

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y  
METALÚRGICA**



**LIXIVIACION DE MINERAL CARBONACEO  
EMPLEANDO COMO AGENTE LIXIVIANTE  
TIOSULFATO DE AMONIO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO METALURGISTA**

**PRESENTADO:**

**GILER RAFFI MENDOZA MAZA**

**LIMA – PERU**

**2009**

## INDICE

### LIXIVIACIÓN DE MINERAL CARBONACEO EMPLEANDO COMO AGENTE LIXIVIANTE TIOSULFAO DE AMONIO

AGRADECIMIENTO.....	4
RESUMEN.....	5
CAPÍTULO I. FUNDAMENTO TEORICO.....	6
CAPÍTULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	7
2.1 Metodología.....	7
2.2 Muestras.....	8
2.2.1 Características de la muestra.....	9
2.3 Pruebas de lixiviación en botellas de mineral carbonaceo empleando como agente lixivante tiosulfao de amonio (Proyecto Alto Chicama).....	10
2.3.1 Prueba inicial de lixiviación con tiosulfato de amonio.....	11
2.3.2 Pruebas sin mineral con reactivos estabilizadores de tiosulfato de amonio.....	12
2.3.3 Pruebas variando sulfato de amonio y sulfato de cobre.....	13
2.3.4 Pruebas variando 4 reactivos: tiosulfato de amonio, sulfato de cobre, sulfato de amonio y metabisulfito de sodio.....	15
2.3.5 Pruebas variando tiosulfato de amonio y sulfato de cobre.....	17
2.3.6 Pruebas con reactivos estabilizadores de tiosulfato de amonio.....	18

2.4 Pruebas de lixiviación en columnas de mineral carbonaceo empleando como agente lixivante tiosulfato de amonio (Proyecto Alto Chicama).....	20
2.4.1 Preparación de la muestra y cargado de la columna.....	20
2.4.2 Condiciones generales de la prueba.....	21
CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	23
CONCLUSIONES GENERALES.....	25
RECOMENDACIONES GENERALES.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXO 1 - ANEXOS DE LAS PRUEBAS DE BOTELLA	
Determinación del método de titulación.....	29
ANEXO 2 - ANEXOS DE LAS PRUEBAS DE COLUMNA	
Diagrama de la distribución de la muestra para las pruebas en columna.....	31
Procedimiento para la preparación de la muestra.....	32
Control de la prueba.....	34
Análisis de ICP de las muestras de residuos después de la lixiviación con tiosulfato de amonio.....	36
Gráficos de cinética de extracción de Au y Ag, pH de las soluciones percoladas, consumo de tiosulfato de amonio.....	37
Anexo de hojas de control de las columnas 58 – 67.....	40

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darnos la dicha de poder despertar en un nuevo día.

A mi Madre que está en el cielo,

Mi Padre y mis hermanos que me dan su amor y  
comprensión en las decisiones que tomo.

A los amigos (as) que conocí.

A la UNI por darnos la formación de buenos profesionales.

A Minera Barrick Misquichilca – Mina Pierina, por haberme dado la oportunidad de  
poder realizar la tesis.

Giler Raffi Mendoza Maza

## RESUMEN

En la zona de Alto Chicama existe la presencia de oro contaminado con mineral carbonáceo, este tipo de mineral no puede ser lixiviado con cianuro de sodio, debido a que el complejo oro-cianuro formado es adsorbido por el carbón orgánico, mostrando un efecto de preg robbing; por consiguiente se busca alternativas de tratamiento, siendo una de ellas la lixiviación con tiosulfato de amonio.

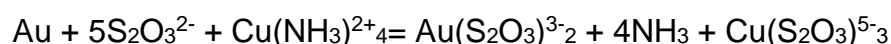
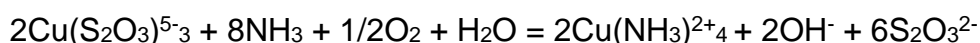
Los costos de la lixiviación con tiosulfato de amonio no pueden ser determinados en su totalidad, solo podemos considerar el costo del tiosulfato de amonio por contarse con un método de determinación del ión tiosulfato.

Se anexan gráficas de extracción de oro, consumo de tiosulfato, ICP (Inductively coupled plasma - es un tipo de espectrometría de masas que es altamente sensible y capaz de la determinación de una amplia gama de metales) de las muestras M1, M3 y M4.

## CAPITULO I

### FUNDAMENTO TEORICO

Este informe se basa en la recuperación del oro contaminado con mineral carbonáceo mediante la lixiviación con tiosulfato de amonio; debido a que el complejo aurotiosulfato no se adsorbe al carbón contenido en el mineral. Para catalizar la reacción del oro con el tiosulfato de amonio se necesita cobre, amonio, según las siguientes reacciones:



Adicionalmente a estas reacciones, el tiosulfato de amonio tiende a descomponerse en tritionato y tetracionato; para evitar este efecto es que se necesita un antidegradante. El Tiosulfato tiene la habilidad para acomplejar oro y plata. El tiosulfato de amonio es relativamente no toxico y estuvo siendo usado por muchas décadas como fertilizante. La química del proceso de disolución del oro con tiosulfato es compleja, envolviendo al tiosulfato, amonio y iones cobre, con oxígeno como agente oxidante. Los iones cobre actúan como un catalizador para la oxidación del oro, debido a que con el oxígeno solo la cinética del proceso es lenta, y los iones amonio son importantes para mantener el cobre en solución a pH alcalino. Tanto el amonio como el tiosulfato pueden formar complejos con el oro o el cobre, los aminos complejos termodinámicamente son favorecidos a  $\text{pH} > 9$  y los complejos de tiosulfato a pHs menores.

## CAPITULO II

### DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### 2.1 Metodología

Las pruebas de lixiviación de mineral carbonaceo empleando como agente lixivante tiosulfato de amonio se realizo en dos partes, pruebas en botellas asimismo se probó diferentes concentraciones de tiosulfato de amonio, sulfato de cobre, sulfato de amonio y estabilizadores del tiosulfato; llegando al objetivo de las pruebas:

- Recuperar la mayor cantidad de oro de un mineral carbonáceo por lixiviación con tiosulfato de amonio.
- Optimizar la concentración de Tiosulfato de amonio.y reactivos acompañantes para la lixiviación.
- Encontrar el antidegradante adecuado para el tiosulfato de amonio.

Luego de determinar la concentración óptima de dicho reactivo se realizaron las pruebas en columnas. Las pruebas se corrieron con un contenido de carbón orgánico hasta 1.5%. Cuyos objetivos son:

- Determinar la extracción de oro y plata y la cinética de lixiviación del mineral carbonáceo, empleando como agente lixivante tiosulfato de amonio.
- Determinar el consumo del tiosulfato de amonio.
- Realizar la evaluación económica de acuerdo al consumo de tiosulfato de amonio

Las pruebas preliminares en botellas fueron realizadas para determinar las concentraciones óptimas de los reactivos, los que fueron escalados a nivel columna. Los resultados obtenidos en las pruebas de lixiviación en columnas muestran extracciones en oro superiores al 70% y en plata superiores al 30%.

## 2.2 Muestras

Se recibieron en Laboratorio Metalúrgico 3 tipos de muestras según el cuadro:

**TABLA 2 – 1**  
**DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS**

<b>Muestra</b>	<b>Roca</b>	<b>Mineralización</b>
M 1	Arenisca Cuarcífera Masiva de Grano Medio	Ox Fe (<50%), Hematita, goethita y limonitas rellenando espacios abiertos fracturas y vetillas.
M 3	Lutita Carbonosa Masiva	Sin Mineralización
M 4	Carbonaceous Mudstone	Sin Mineralización



## 2.2.1 CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

TABLA 2 - 2

ANALISIS ICP DE LAS MUESTRAS DE MINERAL DE ALTO CHICAMA  
MINERAL M1, M3 y M4

Elemento Unidad	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be Ppm	Bi ppm	Ca %
<b>M1</b>	3.0	0.15	102	38	<0.5	8	0.02
<b>M3</b>	2.1	3.64	9	28	<0.5	<5	0.04
<b>M4</b>	0.9	7.48	51	34	<0.5	<5	0.01

Elemento Unidad	Cd ppm	Co Ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Ga ppm	K %
<b>M1</b>	<1	1	543	49.3	1.07	<10	0.03
<b>M3</b>	<1	<1	37	17.1	0.3	21	0.04
<b>M4</b>	<1	2	94	41.2	0.51	36	0.12

Elemento Unidad	La ppm	Mg %	Mn ppm	Mo ppm	Na %	Nb ppm	Ni ppm
<b>M1</b>	4.1	<0.01	60	28	0.01	5	20
<b>M3</b>	11.6	<0.01	8	8	0.05	8	5
<b>M4</b>	15.9	0.01	11	8	0.08	9	8

