

**ADDENDA PARA LA PRÓRROGA Y MODIFICACIÓN  
DEL CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA  
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y  
CIENCIA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA Y EL  
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
PARA LA REALIZACIÓN DE INVESTIGACIONES  
TECNOLÓGICAS EN LABORATORIO Y EN PLANTA  
PILOTO EN THARSIS (HUELVA), PARA EL  
TRATAMIENTO DE MINERALES DE Co Y Au DE LA  
FAJA PIRÍTICA IBÉRICA Y OTRAS LOCALIZACIONES  
EN ANDALUCÍA.**

**INFORME FINAL**  
**JUNIO 2011**

**ADDENDA PARA LA PRÓRROGA Y MODIFICACIÓN DEL  
CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA CONSEJERÍA DE  
ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA DE LA JUNTA DE  
ANDALUCÍA Y EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
PARA LA REALIZACIÓN DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS  
EN LABORATORIO Y EN PLANTA PILOTO EN THARSIS (HUELVA),  
PARA EL TRATAMIENTO DE MINERALES DE Co Y Au DE LA FAJA  
PIRÍTICA IBÉRICA Y OTRAS LOCALIZACIONES EN ANDALUCÍA.**

**INFORME FINAL**  
**JUNIO 2011**



## **ÍNDICE**

### **1. ANTECEDENTES**

### **2. OBJETIVO**

### **3. DESCRIPCIÓN Y CONTENIDO DEL TRABAJO**

### **4. UBICACIÓN Y PERSONAL**

### **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

*5.1. Metodología en Laboratorio.*

*5.2. Metodología en Planta Piloto de Flotación.*

### **6. RESULTADOS**

*6.1. Ensayos en planta piloto con el mineral “stockwork” de Tharsis.*

*6.2. Ensayos con mineral de mayor ley en Co del “stockwork” de Tharsis.*

*6.3. Ensayos de flotación diferencial, en laboratorio, con el mineral carbonatado de Tharsis.*

*6.4. Ensayos a escala de planta piloto de molienda, cianuración y lavado en filtros prensa, con los minerales de las escombreras de Filón Sur y La Lapilla.*

*6.4.1. Filón Sur*

*6.4.2. La Lapilla*

### **7. CONCLUSIONES FINALES Y FUTURO**



# 1. ANTECEDENTES

Durante el año 2009 se realizó la definición de detalle de los equipos necesarios para la planta piloto de flotación, el concurso para el suministro de ésta, el traslado y montaje de los equipos, la contratación del personal necesario para el montaje, la operación y su adiestramiento, la obtención de las muestras de mineral, la puesta en marcha de la planta y su puesta a punto.

En los meses transcurridos del año 2010 se ha operado la planta piloto de flotación con mineral "stockwork" de Tharsis con leyes comprendidas entre 0.42 y 1.65 g/Tm de Au y 66 y 164 g/Tm de Co, realizando ensayos de desbaste y posteriormente de desbaste y un relavo, utilizando como colector etilxantato potásico y como espumante metilisobutilcarbinol, obteniéndose los siguientes resultados:

- Concentrados de 3.75 g/Tm de Au y hasta 358 g/Tm de Co, con recuperaciones superiores al 90% de Au y superiores al 80% de Co, con moliendas de  $D_{80} < 30 \mu\text{m}$ .

Al mismo tiempo se realizaron ensayos de filtrabilidad, en los filtros prensa de la planta piloto, con minerales de las escombreras de Filón Sur y La Lapilla, previamente molidos en planta piloto, comprobándose la buena filtrabilidad con granulometrías de  $D_{80} < 20 \mu\text{m}$  y obteniéndose humedades inferiores al 26%, sin soplado.

También se realizaron análisis y ensayos preliminares en laboratorio con el residuo de la cianuración de los minerales de las escombreras de Filón Sur y La Lapilla para comprobar su posible utilización como materia prima para la fabricación de material cerámico, tales como ladrillos, tejas, bovedillas, etc., con resultados satisfactorios.

Durante el montaje de los equipos e instalaciones auxiliares, puesta en marcha y operación de la planta piloto de flotación se ha trabajado ininterrumpidamente, durante 24 horas/día, 5 días/semana y la capacidad de tratamiento ha sido de 30 kg/hora.



## 2. OBJETIVOS

A la vista de los resultados positivos obtenidos en los ensayos se ha propuesto la prorroga de los trabajos de investigación, por un periodo de un año, al objeto de dar continuidad a las investigaciones hasta el momento realizadas y ensayar nuevas fases de tratamiento.



### 3. DESCRIPCIÓN Y CONTENIDO DEL TRABAJO

Las investigaciones propuestas en la Adenda del Convenio de colaboración de esta memoria justificativa, son las siguientes:

1. Ampliar los ensayos ya realizados de desbaste y primer relavo (Figura 1) con el mineral “stockwork” de Tharsis a ensayos con un segundo (Figura 2) y tercer relavo (Figura 3) con la finalidad de mejorar la calidad del concentrado de Au-Co.
2. Realizar ensayos con mineral de mayor ley en Au-Co del “stockwork” de Tharsis.
3. Realizar ensayos de flotación, en laboratorio y planta piloto, con el mineral carbonatado de Tharsis y/o la La Zarza, para la recuperación de los metales contenidos, Cu, Zn, Au, del mineral carbonatado en Tharsis del que existen mas de 4 millones de toneladas, extraídos y depositados en superficie, que podrían ser beneficiados en un futuro en alguna planta de flotación próxima, con el consiguiente beneficio medioambiental y creación de empleo.
4. Realizar ensayos a escala de planta piloto de molienda, cianuración y lavado en filtros prensa, con los minerales de las escombreras de Filón Sur y La Lapilla para demostrar que es posible sustituir los espesadores en contracorriente por este tipo de filtración y lavado en filtros prensas, lo que facilitaría el aprovechamiento futuro de dichas escombreras, con el consiguiente beneficio medioambiental y creación de empleo.

Los circuitos previstos en planta piloto de flotación son los siguientes:



