

Ordenadores electrónicos en la industria del cemento

M. KAERKES

Klöckner-Humboldt - Deutz, A. G.

Múltiples son las posibilidades de empleo de los ordenadores electrónicos para el control de procesos en la industria del cemento. La más costosa de estas posibilidades es la regulación (control) digital directa (DDC) con ayuda del ordenador electrónico para el control de procesos. De este modo, el ordenador electrónico pasa a prestar los servicios propios de un aparato de control centralizado para una fábrica de cemento, pues ocurre que él se hace cargo, a la vez, del mando, control y regulación de toda una planta de fabricación. Consecuentemente quedan suprimidos, o bien se encomiendan al ordenador electrónico, todos los mandos convencionales y mecanismos de enclavamiento, el control de la planta por medio de múltiples instrumentos así como todos los reguladores análogos. La actuación funcional concertada de los mandos y dispositivos de enclavamiento es aunada en un programa e impresa en el ordenador. La ventaja estriba en que no es necesario emplear reguladores convencionales y, además, en que toda la planta de producción de cemento puede ser regulada y mandada como un todo fabril. El ordenador electrónico hace posible aplicar algoritmos de regulación manifiestamente más idóneos que los que son posibles en los reguladores convencionales; esto es, la planta puede funcionar con mayor exactitud y homogeneidad.

La desventaja de la regulación (control) digital directa radica en la posición central que adquiere el ordenador electrónico. Los gastos de adquisición son considerables, contingencia ésta que, sin embargo, queda compensada en determinados casos por las ventajas que ofrece. De todos modos, las desventajas pueden ser todavía más considerables en caso de producirse una avería en el ordenador electrónico. De ocurrir así, tenemos que se para toda la planta, de modo que ya no puede seguir funcionando en servicio de mando manual, debido a que los dispositivos de enclavamiento necesarios para un servicio de emergencia han sido montados en el ordenador, con lo que también han quedado fuera de servicio.

Este problema puede ser obviado tan sólo poniendo en servicio un segundo ordenador, que actúe en funcionamiento totalmente sincronizado con el primero y que acepte su cometido, caso de que deje de funcionar el primero. Nuestro parecer es que los gastos inherentes a este modo de obviar tal problema no guardan relación idónea con el beneficio que potencialmente pudiera obtenerse. El empleo del sistema DDC en la producción de cemento es prácticamente idóneo tan sólo a partir del momento en que la seguridad funcional y carencia de fallos del ordenador electrónico puede ser aumentada a un período de tiempo sin fallo funcional alguno de más de un año.

Por esta razón, el ordenador electrónico es en la actualidad, aplicado en calidad de aparato de control, de elaboración de datos y de mando —en cierto modo como sustituto del personal de servicio—, el procedimiento más apropiado.

La fábrica de cemento se encuentra equipada electrónicamente igual que en la generalidad de los casos convencionales. Asimismo existe un enclavamiento de los diversos accionamientos entre sí: los diversos circuitos de regulación, la instrumentación de la planta de producción y los órganos mecánicos de regulación. De este modo el personal de servicio puede poner en funcionamiento la planta en cualquier momento en caso de emergencia.

En el caso normal, con ayuda de la instrumentación, el ordenador electrónico controla la planta y, caso de que ello resulte necesario, puede modificar valores de régimen en los circuitos de regulación existentes o bien incluso hasta dar instrucciones de regulación a válvulas, exclusas y afines.

En este caso al ordenador se le priva de su posición de control centralizado, convirtiéndose así en un importante aparato auxiliar, con cuyo apoyo la planta puede ser puesta en servicio uniforme en la carga mecánica, así como en la calidad de la harina bruta y del clínker. También es cierto que si en este caso el ordenador electrónico deja de funcionar, entonces provoca graves trastornos, pero pese a todo ello, la producción de cemento no queda interrumpida.

A base del ejemplo para la homogeneización del crudo, tal y como lo ha realizado ya algunas veces KLOCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ, se pretende pormenorizar seguidamente las premisas para el empleo, interpretación y puesta en servicio del ordenador electrónico.

