

Con la adición de floculantes en cantidad de 20 g/t de cola de serpentina se facilita la sedimentación y se alcanza un área de  $1,46 \text{ m}^2/\text{t} \cdot \text{d}$  que equivale a la mitad de lo requerido sin el uso del mismo.

Con excepción del magnesio, el resto de los componentes del mineral de serpentina, quedan en la cola después de la neutralización del licor WL.

La relación de masas entre la cola de serpentina y la serpentina cruda seca es de 1,05.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Jaime Cheni Camps y Elisa Oropesa Suárez.

### REFERENCIAS

1. CATASUS, J. M. *et al.*: Método de descontaminación de soluciones que contienen ácido sulfhídrico y ácidos minerales. Certificado de Invención No. 20703, Cuba.
2. GRANDA, I. O.: "Hidrometalurgické ziskovanie cistehe MgO za serpentiňtevyh rud a inych hercikonosnych surovin za panzitia kyslicnika uhlicitehe". Tesis para el grado de Candidato en Ciencias. Escuela Superior Técnica de Kosice, Checoslovaquia, 1979.
3. GRANDA, I. O. *et al.*: "Procedimiento para la descontaminación de efluentes ácidos". Certificado de Patente, No. 21667, Cuba, 1986.
4. LARSEN, H. P. *et al.*: "Chemical treatment of metalbearing mine drainage", in *Journal WPCF*, Vol. 45, No. 8. 1973.
5. LUND, H. F.: *Industrial Pollution Control Hand-Book*, New York, Mc Graw-Hill, 1971.
6. SOBOL, S. I. *et al.*: Método para el tratamiento de los minerales ferruginosos de níquel y cobalto. Certificado de Patente de Invención, No. 20877, Cuba.

## CUBANIQUEL

Empresa Cubana Exportadora de Minerales y Metales

CUBANIQUEL  
Cuban Mineral and Metal  
Exporting Enterprise

El aprovisionamiento de níquel se realiza desde los puertos cubanos y por los barcos cubanos que llevan el níquel desde Cuba hacia el mundo a solicitud de los clientes de CUBANIQUEL y de las agencias comerciales en el exterior.

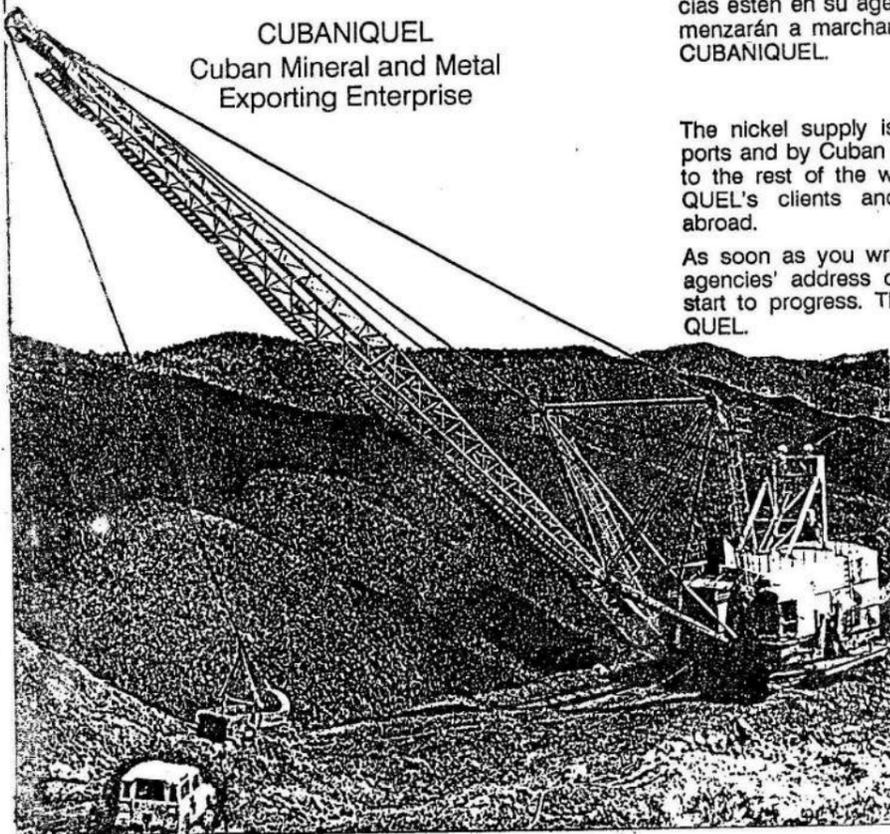
Cuando las señas de CUBANIQUEL y de sus agencias estén en su agenda de trabajo sus negocios comenzarán a marchar bien. Estos son los deseos de CUBANIQUEL.

