

Controlador automático On Line

en la Planta de separación de Ni y Co en clonación artificial

Bibliografía

- ATLAS, R. y BARTHA, R. (1998). Ecología microbiana y microbiología ambiental. Adison Mesley. Pp. 205-402.
- BOHINSKI, R; ELIZONDO, R. y BAUTISTA, R. (1991). Bioquímica. 5ª ed. Editorial Pearson Education. México. Pp 163-164.
- BON, H. I; Mc NCAL, B. L; O'CONNOR, G. (1993). Química de suelos. México D.F: Limusa.
- BURBANO, H. (1989). El Suelo: Una visión sobre sus Componentes Biorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, Pp. 284-359, 386.
- CAMPBELL, R. (2001). Ecología microbiana. 1ª reimpresión. Editorial LIMUSA. México. Pp 45-55.
- COYNE, M. (2000). Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio Editorial Paraninfo Madrid, España, Pp 5-33.
- CRUZ, B. y VEGA, R. (2005). Incidencia de los sulfatos en las poblaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en los aof. Trabajo de Grado, Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Facultad de Ciencias agrarias, Agrozootecnia. Tunja.
- FASSBENDER, H. (1982). Química del Suelo: con énfasis en suelos de América Latina. 3ª reimpresión. IICA. San José de Costa Rica. Pp. 15-105.
- GARCIA, F. (2005). Relación entre la población microbiológica y el contenido de nutrientes en un abono orgánico fermentado aof. Cultura Científica, Tunja, N° 3. Pp 5-12. Tunja Colombia.
- _____ (2006). Interacción entre microorganismos; estructura del suelo y nutrición vegetal. Cultura Científica, Tunja, N° 4. Pp 48-55. Tunja Colombia.
- HANKE, F. (2005). Microbiología del suelo. EN: Memorias Seminario Microbiología y bioquímica de los Abonos Orgánicos fermentados (A.O.F.) Suelo y Rumen. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Colombia. Pp. 13 -23.
- LEIVA, N; MENESES, B. (2006). Identificación de microorganismos oxido-reductores de azufre en un abono orgánico-mineral fermentado líquido y sólido en Soracá, Boyacá. Trabajo de grado: Agrozootecnia. Facultad de Ciencia Agrarias. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Colombia. P 70.
- MANDIGAN, M; MARTINKO, J y PARKER, J. (2004). Brock. Biología de los Microorganismos. 10ª ed. Editorial Pearson Education. Madrid, España. P 53.
- MARGULIS, L. y SAGAN, D. (2001). Microcosmos. 2ª ed. Editorial Tusquets. Barcelona, España. P 10.
- MATHEWS, Christopher; VAN HOLDE, E. (1999). Bioquímica. 1ª reimpresión. McGraw-Hill. Madrid, España. Pp 141-815.
- NTC 5167. (2004). Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas del suelo. Bogotá, Colombia. Pp. 3-6.
- NTC 1486. (2005-2006). Compendio tesis y otros trabajos de grado. Bogota, Colombia. Pp. 11-84.
- OSORIO W. (2005), Función de las enmiendas orgánicas en el manejo de la fertilidad del suelo. EN: Memorias Encuentro Nacional de la Ciencia del Suelo (SCCS) Medellín, Colombia.
- PELAEZ, C, ARROYAVE C, CORREA W, MEJIA A, (2005). En: Memorias Encuentro Nacional de la Ciencia del Suelo (SCCS) Medellín, Colombia.
- PELZCAR, M. (1998). Microbiología. 2ª Ed. McGraw-Hill. México. Pp. 131-161.
- www.coli.usal.es/Web/educativo/biotec_microb/temas/35MercedesPuertasGarcia.pdf. (Consulta/mayo/2006).
- SALISBURY, F. y ROSS, C. (1992). Fisiología Vegetal. Editorial, Iberoamericana. California, U.S.A. Pp. 211-227.
- SHIMADA, A. (2003). Nutrición Animal. Editorial Trillas. México. Pp. 77-140.

Por: MUÑOZ -MONER Antonio.¹
GUEVARA, Alonso.²
BALLESTEROS, Javier.³

Resumen

El trabajo muestra los resultados de la investigación sobre el desarrollo de sistemas de medición y control avanzados para la Planta de Separación de Ni y Co, basado en la clonación artificial de un sensor de composición química on line y el control inteligente de los parámetros asociados al transductor-analizador.