FIGURA 1: CIRCUITO 1<sup>er</sup> RELAVO

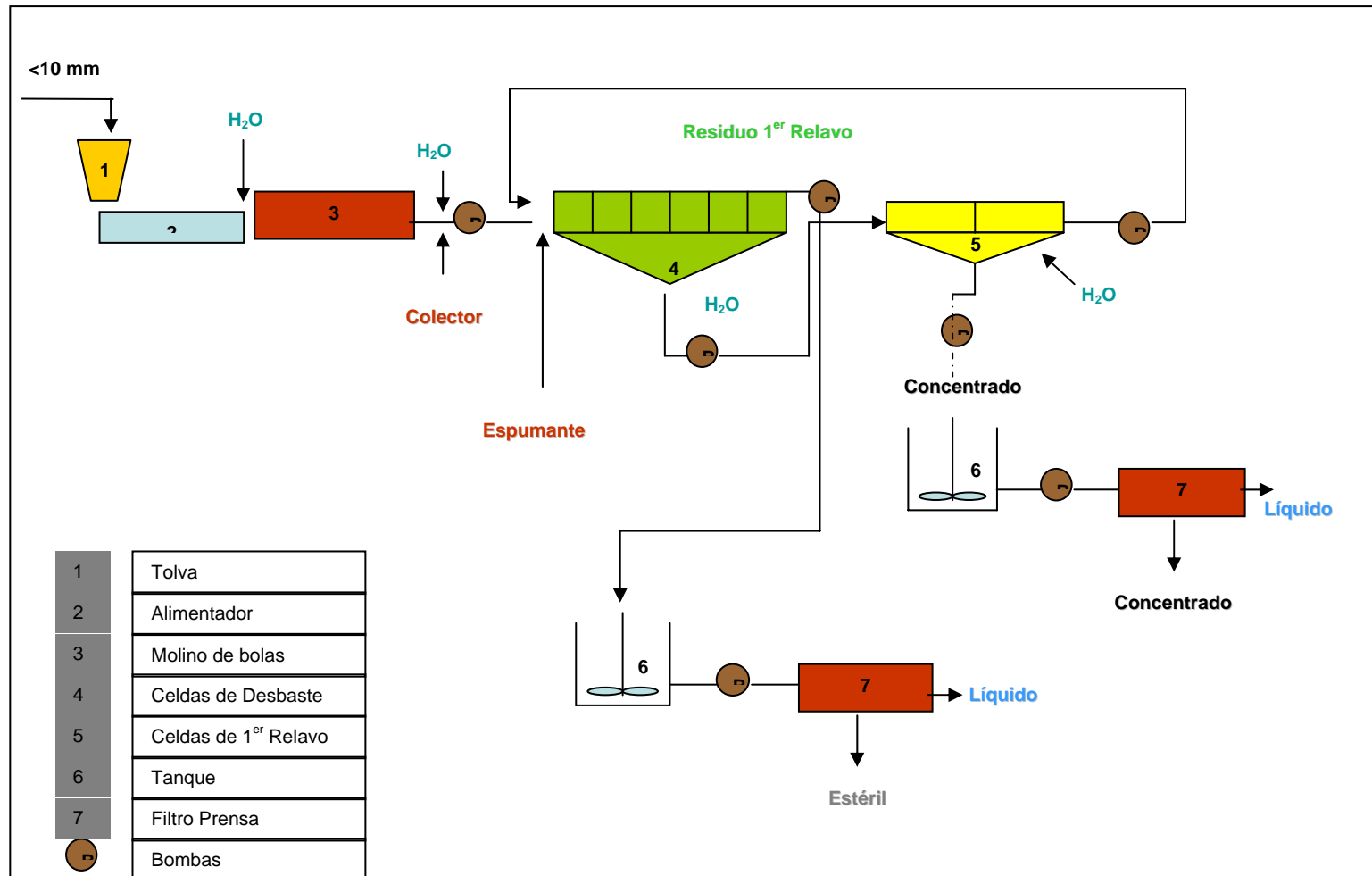




FIGURA 2: CIRCUITO 2º RELAVO

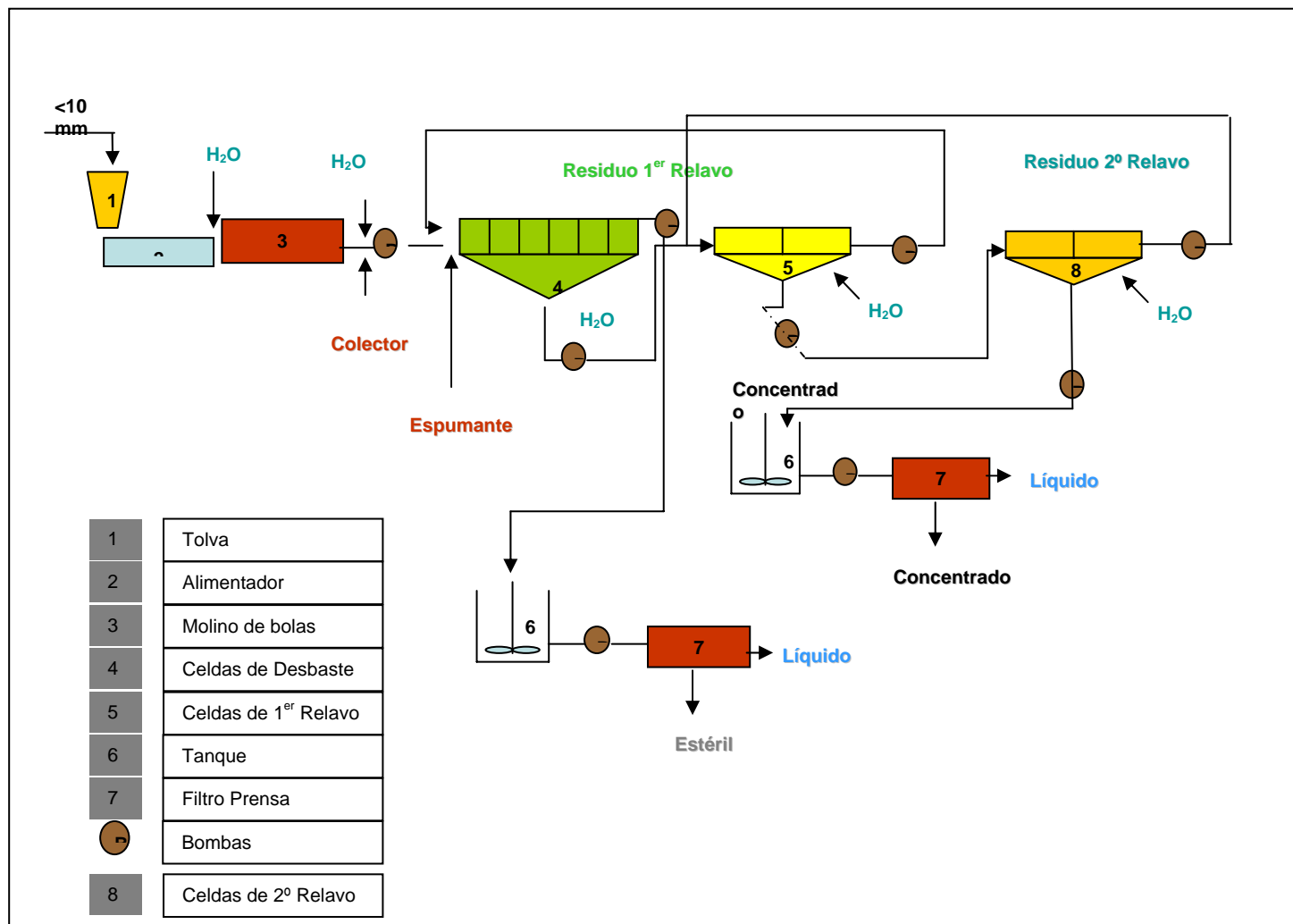
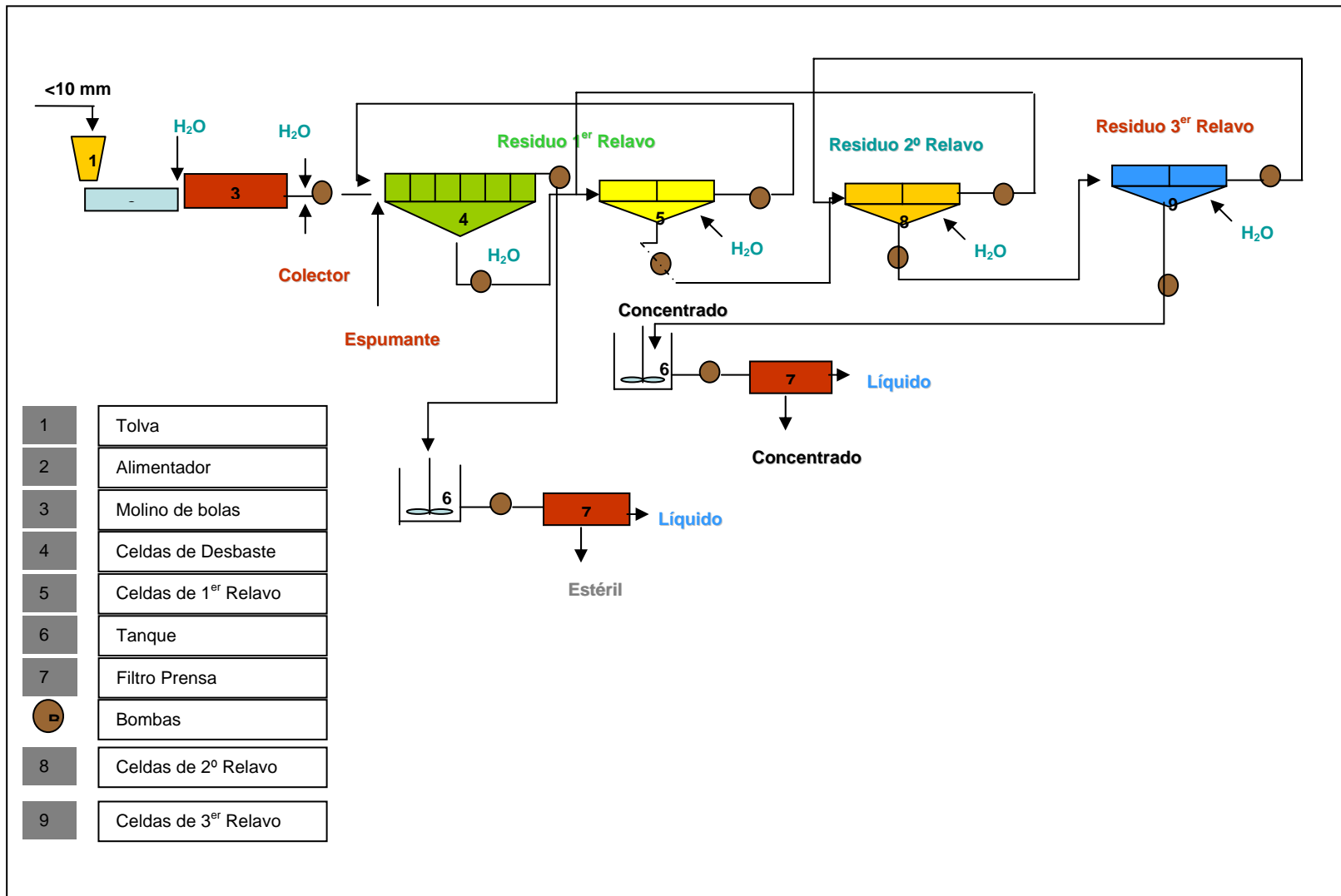






FIGURA 3: CIRCUITO 3<sup>er</sup> RELAVO





## 4. UBICACIÓN Y PERSONAL

Los trabajos en discontinuo en Laboratorio, además de análisis especiales, se han realizado en los laboratorios del Instituto Geológico y Minero de España, ubicados en Tres Cantos (Madrid).

Los trabajos a escala Planta Piloto, incluyendo análisis de control, se han realizado en Tharsis (Huelva), en la planta que el IGME posee en edificios de Nueva Tharsis, S.A., trabajando 24 horas al día, de lunes a viernes.

La Investigación en los laboratorios del IGME ubicados en Tres Cantos (Madrid) ha sido realizada con el siguiente personal técnico:

- Antonio Guijarro Franco. Ingeniero de Minas.
- Juan Antonio Martín Rubí. Doctor en Ciencias Químicas.
- Santiago del Barrio Martín. Doctor Ingeniero de Minas.
- Amelia Rubio Sánchez-Aguillilla. Doctora en Ciencias Biológicas.
- Jesús Reyes Andrés. Licenciado en Ciencias Químicas.
- Marta García Alonso. Licenciada en Ciencias Químicas.
- Roberto Alonso Riol. Ayudante I+D+i.



## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para obtener concentrados de Co y Au, se ha ensayado con los minerales siguientes:

- “*Stockwork*” de Tharsis, en Tharsis (Huelva)
- “*Stockwork*” “rico” de Tharsis, en Tharsis (Huelva)

### 5.1. Metodología en laboratorio

- **Molienda**

**Molino de bolas:** Utilizado para reducir, en húmedo, la granulometría de la materia prima mediante la rotación de un tambor que contiene bolas de acero.

- **Análisis granulométrico**

La granulometría se ha realizado por tamizado, utilizando tamices de laboratorio de la serie ASTM y por medio del analizador de tamaño de partícula Coulter Láser LS 100 y métodos de sedimentación.

- **Parámetros físicos**

**Determinación de la densidad real**

La densidad real se determina con el picnómetro de helio AccuPyc 1330.

- **Ensayos de flotación**

Los ensayos de flotación se han realizado en celda de flotación Denver de laboratorio de 2.5 l de capacidad.



- **Análisis químicos**

**Determinación de oro:**

Disolución en agua regia. Extracción con metil-isobutil-cetona. Medida por espectrometría de absorción atómica en un equipo Varian SpectrAA 220FS.

**Determinación de cobalto:**

Ataque ácido ( $\text{HF} + \text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ ) a sequedad y disolución en HCl 10%. Medida por Espectrometría de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES) en un equipo Varian Vista-MPX.

**Determinación de elementos mayoritarios**

**Análisis por Fluorescencia de Rayos X:** Para la determinación de elementos mayoritarios se ha realizado una fusión con tetraborato de Litio (0.3:5.5) en perladora PerX'3 y medida en equipo MagiX de PANalytical. Tubo de Rh. El Sodio se ha analizado por Absorción Atómica (Equipo VARIAN FS-220) con fusión con metaborato de Litio. La pérdida por calcinación (PPC) se ha efectuado a 950 °C.

**Análisis por Difracción de Rayos X:** Método del polvo cristalino. Medida en equipo XPERT PRO de Panalytical. Tubo de Cobre, monocromador de grafito, rendija automática y detector X'celerator. Se ha utilizado el software High-Score de Panalytical. Y la Base de Datos ICDD. Para el estudio de la fracción arcilla se han preparado agregados orientados que se han sometido a pruebas de hinchamiento con etilenglicol y colapsamiento térmico a 550°C. (Diagramas A, E y T).



## **5.2. Metodología en planta piloto de flotación**

La planta piloto de flotación consta de 4 áreas:

- 1) **Trituración:** Consta de una machacadora primaria y un molino de martillos.
- 2) **Molienda:** consta de un molino de bolas.
- 3) **Flotación:** consta de dos acondicionadores y baterías de celdas de flotación (desbaste y relavos).
- 4) **Filtración:** consta de dos filtros prensa, uno para el concentrado y otro para el estéril.



## 6. Resultados

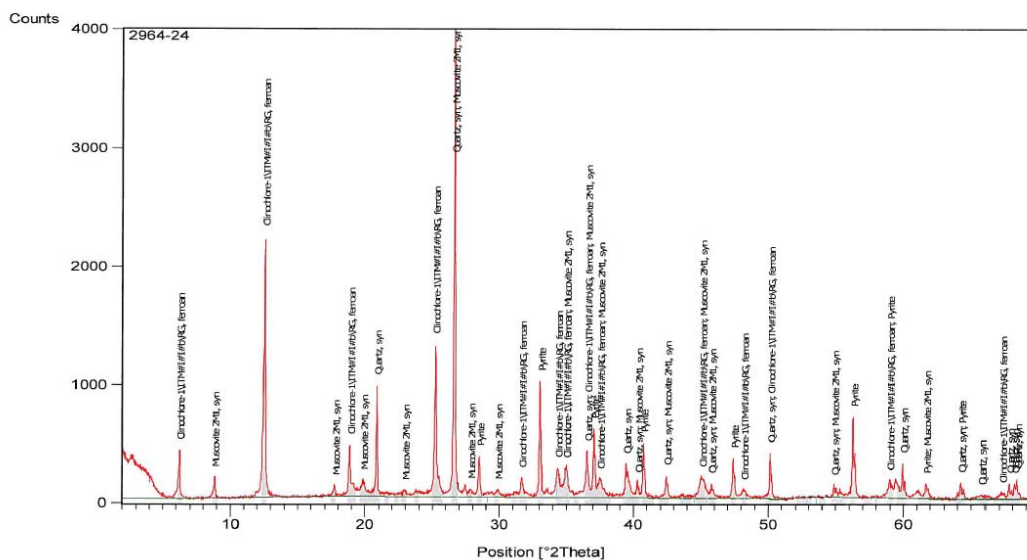
### 6.1. Ensayos en planta piloto con el mineral “stockwork” de Tharsis.

#### Mineral “stockwork” de Tharsis

La caracterización mineralógica tipo de los diferentes envíos del “stockwork” de Tharsis se muestra en la tabla siguiente:

| MINERAL PRINCIPAL | MINERALES SECUNDARIOS | ACCESORIOS Y TRAZAS |
|-------------------|-----------------------|---------------------|
| Cuarzo, Clorita   | Pirita                | Moscovita           |

El difractograma correspondiente se muestra en la siguiente figura:





Durante la Addenda del Convenio se han realizado los ensayos previstos de laboratorio y planta piloto:

Durante al año 2010 se han ampliado los ensayos ya realizados de desbaste y primer relavo con el mineral “stockwork” de Tharsis a ensayos con un segundo y tercer relavo con la finalidad de mejorar la calidad del concentrado de Au-Co. La tabla siguiente muestra los ensayos específicos con dos y tres relavos, con diferentes leyes iniciales representativas del mineral de Tharsis.

### ***Flotación con Dos relavos***

La siguiente tabla muestra las leyes iniciales del mineral de Tharsis objeto de estudio:

| LEYES    |       |          |          |          |        |          |          |          |          |          |
|----------|-------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Au (ppm) | S (%) | Ag (ppm) | Co (ppm) | Cu (ppm) | Fe (%) | Mn (ppm) | Mo (ppm) | Ni (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
| 0.45     | 11.28 | 1.00     | 52       | 796      | 23.15  | 613      | 2        | 46       | 466      | 3514     |

Los parámetros de operación de la Planta Piloto han sido:

### **Reactivos utilizados**

- **Colector:** *Etil xantato potásico*
- **Espumante:** *Metilisobutilcarbinol*

### **Capacidad de tratamiento**

- 30 kg/h

### **Dosificación:**

- Colector: 100 g/Tm
- Espumante: 50 g/Tm



### Densidad de pulpa:

- Desbaste: 1350 g/l
- 1<sup>er</sup> Relavo: 1150 g/l
- 2<sup>o</sup> Relavo: 1100 g/l

### pH

- pH desbaste: 6.5-7
- pH 1<sup>er</sup> relavo: 6.5-7
- pH 2<sup>o</sup> relavo: 6.5-7

### ***Balance de flotación***

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo se muestra en la siguiente tabla:

| MUESTRA      | Peso (%) | LEYES    |       |          |          |          |        |          |          |          |          |          |
|--------------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
|              |          | Au (ppm) | S (%) | Ag (ppm) | Co (ppm) | Cu (ppm) | Fe (%) | Mn (ppm) | Mo (ppm) | Ni (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
| CONCENTRADO  | 39.25    | 1.24     | 27.55 | 4.00     | 156      | 2333     | 36.84  | 407      | 5        | 65       | 1414     | 7758     |
| ESTÉRIL      | 60.75    | 0.04     | 0.77  | 0.90     | 28       | 44       | 15.55  | 801      | 3        | 46       | 171      | 305      |
| Todo-uno (r) | 100      | 0.51     | 11.28 | 2.12     | 78       | 942      | 23.91  | 646      | 4        | 53       | 659      | 3230     |
| Todo-uno (a) |          | 0.45     | 11.28 | 1.00     | 52       | 796      | 23.15  | 613      | 2        | 46       | 466      | 3514     |

La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA     | Peso (%) | DISTRIBUCIÓN (%) |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------|----------|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|             |          | Au (%)           | S (%) | Ag (%) | Co (%) | Cu (%) | Fe (%) | Mn (%) | Mo (%) | Ni (%) | Pb (%) | Zn (%) |
| CONCENTRADO | 39.25    | 95.24            | 95.85 | 74.17  | 78.26  | 97.16  | 60.48  | 24.72  | 51.85  | 47.72  | 84.23  | 94.26  |
| ESTÉRIL     | 60.75    | 4.76             | 4.15  | 25.83  | 21.74  | 2.84   | 39.52  | 75.28  | 48.15  | 52.28  | 15.77  | 5.74   |
|             | 100      | 100              | 100   | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |





## **Flotación con Tres relavos**

La siguiente tabla muestra las leyes iniciales del mineral de Tharsis objeto de estudio:

| LEYES    |       |          |          |          |        |          |          |          |          |          |
|----------|-------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Au (ppm) | S (%) | Ag (ppm) | Co (ppm) | Cu (ppm) | Fe (%) | Mn (ppm) | Mo (ppm) | Ni (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
| 1.34     | 25.48 | 3.00     | 68       | 2483     | 35.58  | 659      | 50       | 46       | 281      | 12791    |

Los parámetros de operación en laboratorio han sido:

### **Reactivos utilizados**

- **Colector:** Etil xantato potásico
- **Espumante:** Metilisobutilcarbinol

### **Capacidad de tratamiento**

- 30 kg/h

### **Dosificación:**

- Colector: 100 g/Tm
- Espumante: 50 g/Tm

### **Densidad de pulpa:**

- Desbaste: 1350 g/l
- 1<sup>er</sup> Relavo: 1150 g/l
- 2<sup>o</sup> Relavo: 1100 g/l
- 3<sup>er</sup> Relavo: 1050 g/l

### **pH**

- pH desbaste: 6.5-7
- pH 1<sup>er</sup> relavo: 6.5-7
- pH 2<sup>o</sup> relavo: 6.5-7
- pH 1<sup>er</sup> relavo: 6.5-7



### **Balace de flotación**

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo se muestra en la siguiente tabla:

| MUESTRA      | Peso (%) | LEYES    |       |          |          |          |        |          |          |          |          |          |
|--------------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
|              |          | Au (ppm) | S (%) | Ag (ppm) | Co (ppm) | Cu (ppm) | Fe (%) | Mn (ppm) | Mo (ppm) | Ni (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
| CONCENTRADO  | 59.98    | 1.86     | 37.75 | 3.49     | 90       | 3725     | 39.75  | 311      | 45       | 29       | 293      | 19707    |
| ESTÉRIL      | 40.02    | 0.22     | 3.25  | 1.00     | 23       | 372      | 21.72  | 1050     | 60       | 36       | 265      | 885      |
| Todo-uno (r) | 100      | 1.21     | 23.94 | 2.49     | 63       | 2383     | 32.54  | 607      | 51       | 32       | 282      | 12174    |
| Todo-uno (a) |          | 1.34     | 25.48 | 3.00     | 68       | 2483     | 35.58  | 659      | 50       | 46       | 281      | 12791    |

La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA     | Peso (%) | DISTRIBUCIÓN (%) |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------|----------|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|             |          | Au (%)           | S (%) | Ag (%) | Co (%) | Cu (%) | Fe (%) | Mn (%) | Mo (%) | Ni (%) | Pb (%) | Zn (%) |
| CONCENTRADO | 59.98    | 92.70            | 94.57 | 83.96  | 85.49  | 93.75  | 73.28  | 30.76  | 52.95  | 55.02  | 62.33  | 97.09  |
| ESTÉRIL     | 40.02    | 7.30             | 5.43  | 16.04  | 14.51  | 6.25   | 26.72  | 69.24  | 47.05  | 44.98  | 37.67  | 2.91   |
|             | 100      | 100              | 100   | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |

En el año 2011, los ensayos de flotación realizados con un 2º y 3º relavo, tanto en laboratorios como en Planta Piloto, con el mineral “stockwork” de Tharsis, con la finalidad de mejorar la calidad del concentrado Au-Co, han demostrado que son prácticamente similares a los realizados con un solo relavo, con lo que se considera suficiente en una posible futura planta industrial limitarse a un diseño con un solo relavo.



## **6.2. Ensayos con mineral de mayor ley en Co del “stockwork” de Tharsis.**

Durante la Addenda del Convenio se han realizado los ensayos previstos de laboratorio y planta piloto:

En el año 2010 se realizaron ensayos de flotación con un mineral del “stockwork” de Tharsis con mayor ley en Co, cuya ley inicial se muestra en la tabla siguiente:

| <b>LEYES</b>        |                  |                     |                     |                   |                   |                     |                     |                     |                   |                   |
|---------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Au<br/>(ppm)</b> | <b>S<br/>(%)</b> | <b>Ag<br/>(ppm)</b> | <b>Co<br/>(ppm)</b> | <b>Cu<br/>(%)</b> | <b>Fe<br/>(%)</b> | <b>Mn<br/>(ppm)</b> | <b>Mo<br/>(ppm)</b> | <b>Ni<br/>(ppm)</b> | <b>Pb<br/>(%)</b> | <b>Zn<br/>(%)</b> |
| 0.94                | 9.20             | 1.00                | 443                 | 0.12              | 21.45             | 602                 | 1                   | 67                  | 0.02              | 0.3               |

Se obtienen leyes de 1550 ppm de Co en el concentrado obtenido por flotación y leyes de Au de 4 ppm.

En el año 2011, los ensayos realizados con mineral de mayor ley en Au-Co del “stockwork” de Tharsis han demostrado un comportamiento similar en cuanto a recuperaciones, pero obteniéndose mejores leyes del concentrado final, con idénticos parámetros de operación.



### 6.3. Ensayos de flotación diferencial, en laboratorio, con el mineral carbonatado de Tharsis.

En el año 2010 se ha realizado un desmuestre de 11 puntos del carbonatado de Tharsis recogido en las siguientes zonas de muestreo.

|       | Puntos de muestreo     | Zona         |
|-------|------------------------|--------------|
| Nº 1  | Toma de agua sup nº 2  | Levante      |
| Nº 2  | Toma de agua Sur nº 1  | Poniente     |
| Nº 3  | Duchas Norte nº 1      | Zona Norte   |
| Nº 4  | Duchas Norte nº 2      | Zona Sur     |
| Nº 5  | Duchas Norte nº 2      | Zona Norte   |
| Nº 6  | Duchas Sur nº 1        | Zona Norte   |
| Nº 7  | Duchas Sur nº 1        | Zona Sur     |
| Nº 8  | Puente Cementerio nº 1 | Zona Central |
| Nº 9  | Agricol nº 1           | Levante      |
| Nº 10 | Agricol nº 2           | Central      |
| Nº 11 | Agricol nº 3           | Poniente     |

Cuyas leyes iniciales se muestran en la siguiente tabla:

|      | Cu (%) | Zn (%) | Fe (%) | Pb (%) | S (%) | Au (µg/g) | Ag (µg/g) | As (µg/g) | Bi (µg/g) | Co (µg/g) | Mn (µg/g) | Sb (µg/g) |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Nº 1 | 0.49   | 1.08   | 42.46  | 0.46   | 39.86 | 0.58      | 11        | 935       | 37        | 330       | 1438      | 230       |
| Nº 2 | 0.65   | 1.58   | 39.79  | 0.73   | 39.93 | 0.98      | 13        | 506       | 54        | 80        | 1286      | 203       |
| Nº 3 | 0.59   | 1.83   | 36.66  | 0.72   | 34.89 | 1.66      | 12        | 658       | 52        | 120       | 1338      | 239       |
| Nº 4 | 0.46   | 1.29   | 40.98  | 0.55   | 37.19 | 1.34      | 13        | 963       | 54        | 112       | 2885      | 322       |
| Nº 5 | 0.42   | 1.13   | 42.43  | 0.51   | 38.49 | 0.85      | 11        | 598       | 26        | 426       | 1342      | 234       |
| Nº 6 | 0.48   | 0.64   | 37.75  | 0.95   | 34.14 | 2.21      | 20        | 781       | 76        | 165       | 1188      | 297       |
| Nº 7 | 0.47   | 0.93   | 37.94  | 0.79   | 39.11 | 1.99      | 15        | 541       | 48        | 137       | 905       | 224       |
| Nº 8 | 0.56   | 2.40   | 40.5   | 1.06   | 38.5  | 0.92      | 19        | 1025      | 27        | 307       | 1612      | 421       |



|              | <b>Cu (%)</b> | <b>Zn (%)</b> | <b>Fe (%)</b> | <b>Pb (%)</b> | <b>S (%)</b> | <b>Au (µg/g)</b> | <b>Ag (µg/g)</b> | <b>As (µg/g)</b> | <b>Bi (µg/g)</b> | <b>Co (µg/g)</b> | <b>Mn (µg/g)</b> | <b>Sb (µg/g)</b> |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Nº 9</b>  | 0.32          | 1.81          | 41.3          | 0.61          | 45.74        | 0.73             | 9                | 1572             | 22               | 93               | 836              | 169              |
| <b>Nº 10</b> | 0.59          | 1.47          | 40.1          | 0.57          | 36.49        | 1.84             | 13               | 520              | 29               | 124              | 1745             | 237              |
| <b>Nº 11</b> | 0.38          | 0.38          | 42.27         | 0.19          | 35.87        | 0.24             | 5                | 241              | 19               | 795              | 1265             | 118              |

La siguiente tabla muestra la ley de la mezcla en partes iguales de las muestra 1 a 10 inclusive de los minerales carbonatados de Tharsis.

| <b>LEYES</b>    |              |                 |                 |               |               |                 |                 |                 |               |               |  |
|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|--|
| <b>Au (ppm)</b> | <b>S (%)</b> | <b>Ag (ppm)</b> | <b>Co (ppm)</b> | <b>Cu (%)</b> | <b>Fe (%)</b> | <b>Mn (ppm)</b> | <b>Sb (ppm)</b> | <b>As (ppm)</b> | <b>Pb (%)</b> | <b>Zn (%)</b> |  |
| 1.88            | 38.98        | 15              | 232             | 0.45          | 38.86         | 1584            | 351             | 827             | 0.69          | 1.30          |  |

En el 2011 se ha realizado un desmuestre de 6 puntos del carbonatado de Tharsis recogido en las siguientes zonas de muestreo:

|              | <b>Cu (%)</b> | <b>Zn (%)</b> | <b>Zona de muestreo</b>              |
|--------------|---------------|---------------|--------------------------------------|
| <b>M-1</b>   | 0.60          | 2.04          | Toma Agua superior nº 2 Levante      |
| <b>M-3</b>   | 0.64          | 1.35          | Ducha norte Nº 1 Zona                |
| <b>M-4</b>   | 0.82          | 1.79          | Lixiviados ducha                     |
| <b>M-5</b>   | 0.69          | 1.43          | Agricol Central                      |
| <b>M-6</b>   | 0.77          | 1.75          | Toma Agua Superior Poniente          |
| <b>M-8</b>   | 0.72          | 1.22          | Puente cementación nº 1 Zona Central |
| <b>Media</b> | <b>0.71</b>   | <b>1.60</b>   | -                                    |



