

```

procedure PutKey(KeyCode: word);
function KeyAvail: boolean;
procedure SetKbdTask(Task: word);
procedure ClearKbdTask;
procedure GetMem(var P; Size: Word);
procedure FreeMem(var P; Size: Word);
function SendCom(var Buff; CommPort: word): integer;
function ReceiveCom(var Buff; CommPort: word;
  Flush: boolean): integer;
function OpenCom (Puerto, Divisor, Paridad, StopBits,
  WordSize: word): boolean;
procedure CloseCom(Puerto: word);
function PortComAvail: integer;

```

```

procedure SetTimeOut(TimeChar, TimeMess: word);
function CRC(var buffer): word;
function PrnWrite(S:string; Puerto:word): word;
function PrnWriteLn(S:string; Puerto:word): word;
function PrnBinWrite(var Buf; NoBytes,
  Puerto:word): word;
function PrnAvail(Puerto:word): word;
procedure OpenPrn(BufferSize, Puerto: word);
procedure ClosePrn(Puerto: word);
procedure SetPrnTimeOut(TimeOut, Puerto: word);
function DinSStack(Task:word): pointer;
implementation

```

LABORATORIOS

Se cuenta con laboratorios especializados para el desarrollo de la docencia, las investigaciones y el posgrado, entre ellos están: Difracción de Rayos X, Análisis Espectral de Emisión y Absorción, Minerografía, Petrografía, Fotogeología, Propiedades Físicas y Granulométricas, Mineralogía, Análisis de Agua, Análisis Fotocolorimétrico, Preparación de Muestras, Preparación Mecánica y Beneficio de Minerales, Hidrometalurgia, Pirometalurgia, Análisis Químico, Análisis Físico-Químico, Hidráulica, Automatización, Electrotecnia, Electrónica, Metalografía, Resistencia de Materiales, Mecánica de Rocas, Fotogrametría, Física de las Rocas, Modelación, Ventilación y Protección del Trabajo y Servicios de Computación.

MUSEO

El museo de Geología está estructurado en tres secciones principales: Mineralogía, Petrología y Paleontología.

La sección de Mineralogía expone muestras representativas de los principales grupos de minerales, entre ellos elementos nativos, sulfuros y compuestos similares, óxidos e hidróxidos, halogenuros, carbonatos, sulfatos, fosfatos, boratos y nitratos, vanadatos, arseniados, wolframatos y silicatos de diversos países y en una se exponen minerales de la región de Moa.

La sección de Petrología expone los principales grupos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Una muestra importante lo constituye la asociación ofiolítica de la región Moa-Baracoa, por ser éste uno de los macizos ofiolíticos más grandes del mundo por el grado de aflorabilidad de las rocas ultramáficas. A partir de este sustrato rocoso se originan las cortezas de intemperismo ferroniquelíferas.

La sección de Paleontología expone un conjunto de fósiles que se disponen de forma consecutiva, de las épocas geológicas más viejas hasta el presente, apoyados con ilustraciones gráficas de algunos momentos que caracterizan un determinado período del desarrollo evolutivo, tanto de la flora como de la fauna existentes en el mismo.

CONTROLADOR AUTOMÁTICO ON-LINE DE LA COMPOSICIÓN DE LICORES Y PULPAS CARBONATO AMONIACALES EN EL PROCESO DE SEPARACIÓN DE NÍQUEL Y COBALTO

Dr. Antonio Muñoz Moner
Ing. Angel O. Columbié Navarro
Ing. Daniel Guzmán del Río

Departamento de Electromecánica. Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN:

Se muestran las particularidades de un controlador automático on-line para el análisis instrumental en líneas de flujos continuos de licores y pulpas carbonato-amoniacaes que utiliza un sistema de toma de muestras especial acoplado a la línea tecnológica. El mismo se aplica en la industria del níquel y puede generalizarse a las industrias de materiales de construcción y biotecnológica.

La separación de níquel y cobalto se lleva a cabo, mediante la tecnología basada en la precipitación a partir de licores carbonato-amoniacaes del sulfuro de níquel y cobalto, proveniente de la planta de lixiviación y cuyo esquema de flujo tecnológico se muestra en la

ABSTRACT:

This paper shows the particularities of an automatic controller for instrumental analysis on-line in continuous stream flows of carbonate-ammonia liquors and pulps, which use a special sampler joined into the technological line. The controller was designed and built to be used in the nickel industry, but it also may be used in the construction material and biotechnological industries.

Figura 1, también, se puede observar la vista general de una instalación en la Foto 1. En el proceso se utiliza el hidrosulfuro de amonio NH_4HS como reactivo precipitador.