Elemento Unidad	P %	Pb Ppm	S %	Sb ppm	Sc Ppm	Sn ppm	Sr ppm
<b>M1</b>	<0.01	108	0.04	50	0.9	10	16.5
<b>M3</b>	<0.01	22	0.52	6	5.4	<10	13.7
<b>M4</b>	0.02	5	0.44	<5	7.9	<10	25.3

Elemento Unidad	Ti %	Tl Ppm	V ppm	W ppm	Y ppm	Zn ppm	Zr ppm
<b>M1</b>	0.06	<2	7	<10	1.7	6.5	21.5
<b>M3</b>	0.24	<2	76	<10	4.1	13.5	40.3
<b>M4</b>	0.31	<2	78	<10	4.3	3.4	30.6

TABLA 2 – 3

## CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS

Tipo de Carbón	Au g/t	Ag g/t	% Carbón Orgánico	% Carbón Inorgánico	% Carbón Total
M1	1.70	3.00	-	-	-
M3	0.03	2.10	38.12	2.62	40.74
M4	0.04	0.90	1.96	0.04	1.99

### 2.3 Pruebas de lixiviación en botellas de mineral carbonaceo empleando como agente lixivante tiosulfato de amonio (Proyecto Alto Chicama)

#### 2.3.1 Prueba inicial de lixiviación con tiosulfato de amonio

##### Preparación de las muestras:

La muestra M1 se chancó a 100% - ¼ pulg, se homogenizó y se tomaron 2 kilos del mineral para las pruebas en botellas.

##### Condiciones de la prueba:

- Peso de la muestra M1 : 2000 gr
- Granulometría : 100% - ¼ pulg.
- Relación Líquido/Sólido : 1.5
- pH de operación : 9 a 10
- Regulador de pH : NH<sub>4</sub>OH
- Tiempo de Lixiviación : 96 horas

TABLA 2 – 4

**CUADRO DE BOTELLAS CARGADAS CON DIFERENTES  
CONCENTRACIONES DE REACTIVOS**

Botellas	Tiosulfato de amonio g/l	Sulfato de Cobre g/l	Bisulfito de sodio g/l
1	1	0.25	7.5
2	2.5	0.63	7.5
3	5	1.25	7.5
4	10	2.50	7.5
5	25	6.25	7.5
6	75	18.75	7.5

**Resultados:**

TABLA 2 – 5

**CUADRO DEL RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA POR SOLIDOS  
Y LIQUIDOS**

Tiosulfato de Amonio g/l	Cabeza Ensayada		Residuo Ensayado		Extracción por Líquidos		Extracción por Sólidos		Adición de Reactivos	
	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuSO <sub>4</sub>
	g/t	g/t	g/t	g/t	%	%	%	%	kg/t	kg/t
1	1.7	3.0	1.12	2.3	32.65	18.5	34.12	23.33	10.65	2.66
2.5	1.7	3.0	1.02	1.6	37.06	39.5	40.00	46.67	26.33	6.58
5	1.7	3.0	0.96	1.9	39.71	43.00	43.53	36.67	52.41	13.10
10	1.7	3.0	0.70	1.6	43.24	42.5	58.82	46.67	104.74	26.19
25	1.7	3.0	0.42	1.8	39.71	40.5	75.29	40.00	262.17	65.54
75	1.7	3	0.38	1.6	22.06	38	77.65	46.67	786.12	196.53

### 2.3.2 Pruebas sin mineral con reactivos estabilizadores de tiosulfato de amonio

#### Condiciones de la prueba:

- Volumen : 500 ml
- Concentración de Tiosulfato de amonio : 74.11g/l
- Concentración de Sulfato de cobre : 15.96g/l
- Concentración de Sulfato de amonio : 9.91g/l
- Concentración de estabilizadores : ver Tabla 2-6
- pH de operación : 9 a 10
- Regulador de pH :NaOH

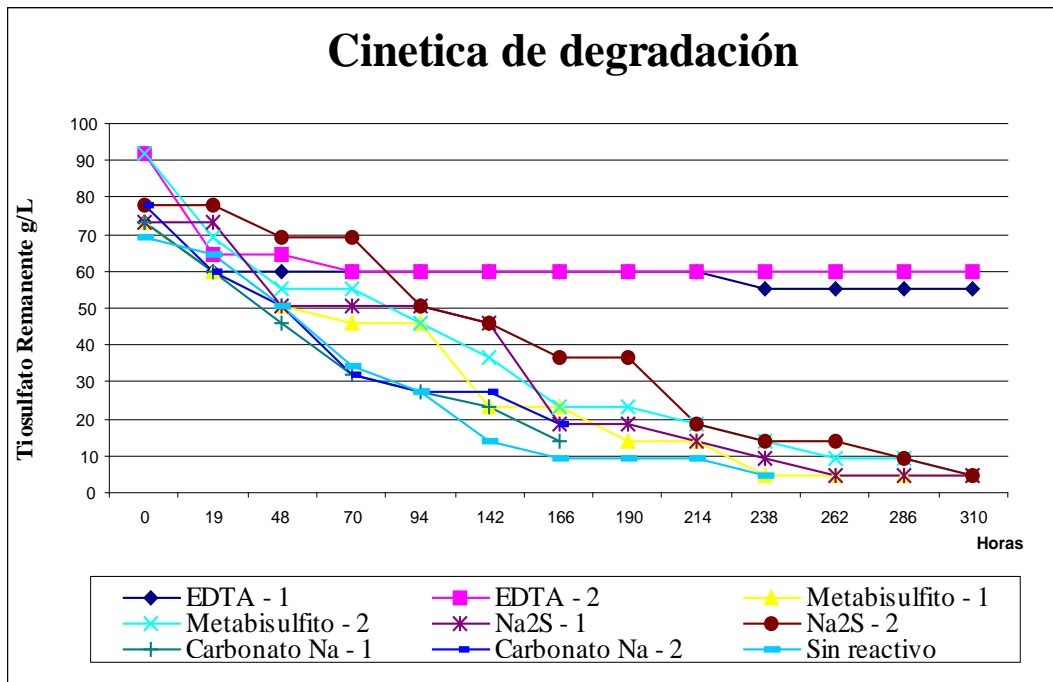
**TABLA 2 – 6**

#### CUADRO DE LAS CONCENTRACIONES

Reactivos Estabilizadores	Concentración g/l	Tiosulfato de amonio g/l	Sulfato de Cobre g/l	Sulfato de Amonio g/l
EDTA – 1	13.96	74.11	15.96	9.91
EDTA – 2	41.88	74.11	15.96	9.91
Metabisulfito Na – 1	7.135	74.11	15.96	9.91
Metabisulfito Na – 2	21.38	74.11	15.96	9.91
Na <sub>2</sub> S – 1	2.93	74.11	15.96	9.91
Na <sub>2</sub> S – 2	8.78	74.11	15.96	9.91
Carbonato Na – 1	3.98	74.11	15.96	9.91
Carbonato Na – 2	11.92	74.11	15.96	9.91
Sin Reactivo	0	74.11	15.96	9.91

GRAFICO 2 – 1

**RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA SIN MINERAL CON REACTIVOS ESTABILIZADORES DE TIOSULFATO DE AMONIO**



**2.3.3 Pruebas variando sulfato de amonio y sulfato de cobre**

Tomando como referencia la bibliografía de la publicación por Elsevier Science Ltd. 2000, se consideró las concentraciones de los reactivos sugeridos.



