Materiales de Construcción Vol. 11 nº 101
Enero, febrero, marzo de 1961

616 - 88

el intercambiador "Humboldt" y la eliminación de polvos en la fábrica de "Ferroland, S. A." en Sagunto

JOSE CAMARA RICO
Ingeniero de Caminos

El Consejo del Instituto consideró conveniente que figurase en los Coloquios de Directores y Técnicos de Fábricas de Cemento, un tema sobre el intercambiador de calor Humboldt, y la captación de polvo, y para desarrollarlo fuimos invitados sin más merecimientos que los de haber sido los primeros en montar una de estas instalaciones en España.

Vamos, por consiguiente, a cumplir el honroso encargo, y sin más preámbulo entraremos en materia, empezando por recordar primero los antecedentes del asunto.

Antecedentes

La idea de instalar en Sagunto una fábrica de cemento surgió como consecuencia de dos hechos: el primero lo constituye el aprovechamiento del granulado básico de alto horno que produce la fábrica siderúrgica de "Altos Hornos de Vizcaya, S. A.", y el segundo, la posibilidad de aprovechar un horno rotativo de unos 50 metros de longitud, que anteriormente se había empleado para nodular el mineral de Ojos Negros, y que desde hacía tiempo no se utilizaba.

El horno en cuestión, montado sin ningún complemento, tenía evidentemente una capacidad de producción reducida y no podía ser base económica para levantar con él la fábrica que se pretendía. En efecto, todos sabemos que hoy día una cementería con una capacidad pequeña de producción es antieconómica, siendo por todos conceptos recomendable que su producción no sea inferior a las 400 toneladas diarias como mínimo. Como nuestro

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

horno apenas podía producir, funcionando normalmente, algo menos de 200 toneladas, es evidente que necesitábamos adoptar una solución, bien fuera adquiriendo un nuevo horno de mayor capacidad o empleando el que teníamos en existencia, con algún complemento que mejorase su productividad. Y así surgió el empleo del intercambiador Humboldt, para acoplarlo al horno giratorio de que se disponía en Sagunto y formar con los dos elementos una unidad inicial económica, base para el montaje de la fábrica.

Como sosteníamos ya entonces conversaciones con la casa Humboldt, como consecuencia de otros montajes, interesamos el envío de información sobre el intercambiador. Conocidos los primeros datos e informes se hizo un viaje a Alemania, y allí pudimos visitar dos instalaciones que disponían de intercambiador, y en las cuales formamos criterio sobre el asunto, si bien hemos de declarar que, por tratarse de los primeros años de desarrollo del método, ni en las fábricas visitadas encontramos una experiencia consumada, ni se nos pudieron proporcionar tampoco muchos elementos de juicio concretos.

Sin embargo, sí apreciamos dos hechos que fueron los siguientes: En una instalación con dos hornos rotativos gemelos, uno de ellos con intercambiador y el otro sin él, observamos que el primero producía una apreciable cantidad de clínker superior al segundo, aproximadamente en un 60 %, y que, además, la calidad del obtenido en el horno con intercambiador era también superior al otro. En el laboratorio pudimos apreciar diferencias en las resistencias de estos dos clínkeres del orden del 11 %.

El segundo hecho que llamó nuestra atención fué el del interés desmesurado con que se trataba de poner en servicio en la otra fábrica que visitamos, el intercambiador Humboldt, que se encontraba averiado, y la razón de todo aquel esfuerzo que llamó nuestra atención no era otra que la diferencia de producciones de clínker entre el horno funcionando con intercambiador o sin él, como sucede en los casos de averías.

