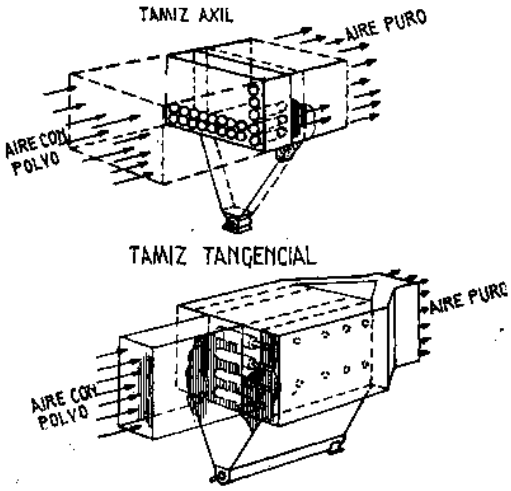


Fig. 39. Disposición de los tamices de torbellino.

Su grado de eficacia se puede ver en el cuadro 36.

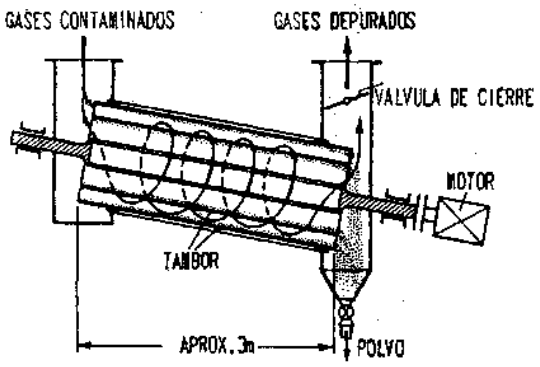


Fig. 41.—Depurador por fuerza centrífuga sistema Rotex (esquema).

Mediciones de polvo en los ciclones más pequeños interpuestos detrás de los hornos rotatorios o de los tambores de secado.

	Gas expulsado		Contenido de polvo		Proporción de polvo de 0 a 10 μ en el gas puro	Grado de la eliminación de polvo	Expulsión de polvo	
	Cantidad m³/h	Temperatura °C	Gas impuro g/m³	Gas puro g/m³	Por 100	Por 100	referida a la producción de clinker Por 100	absoluta kg/h
Tambor de secado para caliza	8.600	80	30,0	2,9	98	90,2	—	25,0
Tambor de secado para caliza (con un separador de ciclones)	20.000	75	100,0	6,1	72	93,9	—	122,0
Horno rotatorio de vía seca (sin recuperación del aire circulante	47.000	254	30,7	2,2	91	92,9	1,41	103,0
Horno rotatorio de vía seca (con recuperación del aire circulante)	42 500	258	27,9	1,0	90	96,3	0,67	44,0

Cuadro 40.

Los ciclones pequeños, con los diferentes tamices de torbellino, aparecen en las figuras 37 a 39.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

Mediciones de polvo de los separadores de tambor «Rotex» colocados detrás de tambores de secado y hornos.

	Gas expulsado		Contenido de polvo		Proporción de polvo de 0-10 μ en el gas puro	Grado de eliminación de polvo	Expulsión de polvo	
	Cantidad — m³/h	Temperatura — °C	Gas impuro — g/m³	Gas puro — g/m³	— Por 100	— Por 100	referida a la producción de clínker — Por 100	absoluta — kg/h
Tambor de secado	19.500	106	11,4	1,8	95,0	85,9	—	31
» » »	32.000	90	52,9	2,3	98,5	95,7	—	75
Horno rotatorio con «calcinator».... . .	108.500	102	49,8	3,8	80,0	92,5	3,1	407
Horno vertical.....	22 000	95	7.3	1,9	69,0	73,6	0,9	42

Cuadro 42.