Durante el 2011 se han realizado múltiples ensayos de flotación, en laboratorio y planta piloto, con el mineral carbonatado de Tharsis, para la recuperación de los metales contenidos, Cu, Zn y Au, de los que existen del orden de 2 millones de toneladas, extraídos y depositados en superficie en varios vacíos, dando un desmuestra preliminar de estos vacíos, con leyes de cobre entre 0.19 y 0.91 % de cobre y de 1.07 y 2.53 % de zinc, con un análisis medio de:

| <b>Cu<br/>(%)</b> | <b>Zn<br/>(%)</b> | <b>Au<br/>(g/Tm)</b> |
|-------------------|-------------------|----------------------|
| 0.55              | 1.80              | 1.5                  |

De los múltiples ensayos realizados se exponen los ensayos en los que se han obtenido los mejores resultados:



**1. pH 9.00 en los desbastes de cobre. La adición de sulfato de cobre en dos aportes de 300 g/tm y 200 g/tm, en el desbaste de zinc. Colector Amil xantato de potasio**

Las condiciones iniciales son las siguientes: densidad de pulpa: 20% y  $D_{80} = 18 \mu\text{m}$

### Primer desbaste (Cu)

|           |                                    |  |                      |
|-----------|------------------------------------|--|----------------------|
| pH=9      |                                    |  | Acondicionamiento 5' |
| Colector  | Amil Xantato de potasio (300 g/tm) |  | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol              |  | Acondicionamiento 2' |

### Segundo desbaste (Cu)

|           |                                    |  |                      |
|-----------|------------------------------------|--|----------------------|
| pH=9      |                                    |  |                      |
| Colector  | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) |  | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol              |  | Acondicionamiento 2' |

### Primer desbaste (Zn)

|           |                                    |               |                      |
|-----------|------------------------------------|---------------|----------------------|
| Reactivo  | $\text{CuSO}_4$ (300 g/tm)         | pH=10.9-11.00 | Acondicionamiento 5' |
| Colector  | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) |               | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol              |               | Acondicionamiento 2' |

### Segundo desbaste (Zn)

|           |                                    |               |                      |
|-----------|------------------------------------|---------------|----------------------|
| Reactivo  | $\text{CuSO}_4$ (200 g/tm)         | pH=10.9-11.00 | Acondicionamiento 5' |
| Colector  | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) |               | Acondicionamiento 2' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol              |               | Acondicionamiento 2' |

### Tercer desbaste (Zn)

|               |                                    |  |                        |
|---------------|------------------------------------|--|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                    |  |                        |
| Colector      | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) |  | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol              |  | Acondicionamiento 1.5' |



El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo se muestra en las siguientes tablas:

| MUESTRA                     | Peso (%) | LEYES  |        |        |        |
|-----------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
|                             |          | Cu (%) | Zn (%) | Pb (%) | Fe (%) |
| 1 <sup>er</sup> DESBASTE Cu | 11.52    | 0.06   | 0.24   | 0.11   | 40.59  |
| 2 <sup>o</sup> DESBASTE Cu  | 12.20    | 0.28   | 0.28   | 0.10   | 40.56  |
| 1 <sup>er</sup> DESBASTE Zn | 4.97     | 1.85   | 8.10   | 0.10   | 29.85  |
| 2 <sup>o</sup> DESBASTE Zn  | 5.10     | 0.48   | 9.95   | 0.11   | 26.67  |
| 3 <sup>er</sup> DESBASTE Zn | 5.37     | 0.22   | 2.89   | 0.11   | 28.82  |
| ESTÉRIL                     | 60.84    | 0.03   | 0.27   | 0.07   | 30.01  |
| Todo-uno (r)                | 100      | 0.19   | 1.29   | 0.08   | 32.27  |
| Todo-uno (a)                |          | 0.19   | 1.43   | 0.08   | 31.97  |

La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA                     | DISTRIBUCIÓN |        |        |        |
|-----------------------------|--------------|--------|--------|--------|
|                             | Cu (%)       | Zn (%) | Pb (%) | Fe (%) |
| 1 <sup>er</sup> DESBASTE Cu | 3.68         | 2.14   | 15.09  | 14.49  |
| 2 <sup>o</sup> DESBASTE Cu  | 18.20        | 2.64   | 14.53  | 15.33  |
| 1 <sup>er</sup> DESBASTE Zn | 49.04        | 31.19  | 5.93   | 4.60   |
| 2 <sup>o</sup> DESBASTE Zn  | 13.05        | 39.31  | 6.69   | 4.22   |
| 3 <sup>er</sup> DESBASTE Zn | 6.29         | 12.01  | 7.03   | 4.79   |
| ESTÉRIL                     | 9.73         | 12.71  | 50.73  | 56.57  |
|                             | 100          | 100    | 100    | 100    |

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo sobre el desbaste de Cu y Zn se muestra en la siguiente tabla:





| MUESTRA      | Peso (%) | LEYES  |        |        |        |
|--------------|----------|--------|--------|--------|--------|
|              |          | Cu (%) | Zn (%) | Pb (%) | Fe (%) |
| DESBASTE Cu  | 23.72    | 0.17   | 0.26   | 0.10   | 40.57  |
| DESBASTE Zn  | 15.45    | 0.83   | 6.90   | 0.11   | 28.44  |
| ESTÉRIL      | 60.84    | 0.03   | 0.27   | 0.07   | 30.01  |
| Todo-uno (r) | 100      | 0.19   | 1.29   | 0.08   | 32.27  |
| Todo-uno (a) |          | 0.19   | 1.43   | 0.08   | 31.97  |

La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA     | DISTRIBUCIÓN |        |        |        |
|-------------|--------------|--------|--------|--------|
|             | Cu (%)       | Zn (%) | Pb (%) | Fe (%) |
| DESBASTE Cu | 21.88        | 4.78   | 29.62  | 29.82  |
| DESBASTE Zn | 68.39        | 82.50  | 19.65  | 13.61  |
| ESTÉRIL     | 9.73         | 12.71  | 50.73  | 56.57  |
|             | 100          | 100    | 100    | 100    |

Con estas condiciones se obtiene el desbaste de zinc una recuperación superior al 80%.



**2. Adición de KCN (200 g/tm) y sulfato de zinc (500 g/tm) en el desbaste de cobre y (100 g/tm) de colector para optimizar la recuperación de cobre. La adición de sulfato de cobre en dos aportes, en el desbaste de zinc y su posterior relavo.**

Las condiciones iniciales son las siguientes: densidad de pulpa: 20% y  $D_{80} = 18 \mu\text{m}$

### Primer desbaste (Cu)

|           |         |                                    |                      |
|-----------|---------|------------------------------------|----------------------|
| Reactivo  | pH=9.00 | KCN (200 g/tm)                     | Acondicionamiento 5' |
| Reactivo  | pH=9.00 | ZnSO <sub>4</sub> (500 g/tm)       | Acondicionamiento 5' |
| Colector  |         | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) | Acondicionamiento 5' |
| Espumante |         | metilisobutilcarbinol              | Acondicionamiento 1' |

### Segundo desbaste (Cu)

|           |                                    |                      |
|-----------|------------------------------------|----------------------|
| pH=9      |                                    |                      |
| Colector  | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol              | Acondicionamiento 2' |

### Primer desbaste (Zn)

|           |                                    |               |                      |
|-----------|------------------------------------|---------------|----------------------|
| Reactivo  | CuSO <sub>4</sub> (300 g/tm)       | pH=10.9-11.00 | Acondicionamiento 5' |
| Colector  | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) |               | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol              |               | Acondicionamiento 2' |

### Segundo desbaste (Zn)

|           |                                    |               |                      |
|-----------|------------------------------------|---------------|----------------------|
| Reactivo  | CuSO <sub>4</sub> (200 g/tm)       | pH=10.9-11.00 | Acondicionamiento 5' |
| Colector  | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) |               | Acondicionamiento 2' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol              |               | Acondicionamiento 2' |



### Tercer desbaste (Zn)

|               |                                    |                        |
|---------------|------------------------------------|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                    |                        |
| Colector      | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol              | Acondicionamiento 1.5' |

### Relavo (Zn)

|               |                                    |                        |
|---------------|------------------------------------|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                    |                        |
| Colector      | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol              | Acondicionamiento 1.5' |

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo se muestra en las siguientes tablas:

| MUESTRA                           | Peso (%)   | LEYES       |             |             |              |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|                                   |            | Cu (%)      | Zn (%)      | Pb (%)      | Fe (%)       |
| 1 <sup>er</sup> DESBASTE Cu       | 8.56       | 0.47        | 0.53        | 0.15        | 38.89        |
| 2 <sup>o</sup> DESBASTE Cu        | 3.59       | 1.27        | 1.13        | 0.11        | 40.48        |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO A Zn       | 6.38       | 1.00        | 12.87       | 0.10        | 33.65        |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO B Zn       | 2.41       | 0.41        | 5.39        | 0.11        | 38.02        |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Zn | 7.21       | 0.10        | 1.08        | 0.07        | 40.94        |
| ESTÉRIL                           | 71.84      | 0.03        | 0.25        | 0.05        | 30.31        |
| Todo-uno (r)                      | <b>100</b> | 0.19        | 1.29        | 0.07        | 32.58        |
| Todo-uno (a)                      |            | <b>0.19</b> | <b>1.43</b> | <b>0.08</b> | <b>31.97</b> |