¡Le esperamos!

The nickel supply is accomplished from the Cuban ports and by Cuban ships that carry nickel from Cuba to the rest of the world, at the request of CUBANIQUEL's clients and of the commercial agencies abroad.

As soon as you write down CUBANIQUEL's and its agencies' address on your diary, your business will start to progress. These are the wishes of CUBANIQUEL.

We hope to hear from you!



## EMISIONES GASEOSAS DE LA FABRICA "CMDTE. PEDRO SOTTO ALBA" Y SU INFLUENCIA NEGATIVA SOBRE EL MEDIO (3ra PARTE)

Ing. Angel Pérez Rodríguez, Instituto Superior Técnico de Holguín;  
C.Dr. Igor Yuzhaninov, Instituto de Minas de Leningrado

**RESUMEN:** En la tercera parte del trabajo se hace un análisis de las principales medidas ingeniero-ecológicas que deben tomarse, con el objetivo de disminuir o eliminar los efectos negativos de la contaminación ambiental, producida por las emanaciones gaseosas de la fábrica "Comdte. Pedro Sotó Alba".

Especial atención se presta al estudio de los principales métodos de limpieza y purificación de gases residuales en la industria metalúrgica, así como al proceso de obtención de ácido sulfúrico, utilizando la tecnología de doble contacto con interabsorción (DC-IA), como posibles vías para solucionar el problema de la contaminación.

**ABSTRACT:** In the third part of the work an analysis is made of the principal engineering ecologic solutions that must be applied with the goal of diminishing or eliminating the negative effects of the environmental pollution caused by the gaseous emissions from "Comander Pedro Sotó Alba" factory special attention is dedicated to the study of the principal methods of cleaning and purifying of residual gases in the metallurgy industry, so as the process of obtaining sulphuric acid through the use of double-contact technology with interabsorption (DC-IA) as possible ways for the solving of the problem of pollution.

### INTRODUCCION

Las medidas de carácter científico-técnico y en especial la creación de tecnologías con desechos mínimos, poseen especial significación en la solución del problema de la contaminación ambiental. Sólo es posible crear tecnologías de nuevo tipo a través de un profundo conocimiento de las leyes que rigen el desarrollo.

La industria no sólo debe ser capaz de producir bienes de consumo con poco gasto de materia prima, energía y fuerza de trabajo, sino que debe cumplir con todas las exigencias y requerimientos tecnológicos que le permitan eliminar o transformar en nuevos productos los desechos sólidos, líquidos o gaseosos que vierten: tal es la fórmula actual que permite la protección eficaz del medio.

Enorme importancia tiene para nuestro país la aplicación y promoción de actividades concretas encaminadas a la protección del medio. Lo anterior ha quedado plasmado en el Anteproyecto de Lineamientos Económicos y Sociales para el quinquenio 1986-1990: "... promover la aplicación de tecnologías que originen sólo desechos mínimos; destinar los recursos indispensables para evitar o impedir la contaminación ambiental ...."

En su tercera parte, nuestro trabajo tiene como objetivo el estudio de los principales métodos de limpieza de gases residuales en la industria metalúrgica y el análisis del

proceso de obtención de ácido sulfúrico con desechos mínimos, utilizando la tecnología de doble contacto con interabsorción (DC-IA).