La homogeneización de la harina cruda tiene por objeto hacer llegar al horno giratorio un crudo con fluctuaciones sumamente insignificantes en cuanto al contenido de CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 . De este modo se sientan entonces las bases necesarias para conseguir que el cemento sea de una calidad homogénea.

Es lógico que el ordenador electrónico no pueda realizar la homogeneización automática del crudo en aquellos casos en que la preparación de las materias primas, con inclusión del desmenuzamiento y de la trituración de la piedra, no se encuentra montada estructuralmente para tal fin desde el punto de vista de la técnica de los procesos.

En aquellos casos en que con ayuda del ordenador electrónico se deba hacer la regulación para que permanezca constante el contenido de CaCO_3 en la harina cruda, entonces en la trituración de la piedra se tienen que adoptar las medidas oportunas para que la piedra caliza sea separada por material de alto y de bajo contenido; o sea, en cuanto a su contenido de CaCO_3 el material de alto contenido tiene que quedar por encima del contenido de CaCO_3 deseado en el crudo, y el material de bajo contenido por debajo del mismo, ya que, de no hacerse así, no será posible una homogeneización del polvo bruto. Las variaciones en cuanto al contenido de CaCO_3 en cada uno de los respectivos materiales pueden ser verificadas a voluntad mientras tanto se sigan observando las condiciones arriba expuestas (el ordenador deberá regular precisamente estas variaciones siempre a tenor con el cometido que se haya asignado).

La piedra caliza de alto y bajo contenido tiene que ser depositada en diversos silos (tolvas) de almacenamiento. Los materiales suplementarios necesarios, tales como piritas y arena, tienen que ser almacenados en otros silos.

A partir de esta etapa, el ordenador tiene que poder dirigir la operación de evacuación permanente de las materias primas almacenadas en los silos por medio de básculas dosificadoras para cintas transportadoras. Caso de resultar necesario, el ordenador varía el valor de régimen para la capacidad de transporte de cada una de las respectivas básculas, controlando al mismo tiempo también su funcionamiento permanente.

Seguidamente las materias primas son mezcladas, secadas y molturadas con arreglo a los procedimientos conocidos. La ejecución de estas operaciones de trabajo requiere de 20 a 40 minutos, siempre a tenor de la fábrica de que se trate en cada caso concreto. Una vez hecho todo esto, y no antes, es cuando ya se puede decidir en cuanto al tiempo y a la técnica de procedimientos, así como determinar cuál ha de ser la composición del crudo (proporciones de las cantidades mezcladas) y cuál es la diferencia que existe respecto a la composición deseada.

La composición química del crudo es analizada ahora, detrás del molino de molturación de la materia prima, en lo relativo a los componentes CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 . Con el fin de conseguir el mayor grado posible en la automatización se propone el análisis permanente del crudo. Para este fin, la KLOCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ emplea un aparato de análisis por rayos X de funcionamiento continuo. Este aparato ofrece, por un lado, la ventaja del análisis permanente y, por otro lado, en comparación con otros métodos, se somete a análisis un flujo de material de ensayo relativamente grande, con lo que queda mejor expuesta la composición real de la mezcla del crudo. El contenido en tanto por ciento del total de calcio, silicio, aluminio y hierro es medido en el aparato de análisis. La composición proporcional en cuanto a los pesos de crudo puede ser determinada ahora mediante el empleo de una balanza o báscula para cinta transportadora.

Como ya se ha mencionado anteriormente, según la instalación de preparación de que se trate, la materia prima necesita entre 20 y 40 minutos para desplazarse desde la dosificación por debajo de los silos hasta la evacuación del molino o bien hasta el aparato de hacer análisis. Esto equivale a decir que, en caso de modificar la capacidad de transporte de cada una de las básculas dosificadoras para cintas transportadoras, la modificación que resulta consecuentemente de dicha alteración en la composición química del material mezclado no será medida, por lo tanto, hasta que no hayan transcurrido de 20 a 40 minutos en el aparato de hacer los análisis. Por este motivo, no puede ser mantenida la composición exigida del crudo en el valor instantáneo. Tan sólo el crudo transportado durante un largo espacio de tiempo puede ser mezclado de una manera tal que corresponda en su totalidad a la composición exigida.