Palabras clave: Controlador automático on line de la composición en medios continuos, clonación artificial de sensores y controladores, controladores genéticos, analizadores avanzados de composición.

Abstract

The work shows the result of the investigation on the development of advanced control and measure systems for the Separation Plant of Ni and Co, based on the artificial cloning of an on-line chemical composition sensor and the intelligent control of the parameters associated to the transducer-analyzer.

Keywords: On-line automatic controller of the composition in continuous media, sensors and controllers artificial cloning, genetic controllers, advanced composition analyzers.

¹Ph.D. en Ciencias Técnicas, Universidad de Minas de San Petersburgo (Rusia); M.Sc. en Ciencias Técnicas; Ing. en Control, Electrónica y Automatización Industrial, Universidad de Acero y Aleaciones de Moscú (Rusia); Coordinador Académico de la Especialización en Automatización Industrial y Docente e investigador de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Asesor Científico Fundación Universitaria Juan de Castellanos - JDC. E-mail: amunozm@unab.edu.co
²M.Sc. en Ciencias Computacionales, UNAB y TEC de Monterrey México. Ingeniero de Sistemas, UNIBOYACÁ. Docente e Investigador JDC, Facultad de Ingeniería. alonso.guevara@gmail.com
³M.Sc. en Ciencias Computacionales, UNAB y TEC de Monterrey México. Ingeniero de Sistemas, UNIBOYACÁ. Docente e Investigador JDC, Facultad de Ingeniería. javier.a.ballesteros@gmail.com

Introducción

La industria cubana del níquel, basada en la explotación de yacimientos lateríticos, posee una rica experiencia de más de 50 años, y en las fábricas que explotan estos yacimientos se han seguido criterios análogos, observando las características propias de los mismos, equipamiento minero y proceso metalúrgico (MUÑOZ, 1985) y (GUZMAN, 2001). Esto es de vital importancia, pues junto a la existencia de centros como el *Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa* y el Centro de Investigaciones de las Lateritas de Moa, provincia de Holguín - Cuba, que se dedican especialmente al estudio de la explotación óptima de estos yacimientos, a la búsqueda de información actualizada y al intercambio científico técnico con especialistas y centros análogos cubanos y extranjeros, se dispone de un significativo nivel de conocimiento teórico y práctico sobre este tema⁴.

“En la tecnología de lixiviación carbonato amoniacal aplicada en la industria cubana del níquel, la precipitación de cobalto en forma de sulfuros constituye una de las etapas del proceso tecnológico, la cual se caracteriza por una baja eficiencia de la precipitación de cobalto y una alta relación níquel /cobalto en el sulfuro”.

El carácter específico del planteamiento y la solución del proceso de separación de níquel y cobalto están determinados por las particularidades del esquema tecnológico operacional de precipitación de níquel y cobalto en la Planta de Cobalto de la fábrica y los métodos de control sobre el desarrollo del mismo. Los licores carbonato amoniacales de la lixiviación y los reactivos (hidrosulfuro de amonio y semillas) en la refundición de metálica durante la sedimentación de sulfuros, son sometidos a un tratamiento hidroquímico. Aquí se utilizan el reactor tubular y el sedimentador, y su conexión se efectúa a través de la recirculación potente fundamentada en el envío de semillas de la descarga del sedimentador hacia la entrada del reactor tubular. Esta recirculación origina un lazo de retroalimentación a causa del cual, desde el punto de vista de dirección, todo el complejo productivo del proceso de separación de níquel y cobalto debe ser analizado como un objeto único dirigible multidimensional.

⁴Tecnología de control con análisis instrumental on-line.

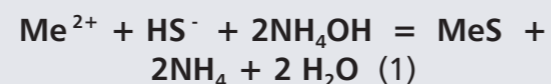
Desarrollo

La Planta de Separación de Ni y Co.

Las investigaciones experimentales del proceso de separación de níquel y cobalto a partir de los licores carbonato amoniacales se llevaron a cabo en la instalación experimental, equipada especialmente para el estudio de la influencia de la variación de los principales factores tecnológicos de los gastos de reagentes y semillas sobre la cinética del proceso de sedimentación de sulfuro de níquel y cobalto. La selectividad de la sedimentación de cobalto (relación del níquel respecto al cobalto en el licor), el nivel de extracción, el análisis de los resultados de las investigaciones sobre los datos experimentales posibilitó plantear las principales regularidades del proceso de separación de níquel y cobalto y valorar, en forma de pronóstico, sus perspectivas tecnológicas.

