

INFORME TECNICO SOBRE PRUEBAS DE SEGREGACION CON MINERAL  
DE SANTA ROSALIA DE MEXICO

PROYECTO DE SEGREGACION DE MINERALES  
OXIDADOS REFRACTARIOS DE COBRE Y ELEMENTOS ASOCIADOS

CONVENIO PERU (INGEMMET) Y JAPON (JICA)

EXPERTOS (JICA) : ING. MASAhide NAKAO  
ING. KINZO ASARI

INGEMMET : ING. JORGE QUISPE B.  
ING. MERCEDES MISARI S.

I N D I C E

|     |  |    |
|-----|--|----|
| I   | .- INTRODUCCION .....                    | 1  |
| II  | .- METODOLOGIA DE PRUEBAS DE SEGREGACION | 2  |
| III | .- CARACTERISTICAS DEL MINERAL,.....     | 3  |
| IV  | .- PRUEBA DE SEGREGACION .....           | 6  |
| V   | .- RESUMEN .....                         | 16 |
| VI  | .- AGRADECIMIENTO .....                  | 17 |
| VII | .- FOTOGRAFIAS .....                     | 19 |

## I.- INTRODUCCION

Estas pruebas fueron solicitadas por la Comisión de Fomento Minero cuando se realizó el intercambio de experiencias tecnológicas en el mes de Octubre de 1984 a través de JICA (Japan International Cooperation Agency). La investigación realizada en México sobre el proceso de Segregación fue llevada a cabo por el Experto Japonés Ing. Iwabuchi en el Laboratorio de Tecamachalco de la Comisión de Fomento Minero desde el mes de Diciembre de 1983; se está aplicando a minerales oxidados refractarios de cobre.

En el Perú existen importantes reservas potenciales de mineral oxidado refractario de Cobre. Contando con los equipos de la Donación Japonesa que llegaron al INGE MMET en el mes de Setiembre de 1984, se realizaron las pruebas de segregación con mineral de Santa Rosalía en el Horno de Segregación. Se recibió solamente 1 Kgr. de mineral con alto porcentaje de humedad (aproximadamente 10%).

Por estas razones solamente se pudo realizar pruebas preliminares de segregación, sin embargo con los resultados obtenidos, podemos prever mejores resultados en el futuro.

## II.- METODOLOGIA DE PRUEBAS DE SEGREGACION

### 1. Procedencia de la Muestra

Estado de Baja California Sur, México; Mineral oxidado de cobre de Santa Rosalía (Muestra N°12 MJ).

### 2. Tiempo de prueba

De Enero a Mayo de 1985, debido a que hubo poca cantidad de muestra, y a la demora en los resultados de análisis químicos de las pruebas metalúrgicas programadas las que no fueron realizadas secuencialmente causando la demora en el estudio sobre segregación en el mineral de Santa Rosalía.

### 3. Ings. responsables del desarrollo de las pruebas metalúrgicas:

- Expertos (JICA): Ing. Masahide Nakao.  
: Ing. Kinzo Asari.
- INGEMMET : Ing. Jorge Quispe B.  
: Ing. Mercedes Misari S.

### 4. Equipo de Segregación

Horno Tubular Estático tipo MMS (Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd) para pruebas con 100 gramos de mineral.

Enfriador de Bote de Sílica.

### III.- CARACTERISTICAS DEL MINERAL

El mineral de Santa Rosalía ha sido suficientemente estudiado por el Laboratorio de Tecamachalco; por tal motivo en el Perú, no se han realizado estudios al respecto. Según información del Laboratorio de Tecamachalco, el mineral contiene bastante arcilla (mayormente de Montmorillonita), además feldespato, crisocola, hard manganeso, geothita, tridimita y cuarzo, indicando se en la Tabla N°3.1 (Pág. Sgte. N°4). En la Tabla N°3.2 (Pág. N° 5.) se indican las leyes de Santa Rosalía.

El mineral de Santa Rosalía contiene alto porcentaje de humedad y una gran pérdida de peso por calentamiento.

Según las pruebas de calentamiento realizadas se obtuvieron los siguientes resultados que se indican en la Tabla N° 3.3

TABLA N° 3.3 VARIACION DE PERDIDA DE PESO

| Temperatura  | Tiempo  | Peso de muestra | Variación de Pérdida de Peso |
|--------------|---------|-----------------|------------------------------|
| 25° C (amb.) | 3 hrs.  | 100.0 gr.       |                              |
| 110°C        | 3 hrs.  | 88.4 gr.        | 11.6 gr. *                   |
| 750°C        | 20 min. | 81.4 gr.        | 18.6 gr. **                  |

\* Pérdida de peso por eliminación de humedad del mineral.

\*\* Pérdida de peso por eliminación de humedad, descomposición y descristalización de los componentes del mineral.

TABLA N° 3.1 ANALISIS MINERALOGICOS POR DIFRACCION DE RAYOS X

| INTENSIDAD DE DETENSION | DESCAPOTE  | SONDEO 28                                    | GUILLERMO                                    | SANTA A.  | CARLOTA  |
|-------------------------|--|--|--|---|--|
| Fuerte                  | Montmorillonita<br>Yeso  | Montmorillonita<br>Feldespato                | Montmorillonita                              | Montmorillonita   | Montmorillonita  |
| Medio                   | Mica<br>Cuarzo<br>Feldespato   |  | Rodocrosita                                  |   | Feldespato   |
| Débil                   | Atacamita<br>Crisocola<br>Pirrolusita<br>Psilomelano<br>Cuprita<br>Tridimita | Cuarzo<br>Atacamita<br>Crisocola<br>Goethita | Digenita<br>Feldespato<br>Cuarzo<br>Goethita | Crisocola<br>Feldespato<br>Psilomelano<br>Goethita<br>Tridimita<br>Cuarzo | Cuarzo<br>Rodocrosita<br>Atacamita<br>Crisocola<br>Zeolita<br>Goethita |

TABLA N° 3.2 LEYES DE MINERALES DE STA. ROSALIA

|                | Cu   | Pb    | Zn   | Fe   | S    | Mn   | Co   | Ni   | MgO  | CaO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | BaSO <sub>4</sub> | Na <sub>2</sub> O |
|----------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| DESCAPOTE I.T. | 3.44 | 0.036 | 0.40 | 4.20 | 0.85 | 4.80 | 0.09 | 0.01 | 7.15 | 3.94 | 9.54                           | 34.31            | 0.15              | 1.62              |
| SOUDEO 28      | 3.36 | 0.02  | 0.64 | 5.04 | 0.13 | 2.64 | 0.11 | 0.82 | 8.09 | 1.83 | 9.74                           | 42.87            | 0.02              | 1.50              |
| S. GUILLERMO   | 3.28 | 0.016 | 0.60 | 4.80 | 1.37 | 4.32 | 0.06 | 0.01 | 8.59 | 1.64 | 11.74                          | 34.97            | 0.34              | 1.26              |
| SANEA A.       | 3.36 | 0.032 | 0.42 | 3.52 | 0.19 | 9.52 | 0.13 | 0.01 | 5.60 | 2.05 | 8.79                           | 34.23            | 0.04              | 0.94              |
| CARLOTA        | 2.58 | 0.012 | 0.16 | 3.88 | 0.87 | 1.50 | 0.03 | 6.01 | 6.25 | 1.94 | 12.52                          | 43.24            | 0.04              | 1.74              |
| S. ROSALIA     | 1.80 | —     | —    | 7.20 | 0.85 | 2.24 | —    | —    | 7.63 | —    | 10.00                          | 43.14            | —                 | 1.80              |
| S. ROSALIA     | 2.88 | —     | —    | 7.60 | 0.49 | 3.80 | —    | —    | —    | —    | 11.40                          | 39.90            | —                 | —                 |
| S. ROSALIA     | 3.90 | 0.03  | 0.68 | 5.36 | 1.42 | 4.32 | 0.12 | 0.02 | 2.33 | 2.07 | 34.02                          | 34.02            | Tr                | 0.12              |

#### IV.- PRUEBA DE SEGREGACION

En México, en el Laboratorio de Tecamachalco se realizaron estudios sobre el proceso de segregación con mineral de Santa Rosalía lográndose definir los parámetros para estas pruebas que se indican en el Resumen. En el Perú, las pruebas de segregación se realizaron de acuerdo a las condiciones aproximadas de este estudio.

La pequeña variación en las condiciones de las pruebas metalúrgicas se debió a la diferencia de equipos utilizados tanto en México como en el Perú que están indicadas en la Tabla N° 4.1

TABLA N° 4.1 EQUIPOS UTILIZADOS

| EQUIPOS                   | MEXICO  | PERU   |
|---------------------------|---|--|
| 1. Bote de Sílica         | 50 gr., sin tapa                                  | 100 gr. con tapa   |
| 2. Método de enfriamiento | Con gas N <sub>2</sub> ; en enfriamiento natural. | Utilizando chaquetas de agua, enfriamiento cerrado e indirecto |
| 3. Máquina de Flo-tación. | Tipo FW   | Tipo MS.   |



1. Método de Prueba

Las pruebas de segregación se realizaron de acuerdo a la Fig. N°4.1 (Pág. Sgte. N°8). Se tuvo que cambiar las condiciones de las pruebas de segregación en cuanto a la temperatura, cantidades de reductor y clorurante para conseguir mejoras en los resultados de las pruebas.

La muestra molida en México a -48 mallas, tuvo que someterse al Secado y Tostación antes de realizarse la prueba de Segregación, porque se había observado que el mineral crudo a la temperatura de 800° C, se producía una violenta efusión de gases junto con mineral fino desde el bote de sílica, debido al alto porcentaje de humedad no habiéndose realizado por esto, pruebas de segregación con mineral crudo. Asimismo se pudo observar que durante el Secado y Tostación de las muestras se produjeron fuertes pérdidas de peso según se indica en la Tabla N°4.3 (Pág. N°9) habiéndose considerado por esto, al mineral tostado como el 100% en peso, para cálculos de Balance metalúrgico según Tabla N° 4.4 (Pág. N° 10).

