

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Facultad de Ingeniería
Geológica Minera y Metalúrgica**



**Estudio del Proceso de
Separacion Cobre Plomo**

Informe de Ingeniería

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

Oscar Néstor Quispe Véliz

PROMOCION 1977-II

LIMA - PERU

1992

ESTUDIO DEL PROCESO DE SEPARACION COBRE PLOMO CIA MINERA ATACOCHA

CONTENIDO

1.0 INTRODUCCION.

2.0 EVALUACION DE RESULTADOS METALURGICOS EN PLANTA.

2.1 Resultados Metalúrgicos del Período 14 a 23 de Oct. 91.

2.2 Resultados Metalúrgicos del Período Oct.24 a Nov. 9 91.

2.3 Calidad de Concentrados de Plomo y Cobre Producidos.

2.3.1 Ley del Concentrado de Cobre.

2.3.2 Ley del Concentrado de Plomo.

3.0 ESTUDIOS METALURGICOS EN LABORATORIO.

3.1 Separación Cu-Pb con Dicromato de Potasio ($K_2 C_2 O_7$).

3.1.1 Flotación Rougher Cu.

3.1.2 Flotación Rougher - Seavenger.

3.1.3 Flotación Rougher - Limpieza.

3.1.4 Comparación de Resultados de Laboratorio con Resultados en Planta.

3.1.5 Cinética de Flotación en Laboratorio con Resultados de Planta.

3.1.6 Tiempo de Acondicionamiento.

3.1.7 Limpieza de Concentrado Rougher Cu.

3.1.8 Revisión del Efecto de Tiempo de Acondicionamiento en Separación Cu-Pb a Condiciones Standard en Planta y en Laboratorio.

4.0 COMPARACION DE ANALISIS QUIMICOS EN LABORATORIO INDEPENDIENTE.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Separación con $K_2 C_2 O_7$.

5.1.1 Resultados Estimados.

5.1.2 Condiciones de Operación.

ANEXOS.

1. Análisis Químicos en Laboratorio SGS.

CIA. MINERA ATACOCHA: ESTUDIO DEL PROCESO DE SEPARACION Cu-Pb

1.0 INTRODUCCION.

Estudios metalúrgicos para optimizar el proceso de separación Cu-Pb aplicado en la Concentradora de la Cía. Minera Atacocha, fueron realizados con la finalidad de maximizar los beneficios económicos del tratamiento de los minerales de Atacocha y Santa Bárbara.

En esta primera parte del trabajo se analizan los resultados obtenidos en planta a las condiciones actuales estableciéndose conceptos y acciones iniciales para la adecuación del equipo disponible a las condiciones del proceso empleado.

Pruebas metalúrgicas en laboratorio fueron realizados para evaluar el procedimiento standard de separación Cu-Pb en actual aplicación: $K_2Cr_2O_7$ para depresión de minerales de plomo.

Los resultados metalúrgicos obtenidos a condiciones standard (depresor $K_2Cr_2O_7$) se comparan con los obtenidos en planta estableciéndose estudios complementarios en laboratorio en para definir las causas de la menor eficiencia alcanzada en planta respecto a los resultados de laboratorio. También se evalúan modificaciones a las condiciones standard tanto de flowsheet como del esquema de reactivos para optimización.

2.0 EVALUACION DE RESULTADOS METALURGICOS EN PLANTA.

Para la evaluación de resultados metalúrgicos alcanzados en planta, se utiliza el concepto de Índice de Selectividad Cu/Pb (SI%), el cual guarda estrecha relación con la contribución económica, mejorando en función directa al incremento del SI(%).

El cálculo de este índice se realiza determinando la media geométrica de la recuperación de Cu y de Pb en sus respectivos concentrados:

$$SI = \sqrt{R_{cu}(\text{conc. Cu}) \times R_{pb}(\text{conc. Pb})}$$

Los resultados incluyendo otros factores tales como: radio Pb/Cu en el alimento a separación Cu-Pb, recuperación y leyes de Cu en concentrados de cobre, recuperación y leyes de Pb en concentrados de Plomo; se presentan cronológicamente y cubren el período: Octubre 14 a Noviembre 9 del presente en la Fig.# 1A-1B debiéndose destacar el cambio de (2) circuitos separados/paralelos para el tratamiento de los concentrados bulk Atacocha y de Santa Bárbara separados entre el 14 al 23 de Octubre inclusive, para luego utilizar (1) solo circuito para la mezcla a partir del día 24 de Octubre con resultados favorables.

2.1 Resultados Metalúrgicos del Período 14 a 23 de Octubre 1991.

El principal factor que controla la eficiencia metalúrgica de procesos de separación Cu-Pb es el radio Pb/Cu en el alimento. La correlación entre estos (2) elementos se presenta en la Fig. #2 confirmándose la existencia de dependencia entre estos factores.

Por ser el concentrado bulk de Atacocha un producto de separación Cu-Pb obtenido previamente con dicromato, su radio Pb/Cu es menor que el obtenido en el producto de Santa Bárbara y en consecuencia la selectividad de separación Cu-Pb aumenta conforme aumenta el radio Pb/Cu, existiendo un aparente máximo entre 2.0 a 2.6/1 mayores relaciones mantenían la eficiencia virtualmente constante .

Regresando a la Fig. # 1A-1B se establece que la recuperación de Cu obtenida a partir del concentrado bulk Atacocha era consistentemente mayor a la obtenida del concentrado

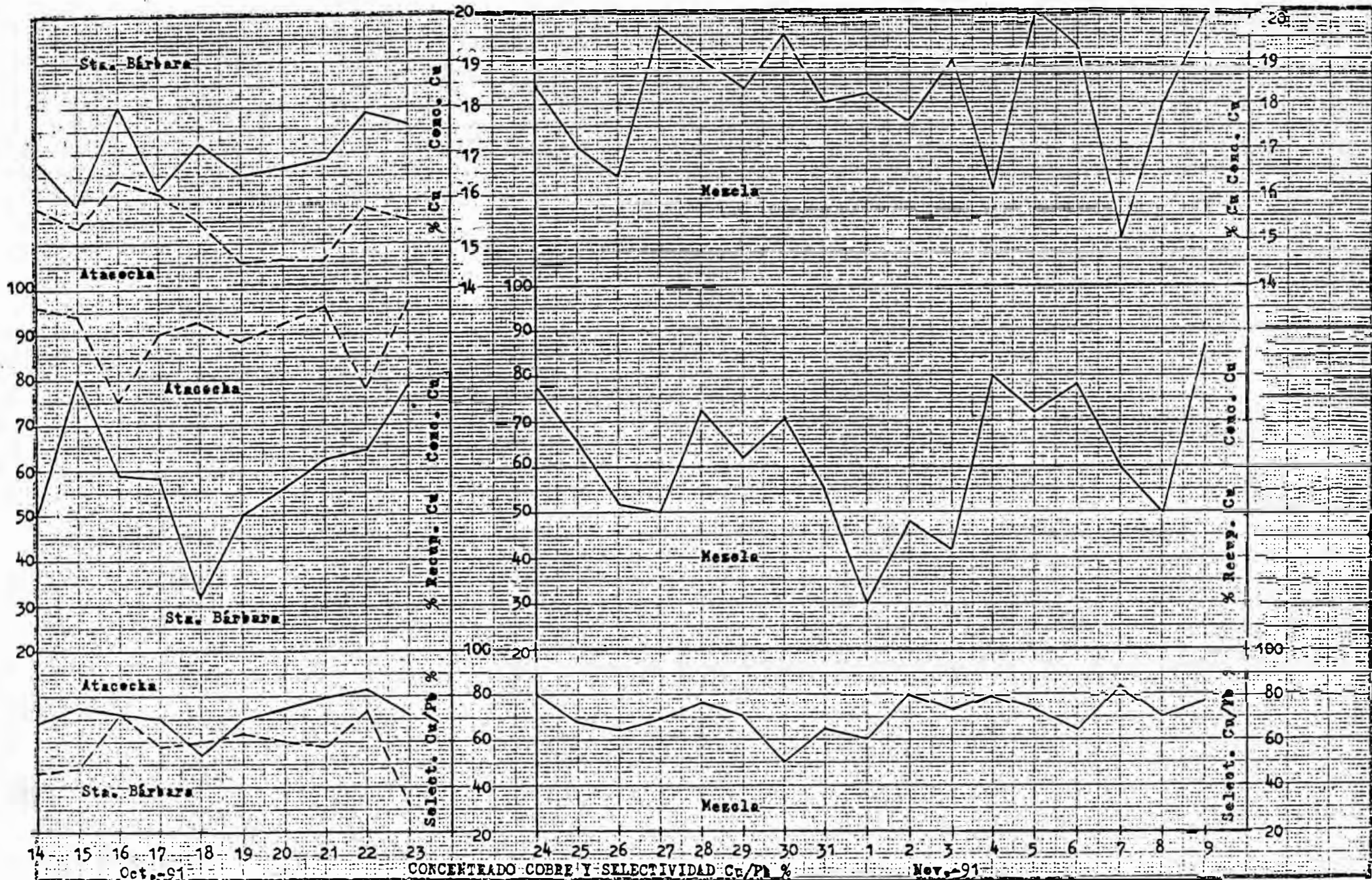


Fig. No 1A- Variación cronológica de Resultados metalúrgicos en circuito de Separación Cu/Pb de la Planta Atasecha correspondiente al mes de Octubre y 1ra semana de Noviembre