Dicho con otras palabras: El último eslabón de la secuencia de operaciones de una homogeneización del polvo bruto dirigida por medio de un ordenador electrónico para el control de procesos industriales tiene que ser un silo de homogeneización. El tamaño necesario del silo es determinado, entre otros factores, por la magnitud de las fluctuaciones en el contenido de CaCO_3 , Al_2O_3 , SiO_2 y Fe_2O_3 en cada una de las respectivas materias primas. Las materias primas con fluctuaciones escasas requieren silos de tamaño correspondientemente menor.

Tan sólo cuando se trate de una planta de preparación que desde el punto de vista de la técnica de procedimientos se halle instalada de esta manera es cuando se podrá utilizar un ordenador electrónico para la homogeneización automatizada del crudo.

Lamentablemente no hay instalación técnica que no se halle sometida al riesgo de de-

teriores o fallos funcionales. Si esto es así, tampoco puede haber ordenador electrónico, aparato de análisis por rayos X o báscula eléctrica dosificadora para cintas transportadoras a los que no les pueda pasar otro tanto de lo mismo. No obstante ello, la frecuencia con que puedan producirse daños en los aparatos eléctricos se puede reducir fuertemente por medio de cuidados regulares y periódicos, servicio de entretenimiento con fines preventivos y un emplazamiento en recintos limpios y apropiados a su finalidad. Si para una fábrica de cemento se toma la decisión de emplear una instalación de automatización, en este caso no basta con sólo limitarse a adquirir y poner en funcionamiento los aparatos. Además de ello hay que disponer de los servicios de un técnico en electrónica que cuide del ordenador electrónico, aparato analizador y de las básculas eléctricas dosificadoras para cintas transportadoras, y que, asimismo, repare con sus propias manos las pequeñas averías que puedan surgir, como, p. ej., en el cableado. De no hacerse así, una instalación de automatización de las características citadas no podrá satisfacer las exigencias que funcionalmente se le impongan a la misma.

Después de acabar de hacer un somero bosquejo de las premisas más importantes para el empleo de un ordenador electrónico, me voy a referir al ordenador y, concretamente, a su programación.

Como ya se sabe, todo ordenador electrónico para controlar procesos industriales es un computador digital que va desde pequeño hasta mediano tamaño. El mismo se convierte en ordenador electrónico para el control de procesos industriales; por un lado, en virtud del acoplamiento funcional de un reloj que envía, en intervalos de tiempo preestablecidos, una señal a un computador, haciendo que de este modo se inicie el desarrollo del ciclo de determinados programas.

La entrada y salida de datos determinan la diferencia esencial entre un computador digital convencional y un ordenador electrónico para el control de procesos industriales. En el caso de un computador digital la entrada o bien la salida de datos se hace, p. ej., para las operaciones de liquidación de sueldos y salarios, por medio de cintas perforadas o tarjetas perforadas. El ordenador electrónico, en cambio, recibe sus datos, tales como los relativos a presión, temperatura, cantidad, etc., provenientes del proceso y suministrados en forma de tensión eléctrica. La estación de entrada en el ordenador tiene que estar desarrollada de forma correspondiente.

Todas las tensiones que a través de sensores (detectores de medida) y transductores (transformadores de medida) están en conexión con el ordenador, son exploradas a especie de interrogación correlativa una tras otra por el ordenador a través de un componente funcional denominado Multiplexer (conmutador electrónico), siendo transformados en el convertidor digital análogo que sigue en una secuencia de dígitos (1001101 ...) cuya impresión se hace en esta forma en el almacenador de ferrita. Muchos son los casos en que solamente interesa saber el estado en que se encuentra una determinada parte de la planta, tal y como, p. ej., si una válvula está abierta o cerrada, si un accionamiento se halla conectado o desconectado, o bien si una temperatura determinada se encuentra o no dentro de los márgenes de una gama tolerada. Con ayuda de un contacto abierto o cerrado, estos regímenes de marcha pueden ser avisados al ordenador, el cual imprime también esta información en el almacenador de ferrita.