Los cálculos efectuados para la contaminación ambiental en las capas bajas de la atmósfera y los análisis de los resultados obtenidos, demuestran que es inminente la aplicación de medidas ingeniero-ecológicas, para evitar la paulatina degradación de las condiciones ambientales, en las zonas próximas a la fábrica. Entre estas medidas, que consideramos de carácter urgente, se encuentran:

- Modernización de la tecnología con automatización completa.
- Reforestación de las áreas aledañas a la industria.
- Estudio de las posibles causas tecnológicas que provocan, en cada planta, emanaciones gaseosas nocivas superiores a la norma, para su eliminación.
- Mantener los parámetros tecnológicos indicados.
- Creación de una zona de protección sanitaria durante el tiempo en que se mantenga la situación actual.
- Promover el estudio de los distintos métodos de limpieza de gases residuales, realizar su análisis y cálculos técnico-económicos para escoger el de "óptima aplicación".

### MÉTODOS DE LIMPIEZA Y PURIFICACIÓN DE GASES

Entre el gran número de combinaciones sulfurosas ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CS}_2$ , etc.) que se encuentran en las emisiones gaseosas de las fábricas metalúrgicas, el principal es el dióxido de azufre.

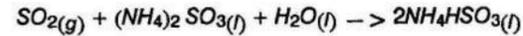
En dependencia de su contenido, los gases tecnológicos se han dividido, condicionalmente, en: pobres (menos de 3,5 %  $\text{SO}_2$ ) y ricos (más de 3,5 %  $\text{SO}_2$ ). La experiencia ha demostrado que los gases ricos se

transforman, relativamente, más fácil por los métodos catalíticos con interabsorción.

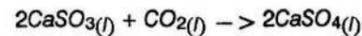
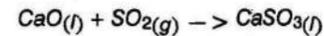
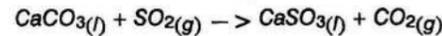
La cuestión más compleja radica en los denominados gases pobres; su purificación exige la utilización de instalaciones adicionales en la industria.

Hasta ahora los principales métodos de purificación de gases pobres en SO<sub>2</sub> utilizados son los métodos húmedos. Entre estos, los más difundidos son los calcáreos o calizos y los amoniacaes.

El método amoniacal se fundamenta en la reacción del SO<sub>2</sub> con disoluciones acuosas de sulfito de amonio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>], según la siguiente reacción:



En el método calcáreo o calizo, se utilizan como reactivos disoluciones de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) o hidróxido de calcio (CaOH). Tomando en consideración que en la fábrica "Cmde. Pedro Soto Alba", las disoluciones de carbonato de calcio, provenientes de la planta coral, toman parte en el proceso de neutralización, proponemos utilizar el método calcáreo o calizo para la eliminación del SO<sub>2</sub> de los gases residuales. La absorción del dióxido de azufre por suspensiones de CaCO<sub>3</sub>, ocurre de acuerdo con las siguientes reacciones:



El esquema tecnológico de purificación para el método calcáreo o calizo, se representa en la Figura 1. La instalación consta de dos torres de absorción 1 y 2. El gas pasa sucesivamente por ambas torres limpio de SO<sub>2</sub> en un 85-90 %, se envía hacia la atmósfera. La solución de

CaCO<sub>3</sub>, con ayuda de las bombas de circulación 6, 7 y 8, se mueve a contracorriente en relación con el gas; a medida que el dióxido de azufre es absorbido, la concentración de sulfato de calcio en la disolución aumenta.

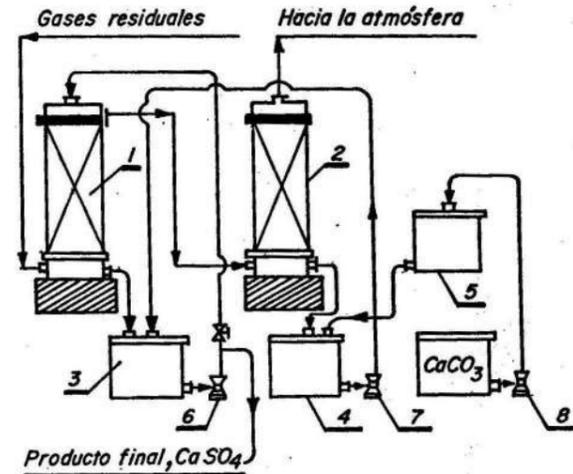


FIGURA 1. Esquema de purificación para el método calcáreo o calizo  
1, 2. Torres de absorción  
3, 4, 5. Depósitos de circulación  
6, 7, 8. Bombas