Nos preocupaba también en aquellos momentos en los que se iniciaba el intercambiador Humboldt, la posibilidad de un desarreglo del crudo al caer por los escalones del intercambiador, originándose una separación de sus elementos, y pusimos entonces gran interés en llegar a conocer bien este hecho, y cuando apreciamos que la caída del crudo era correcta, y de que éste se encuentra en el intercambiador como suspendido de los gases, sin producirse la menor segregación, es cuando creímos sinceramente que la patente podía tener interés para su aplicación en la nueva Cementería de Sagunto, mediante el acoplamiento del intercambiador Humboldt al horno rotativo de que se disponía.

Todavía existía otra circunstancia del mayor interés que había de ser considerada, cual era la de llegar en la nueva fábrica a una recuperación de los desprendimientos de polvo de la máxima eficacia, debido al emplazamiento de la Cementería, rodeada de huertos de naranjos a los que, evidentemente, no se podía producir daño alguno.

En aquellos momentos iniciales no se encontraba resuelto, ni mucho menos experimentado, el acoplamiento del intercambiador Humboldt con el filtro electrostático y, como consecuencia de ello, tuvimos que pensar en otras soluciones.

Habíamos de prescindir del sistema de ciclones, porque, evidentemente, no captaban suficiente cantidad de polvo para este caso.

Pensamos en un captador de polvo de vía húmeda, que permite obtener una depuración con un notable grado de limpieza en los gases de escape; pero de este método prescindimos por las dificultades que presentaba la eliminación de las pastas.

Entonces tuvimos que adoptar el montaje de un filtro de superficie Lühr a base de telas Dyolen de fibra artificial, cuyos resultados hasta el presente son admirables, como tendremos ocasión de ver más adelante, si bien es verdad que el coste de entretenimiento para sostener esta rigurosa depuración es algo elevado y reduce en cuantía importante las otras ventajas económicas que se obtienen con el funcionamiento del intercambiador.

Desde luego, sabemos que la recuperación de polvo es más completa con el filtro de superficie Lühr que con el electrostático; pero habiendo sido ya experimentado este electro-filtro en el intercambiador Humboldt, entendemos que, por resultar su explotación más económica, es recomendable, puesto que, además, proporciona suficientes garantías en cuanto a la captación de polvos dentro de los límites que, en general, señalan las Reglamentaciones, y que suelen ser superiores al 0,1 % de producción de clínker, que es el límite que puede conseguirse con el empleo de los electro-filtros.

Creímos tener con el acoplamiento de los elementos anteriores una unidad económica para servir de base, al menos inicial, del montaje de la nueva Cementería de Sagunto. Y así adoptamos, en efecto, el intercambiador Humboldt, del tipo normal de cuatro escalones, que es el que correspondía dado el pequeño grado de humedad que tienen las primeras materias empleadas en esta Fábrica.

Nos decidimos también por adoptar el sistema de recuperación de gases en el intercambiador, empleándolos en la desecación y molienda del crudo, porque se trata de un consumo del orden de un 15 % del total, que, indudablemente, presenta ventajas económicas en el conjunto. Todo ello, y con mando automático y centralizado, se ha montado en Sagunto y ha funcionado con regularidad, habiendo sido la primera instalación de este género que ha funcionado en todo el mundo.

Una vez señalados estos antecedentes, vamos a ocuparnos, aunque sea ligeramente, de la descripción del sistema:

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

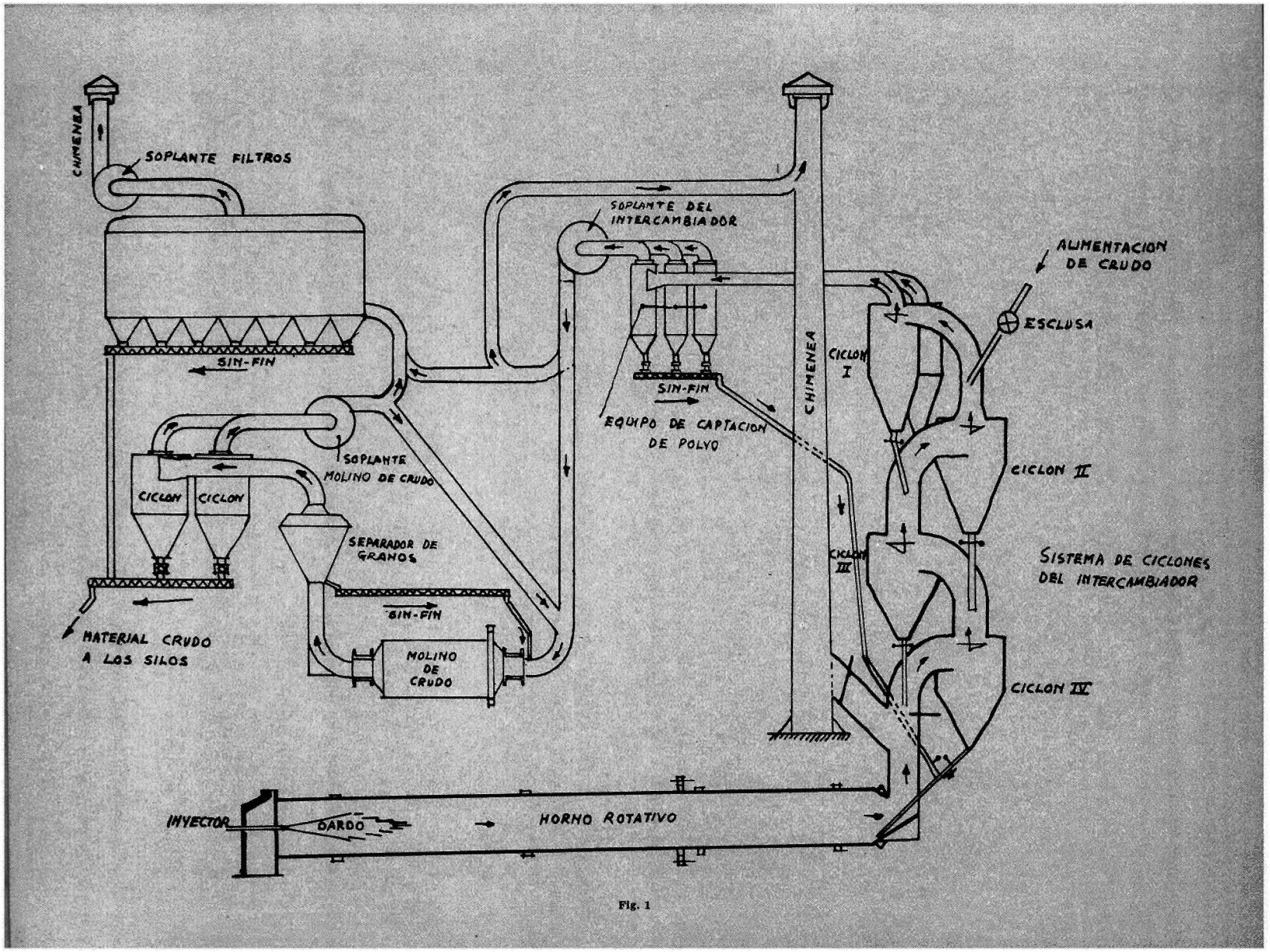

Fig. 1

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

Descripción

El esquema de fabricación con intercambiador Humboldt, tal y como se encuentra instalado en la moderna Fábrica de Sagunto, se indica en el dibujo adjunto de la figura 1. En dicho croquis figura, efectivamente, en primer término, el horno rotativo que señalamos al principio y cuyas dimensiones concretas son las de 52 metros de longitud con un diámetro de 2,70 m y una zona ensanchada de 3,05 m en una longitud de 12 metros.