La salida de datos tiene lugar en orden inverso. Los datos que en forma eléctrica deben actuar sobre la planta son tomados del almacenador de núcleo para ser transformados en una tensión eléctrica por medio de un convertidor digital analógico, siendo enviados a la secuencia del proceso en forma de órdenes de regulación. Con ello, el ordenador pue-

de hacer que, p. ej., los accionamientos de regulación pasen a una nueva posición. Las salidas de contacto del ordenador pueden realizar las conmutaciones o el arranque de un accionamiento mediante relés y contactores. De este modo, sin necesidad de que el personal de servicio tenga que efectuar interconexiones, el ordenador se halla conectado directamente con la planta tanto por la entrada de datos como también por la salida de los mismos.

Según muestra la figura 1, para el problema de la homogeneización automática del crudo resultan los siguientes enlaces entre el ordenador electrónico y el proceso industrial:

La capacidad de transporte instantánea de las básculas dosificadoras para cintas transportadoras por debajo de los silos de almacenamiento de las materias primas es transmitida directamente al ordenador. Asimismo es avisada al ordenador la capacidad de transporte de la báscula en la cinta transportadora entre el molino y el silo de homogeneización de las primeras materias pulverizadas. La tercera fuente de información necesaria para la homogeneización del crudo, constituye el aparato de análisis por fluorescencia con rayos X de funcionamiento continuo. Los valores de análisis del crudo en cuanto al contenido de CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 son enviados al ordenador por conducto de cuatro canales. Además, el régimen de marcha del aparato de análisis por fluorescencia con rayos X es controlado por el ordenador con ayuda de contactos. De este modo están enumeradas las magnitudes de entrada por medio de las cuales pueden ser medidos y controlados los aparatos auxiliares y el grado de la homogeneización del crudo.

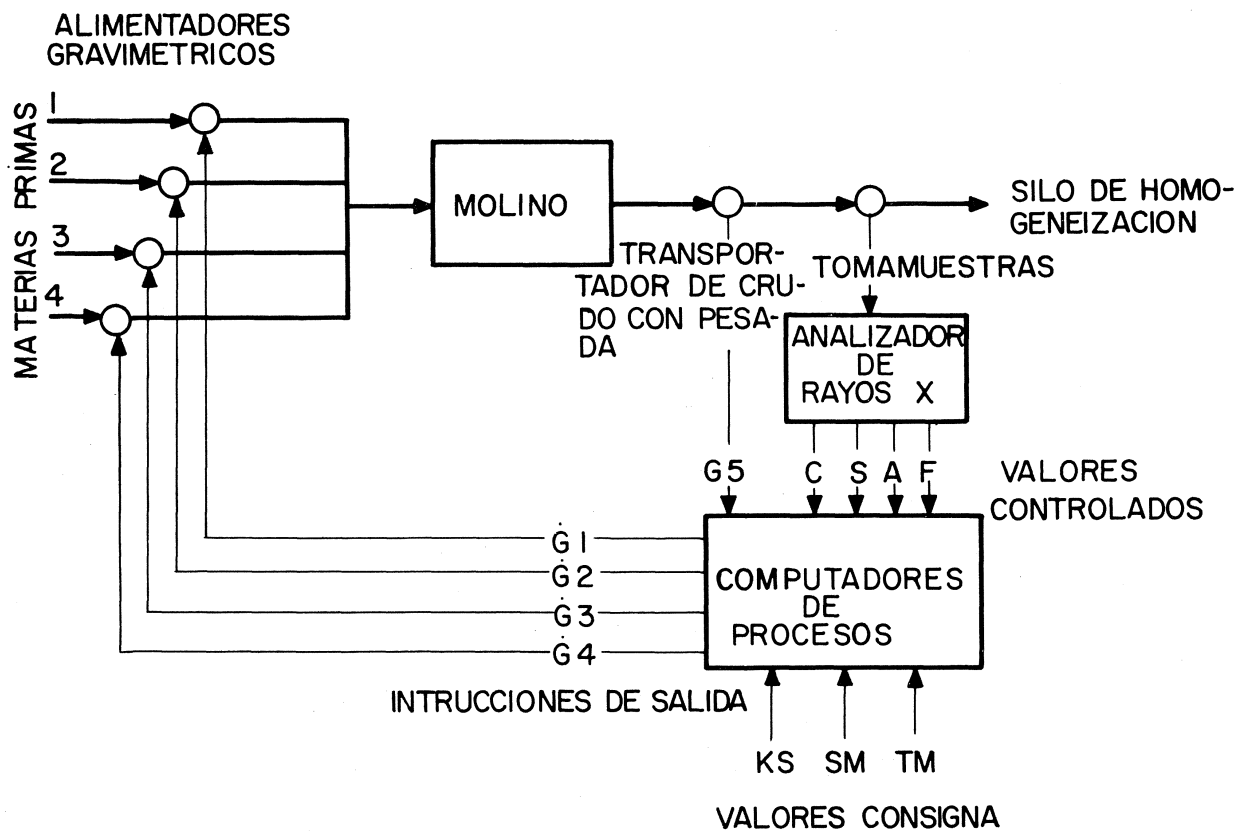
Por su parte, el ordenador puede pasar datos a las básculas dosificadoras para cintas transportadoras con el fin de determinar allí el valor de régimen para la capacidad de transporte de cada una de las respectivas básculas por separado. Además de esto, por medio de una salida de contacto, el ordenador motiva la estandarización (contraste) del aparato de análisis por fluorescencia con rayos X.