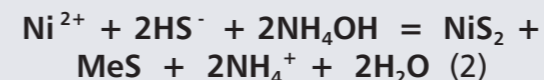
Estudio de la cinética de la sedimentación selectiva de sulfuros de cobalto a partir de los licores carbonato amoniacales.

El sentido de la cinética de la sedimentación selectiva de sulfuros de cobalto, está dado por la necesidad de determinar la velocidad de la reacción de la formación de la fase sólida del sulfuro de cobalto CoS con el contenido mínimo de sulfuro de níquel, a partir de las disoluciones carbonato amoniacales que contienen níquel. En estas disoluciones, la reacción de sus concentraciones ocupan el 40/1:50/1 por los datos obtenidos en la fábrica “Rene Ramos Latour” de Nicaro - Cuba. Partiendo de los razonamientos teóricos acerca de la sedimentación de los metales en forma de sulfuros puede afirmarse que el desprendimiento de los poco solubles de cobalto está relacionado estrechamente con la composición del licor, en particular depende de su pH, siendo esta magnitud en los licores industriales de la fábrica de Nicaro, constantes y con un valor igual a diez. Si esta magnitud se encuentra entre 9 y 11 existe entonces, ventajosamente, iones de HS⁻. La reacción fundamental de sedimentación de sulfuro de níquel y cobalto a partir de los licores carbonato amoniacales está representada de la siguiente forma:

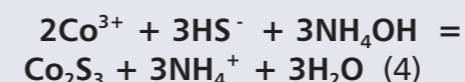
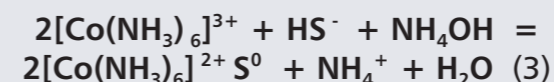


Pero el análisis rengteno estructural de fase de las muestras de concentradores sulfurosos obtenidos a partir de los licores amoniacales mostró que:

a. El níquel en las muestras está presente en la fase predominante de NiS₂; estructura cúbica que atestigua cómo transcurre la reacción:

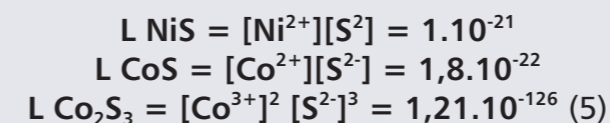


b. El cobalto está presente en forma de CoS de estructura hexagonal; además de las reacciones mencionadas anteriormente, junto con el proceso ocurren las reacciones siguientes:

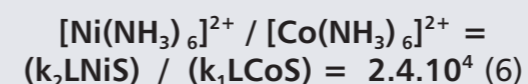


El cobalto se sedimenta en un mayor grado con respecto al níquel a partir de los licores carbonato amoniacales, a esta conclusión se llega a partir de las magnitudes de multiplicación de las solubilidades de los sulfuros de níquel y cobalto.

En medio acuoso (agua):

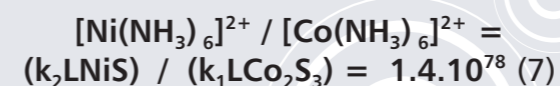


En el medio amoniacal se debe tener en cuenta la inestabilidad de los complejos:



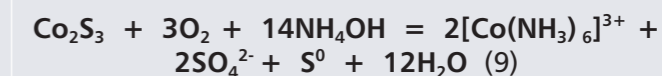
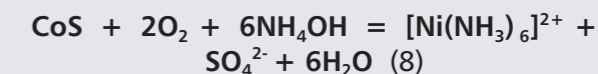
Por eso, en el licor se queda una gran parte del níquel, se sedimenta en primer lugar el cobalto. El cobalto de valencia 3 (Co³⁺) origina complejos amoniacales del tipo:

[Co(NH₃)₆]³⁺, entonces:



El obtenido muestra que en el medio amoniacal, en presencia de iones de cobalto y níquel de valencia dos y tres, ocurre la reacción (7). En las figuras 1 y 2 se muestran las

características cinéticas, la variación del contenido residual del cobalto en el licor dentro del reactor tubular. En el tiempo de llegada de la pulpa al espesador, después de su salida del reactor tubular, ocurre el paso inverso al licor del cobalto. Este fenómeno refiere que la fase líquida (el licor) contiene una pequeña cantidad de oxígeno disuelto; esto origina una oxidación de sulfuros de cobalto mediante la reacción:



En las figuras 1-5 se muestra la relación de equilibrio de la composición residual de cobalto en el licor y el gasto de semillas a diferentes concentraciones de cobalto en licor inicial.