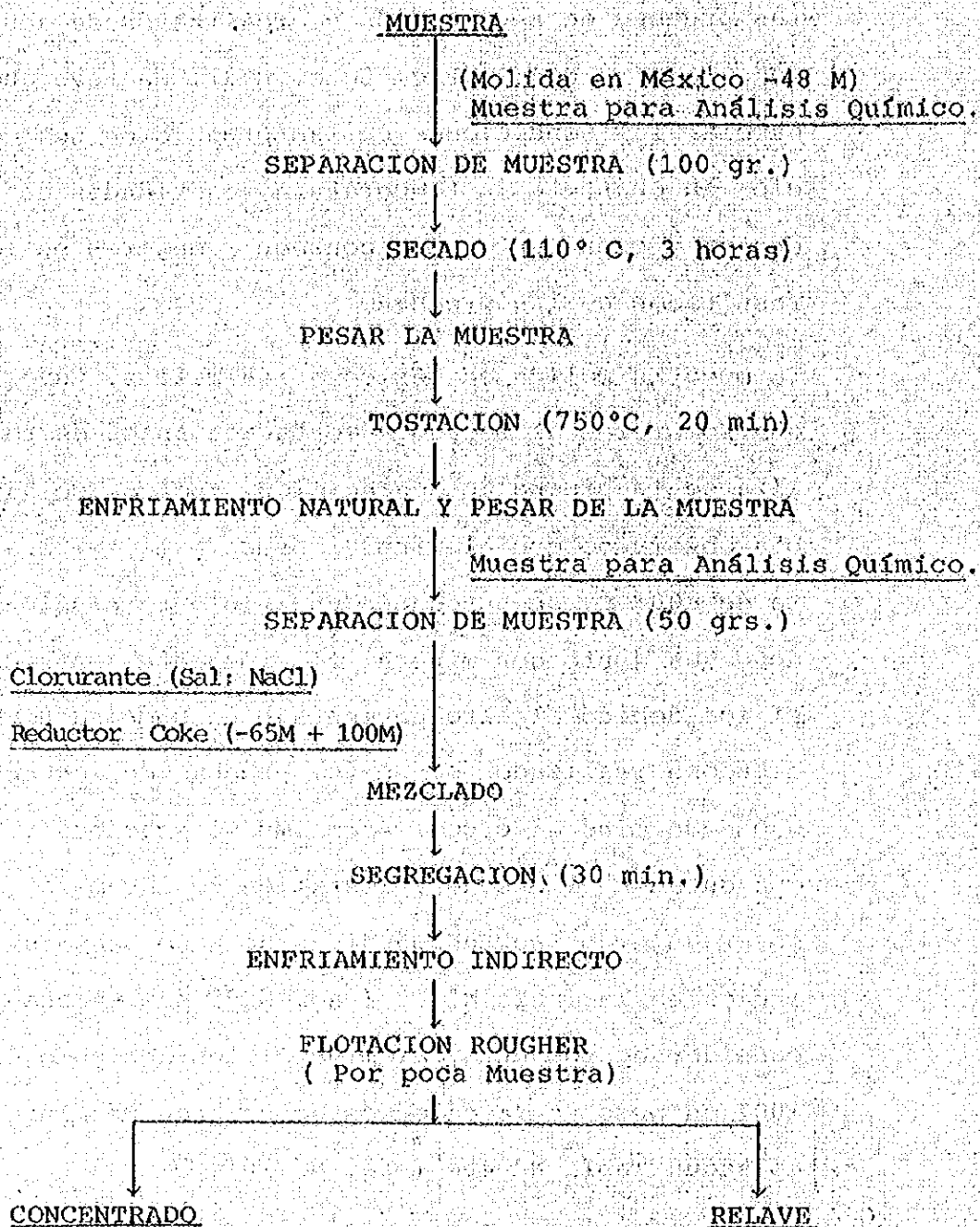
FIG. N° 4.1 FLOW SHEET DE LAS PRUEBAS DE SEGREGACION

TABLA N° 4.3

PERDIDA DEL CONTENIDO METALICO EN TOSTACION

| Mineral         | Peso (Gramos) | Ley Cu (%) | Contenido Metálico (gr) x (%) | Distribución del Contenido Metálico (%) | Observación                       |
|-----------------|---------------|------------|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| Mineral Crudo   | 100.0         | 2.84*      | 284.0                         | 100.0                                   | Temperatura de Tostación: 750° C. |
| Mineral Tostado | 82.9          | 3.84       | 288.5                         | 101.6                                   | Tiempo de Tostación: 20 minutos.  |

\* La ley de 2.84% Cu corresponde a una humedad de 11.6% siendo una ley química aparente.

TABLA N° 4.4  
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

| N | Mineral   | Peso %                | LEY Cu%                | Recuperación %               | Condiciones de Segregación y/o Observaciones.  |
|---|---|-----------------------|------------------------|------------------------------|--|
| 1 | Mineral Tostado<br>Concentrado<br>Relave<br>Pérdida | 100.0<br>8.2<br>89.0  | 3.35<br>-----<br>----- | 100.0<br>---<br>---          | Temperatura: 700°C *<br>Reductor : 4%<br>Clorurante : 1%<br>No se observó cobre segregado visible. |
| 2 | Mineral Tostado<br>Concentrado<br>Relave<br>Pérdida | 100.0<br>13.9<br>82.5 | 3.40<br>21.80<br>0.35  | 100.0<br>89.1<br>8.5<br>2.4  | Temperatura: 750°C *<br>Reductor : 4%<br>Clorurante : 1%   |
| 3 | Mineral Tostado<br>Concentrado<br>Relave<br>Pérdida | 100.0<br>10.5<br>86.9 | 3.36<br>29.20<br>0.24  | 100.0<br>91.3<br>6.2<br>2.5  | Temperatura: 750°C *<br>Reductor : 3%<br>Clorurante : 75%  |
| 4 | Mineral Tostado<br>Concentrado<br>Relave<br>Pérdida | 100.0<br>10.9<br>85.9 | 3.30<br>24.30<br>0.47  | 100.0<br>80.3<br>12.2<br>7.5 | Temperatura: 750°C *<br>Reductor : 5%<br>Clorurante : 0.5%   |
| 5 | Mineral Tostado<br>Concentrado<br>Relave<br>Pérdida | 100.0<br>11.6<br>79.2 | 3.48<br>27.50<br>0.23  | 100.0<br>91.7<br>5.2<br>3.1  | Temperatura: 800°C *<br>Reductor : 4%<br>Clorurante : 1%   |
| 6 | Mineral Tostado<br>Concentrado<br>Relave<br>Pérdida | 100.0<br>17.2<br>71.0 | 3.70<br>16.40<br>1.10  | 100.0<br>76.2<br>21.1<br>2.7 | Temperatura: 800°C *<br>Reductor : 4%<br>Clorurante : 5%   |

\* Temperatura registrada por la termocupla del Horno.

## 2. Método de Análisis Químico

Son realizados por Espectrómetro de Absorción Atómica del Laboratorio de Química Analítica del INGEMMET.

## 3. Condiciones para las Pruebas de Segregación

El número de pruebas fué limitado así como también los niveles de condición para las pruebas de segregación: temperatura, reductor y clorurante que se indica en la Tabla N° 4.2 (Pág. Sgte. N°12)

## 4. Resultados de Pruebas

En la Tabla N° 4.4 se presentan los Balances Metalúrgicos; correspondientes a cada prueba de segregación. Los porcentajes de pérdidas se han calculado de la siguiente manera: cabeza de mineral tostado que constituye el 100% en la recuperación menos la suma de los porcentajes de recuperación en concentrado y relave.

Estas pérdidas se explican por la ocurrencia de evaporación ocasionado mayormente en el proceso de segregación y por manipuleo de la muestra menor cantidad.

En la Tabla N° 4.3 se indica la pérdida del contenido metálico en tostación. Se puede presumir que esta pérdida aparente puede deberse a errores de análisis y/o manipuleo de muestra.

TABLA N° 4.2

CONDICIONES PARA LAS PRUEBAS DE SEGREGACION

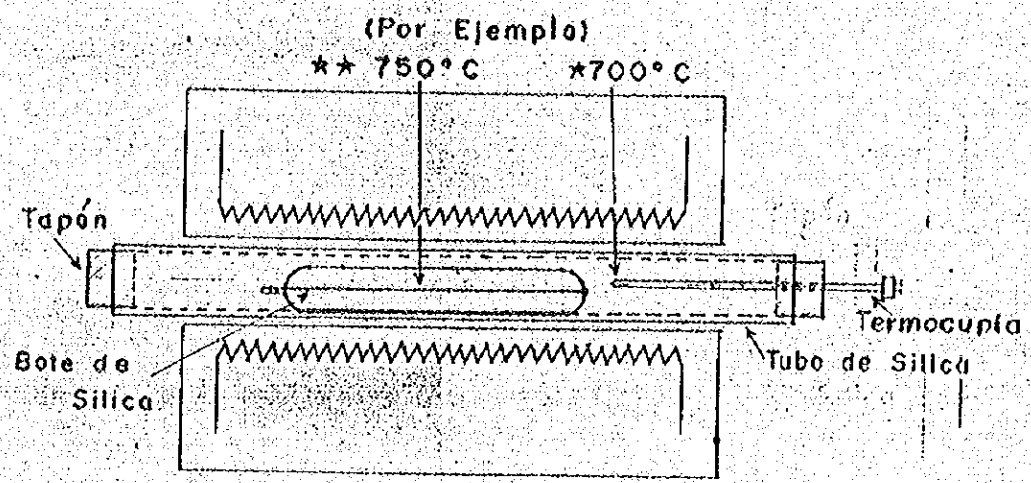
| N° | Temperatura de Segregación. (°C). | Reductor (% en peso del mineral tostado). | Clorurante (% en peso del mineral tostado). | Las otras condiciones se mantienen constantes.   |
|----|-----------------------------------|---|---|--|
| 1  | 700 *<br>(750) **                 | 4   | 1   | Temperatura de tostación: 750° C.<br>Tiempo de tostación: 20 minutos.<br>Tiempo de segregación: 30 minutos.<br>Reductor: Dake (-65 m + 100 m).<br>Clorurante: Sal.<br>Condiciones de flotación: ***<br>Amil Xantato : 200 g/t.<br>Z-200 : 100 g/t<br>Aceite de Pino: 200 g/t<br>Kerosene : 50 g/t<br>El consumo de reactivos es referido al mineral tostado. |
| 2  | 750<br>(800)                      | 4   | 1   |  |
| 3  | 750<br>(800)                      | 3   | 0.75  |  |
| 4  | 750<br>(800)                      | 5   | 0.5   |  |
| 5  | 800<br>(850)                      | 4   | 1   |  |
| 6  | 800<br>(850)                      | 4   | 0.5   |  |

\* Temperatura registrada por la Termocupla del Horno.

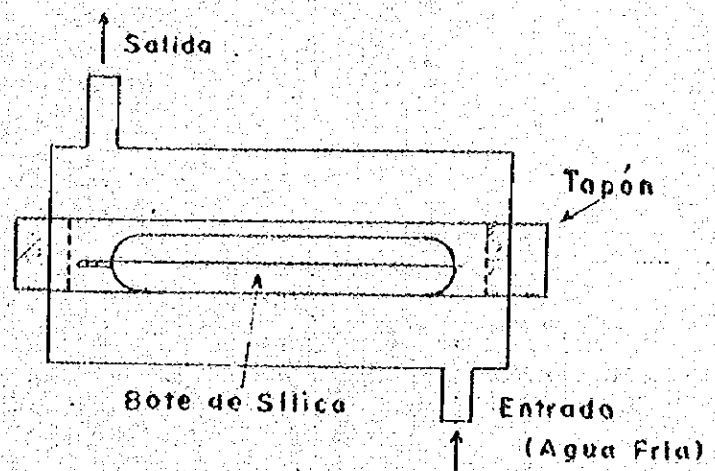
\*\* Temperatura indicada por el Pirómetro "Chino" correspondiente a la parte central del interior del Horno que presenta una diferencia de 50° C con respecto a la indicada por la termocupla.  
Fig. N° 4.2. (Sgte. Pág. N° 13.)

\*\*\* La pulpa de flotación fué diluída debido a la poca cantidad de muestra (50 gramos) por lo que el consumo de reactivos fué alto.

FIG N°4.2 EQUIPOS DE SEGREGACION



Horno Tubular Estático tipo MMS (Mitsui Mining and Smelting Company Ltd.)



Enfriador de Bote de Sílica con chaqueta de agua (enfriamiento cerrado e indirecto)

##### 5. Consideraciones acerca de los Resultados de las Pruebas.

No se pudo realizar la aplicación de un diseño factorial a estas pruebas de segregación debido a la poca cantidad de muestra disponible razón por la cual se utilizó los datos referentes del Laboratorio de Tecamachalco.

En base a los resultados de las pruebas que se indican en la Tabla N°4.4 se puede presumir que la aplicación del proceso de Segregación en el mineral de Santa Rosalía es satisfactoria, alcanzándose más de 90% de recuperación en cobre y observándose poca pérdida en el contenido metálico, producto del proceso de segregación y flotación.