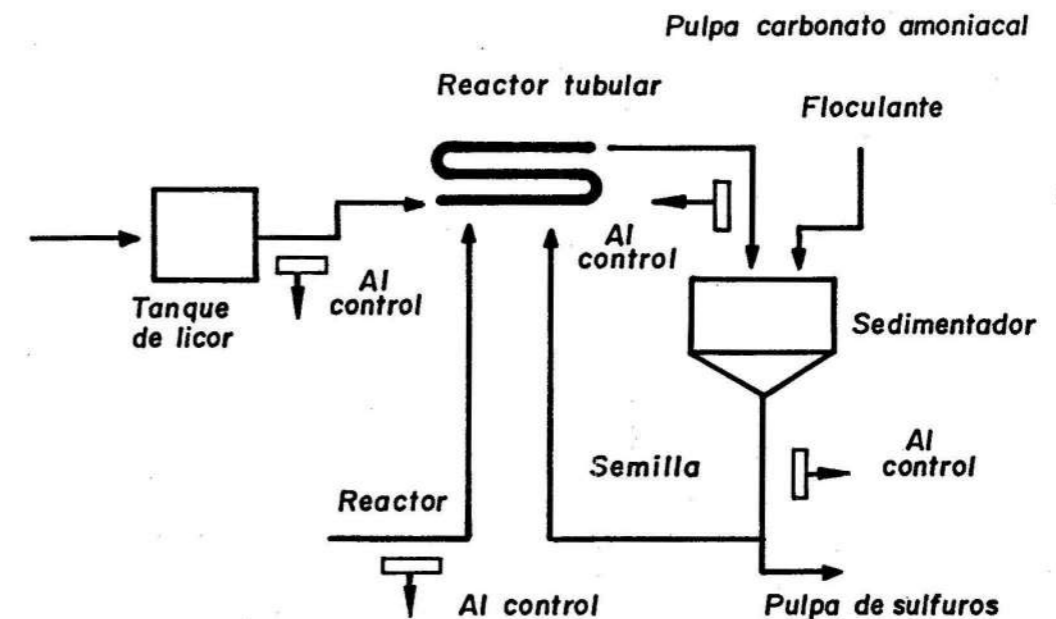


FIGURA 1. Esquema de flujo corto del proceso de separación de níquel y cobalto.

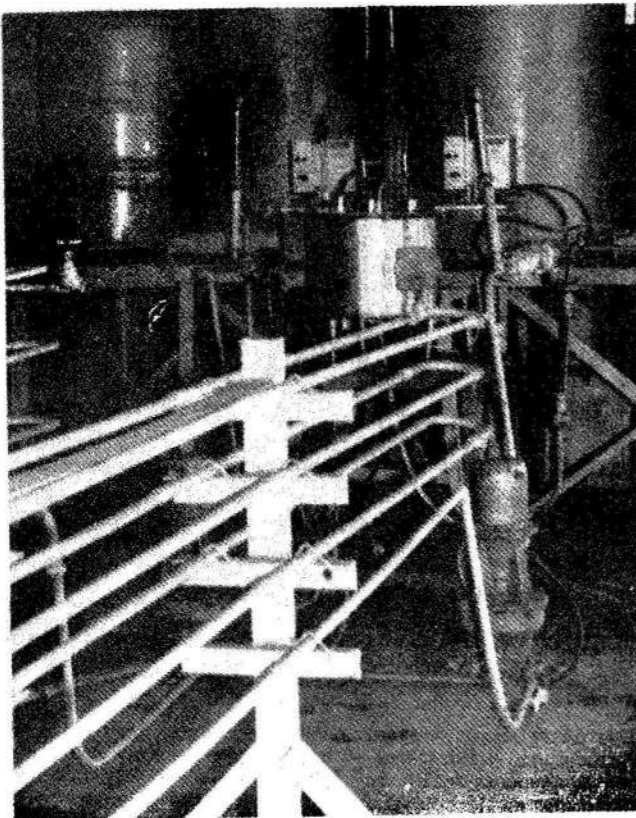


FOTO 1. Vista general de una instalación experimental de separación de níquel y cobalto.

El licor carbonato-amoniaco proveniente de la lixiviación, contiene 11,5 g/L de Ni; 0,22 g/L de Co; 72,8 g/L de NH_3 y 48,5 g/L de CO_2 . Después de su enfriamiento hasta 40 °C pasa al tanque colector y luego se bombea al reactor tubular, donde es tratado con el reactivo a una concentración de 190 g/L, con el objetivo de obtener la precipitación completa del cobalto y en cierta porción el níquel, lográndose una pulpa que luego se descarga al sedimentador para la separación de la fase sólida (concentrado de los sulfuros de níquel y cobalto) de la fase líquida (licor carbonato amoniaco descobaltizado).