La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:



| MUESTRA                          | DISTRIBUCIÓN |            |            |            |
|----------------------------------|--------------|------------|------------|------------|
|                                  | Cu (%)       | Zn (%)     | Pb (%)     | Fe (%)     |
| 1 <sup>er</sup> DESBASTE 1 Cu    | 21.37        | 3.51       | 19.23      | 10.22      |
| 2 <sup>o</sup> DESBASTE 2 Cu     | 24.22        | 3.13       | 5.91       | 4.46       |
| 1 <sup>o</sup> RELAVO A Zn       | 33.88        | 63.43      | 9.55       | 6.59       |
| 1 <sup>o</sup> RELAVO B Zn       | 5.25         | 10.04      | 3.97       | 2.82       |
| ESTÉRIL 1 <sup>o</sup> RELAVO Zn | 3.83         | 6.02       | 7.56       | 9.06       |
| ESTÉRIL                          | 11.44        | 13.87      | 53.77      | 66.84      |
|                                  | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo sobre el desbaste de Cu y Zn se muestra en la siguiente tabla:

| MUESTRA      | Peso (%)   | LEYES       |             |             |              |
|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|              |            | Cu (%)      | Zn (%)      | Pb (%)      | Fe (%)       |
| DESBASTE Cu  | 12.16      | 0.71        | 0.71        | 0.14        | 39.36        |
| DESBASTE Zn  | 16.01      | 0.51        | 6.43        | 0.09        | 37.58        |
| ESTÉRIL      | 71.84      | 0.03        | 0.25        | 0.05        | 30.31        |
| Todo-uno (r) | <b>100</b> | 0.19        | 1.30        | 0.07        | 32.58        |
| Todo-uno (a) |            | <b>0.19</b> | <b>1.43</b> | <b>0.08</b> | <b>31.97</b> |

La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA     | DISTRIBUCIÓN |            |            |            |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|
|             | Cu (%)       | Zn (%)     | Pb (%)     | Fe (%)     |
| DESBASTE Cu | 45.72        | 6.66       | 25.39      | 14.69      |
| DESBASTE Zn | 42.86        | 79.47      | 21.01      | 18.47      |
| ESTÉRIL     | 11.42        | 13.87      | 53.59      | 66.84      |
|             | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |



Con estas condiciones se obtiene una recuperación superior al 45% en el desbaste de cobre y en el desbaste de zinc una recuperación del 80%. El oro de concentra en el desbaste de cobre, con una ley de 3.16 ppm, obteniéndose una recuperación mayor del 50% en los desbastes.



- 3. Adición de KCN (200 g/tm) y sulfato de zinc (500 g/tm) en el primer desbaste de cobre y KCN (100 g/tm) y sulfato de zinc (250 g/tm) en el segundo desbaste de cobre para una mayor recuperación de cobre. Relavo de cobre y zinc.**

### Primer desbaste (Cu)

|           |         |                                    |                      |
|-----------|---------|------------------------------------|----------------------|
| Reactivo  | pH=9.00 | KCN (200 g/tm)                     | Acondicionamiento 5' |
| Reactivo  | pH=9.00 | ZnSO <sub>4</sub> (500 g/tm)       | Acondicionamiento 5' |
| Colector  |         | Amil Xantato de potasio (100 g/tm) | Acondicionamiento 5' |
| Espumante |         | metilisobutilcarbinol              | Acondicionamiento 1' |

### Segundo desbaste (Cu)

|           |         |                                  |                      |
|-----------|---------|----------------------------------|----------------------|
| Reactivo  | pH=9.00 | KCN (100 g/tm)                   | Acondicionamiento 5' |
| Reactivo  | pH=9.00 | ZnSO <sub>4</sub> (250 g/tm)     | Acondicionamiento 5' |
| Colector  |         | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 5' |
| Espumante |         | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1' |

### Tercer desbaste (Cu)

|           |                                  |                      |
|-----------|----------------------------------|----------------------|
| pH=9      |                                  |                      |
| Colector  | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 2' |

### Primer desbaste (Zn)

|           |                                  |               |                      |
|-----------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Reactivo  | CuSO <sub>4</sub> (500 g/tm)     | pH=10.9-11.00 | Acondicionamiento 5' |
| Colector  | Amil xantato potásico (100 g/tm) |               | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol            |               | Acondicionamiento 2' |

### Segundo desbaste (Zn)

|               |                                  |                        |
|---------------|----------------------------------|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                  |                        |
| Colector      | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1.5' |



### Tercer desbaste (Zn)

|               |                                  |                        |
|---------------|----------------------------------|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                  |                        |
| Colector      | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1.5' |

### Relavo (Cu)

|           |                                  |                        |
|-----------|----------------------------------|------------------------|
| pH=9      |                                  |                        |
| Colector  | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1.5' |

### Relavo (Zn)

|               |                                  |                        |
|---------------|----------------------------------|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                  |                        |
| Colector      | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1.5' |

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo se muestra en las siguientes tablas:

| MUESTRA                           | Peso (%) | LEYES  |        |        |        |
|-----------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
|                                   |          | Cu (%) | Zn (%) | Pb (%) | Fe (%) |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO Cu         | 0.78     | 0.73   | 1.02   | 0.26   | 39.16  |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Cu | 2.87     | 0.11   | 1.05   | 0.14   | 32.88  |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO A Zn       | 5.17     | 2.76   | 14.62  | 0.15   | 30.80  |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO B Zn       | 1.86     | 0.68   | 6.36   | 0.13   | 34.55  |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Zn | 13.51    | 0.13   | 1.24   | 0.08   | 35.41  |
| ESTÉRIL                           | 75.81    | 0.11   | 0.19   | 0.13   | 33.20  |
| Todo-uno (r)                      | 100      | 0.26   | 1.22   | 0.13   | 33.44  |
| Todo-uno (a)                      |          | 0.19   | 1.43   | 0.08   | 31.97  |



La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA                           | DISTRIBUCIÓN |            |            |            |
|-----------------------------------|--------------|------------|------------|------------|
|                                   | Cu (%)       | Zn (%)     | Pb (%)     | Fe (%)     |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO Cu         | 2.18         | 0.65       | 1.62       | 0.91       |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Cu | 1.21         | 2.46       | 3.20       | 2.82       |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO A Zn       | 54.60        | 61.77      | 6.18       | 4.76       |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO B Zn       | 4.83         | 9.65       | 1.92       | 1.92       |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Zn | 6.72         | 13.69      | 8.61       | 14.31      |
| ESTÉRIL                           | 30.46        | 11.77      | 78.48      | 75.27      |
|                                   | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo sobre el desbaste de Cu y Zn se muestra en la siguiente tabla:

| MUESTRA      | Peso (%)   | LEYES       |             |             |              |
|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|              |            | Cu (%)      | Zn (%)      | Pb (%)      | Fe (%)       |
| DESBASTE Cu  | 3.65       | 0.24        | 1.04        | 0.17        | 34.22        |
| DESBASTE Zn  | 20.54      | 0.84        | 5.07        | 0.10        | 34.17        |
| ESTÉRIL      | 75.81      | 0.11        | 0.19        | 0.13        | 33.2         |
| Todo-uno (r) | <b>100</b> | <b>0.26</b> | <b>1.22</b> | <b>0.13</b> | <b>33.44</b> |
| Todo-uno (a) |            | <b>0.19</b> | <b>1.43</b> | <b>0.08</b> | <b>31.97</b> |

La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA     | DISTRIBUCIÓN |            |            |            |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|
|             | Cu (%)       | Zn (%)     | Pb (%)     | Fe (%)     |
| DESBASTE Cu | 3.39         | 3.12       | 4.82       | 3.74       |
| DESBASTE Zn | 66.15        | 85.11      | 16.70      | 20.99      |
| ESTÉRIL     | 30.46        | 11.77      | 78.48      | 75.27      |
|             | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

Se obtiene un rendimiento superior al 80% en el desbaste de Zn, sin embargo el Cu ha disminuido la recuperación en su desbaste y ha flotado en el desbaste de Zn.