**Fotografía 01 - Botellas con mineral M1 + M3**

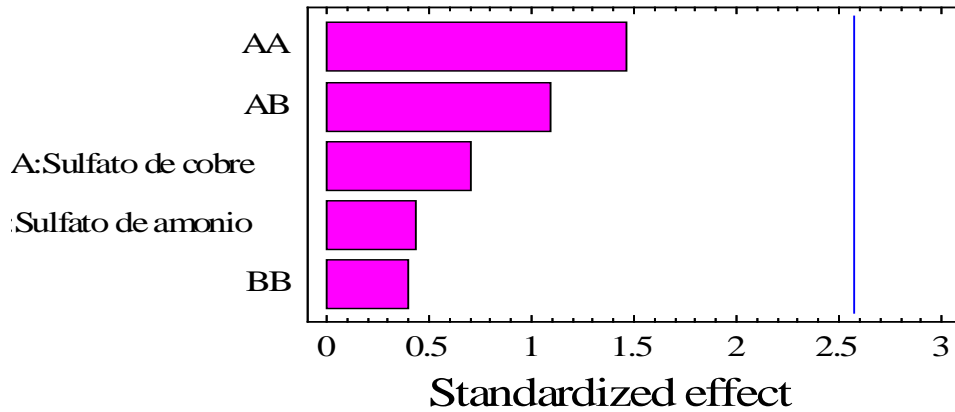
**Condiciones de la prueba**

- Peso de M1 : 384gr
- Peso de M3(1.5% de TCO/Carbón total orgánico) : 16gr
- Granulometría : 100% - 200m.
- Relación Líquido/Sólido : 1.5
- pH de operación : 9 a 10
- Concentración de reactivos : ver tabla 2-7
- Regulador de pH : NaOH
- Tiempo de Lixiviación : 3 horas

**Resultados:****TABLA 2 – 7****CUADRO DEL RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA VARIANDO  
SULFATO DE AMONIO Y SULFATO DE COBRE**

<b>BOTELLAS</b>	<b>Tiosulfato de amonio g/L</b>	<b>Sulfato de cobre g/L</b>	<b>Sulfato de amonio g/L</b>	<b>Metabisulfito de sodio g/L</b>	<b>Extracción de Au %</b>	<b>Extracción de Ag %</b>
1	493.54	7.98	13.21	19.00	<b>13.13</b>	<b>11.2</b>
2	493.54	23.94	13.21	19.00	<b>22.5</b>	<b>11.2</b>
3	493.54	7.98	66.07	19.00	<b>28.13</b>	-
4	493.54	23.94	66.07	19.00	<b>19.38</b>	-
5	493.54	4.79	39.64	19.00	<b>23.13</b>	<b>26.64</b>
6	493.54	27.13	39.64	19.00	<b>34.38</b>	<b>18.92</b>
7	493.54	15.96	2.64	19.00	<b>36.88</b>	<b>18.92</b>
8	493.54	15.96	76.64	19.00	<b>35.63</b>	<b>15.06</b>
9	493.54	15.96	39.64	19.00	<b>36.88</b>	<b>18.92</b>
10	493.54	15.96	39.64	19.00	<b>32.50</b>	<b>15.06</b>
11	493.54	15.96	39.64	19.00	<b>30.00</b>	<b>11.20</b>

**Grafico 2 – 2**  
**Standardized Pareto Chart for Au**



AA, BB: Mayor influencia del reactivo

A,B: Reactivo

AB: Combinación de reactivos.

#### **2.3.4 Pruebas variando 4 reactivos: Tiosulfato de amonio, Sulfato de cobre, Sulfato de amonio y Metabisulfito de amonio**

##### **Condiciones de la prueba**

- Peso de M1 : 384gr
- Peso de M3(1.5% de TCO/Carbón total orgánico) : 16gr
- Granulometría : 100% - 200m.
- Relación Líquido/Sólido : 1.5
- pH de operación : 9<pH<10
- Concentración de tiosulfato de amonio : 65.21 – 326.06 g/L
- Concentración de –Sulfato de cobre : 7.98-15.96 g/L
- Concentración de sulfato de amonio : 6.61-13.21 g/L
- Concentración de metabisulfito de sodio :9.50-19 g/L
- Regulador de pH : NaOH
- Tiempo de Lixiviación : 24 horas

TABLA 2 – 8

## CUADRO DEL RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA VARIANDO

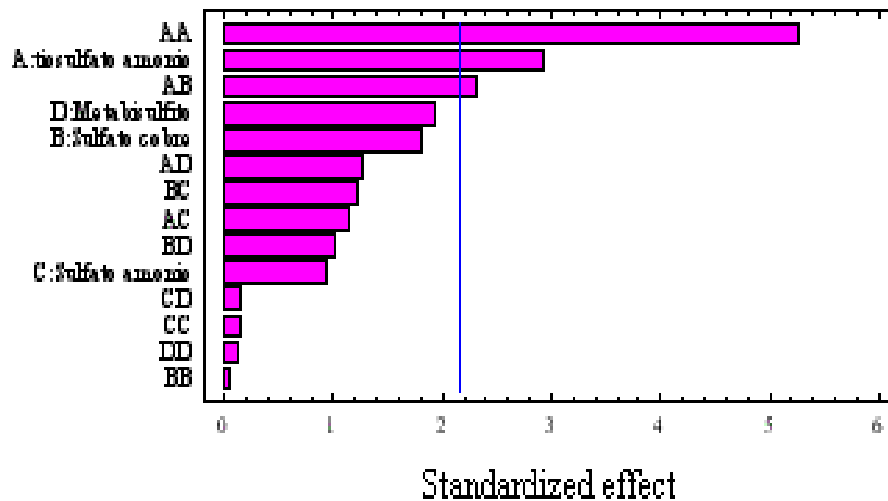
## LOS 4 REACTIVOS

<b>Botellas</b>	<b>Tiosulfato de Amonio g/L</b>	<b>Sulfato de cobre g/L</b>	<b>Sulfato de amonio g/L</b>	<b>Metabisulfito de sodio g/L</b>	<b>Extracción de Au %</b>	<b>Extracción de Ag %</b>
1	65.21	7.98	6.61	9.50	80.00	72.97
2	326.06	7.98	6.61	9.50	71.88	72.97
3	65.21	15.96	6.61	9.50	81.88	88.42
4	326.06	15.96	6.61	9.50	75.63	80.69
5	65.21	7.98	13.21	9.50	82.50	84.56
6	326.06	7.98	13.21	9.50	54.38	57.53
7	65.21	15.96	13.21	9.50	80.63	80.69
8	326.06	15.96	13.21	9.50	68.75	76.83
9	65.21	7.98	6.61	19.00	78.75	84.56
10	326.06	7.98	6.61	19.00	48.75	53.67
11	65.21	15.96	6.61	19.00	74.38	76.83
12	326.06	15.96	6.61	19.00	61.25	72.97
13	65.21	7.98	13.21	19.00	81.25	88.42
14	326.06	7.98	13.21	19.00	15.00	15.06
15	65.21	15.96	13.21	19.00	75.63	88.42
16	326.06	15.96	13.21	19.00	75.00	76.83
17	0.00	12.77	10.57	15.20	27.50	3.47
18	456.49	12.77	10.57	15.20	31.25	30.50
19	195.64	4.79	10.57	15.20	71.88	76.83
20	195.64	20.75	10.57	15.20	80.00	80.69
21	195.64	12.77	3.96	15.20	80.63	76.83
22	195.64	12.77	17.18	15.20	75.00	72.97
23	195.64	12.77	10.57	5.70	81.88	80.69
24	195.64	12.77	10.57	24.70	73.13	69.11
25	195.64	12.77	10.57	15.20	76.88	84.56
26	195.64	12.77	10.57	15.20	81.25	80.69
27	195.64	12.77	10.57	15.20	78.13	72.97
28	195.64	12.77	10.57	15.20	80.00	80.69



**Resultados:****Grafico 2 - 3**

Standardized Pareto Chart for Au



AA, DD,CC, BB: Mayor influencia del reactivo

A,B,C,D: Reactivo

AB,AD, BC,AC,BD,CD: Combinación de reactivos.

**2.3.5 Pruebas variando tiosulfato de amonio y sulfato de cobre****Condiciones de la prueba**

- Peso de M1 : 384gr
- Peso de M3(1.5% de TCO/Carbón total orgánico) : 16gr
- Granulometría : 100% - 200m.
- Relación Líquido / sólido : 1.5
- pH de operación : 9 a 10
- Concentración de reactivos : ver Tabla 2-9
- Regulador de pH : NaOH
- Tiempo de Lixiviación : 48 horas

## Resultados

**TABLA 2 – 9**  
**CUADRO DEL RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA**  
**VARIANDO TIOSULFATO DE AMONIO Y SULFATO DE COBRE**

<b>Botellas</b>	<b>Tiosulfato de Amonio g/l</b>	<b>Sulfato de cobre g/l</b>	<b>Sulfato de amonio g/l</b>	<b>Metabisulfito de sodio g/l</b>	<b>Extracción de Au %</b>	<b>Extracción de Ag %</b>
1	163.03	15.96	10.57	15.20	<b>81.25</b>	<b>57.53</b>
2	228.24	15.96	10.57	15.20	<b>81.25</b>	<b>57.53</b>
3	163.03	31.92	10.57	15.20	<b>82.50</b>	<b>57.53</b>
4	228.24	31.92	10.57	15.20	<b>82.50</b>	<b>57.53</b>
5	149.69	23.94	10.57	15.20	<b>82.50</b>	<b>45.95</b>
6	241.58	23.94	10.57	15.20	<b>82.50</b>	<b>61.39</b>
7	195.64	12.77	10.57	15.20	<b>79.38</b>	<b>53.67</b>
8	195.64	35.11	10.57	15.20	<b>83.75</b>	<b>57.53</b>
9	195.64	23.94	10.57	15.20	<b>80.00</b>	<b>57.53</b>
10	195.64	23.94	10.57	15.20	<b>79.38</b>	<b>65.25</b>
11	195.64	23.94	10.57	15.20	<b>79.38</b>	<b>57.53</b>
12	195.64	23.94	10.57	15.20	<b>80.63</b>	<b>53.67</b>