Según los resultados de éstas pruebas puede apreciarse que las condiciones mas favorables son las siguientes:

- Temperatura de Segregación 800° C, (en la parte central del interior del Horno cuando la termocupla indica 750° C).
- Agente Reductor (Coke) : más del 3%
- Agente Clorurante (Sal) : más del 0.75%



Debe tenerse en cuenta que estos porcentajes están referidos al mineral tostado que se considera el 100%.

Sin embargo se requiere realizar mayor número de pruebas, obtener la optimización de las cantidades del Reductor y Clorurante.

Teniendo en cuenta que el mineral de Santa Rosa - lía es bastante arcilloso y que contiene alto porcentaje de humedad, se necesita estudiar la molienda del mineral, asimismo el secado de la muestra, antes de tratarse por el proceso de segregación.

Con respecto a las leyes de los concentrados, no se han efectuado varias limpiezas ( cleaner ), solamente se obtuvieron concentrados Rougher con leyes del 25% de Cobre si se realiza un mayor número de limpiezas pueden elevarse las leyes de los concentrados.

También los concentrados pueden incrementar sus leyes, si a estos se les somete a una remolienda con la finalidad de liberar cobre segregado del coque, para luego proceder a una separación de cobre segregado y coque mediante una flotación "des-carbonizante".

V. RESUMEN

1. En México

Los estudios de segregación para mineral de Santa Rosalía efectuados por el experto JICA, Ing. Iwabuchi reporta las siguientes condiciones:

- Temperatura de Tostación : 700°C
  - Temperatura de Segregación : mayor de 800°C
  - Clorurante (Sal) : mayor de 1%
  - Reductor (Coke) : mayor del 3%
- (-65m + 100m)

Los resultados de este estudio se indican en la Tabla N°5.1. De acuerdo a estos resultados del estudio de segregación, concluyeron: recuperaciones de cobre del 87%.

TABLA N° 5.1 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SEGREGACION

| Nombre del Yacimiento | Ley de Concentrados<br>% Cu | Recuperación<br>(%) |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------|
| Descapote             | 44.0                        | 84.2                |
| Sondeo 28             | 56.5                        | 87.9                |
| San Guillermo         | 38.0                        | 82.1                |
| Santa A.              | 51.0                        | 90.3                |
| Carlota               | 32.0                        | 63.3                |

## 2. En Perú

Se han realizado pruebas de segregación con mineral de Santa Rosalía en referencia a las condiciones obtenidas en México; (por la existencia de poca cantidad de muestra). Por los resultados mostrados en las Tablas N° 4.4 y 5.1 se puede apreciar que las recuperaciones de cobre en ambas son bastante similares;

Según la Tabla N° 4.4, se puede observar un mejor resultado de una ley de concentrado de 29% Cu y una recuperación del 91.3%. Si se efectuaran varias limpiezas (recleaning), podría presumirse leyes de concentrado de 45% Cu y recuperaciones del 87%.

Consideramos que sería muy ventajoso para Perú, México y el Japón realizar un intenso y profundo intercambio de experiencias tecnológicas sobre la aplicación del proceso de segregación.

## VI.- AGRADECIMIENTO

Hacemos llegar nuestro agradecimiento a JICA por hacer posible este intercambio de experiencias tecnológicas sobre la tecnología de Segregación entre México y Perú, en Octubre de 1984.

Asimismo a la Dirección Ejecutiva del INGEMMET y a la Dirección General de Metalurgia, quiénes nos han brindado las facilidades necesarias para la realización del estudio de segregación con minerales de Santa Rosalía, utilizando los laboratorios del INGE - MMET.

JULIO 1985.


Lima, 14 de setiembre de 1984

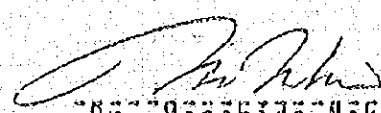
Señora  
Carmen Corrales  
Jefe de la Unidad de Capacitación  
Ingenmet.

De nuestra mayor consideración :

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a fin de hacerle llegar para su conocimiento el Plan de Trabajo que se desarrollará en el Laboratorio de Tecamachalco (CMF) - Comisión de Fomento Minero - México. Esta comisión será realizada por el Dr. Masahide Nakao y el Ing. Jorge Quispe Bustamante, a partir del 03 de octubre al 17 de octubre del presente.

Atentamente,

  
Ing. Jorge Quispe B.

  
Dr. Masahide Nakao  
Experto-JICA

/ee.

## PLAN DE TRABAJO

### INTRODUCCION

Convenio entre JICA y los Estados Unidos Mexicanos. Esta cooperación se inició en 1979 y culminará en noviembre de 1984.

Las acciones que se están realizando en México :

- Beneficio de minerales de cobre, plomo y zinc, de difícil tratamiento, así como también la fundición de éstos concentrados.
- Aplicación del proceso de segregación a minerales oxidados refractarios mexicanos.
- Ayuda técnica en análisis químico, como resultado de esta cooperación.
- En los laboratorios de Tecamachalco se encuentra el Experto japonés de JICA Ing. Yasumasa Ito.

### CENTRO DE TRABAJO

- Laboratorio de Tecamachalco - Comisión de Fomento Minero (CFM) , Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- Permanencia : 15 días , del 03 de octubre al 17 de octubre del presente.
- Miembros : Ing. Masahide Nakao  
Ing. Jorge Quispe Bustamante

PROGRAMA

- Día 03. Salida de Lima 23.55 (AR ARGENTIN 384)
- Día 04 Arribo a México 04.20 :  
visita a Oficina de JICA - MEXICO.
- Día 05 Visita al Laboratorio de CFM - para intercambiar  
experiencia técnica
- Día 06 Preparación y recolección de datos
- Día 07 Descanso (domingo)
- Día 08 Intercambio experiencia técnica
- Día 09 Realización de pruebas
- Día 10 Realización de pruebas
- Día 11 Visita a la Mina Pachuca que trata minerales de  
plata.
- Día 12 Visita a la Mina Taxco que trata minerales de  
plata
- Día 13 Descanso (sábado)
- Día 14 Descanso (domingo)
- Día 15 Intercambio técnico y realización de pruebas  
metalúrgicas
- Día 16 Discusión de resultados de las pruebas metalúr-  
gicas.
- Día 17 Regreso al Perú :  
(México 14.45 y llegada a Lima 23.45 Air Panamá )

## OBJETIVO

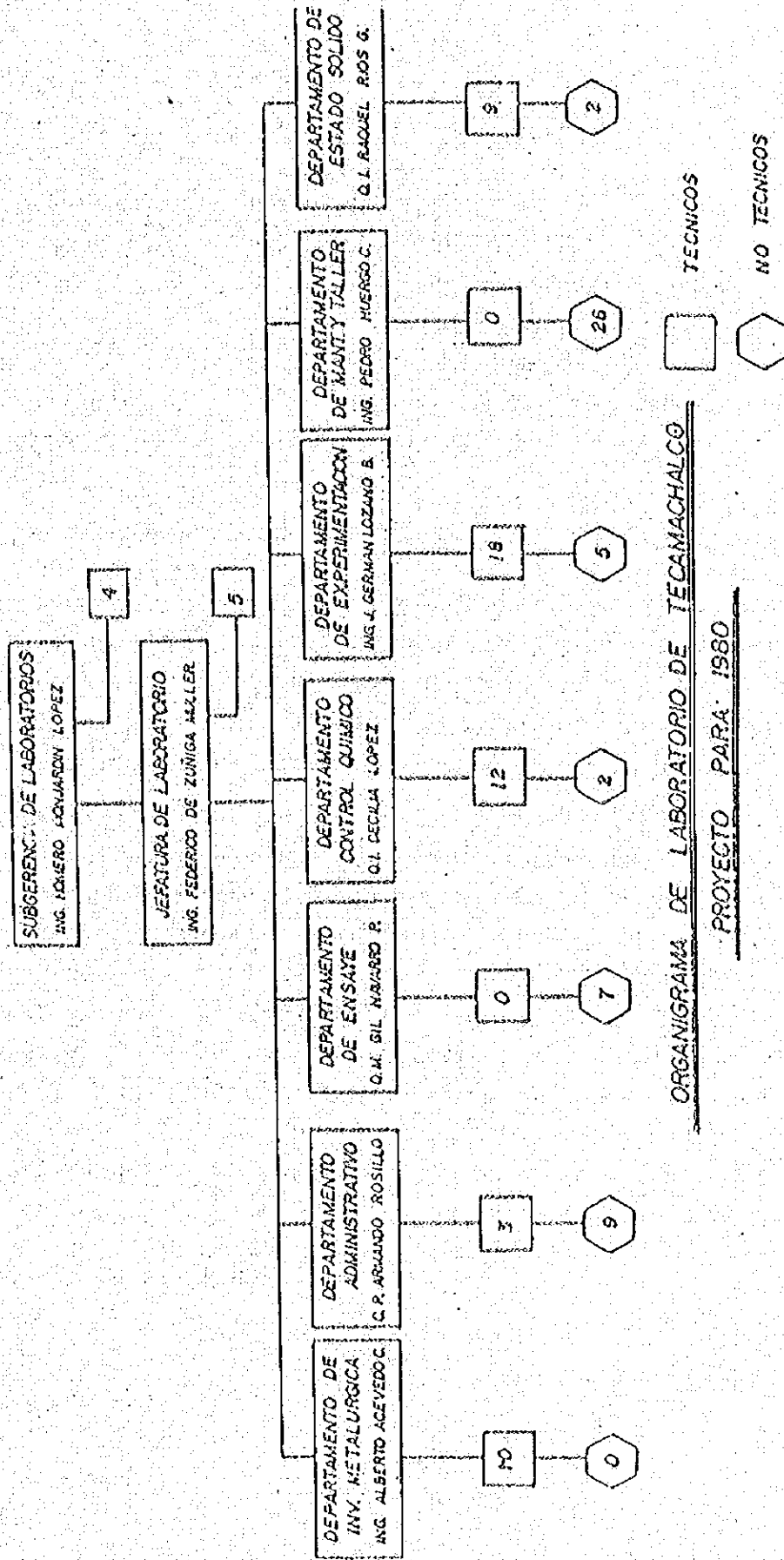
Intercambiar experiencias técnicas con los Profesionales del Laboratorio de Tecamachalco (CMF - Comisión de Fomento Minero - México)

1. Prueba fundamental de segregación.
  - . Metodología
  - . Mejorar los equipos de segregación
  - . Fundamentar las condiciones tiempo y temperatura; reactivos : NaCl y Coke , que influyen sobre en el proceso de segregación.
  - . Programación de pruebas.
  - . Entrenamiento de personal
  - . Cambiar la naturaleza de minerales por el proceso de segregación.
  - . Recuperación de metales preciosos mediante el proceso de segregación.
  - . Flotación.
2. Prueba de segregación , utilizando horno rotatorio
3. Método para reducir la pérdida de recuperación de metales preciosos.
4. Análisis químico de productos de segregación.

/es.



VI Tecamachalco 研究所の組織図





puerto de Tecamachalco 26  
11000 México, D. F.  
apartado postal 10-762  
tel. 540 34 00 al 09 540 66 60 al 64  
telex 01771382

comisión de fomento minero

50 aniversario  
1934 - 1984

México, D. F., a 18 de octubre de 1984.

### MINUTA DE INTERCAMBIO

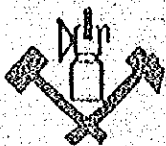
#### I. - Introducción.