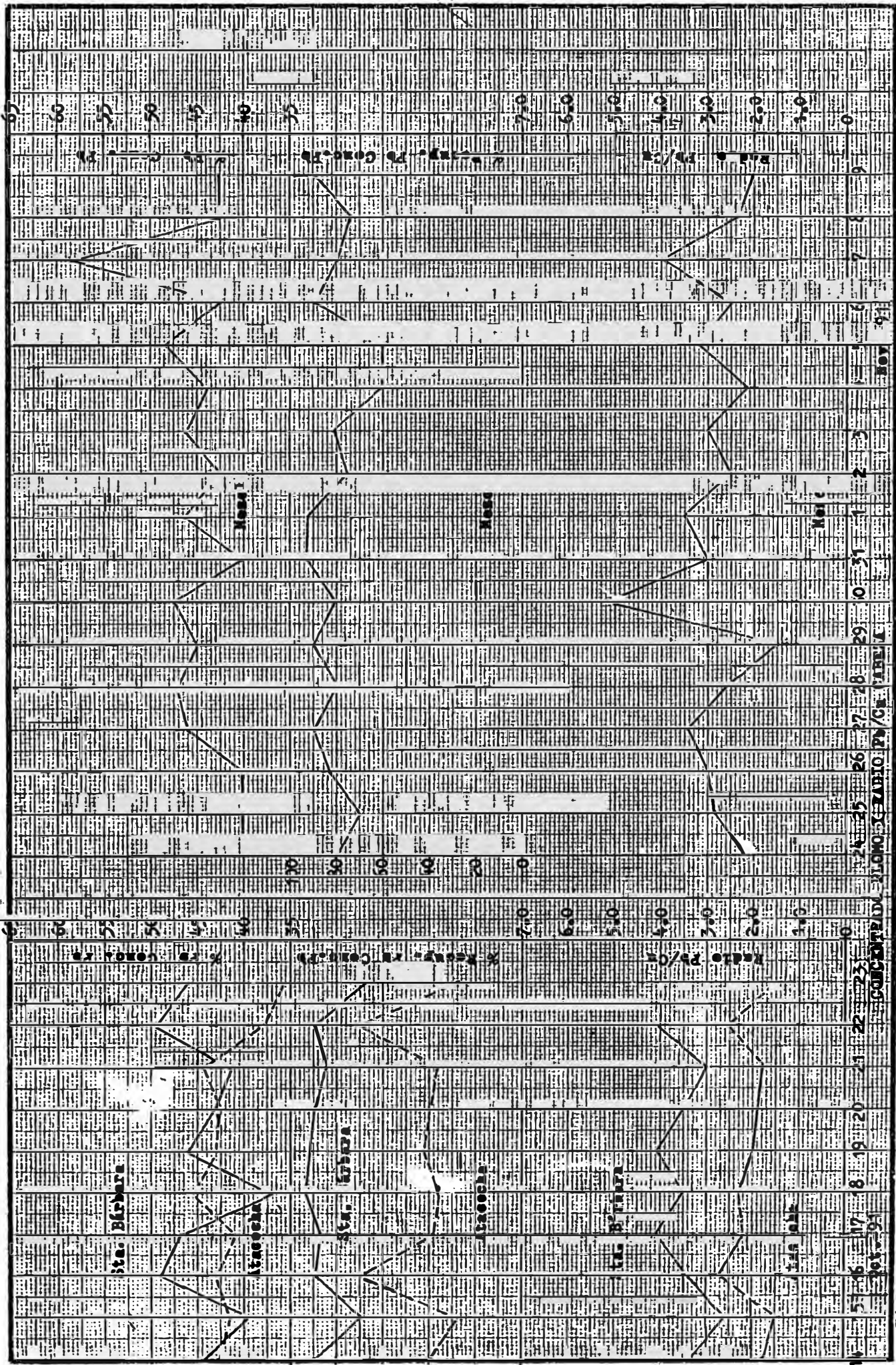


Fig. No 1B- Variación cronológica de Resultados Metalúrgicos y del radio Pb/Cu en circuito de separación Cu/Pb de la Planta Atasecha correspondiente al mes de Octubre y 1ra. semana de Noviembre 1991

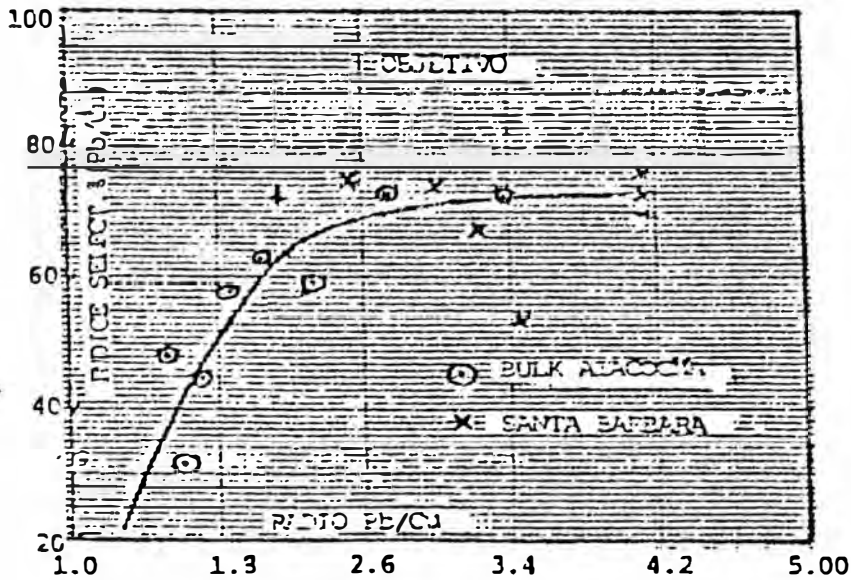


Fig. #2 -Correlación de contenidos Pb/Cu en alimento a separación Cu-Pb con Índice de Select. Pb-Cu obtenido en los circuitos de separación Cu-Pb de la Concentradora Atacocha (14 a 23 Oct.) con tratamiento separado.

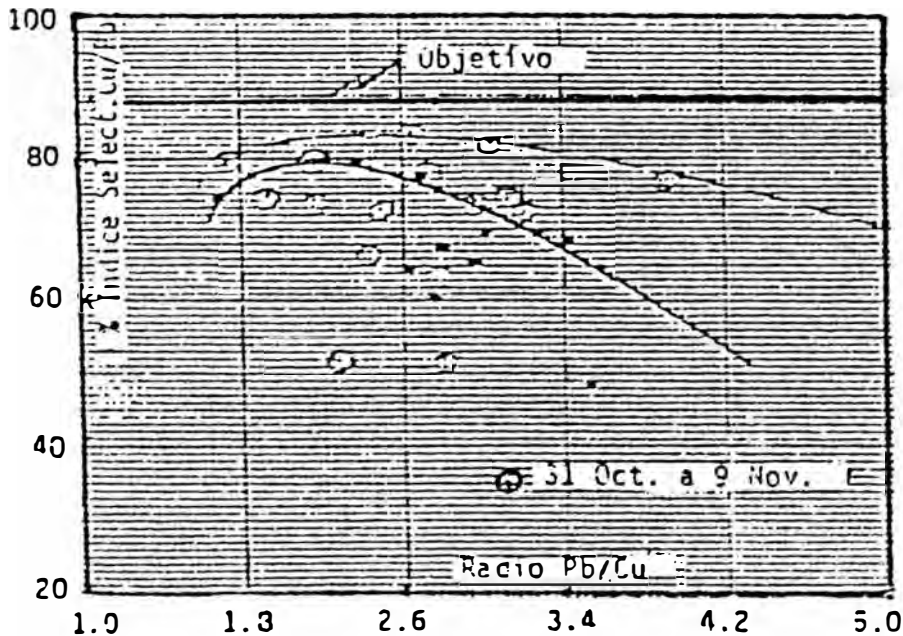


Fig. # 3 - Correlación de contenido Pb/Cu en alimento a separación Cu-Pb con el índice de selectividad Pb/Cu obtenido en separación Cu-Pb de la Concentradora Atacocha (Oct.24 a Nov.9 1991) tratando mezcla de concentrado bulk.

de Santa Bárbara, pero el desplazamiento de Pb al concentrado de cobre obtenido con el bulk de Atacocha es mayor en relación al obtenido con el concentrado de Santa Bárbara: 50% y 15% respectivamente.

2.2 Resultados Metalúrgicos en el Período Oct. 24 a Nov. 9 1991.

En el período posterior al cambio de circuito es decir en el que se trató la mezcla de ambos productos en (1) sólo circuito de separación Cu-Pb se tuvieron los resultados que se presentan en la Fig. # 3 observándose algunas características que merecen ser comentadas:

Existe significativa inestabilidad de resultados que posiblemente tengan relación con la dosificación de depresor utilizado así como con las condiciones de operación empleadas en la etapa previa.

Se presenta un aparente óptimo radio Pb/Cu entre 1.8 a 2.6 sobre el cual la eficiencia metalúrgica del proceso tiende a reducirse. En relación muy probable con la variación proporcional de los tiempos de acondicionamiento y de flotación, los cuales fueron obviamente reducidos al aumentarse los flujos tratados en un circuito reducido a la mitad.

2.3 Calidad de Concentrados de Plomo y Cobre Producidos.

La variación de leyes de los concentrados de cobre y de plomo producidos en la operación industrial de la Concentración de Cía. Minera Atacocha, también presentan un amplio rango según se puede apreciar en las Fig. # 1A y 1B respectivamente, siendo destacable el hecho de que al tratarse ambos productos en (1)

sólo circuito la calidad del concentrado de cobre tiende a aproximarse al de Santa Bárbara con alguna mejora, mientras que el de plomo se mantiene en cuanto a calidad próximo al obtenido con el tratamiento independiente, aunque la recuperación de Pb en el concentrado de Plomo de la mezcla se aproxima al obtenido con el producto de Santa Bárbara.

Las relaciones entre las leyes de los concentrados de cobre y de plomo respecto al contenido de impurezas, incluyendo Zn que son reportadas en los informes diarios, fueron determinadas utilizando el procedimiento de regresión lineal múltiple del Minitab y los resultados se analizan a continuación.

2.3.1 Ley del Concentrado de Cobre.

La ley de este producto se correlaciona con el contenido de Pb desplazado a este producto según la Fig. # 4 la cual indica existencia de factores adicionales que deben ser incorporados para precisar la ley de este producto.

En la correlación se incorporó al contenido de Zn. obteniéndose la siguiente función :

$$\text{Ley(Conc.Cu) \% Cu} = 29.6 - 0.795 (\text{Ensaye Zn\%}) - 0.268(\text{Ensaye Pb\%})$$

El coeficiente de correlación de esta función es de 0.7259, indicando que el desplazamiento de minerales portadores de Zn y de Pb explican solamente 52.7% de la variación en ley de este producto, indicando la existencia de otros factores insolubles, desplazamiento de pirita, etc., que tienen efecto gravitante sobre la calidad del concentrado de Cobre.