El producto final se obtiene cuando se alcanza una concentración standard en la solución de CaSO<sub>4</sub>, éste es enviado a cisternas para su almacenamiento, y una cantidad equivalente de disolución de carbonato de calcio, se hace circular por el sistema a través de la torre de absorción 2, comenzando de nuevo el proceso.

### PROCESO DE DOBLE CONTACTO CON INTERABSORCIÓN (DC-IA)

La industria productora de ácido sulfúrico ha comenzado a utilizar, desde hace varios años, la tecnología de doble contacto con interabsorción (DC-IA). Con la utilización del proceso DC-IA, se logra un grado de conversión entre 99,5 y 99,7 % y concentraciones de gases sulfurosos en los desechos gaseosos, no mayores del 0,03 %, por lo efectivo y económico que resulta este método adquiere una significación especial su utilización, como una de las posibles vías para la solución del problema de la contaminación ambiental.

El esquema principal de la sección de contacto con interabsorción, se representa en la Figura 2. Al proceso de conversión, el gas entra procedente de la sección de secado, con temperaturas de hasta 60 °C. Es por eso que antes de ser enviado al convertidor 1, es necesario calentarlo en los intercambiadores de calor 2 y 3 hasta 420 °C. Después que el gas ha pasado a través del convertidor, se enfría en el intercambiador de calor 3, dirigiéndose luego, hacia la absorción intermedia, donde se le extrae el trióxido de azufre. A la salida del absorbedor 4, el gas es purificado de las gotas y aerosoles de ácido sulfúrico en el filtro de rejillas de cristal 5, enviándose después, a la segunda fase de conversión del convertidor 1 (previamente el gas se calienta en los intercambiadores de calor 6 y 7).

Después de la segunda fase de contacto, el flujo gaseoso es enfriado en el intercambiador 7, enviándose al segundo absorbedor 8, y de ahí a la atmósfera. Ambos absorbedores son rociados con disoluciones de ácido sulfúrico de 98,3 a 98,7 % de concentración. La densidad de reflujo es de 10 a 15 m<sup>3</sup> · m<sup>2</sup> · h<sup>-1</sup>, aproximadamente.

Por cuanto en el primer estadio o etapa de contacto, el índice de conversión de SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub> es aproximadamente igual al 90 %, la principal cantidad de SO<sub>3</sub> es absorbida en el primer absorbedor 4. Conforme a lo planteado, la superficie del enfriador utilizado para enfriar el ácido antes del segundo absorbedor 8, debe ser de 3 a 4 veces menor que la del primero. Las principales características y dimensiones de los absorbedores (diámetro, superficie de cuerpos de contacto, etc.) deben ser aproximadamente iguales, ya que la velocidad de absorción del SO<sub>3</sub> en el segundo absorbedor es menor, por poseer menor concentración en el gas.

A diferencia de la tecnología corriente de obtención de ácido sulfúrico, el esquema de doble contacto con interabsorción, utiliza un convertidor de dos etapas, un absorbedor intermedio con enfriador para el ácido e intercambiadores de calor, para el calentamiento del gas.

Para efectuar el proceso de obtención de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, utilizando el esquema DC-IA, es necesario el ca-

lentamiento del gas, antes de enviarlo a la primera y segunda etapa del convertidor. En caso necesario, es preciso limpiar el gas de las gotas

y aerosoles de ácido sulfúrico (después de la absorción intermedia) en electrofiltros o filtros con mallas de cristal.