El combustible empleado es líquido y la Fábrica dispone de una instalación de la casa Balcke destinada a la preparación de fuel-oil. En esta fábrica, situada a poca distancia del puerto de Sagunto, en la misma línea de costa que Escombreras, todo aconsejaba el empleo de este combustible líquido; pero, además, en este caso, en el que había de llegarse a una superación en la cuestión de polvos, no podía admitirse el secado y molienda de carbones, si habíamos de evitar inconveniencias a los huertos de naranjos, y dado que la recuperación de polvo en los secaderos de carbón para el grado de eficacia que se necesita en Sagunto, es muy difícil de alcanzar.

También dispone el horno rotativo de un enfriador Fuller del tipo 627, que, con una capacidad superior a su producción, nos ha proporcionado resultados satisfactorios.

Efectivamente, elegimos un enfriador con un 20 % de capacidad superior a la prevista para el horno. Esto ha supuesto el poder contar con un enfriamiento conveniente del clínker, a pesar del aumento de la capacidad de producción conseguida en el horno.

Se dispone, asimismo, para el servicio del horno rotativo, de los depósitos subterráneos convenientes para el combustible, los que en su día podrán ser alimentados directamente desde los barcos del puerto inmediato de Sagunto, por medio del correspondiente oleoducto.

El intercambiador de calor, como puede apreciarse en el dibujo, consta de cuatro ciclones montados escalonadamente, donde se verifican otros tantos intercambios de calor. El crudo frío procedente del regulador-alimentador se introduce en el conducto de gases que enlaza los ciclones II y I, siendo arrastrado por los gases al ciclón I. En este recorrido, y en el interior del ciclón, el crudo se calienta hasta los 200° C, enfriando el gas aproximadamente hasta la misma temperatura.

El crudo, a la temperatura de 200° C, es separado por el ciclón I e introducido en el segundo enlace. Repitiéndose el proceso sale del ciclón II a la temperatura de 400° C, y de este modo sigue realizándose el intercambio de calor hasta el IV ciclón, recuperando en cada uno de ellos 200° C y entrando finalmente en el horno a unos 800° C.

Los gases que circulan a través del intercambiador entran en él a la temperatura de 910-950° C, y salen del ciclón I, último en su recorrido, a una temperatura aproximada de 315° C.

En estas condiciones los gases de escape del intercambiador antes de su enlace con la chimenea o con el molino de crudo, pasan a través de dos baterías de multiciclones de alto rendimiento, en los cuales se recoge, aproximadamente, el 65,99 % del crudo contenido en los gases, que representa un 9,448 % sobre la producción de clínker, siendo, finalmente, éstos depurados, tanto si circulan directamente hacia el filtro, o bien a través de la molienda de crudo por el filtro de superficie Lühr, pasando desde este elemento directamente a la chimenea para su salida a la atmósfera.

El molino de crudo, que trabaja en ciclo cerrado, tiene un diámetro de 2,80 m y una longitud de 5 m. Los gases que, procedentes del intercambiador, han pasado por el molino cumpliendo su objetivo de secado, arrastran consigo en su circuito polvos de granos gruesos y finos, siendo eliminados los primeros en un primer separador y devueltos al molino, y los segundos en dos ciclones de alto rendimiento dispuestos en paralelo, y desde los cuales el polvo, a la finura deseada, pasa a los silos de homogeneización, y, finalmente, los finos, que todavía son arrastrados por la corriente del gas, son captados en un filtro de superficie Lühr y devueltos igualmente a los silos de crudo.

Los gases, al final de este circuito, salen a la atmósfera con un contenido de polvo del orden de 0,017 g/m³, lo que representa una depuración del 99,9914 % sobre la producción del clínker.

La homogeneización y extracción de la harina cruda se hace por medio de unidades de aireación Fuller, montadas sobre el fondo de los silos, y el movimiento y transporte del crudo se realiza con dos bombas Fuller, siendo posteriormente el material elevado hasta el alimentador-regulador del intercambiador por un medio mecánico.