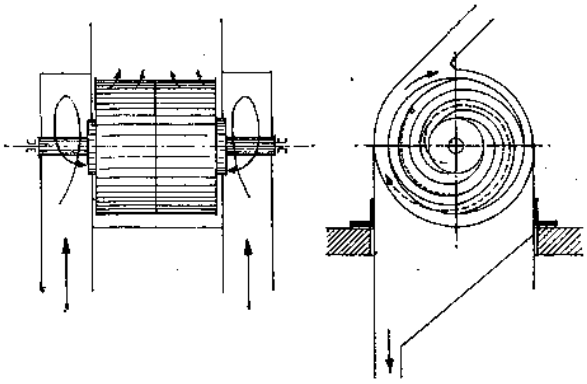


Fig. 43.—Tambor separador espiral.

El grado de eficacia de los ciclones pequeños, con un diámetro hasta 400 mm, se puede ver en el cuadro 40. El grado de eficacia resulta superior al de los ciclones de tipo medio, pero tienen la desventaja de que en ellos se forman con frecuencia adherencias.

Otro tipo de separador de polvo, el tambor rotatorio «Rotex», aparece en la figura 41.

Este trabaja también por el principio de la fuerza centrífuga. La corriente de gas se

Mediciones de polvo en los separadores de tambor colocados detrás de tambores de secado y hornos.

	Gas expulsado		Contenido de polvo		Proporción de polvo 0 a 10 μ en gas puro	Grado de eliminación de polvo	Expulsión de polvo	
	Cantidad — m³/h	Temperatura — °C	Gas impuro — g/m³	Gas puro — g/m³	— Por 100	— Por 100	referida a la producción de clínker — Por 100	absoluta — kg/h
Tambores de secado. Escoria granulada ..	11.000	127	111,0	6,8	60,0	93,9	—	75
Tambores de secado de caliza.....	10.200	115	233,0	5,3	87,0	97,7	—	53

Cuadro 44.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)

conduce a un conjunto de cilindros interpuestos, los cuales, al girar, lanzan el gas hacia las paredes, en las que se separa el polvo.

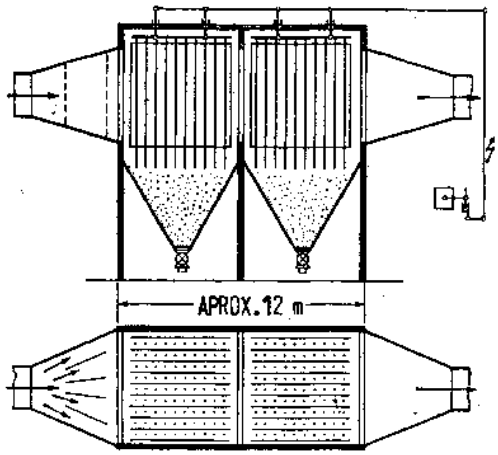


Fig. 45.—Depuración eléctrica del gas (esquema)

rar el polvo se cierra el paso del gas y se reducen las revoluciones del tambor de 300 a 15 r. p. m., de forma que el polvo se desprende por gravedad, deslizándose fácilmente por el tambor, dispuesto con una ligera inclinación. El grado de eficacia de este tambor se puede apreciar en el cuadro 42.

De forma similar trabaja el separador espiral de polvo, indicado en la figura 43. Su grado de eficacia se puede ver en el cuadro 44.

Con el empleo del separador eléctrico, se consigue una separación considerablemente mejor del polvo (figura 45). Se empleó de preferencia con gases húmedos. El resultado de las correspondientes medidas se puede

Medidas de polvo en instalaciones separadoras eléctricas colocadas a continuación de los hornos giratorios y secadores.

	Gas expulsado			Contenido de polvo		Grado de eliminación de polvo	Velocidad del gas en el filtro	Valor del exceso de aire	Expulsión de polvo	
	Cantidad — m³/h	Temperatura — °C	Punto de rocío — °C	Gas crudo — g/m³	Gas limpio — g/m³	— Por 100	— m/s	— λ	referida a la producción de clínker — Por 100	absoluta — kg/h
Horno rotatorio vía húmeda	130.000	190	59	47,5	4,1	91,4	1,4	2,7	5,3	530
Horno rotatorio vía húmeda	140.000	230	61	65,0	5,5	91,5	2,4	2,6	7,2	760
Horno rotatorio vía húmeda	106.000	204	69	28,4	1,5	94,7	1,4	1,9	1,5	160
Horno rotatorio de vía seca con caldera de recuperación y tambor de secado	84.500	92	43	15,0	1,2	91,9	1,9	2,7	0,8	100
Molienda y secado	49.000	79	38	34,0	0,7	99,8	1,0	—	—	35
Molienda y secado	52.000	66	44	45,0	0,9	99,8	0,8	—	—	43

Cuadro 46.