Este hecho relacionado con la propiedad del dicromato de deprimir eficientemente a los minerales de Zn. (esfalerita, marmatita, etc.) y pirita liberados indican que es necesario etapas de limpieza complementarios, práctica y económicamente

viables.

2.3.2 Ley del Concentrado de Plomo

La ley del concentrado de Plomo se correlaciona con el contenido de Cu desplazado según la función que se muestra en la Fig. # 5.

Aunque la tendencia es normal, la amplia dispersión de resultados indica también existencia de otras impurezas que regulan la ley de este producto. Incorporando Zn al análisis, la función que se obtiene es la siguiente :

$$\text{Ley(Conc.Pb) \% Pb} = 71.7 - 2.05 (\text{Ensaye Cu\%}) - 2.328(\text{Ensaye Zn\%})$$

El coeficiente de correlación alcanzado es de 0.7403, equivalente a que 54.8% de la variación de la ley de plomo en su correspondiente concentrado es debido al desplazamiento de Zn y Cu. existiendo : 45.2% por explicar debido a posible desplazamiento de Fe en pirita e insolubles.

Como se verá más adelante, la calidad de este producto es dependiente de la etapa previa, donde ocasionalmente se reporta importante volumen de pirita procedente de la flotación Pb-Cu del mineral de Santa Bárbara, recomendándose la utilización de potenciómetro para el control del pH de la flotación en el circuito correspondiente y mejorar de esta manera la calidad del concentrado de plomo producido con el proceso de depresión con $K_2Cr_2O_7$.

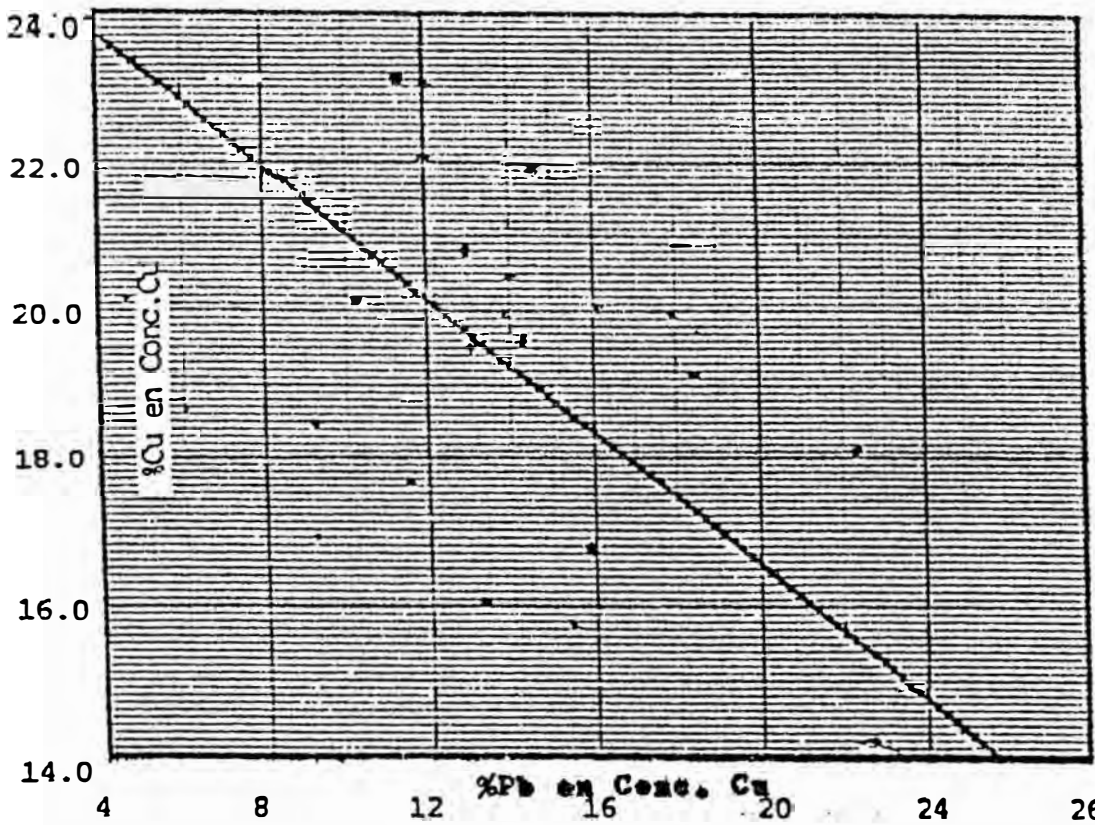


Fig. # 4 - Correlación de la ley del concentrado de cobre en función del contenido de Pb desplazado (Concentradora Atacocha - Circuito separación Cu-Pb: Oct. - Nov. 1991).

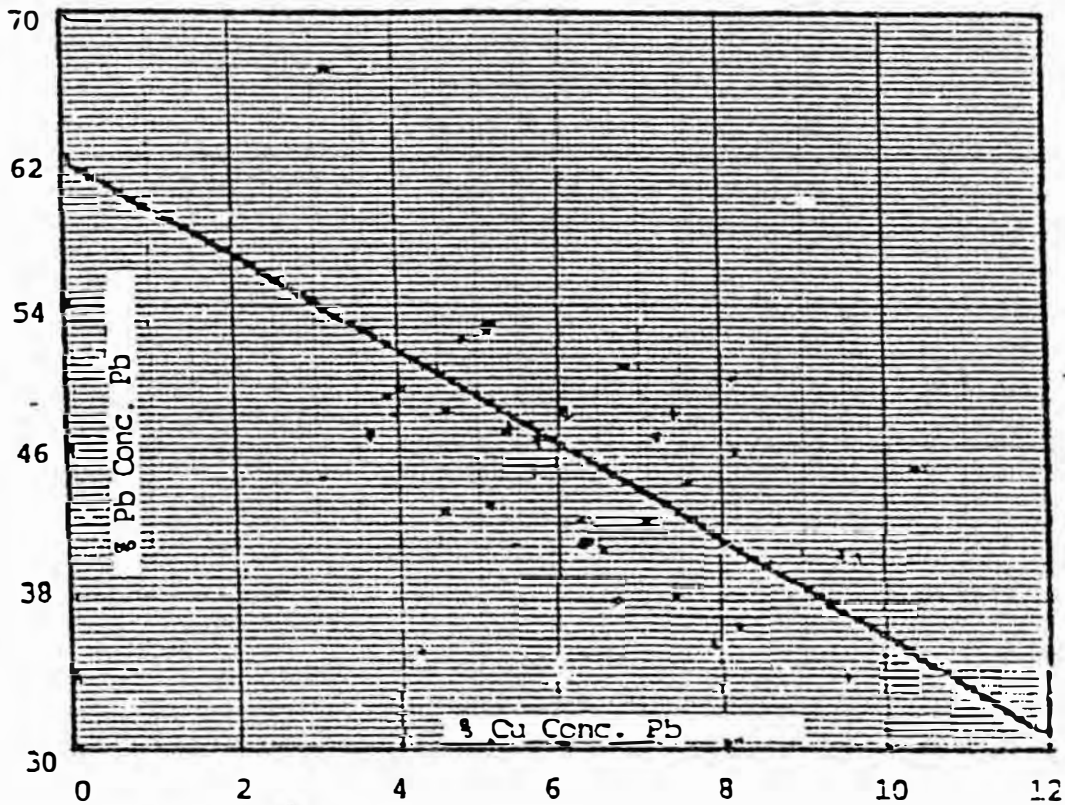


Fig. # 5 Correlación de la ley del concentrado de plomo en función del contenido de Cu desplazado. (Concentradora Atacocha: Circuito separación Cu-Pb. Oct. - Nov. 1991).

3.0 ESTUDIOS METALURGICOS EN LABORATORIO.

Debido a que la relación Pb/Cu en el alimento a separación Cu/Pb varía entre 1 a 6/1 así como el importante contenido de impurezas: minerales de Zn y Fe presentes, se realizó el estudio con $K_2Cr_2O_7$.

El procedimiento experimental general se presenta en la Fig.# 6, el cual como se podrá apreciar incorpora adición de CaO y carbón activado con la finalidad de optimizar condiciones, cuya dosificación es función de los reactivos y condiciones empleadas en las etapas previas del proceso. El trabajo incluye las condiciones standard empleadas en planta variándose los parámetros operativos más importantes: tiempo de acondicionamiento y flotación, con la finalidad de compararlos con los resultados de planta y definir las causas de las diferencias.