Depuración de polvo

La circunstancia, como ya hemos dicho anteriormente, de encontrarse esta Fábrica dentro de una zona naranjera, ha hecho que, desde el primer momento, concediésemos importancia al asunto de la depuración de polvo. Y de que esto se ha conseguido dan buena prueba los resultados alcanzados en los diversos ensayos oficiales efectuados por los Servicios Técnicos del Ministerio de Industria.

Es evidente que, en un principio, los agricultores y terratenientes de la zona inmediata a la fábrica tuvieron sus temores sobre las posibilidades de recibir algún daño con los desprendimientos de polvos. Y a tal efecto hemos de referirnos, aunque sea ligeramente, a las experiencias del profesor Ewert, según las cuales, en tanto los desprendimientos no son excesivos, los polvos de cal y cemento—según el profesor—son más provechosos que perjudiciales y en parte sirven para eliminar parásitos, no producen obstrucción de poros, abonan el terreno y defienden la vegetación contra el frío y las heladas. Estas son las conclusiones de un documentado estudio del profesor Ewert.

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

Por otra parte, sus experiencias efectuadas en Alemania con una recuperación de polvos aceptable, son más orientadoras, por las semejanzas con España, que las efectuadas por el profesor Anderson en América con excesivos desprendimientos de polvos.

Nosotros hemos visto que los frutales próximos a los caminos en Sagunto tienen sus ramas llenas de frutos, a pesar del polvo que cubre sus hojas, que producen un efecto desagradable, pero a la hora de la realidad el rendimiento vemos no sufre ningún quebranto. Y también hemos visto durante estos años que las cosechas aumentaron, sin perjuicio de aquellos polvos de los caminos ni de las fábricas situadas en la zona.

Consecuencia de todo esto, es nuestro escepticismo sobre el daño de estos polvos cuando se desprenden en pequeña proporción, caso que ni siquiera es el de Ferroland, S. A., porque en esta moderna instalación la recuperación de polvo es tan absoluta que los desprendimientos no se aprecian en la atmósfera. Tanto es así, que cuando se visita la fábrica da la sensación de encontrarse parada.

Sin embargo, hemos querido hacer estas referencias para que se sepa que la agricultura no tiene nada que temer de las fábricas de cemento que cuenten con los debidos elementos para recuperar sus polvos.

Precisamente, en este caso de Ferroland, en el que se ha seguido tan de cerca este asunto de los polvos, se ha visto ciertamente cómo con las recuperaciones obtenidas no ha existido daño alguno para los huertos de naranjos ni tierras de labor en la zona de influencia de la Fábrica. Claro está que esto se ha conseguido con unas depuraciones elevadas, de las que para dar una idea señalaremos el resultado de las mediciones oficiales que se han efectuado en la Fábrica de Sagunto.

En la medición oficial efectuada en 27-11-57 se obtuvo 0,035 gramos por metro cúbico.

En la medición oficial celebrada el 17-10-58 se obtuvo 0,011 gramos por metro cúbico.

En la medición oficial efectuada el 27-2-59 se obtuvo 0,032 gramos por metro cúbico.

En la medición oficial celebrada el 27-2-60 se obtuvo 0,01 gramos por metro cúbico.

Por nuestra parte, con los estudios realizados y medidas obtenidas, hemos deducido que el desprendimiento puede ser del orden de 0,017 gramos por metro cúbico, lo que representa el 0,0086 % de la producción de clínker, consiguiéndose, como hemos dicho anteriormente, una depuración del orden del 99,9914 %.

Naturalmente, tales cifras son muy inferiores a las autorizaciones legales permitidas en casi todos los países; pero ya hemos dicho que en este caso de Sagunto era muy especial, precisamente, por la bella huerta de naranjos que rodea la Fábrica, a la que había que evitar todo perjuicio, como así ha sucedido. Como referencia, podemos indicar que en la nueva Ley alemana, para limitar los polvos, que comenzará a regir a partir del mes de julio próximo, se establece que en las nuevas fábricas la proyección de polvo a la atmósfera quede limitada como máximo al 0,1 % de la cantidad de clínker producida. Quizás sea la Norma más exigente del momento actual, y a pesar de todo, como vemos, la recuperación de Sagunto es todavía muy superior a este límite que se va a proponer en Alemania.