Una parte de la pulpa sulfurosa es enviada en calidad de semilla al reactor tubular y la otra corresponde al producto final. En el reboso del sedimentador el níquel y el cobalto se encuentran en proporción 60:1 en el licor que pasa a la destilación. Para eliminar del reboso las partículas sólidas se utilizan floculantes.

En el control automático de este proceso es imprescindible la medición de la concentración del cobalto y otros elementos en flujos continuos de licores y pulpas carbonato-amoniacoales. En las condiciones actuales el logro de un sistema de control automático efectivo está limitado por la gran demora en las mediciones, las cuales se realizan mediante la toma manual de las muestras del proceso y su análisis posterior, con un tiempo global de duración de 8 - 16 horas.

El análisis de la síntesis del sistema de control para el proceso, a partir de la dispersión de la variación de la composición de los licores y pulpas, arroja que el control efectivo se logra si la acción de dirección se realiza antes de 1,5 horas (Figura 2), por lo que se hace necesario implementar un controlador automático continuo on-line.

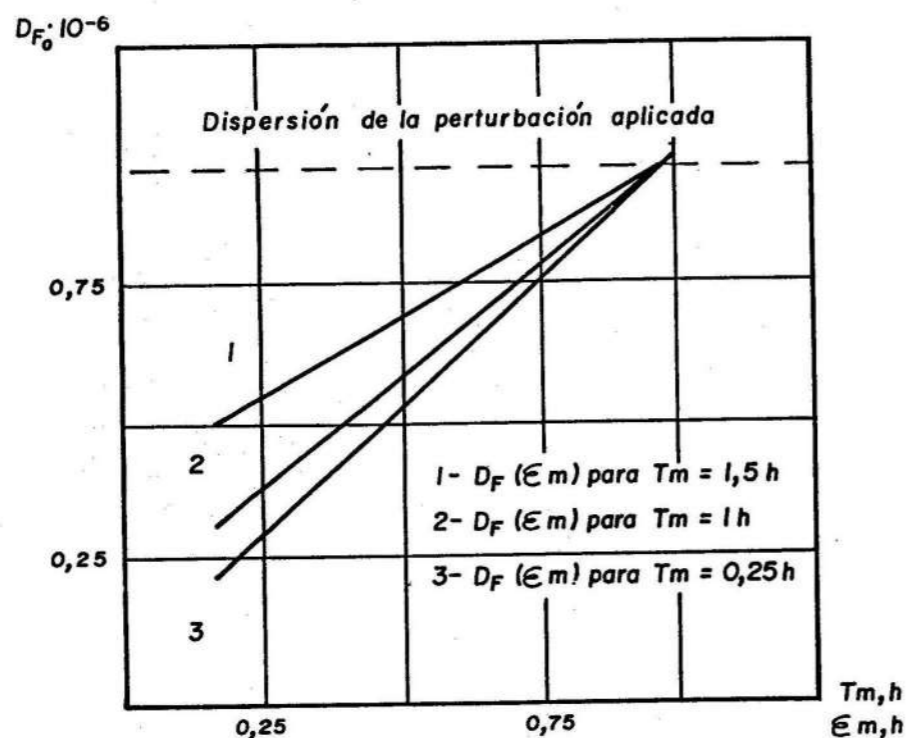


FIGURA 2. Relación entre la dispersión del contenido de cobalto en el licor de salida del sedimentador y los valores de la constante de tiempo y del tiempo de demora de la medición en el lazo de retroalimentación.

Descripción de la estructura del controlador

En la Figura 3 se presenta el esquema estructural del controlador automático on-line, cuya conexión con la línea tecnológica se realiza a través del sistema de toma de muestras (1) que está acoplado al bloque

del espectrómetro de fluorescencia(2), donde el volumen de fluido es sometido a la acción de un haz primario de rayos X para su análisis espectral, y el resultado se envía al sistema de procesamiento de la información (3), que es el encargado de elaborar la señal de control requerida.