Se pueden caracterizar los procedimientos de clonación artificial del sensor y del controlador por los siguientes componentes: Representación de soluciones del problema, decodificación del cromosoma, evaluación, selección, combinación de operadores genéticos y clonación de los sistemas de medición y control. A continuación, se describen brevemente cada uno de los componentes anteriormente expuestos:

Representación del problema. Influencia del gasto de reactivos sobre el proceso de separación de cobalto.

La influencia del gasto de reactivo para la sedimentación de sulfuros de cobalto está relacionada estrechamente con la concentración de este elemento en el licor carbonato amoniacal que entra al reactor. En las figuras 1-5 se aprecian las dependencias de la variación del contenido residual de cobalto de la fase inicial de la pulpa, proveniente del reactor (en el licor) respecto al gasto de reactivos para diferentes gastos de semilla (concentrados de sulfuro de níquel y cobalto) y el mantenimiento del contenido residual de cobalto en el licor a una concentración determinada.

Estas dependencias que fueron estudiadas para diferentes concentraciones de cobalto en el licor inicial muestran que la concentración del cobalto residual en el licor disminuye proporcionalmente con el aumento de los gastos de reactivos; y teniendo en cuenta que mientras más grandes sea el gasto de semillas, menor es la necesidad de gastos de reactivos para mantener constante una determinada concentración de cobalto residual en el licor.

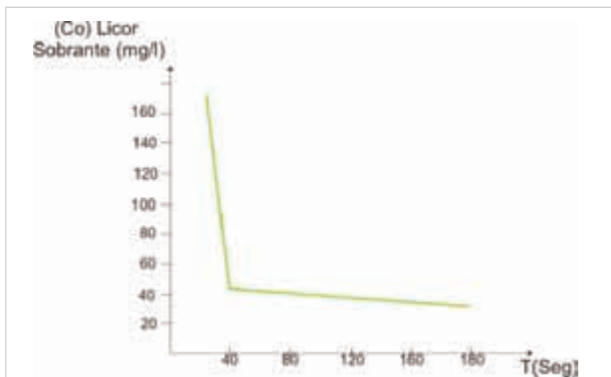


Figura 1. Relación cinética de la variación del contenido de Co^{+3} residual para la sedimentación en el reactor tubular.

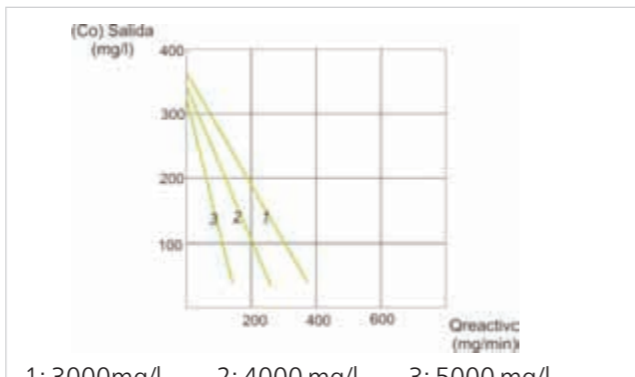


Figura 4. Relación entre el contenido de Co del reactor y el gasto de reactivo para diferentes gastos de semillas a la salida del sedimentador.

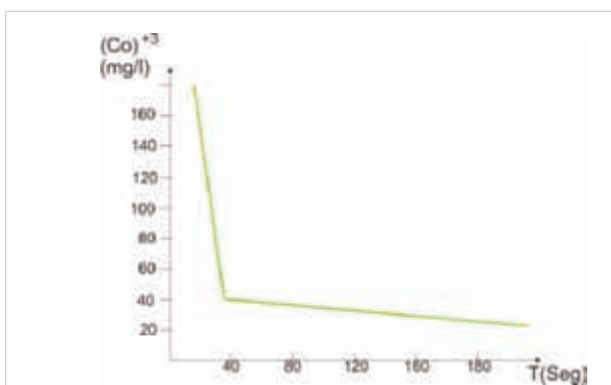


Figura 2. Relación entre el contenido de Co residual en el licor de salida del reactor y el gasto de reactivo para diferentes gastos de semilla.