Por esto, aunque en principio fuimos recibidos por los agricultores con aquel gesto de desconfianza, hoy día que ha llegado a todos el convencimiento de que no existen daños y de que, además, encuentran en la Fábrica facilidad para adquirir muchos materiales de construcción para sus obras de riego y saneamiento, se unen a nuestro esfuerzo considerándonos como un complemento de su agricultura, como realmente tiene que suceder, ya que, como muy bien señaló oportunamente el excelentísimo señor Ministro de Agricultura, don Cirilo Cánovas, ya no tiene sentido alguno la pugna entre la agricultura y la industria, siendo ambas actividades sumandos de una misma cuenta, cuyo saldo es el bienestar de la Nación.

Consideraciones generales sobre el Intercambiador

En general, podemos afirmar que el funcionamiento del horno de Sagunto con intercambiador Humboldt, en el tiempo que lleva de explotación nos ha satisfecho. Y aunque entendemos puede ser todavía perfeccionado, lo consideramos ya como un método logrado para la cocción del crudo, a juzgar por el análisis de resultados que hacemos a continuación.

En efecto, primeramente hemos podido comprobar la rápida transmisión del calor de los gases al crudo en suspensión, cuyos granos, por decirlo así, tienen un contacto con aquellos gases muy perfecto, y sin producirse —como hemos dicho—ninguna segregación entre los componentes del crudo.

Es una ventaja, igualmente, la de que el crudo no necesite ser granulado, aunque, claro está, tenga que introducirse en el intercambiador perfectamente seco. Tampoco es necesaria una molienda muy fina del crudo, ya que está comprobado que, con un residuo del orden de un 20 % sobre el tamiz de 4.900 mallas, cabe obtener el clínker de primera calidad, y ello supone, evidentemente, una buena economía en el consumo de energía eléctrica. En la instalación de Sagunto, el residuo del crudo ha sido en 1959, del orden de un 18,2 % sobre tamiz de 4.900 mallas.

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

Otro detalle a considerar es el de la longitud del horno giratorio, ya que al no tener zona de calentamiento previo el acoplamiento del intercambiador supone una reducción acusada en la longitud del horno. En el caso de Sagunto hemos podido apreciar un aumento en la producción del orden de un 65 % en relación con la que hubiera tenido el horno solo, y se espera todavía aumentar el rendimiento con la mejora de algunos detalles de la instalación.

Por otra parte, el consumo específico de calor es limitado. En Sagunto hemos obtenido, en el año 1959, una cifra media del orden de 884 kcal/kg de clínker producido, descomponiéndose esta cifra en 768 calorías para la cocción propiamente dicha y 116 para la desecación en el molino de crudo. Tal cifra ha mejorado incluso a la ofrecida por la casa Humboldt, y esperamos todavía reducirla en una parte al llevar a cabo algún progreso que tenemos en proyecto.

Respecto a las condiciones de molturación de este clínker no hemos advertido ninguna anormalidad en relación con un clínker de horno rotativo normal, y si acaso parece acusarse un menor consumo de energía cuando se trata de altas finuras.

Circunstancia también muy favorable ha sido la de la calidad del clínker obtenido. Ni siquiera en los momentos iniciales de las pruebas se produjo cantidad alguna de clínker mal cocido o de calidad inferior. La cal libre que puede tener este clínker con el intercambiador nunca excedió del 0,4 %, y hemos podido también comprobar que pueden obtenerse con este clínker resistencias superiores a las obtenidas en un horno giratorio normal, aun con finuras de molido más reducidas. El hecho tiene hoy verdadera importancia cuando necesitamos disponer de unos aglomerantes de altas resistencias para atender los problemas de los nuevos tipos modernos de construcciones y de los sistemas del hormigón pretensado.