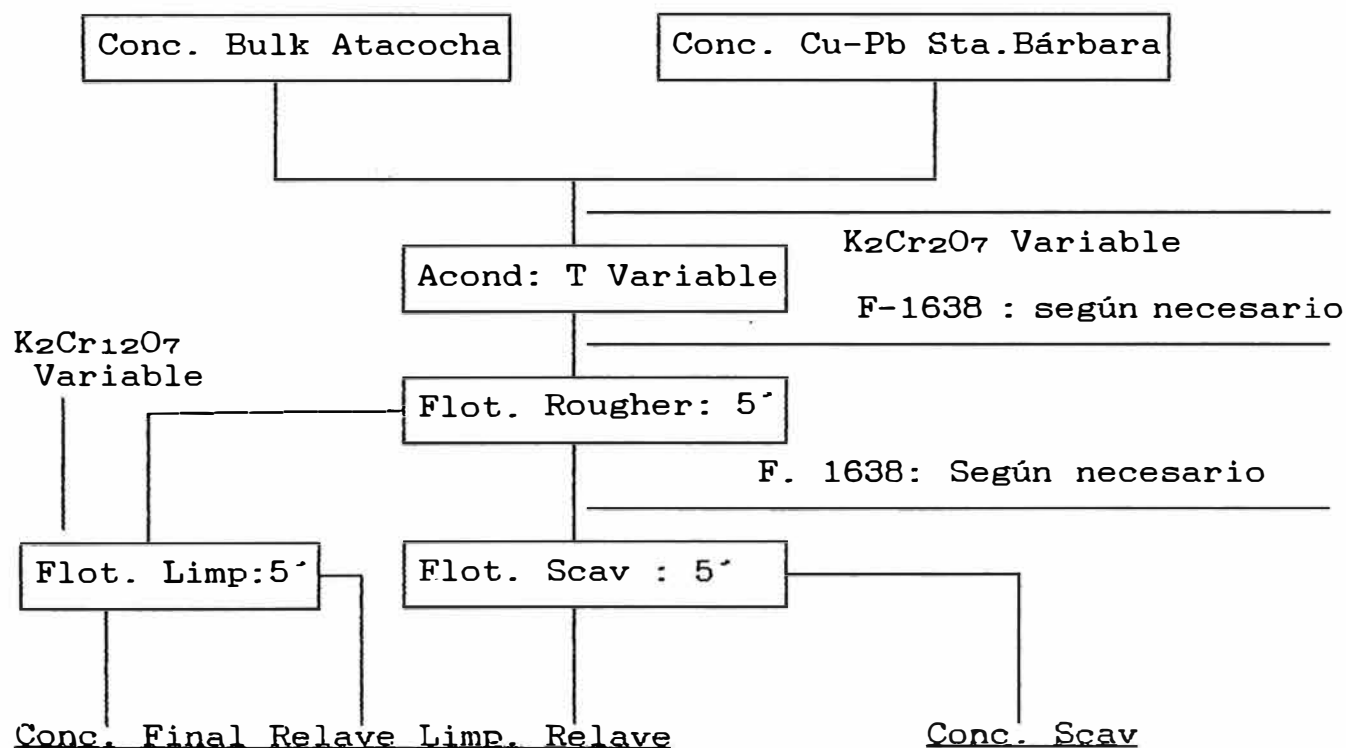


Fig.# 6.- Procedimiento Experimental de laboratorio para evaluación de separación Cu-Pb en concentrados bulk de Atacocha y Santa Bárbara.

El estudio metalúrgico comprende también evaluación separada de cada producto o concentrado bulk así como con la mezcla de ambos concentrados, limitándose el presente informe a la mezcla principalmente, y ofreciéndose recomendaciones para la etapa previa en base al trabajo experimental en los productos individuales pero que serán reportados en más detalle posteriormente.

Finalmente se realizaron análisis de algunos productos en laboratorio independiente para determinar la correlación de resultados con los del laboratorio de Atacocha y determinar la precisión y exactitud de las conclusiones y recomendaciones ofrecidas.

3.1 Separación Cu-Pb con Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$)

Las diversas condiciones de operación involucradas en el proceso fueron evaluadas tomando muestras frescas del alimento a separación Cu-Pb, utilizando las facilidades del laboratorio metalúrgico de Atacocha.

Los rangos de variación de las condiciones evaluadas fueron los siguientes:

Reactivos:

$K_2Cr_2O_7$: total (lbs/TCS): 2.75 a 7.00
 $K_2Cr_2O_7$: Limp. : 0 a 1.80 lbs/TCS
CaO : 0 a 7.5 lbs/TCS
Carbón Activado : 0 a 5.5 lbs/TCS
Acondicionamiento : 5 a 20 min.

En la evaluación se incorporó al radio Pb/Cu en el alimento al proceso por el significativo efecto observado en la información de resultados de la operación industrial.

Los resultados obtenidos fueron evaluados utilizando el procedimiento de análisis por Múltiple Regresión, introduciéndose secuencialmente cada una de las variables, incluidas en el estudio. Las variables más importantes del sistema fueron evaluadas individualmente tanto antes como después del análisis estadístico con la finalidad de precisar conceptos y acciones complementarias para maximizar resultados.

Como variable dependiente se utilizó al índice de selectividad Cu/Pb definido en la forma indicada anteriormente.

Desde el inicio del trabajo fue posible apreciar la existencia de efectos de segundo orden e interacciones que definen la existencia de óptimos niveles de adición y de acondicionamiento, sobre los cuales se deteriora la metalurgia de separación, por ilustración en la Fig. #7 se presentan los efectos o tendencias de la adición de CaO y K₂Cr₂O₇ sobre la selectividad Cu/Pb total: Rougher + (1) etapa de limpieza.

Por esta razón en la evaluación de resultados por Múltiple Regresión se hizo un extensivo de efectos de 2do orden e interacciones.

3.1.1 Flotación Rougher Cu.

En esta etapa, las leyes de los concentradores de cobre producidos variaron entre 23.0% y 16.0% Cu. presentando contenidos de plomo variable entre 24 a 9% en función al índice de selectividad obtenido y mostrando la necesidad de incorporar por lo menos 1 etapa de limpieza para hacernos eficiente la remoción del contenido de Pb, cuyo desplazamiento se produce mayormente por falta de depresión y en menor grado por arrastre mecánico.

El efecto de la adición de CaO es notable en cuanto al mejoramiento de la cinética de flotación por producir espuma con mayor capacidad de carga, mientras que sin el uso de este reactivo la espuma es de gran volumen y reducida capacidad de transporte de sólidos que en el caso de celdas HG-OK es parámetro importante debido a la reducción de la longitud del labio de descarga de espumas. Su solo empleo en niveles de aprox. 1 lb/TCS de concentrado bulk Cu-Pb deberá mejorar la recuperación de Cu en la operación industrial. Por la alta asociación de los minerales de Cu a Zn su empleo resulta favorable al proceso.

El empleo de carbón activado también favorece la metalurgia general del proceso de separación Cu-Pb, debido a su propiedad de adsorber exceso de reactivos presentes: espumante principalmente y promover la desorción de colector. Sin embargo, es recomendable limitar su uso al máximo requerido: 1.2. a 1.6 lbs/TCS, para mantener la espumación en niveles adecuados sin hacer necesario el uso de cantidades adicionales de espumante, o en todo caso mantenerlo al mínimo posible.

3.1.2 Flotación Rougher-Scavenger.

Para asegurar eficiente remoción de Cu del concentrado de plomo en razón al alto valor económico de Cu en el mercado actual, se incorporó a la experimentación una etapa scavenger, que solo es prolongación del tiempo de flotación.

Nos muestra que la selectividad de la flotación rougher-scavenger mejora conforme se incrementa la adición de dicromato, si consideramos la conclusión en la etapa anterior es recomendable realizar la adición de dicromato por etapas para asegurar más eficiente y permanente depresión de los minerales de plomo, mientras que la adición de carbón activado debe hacerse al mínimo posible para evitar el uso de espumante que va aumentando conforme se incrementa la adición de carbón. El nivel de 0.8 lbs/TCS es recomendable en esta etapa del estudio.

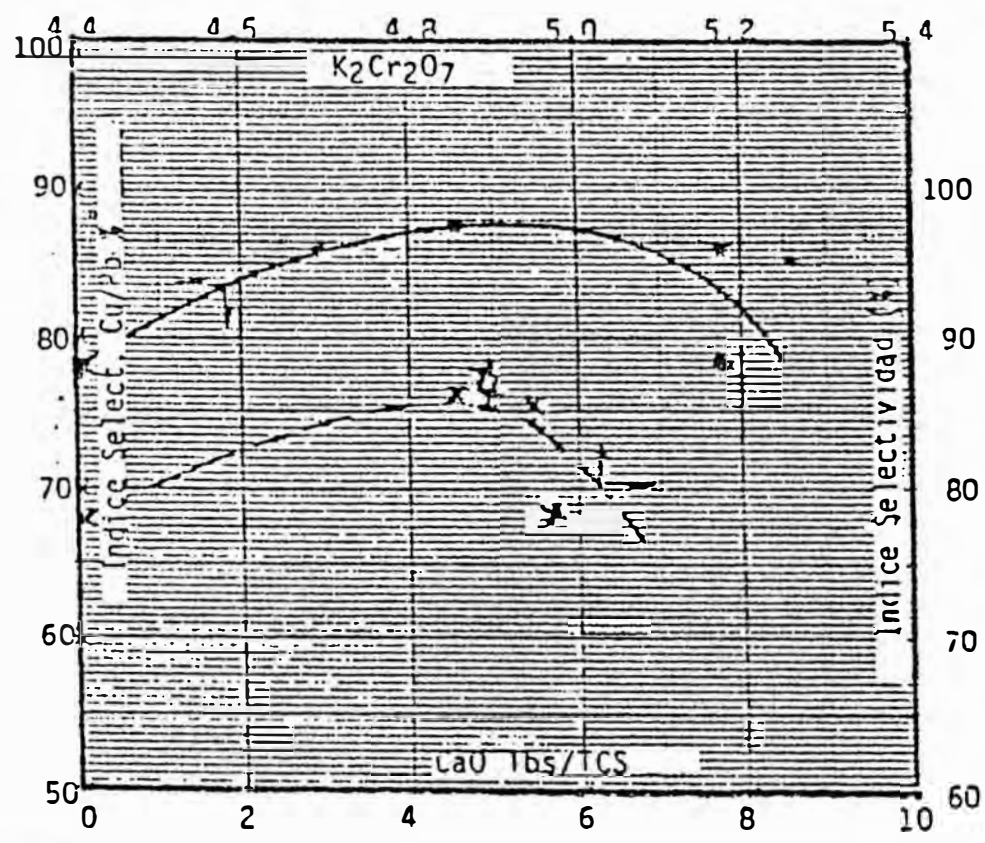


Fig. # 7 - Efecto de las dosificaciones de CaO y K₂Cr₂O₇ en la selectividad de separación Cu-Pb en la mezcla de concentrados bulk de Atacocha y Santa Bárbara.