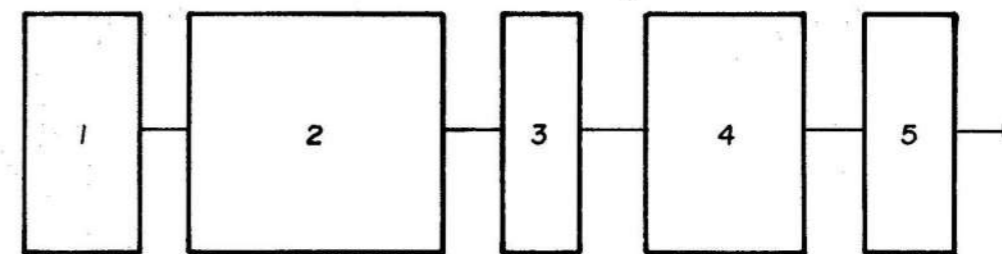


FIGURA 3. Esquema estructural del controlador automático on-line.

El sistema de toma de muestras consta de un by-pass que sirve para el acoplamiento con la línea tecnológica (ver Foto 2). La muestra filtrada se recoge en una cápsula especialmente proyectada y, una vez analizada, retorna al proceso (Figura 4). El bloque de

toma de muestras está diseñado de forma tal que permita bajo la acción de una presión de vacío de 0,8 kgf/cm², obtener una frecuencia de reproductibilidad del volumen de muestra igual a 0,22 L en un tiempo no mayor de 12 s.

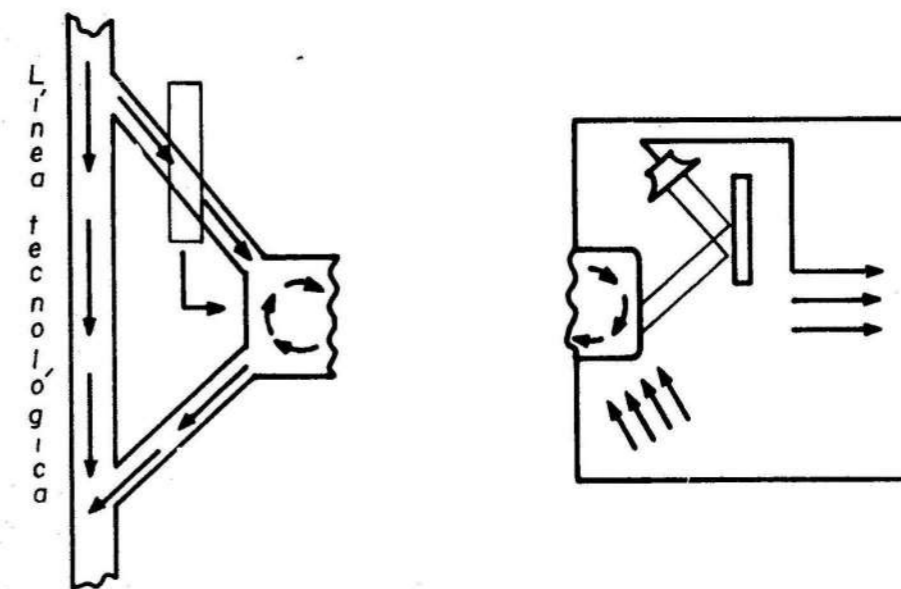


FIGURA 4. Esquema funcional del sistema de toma de muestras.

En la Tabla 1 se muestran los resultados experimentales obtenidos con el tomamuestras automático, donde se observa que la duración de la reproducción de la muestra no supera los 12 s y que la velocidad del flujo provocado en el conductor secundario de la conexión by-pass debe estar en el rango de $(1,604 - 0,918) \cdot 10^{-2}$ m/s, oscilando este entre $(31,43-18) \cdot 10^{-6}$ m³/s. Se utilizó como tejido filtrante la lona encerada de producción nacional cuya efectividad ha sido demostrada (Kasavin y Serrano, 1969).

TABLA 1. Resultados experimentales obtenidos con el sistema de toma de muestras

No. de pruebas	Tiempo de obtención de una muestra (s)	Flujo en el by-pass (cm ³ /s)	Velocidad del fluido en el by-pass (cm/s)
1	10	22,00	1,122
2	10	22,00	1,122
3	10	20,00	1,020
4	11	20,00	1,020
5	11	20,00	1,020
6	7	31,43	1,604
7	7	31,43	1,604
8	8	27,50	1,403
9	9	24,50	1,250
10	9	24,50	1,250