Sin aparatos mecánicos en movimiento, es natural que otra ventaja de intercambiador Humboldt la constituya su marcha regular de funcionamiento. A tal efecto, podemos afirmar que durante el año 1959 las averías en el intercambiador, como son atranques de ciclones y defectos en el mecanismo de alimentación, constituyeron solamente el 1,93 % del total de las horas de parada del horno, lo cual, según puede apreciarse, resulta insignificante.

Y entre las ventajas señalaremos, por último, la de la eliminación casi absoluta del polvo que hemos conseguido.

Tiene, por el contrario, la instalación el mayor gasto inicial que supone el intercambiador y la construcción de su torre de 45 m de alto con seis pisos, con un ascensor que, a nuestro juicio, es obligado para facilitar la inspección y entretenimiento de los aparatos. El mando automático obliga, por otra parte, a disponer de un personal especializado. Y también, en este caso, según hemos dicho, la eliminación de polvo supone un gravamen para la explotación.

Es evidente que el índice económico de fabricación es satisfactorio en este sistema; pero también es necesario tener en cuenta el índice, que pudiéramos llamar financiero, el cual está afectado por la cuantía del capital desembolsado con sus intereses y amortizaciones. Y no es menos lógico que ha de tenerse también presente para llegar a conocer la Fábrica, económicamente hablando, el índice que pudiéramos llamar comercial, el cual está afectado por la zona de ventas, por el servicio de almacenes, transporte y envases. Los tres índices juntamente, de producción, financiero y comercial, deben ser considerados para poder fijar con la mayor exactitud las condiciones de rentabilidad de una de estas instalaciones. Y en estas fábricas nuevas la bondad del índice de fabricación queda muy reducida por el alto capital gastado en ella, que perjudica su índice financiero, y por la necesidad de crear un mercado que limita, como es natural, al índice comercial.

Por lo demás, en contra de la opinión de algunos comentaristas, nosotros no encontramos la torre del intercambiador antiestética, dentro de las líneas generales que han de tener las estructuras de las fábricas para responder a sus finalidades prácticas. Por el contrario, la torre Humboldt de hormigón armado, en la Fábrica de Sagunto, con sus 45 metros de altura y seis pisos, sirve, por el día, como un limpio jalón para señalar a distancia el emplazamiento de la Fábrica, y por la noche, con sus luces de varios colores, proporciona a la Cementería un aspecto alegre y bonito, haciendo gala con la hermosura de la huerta y de los naranjos.

Después de los seis años transcurridos desde los primeros ensayos del intercambiador, se han introducido innovaciones en la instalación. Como recientes novedades podemos señalar: la dosificación por peso en la alimentación, el aislamiento del horno y los mayores diámetros dados a los ciclones del intercambiador.

En el caso concreto de Sagunto, el intercambiador Humboldt nos ha proporcionado un aumento del 65 % en la producción del horno giratorio, y, al mismo tiempo, se ha conseguido reducir el consumo de calor en un 45 %; y como se han evitado en absoluto los desprendimientos de polvo, a pesar del mayor costo de la instalación y del entretenimiento del filtro, el problema a nuestro juicio quedó resuelto satisfactoriamente, por lo que así lealmente queremos declararlo para la mejor orientación de todos aquellos que les pueda interesar este método de cocción de crudo.

* * *

Tras la exposición de una documentada película didáctico-técnica, se abrió la discusión, en la que intervinieron los señores Virella Bloda, de Santiago, Rezola Zabaleta, Arteaga, Sarabia, Ferrer Maluquer y Torréns, discutiendo principalmente tres problemas: revestimiento refractario en el horno, atención y limpieza en el intercambiador, y marcha de los álcalis en este tipo de instalación.

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