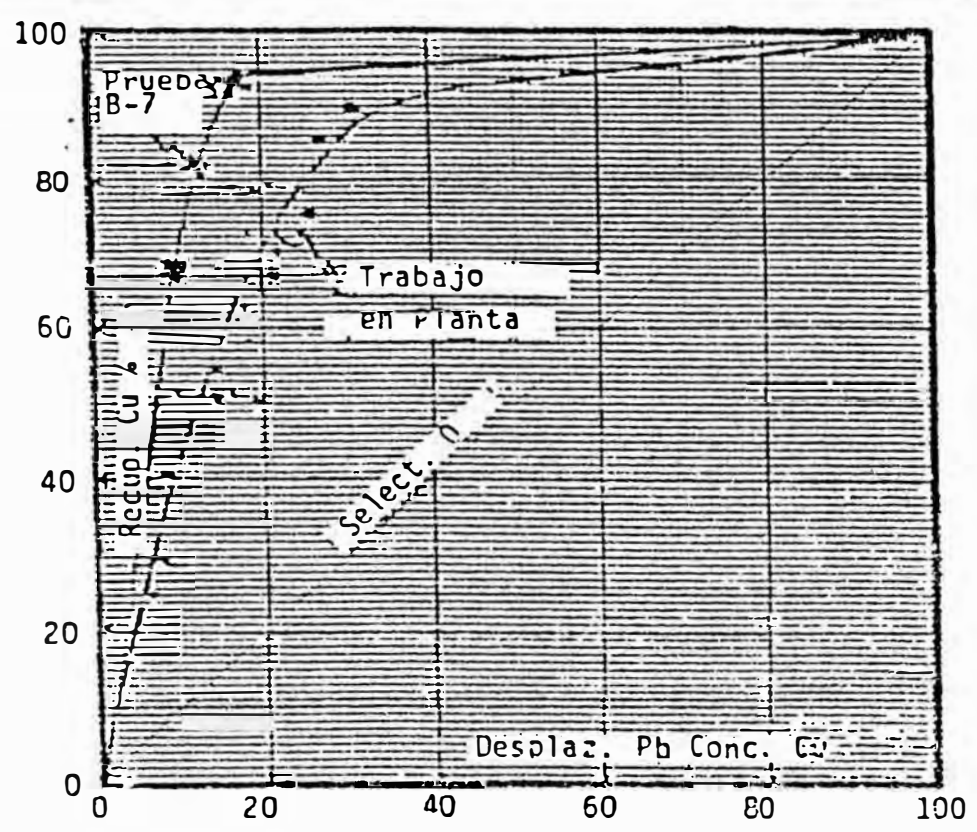


Fig. # 8 - Comparación de índices de selectividad Cu-Pb en separación Cu-Pb en circuito HG frente a prueba de flotación en laboratorio a condiciones standard (P: B-7).

Incorporando la etapa scavenger, es decir con 10min, flotación efectiva en prueba batch fue posible reducir el contenido de Cu en el concentrado de plomo a valores inferiores a 1.90% aún en la prueba a condiciones standard (B-7) es decir aproximadas a la operación industrial pero con tiempo de acondicionamiento de 10 min. En toda la experimentación la ley del concentrado de plomo varió entre 50 a 72.0%, tendiendo hacia el extremo alto.

En la función desarrollada para esta etapa, es apreciable la presencia de efecto de 2do orden del tiempo de acondicionamiento, cuyo óptimo puede definirse diferenciando la función respecto a X. La función resultante es la siguiente:

$$\frac{dY}{dX} = 1.266X_1 - 0.218X_2$$

Igualando a 0 para determinar el tiempo óptimo en cada caso se obtienen los siguientes resultados:

X ₁ lbs K ₂ Cr ₂ O ₇ /TCS	X ₂ T. Acond. (Min.)
2.0	11.6
3.0	17.4
3.5	20.3
4.0	23.2

Estos resultados indican existencia de tiempo (T) óptimo de acondicionamiento para cada adición de K₂Cr₂O₇, el cual variaría entre 10 a 20 minutos para condiciones experimentales, a niveles mayores la eficiencia metalúrgica es reducida.

Esta variable en planta sería de aproximadamente 96-46 min. razón por la que un estudio detallado se está llevando a cabo

para precisar su efecto, algunos resultados se presentan más adelante, los cuales confirman la existencia de dicho óptimo.

3.1.3 Flotación Rougher-Limpieza.

La conveniencia de incorporar (1) etapa de limpieza fue evaluada para mejorar la ley del concentrado de cobre

3.1.4 Comparación de Resultados de Laboratorio con Resultados en Planta.

Los resultados de la operación diaria se comparan con los de la prueba de laboratorio realizada a condiciones standard en la Fig. # 8 observándose que la eficiencia metalúrgica obtenida en planta es menor que la alcanzada en laboratorio, definida por la mayor proximidad de la curva de selectividad obtenida en la operación respecto a la línea de selectividad 0.

Las causas para esta menor eficiencia podría residir en las siguientes:

- Excesivo tiempo de acondicionamiento en operación de planta, que según los volúmenes de producción histórica de concentración bulk Atacocha y Santa Bárbara, superaría los 90 min. en el acondicionador 5' x 5' y en mediciones de flujos sería aprox. 46 min.

- Reducida capacidad de remoción de sólidos en las celdas HG-OK Outokumpu por efecto combinado de baja mineralización de espumas (falta de CaO) y reducida longitud perimétrica de reboses de espumas. Deficiente control del nivel de pulpa en el interior de las celdas es factor adicional.

Corto circuito de producto en las celdas transfiriendo Cu al relave sin dar oportunidad de flotar, situación que normalmente se presenta en mayor o menor grado en todo equipo continuo.

3.1.5 Cinética de Flotación en Laboratorio y Comparación con Resultados de Planta.

Considerando flujos estimados en base a la producción histórica de concentrados bulk Atacocha y Santa Bárbara, se determinó inicialmente que el flujo de alimentación de pulpa fresca al circuito de separación Cu-Pb es de 6.1 gpm y por medición directa 12.8 gpm. significando tiempos de retención de 17.6 a 8.43 min/celda. Si con pendiente $1/17.6$ y $1/8.43$ pasamos en la Fig. #9, línea desde el origen hasta la curva de variación del rate de flotación obtenida en laboratorio, obtendremos la ley de Cu que debemos obtener en el relave de la 1ra celda, y luego de este punto pasamos una paralela ($1/T$) obtenemos que el relave final o concentrado de plomo debiera ensayar aproximadamente 1.40-2.00% Cu. a las condiciones actuales de operación. Aplicando CaO en el acondicionamiento además del $K_2Cr_2O_7$ esto se reduciría a 0.80-1.00% Cu aprox.

Sin embargo en planta industrial, el mínimo valor obtenido se aproxima a 3%, siendo la media 8% Cu y aproximándose a 10% con el circuito reducido, problema similar es apreciable en la calidad del concentrado de cobre, el cual presenta mayores contenidos de Pb que los resultados de laboratorio: 11-16%, cifras que resultan muy elevadas respecto al trabajo de laboratorio y ameritan estudios complementarios adicionales para precisar las causas.

Para este propósito se tomaron muestras de los relaves actualmente producidos (concentrado de plomo) y sometiéndolos a refluotación con lo cual se precisará requerimientos de tiempo de

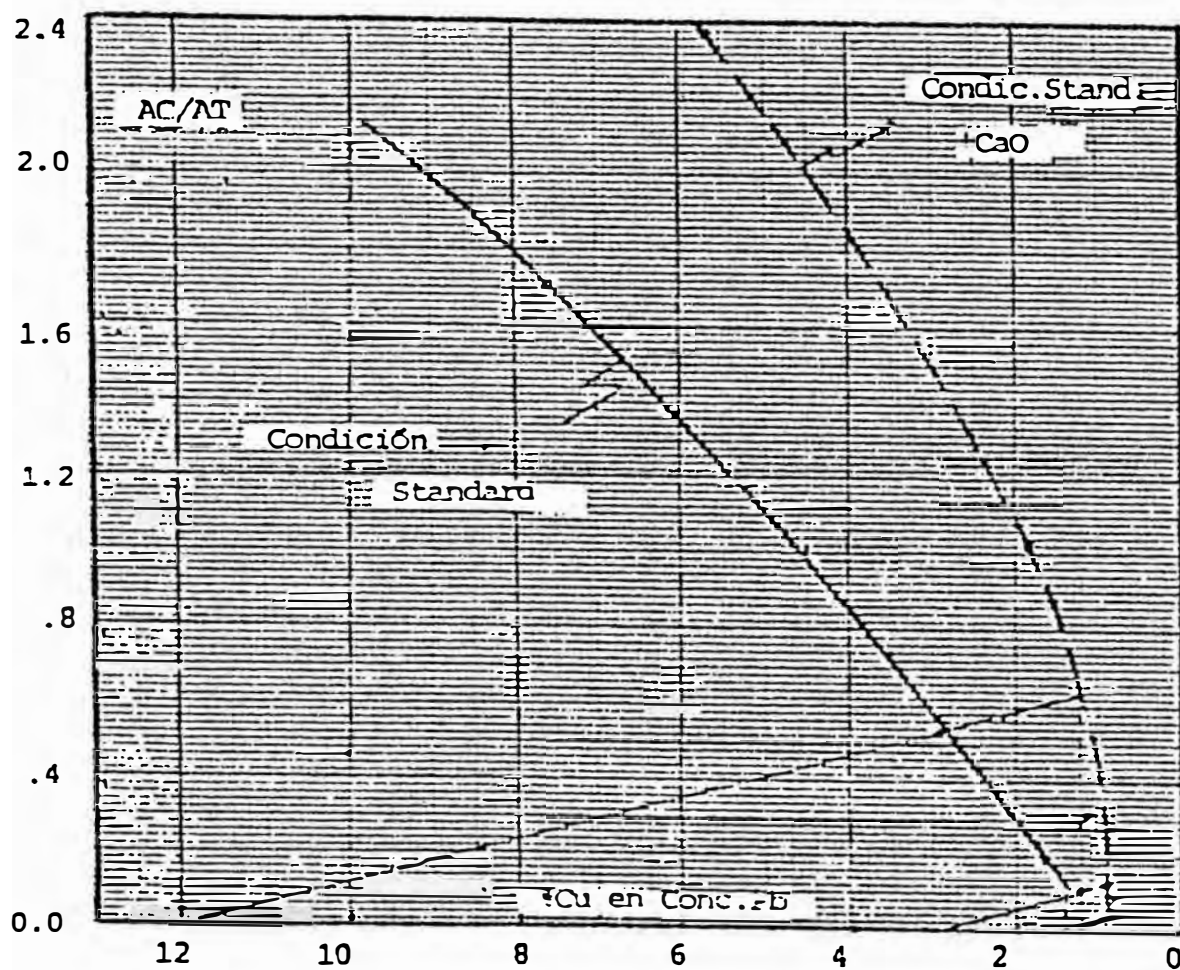


Fig. # 9 - Variación del rate de flotación de Cu en separación Cu-Pb con $K_2Cr_2O_7$ en planta Concentradora Ataccha a condiciones standard en laboratorio y utilizando CaO.

flotación adicional. También se está determinando el flujo de pulpa mediante medición directa con lo cual se realizará el cálculo final de tiempos de retención.