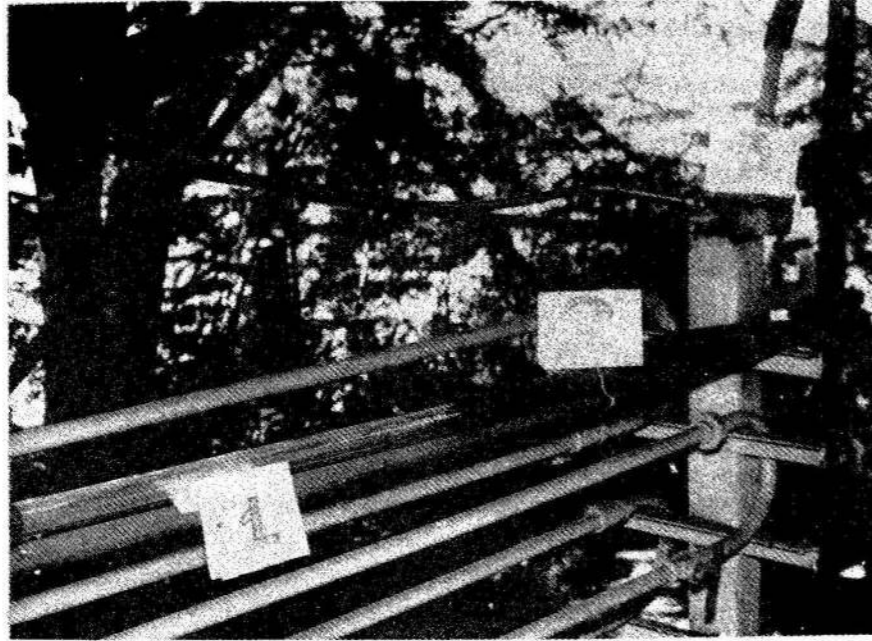


FOTO 2. Vista parcial de la instalación experimental de separación de níquel y cobalto, donde se observa la ubicación del sistema de toma de muestras.

La estructura del bloque del espectrómetro se basa en la aplicación de la técnica analítica de fluorescencia de rayos X que se recoge en la bibliografía (Cosidine, 1968; Eckman, 1978). En la Tabla 2 apare-

cen los resultados de la aplicación del método para el análisis de la composición de licores y pulpas carbonato-amoniacaes respectivamente.

TABLA 2. Resultados obtenidos con el uso del controlador para diferentes valores de dosificación del reactivo

No. prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	Dosificación
[Ni] _{lic} (g/L)	8,720	6,850	7,800	5,050	7,780	5,270	8,020	5,030	10
[Co] _{lic} (g/L)	0,118	0,104	0,112	0,087	0,112	0,087	0,128	0,089	10
[Ni] _{sol} (g/L)	7,340	4,860	5,900	3,640	6,220	3,740	6,000	3,160	10
[Co] _{lic} (g/L)	0,038	0,008	0,006	0,009	0,008	0,003	0,004	0,002	10
No. prueba	9	10	11	12	13	14	15	16	
[Ni] _{lic} (g/L)	7,190	7,190	7,120	7,260	7,640	7,500	7,070	7,050	5
[Co] _{lic} (g/L)	0,124	0,124	0,124	0,122	0,118	0,110	0,119	0,114	5
[Ni] _{sol} (g/L)	6,910	6,810	6,840	6,930	6,980	6,690	6,300	6,290	5
[Co] _{lic} (g/L)	0,042	0,032	0,035	0,039	0,033	0,028	0,045	0,020	5

Estos resultados justifican la utilización del método al poner de manifiesto la posibilidad de determinar el contenido de elementos de la muestra en trazas, en líquidos y en pulpas.

El bloque de procesamiento de la información está compuesto por una microcomputadora con sus correspondientes interfases de conexión con el espectrómetro, y el proceso a partir de algoritmos para la compensación de las perturbaciones y su autorregulación.

Algoritmos para la compensación de las perturbaciones y su autorregulación

La descomposición del sistema que contiene gran cantidad de lazos es posible gracias a la interacción de las señales a través de dos canales. Los razonamientos posibilitan establecer que la descomposición de la estructura de tal sistema conlleva a su síntesis óptima. Es necesario señalar que la tarea real de dirección puede diferenciarse del compensador ideal. Estas diferencias pueden ser investigadas por

separado para cada uno de los canales del compensador, y tomadas en consideración en la síntesis independiente de cada lazo de retroalimentación.

Para la evaluación de diferentes variantes del sistema de dirección es necesario resolver una serie de tareas de síntesis óptima de distintos pseudosistemas del tipo representado en la Figura 5.

De esta forma, si el proceso tecnológico regulable (PTR) se caracteriza por el índice F, y la variación del mismo influye en un número k de perturbaciones del tipo λ, entonces se requerirá un número k de pseudosistemas. Sin embargo, cada uno de ellos se puede analizar por una misma metodología, lo que simplifica la tarea de evaluación de este sistema y posibilita algoritmizar la solución de esta tarea.