Por el reducido movimiento relativo entre la corriente de gas y las paredes del tambor, el polvo se deposita en las paredes. Para separar

apreciar en el cuadro 46. En los hornos rotatorios con gases secos, a temperaturas de 180 a 350° C, fallan estos dispositivos, a no

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

ser que con anterioridad se introduzca un determinado grado de humedad.

5. Los diferentes tipos de hornos y su expulsión de polvo

Según el estado actual del tema se pueden emplear los siguientes tipos de hornos, sin dispositivos especiales para separar el polvo:

1. El horno vertical normal.
2. El horno Lepol con doble conducción de gases (ver figura 47).

Las cantidades de polvo evacuado, comprobadas, se pueden apreciar en el cuadro 48.

Igualmente se puede trabajar sin dispositivos especiales para la separación del polvo, con hornos rotatorios de vía húmeda equipados con cadenas, como los que fabrica la casa Smidth, de Copenhague. La expulsión de polvo en este tipo de horno, es lo mismo que la del horno Lepol con doble conducción de los gases, inferior al 1 % del rendimiento.

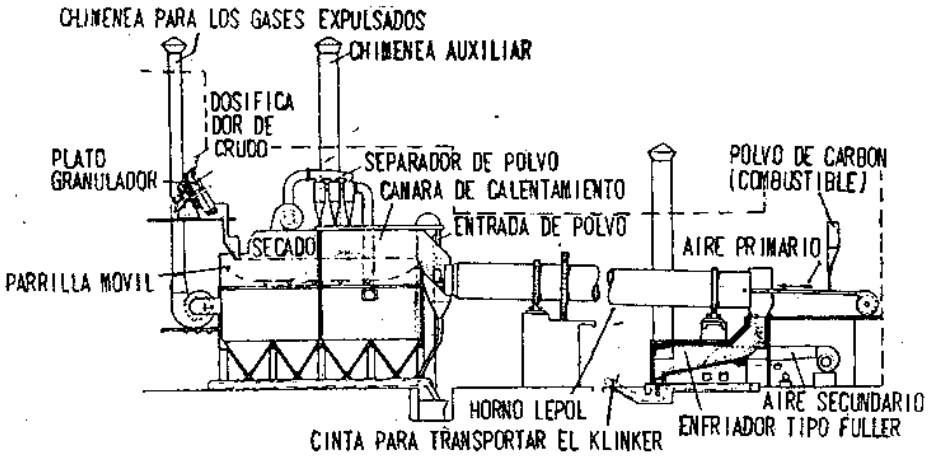


Fig. 47.—Horno Lepol, con conducción doble de gas y enfriador tipo Fuller.

Medida de polvo en el horno Lepol con paso doble de los gases

	Gas expulsado		Contenido de polvo		Proporción de polvo 0 a 10 μ en el gas limpio	Grado de eliminación de polvo	Expulsión de polvo	
	Cantidad — m³/h	Temperatura — °C	Gas impuro — g/m³	Gas limpio — g/m³	— Por 100	— Por 100	referida a la producción de clinker — Por 100	absoluta — kg/h
Sin reparación de polvo	44.500	83	2,9	2,9	—	—	0,8	137
Sin reparación de polvo	106.500	100	1,8	1,8	37	—	0,9	200
Con reparador de ciclones	109.700	110	1,8	0,4	77	76	0,2	44

Cuadro 48.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)