**4. Adición de KCN (200 g/tm) y sulfato de zinc (500 g/tm) en el desbaste de cobre. Relavo de cobre y zinc.**

**Primer desbaste (Cu)**

|           |         |                                 |                      |
|-----------|---------|---------------------------------|----------------------|
| Reactivo  | pH=9.00 | KCN (200 g/tm)                  | Acondicionamiento 5' |
| Reactivo  | pH=9.00 | ZnSO <sub>4</sub> (500 g/tm)    | Acondicionamiento 5' |
| Colector  |         | Amil xantato potásico (100g/tm) | Acondicionamiento 5' |
| Espumante |         | metilisobutilcarbinol           | Acondicionamiento 1' |

**Segundo desbaste (Cu)**

|           |                                  |                      |
|-----------|----------------------------------|----------------------|
| pH=9      |                                  |                      |
| Colector  | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 2' |

**Tercer desbaste (Cu)**

|           |                                  |                      |
|-----------|----------------------------------|----------------------|
| pH=9      |                                  |                      |
| Colector  | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 2' |

**Primer desbaste (Zn)**

|           |                                  |               |                      |
|-----------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Reactivo  | CuSO <sub>4</sub> (500 g/tm)     | pH=10.9-11.00 | Acondicionamiento 5' |
| Colector  | Amil xantato potásico (100 g/tm) |               | Acondicionamiento 5' |
| Espumante | metilisobutilcarbinol            |               | Acondicionamiento 2' |

**Segundo desbaste (Zn)**

|               |                                  |                        |
|---------------|----------------------------------|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                  |                        |
| Colector      | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1.5' |



### Tercer desbaste (Zn)

|               |                                  |                        |
|---------------|----------------------------------|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                  |                        |
| Colector      | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1.5' |

### Relavo (Cu)

|           |                                  |                        |
|-----------|----------------------------------|------------------------|
| pH=9      |                                  |                        |
| Colector  | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1.5' |

### Relavo (Zn)

|               |                                  |                        |
|---------------|----------------------------------|------------------------|
| pH=10.9-11.00 |                                  |                        |
| Colector      | Amil xantato potásico (100 g/tm) | Acondicionamiento 2'   |
| Espumante     | metilisobutilcarbinol            | Acondicionamiento 1.5' |

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo se muestra en las siguientes tablas:

| MUESTRA                           | Peso (%) | LEYES  |        |        |        |
|-----------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
|                                   |          | Cu (%) | Zn (%) | Pb (%) | Fe (%) |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO Cu         | 19.33    | 0.23   | 0.12   | 0.24   | 34.98  |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Cu | 14.32    | 0.20   | 1.17   | 0.24   | 26.65  |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO Zn         | 11.61    | 0.60   | 6.47   | 0.23   | 29.86  |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Zn | 7.04     | 0.07   | 0.54   | 0.22   | 26.23  |
| ESTÉRIL                           | 47.70    | 0.01   | 0.16   | 0.23   | 21.36  |
| Todo-uno (r)                      | 100      | 0.15   | 1.06   | 0.23   | 26.08  |
| Todo-uno (a)                      |          | 0.19   | 1.43   | 0.08   | 31.97  |



La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA                           | DISTRIBUCIÓN |            |            |            |
|-----------------------------------|--------------|------------|------------|------------|
|                                   | Cu (%)       | Zn (%)     | Pb (%)     | Fe (%)     |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO Cu         | 29.15        | 2.20       | 19.94      | 25.92      |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Cu | 18.79        | 15.86      | 14.77      | 14.63      |
| 1 <sup>er</sup> RELAVO Zn         | 45.70        | 71.12      | 11.48      | 13.30      |
| ESTÉRIL 1 <sup>er</sup> RELAVO Zn | 3.23         | 3.60       | 6.65       | 7.08       |
| ESTÉRIL                           | 3.13         | 7.22       | 47.16      | 39.07      |
|                                   | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

El balance en peso y leyes finales obtenido en el ensayo sobre el desbaste de Cu y Zn se muestra en la siguiente tabla:

| MUESTRA      | Peso (%)   | LEYES       |             |             |              |
|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|              |            | Cu (%)      | Zn (%)      | Pb (%)      | Fe (%)       |
| DESBASTE Cu  | 33.65      | 0.22        | 0.57        | 0.24        | 31.43        |
| DESBASTE Zn  | 18.65      | 0.40        | 4.23        | 0.23        | 28.49        |
| ESTÉRIL      | 47.70      | 0.01        | 0.16        | 0.23        | 21.36        |
| Todo-uno (r) | <b>100</b> | 0.15        | 1.06        | 0.23        | 26.08        |
| Todo-uno (a) |            | <b>0.19</b> | <b>1.43</b> | <b>0.08</b> | <b>31.97</b> |

La distribución de los diferentes elementos se muestra en la tabla siguiente:

| MUESTRA     | DISTRIBUCIÓN |            |            |            |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|
|             | Cu (%)       | Zn (%)     | Pb (%)     | Fe (%)     |
| DESBASTE Cu | 47.94        | 18.06      | 34.71      | 40.56      |
| DESBASTE Zn | 48.93        | 74.72      | 18.13      | 20.37      |
| ESTÉRIL     | 3.13         | 7.22       | 47.16      | 39.07      |
|             | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |



Estos ensayos realizados a escala laboratorio se han confirmado en la Planta Piloto de Tharsis.

Las conclusiones de estos ensayos de flotación selectiva se pueden resumir en:

Han dado unos resultados muy esperanzadores, que indican que las recuperaciones de los metales pueden ser del orden siguiente:

|           |     |
|-----------|-----|
| <b>Cu</b> | 60% |
| <b>Zn</b> | 80% |
| <b>Au</b> | 50% |

En conversaciones mantenidas entre el Presidente de Iberian Minerals (Mina de Aguas Teñidas), y el Gerente de Nueva Tharsis, en presencia del Jefe de la Unidad de Innovación y Desarrollo del IGME, se ha manifestado el interés mutuo por avanzar en un posible acuerdo para el tratamiento de este mineral en la planta de flotación de Mina de Aguas Teñidas.

Además se han realizado ensayos en laboratorio y Planta Piloto con la finalidad de obtener un desbaste Cu-Zn para posteriormente en relavos intentar separar dichos metales en dos concentrados diferenciados con los siguientes resultados:

- ✓ Desbaste de Cu-Zn: Sulfato de cobre y pH 11.00

### **Ensayo 1:**

| MUESTRA               | Peso (%)   | LEYES       |             |             |              | DISTRIBUCIÓN |            |            |            |
|-----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|
|                       |            | Cu (%)      | Zn(%)       | Pb(%)       | Fe(%)        | Cu (%)       | Zn(%)      | Pb(%)      | Fe(%)      |
| <b>Desbaste Cu+Zn</b> | 73.58      | 0.66        | 1.80        | 0.57        | 42.52        | 98.39        | 95.98      | 84.11      | 75.22      |
| <b>Estéril</b>        | 26.42      | 0.03        | 0.21        | 0.3         | 39.01        | 1.61         | 4.02       | 15.89      | 24.78      |
| <b>Todo-uno (r)</b>   | <b>100</b> | 0.49        | 1.38        | 0.50        | 41.59        | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |
| <b>T-U</b>            |            | <b>0.51</b> | <b>1.38</b> | <b>0.46</b> | <b>41.98</b> |              |            |            |            |



### **Ensayo 2:**

Con el mineral carbonatado “stockwork” enriquecido en Zn se obtienen los siguientes resultados:

| MUESTRA               | Peso %     | LEYES       |             |             |              | DISTRIBUCIÓN |            |            |            |
|-----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|
|                       |            | Cu (%)      | Zn(%)       | Pb(%)       | Fe(%)        | Cu (%)       | Zn(%)      | Pb(%)      | Fe(%)      |
| <b>Desbaste Cu+Zn</b> | 71.31      | 0.73        | 2.65        | 0.65        | 41.27        | 94.78        | 95.92      | 80.96      | 73.31      |
| <b>Estéril</b>        | 28.69      | 0.10        | 0.28        | 0.38        | 37.34        | 5.22         | 4.08       | 19.04      | 26.69      |
| <b>Todo-uno (r)</b>   | <b>100</b> | 0.55        | 1.97        | 0.57        | 40.14        | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |
| <b>T-U</b>            |            | <b>0.52</b> | <b>1.97</b> | <b>0.65</b> | <b>40.62</b> |              |            |            |            |

Obteniéndose rendimientos de Cu superiores al 95% y superiores al 96% de Zn en el desbaste de Cu-Zn.

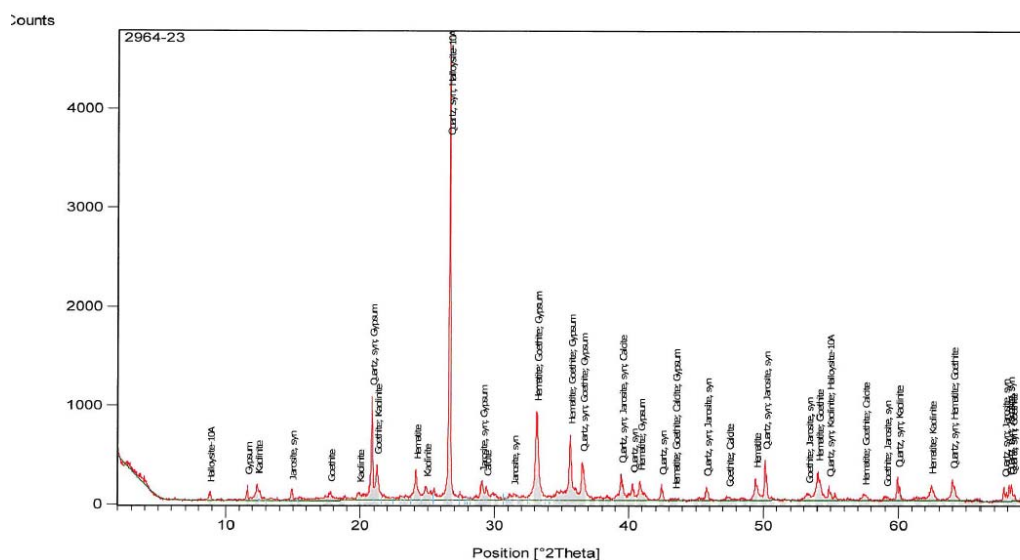
## 6.4. Ensayos a escala de planta piloto de molienda, cianuración y lavado en filtros prensa, con los minerales de las escombreras de Filón Sur y La Lapilla.