Por medio de la báscula de cinta transportadora y del aparato de análisis, el ordenador determina el grado de plenitud del silo de homogeneización y la composición química del crudo ensilado. A tenor de estos resultados, el ordenador electrónico deduce las correcciones a verificar, con el fin de lograr que el contenido del silo adquiriera la composición exigida, variando entonces la capacidad de transporte de las básculas dosificadoras para cintas transportadoras en una proporción tal que quede corregida la composición falsa del contenido actual del silo.

Los programas que debe desarrollar el ordenador electrónico en cuestión tienen, cuando menos, la misma importancia que el ordenador mismo, ya que sin programas el ordenador no podrá satisfacer las exigencias que se le formulen para dirigir la homogeneización del crudo, en cuyo caso el ordenador no tendría objeto alguno.

Condición previa para que el programa se desarrolle perfectamente es tener conocimientos exactos de la técnica de procedimientos relativos a la instalación de preparación de la harina cruda. Tan sólo una vez que ya se hayan reconocido y analizado todos los factores influyentes de una planta de semejantes características es cuando se podrá confeccionar un programa óptimo.

Al hablar aquí de programa se piensa con ello en la compleja secuencia del programa con la que el ordenador maniobra la mezcla de las materias primas, la cual está integrada, sin embargo, por una gama de subprogramas concadenados.