En las figuras 49 y 50 aparecen indicados, por separado, todos los valores determinados con y sin dispositivo, para la separación de polvo, separando también éstos por tipos de hornos. La parte rayada de las columnas representa en cada caso el valor límite, superior e inferior, de la mayor cantidad de polvo expulsado. Entre estos dos valores aparecen todos los resultados de las medidas realizadas. En la figura 49, la expulsión de polvo viene representada en porcentaje de la producción; y en la figura 50, en gramos por m³ de gas. Se puede apreciar en este gráfico una elevada cantidad en g/m³ en los intercambiadores de calor. Sin embargo, este valor da una idea falsa, ya

Leyenda:

Núm.	Tipo de horno	Núm	Tipo de horno
	Horno vertical:	7	Procedimiento de inyección y separador de polvo.
	H. v. de gran producción.		
1	Sin separador de polvo.		
2	Con separador de polvo.		*Horno rotatorio de vía seca:*
	Horno Lepol:	8	Normal con cámara de polvo
3	Con separador de polvo.		
4	Con doble conducción de gases.	9	Normal con separador de polvo.
		10	Con caldera de recuperación y cámara de polvo.
	Horno rotatorio de vía húmeda:	11	Con caldera de recuperación y separador de polvo.
5	Con cadenas y cámara de polvo.		
6	Con «calcinator» y separador de polvo.	12	Intercambiadores de calor y separadores de polvo.

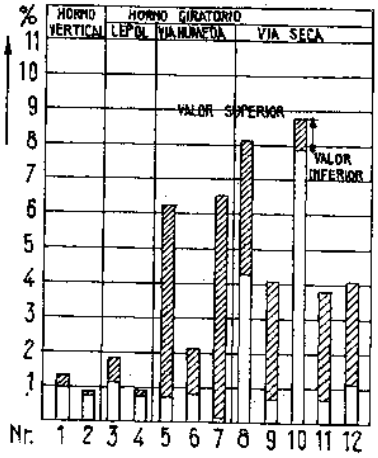


Fig. 49.—Expulsión de polvo en por 100 referida a la producción.

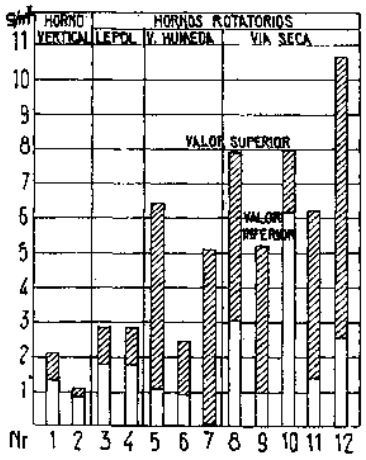


Fig. 50.—Contenido de polvo en el gas expulsado en g/m³.

Leyenda:

Núm	Tipo de horno	Núm.	Tipo de horno
	Horno vertical:	7	Procedimiento de inyección y separador de polvo.
	H. v. de gran producción.		
1	Sin separador de polvo.		
2	Con separador de polvo.		*Horno rotatorio de vía seca:*
	Horno Lepol:	8	Normal con cámara de polvo.
3	Con separador de polvo.		
4	Con doble conducción de gases.	9	Normal con separador de polvo.
		10	Con caldera de recuperación y cámara de polvo.
	Horno rotatorio de vía húmeda:	11	Con caldera de recuperación y separador de polvo.
5	Con cadenas y cámara de polvo.		
6	Con «calcinator» y separador de polvo.	12	Intercambiadores de calor y separadores de polvo.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

que la proporción expresada en % sobre la producción resulta muy inferior. Este comportamiento se explica, por la reducida cantidad de gas necesaria por cada kilogramo de clínker.

6. Resumen

Los métodos de trabajo empleados en las mediciones de polvo, comparados con otros procedimientos utilizados con el mismo fin, se han manifestado suficientemente satisfactorios. Con ellos se han logrado por primera vez conclusiones sobre la considerable cantidad de polvo, y sobre la composición granulométrica del mismo, lo que ha permitido comparar cuantitativamente distintas clases de hornos e instalaciones para la eliminación del polvo. También es posible suministrar a las casas constructoras de éstas, valores permisibles para el proyecto de las mismas, así como comprobar, una vez construídas, si de hecho se han conseguido los resultados deseados.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (CC-by)