3.1.6 Tiempo de Acondicionamiento.

Debido a que el estudio estadístico de condiciones de operación en laboratorio indicó la existencia de tiempo óptimo de acondicionamiento en función de la cantidad de $K_2Cr_2O_7$ aplicada y la marcada diferencia respecto al tiempo empleado en la operación industrial se realizaron pruebas complementarias para precisar dicho efecto. Los resultados se presentan en la Fig.#10, confirmándose la existencia de dicho óptimo en aprox. 10 min., el cual convertido a tiempo en operación continua sería equivalente a no más de 20 minutos.

Por tal razón se están realizando pruebas de laboratorio con el o'flow del acondicionador 5' x 5' en laboratorio para precisar su cinética y descartar o no el efecto de esta variable como decisiva en la metalurgia actual de separación Cu-Pb. Igualmente se amplió el rango experimental a 45' de acondicionamiento para aproximarnos a las condiciones de planta.

3.1.7 Limpieza de Concentrados Rougher Cu.

La remoción de Pb del concentrado de cobre por simple reflotación del concentrado rougher, es decir sin adición complementaria de dicromato indicó que solamente 12.6% del Pb desplazado podía ser deprimido, dejando en el concentrado final de obre: 12-15% Pb pruebas empleando diferentes niveles de adición de dicromato fueron realizadas y los resultados se presentan en la Fig. #11.

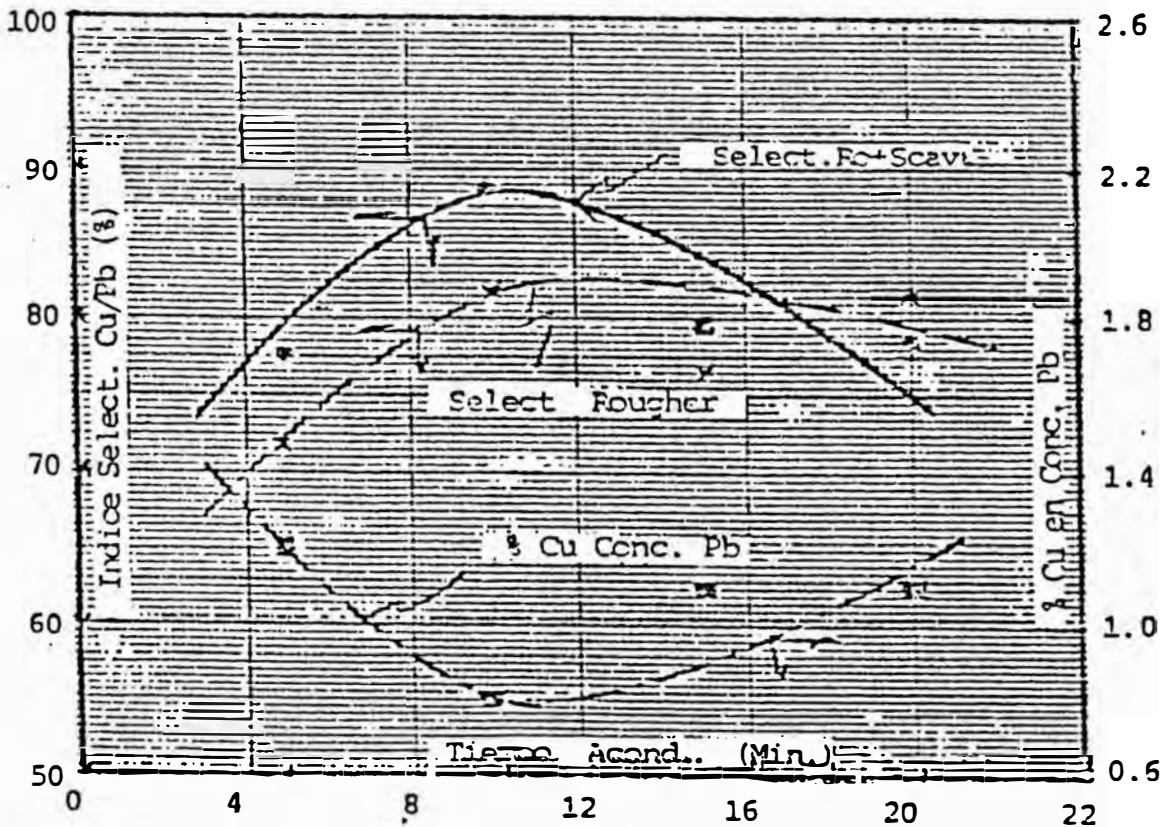


Fig.# 10 - Efecto del tiempo de acondicionamiento en separación Cu-Pb con dicromato a partir de concentrados mezclados de Atacocha: 3.84 lbs $K_2Cr_2O_7$ /TCS.

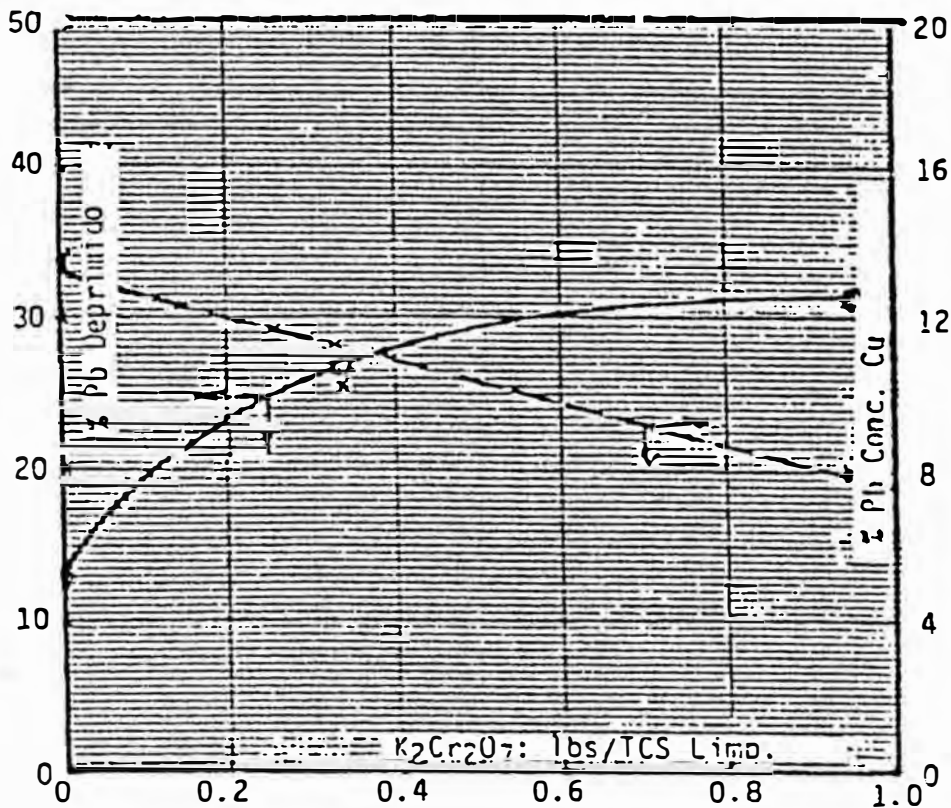


Fig. # 11 - Efecto de adición de $K_2Cr_2O_7$ en limpieza de concentrado rougher Cu de separación Cu-Pb en Atacocha. Pruebas de laboratorio.

Estos resultados indican que para reducir los contenidos de Pb en el concentrado de Cobre por debajo de 10% es necesario incorporar al circuito una etapa de limpieza complementaria, en razón que el Pb no es solamente desplazado mecánicamente sino por insuficiente reacción, de este producto es posible remover 30% del Pb desplazado adicionando 0.6 lbs de $K_2Cr_2O_7$ /TCS de bulk, con lo cual la ley del concentrado final de cobre mejora a valores de 20% Cu. ocasionalmente se alcanzarían valores de 25% Cu dependiendo de la asociación a minerales de Zinc. El contenido de Pb fue reducido a valores de 7.4 a 10% a dichas condiciones.

3.1.8 Revisión del Efecto de Tiempo de Acondicionamiento en Separación Cu-Pb a Condiciones Standard en Planta y Laboratorio.

Debido a la consistente presencia de efectos de 1er y 2do orden del tiempo de acondicionamiento en pruebas de laboratorio respecto a la selectividad Cu/Pb, y la menor eficiencia metalúrgica observada en planta frente a las pruebas standard de laboratorio, se realizaron pruebas tanto con la pulpa acondicionada en planta como con muestras del alimento al circuito de separación Cu-Pb a condiciones de adición standard de reactivos : $K_2Cr_2O_7$ únicamente.

a) Flotación de Pulpa acondicionada en Planta

Tres (3) muestras del o'flow del acondicionador 5' x 5' (alimento a las celdas HG-0.5-2RP) fueron tomadas y sometidas a simple refluotación en celda de laboratorio, obteniéndose los resultados que se presentan en la Fig. #12, la cual muestra la selectividad Cu/Pb en función del radio Pb/Cu en el alimento

Adicionalmente se incorporan resultados de laboratorio

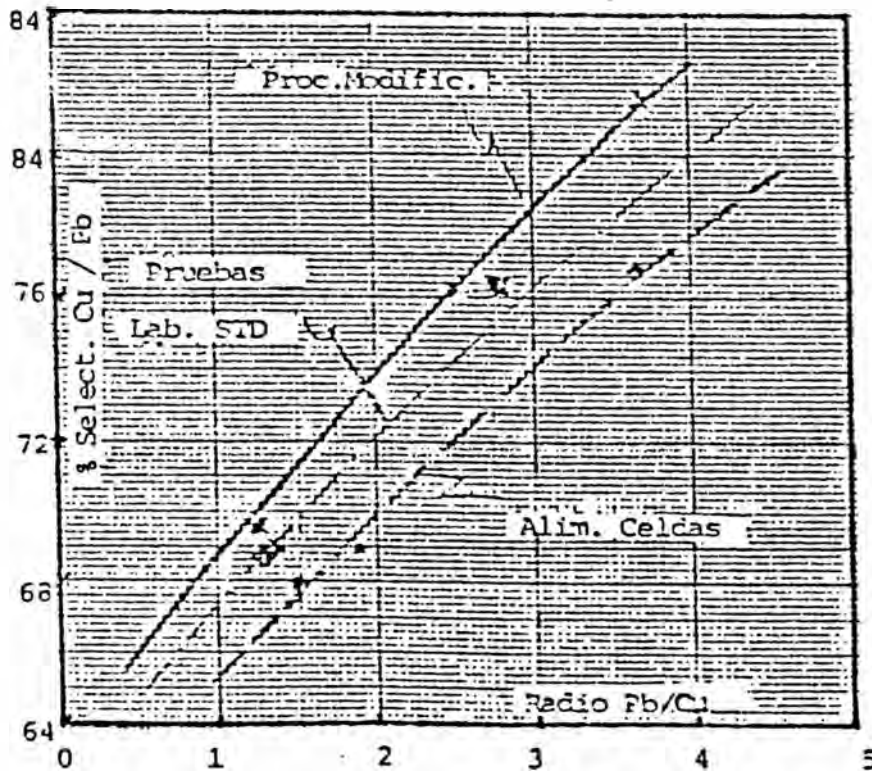


Fig. # 12 - Comparación de resultados metalúrgicos en separación Cu-Pb (etapa rougher) utilizando pulpa acondicionada en laboratorio frente a pulpa acondicionada en planta.