C Ca O
 S Si O₂
 A Al₂ O₃
 F Fe₂ O₃

CONCENTRACION EN EL CRUDO

$\dot{G}1$
 $\dot{G}2$
 $\dot{G}3$
 $\dot{G}4$

INTRUCCIONES DE SALIDA A LOS ALIMENTADORES GRAVIMETRICOS

$\dot{G}5$

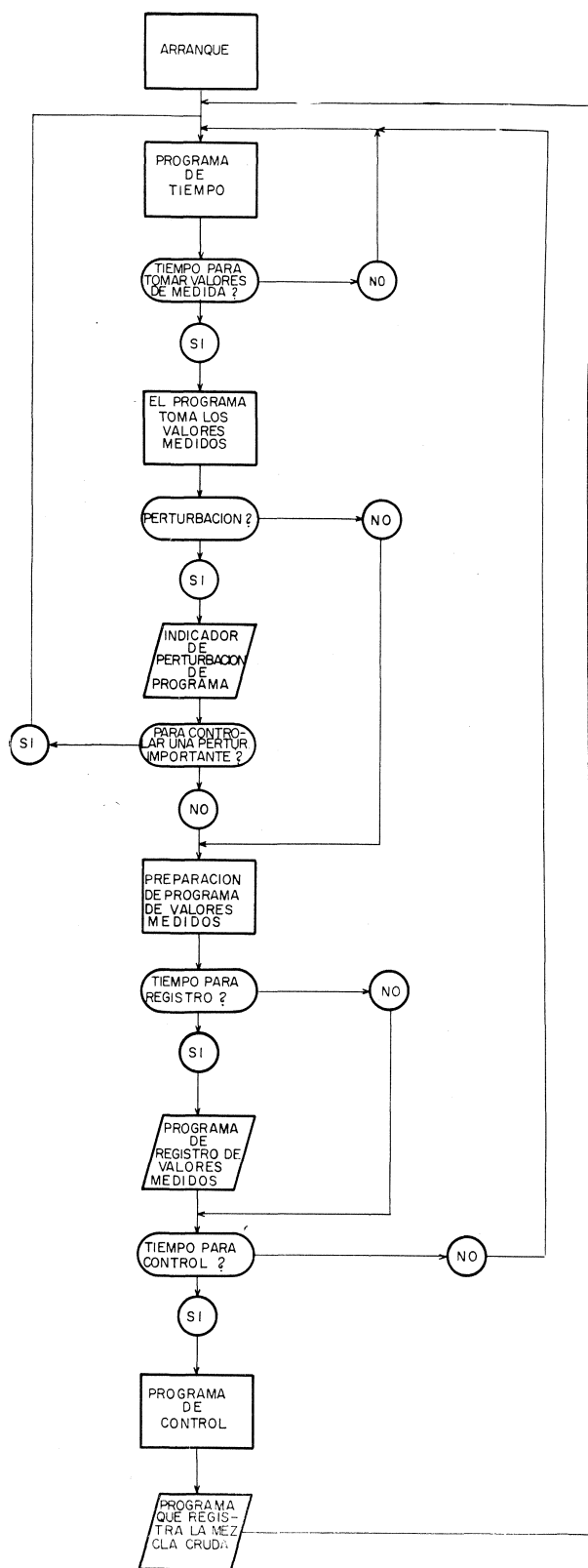
VELOCIDAD DE ALIMENTACION DEL TRANSPORTADOR DE CRUDO CON PESADA

KS
 SM
 TM

VALOR DE SATURACION EN CAL
 MODULO SILICICO
 MODULO DE FUNDENTS

KÜHL

Fig. 1.—Bucle de preparación de crudos.



En el adjunto diagrama bloque del ciclo se representa gráficamente la acción concertada de los más importantes subprogramas en concatenación. El programa de tiempos o fases constituye el centro organizador de todo el conjunto del programa. La frecuencia y las amplitudes de las fluctuaciones en la composición de cada una de las diversas materias primas por separado determinan la frecuencia con que el ordenador somete a control, a especie de interrogación funcional, los valores de las básculas y de los análisis. Los intervalos de tiempo para esta exploración, p. ej., de 15 o bien 30 segundos, están preestablecidos en el programa de tiempos. La salida de los resultados de la revisión controladora se orienta igualmente por el programa de tiempos. El transcurso de la secuencia del tiempo de ajuste del valor teórico en las básculas dosificadoras para cintas transportadoras se halla incluido igualmente en este programa de tiempos y se rige por el tiempo inefectivo o muerto de 20 ó 40 minutos, anteriormente mencionado, de la instalación de preparación de las materias primas. Por esta razón, no resulta muy idónea una secuencia de tiempo más reducida del ajuste del valor teórico.

el ordenador no volverá a verificar ya el ajuste del valor teórico mientras siga produciéndose dicho fallo.

Sin embargo, si al hacer la recepción de los valores medidos no se comprueba la existencia de fallo funcional alguno, en tal caso los datos recibidos son sometidos a una ulterior elaboración. En el programa de preparación de valores de medición (acondicionamiento de señales) se calcula el valor medio de los datos con aquéllos provenientes de anteriores recepciones de valores medidos, con el fin de suprimir fluctuaciones en las señales de valor medido y, además, de obtener un valor representativo fundamental para las capacidades de transporte y los análisis.