### 2.3.6 Pruebas con reactivos estabilizadores de tiosulfato de amonio

#### Condiciones de la prueba

- Peso de M1 : 384gr
- Peso de M3(1.5% de TCO/Carbón total orgánico) : 16gr
- Granulometría : 100% - 200m
- Relación Líquido/Sólido : 1.5
- pH de operación : 9 a 10

- Concentración de reactivos : ver Tabla 2-10
- Regulador de pH : NaOH
- Tiempo de Lixiviación : 48 horas

### Resultados

**TABLA 2 – 10**

**CUADRO DEL RESULTADOS DE PRUEBAS EN BOTELLAS  
CON REACTIVOS ESTABILIZADORES DE TIOSULFATO DE  
AMONIO**

<b>BOTELLAS</b>	<b>Reactivos Antidegradantes</b>	<b>Conc. g / l</b>	<b>Tiosulfato de Amonio g / l</b>	<b>Sulfato de cobre g / l</b>	<b>Sulfato de amonio g / l</b>	<b>Extrac. Au %</b>	<b>Extrac. Ag %</b>
1	Carbonato Na	3.18	65.21	7.98	13.21	<b>81.25</b>	<b>84.56</b>
2	Carbonato Na	5.30	65.21	7.98	13.21	<b>83.13</b>	<b>69.11</b>
3	Carbonato Na	15.90	65.21	7.98	13.21	<b>83.13</b>	<b>72.97</b>
4	EDTA	11.17	65.21	7.98	13.21	<b>80.63</b>	<b>76.83</b>
5	EDTA	18.61	65.21	7.98	13.21	<b>48.75</b>	<b>69.11</b>
6	EDTA	55.84	65.21	7.98	13.21	<b>41.25</b>	<b>69.11</b>
7	Metabisulfito	5.70	65.21	7.98	13.21	<b>82.50</b>	<b>76.83</b>
8	Metabisulfito	9.50	65.21	7.98	13.21	<b>81.88</b>	<b>72.97</b>
9	Metabisulfito	28.50	65.21	7.98	13.21	<b>83.13</b>	<b>88.42</b>
10	Na <sub>2</sub> S	2.34	65.21	7.98	13.21	<b>81.25</b>	<b>57.53</b>
11	Na <sub>2</sub> S	3.90	65.21	7.98	13.21	<b>72.50</b>	<b>22.78</b>
12	Na <sub>2</sub> S	11.70	65.21	7.98	13.21	<b>63.13</b>	<b>18.92</b>
13	Sin reactivo	0.00	65.21	7.98	13.21	<b>81.88</b>	<b>69.11</b>
14	Sin reactivo	0.00	65.21	7.98	0.00	<b>57.50</b>	<b>72.97</b>

**2.4 Pruebas de lixiviación en columnas de mineral carbonaceo empleando como agente lixiviante tiosulfato de amonio (Proyecto Alto Chicama).**

**2.4.1 Preparación de la muestra y cargado de columna**

La preparación de la muestra se observa en el anexo pruebas de columna. El cargado de las 10 columnas se realizó en las proporciones indicadas en la Tabla 2 -11. Las características del mineral y los tipos de carbón se muestran en la Tabla 2-1 y 2 – 3 respectivamente.

**TABLA 2 - 11  
CARGADO DE COLUMNAS**

<b>Columna</b>	<b>M1 kg</b>	<b>M3 Kg</b>	<b>M4 kg</b>	<b>% Carbón Orgánico</b>	<b>% TCM</b>
58	279.63	0.37	-	0.05	0.053
59	279.27	0.73	-	0.10	0.107
60	274.49	5.51	-	0.75	0.801
61	268.98	11.02	-	1.50	1.603
62	272.86	-	7.14	0.05	0.051
63	265.71	-	14.29	0.10	0.102
64	172.86	-	107.14	0.75	0.763
65	65.71	-	214.29	1.50	1.527
66	280.00	-	-	-	-
67	280.00	-	-	-	-

### 2.4.2 Condiciones generales de la prueba

El procedimiento empleado para la preparación del mineral, el acondicionamiento y la descarga de las columnas y el procedimiento para el control de las columnas se muestran en el anexo pruebas de columna. El proceso de lixiviación se realizó en circuito abierto. En las columnas 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65 y 66 se empleó como solución lixivante tiosulfato de amonio, hidróxido de sodio para regular el pH y reactivos acompañantes en las concentraciones siguientes:

- Tiosulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$  : 65.21 g/l
- Metabisulfito de sodio  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  : 30.8 g/l
- Sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  : 13.21 g/l
- Sulfato de cobre  $\text{CuSO}_4$  : 7.98 g/l
- Hidróxido de sodio  $\text{NaOH}$  : 18.8 g/l

En la columna 67 se usó como solución lixivante cianuro de sodio y como regulador de pH óxido de calcio. Concentración de cianuro 500ppm. Las demás condiciones fueron similares en todas las columnas según lo siguiente:

Densidad de riego	: 10 lt-hr/m <sup>2</sup>
Volumen de riego	: 14.36 lt
Tiempo de lixiviación	: 62 días
Tiempo de lavado	: 3 días
pH columnas 58-66	: entre 9 y 10
pH columna 67	: $\geq 10.5$

### 2.4.3 RESULTADOS

En la tabla 2-12 se muestra las extracciones por sólidos del oro y la plata, los miligramos retenidos de oro por el carbón en las 8 columnas que contenían carbón M3 y M4 y el costo por tonelada de mineral tratado del tiosulfato de amonio (60% p/p) y del cianuro de sodio.

**TABLA 2 - 12**

#### RESULTADO DE LAS PRUEBAS EN COLUMNA

COLUMNA	AGENTE LIXIVIANTE	% CARBÓN ORGÁNICO	PESO DE MUESTRA kg		CABEZA EN AYADA g/t		RESIDUO g/t		% EXTRACCIÓN POR SÓLIDOS		mg de Au retenidos por el carbón	CONSUMO DE REACTIVOS kg/t min		COSTO \$/t mineral	
			Mineral	Carbón	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag		Tiosulfato de amonio	Cianuro de Sodio	Tiosulfato de Amonio	Cianuro de Sodio
58	Tiosulfato de amonio	0.05	277.62	0.35	1.70	3.00	0.38	1.80	77.62	39.98	9.42	108.90	-	36.26	
59		0.10	277.26	0.69	1.81	3.30	0.42	2.00	76.74	39.34	14.42	64.78	-	21.57	
60		0.75	272.51	5.18	1.91	3.18	0.46	1.80	75.96	43.39	19.07	39.66	-	13.21	
61		1.50	267.04	10.37	1.56	2.77	0.39	1.80	74.99	35.11	19.27	69.85	-	23.26	
62		0.05	270.90	6.99	1.72	3.04	0.37	2.00	78.45	34.31	5.45	97.97	-	32.62	
63		0.10	263.80	13.94	1.68	3.18	0.37	1.70	78.02	46.53	7.11	36.24	-	12.07	
64		0.75	171.62	104.92	1.01	2.33	0.25	1.20	75.35	48.44	7.60	43.87	-	14.61	
65		1.50	65.24	209.85	0.42	1.40	0.12	0.70	71.39	49.93	2.94	32.59	-	10.85	
66	M1	0.00	277.98	0.00	1.57	2.60	0.32	1.80	79.62	30.77		112.85	-	37.58	
67	M1	0.00	277.98	0.00	1.80	3.20	0.20	2.00	88.89	37.50		-	0.64		0.63

\* Precio de Tiosulfato de amonio al 60%: \$200/t

\*\* Precio de Cianuro de sodio: \$980/t

### CAPITULO III

#### ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

1. De las Pruebas en botella:
  - Se uso método de titulación del ion tiosulfato.(Ver anexo pruebas de botella).
  - Se realizaron pruebas con y sin mineral probando diferentes reactivos estabilizadores de tiosulfato concluyendo el metabisulfito de sodio.
  - Se uso el Staticgraphics como ayuda para designar aleatoriamente la concentración para los diferentes reactivos y también observar los reactivos influyentes en cada prueba y así seguir avanzando a nuestro objetivo.
  - La extracción de oro para estas condiciones fue de 82.50%.
  - Se llego a las concentraciones optimas para realizar las pruebas en botella:
    - Tiosulfato de amonio: 65.21g/L
    - Sulfato de Cobre :7.98g/L
    - Sulfato de amonio : 13.21g/L

## 2. De las Pruebas en columna

- Las extracciones por sólidos de oro en las columnas con diferentes porcentajes de carbón se dan en forma inversamente proporcional al contenido de carbón.
- Las extracciones de oro en las columnas con porcentaje de carbón M4 menor a 0.10% de carbón orgánico son mayores que las presentadas en las columnas con mezcla de carbón M3.
- La extracción de oro en la columna sin contenido de carbón fue de 79.62% superior a todas las extracciones obtenidas en las columnas con contenido con carbón.