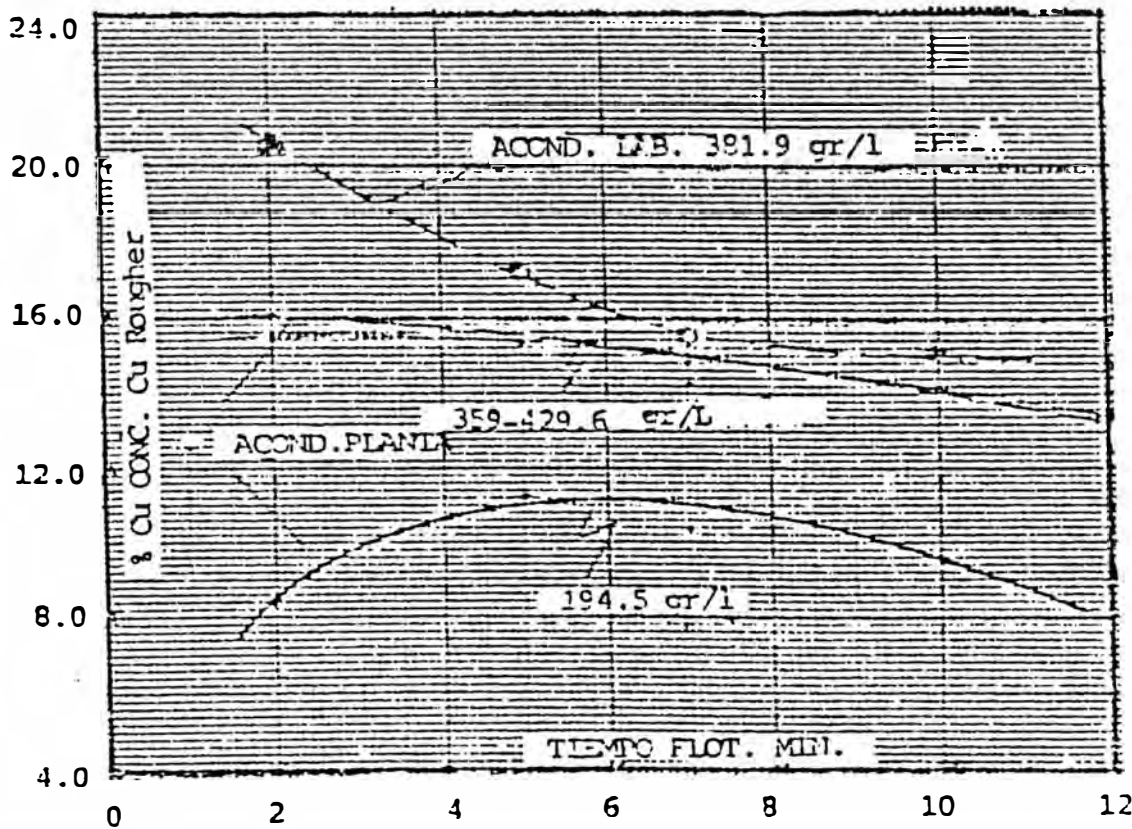
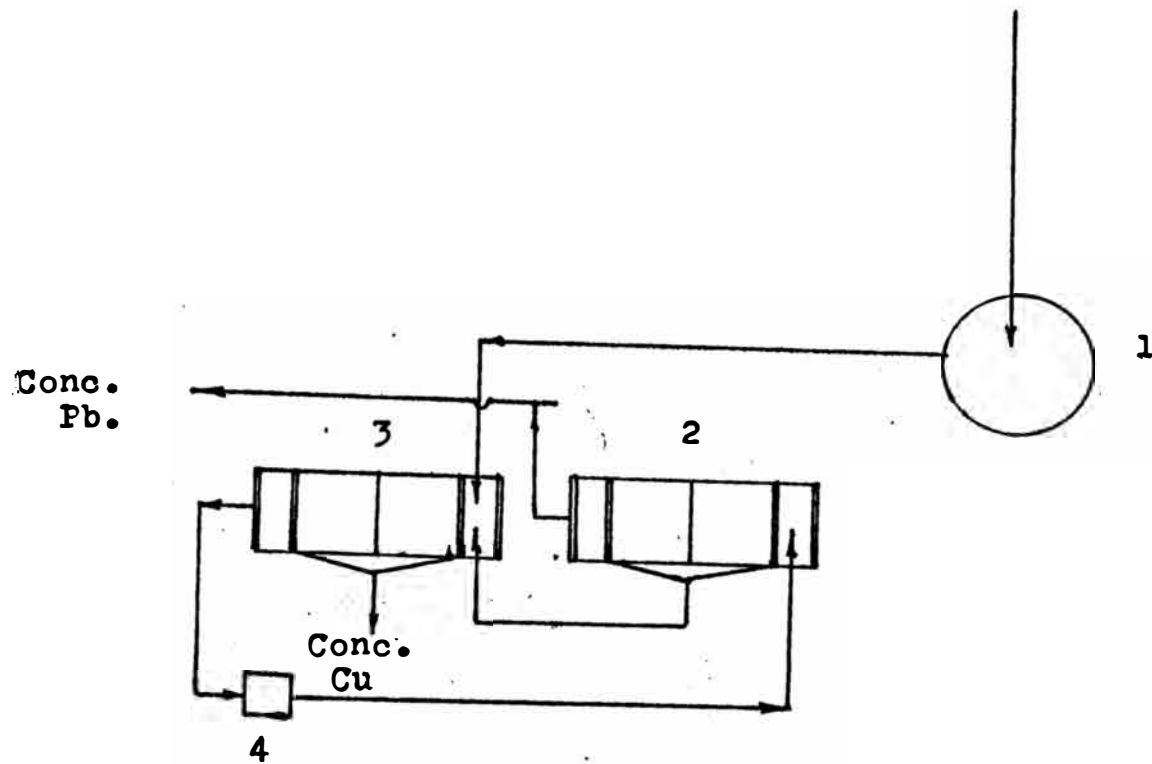


Fig. # 14- Variación de leyes del concentrado rougher Cu en función del contenido de sólidos (gr/lt) en pulpa alimentada a flocación.

obtenidos con tiempo de acondicionamiento de 10 min. observándose las ventajas relativas de disponer de menores tiempos de retención en planta.

Las diferencias observadas no alcanzan a la totalidad del problema en planta, donde los relaves o concentrados de plomo alcanzan contenidos de hasta $> 10\%$ Cu, próximo al alimento en muchos casos, indicando reducida recuperación de Cu. En consecuencia, la causa de la menor eficiencia metalúrgica obtenida en planta debe encontrarse en las propias celdas HG y su arreglo actual en los siguientes puntos :

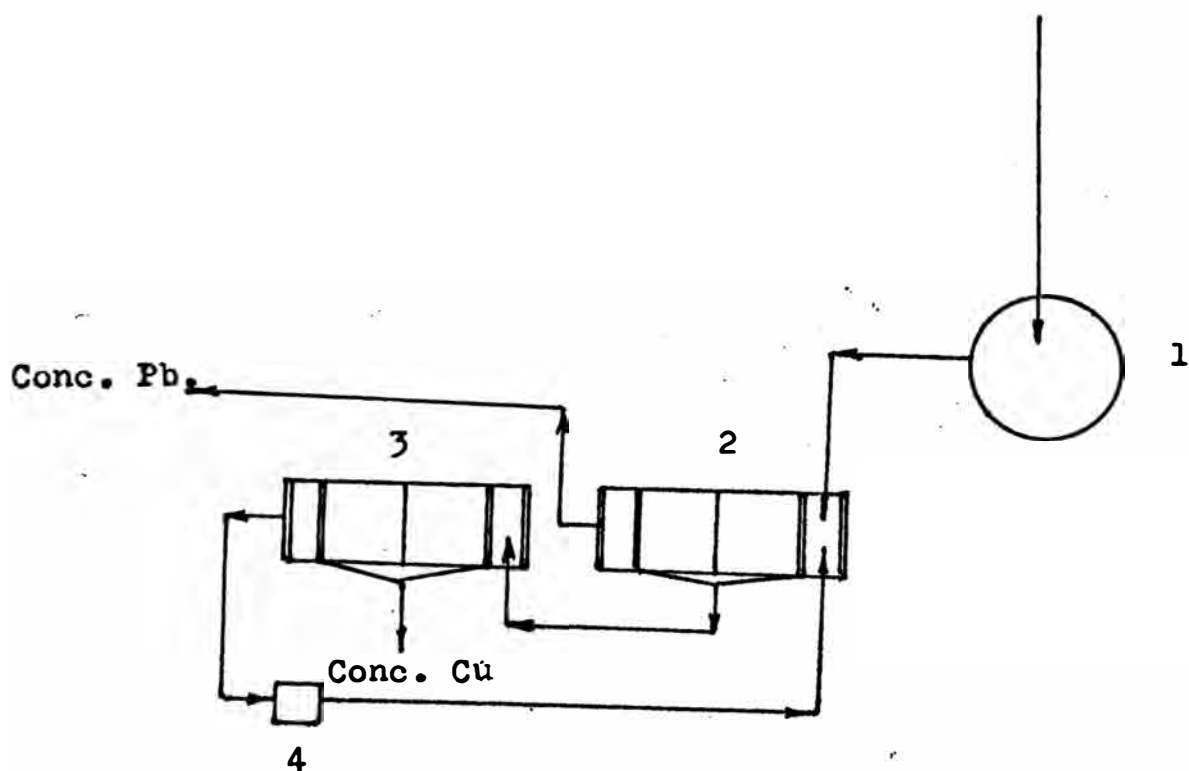
- Transferencia de espumas de la 2da celda a la 1ra ineficiente, generando la reducción del tiempo efectivo de flotación a $1/2$ del total. De actuar como perfecto mezclador los relaves deberían ser de 4% Cu con (1) sola celda.
- Adicionalmente, las espumas a condiciones standard son voluminosas dificultando su pasaje aún en la primera celda, lo cual aumenta las pérdidas en relaves a los niveles altos alcanzados en la práctica. Este problema podrá aliviarse con:
 - Reducción de la adición de agua a la columna de espumas, y
 - Aumentando el volumen de agua a las canaletas para hacer más efectiva la transferencia y remoción de espumas.
 - Intensificando control del nivel interior de pulpa en las celdas HG-OK.
- Transferencia directa de partículas flotables de cobre directamente al relave por corto circuito en las propias celdas: reducido tiempo efectivo de retención.