El programa de tiempos es explorado con el fin de determinar si procede o no efectuar una emisión de los resultados de la revisión. Caso de que proceda hacerla, se proporciona a través de la máquina de escribir (grupo impresor) la capacidad media de transporte de materias primas y crudo, los valores medios de los análisis, el grado de plenitud del silo de homogeneización y la composición química del crudo en el silo.

El programa de regulación calcula, a base de los datos de medición, las correcciones para la mezcla de las materias primas y varía, caso de ser necesario, los valores de régimen exigidos en las básculas dosificadoras para cintas transportadoras. A continuación se emite una información impresa relativa a dicha variación de valores.

Antes de concluir cabe hacer todavía una referencia somera relativa a la secuencia de operaciones del montaje y de la puesta en funcionamiento de un ordenador electrónico para el control de procesos en la fábrica de cemento.

En aquellos casos en que se decida emplear en una fábrica de cemento un ordenador electrónico para controlar los procesos, entonces lo que más procede para hacer el montaje del mismo es aprovechar el tiempo en que la fábrica se halle parada. Considerada no con mucha aproximación, se puede calcular que la duración de tan sólo el montaje en sí puede ser de unas 8 semanas. Este tiempo puede ser aprovechado, además, para instruir y entrenar en el funcionamiento del ordenador electrónico en cuestión al personal necesario para atender la parte de electrónica. En cambio, la puesta en funcionamiento del ordenador electrónico, que tiene lugar seguidamente, y, con ello, la homogeneización automatizada de la harina cruda podrá efectuarse tan sólo una vez que la planta de producción ya se encuentre en servicio, al hacer lo cual no puede permitirse que se produzca fallo funcional alguno ni en las máquinas ni en los aparatos en el sector de la preparación de las materias primas, ya que, de presentarse fallos, podrían alterarse contraproducentemente los valores de medición para el ordenador. La duración para la puesta en marcha de la homogeneización automatizada del crudo puede ser indicada, sólo con valor de aproximación, con un plazo de 8 a 10 meses.

Señalemos asimismo que merecerá la pena emplear un ordenador electrónico, para controlar los procesos industriales, en aquellos casos en que, exigiéndose que la calidad del cemento sea homogénea en todo momento, el conseguirlo por procedimientos de mando manual originaría gastos cuantiosos. Además, su empleo tiene como resultado que se trabaje permanentemente en régimen normal uniforme, con lo que es mucho más reducido el desgaste en la instalación de preparación de las materias primas.

COLOQUIO

Sr. ORMAECHEA: Hemos seguido con atención la importante comunicación del Sr. Kaerkes, que nos ha hecho ver toda la instrumentación adecuada para un proceso de automatización, en la composición de crudos en las fábricas de cemento, con los problemas que ello entraña y sus soluciones. Los señores asistentes, ¿desean intervenir?, ¿desean hacer alguna aclaración?

Sr. VARGAS: Me interesaría saber si tienen establecida la capacidad de producción mínima, a partir de la cual sería interesante o conveniente la automatización.

Sr. KAERKES: En realidad no existe una limitación, y no depende de las materias primas.

Sr. VARGAS: Bueno, pero y si se trata de una fábrica pequeña, ¿se justifican sus gastos de instrumentación?

Sr. KAERKES: La pregunta es lógica y seguramente los señores financieros de cada Empresa decidirán si los valores de coste de instalación automática son rentables y pueden transferirse a los precios de venta convenientes. Quiero decir, que hay que tener en cuenta dos factores principalmente para la utilización de ordenadores en un punto de vista técnico y un punto de vista comercial. Desde el punto de vista técnico, se utiliza un ordenador cuando se quiere mantener una homogeneidad en el crudo constante y optimizar las instalaciones. Desde el punto de vista económico financiero, es cuestión de tener una referencia o poder tener un argumento más de venta, como, por ejemplo, existe ya en América, en que hay clientes que solamente quieren comprar cemento tratado en una planta que tenga un ordenador. A este respecto, ha habido una opinión de algunos, que dicen: yo puedo vender cemento, sin haberlo hecho con el computador; pero otros lo prefieren desde el punto de vista económico, y han obtenido más éxito habiéndolo vendido fabricado por un computador.