## **CONCLUSIONES GENERALES**

- En las pruebas en botella se logró encontrar las concentraciones óptimas de los reactivos y el antidegradante de tiosulfato de amonio adecuado (metabisulfito).
- De las pruebas en columna se realizó la curva de la cinética de extracción de oro y plata.

## RECOMENDACIONES GENERALES

- Realizar pruebas a nivel botellas para poder analizar el efecto de nuevas variables que aún no han sido evaluadas como el potencial y el pH; lo que podría traer como consecuencia directa el aumento en la extracción del oro, debido a que con un potencial adecuado el complejo oro-tiosulfato es más estable y disminuiría el consumo de tiosulfato mas reactivos acompañantes.
- Buscar métodos para la determinación de cobre y amonio y así poder realizar pruebas en columna en circuito cerrado empleando resinas de intercambio iónico para adsorber el oro extraído y luego recircular la solución barren después de un previo ajuste en la concentración de la solución de riego.
- Realizar pruebas de recuperación de oro y plata de las soluciones de tiosulfato e investigar sobre métodos de destrucción de tiosulfato.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Ammonium Thiosulfate Leaching of Gold

Patrick Braun – Newmont Gold Company 1994

2. Lixiviación de Mineral Oxidado de Oro - Cobre con Tiosulfato de Amonio

Universidad Federal de Minas Gerais – Brasil 2004

3. Precious Metals: Mining, Extraction and Processing

Kudryk, D. A. Corrigan and W. W. Liang - 1984

**ANEXO 1:  
ANEXOS DE LAS  
PRUEBAS EN BOTELLA**

**DETERMINACION DEL METODO DE TITULACION:**

1. Pipetear 3.00 ml de la muestra dentro de un erlenmeyer de 250 ml .
2. Adicionar 5 ml de solución de formaldehido a 37.5%.
3. Adicionar 3 a 4 gotas del indicador de fenoltaleina.
  - a. Si la solución es Rosado, titular con acido sulfúrico a 1.0 N hasta incolora.
  - b. Si la solución es incolora, titular con hidróxido de sodio a 1.0 N hasta quedar ligeramente rosado.
4. Dejar la solución reposar por dos minutos.
5. Adicionar 10 ml de acido acético a 2.0 N.
6. Adicionar 5 ml de sulfato de zinc a 50 g/L.

Titulación:

1. Adicionar 5 ml del indicador de almidón a la muestra.
2. Titular con Yodo estándar a 0.1N hasta obtener la primera coloración azul.

Cálculos:

Ión Tiosulfato de amonio g/L =

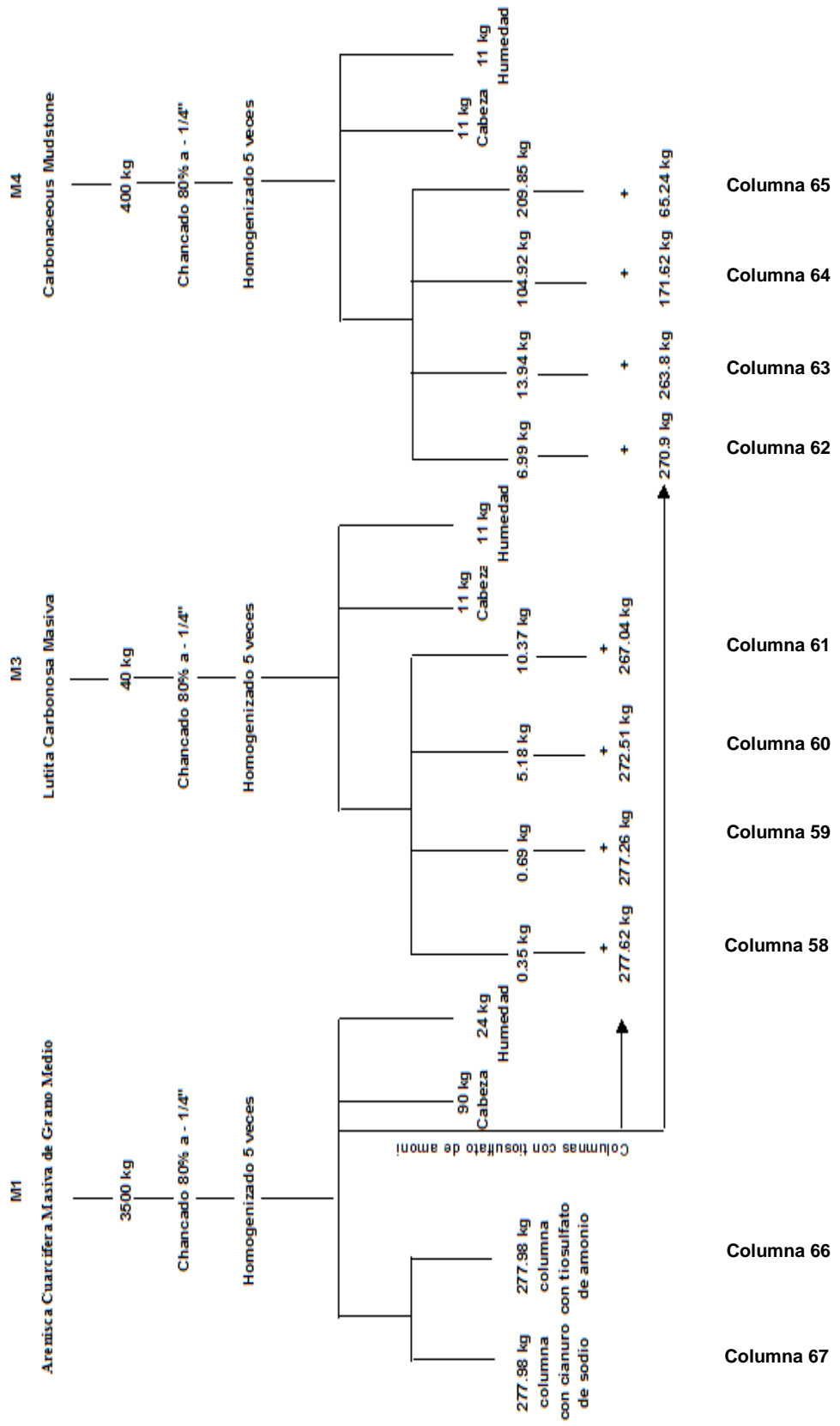
$S_2O_3^-$  g/L

$(\text{Gasto de Yodo})(\text{Conc. Yodo}) \left[ \frac{1}{1} \right] \left[ \text{PM}(S_2O_3) \right] =$   
(ml muestra)

$(\text{Gasto de Yodo})(0.1N)(112) =$   
(3.00)

**ANEXO 2:**  
**ANEXOS DE LAS**  
**PRUEBAS EN COLUMNA**

DIAGRAMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA PARA LAS PRUEBAS EN COLUMNA



### **PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

- Calcular la cantidad de mineral a ensayar por columna, multiplicando el volumen de la columna por la densidad aparente del mineral.
- Homogenizar la muestra siguiendo los siguientes pasos: Formar un cono con la muestra, con ayuda de una pala llevar el mineral a otro lado formando un nuevo cono, colocar el mineral al centro del nuevo cono una y otra vez, repetir este paso cinco veces.
- Luego, dividir en cuatro partes iguales, tomar los lados opuestos de este cono y formar un nuevo cono, cuidar de no mezclar con el resto, repetir este paso un mínimo de cinco veces (este número de homogenizaciones dependerá de la cantidad de mineral a tratar).
- Terminada la homogenización, proceder a cuartear la muestra en partes iguales (4, 6, 8 etc.) de acuerdo al número de columnas a ensayar. Colectar la cantidad de mineral necesaria para cada columna (tomar siempre de los frentes opuestos). Colectar también una muestra para análisis de cabeza, análisis de malla y humedad.