Del 4 al 18 de octubre de 1984, se llevó a cabo en el Centro de Investigación e Experimentación Metalúrgica de la Ciudad de México perteneciente a la Comisión de Fomento Minero el intercambio de experiencias tecnológicas sobre el Proceso de Segregación aplicado a minerales oxidados de Cobre, entre el grupo J.I.C.A. en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de la República de Perú y el grupo J.I.C.A. en el centro antes mencionado de la Comisión de Fomento Minero.

Los participantes fueron por el grupo J.I.C.A. - Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de Perú (INGEMMET): el Ing. Masahide Nakao, experto de J.I.C.A. e Ing. Jorge Quispe Bustamante, metalurgista, por el grupo J.I.C.A. - Comisión de Fomento Minero: el Ing. Yasumasa Itoh experto de J.I.C.A. e Ing. Humberto Concha Pérez, metalurgista.

II. - Las actividades de este intercambio se realizaron de acuerdo al siguiente orden:

- 4 de octubre .- Llegada a México
- 5 de octubre .- Presentación del Proyecto de segregación de Comisión de Fomento Minero; México.  
Presentación del Proyecto de segregación del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de Perú.
- 6 de octubre .- Día de descanso
- 7 de octubre .- Día de descanso



pueblo de tecamachalco 26  
11000 México, d. l.  
apartado postal 10-762  
tel. 540 34 00 al 03 540-66-60 al 64  
telex 01771382

## comisión de fomento minero

50 aniversario  
1934 - 1984

- 8 de octubre .- Intercambio de Tecnología. Preparación de prueba.
- 9 de octubre .- Intercambio de Tecnología. Prueba de segregación con horno rotatorio.
- 10 de octubre .- Intercambio de Tecnología. Prueba de segregación en Horno con tubo de cuarzo.
- 11 de octubre .- Visita a la Unidad Taxco, de Industrial Minera México S. A.
- 12 de octubre .- Día de descanso
- 13 de octubre .- Día de descanso
- 14 de octubre .- Día de descanso
- 15 de octubre .- Visita a la Compañía Real del Monte y Pachuca.
- 16 de octubre .- Intercambio de Tecnología. Prueba de Segregación con horno de tubo de cuarzo.
- 17 de octubre .- Conclusiones y Redacción de informe
- 18 de octubre .- Redacción de informe. Salida a Perú.

### III Observaciones

#### 1.- Etapa Basica:

Anteriormente se obtuvieron resultados favorables, aunque en las pruebas de segregación realizadas durante el intercambio, se tuvieron probablemente lecturas erróneas de temperatura, por lo cual no se obtuvo la segregación esperada. Pero la secuencia del proceso fue apreciada en detalle.

La muestra de Sta. Rosalía, tiene alrededor de 10% de Mn, sin embargo no se ha determinado que influencia tiene este elemento en el proceso de segregación, considerándose hasta ahora que no afecta.

Es recomendable que el sistema de enfriamiento utilizando gas nitrógeno, pueda ser aplicada en el proyecto en Perú.



planta de tecamachalco 26  
11000 México, d. f.  
apartado postal 10-762  
tel. 540 34 00 al 09 - 540-66-60 al 64  
telex 01771382

50 aniversario  
1934 - 1984

## 2.- Etapa de Aplicación.

Las pruebas de segregación en horno rotatorio, presentan resultados irregulares debido a que no se tiene un mezclado adecuado de la carga, punto en el cual el proyecto en Perú, utiliza un tubo de acero con un levantador interior.

## 3.- Análisis Químicos.

Se presentan dos dificultades en el ataque de los productos de segregación que son: el cobre segregado en la superficie del coque y el cobre contenido en la matriz silicosa.

El método que utiliza la Comisión de Fomento Minero, para el ataque mencionado es con solución de ácido fluorhídrico.

## 4.- Comentarios Finales.

La aplicación del proceso de segregación a los minerales de Sta. Rosalía, todavía no es adecuado, sin embargo como el proyecto del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de Perú, estudia minerales argentíferos con alto contenido de Mn y México también cuenta con este tipo de minerales, el proceso que se diseñe, permitiría el aprovechamiento de estos recursos, en ambos países.

Tomando en cuenta que Japan International Cooperation Agency y Comisión de Fomento Minero, tienen en trámite un nuevo proyecto, -- dentro del cual se abarca el proceso de evaporación con cloruro, que incluye la construcción de planta piloto, se considera importante continuar el intercambio de experiencias con el proyecto que se desarrolla en Perú.

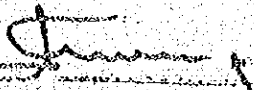


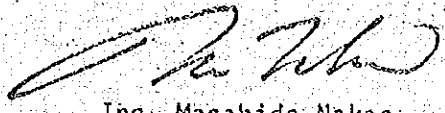
punto de Iecamáchaico 26  
11000 México, d. F.  
apartado postal 10-762  
tel. 540 34 00 al 09 540-68-60 al 64  
telex 01771382

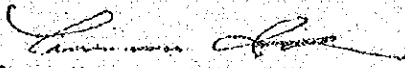
50 aniversario  
1934 - 1984

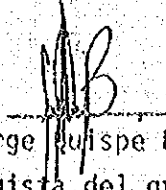
Este tipo de intercambio permiten una comunicación directa de experiencias entre el personal de países que tienen proyectos con J.I.C.A. como en este caso Perú y México.

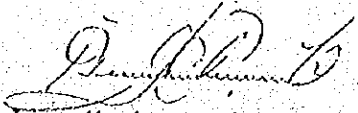
Finalmente agradecemos a Japan International Cooperation Agency el amplio apoyo que brinda a este tipo de intercambios.

  
Ing. Homero Monjardín López  
Gerente de Laboratorios  
Comisión de Fomento Minero.

  
Ing. Masahide Nakao  
Experto de J.I.C.A. - Instituto  
Geológico, Minero y Metalúrgico  
de Perú.

  
Ing. Yasumasa Itoh  
Jefe del grupo J.I.C.A.  
Comisión de Fomento Minero

  
Ing. Jorge Luis Bustamante  
Metalurgista del grupo J.I.C.A.  
Instituto Geológico, Minero y  
Metalúrgico en Perú.

  
Ing. Humberto Concha Pérez  
Jefe del Departamento de Control  
Químico y Ensaye de la  
Comisión de Fomento Minero.

## Reporte de Análisis por Cu de Productos de Segregación de Cu.

Ing. Mónica Bustos N.

Se recibieron 6 muestras de productos de las pruebas de segregación de cobre efectuadas en la Comisión de Fomento Minero para realizarles análisis de cobre.

Las muestras fueron entregadas en dos lotes, ambos lotes estaban constituidos por concentrado, medios y colas.

El método de determinación de cobre que se empleó fue el de Absorción Atómica, en el cual las muestras se prepararon por duplicado aplicándoseles ácido clorhídrico, nítrico y fluorhídrico para su descomposición.

Se obtuvieron bajos contenidos de cobre en las soluciones, por lo tanto no fue necesario emplear el método volumétrico para checar los resultados.

Los resultados que se obtuvieron son los siguientes.:

|        | Producto    | % Cu   | Se recibió Lote | Se entregó resultado |
|--------|-------------|--------|-----------------|----------------------|
| Lote 1 | Concentrado | 13.125 | 16-X-84         | 17-X-84              |
|        | Medios      | 1.700  |                 |                      |
|        | Colas       | 1.440  |                 |                      |
| Lote 2 | Concentrado | 6.950  | 17-X-84         | 18-X-84              |
|        | Medios      | 0.795  |                 |                      |
| *      | Colas       | 0.480  |                 |                      |

\* Se Tuvo cierta variación en la lectura del equipo.



comisión de fomento minero

punto de tecamachalco 26  
11000 México, d. F.  
apartado postal 10-762  
tel: 540 34 00 al 09 540-66-60 al 64  
telex 01771382

50 aniversario  
1934 - 1984

GL-190

18 de Octubre de 1984.

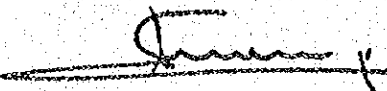
ING. FRANCISCO SOTILLO PALOMINO  
Director Ejecutivo del Instituto de Geología  
Minería y Metalúrgia  
Lima, Peru.

Apreciable Ingeniero:

Por este conducto me permito informarle que a través de los Señores, Dr. Masahide Nakao e Ing. Jorge Quispe Bustamante estamos enviando a esa Institución, un kilogramo de minerales oxidados de cobre, molidos a -48 mallas (295 micras), procedente de Santa Rosalía, Baja California Sur México, con el fin de aplicarle el proceso de segregación en sus instalaciones.

Lo anterior es parte del intercambio tecnológico que estamos realizando entre el INGEMMET-PERU y COMISION DE FOMENTO MINERO-MEXICO.

A t e n t a m e n t e

  
ING. HOMERO MONJARIN LOPEZ  
Gerente de Laboratorios

Copia para:  
Expediente.  
Consecutivo.  
HCP / ang.

## I N D I C E

- INTRODUCCION
- DESARROLLO
- Entrevista de presentación ante la Gerencia de Laboratorios.
- Reunión de presentación de los Proyectos.
- Descripción del procedimiento de experimentación con horno rotatorio.
- Descripción del procedimiento de experimentación con horno de tubo.
- Visita a la Planta de Beneficio "El Solar" de la Cía. Industrial Minera de México. (Ciudad de Taxco).
- Visita a la Planta de Beneficio, Cianuración, Fundición y Refinería "Hacienda Loreto" de la Cía. Real del Monte y Pachuca S.A.
- CUADRO N°1 : Balance Metalúrgico de la prueba de segregación en el horno rotatorio.
- FIGURA N°1 : Esquema del tubo de acero del horno eléctrico rotatorio Isuzu.
- CUADRO N°2 : Balance metalúrgico de la prueba de segregación con el horno de tubo.
- Flow-Sheet de la Planta de Beneficio "El Solar" de la Cía. Industrial Minera de México.
- Flow-Sheet de la planta de Beneficio, Cianuración, Fundición y refinería "Hacienda Loreto" de la Cía. Real del Monte y Pachuca S.A.
- RESUMEN.



INFORME TÉCNICO SOBRE EL PLAN DE TRABAJO DESARROLLADO EN  
EL LABORATORIO DE TACAMACHALCO (CMT)  
CIUDAD DE MEXICO

INTRODUCCION

El Gobierno de Japón a través de JICA ha colaborado con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (Laboratorio de Tacamachalco de la Comisión de Fomento Minero de la Secretaría de Minas e Industria Paraestatal) en el campo del desarrollo minero-metalúrgico, en las siguientes áreas de estudio que fueron:

- a) Beneficio de Sulfuros Masivos (flotación de minerales complejos de cobre, plomo, y zinc)
- b) Segregación de Minerales de Cobre (Oxidos)
- c) Tecnologías en Química Analítica.

El proyecto se inició con la firma del documento legal respectivo, el 5 - 12 - 79, y los estudios programados empezaron a realizarse a partir del 17 - 9 - 80. Los items (b) y (c) se desarrollaron conjuntamente; el experto JICA, Shoji Iwabuchi y la contraparte mexicana conformada por los Ingenieros: Arturo Gutiérrez y Humberto Concha, realizaron este estudio sobre segregación y seleccionaron al mineral de cobre (Óxido) del distrito de Santa Rosalía (Estado de B.C. Sur).

La Mina Planta de beneficio y fundición de Santa Rosalía hasta el año de 1950 producían alrededor de 1000 TM de cobre fino al mes, sin embargo en la actualidad producen 100 TM de

...

...

cobre fino por mes, por lo que el tratamiento metalúrgico actual que se utiliza para obtener cobre blister a partir de concentrado de cobre de baja ley resulta no-costeable, de allí que se requiera encontrar un tratamiento metalúrgico que se haga económica, para tratar los minerales de Santa Rosalía.