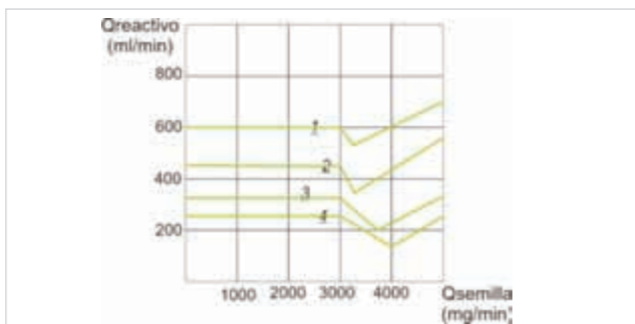


Figura 5. Relación entre el gasto de reactivo y semilla para 40 mg/l de Co residual a la salida del espesador según su variación en el licor inicial.

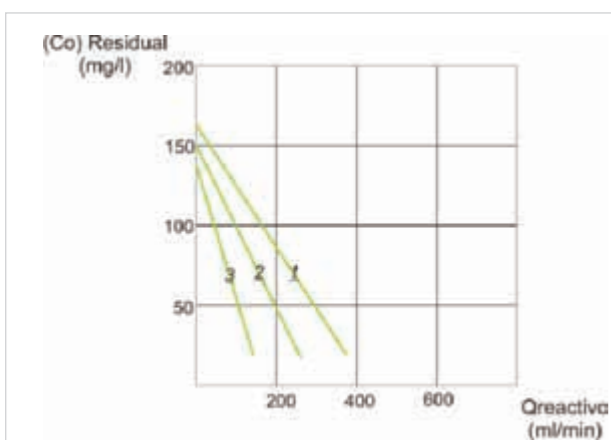


Figura 3. Relación entre el contenido de Co en el licor de salida de reactor y el gasto de reactivo para diferentes gastos de semillas.

Decodificación

La decodificación del cromosoma consiste básicamente en la construcción de la solución real del problema a través del algoritmo de clonación, figura 6.

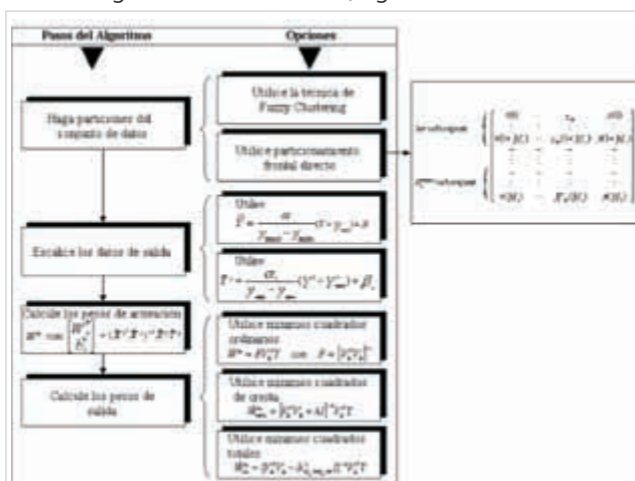


Figura 6. Algoritmo de clonación del sensor de composición

El proceso de decodificación construye la solución para luego ser evaluada, se diseña un sistema basado en dispositivos lógicos que se generan a través de operadores genéticos, que replican sus funciones y (Ballesteros y Guevara, 2006).

Evaluación

En los problemas planteados, se tiene una función multiojetivo (Muñoz, 2002) de evaluación, que incluye la información del mapa genético para todas las generaciones del AG; y de acuerdo con la función de evaluación de cada dispositivo, se minimiza el costo del sensor y del controlador, para condiciones de alta calidad en la medición y control de la viscosidad.