**ACONDICIONAMIENTO:**

- Pesar la muestra en la balanza y cargarla a la columna, tener cuidado de que no segregue el mineral
- Determinar la humedad del mineral.
- Determinar el ratio de cal (de acuerdo al pH del mineral).
- Calcular el flujo de riego y el volumen.

**DESCARGA:**

- Al término del ciclo de lixiviación dejar drenando la columna durante cuatro días hasta que deje de percolar solución.
- Proceder a lavar durante 3 días con una solución alcalina (considerando el mismo volumen y flujo usado con la solución de riego); dejar drenando durante algunos días.
- Descargar la columna sobre un liner y se dejar secar los ripios.
- Proceder a homogenizar y cuartear para obtener una muestra representativa. Esta servirá para hallar la ley en el residuo.

## CONTROL DE LA PRUEBA

### PREPARACION DE LA SOLUCION DE RIEGO

- 1) Pesar los reactivos en las siguientes cantidades:
  - a) Tiosulfato de Amonio = 1.56 kg.
  - b) Sulfato de cobre = 114.6 g.
  - c) Sulfato de Amonio = 189.75 g.
  - d) Metabisulfito de sodio = 409.26 g.
  - e) Hidróxido de sodio en escamas = 250 g.
- 2) Preparar la solución de riego considerando el siguiente orden de adición de reactivos:
  - a) Colocar el balde en la balanza, tarar la balanza, añadir 1.56 kg de solución de tiosulfato de amonio al 60%, el sulfato de cobre, sulfato de amonio, metabisulfito de sodio, luego agregar una cantidad de agua y el hidróxido de sodio, finalmente adicionar agua hasta alcanzar el peso requerido.
  - b) Agitar bien la solución con una varilla hasta que todos los reactivos se hayan disuelto completamente.
  - c) Tomar 10 ml de muestra en un tubo de ensayo por columna, para determinar pH y concentración de tiosulfato en la solución de riego.
  - d) Iniciar el riego de cada columna ajustando el flujo de riego a 10ml/min.

**Nota:** Verificar en el transcurso del tiempo de regado, las mangueras ya que se pueden obstruir o romper debido a la fricción de la bomba peristáltica.

- e) Concluidas las 24 horas de riego pesar cada uno de los baldes de solución percolada y anotar este peso en las hojas de control para cada columna.
- f) Tomar muestra por columna, para determinar Au, Ag por AA, pH y concentración de tiosulfato en la solución percolada.
- g) Preparar nuevamente la solución de riego y repetir los pasos arriba descritos.
- h) Colectar solución percolada hasta que los reportes de ley de Au sean menores a 0.03 ppm, momento en el cual se corta el riego de las columnas.

**ANÁLISIS ICP DE LAS MUESTRAS DE RESIDUOS DESPUÉS DE LA LIXIVIACIÓN CON TIOSULFATO DE AMONIO DE  
MINERAL DE ALTO CHICAMA**

Elemento	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Mg	Mn	Mb	Na	Nb	Ni
Unidad	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm
COL.58	2.4	0.2	72	38	-0.5	19	0.04	-1	1	288	80.8	0.83	-10	0.04	3.1	0.01	49	19	0.03	4	13
COL.59	2.3	0.23	122	45	-0.5	13	0.05	-1	-1	281	106	1.09	-10	0.04	3.2	0.01	69	20	0.03	4	13
COL.60	2.2	0.28	113	42	-0.5	17	0.05	-1	2	389	131	1.08	-10	0.04	3.4	0.01	70	30	0.04	4	18
COL.61	1.8	0.28	82	37	-0.5	14	0.05	-1	2	271	157	0.88	-10	0.03	3.7	0.01	57	25	0.04	2	17
COL.62	2.3	0.35	80	39	-0.5	17	0.05	-1	-1	323	98.7	0.91	-10	0.04	3.4	0.01	57	24	0.03	3	16
COL.63	2.1	0.49	99	40	-0.5	14	0.04	-1	1	366	81.9	0.98	-10	0.04	3.2	0.01	60	29	0.04	3	16
COL.64	1.5	2.63	60	34	-0.5	10	0.05	-1	1	319	142	0.79	14	0.06	6.7	0.01	49	25	0.1	6	18
COL.65	0.6	5.58	64	39	-0.5	8	0.07	-1	-1	266	164	0.63	23	0.1	10.4	0.02	37	20	0.17	6	16
COL.66	1.9	0.18	69	36	-0.5	16	0.04	-1	2	267	70.5	0.79	-10	0.03	3.1	-0.01	45	21	0.03	3	12
COL.67	2	0.2	107	42	-0.5	15	0.06	-1	-1	301	51.4	0.99	-10	0.04	2.2	0.01	63	22	0.03	2	13

Elemento	P	Pb	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Ti	Tl	V	W	Y	Zn	Zr	S_Total	SO4=	S=	C_Total	C_J	C_R
Unidad	%	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	%	%
COL.58	-0.01	95	0.05	51	0.8	13	17.4	0.05	-2	6	-10	1.2	25	16	0.04	0.03	0.01	0.05	0.02	0.03
COL.59	-0.01	152	0.06	70	0.8	10	19.9	0.04	-2	7	-10	1.4	32	15.2	0.06	0.04	0.02	0.12	0.02	0.1
COL.60	-0.01	136	0.07	65	0.8	18	20.4	0.05	-2	9	-10	1.4	31.4	14.5	0.08	0.04	0.04	0.58	0.03	0.55
COL.61	-0.01	86	0.07	39	0.8	10	17.5	0.04	-2	7	-10	1.3	29.5	17.7	0.09	0.04	0.05	1.04	0.03	1.01
COL.62	-0.01	82	0.07	48	0.8	11	18.1	0.05	-2	8	-10	1.3	30.8	14	0.07	0.04	0.03	0.07	0.02	0.05
COL.63	-0.01	122	0.06	46	0.9	-10	18.7	0.05	-2	9	-10	1.3	26.7	14	0.07	0.04	0.03	0.09	0.03	0.06
COL.64	0.01	56	0.19	30	3	16	19.4	0.13	-2	30	-10	2.3	28.3	23.4	0.22	0.05	0.17	0.62	0.03	0.59
COL.65	0.02	35	0.41	12	5.7	14	23	0.22	-2	60	-10	3.4	28.3	31.8	0.43	0.07	0.36	1.34	0.06	1.28
COL.66	-0.01	76	0.04	51	0.7	-10	16.6	0.04	-2	6	-10	1.1	28.4	14.1	0.04	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01
COL.67	-0.01	113	0.05	62	0.8	16	17.9	0.04	-2	7	-10	1.1	29.7	13.9	0.04	0.04	-0.01	0.04	0.01	0.03