El período de los ítems (b) y (c) finalizaron el día 4 - 12 - 83, sin embargo el ítem (a) continúa desarrollándose en el mes de Marzo de 1984, la Comisión de Fomento Minero elaboró el informe: "Estudio Básico Sobre Proceso de Segregación de Minerales de Cobre, Procedente de Santa Rosalía B.C. Sur", en el cual, recomiendan "...continuar la experimentación con el fin de comprobar algunos de los parámetros del proceso que todavía no son confiables, y se hace una comparación entre el proceso actual (fundición) y el proceso de Segregación, esta comparación está hecha con datos estimados de los procesos". El Laboratorio de Tecamachalco cuenta con 7 departamentos;

1).- Departamento de Servicio y Apoyo.

Con carácter administrativo, que se encarga de recibir las muestras de mineral.

2).- Departamento de Experimentación Metalúrgica

Donde se realiza la preparación mecánica del mineral recibido, y se efectúan las operaciones de concentración de minerales y procesos metalúrgicos nivel de pruebas básicas y de planta piloto.

3).- Departamento de Investigación Metalúrgica.

Comprende al equipo de Ingenieros que realizan la función de investigadores.

4).- Departamento del Estado Sólido.

Donde se realiza la caracterización mineralógica de la muestra recibida utilizándose las técnicas de la

microscopía electrónica, microscopía óptica, análisis cualitativo espectral, análisis térmico-diferencial, análisis térmico-gravimétrico.

5).- Departamento de Control Químico.

Donde se realiza el análisis químico de la mayoría de los elementos utilizando las técnicas de la vía clásica vía instrumental y por absorción atómica.

6).- Departamento de Ensayo

Donde se realiza el análisis químico de plata y oro utilizando la técnica de la vía seca.

7).- Departamento de Mantenimiento de vehículos, soldadura--carpintería.

### DESARROLLO

#### Presentación ante la Gerencia de Laboratorios

- Se explicó brevemente las actividades que realiza el IN GEMMET a través de la Dirección General de Metalurgia, - en cuanto a la prestación de servicios a la pequeña y - mediana minería, así como el desarrollo de proyectos metalúrgicos que favorablemente repercutirán en la actividad minera del Perú.

#### Reunión de Presentación de los proyectos.

- La contraparte peruana estuvo integrada por los Ingenieros M. Nakao, experto JICA, y Jorge Quispe, quienes expusieron las generalidades y avances del Proyecto: "Segregación de Minerales Oxidados Refractarios de Cobre y Elementos Asociados" que comprendieron:

- Antecedentes
- Descripción de las metas y alcance del trabajo a realizarse
- Desarrollo del proyecto en el área de Metalurgia a partir de Noviembre de 1983 a Mayo de 1984.
- Programación de Actividades Enero 84 - Marzo 85
- Personal.

La contraparte mexicana estuvo conformada por dos Ingenieros Yasumasa Ito, experto JICA y Humberto Concha, quienes expusieron el informe: "Estudio Básico sobre el Proceso de Segregación de - Minerales de Cobre procedente de Santa Rosalía, Baja California Sur", que comprende:

I).- ETAPA DE TECNOLOGIA BASICA: Investigación con horno de tubo

1. Reacción de segregación
2. Estudio de muestra
  - a) Análisis Cualitativo por Espectrómetro de cada muestra
  - b) Determinación de Minerales por Difractómetro de Rayos X
  - c) Análisis Químico de cada Muestra de mineral y Reductores
3. Método de Investigación y Equipos usados.
4. Resultados de pruebas.
  - a) Influencia de Temperatura
  - b) Influencia de Cloruros
  - c) Influencia de Reductores
  - d) Influencia de Granulometría
  - e) Influencia de Atmósfera usada
  - f) Reacción de Segregación y Distribución del Cobre
  - g) Pruebas de Flotación

II).- ETAPA DE TECNOLOGIA APLICADA: Investigación con Horno Rotatorio.

1. Estudio de Muestras.
  - a) Análisis Químico de Muestra
  - b) Análisis Químico de Reductores

- c) Granulometría de Muestra y Contenidos de Cobre
- d) Granulometría de Reductores
- 2. Método de Investigación y Equipo usado
- 3. Resultados de Pruebas
  - a) Influencia de temperatura
  - b) Influencia de cantidad de cloruros
  - c) Influencia de cantidad de reductores

### III). LINEAMIENTO PRELIMINARES A SEGUIR PARA DISEÑO DE LA PLANTA INDUSTRIAL

1. Proceso
2. Instrumentación
3. Evaluación Económica

### IV). APENDICE

- Anexo N°1 Secuencia de Experimentación con el horno de tubo
- Anexo N°2 Secuencia de Experimentación con el horno rotatorio
- Anexo N°3 Determinación de las Fases de Cobre en un Concentrado de Coquización.

#### DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACIÓN CON HORNO ROTATORIO

1. Determinación del Tamaño y Peso del mineral.
  - a) Muestra: 12 MG, mezcla en relación de 1aa 1, de Sn Guillermo (12 J) y Sondco 23 (13 J)
  - b) Cantidad: 300 gramos
  - c) Granulometría: -48 mallas.
2. Se coloca el tubo de acero (reacción dentro del horno eléctrico rotatorio y se oprime el botón ON del tablero de control, por el cual comienza a rotar el tubo de acero

a una velocidad de 5 RPM, mediante una cadena de hebillas que transmite el movimiento del eje del motor eléctrico al tubo de reacción.

3. 3. Se carga la muestra, empujándolo hacia el interior del tubo de acero, donde comienza a mezclarse el mineral, sin embargo el tubo de reacción no posee levantador, lo cual permitiría un mezclador adecuado de la muestra mientras dure la prueba.

4. Elevar la temperatura del horno.

Se oprime el botón del manual del tablero de control y se puede observar que el amperímetro registra 40 amperios y el voltímetro registra 220 voltios, y se programa la temperatura a 800°C; aproximadamente tarda una hora en alcanzar dicha temperatura.

5. Mezclar la muestra, cada 30 minutos utilizando una cuchara con mango largo. Durante la etapa de calentamiento del horno, desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de tostación se colocan en la entrada y salida del tubo de reacción, papel aluminio con un orificio al centro, con la finalidad de retener el mineral que acompaña al vapor de agua.

6. Mantener la temperatura señalada de tostación ( $T = 800^{\circ}\text{C}$ ) durante el tiempo establecido ( $T = 60$  minutos).

Al empezar la etapa de tostación, se retiran los papeles aluminio y se colocan tapones de yeso forrado con papel aluminio, en la entrada y salida del horno, cada tapón tiene un orificio por donde pasa un tubito de vidrio que está conectado a una manguera pequeña, estas mangueras son presionadas con ganchitos de madera con el objeto de

evitar la pérdida de mineral arrastrado por los gases producidos durante la tostación.

7. Se programa la temperatura a  $850^{\circ}\text{C}$ , en el tablero de control, dicha temperatura se alcanza aproximadamente en 10 minutos.
8. Determinación de la cantidad de cloruro y peso del agente reductor.
  - a) Cloruro de sodio : 5 gramos (1%)
  - b) Coke: 20 gramos (4%), con una granulometría de -65 mallas + 100 mallas.
9. Cargar el NaCl y el coque, mezclándose adecuadamente con el mineral tostado, en el interior del tubo de acero.
10. Se sellan herméticamente la entrada y salida del tubo de acero, utilizando yeso húmedo que recubren las hendiduras que existen en los tapones.
11. Mantener la temperatura señalada de segregación ( $T=850^{\circ}\text{C}$ ) durante el tiempo establecido ( $t = 60$  minutos).
12. Al finalizar la etapa de segregación, se oprime el botón del manual del tablero de control, por lo que la temperatura del horno rotatorio comienza a descender, y se hace pasar el flujo de gas nitrógeno por el interior del tubo de reacción que continúa rotando durante 10 minutos; se instalan el balón de gas cuyo rotámetro debe indicar el 60% del máximo del flujo  $\text{N}_2$  y  $\text{NPK.947}$ , la manguera que se conecta a la entrada del tubo de reacción y la manguera conectada a la salida y unida a los frascos lavadores de gas.

13. Al finalizar la etapa N°12, se oprimo el botón OFF del tablero de control, por lo que se detiene la rotación del tubo de reacción y se procede a retirar las mangueras que suministran el gas  $H_2$  y los frascos lavadores de gas.

14. Retirar el tubo de acero del Horno Rotatorio.

Por lo que se tiene que realizar las siguientes acciones:

- Aflojar la cadena de hebillas y se la retira del tubo de acero.
- Con la ayuda de otra persona, se levanta la tapa superior del Horno Eléctrico Rotatorio, por lo que se recibe una intensa irradiación de calor.
- Valiéndose de una grúa, se levanta al tubo de acero que está a una elevada temperatura, y se le lleva a un costado y se le hace descender sobre una base metálica, donde permanecerá hasta enfriarse totalmente.
- Se le deja enfriar, al medio ambiente por un lapso de 30 minutos y se retiran los ganchitos de madera que estuvieron presionando las mangueras, por lo que la corriente de aire penetra al interior del tubo de reacción, a través de las mangueras de los tapones de yeso.

15. Luego se baña con agua fría a la superficie del tubo de reacción, varias veces, enseguida se procede a suspender en el aire al tubo de reacción, valiéndose de la grúa y se lo inclina hacia el extremo de salida amarrándolo con un alambre grueso a la base metálica, con la finalidad de que queda insovil; se utilizó papel aluminio, el cual se amarró con alambre delgado a la salida del tubo para aumentar su longitud con el objeto de evitar la pérdida del producto segregado durante el vaciado.

16. El producto segregado se vacía en una charola que contiene agua.



17. Flotación del producto segregado en una celda de capacidad de 2 Kgr.

Condiciones de flotación:

- Porcentaje de sólidos : 25 %
- Solución al 5% de xantato amilico de potasa. : 15 cc. (flotación primaria)  
3 cc. (flotación de limpieza)
- Aceite de Pino : 1 gota (flotación primaria)  
1 gota (flotación de limpieza)
- Tiempo de acondicionamiento. : 20 minutos (flotación primaria)  
2 minutos (flotación de limpieza)
- Tiempo de flotación : 20 minutos (flotación primaria)  
4 minutos (flotación de limpieza)
- Consumo de reactivo : 1.5 Kgr. xantato (O.P. (flot. primaria)  
TM Mineral.
- 300 grs, xantato (O.P. (flot. de limpieza)  
TM Mineral.

En la etapa de flotación primaria se observó que inicialmente aparecían espumas de color verde por lo que al xantato fue consumido por cobre soluble, sin embargo al finalizar esta etapa se pudo flotar cobre segregado, y que al realizarse la prueba del "plateo" se notó que había una capa de coke nadando sobre el agua, por lo que al observar se en el microscopio de bajo aumento se observó que en dicha capa se distinguían partículas de coke recubiertas de cobre metálico que estaban bastante oxidadas.

Se presenta el balance metalúrgico de la prueba de segregación mencionado y el esquema del tubo de acero (Reacción).