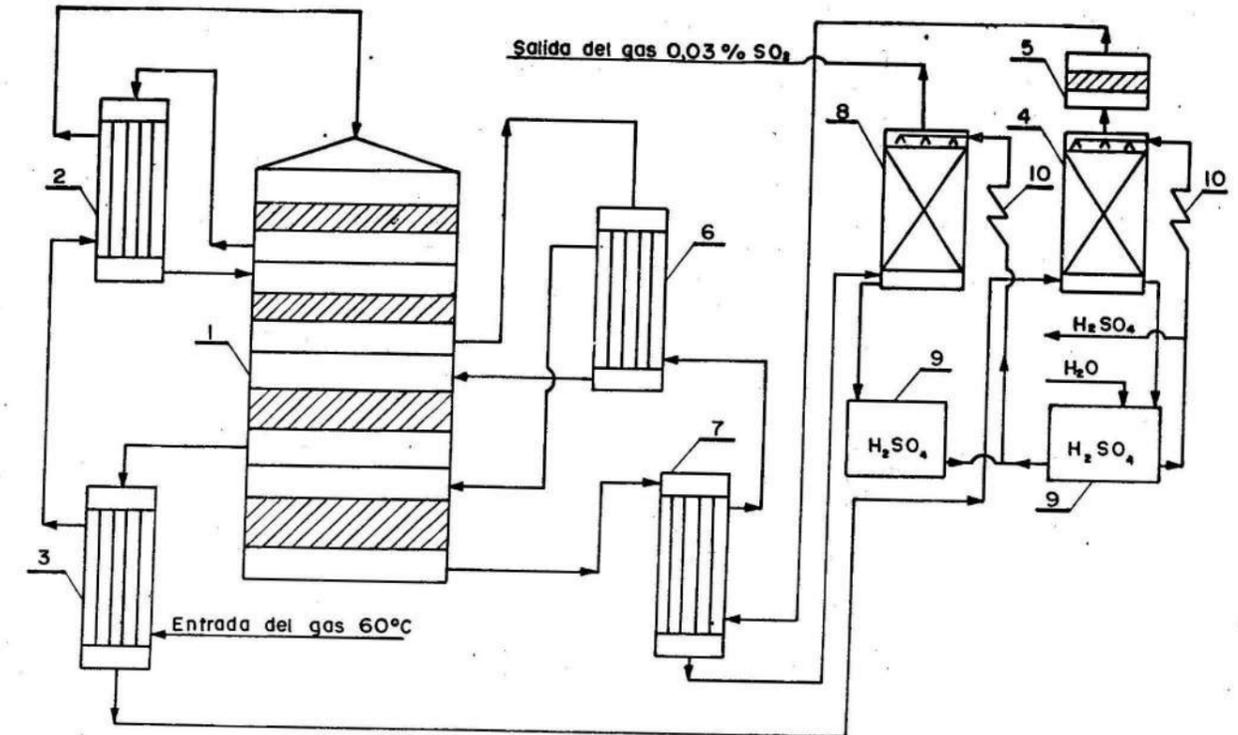


FIGURA 2. Esquema de la sección de conversión en la producción H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por el método DC-IA

1. Convertidor
- 2, 3, 6, 7. Intercambiador de calor
4. Absorbedor intermedio
5. Filtro con malla de cristal
8. Absorbedor final
9. Tanque para almacenamiento
10. Enfriador de ácido

Cuando el flujo gaseoso contiene gran concentración de SO<sub>2</sub>, existe un aumento proporcional de la productividad en los equipos y aparatos de las plantas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, por lo que disminuye el costo de producción y aumenta la rentabilidad.

En la actualidad, el proceso DC-IA se utiliza en diferentes países y ha sido patentado por varias firmas comerciales. Las diferencias esenciales entre todos los esquemas que se están utilizando en el presente, están relacionadas con la concentración de dióxido de azufre en el flujo gaseoso.

Existen algunas particularidades en la forma de los equipos y aparatos, diferencias en la productividad, y, además, características especiales en la parte correspondiente al intercambio de calor. En dependencia de la construcción de los intercambiadores de calor se diferencian los procesos de la R.F.A., EE.UU., Japón, España, Polonia, etc.

