

# Conducción dinámica con ordenador de la preparación del crudo

**F. PEREZ-POLO GIL**

**IBM, S.A.E.**

## **INTRODUCCION**

En la presente exposición se va a tratar únicamente de la actuación de un ordenador sobre los dosificadores, de un modo dinámico, es decir, enviando señales de corrección cada 2 ó 3 minutos, lo que representa una sensible mejora sobre el procedimiento que se puede denominar estático, descrito en otra publicación, (véase "Cemento-Hormigón", diciembre 1966), más apropiado para actuar cada 15 ó 20 minutos. No se describirán los bucles de regulación pertinentes al molino de crudo. (Véase "Cemento-Hormigón", febrero 1967).

Para poder realizar unas acciones correctoras tan frecuentes, es preciso disponer de un analizador por fluorescencia de rayos X, capaz de realizar un análisis con igual frecuencia que, además, tenga una alimentación automática derivada de la entrada al silo de homogeneización.

Se trata de obtener un crudo de composición deseada. Dicha composición puede fijarse con arreglo a condiciones económicas, gracias a la programación lineal. (Véase "Cemento-Hormigón", diciembre 1966).

El campo de aplicación del ordenador en la presente descripción se extiende desde los dosificadores de materias primas hasta el silo de homogeneización. El procedimiento es válido para homogeneización continua y discontinua.

La actuación del ordenador sobre la prehomogeneización no es objeto de esta exposición, aunque el método de conducción para obtener una stock-pile adecuada esté basado en el mismo principio.

El ordenador ha de recibir señales de:

- Caudal de crudo molido.
- Analizador de rayos X.
- Caudal de cada dosificador.

El ordenador ha de enviar señales para modificar el caudal de cada dosificador.

## **FUNCIONES DEL ORDENADOR** (Véase figura 1).

- 0) Lectura de señales del analizador, interpretación, filtrado digital y comprobaciones.
  - Lectura de contactos indicadores del estado interno del analizador de rayos X.