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE EXPERIMENTACION  
CON HORNO DE TUBO

1. Determinación del tamaño y peso del mineral.
  - a) Muestra: 12 MJ, mezcla de 1 a 1 de San Guillermo (12 J) y Sondeo 28 (13 J)
  - b) Cantidad: 50 gramos.
  - c) Granulometría :  $\approx$ 100 mallas
2. Se coloca el tubo de cuarzo dentro del horno eléctrico Estático Selma.
3. Se carga el mineral en una navecilla cerámica y se empuja la navecilla, hacia la posición central, dentro del tubo de cuarzo.
4. Se enciende el horno y se programa la temperatura a  $800^{\circ}\text{C}$ . y en el registrador de temperatura se observa un amperaje de 20 Amp. y un voltaje de 220 voltios. Durante el calentamiento que dura una hora, la entrada y salida del tubo de cuarzo están abiertas, observándose la salida del vapor de agua.
5. Al alcanzarse la temperatura de tostación ( $T = 800^{\circ}\text{C}$ ), se colocan en la entrada y salida del tubo de cuarzo, los tapones de jeba provistos de orificios los cuales están conectados a tubitos de vidrio unidos a mangueras pequeñas que se presionan con ganchitos de madera para evitar la pérdida de mineral durante la etapa de tostación que dura 30 minutos.
6. Al finalizar la etapa de tostación, se retira el tapón de jeba de la entrada del tubo de cuarzo, y se retira hacia afuera la navecilla y se agregan los siguientes reactivos:

- Coke : 2.0 gramos (4%) a la granulometría de -65 ma-  
llas y 100 mallas.
- Cloruro de Sodio: 0.5 gramos (1%)

Se procede a mezclarlos adecuadamente con el mineral tos-  
tado de la navacilla y se empuja la navacilla hacia el in-  
terior del tubo de cuarzo mediante una varilla.

7. En el registrador de temperatura se programa la temperatu-  
ra a 850°C, la etapa de segregación a la temperatura  
(T = 850°C) dura 30 minutos; los tapones de jabo están se-  
llados con yeso húmedo y las mangueras de los tubitos de  
vidrio de los tapones de entrada y salida están presiona-  
dos con ganchos de madera con el objeto de evitar la pér-  
dida de cloruro de cobre que se presenta como vapor de  
color verdoso.
8. Al finalizar la etapa de segregación, se apaga el horno y  
se instalan el balón de gas N<sub>2</sub>, las mangueras a la entra-  
da y salida del tubo de cuarzo y los frascos lavadores de  
gas y se hace pasar el flujo de gas nitrógeno, a través  
del interior del tubo de cuarzo que dura 1 hora.
9. Aproximadamente 30 minutos después de que se ha apagado -  
el horno se levanta la tapa superior del horno eléctrico  
estático, con la finalidad de que el tubo de cuarzo pueda  
enfriarse al medio ambiente.
10. Al finalizar la etapa del paso de flujo del gas nitrógeno  
se retira la navacilla cerámica que contiene el producto  
segregado y se lleva a flotación.  
Se puede apreciar las siguientes observaciones:
  - El enfriamiento de la muestra ocurre en el interior del  
tubo de cuarzo que se encuentra dentro del Horno

## Eléctrico Estático.

- El horno mencionado no posee chaquetas de agua que puedan refrigerar el tubo de cuarzo caliente.
- La navicilla cerámica no posee tapa, de allí cuando se encuentra en el interior del tubo de cuarzo el mineral durante el proceso de segregación, está expuesto a un considerable volumen de aire (ambiente oxidante), que resulta perjudicial al proceso en mención.
- La utilización del flujo de gas inerte de nitrógeno tiene por función desplazar el volumen de aire caliente del interior del tubo de cuarzo hacia afuera, con la finalidad de evitar de que el producto segregado pueda oxidarse.
- Al extraerse la navicilla del interior del tubo de cuarzo, se observó la existencia de tres zonas coloreadas, las zonas de los costados el mineral tenía color sardo y la zona central tenía color gris oscuro.

## 11. Flotación del producto segregado en una celda de capacidad de 150 ml.

## Condiciones de flotación:

- Porcentaje de sólidos: 25%
- Solución al 1% de xantato amílico de potasa. : 2 cc (flotación primaria)
- Aceite de Pino : 1 gota (flotación primaria)
- Tiempo de acondicionamiento. : 2 minutos (flotación primaria)
- Tiempo de flotación : 20 minutos.
- Consumo de Reactivos : 400 hrs. xantato S.P. (flot. primaria)

Mineral

Al observarse en el microscopio de bajo aumento, se pudo apreciar que las partículas de coke no presentaban

presencia de cobre segregado, observándose además una apreciable cantidad de cenizas de coque entre las partículas de mineral, lo que parece indicar que hubo ambiente oxidante en la navecilla, durante el proceso de segregación.

Durante la etapa de flotación primaria, se flotó abundante coque.

#### VISITA A LA PLANTA DE BENEFICIO "EL SOLAR" DE LA CIA. INDUSTRIAL MINERA DE MEXICO

Está ubicada en la ciudad de Taxco en el Estado de Guerrero, la capacidad de la planta es de 3,300 TM/día, y el mineral tratado tiene los siguientes leyes:

Plata : 130 gramos /TM.  
 Plomo : 1.50%  
 Zinc : 4.00%  
 Cobre : 0.99%  
 Hierro : 10.00%  
 Oro : 0.33 gramos/TM.

#### TRITURACION

El mineral es reducido a  $-5/8"$  mediante 2 trituradores cónicos standards de 5 1/2' symons y 2 trituradores cónicos de cabeza corta de 5 1/2' symons.

#### MOLINERIA

Se efectúa mediante 3 molinos de bolas de 6' x 12', la descarga de los molinos:

Porcentaje de sólidos: 34%  
 Granulometría : 66.2%  $-200$  mallas.

FLOTACION DEL PLOMO

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Reactivo para deprimir el zinc : | Mezcla triple conformada por                                   |
|                                  | 60% de $\text{Na}_2\text{SO}_3$                                |
|                                  | 20% de $\text{NaCN}$   |
|                                  | 20% de $\text{ZnSO}_4$   |
| Consumo de mezcla triple :       | 82 gramos/TM mineral;  |
| Consumo de colector :            | 6 gramos de xantato isobutilico de sodio, 2-12 por TM mensual; |
| Ley del concentrado de Pb. :     | Plata : 3,200 gramos/TM  |
|                                  | Plomo : 48%  |
|                                  | Cobre : 2%   |
| Recuperación de plata :          | 74%  |
| Recuperación de plomo :          | 90%  |

FLOTACION DEL ZINC

|   |   |
|---|---|
| Consumo de reactivos para activar el zinc : | $\text{CuSO}_4$ : 125 gramos/TM                                   |
|   | $\text{CaO}$ : 900 gramos/TM                                      |
| Consumo de colector :                       | 26 gramos de xantato iso propilico de sodio, 2-11 por TM mineral. |
| Ley del concentrado de Zn :                 | Zinc: 54%   |
|   | Plata: 130 gramos/TM  |
|   | Hierro: 7.9%  |
| Recuperación del zinc :                     | 36%   |

FILTRADO

Las pulpas de los concentrados de plomo y zinc son enviados - separadamente a sus respectivos espesadores de 100' de diámetro

donde se separan los "sólidos", pulpas con alto porcentaje de sólidos, los cuales son bombeados mediante bombas de diafragma Dorx Oliver y bombas Wilfley hacia los filtros de tabor, de los cuales se obtienen concentrados de plomo y zinc con 15% de humedad respectivamente.

### PRESA DE JALES

La cola general que sale del circuito de flotación de Zn, es conducida a la presa de jales, que está ubicada a 6 Km. de la planta de beneficio y ha sido construida para recepcionar colas para 10 años; se observó que la pendiente de la presa es de 3 unidades de longitud por 1 unidad de altura. Cuando se lanzan las colas al centro de la presa, se envía la carga directa; sin embargo cuando se produce la descarga <sup>o</sup>área de la pendiente de la presa, se utiliza el hidrociclón.

### ABASTECIMIENTO Y RECUPERACION DE AGUA

Se abastece a la mina y a la planta de beneficio, trayendo agua desde 35 Km. del lugar.

El líquido que rebosa de los espesadores de concentrado de plomo y de zinc es enviado, separadamente, a sus respectivos espesadores clarificadores de 100' de diámetro y posteriormente son enviados a tanques tipo "pileta" respectivamente.

El líquido que rebosa de la presa de jales es enviado, hacia la planta de beneficio, se consigue una recuperación total de agua de 80%.

### PERSONAL

Operación : 66, incluyendo los 3 turnos.

Mantenimiento : 50, incluyendo soldadores, reparadores, ayudantes.

## CONTROL DE LA PRODUCCION

Cuenta con un laboratorio de pruebas metalúrgicas, laboratorio de análisis químico por la técnica de la vía húmeda, ensayo de plata y oro por la técnica de la vía seca y equipo de absorción atómica.

La empresa elabora periódicamente programas de operación y programas de mantenimiento preventivo de equipos.

### VISITA A LA PLANTA DE BENEFICIO CIARRACION FUNDICION Y REFINERIA DE LA CIA. "REAL DEZ MONTE Y PACHUCA S.A."

Está ubicada en la ciudad de Pachuca, en el Estado de Hidalgo.

Procedencia del mineral tratado: La Piedad, el Alamo, San Juan Pachuca, La Rica y Real del Monte.

|                        |   |
|------------------------|---|
| Capacidad de la Planta | : 3,450 TM/Día                                |
| Ley del mineral        | : Plata: 117 gramos/TM<br>Oro : 0.6 gramos/TM |
| Tolva de gruesos       | : 20,000 TM                                   |

### TRITURACION

El mineral es reducido al tamaño de  $-1/4$  mediante una Chancadora de quijotas, una Chancadora giratoria de 20" Traylor y 3 Chancadoras Sinton Standard de 3 1/2' Symons.

### POLESA

Se efectúa mediante 3 molinos de bolas de 11' x 6' Harcy que, utiliza bolas de 4" usándose y la desazuga de los molinos.



Porcentaje de sólidos : 50%  
 Granulometría : 61.3% - 200 mallas.

### FLOTACION BUBA

Reactivos de acondicionamiento: Aerofloat 404: 200 cc/min, en la descarga de cada molino.  
 $\text{CuSO}_4$ : 300 cc/min, en la <sup>ca</sup>de <sub>le</sub> neta que lleva la pulpa a las celdas de flotación. el sulfato de cobre se utiliza en dilución al 25%.

Colectores : Xantato C-123: 300-400 cc/min diluido al 10%.  
 Xantato S-3477: 300-400 cc/min.  
 Espumante : Cianafon - 65: 80 cc/min.

La pulpa ingresa a un tanque acondicionador que alimenta a dos bancos de celdas de flotación, al realizarse la prueba del "plateo", se observó abundante pirita acompañada de galena, por lo que se explica por el rebose de espumas que fue de color gris verdoso.

Ley del concentrado "bulk" : Plata: 2,293 - 6,070 gramos/TM  
 Oro : 32.7 gramos /TM

Recuperación : Plata: 76.6%  
 Oro : 94.3%

Ley de colas : Plata: 31 - 35 gramos/TM  
 Oro : 0.26 gramos /TM

Ratio de concentración : 43.92

Porcentaje de sólidos de la pulpa de concentrado "bulk" : 25%

Las colas son enviadas a la presa de jales.

## CIANURACION

Se efectúa en 5 tanques de agitación Dorr de 30' de diámetro y 24' de profundidad, de 464 metros cúbicos de capacidad; la pulpa del concentrado "bulk" recibe la adición de reactivos, siendo el consumo:

Cianuro de sodio : 2 Kgr/TM  
 Oxido de calcio : 2 Kgr/TM  
 Tiempo de agitación: 73 horas.

Para enviar la pulpa de un tanque a otro, se utilizan sifones con la finalidad de que la fuerza del cianuro en la pulpa permanezca constante, mientras dure la etapa de agitación, se realiza la titulación de la pulpa cada 2 horas.