Para el análisis y la síntesis de la tarea de control se utiliza el compensador ideal (Figura 6) que contrarresta las principales perturbaciones. Con su ayuda se puede valorar la posibilidad de alcanzar un mínimo en el criterio de calidad por cada canal de perturbaciones.

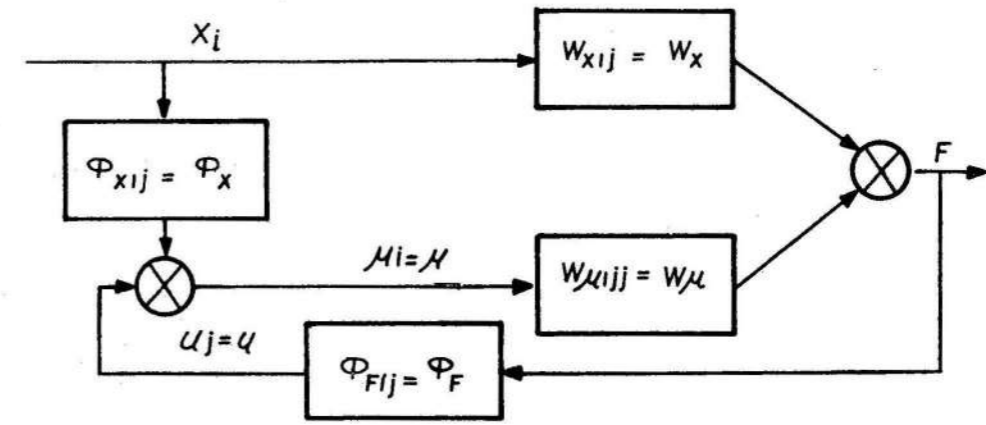


FIGURA 5. Estructura del pseudosistema.

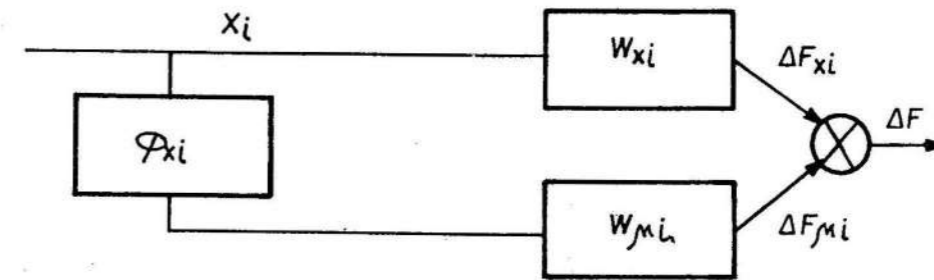


FIGURA 6. Diagrama de bloques del compensador ideal.

En la aproximación lineal se asumirá que la variación ΔF de la concentración de cobalto está compuesta por dos miembros:

$$\Delta F = \Delta F_x + \Delta F_\mu \quad (1)$$

donde:

ΔF_x, ΔF: variación de la cantidad de cobalto originada por los canales de perturbación y de dirección.

Las ecuaciones que describen las variaciones ΔF_x, ΔF se pueden tomar como ecuaciones de primer grado con retardo:

$$T_x \frac{d \Delta F_x}{dt} + \Delta F_x = K_x \Delta_x (t - \tau_x) \quad (2)$$

$$T_\mu \frac{d \Delta F_\mu}{dt} + \Delta F_\mu = K_\mu \Delta_\mu (t - \tau_\mu) \quad (3)$$

donde:

T, K y τ representan la constante de tiempo, coeficiente de amplificación y retardo respectivamente; los subíndices x y μ corresponden a los canales de perturbación y control respectivamente.

Para llevar a cabo la síntesis del compensador se toma el caso en que las funciones de transición para el canal de las perturbaciones W_x y del control W_μ, corresponden a un sistema de primer orden con retardo:

$$W_x(p) = \frac{K_x e^{-\tau_x p}}{T_x p + 1} \quad (4)$$

$$W_\mu(p) = \frac{K_\mu e^{-\tau_\mu p}}{T_\mu p + 1} \quad (5)$$

Para garantizar la variabilidad absoluta del valor F de las perturbaciones y que se cumpla la condición siguiente:

$$\Delta_x W_x + \Delta_x \Phi_x W_\mu = \Delta F = 0 \quad (6)$$

es necesario que la función de transferencia del compensador sea igual a:

$$\Phi_x = \frac{W_x}{W_\mu} = \frac{-k_x (T_\mu p + 1) e^{-p(\tau_x - \tau_\mu)}}{K_\mu (T_x p + 1)} = \frac{\Delta_\mu(p)}{\Delta_x(p)} \quad (7)$$

Para la utilización de la ecuación (7) en la síntesis del compensador, se requiere conocer las funciones W_x y W_μ del objeto de regulación. Estas funciones se obtienen experimentalmente en el modelo matemático del proceso de separación de níquel y cobalto (Muñoz y otros, 1996).