**Grafico 2 - 4**  
**Cinética de Extracción de Oro**

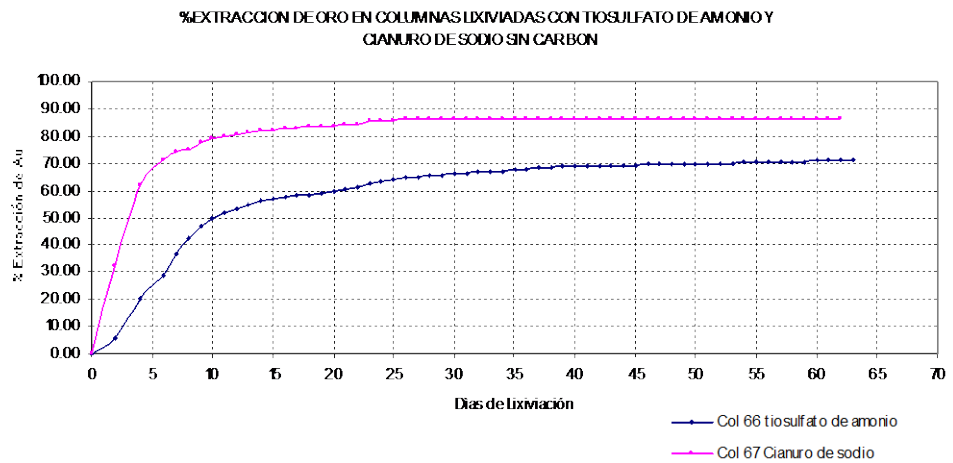
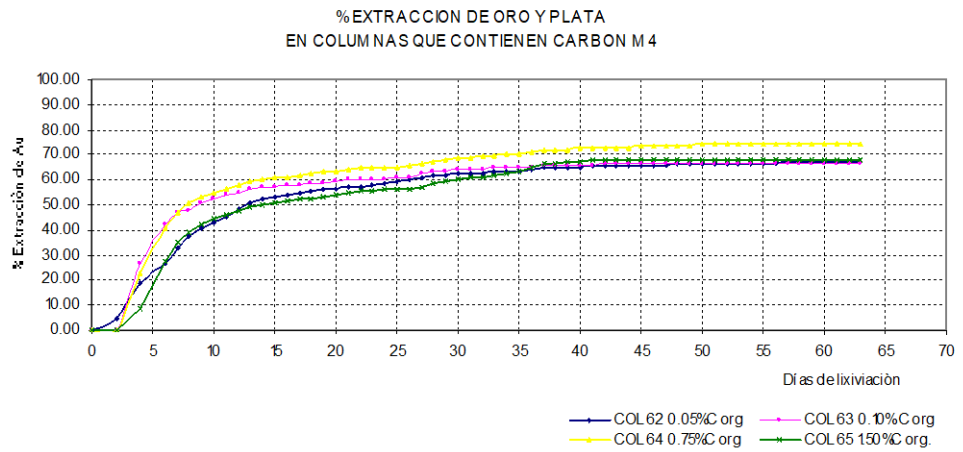
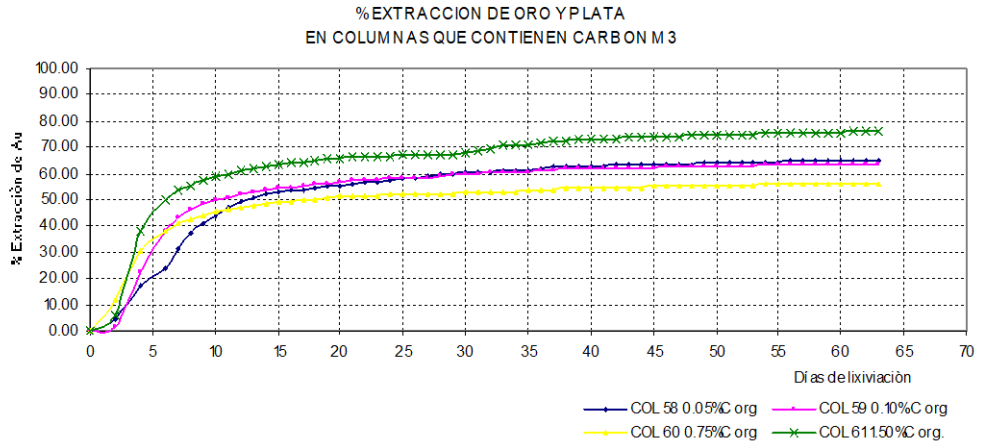
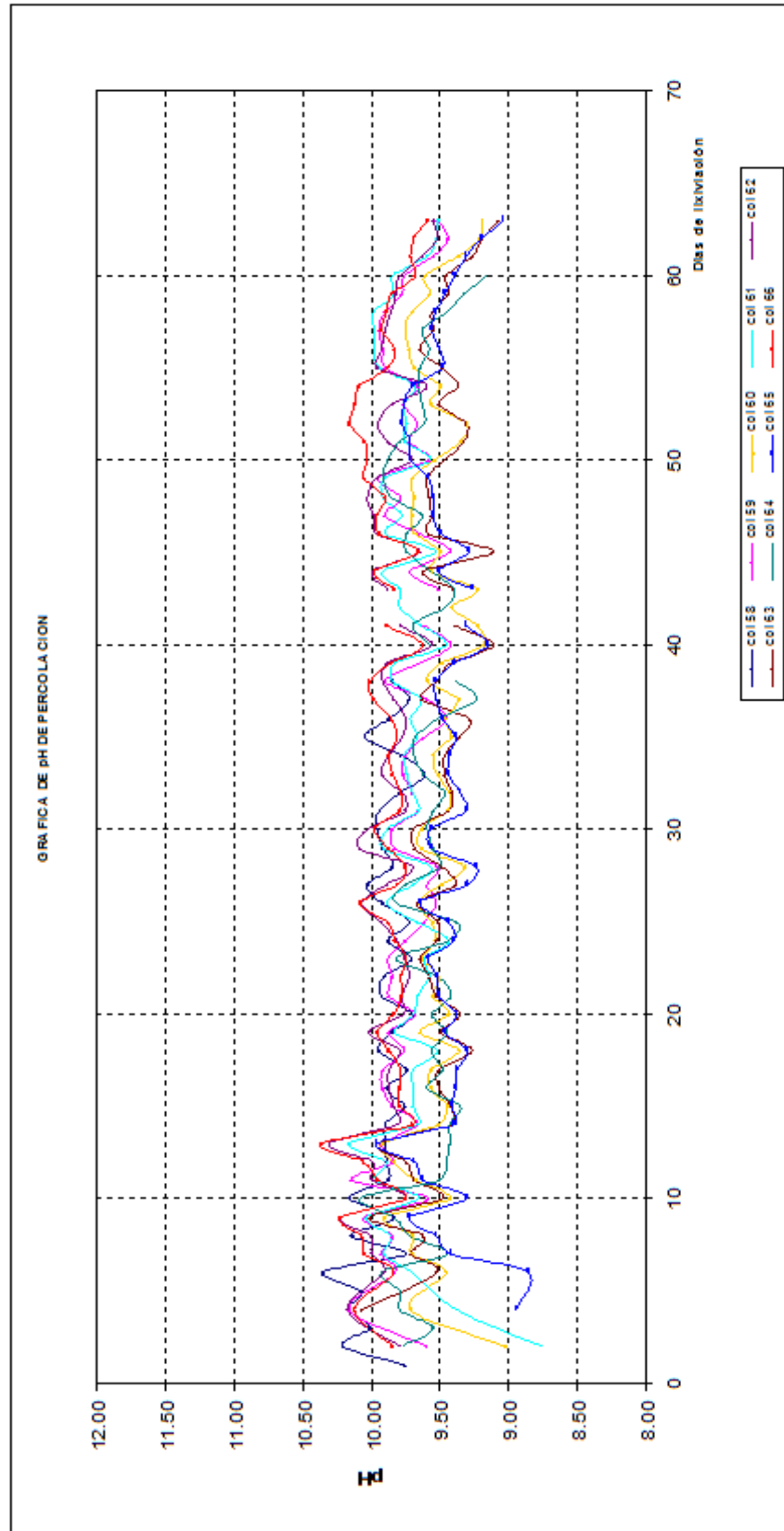
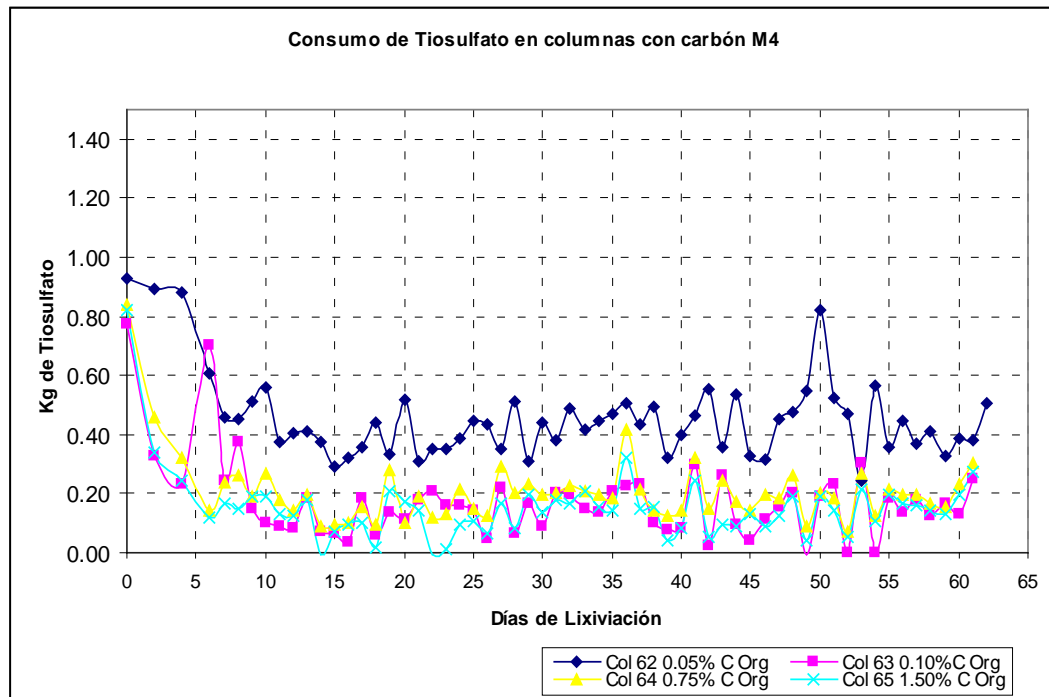
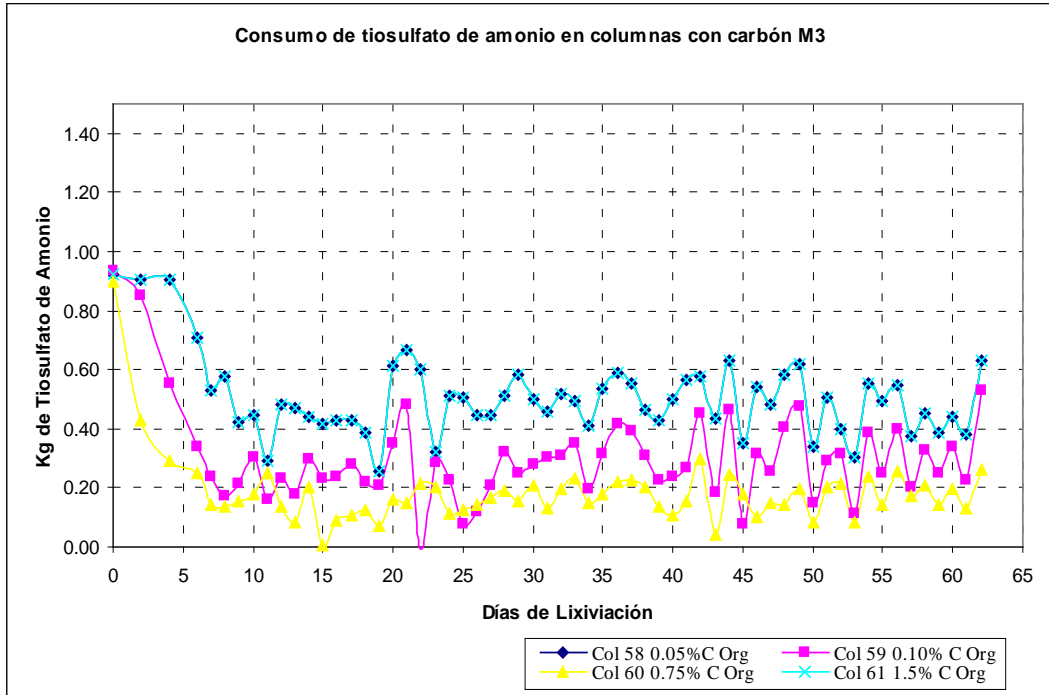