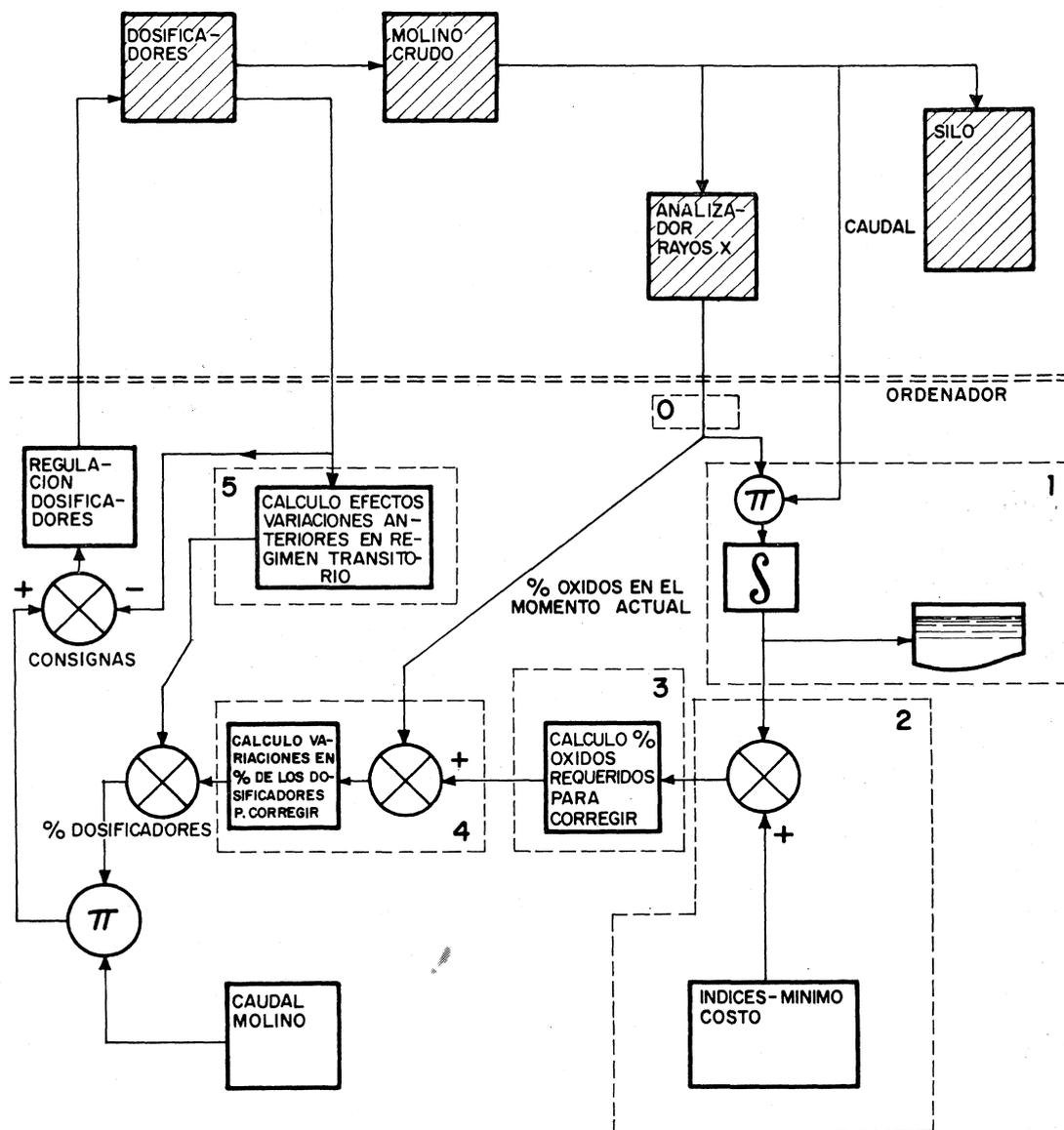


Fig. 1

- 1) Cálculo de la composición del crudo que entró en el silo durante los dos últimos minutos (Caudal  $\times$  análisis).
  - Cálculo de la composición, grado de saturación y módulo de silicatos del silo hasta el momento actual.
  - Cálculo de la composición final del silo si se mantuviesen las condiciones de alimentación actuales, así como su grado de saturación y módulo de silicatos.
  - Impresión de los resultados de los cálculos.
- 2) Comparación de la composición actual con la requerida.
  - Guía de conductor. Esta es una posibilidad opcional, incluida en el programa del ordenador, según la cual el ordenador no actúa directamente sobre los dosificado-

res, limitándose tan sólo a emitir recomendaciones al conductor. Con un interruptor se puede pasar de guía de conductor a conducción automática y viceversa. Cada cierto tiempo (por ejemplo, 15 mn) el ordenador emite una recomendación sobre la composición en óxidos que ha de tener el crudo molido durante un futuro (por ejemplo, durante las dos próximas horas). El conductor, con su conocimiento de las materias primas, corrige los dosificadores en consecuencia, anotando el ordenador en un impreso la acción del conductor.

- 3) Cálculo de la composición deseada que debe tener el crudo que entre a continuación en el silo, para corregir la composición de éste y satisfacer las especificaciones de módulo de silicatos y grado de saturación (supuestas tres materias primas, tales como material de la stock-pile, piritita y caliza). Se pueden satisfacer más especificaciones con un corrector más por cada nueva especificación (por ejemplo módulo de fundentes, añadiendo bauxita). El programa presenta dos posibilidades, a elección del usuario, que puede cambiar de opción siempre que desee:
  - a) Tratar de tener el crudo correcto cuando se haya llenado un porcentaje (por ejemplo 10 %) de lo que aún falta por llenar del silo. De este modo, las correcciones serán más rápidas al final que al principio (ganancia variable).
  - b) Tratar de corregir después de entrar un peso fijo, con lo que la corrección será siempre de igual suavidad (ganancia uniforme). El peso recomendable es de 4 veces las t/hora del molino de crudo multiplicadas por el tiempo de tránsito, en horas, de dosificadores a entrada al silo. Es decir, el programa tratará de obtener el crudo deseado cuando hayan entrado en el silo  $(4 \times \frac{t}{\text{hora}} \times \text{hora})$  t más. En el caso de homogeneización continua es éste el objetivo buscado.
- 4) La composición deseada así calculada es comparada con la actual (resultado del último análisis). Mediante un algoritmo de regulación se calculan las modificaciones en los caudales relativos de los dosificadores para obtener la composición deseada, supuesto tiempo de tránsito nulo desde dosificadores a silo.
- 5) Aplicación de un modelo matemático que tenga en cuenta la respuesta en el tiempo a una acción de corrección sobre los dosificadores.

Con este modelo se calculan los efectos que las correcciones efectuadas en el pasado tienen en el momento actual.

Restando estos efectos de los deseados, calculados en 4), se obtienen las modificaciones a efectuar.

De este modo el bucle de regulación resulta muy estable.

— Según se dijo, se toman en consideración las acciones correctoras pasadas. Para ello es necesario conocer la función de transmisión del molino. Para hallarla por los métodos habituales sería necesario que las materias primas tuviesen una composición constante. Como la función de transmisión (respuesta transitoria a variaciones en los dosificadores), varía con las propiedades de la molturación (humedad de materias primas, nivel del molino, etc.), no se puede determinar de una vez para siempre, sino que ha de evaluarse frecuentemente.

El programa cuenta con medios para realizar la identificación automática de la función de transmisión, valiéndose de técnicas especiales de estadística matemáticas y para realizarla de modo automático cada cierto tiempo.

- Los cambios calculados para los porcentajes de las materias primas son examinados a continuación para ver si son factibles, de acuerdo con las pruebas siguientes:
  - Capacidades máxima y mínima de los dosificadores.
  - Caudal total.
  - Magnitud de las correcciones.
- 6) Los nuevos porcentajes son multiplicados por la alimentación instantánea de consigna del molino y los caudales así obtenidos son convertidos en señales eléctricas que actúan sobre los dosificadores.
  - Si las composiciones de las materias primas de los dosificadores, calculadas por el ordenador, no fuesen adecuadas para conseguir el crudo final especificado, el programa dará la alarma pertinente y pondrá la dosificación bajo conducción manual, después de pasado un tiempo prefijado.
- 7) Si los dosificadores no cuentan con regulador incorporado, el propio ordenador efectuará la regulación.

Las ejecuciones de las órdenes enviadas por el ordenador a los dosificadores son comprobadas por el propio ordenador, emitiendo una alarma en caso de detectar un fallo.