Un grado de conversión alto del gas sulfuroso y una baja concentración de SO<sub>2</sub> en los gases residuales, pueden ser logrados en distintas fábricas metalúrgicas, donde se produzca ácido sulfúrico con la utilización del proceso DC-IA. En calidad de ejemplo, se muestran en la tabla 1 algunos índices tecnológicos principales, que han sido obtenidos en la puesta en marcha de una planta de producción de este tipo, en Netherland.

TABLA 1

Índices tecnológicos principales	Cantidad
Concentración de SO <sub>2</sub> en el gas, %	8
Grado de conversión, %	99,5
Grado de absorción de SO <sub>3</sub> , %	99,97
Contenido de SO <sub>2</sub> en los gases residuales	0,03

## CONCLUSIONES

En las condiciones actuales, es inminente la aplicación de medidas ingeniero-ecológicas que eviten la paulatina degradación de las condiciones ambientales, en las áreas aledañas a la fábrica "Cmdte. Pedro Sotto Alba".

El método calcáreo o calizo puede ser utilizado para la purificación de los gases de desechos que contengan dióxido de azufre.

Entre las medidas que se toman para evitar la contaminación ambiental, juega un papel fundamental la puesta en marcha y ejecución de planes prospectivos de mejoramiento tecnológico y de esquemas con desechos mínimos: la utilización del proceso de doble contacto con interabsorción (DC-IA) cumple con tales exigencias.

## REFERENCIAS

1. AMELIN, A. G.: *Tecnología del ácido sulfúrico*. Moscú, Ed. Química, 1983 (en ruso).
2. CASTILLO, R. N.: Consideraciones sobre la contaminación ambiental en la producción de ácido sulfúrico de la empresa "Cmdte. Pedro Sotto Alba". Trabajo de Diploma, Moa, 1986.
3. DOBROSELSKAIA, N. P. N. V. GUDIMA et al.: *Utilización de gases sulfurosos en fábricas metalúrgicas*, Moscú, Ed. Metalurgia, 1976 (en ruso).
4. MALIN, K. M.: *Manual de ácido sulfúrico*. Moscú, Ed. Química, 1971 (en ruso).
5. NOVOSHILOV, N. V. Y G.F. LAVRENTIEV: *Aparatos de absorción en la producción de ácido sulfúrico*, Moscú, Ed. Química, 1984 (en ruso).
6. TOROCHESNIKOV, N. S. et al.: *Técnica de protección del medio ambiente*. Moscú, Ed. Química, 1981 (en ruso).

# ecimetal

## EMPRESA COMERCIAL PARA LA INDUSTRIA METALURGICA Y METAL-MECANICA

### EMPRESA COMERCIAL PARA LA INDUSTRIA METALURGICA Y METAL-MECANICA

Dedicada a la atención de las ramas del desarrollo metal-mecánico y geológico-minero ECIMETAL es una institución que brinda sus servicios en la realización de proyectos, estudios, suministros de equipos y materiales, así como asistencia técnica para la instalación de plantas industriales, líneas tecnológicas, completamiento de plantas y entrenamiento de personal.

### COMMERCIAL ENTERPRISE FOR METAL-MECHANIC AND METALLURGICAL INDUSTRY

Specialized in the development of geological-mining and Metal-Mechanic branches, ECIMETAL is an institution offering its services in the preparation of projects and studies, as well as in the supply of equipment, materials and technical assistance for the installation of industrial plants, technological lines, completion of plants and training of personnel.

### ENTREPRISE COMMERCIALE POUR L'INDUSTRIE METALURGIE ET METAL-MECANIQUE

ECIMETAL est une institution consacrée au développement métal-mécanique: et géologique-minier qui offre ses services dans la réalisation de projets, d'études, de fourniture des matériels et matériaux. D'autre part, ECIMETAL offre de l'assistance technique dans le montage des installations industrielles, les procédés technologiques, les compléments d'usines et les stages pour le personnel.

## CARACTERISTICAS DE LA CEPA TF-MG QUE INFLUYEN EN LA BIOLIXIVIACION DE MINERALES MEZCLADOS DE COBRE

L. Giralдино; C. Márquez

Centro de Investigaciones para la Industria Metalúrgica

**RESUMEN:** Se estudian las características fisiológicas en medio sintético de la cepa TF-MG aislada a partir de las aguas de drenaje ácido del yacimiento Mina Grande y su interacción con un mineral fuera de balance, mezcla de óxidos y sulfuros perteneciente a las escombreras de este yacimiento.