### 6.4.1. Filón Sur

#### Composición mineralógica

| MINERAL PRINCIPAL | MINERALES SECUNDARIOS | ACCESORIOS Y TRAZAS                            |
|-------------------|-----------------------|--|
| Cuarzo, Hematites | Goetita               | Caolinita, Halloysita, Jarosita, Calcita, Yeso |

El difractograma correspondiente se muestra en la siguiente figura:





Durante el año 2010 se realizaron ensayos de cianuración, con las siguientes condiciones:

- $D_{80}$ : 14 $\mu$ m
- pH > 9
- Densidad de pulpa: 1Tm/1.5 m<sup>3</sup> de agua
- 2 kg CNNa/ Tm mineral
- Tiempo de cianuración 24h

Filtración y lavado de los residuos de cianuración primero con un soplado final a presión atmosférica consiguiéndose los siguientes resultados

| <b>MUESTRAS</b>                                  | <b>CN libre (ppm)</b> |
|--|-----------------------|
| <b>Licor filtrado</b>                            | <b>700</b>            |
| <b>4´ Lavado</b>                                 | <b>34</b>             |
| <b>Licor soplado final a presión atmosférica</b> | <b>34</b>             |

En el 2011 se han realizado optimizaciones del circuito, realizando el soplado final a 6 atmósferas, para obtener licores finales con una concentración menor de cianuro libre en la humedad del residuo final.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Se han ido optimizando tiempos de lavado para mejorar el proceso, consiguiéndose rebajar considerablemente la concentración de cianuro libre del licor final.



| <b>MUESTRAS</b>                  | <b>CN libre (ppm)</b> |
|----------------------------------|-----------------------|
| <b>Llenado</b>                   | <b>700</b>            |
| <b>1´ Lavado</b>                 | <b>133</b>            |
| <b>1´ Lavado</b>                 | <b>109</b>            |
| <b>3´ Lavado</b>                 | <b>32</b>             |
| <b>1´ Soplado a 6 atmósferas</b> | <b>11</b>             |

Se han optimizado los parámetros hasta conseguir los resultados del siguiente ensayo

Se realiza con un tiempo total de llenado de 11 minutos, cinco minutos de lavado y un minuto de soplado a 6 atmósferas:

| <b>MUESTRAS</b>                  | <b>CN libre (ppm)</b> |
|----------------------------------|-----------------------|
| <b>Llenado</b>                   | <b>700</b>            |
| <b>3´ Lavado</b>                 | <b>90</b>             |
| <b>2´ Lavado</b>                 | <b>8</b>              |
| <b>1´ Soplado a 6 atmósferas</b> | <b>5</b>              |

Los ensayos realizados hasta la fecha a escala de planta piloto de molienda, cianuración, filtración, lavado y soplado en filtros prensa, con los minerales de las escombreras de Filón Sur, demuestran que es posible sustituir los espesadores en contracorriente por este tipo de filtración y lavado en filtros prensa, pues se ha logrado que la humedad retenida por el residuo final tenga contenidos inferiores a 6 ppm de CN<sup>-</sup> libre, resultados que es casi seguro que con algún ensayo adicional, incrementando el tiempo de lavado, se puedan mejorar sensiblemente hasta menos de 1 ppm.



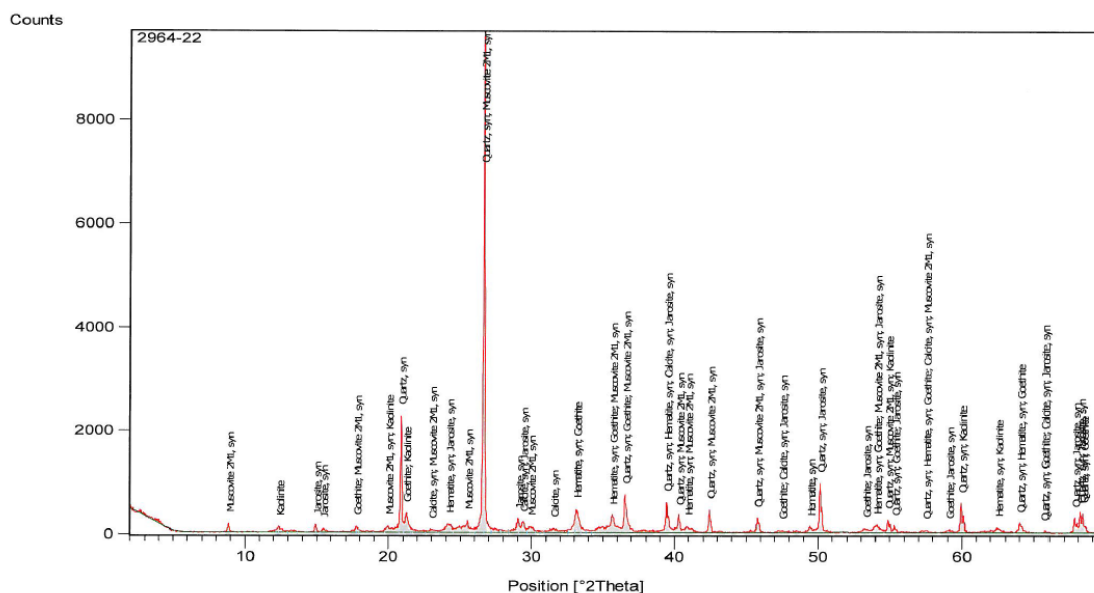


## 6.4.2. La Lapilla

### Composición mineralógica

| MINERAL PRINCIPAL | MINERALES SECUNDARIOS | ACCESORIOS Y TRAZAS                     |
|-------------------|-----------------------|---|
| Cuarzo            | Hematites, Goetita    | Calcita, Moscovita, Jarosita, Caolinita |

El difractograma correspondiente se muestra en la siguiente figura:



Durante el año 2010 se realizaron ensayos de cianuración, con las siguientes condiciones:

- $D_{80}$ : 14 $\mu$ m
- pH > 9
- Densidad de pulpa: 1Tm/1.5 m<sup>3</sup> de agua
- 2 kg CNNa/ Tm mineral
- Tiempo de cianuración 24h



Filtración y lavado de los residuos de cianuración primero con un soplado final a presión atmosférica para posteriormente pasar a un soplado final a 6 atmósferas consiguiéndose, tras lavado de 5 minutos y soplado de 1 minuto a 6 atmósferas el siguiente resultado:

| <b><i>MUESTRA</i></b>                         | <b><i>CN libre (ppm)</i></b> |
|---|------------------------------|
| <b><i>1´ Licor soplado a 6 atmósferas</i></b> | <b><i>8</i></b>              |



## 7. CONCLUSIONES FINALES Y FUTURO

**1ª** En el año 2011, los ensayos de flotación realizados con un 2º y 3º relavo, tanto en laboratorios como en Planta Piloto, con el mineral “stockwork” de Tharsis, con la finalidad de mejorar la calidad del concentrado Au-Co, han demostrado que son prácticamente similares a los realizados con un solo relavo, con lo que se considera suficiente en una posible futura planta industrial limitarse a un diseño con un solo relavo.

**2ª** Han dado unos resultados muy esperanzadores, que indican que las recuperaciones de los metales pueden ser del orden siguiente:

|           |     |
|-----------|-----|
| <b>Cu</b> | 60% |
| <b>Zn</b> | 80% |
| <b>Au</b> | 50% |

En conversaciones mantenidas entre el Presidente de Iberian Minerals (Mina de Aguas Teñidas), y el Gerente de Nueva Tharsis, en presencia del Jefe de la Unidad de Innovación y Desarrollo del IGME, se ha manifestado el interés mutuo por avanzar en un posible acuerdo para el tratamiento de este mineral en la planta de flotación de Mina de Aguas Teñidas.

**3ª** Los ensayos realizados hasta la fecha a escala de planta piloto de molienda, cianuración, filtración, lavado y soplado en filtros prensa, con los minerales de las escombreras de Filón Sur, demuestran que es posible sustituir los espesadores en contracorriente por este tipo de filtración y lavado en filtros prensa, pues se ha logrado que la humedad retenida por el residuo final tenga contenidos inferiores a 6 ppm de CN<sup>-</sup> libre, resultados que es casi seguro que con algún ensayo adicional, incrementando el tiempo de lavado, se puedan mejorar sensiblemente hasta menos de 1 ppm.

A la vista de los resultados obtenidos hasta la fecha, y disponer de una planta piloto de flotación y filtración, con toda su infraestructura y personal adiestrado en su marcha, se propone un nuevo Convenio con vigencia 24 junio 2011 a 23 junio 2012 para:



- ✓ Optimizar los ensayos de flotación, en laboratorio y planta piloto, con el mineral carbonatado de Tharsis, para la recuperación de los metales contenidos, Cu, Zn, Au, para que pudieran ser beneficiados en un próximo futuro en alguna planta de flotación próxima (p.e Mina de Aguas Teñidas), con el consiguiente beneficio medioambiental y de creación de empleo.
  
- ✓ Realizar adicionales ensayos a escala de planta Piloto de Molienda, cianuración, filtración, lavado y soplado en filtros prensa, con los minerales de las escombreras de Filón Sur y La Lapilla, para demostrar que es posible conseguir que la humedad retenida por el residuo final tenga contenidos inferiores a 1 ppm de CN<sup>-</sup> libre.