Con ayuda del modelo matemático se determinaron las respuestas al impulso para los principales canales de perturbación y control, gastos variables de licor carbonato-amoniacaal, concentración variable de cobalto y proporciones variables entre el níquel y el cobalto, en el licor de entrada. Las curvas fueron obtenidas para valores nominales de las perturbaciones (Figura 7).

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL TRANSPORTE HIDRAULICO DEL AZUFRE

Ing. Manuel Pla Duporté

Facultad de Electromecánica. Instituto Superior Minero Metalúrgico

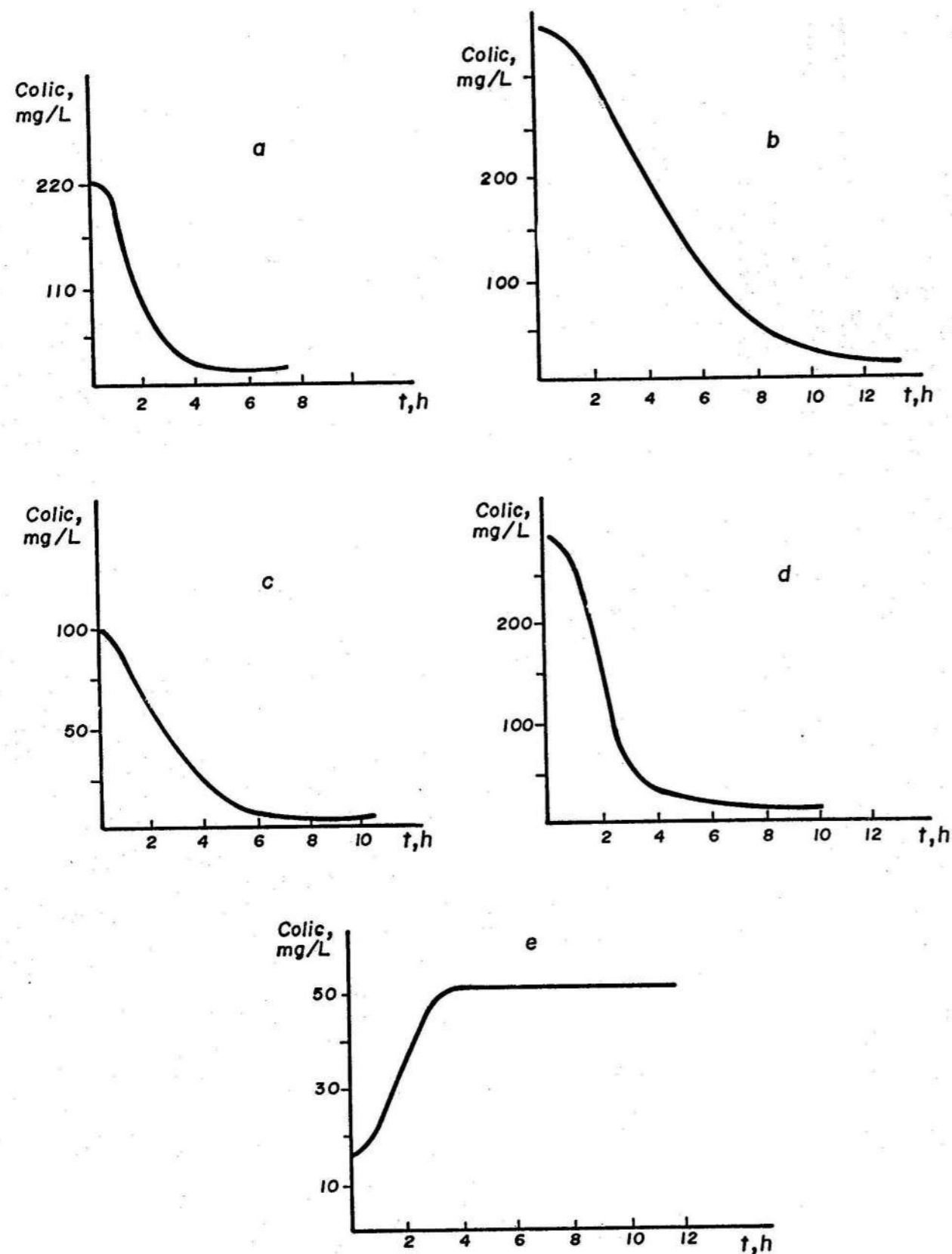


FIGURA 7. Características transitorias del proceso de separación de níquel y cobalto para los canales.