Además, con el aumento de la concentración de cobalto en el licor es necesario aumentar el gasto de reactivo. Confirman las conclusiones expresadas anteriormente, los gráficos 1-5, los cuales muestran la relación existente entre el gasto necesario de reactivos y el gasto de semillas para mantener estable una determinada concentración de cobalto residual a la salida del reactor. Así mismo, para diferentes concentraciones de cobalto en el licor inicial. Por esto, puede considerarse que existe un determinado intervalo en el gasto de semillas cuando este tiene influencia sobre el proceso de sedimentación de cobalto. Hasta el principio y fuera de las fronteras de éste intervalo, el gasto de semillas no influye sobre la sedimentación. En el intervalo mencionado, con el aumento del gasto de semilla disminuye la cantidad necesaria de reactivo para mantener una determinada cantidad de cobalto residual, lo que constituye una ventaja, pues, el valor por tonelada de NH_4HS oscila entre los límites de 3 hasta 10000 dólares.

Después de realizar diferentes ejecuciones al algoritmo genético, con diferentes números de generaciones y de realizar ajustes al algoritmo como al programa, se obtuvo la figura 7. La línea azul representa el sistema real y la línea roja representa el sistema clonado (Ballesteros y Guevara, 2006).

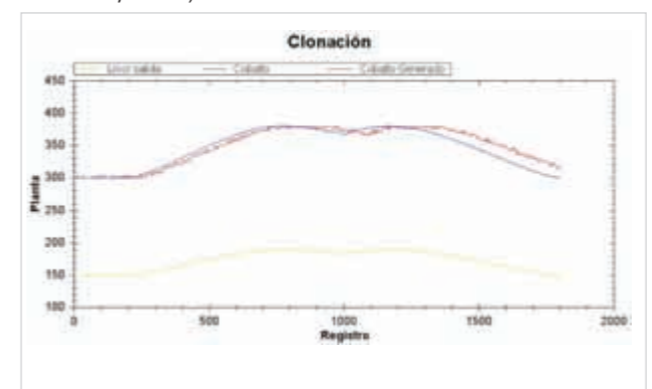


Figura 7. Sistema de clonación con una población de 500 individuos.

Selección

Dentro de la línea de estudio de circuitos lógicos digitales es importante conocer los operadores que intervienen en ellos, lo cual permitirá la homologación de funciones de una célula madre a un circuito electrónico.

El diseño de circuitos digitales, entre los paradigmas ya propuestos se conocen los diseños de compuerta AND y OR y sus correspondientes inversores, NAND y NOR. Con estos operadores básicos se puede diseñar cualquier clase de circuitos lógicos existentes (OR, AND, XOR, NOT), por lo cual estas 2 compuertas se pueden llamar las compuertas base de toda la lógica digital.

Al centrar la atención en las compuertas NAND y NOR, la característica más importante de estos operadores es que uno o cualquiera de los dos es el resultado de negar o invertir las entradas de señal del otro. Es por esto, que el diseño del circuito evolutivo se enfocará en la implementación de estas dos compuertas.

La idea de emular el comportamiento de los sistemas biológicos ha resultado en muchos campos de la tecnología; para este diseño, sugiere tener como base las células madre.

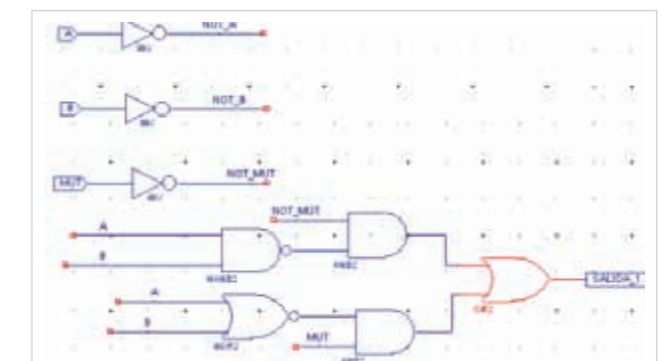


Figura 8. Hardware Evolutivo

Como se puede observar en la figura 8, la célula madre puede trabajar tanto como NOR o NAND, dependiendo de su entrada de operador lógico mutable, lo que permite, al implementar una amplia cantidad de estas células, el desarrollo de una alta variedad de aplicaciones, así como igual número de arreglos lógicos. Esto se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1 Operaciones Célula madre

A	B	Mut	Salida
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	0	0
0	0	1	1
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	1	0