Concentración de la pulpa  
 al finalizar la etapa de  
 agitación : 100 grs. de plata/metro cúbico

Esta pulpa es enviada al tanque espesador Dorr de 50' de diámetro y 15' de profundidad de 795 metros cúbicos de capacidad.

Concentración del reboso  
 del espesador : 45 - 60 grs. de plata/m. cúbico.

Consumo de reactivos en  
 la pulpa de colas del espesador : cianuro de sodio: 1.70-1.90 kgr/TM  
 : Oxido de calcio : 1.40-1.60 kgr/TM

La solución clara que rebosa del espesador es conducida a los filtros Butters "clarificadores" mientras que la pulpa de colas del espesador es enviada a 3 tanques de agitación Dorr de 30'

de diámetro y 20' de profundidad de 382 metros cúbicos de capacidad.

Tiempo de agitación de la pulpa de colas : 76 horas.

Al finalizar la etapa de agitación la pulpa de colas es sometida a decantación en contracorriente de 5 etapas, empleándose para ello, 5 tanques espesadores Dorr de 50' de diámetro x 13' de profundidad de 795 metros cúbicos de capacidad.

La pulpa de colas es bombeada al 1° tanque espesador al 2° espesador y sucesivamente hasta el 5° espesador mientras que la solución de lavado es sifoneada al 5° tanque espesador al 4° espesador y sucesivamente hasta el 1° espesador.

Resultando que, la solución clara que rebosa del 1° espesador es conducida a los filtros Butters "clarificadores" y la pulpa de color del 5° espesador es enviada a los filtros Butters.

#### FILTRACIÓN

Se efectúa en tanques Butters de 67" x 117" cada tanque utiliza 150 hojas forradas con lonas, el ciclo de filtrado dura 120 minutos, requiriéndose un vacío de 12" para obtenerse cakes de 7/8" de espesor.

Los filtros Butters "clarificadores" reciben a las soluciones claras que rebosan de los espesadores mencionados, y retienen a las lamas, con la finalidad de obtenerse una solución clarificada, la cual es conducida a los tanques receptores.

Los filtros Butters reciben a la pulpa de colas del 5° espesador del sistema de decantación en contracorriente, para obtenerse soluciones filtradas que retornan al 5° espesador y cakes de gangas que se envían a la crossa de jalas.

## PRECIPITACION

Volumen y concentración de la solución clarificada a tratar : 4,000 - 5,000 mts. cúbicos/día se. : 45-50 gramos Ag/lit. cúbico.

La solución clarificada es bombeada a los tanques de vacío Crowe de 6' x 12', con la finalidad de eliminar el  $O_2$  disuelto en la solución, luego recibe la adición de zinc en polvo

Consumo de zinc en polvo : 1.200 Kgr Zn/Kgr. de plata

La solución con el precipitado en suspensión es bombeada a los filtros prensa Merrill, para obtenerse una solución filtrada la cual es enviada a la planta de regeneración de cianuro de sodio y el cake de precipitados se envía al horno Reverbero, cada 200 horas.

Composición del cake de precipitados : 45% humedad y 75-80% plata.

## FUNDICION

Se efectúa en un horno reverbero de 10 TM de capacidad.

Fusión : A la temperatura de 1200°C, el coko recibe la adición de fundentes: cuarzo (5%) carbonato de sodio (6%) y bórax granulado (5%) y esta etapa dura 34 horas.

Afino : A la temperatura de 960°, la carga fundida recibe la adición de  $HNO_3$  y la insuflación de oxígeno y esta etapa dura 34 horas.

La plata lúllion fundida se vacía en la cámara

La plata bullion fundida es vaciada en la máquina moldeadora de ánodos.

Peso y Ley del anodo : 7 kilogramos  
Ag: 950-993 milésimos.

Producción de anodos : 4.5 Kg de oro/TM plata  
1.6 TM plata/semana.

### REFINERÍA DE PLATA

Se efectúa en las celdas electrolíticas tipo Thum, construidas con fibra de vidrio con resina, de 52" x 28" x 9" de dimensión provistas de canastas, del mismo material de la celda, como compartimento anódico. Ocho ánodos de plata bullion son colocadas en cada canasta, el cual tiene una tela filtrante que actúa como diafragma para evitar el contacto de los cristales de plata y los lodos anódicos producidos. El fondo de cada celda está forrado con acero inoxidable que actúa como cátodo en la reacción electrolítica.

#### Composición del electrolito

(nitrato de Cu y de Ag) : plata: 100-110 gramos/litro ; y  
cobre: 93 gramos/litro.

Voltaje y Amperaje : 3 voltios/celda; y  
150-200 amp/celda.

Los cristales de plata son removidos de las celdas para su lavado y secado. Actualmente, los cristales son lavados en un filtro de acero inoxidable. Se está instalando equipos como un

alimentador de gusanillos que enviará a los cristales (renovidos de la calda) a una centrifuga, del cual se espera obtener una separación eficiente de cristales bastante finos de la solución de electrolito. Esta solución se escurrirá y se le conducirá a una pila de asentamiento. Los cristales serán conducidos, mediante aire comprimido, a un depósito cerrado, donde recibirán un flujo de vapor de agua.

Ley de cristales de plata

lavanos : 999.8 a 999.9 milésimos

La fusión de los cristales de plata se efectúa en un horno eléctrico, utilizándose una máquina moldeadora de lingotes un depósito de agua y un ventilador de aire para enfriar lingotes.

Peso de lingote de plata

comercial : 30-35 Kgr. aprox.

Contenido de plata : 1,000-1,100 onzas Troy.

Ley de plata : 999.4 milésimos.

#### REFINERÍA DE ORO

El lodo anódico depositado en el fondo de la canasta de la calda electrolítica thm, es removido periódicamente, siendo lavado, secado y tratado con ácido nítrico caliente en una olla resistente al ataque químico, consiguiéndose la disolución de la plata y cobre para obtener una arena de oro cuya composición:

Oro: 97% y

Plata: 3%

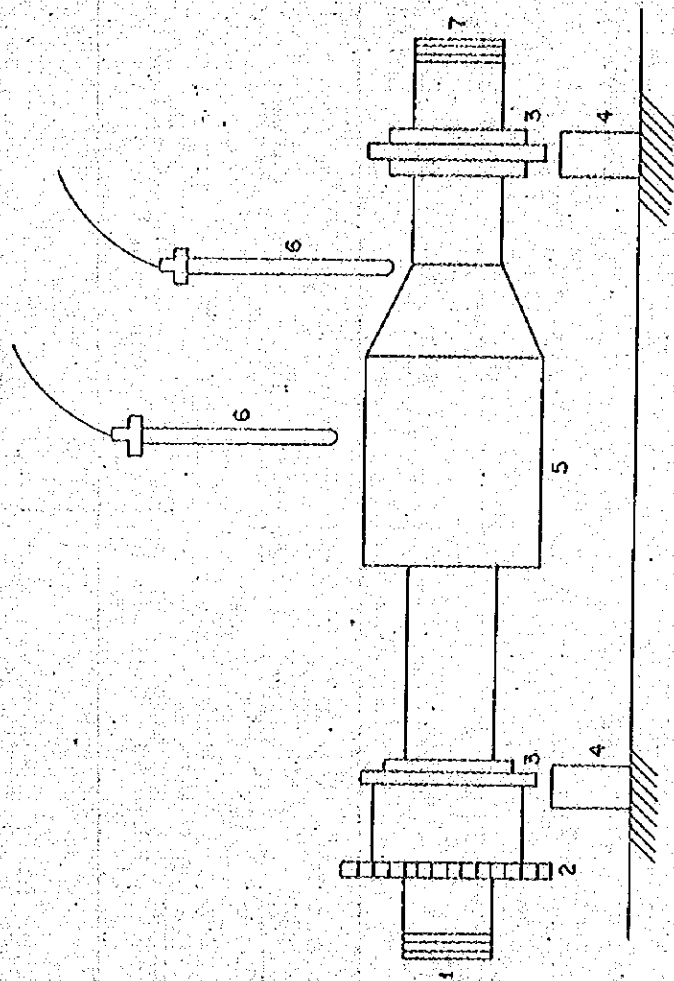
El oro impuro es fundido y moldeado en ánodo y enviado a la calda electrolítica Kehlwill de 15" x 11" x 8 2/7" de dimensión

que utiliza ánodo de oro impuro y cátodo de titanio, los cuales están conectados en paralelo, solución de cloruro de oro como electrolito, y se obtiene un depósito catódico de oro.

Ley de cátodo de  
oro electrolítico : 999.8 milésimos de pureza.







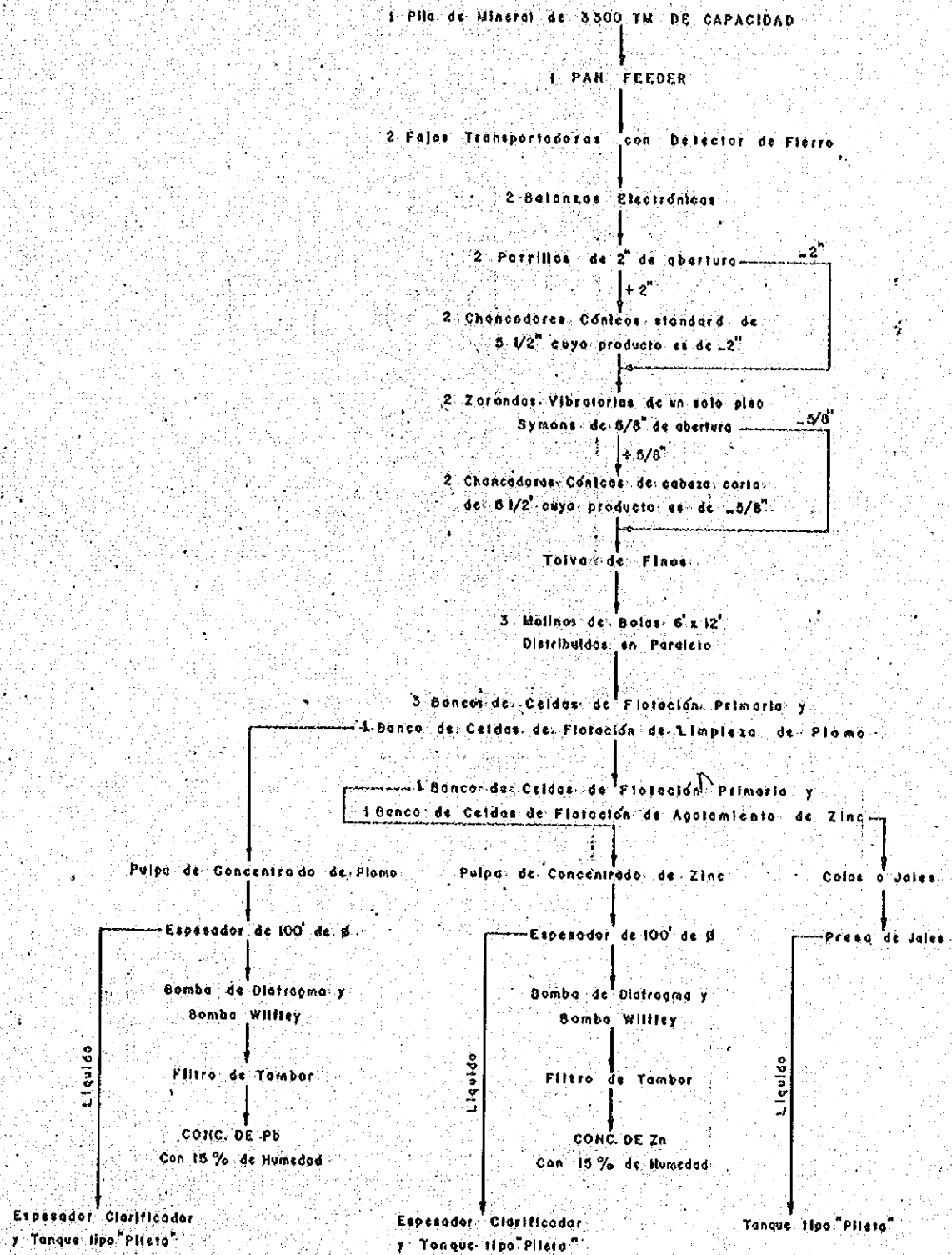
LEYENDA

- 1.- Entrada del tubo de reacción
- 2.- Engranaje donde se coloca la cadena de hérbilas que transmite el movimiento de rotación al tubo.
- 3.- Polines del tubo que descansan sobre la base metálica.
- 4.- Bases metálicas.
- 5.- En el interior del tubo donde se llevan a cabo las etapas de tostación y segregación no tiene elevador que podría permitir un mezclado adecuado del mineral con los reactivos durante la segregación.
- 6.- Termopares de Alumel-Cromel que están ubicados en la zona central y al costado derecho del tubo.
- 7.- Salida del tubo de reacción.