Las experiencias demuestran que esta cepa posee alta tolerancia a iones metálicos y una buena capacidad oxidativa que la distingue para ser empleada en la biolixiviación de cobre.

Se presentan los resultados de la tolerancia a diferentes iones metálicos, velocidad de oxidación del hierro, producción de proteínas, tiempo de duplicación en medio sintético y los resultados de su actividad en mineral; empleando percoladores que simulan el proceso de las escombreras en el laboratorio.

**ABSTRACT:** A TF-MG strain was isolated from acidic drain waters of "Mina Grande" copper mine. The physiological characteristics and the behaviour of the strain in a synthetic medium.

The results of the tests demonstrated the strain to be highly tolerant to metallic ions as well as having a high oxidation capacity which makes it suitable for copper ore leaching.

In this paper are presented the results obtained on tolerance levels for metallic ions, iron oxidation rates, protein production rates and duplication time of the strain in a synthetic medium. Also shown are the laboratory results of copper ore percolation tests simulating industrial off-grade ore head leaching.

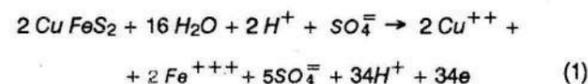
## INTRODUCCION

Existen grandes diferencias en la forma de ataque del Thiobacillus ferrooxidans a los minerales sulfurosos, siendo peculiar de cada cepa la interacción de ella con la estructura cristalina del mineral.

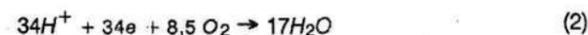
Las formas de oxidación del Thiobacillus en la calcopirita son ampliamente discutidas y aún existen puntos muy oscuros. Lo que si es evidente que esa interacción está determinada genéticamente en cada cepa (1) y que ella oxida el hierro ferroso y los sulfuros simultáneamente (2). En la calcopirita, al parecer primero se realiza la oxidación de los sulfuros y posteriormente el hierro ferroso.

Las reacciones que se describen caracterizan el proceso:

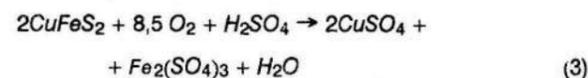
Anódica



Catódica



Suma



El objetivo de nuestro trabajo consiste en conocer como TF-MG interacciona con la muestra del mineral fuera

de balance del yacimiento Mina Grande El Cobre, cuyo contenido de cobre proviene principalmente de la calcopirita presente en él, de esta forma se crean las condiciones para elevar su eficiencia en la aplicación en la Planta Industrial de Lixiviación Químico-Biológica de este yacimiento.

La cepa Thiobacillus ferrooxidans TF-MG, aislada y purificada a partir de las aguas de drenaje del yacimiento Mina Grande El Cobre, Santiago de Cuba.

El mineral perteneciente a las escombreras del yacimiento, formado por sílice, cuarzo, clorita y calcopirita.

El mineral fue molido hasta obtener un tamaño de partícula de - 5 mm para las experiencias de percolación. El mineral finamente molido arrojó una composición de 4,85 % de Fe; 0,5 % de S y 0,40 % de Cu. Todos los experimentos de lixiviación fueron llevados a cabo a temperatura ambiente.

En la percolación se emplean percoladores de cristal de 50 cm de altura y 20 cm de diámetro y fueron cargados con 400 g de mineral.

Para la recirculación de los licores se emplea una manguera con un diámetro de 10 mm, ayudado por un compresor de aire de 0,05 L air/min.

Para alcanzar el pH adecuado el percolador se descarga diariamente y al licor se le mide el pH y la concentración de cobre, cargándose nuevamente con solución fresca. La inoculación se realiza semanalmente con un cultivo de TF-MG con la cantidad adecuada para obtener 10<sup>7</sup> cel/mL de solución lixivante. Cada semana se descar-