RESUMEN:

Se presentan los resultados de las investigaciones experimentales del transporte hidráulico de azufre a escala semindustrial, que incluye el estudio de los parámetros principales del hidrot transporte y la determinación de algunas propiedades del sólido y la mezcla.

Los ensayos que pusieron de manifiesto el comportamiento característico de la hidromezcla durante su transporte, consistieron en determinar las pérdidas específicas de carga, las velocidades y pendientes críticas, y la capacidad de transporte en función de las diferentes concentraciones de la hidromezcla formada en un rango del 10 al 40 % en masa.

El transporte hidráulico como forma de trasiego de materiales sólidos es un método ampliamente usado en el mundo en diferentes esferas de la economía y la industria. En Cuba, aunque su uso no está muy extendido, se emplea, fundamentalmente, en la industria minera y la metalurgia extractiva.

El transporte hidráulico es una forma de transporte continuo de alta productividad, cuyas características lo hacen перспекivo para ser aplicado en la transportación del azufre como parte del proceso industrial de obtención de níquel en la empresa "Pedro Soto Alba" de Moa, donde se utiliza el transporte automotor y posteriormente el bombeo del azufre previamente derretido y mantenido en estado líquido a lo largo de una tubería de 4,5 km de longitud.

La esencia física de los procesos de flujo de líquidos heterogéneos es poco conocida, y los resultados obtenidos de la aplicación de las teorías del transporte de partículas en suspensión, sólo coinciden con los datos experimentales en condiciones muy limitadas, de ahí que para la determinación de los parámetros del movimiento de las hidromezclas se emplee fundamentalmente el método experimental.

Para fundamentar y proyectar una instalación de transporte hidráulico es necesario conocer la velocidad crítica, las pérdidas específicas de carga, la densidad o concentración de la mezcla, y el diámetro del conducto que permitan la determinación del régimen racional de trabajo y la selección de los equipos adecuados para el caso concreto. Estos parámetros tienen gran incidencia en la magnitud de las inversiones, en los gastos de explotación y en la fiabilidad del trabajo de la instalación.

Existen múltiples metodologías de cálculo de los parámetros de transporte de diferentes sustancias y materiales por canales y tuberías. Los análisis de los mismos son frecuentes en la literatura mundial. La ma-

ABSTRACT:

This work presents the results of experimental investigations about hydraulic transportation of sulphur at semindustrial scale. Studied are the principal parameters of hydraulic transportation determining some solid and mixture properties.

The experiments that put in practice the behaviour of hydromixture characteristics during its transportation consisted in determining specific losses of load, critical velocities and slope as well as the capacity of transportation depending of different concentrations of the hydromixture from 10 to 40 % in mass.

yoría de las fórmulas de cálculo propuestas tienen carácter empírico y semiempírico, y se aplican sólo en condiciones iguales a aquellas en las que fueron obtenidas.

La generalización de los datos experimentales en base a la teoría de semejanza hidrodinámica presenta algunos problemas. Hasta el momento no existe un criterio universal de traslación de los modelos del laboratorio a las instalaciones industriales.

El campo en el cual se utilizan los criterios conocidos es aún impreciso. Sin embargo, se han establecido dependencias que permiten emplear, dentro de ciertos límites, los resultados experimentales.

Los resultados que se exponen en este trabajo, con el objetivo de determinar los parámetros principales del transporte hidráulico, se obtuvieron mediante experimentación en una instalación semindustrial (Figura 1).

Estructuralmente la instalación consta de dos tanques de alimentación, los cuales pueden alimentar la bomba, independiente o simultáneamente. Las válvulas situadas en la parte inferior de cada uno de ellos permiten que la hidromezcla llene la tubería de succión.

El tanque (1) tiene una capacidad de 1,29 m por lo que se utilizó para la calibración el metro Venturi, controlando el llenado de un volumen en un tiempo determinado. El tanque 2 tiene una capacidad de 2,899 m que es suficiente para el funcionamiento de la instalación a su capacidad máxima sin dificultades.

La bomba (4) impulsa la hidromezcla a la tubería de 100 mm (8), la cual consta de una válvula de cuña (10) para regular el flujo y la correcta operación de la bomba.

A una distancia de 4,075 m está montado un tubo de cristal (11), con el fin de determinar en qué momento ocurre la sedimentación de las partículas del material.