FIG. N.º 1.- ESQUEMA DEL TUBO DE ACERO DEL HORNO ELECTRICO ROTATORIO

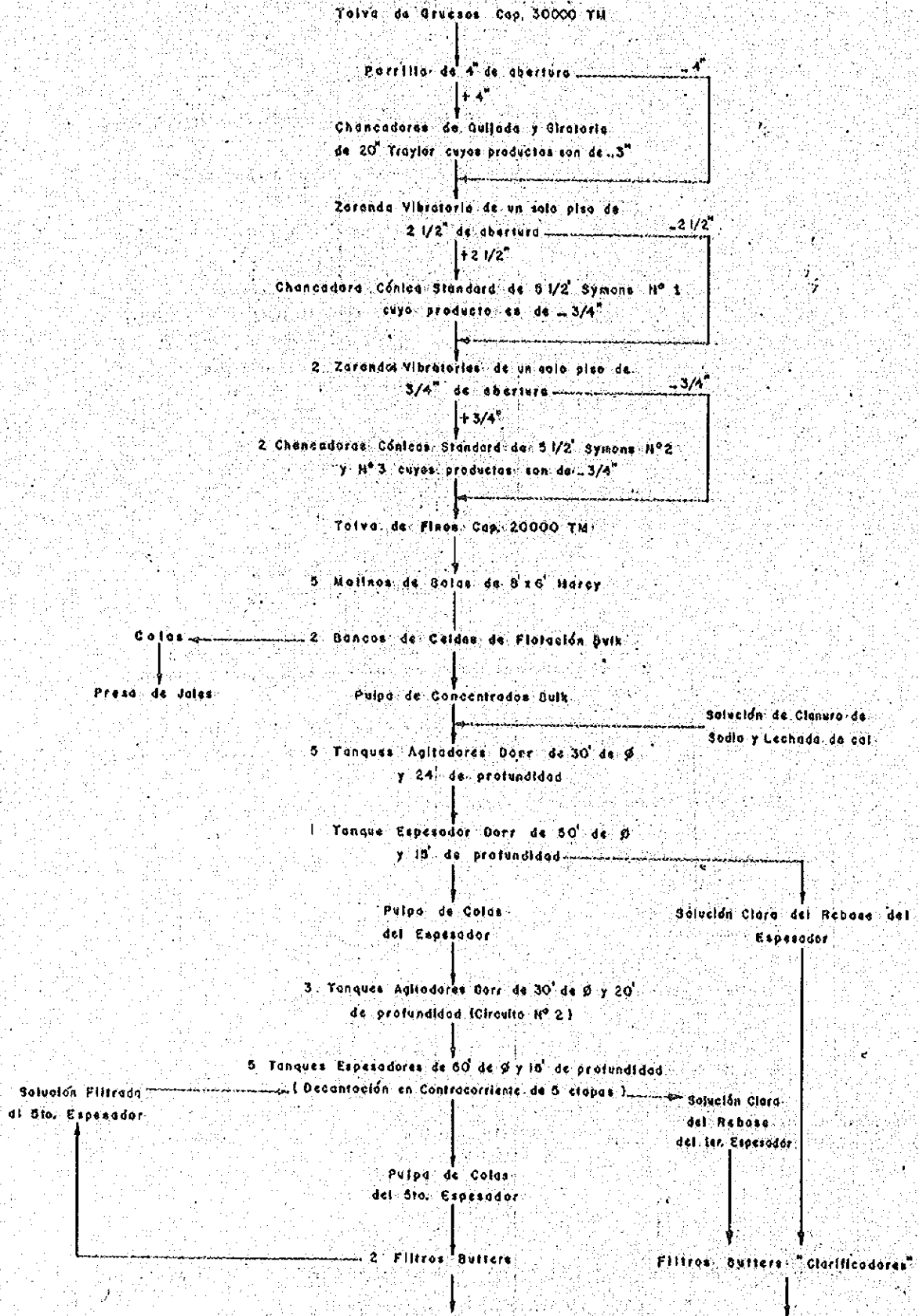
ISUZU

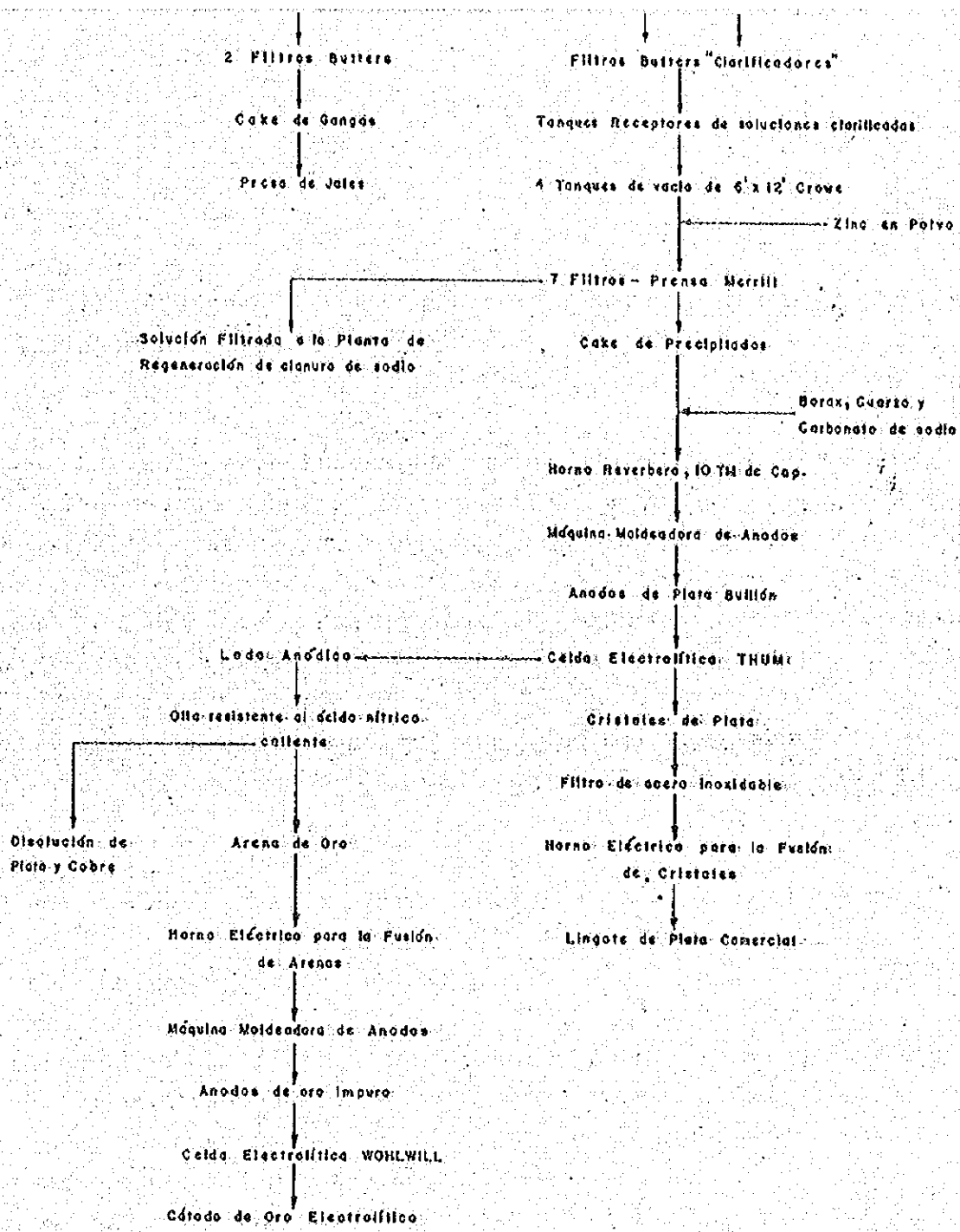




**FLOW SHEET DE LA PLANTA DE BENEFICIO "EL SOLAR" DE LA CIA. INDUSTRIAL MINERA DE MEXICO**

**FLOW SHEET DE LA PLANTA DE BENEFICIO, CIANURACION, FUN-  
DACION Y REFINERIA "HACIENDA LORETO" DE LA CIA. REAL DEL  
MONTE Y PACHUCA S.A.**





RESUMEN

Se realizaron reuniones de intercambio de experiencias técnicas sobre la aplicación del proceso de segregación en minerales de cobre (óxidos) de Perú y México.


Se llevaron a cabo pruebas de segregación, a nivel básico utilizándose 50 gramos de mineral, en un tubo de cuarzo estático - integrado al Horno Eléctrico Selma y a nivel de tecnología aplicada también, se utilizó 500 grs. de mineral, en un tubo de acero - integrado al Horno Eléctrico Rotatorio Isubu, en ambas pruebas el mineral utilizado provenía de Santa Rosalía, Baja California Sur.

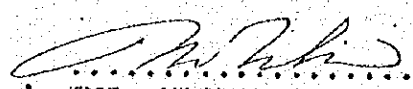
El producto obtenido por segregación fue llevado a la etapa de flotación para obtener concentrados de cobre con las siguientes leyes.

|                                 |              |                     |
|---------------------------------|--------------|---------------------|
| A nivel básico                  | : 6.95% Cu   | 41.27% Recuperación |
| A nivel de tecnología aplicada. | : 13.125% Cu | 44.12% Recuperación |

Los reactivos usados fueron el xantato amílico de potasio y el aceite de pino como colector y espumante respectivamente. La Comisión de Fomento Minero ha enviado una muestra de 1 Kgr. de mineral de Santa Rosalía, al INGEENET, para realizar pruebas de segregación con la finalidad de intercambiar experiencias lo cual podría ser el punto de partida, para un futuro convenio entre los mencionados centros de investigación metalúrgica.

Se visitaron las siguientes plantas: Planta de Beneficio "El Solár" de la Cía. Industrial Minera de México ubicada en la ciudad de Taxco (Estado de Guerrero) y la Planta de Beneficio, Cianuración, Fundición y Refinería "Hacienda Loreto" de la Cía. Real del Monte y Pachuca ubicada en la ciudad de Pachuca (Estado de Hidalgo).

  
.....  
ING. JORGE OJEDA BUSTAMANTE  
Proy. de Segregación

  
.....  
ING. MASAHIDE NAKAO  
Experto JICA.

JQ  
MN/lps.