Conclusiones

Este trabajo presenta y desarrolla la Metodología de Clonación para Controladores, basada en principios de los Algoritmos Genéticos, con tres variables de entrada y dos de salida, para el caso de estudio. Se demuestra que mediante la clonación, se constituye una estrategia eficiente que permite hacer réplicas de las funciones de un dispositivo de control desconocido en su integridad. Con los resultados del proceso evolutivo se presenta un error aceptable entre el dispositivo real y el clonado, donde, para satisfacer los requerimientos el número de la población debe ser alto contra el total de la misma, en este caso aproximado a 1800 generaciones, así el resultado se acerca más al esperado. Además, al utilizar cruce y mutación se observa que también en estos se encuentran individuos que pertenecen a la solución. Para este caso, el efecto de considerar la probabilidad de cruce y mutación diferente de cero es relevante, ya que sin éstos, la clonación difiere de la real.

Al realizar las pruebas de la metodología en el desarrollo de la aplicación, se encontró que el costo computacional es alto y exigente. Cada vez que se aumenta la población y se incluye las operaciones de cruce y mutación, la demora para hallar la solución es notoria.

La metodología presentada es flexible, permite no sólo la solución del caso de estudio, sino de otros problemas, aumenta el número de variables de entrada y salida que se pueden manejar. La clonación permite emular tecnologías utilizadas para control; en este caso, ofreciendo costos inferiores para la industria.

Bibliografía

- BALLESTEROS, J. y GUEVARA, A. (2006) Método y Procedimientos de clonación artificial de controladores basados en técnicas de inteligencia artificial. Trabajo de grado, (Maestría en Ciencias Computacionales), Universidad Autónoma de Bucaramanga y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey México.
- GOLDBERG, D. (1989) Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts.
- GÜNTER R. (1994) Convergence Analysis of Canonical Genetic Algorithms. IEEE Transactions on Neural Networks, 5:96101.
- GUZMAN DEL RIO, D.; RODRÍGUEZ, M.; COLUMBIÉ, Á y MISA, R. (2001) Proceso de lixiviación carbonato-amoniacoal: control multivariable a través del arreglo inverso de NYQUIST para el mezclado de mineral y licor. Revista Minería y Geología. Vol. 18, No. 2, p. 1-6.
- MUÑOZ, A. (2002) Artificial Cloning of Industrial Sensors. Editorial Ciencia y Técnica, Academia de Ciencias de Cuba, 397 Págs.
- _____. (1985) Tecnología de Control con Análisis Instrumental ON-LINE. Moa Cuba, 160 p. Trabajo de grado (Ph.D. Ciencias Técnicas), Universidad de Acero y Aleaciones, Moscú Rusia. Facultad Metalurgia y Electromecánica, Programa- Doctorado en Control y Automatización Industrial.
- MUÑOZ, F. y PARDO A.. (2003) Tecnologías de control avanzado y de Clonación artificial aplicada a sistemas Mecatrónicos de alta precisión. IEEE Intelligent Control Houston, Texas.
- _____. (2004) Algoritmos y sistemas de control borroso aplicados en la planta de calcinación de la industria de producción de níquel. En: Tecnologías de Avanzada. Vol. 2. No. 4. p. 25-32.
- _____. (2001). Nuevos Diseños de Controladores por Lógica Fuzzy. En: Revista Colombiana de Computación. Vol. 2, No. 1. p. 35-42.



El Chicamocha:

Río del Vino de Gran Altura

Por: QUIJANO - RICO, Marco.

"La difusión de los productos representativos de una región debe incluir necesariamente la descripción del ambiente del cual provienen. Por lo tanto, para que uno de esos productos sea valorado consecuentemente, tiene que ser inserido en el contexto geográfico, climático, histórico y cultural que lo ha generado. Este proceso adquiere mayor importancia, es mas se vuelve absolutamente indispensable, cuando se trata del vino. De hecho, el vino no es sencillamente el fruto de un proceso tecnológico: es la síntesis de la adaptación de la cepa a un territorio particular gracias a la sabia experiencia y a la pasión del hombre. El territorio donde se produce es el "terroir", conjunto de los factores naturales que le confieren tipicidad original y reconocible: el suelo, el subsuelo, el sustrato geológico y el clima o mejor dicho, el topoclima....."

M. Falcetti (1994)

¹Ph.D. Científico y viticultor. Viñedo & Cava Loma de Puntlarga. Nobsa Boyacá, Asesor Científico JDC