Grafico 2 - 5

pH de las Soluciones Percoladas



**Grafico 2 – 6**  
**Consumo de Tiosulfato de Amonio**



**ANEXO DE  
HOJAS DE CONTROL  
DE LAS COLUMNAS 58 - 67**







ALTO CHICAMA GOLD PROJECT  
COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

Table with 2 main columns: Mineral and Carbon. Includes data for Muestra 1, 2, and 3, such as wet weight, humidity, dry weight, pulp density, and gold/silver content.

Main data table with columns: Fecha, Dia de Lixiviacion, Volumen L, pH, NaOH gramos, (NH4)2S2O8 Kg, Solucion Tiosulfato de amonio (NH4)2S2O8 al 60% Kg, Sulfato de cobre CuSO4 gramos, Sulfato de cobalto CoSO4 gramos, Metabisulfito NaHSO3 gramos, Metabisulfito de sodio NaHSO3 acumulado gramos, Sulfato de amonio (NH4)2SO4 gramos, Sulfato de amonio acumulado gramos, Volumen L, pH, Gasto ml lodo 0.1N, (NH4)2S2O8, Solucion Percolada (Au, Ag, Cu, NH3), miligramos acumulados (Au, Ag), % Extraccion Acumulada (Au, Ag).

Nota: El porcentaje de extracciones de oro y plata ha sido recalculado en función a la cabeza calculada obtenida con la solución más residual





MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.  
METALLURGY DEPARTMENT

ALTO CHICAMA GOLD PROJECT  
COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

COLUMN # 61. MUESTRA 1 96.07%, MUESTRA 3 3.93%. Mineral: Peso Húm 268.98 kg, Humedad 0.72%, Peso Seco 267.04 kg, Densidad de pulpa 307.2 kg/m³, Au 1.59, Ag 2.90. Carbón: Peso Húmido 11.02 kg, Humedad 5.92%, Peso Seco 10.37 kg, Densidad de pulpa 12.6 kg/m³, Au 0.00, Ag 0.80. Densidad de riego 10.0 l/hr-m2, Flujo de riego 11.0 ml/min, Diámetro de columna 12.0 pulg, Altura de carga 2.95 m. Au 1.53, Ag 2.82.

SOLUCION DE RIEGO and SOLUCION PERCOLADA table with columns for Fecha, Volumen L, pH, NH3 gramos, Solución Tiosulfato de amonio, Sulfato de cobre, Metabisulfato de sodio, Sulfato de amonio, Volumen L, pH, Gasto ml lodo 0.1N, Remanente Kg, Consumo Kg, Solución Percolada (Au, Ag, Cu, NH3), miligramos acumulados (Au, Ag), and % Extracción Acumulada (Au, Ag).

Nota: El porcentaje de extracciones de oro y plata ha sido recalculado en función a la cabeza calculada obtenida con la solución más residuo



MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A  
METALLURGY DEPARTMENT

ALTO CHICAMA GOLD PROJECT  
COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

Table with sample data for MUESTRA 1 and MUESTRA 4, including mineral and carbon properties, and test parameters like density and flow rate.

Main data table with columns for Fecha, Solucion de Riego, and Solucion Percolada, containing daily operational metrics and extraction percentages.

Nota: El porcentaje de extracciones de oro y plata ha sido recalculado en función a la cabeza calculada obtenida con la solución más residuo





ALTO CHICAMA GOLD PROJECT COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

Summary information table for Column # 65, including mineral properties (Peso Hum, Humedad, etc.), carbon properties (Peso Humedo, etc.), and test results for Au and Ag.

Main data table showing daily operations from 19-Oct-04 to 21-Dec-04, including columns for Fecha, Volumen L, pH, NaOH, Solution Tiouso, and various chemical inputs and outputs.

Nota: El porcentaje de extracciones de oro y plata ha sido recalculado en función a la cabeza calculada obtenida con la solución más residuo



ALTO CHICAMA GOLD PROJECT  
COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

COLUMNA # 66 Date: 19-Oct-04

MUESTRA 1		Mineral		Carbón		Densidad de riego		Flujo de riego		Diámetro de columna		Altura de carga	
100.00%		Peso Húmedo	280.00 kg	Peso Húmedo	0.00 kg	10.0	10.0 l/hr-m <sup>2</sup>	11.0	11.0 m <sup>3</sup> /min	12.0	12.0 pulg	2.95	2.95 m
		Humedad	0.72%	Peso Seco	0.00 kg	1.0	1.0 g/l	4.00	4.00 mg	Au	1.44	400.30	
		Densidad de pulpa	319.8 kg/m <sup>3</sup>	Peso Seco	0.00 kg	1.0	1.0 g/l	4.00	4.00 mg	Ag	2.67	742.22	
		Au	1.4	Densidad de pulpa	0.00 kg/m <sup>3</sup>	1.0	1.0 g/l	4.00	4.00 mg	Au	1.44	400.30	
		Ag	2.67	Au	0.00	1.0	1.0 g/l	4.00	4.00 mg	Ag	2.67	742.22	

Fecha	Días de Lavación	Volumen L	pH	NaOH gramos	SOLUCION DE RIEGO						Volumen L	pH	Gasto m <sup>3</sup> cada 0.1N	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>			Solución Percolada				miligramos acumulados		% Extracción Acumulada					
					Solución Tiosulfato de amonio (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3 a 60% Kg	Solución de amonio acumulado Kg	Sulfato de cobre CuSO <sub>4</sub> gramos	Sulfato de cobre acumulado gramos	Metabisulfato de sodio Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gramos	Metabisulfato de sodio acumulado gramos				Sulfato de amonio (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gramos	Sulfato de amonio acumulado gramos	Remanente Kg	Consumo Kg	Consumo Acumulado Kg	Au	Ag	Cu	NH3	Au	Ag	Au	Ag		
					19-Oct-04	0	14.36	9.50	250.00	1.56				114.60	409.26	1.56	114.60	409.26	198.75	189.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21-Oct-04	2	14.36	9.42	250.00	1.56	114.60	409.26	1.56	114.60	409.26	198.75	189.75	4.43	0.85	0.30	0.01	0.93	0.93	5.48	1.99	24.28	8.82	6.06	1.19	24.28	8.82	6.06	1.19

Nota: El porcentaje de extracciones de oro y plata ha sido recalculado en función a la cabeza calculada obtenida con la solución más residuo