LEYENDA

<u>Item</u>	<u>#</u>	<u>Descripción</u>
1.	1	Acondicionador 5'x5'
2	2	Celdas OK HG-05
3	2	Celdas OK HG-05
4	1	Bomba Vertical 2 1/2" ϕ

Fig # 13 A - Diagrama de flujo del circuito de Separación Cu/Pb
Planta de Atacocha.



LEYENDA

<u>Item</u>	<u>#</u>	<u>Descripción</u>
1	1	Acondicionador 5' x 5'
2	2	Celdas OK HG-05
3	2	Celdas OK HG-05
4	1	Bomba vertical 2 1/2" Ø

Fig # 13 B - Diagrama de flujo propuesto para el circuito de Separación Cu/Pb Planta de Atacocha.

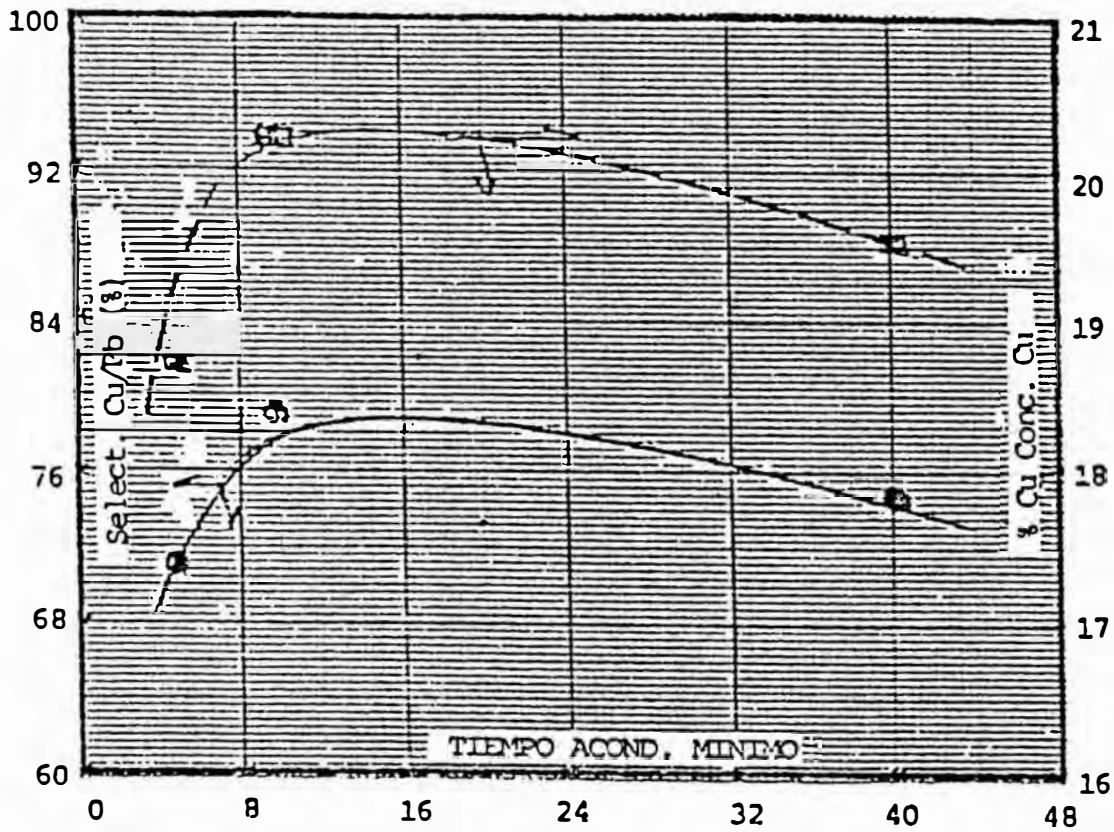


Fig. #15 - Variación de la selectividad Cu/Pb y ley del con centrado en la etapa rougher Cu de separación Cu-Pb en laboratorio a condiciones standard.

Técnicamente estos puntos pueden ser definidos mediante

- 1.- Muestreo detallado del circuito de flotación a las condiciones actuales y pruebas de flotación con relaves procedentes del circuito, y.
- 2.- Empleo de trazadores (NaCl en solución) y medición de la variable de su concentración en relaves mediante conductivímetro.

Sin embargo la evidencia de los hechos hace indicar que los problemas ocurren simultáneamente; debiendo solucionárseles antes de pasar a la evaluación de condiciones modificadas.

En adición a las acciones indicadas, al modificación del flowsheet actual de R(1) - Scav(1) deberá modificarse a R.2-L.2, dejando abierto el relave de limpiadoras para unirlo al relave de las celdas rougher, conformando ambos productos al concentrado de plomo. Los concentradores de 1er banco de (2) celdas serán transferidos por gravedad al banco de limpieza también constituido por (2) celdas, ver fig. # 13A-13B.

En caso de viabilizarse prácticamente la transferencia de espumas entre celdas, se evaluará posteriormente la disposición R3-L1 u otra forma de arreglo más adecuado a la calidad de concentrados contratados.

Las pruebas realizadas con muestra del alimento a las celdas HG (o'flow de acondicionador 5' x 5'), indicaron variaciones en los contenidos de sólidos de 194.5 gr/lt a 429.6 gr/lt, afectando la calidad del concentrado rougher Cu producido por aumento del desplazamiento de Pb a las espumas cuando el contenido de sólidos es menor, este efecto es causado cuando el acondicionamiento es más efectivo a mayor densidad, pudiendo diluirse luego de completado el acondicionamiento.

La calidad de los concentrados rougher producidos a

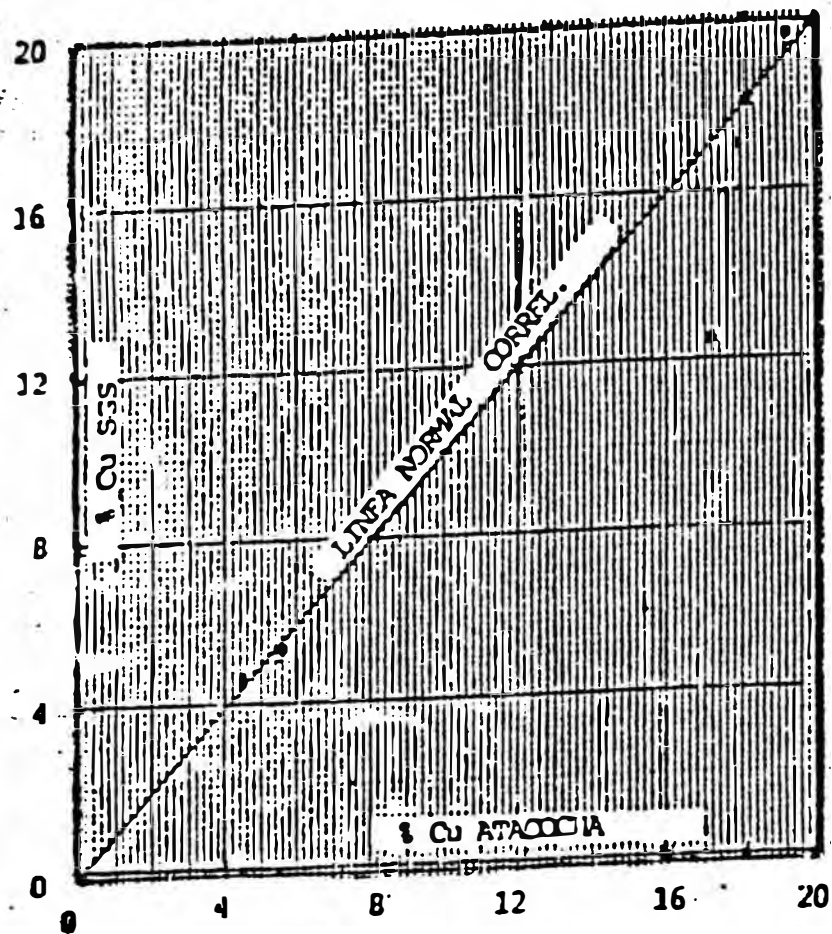
diferentes contenidos de sólidos se presentan en Fig # 14 en la que también se incluye prueba a condiciones standard pero acondicionada por 10 minutos en laboratorio. En este gráfico se observa que cuando la dilución de pulpa se reduce, la ley del concentrado de cobre se aproxima al contenido de Cu en cabeza; tal como ocurre en algunos casos en la operación de planta.

b) Revisión del Efecto del Tiempo de Acondicionamiento.

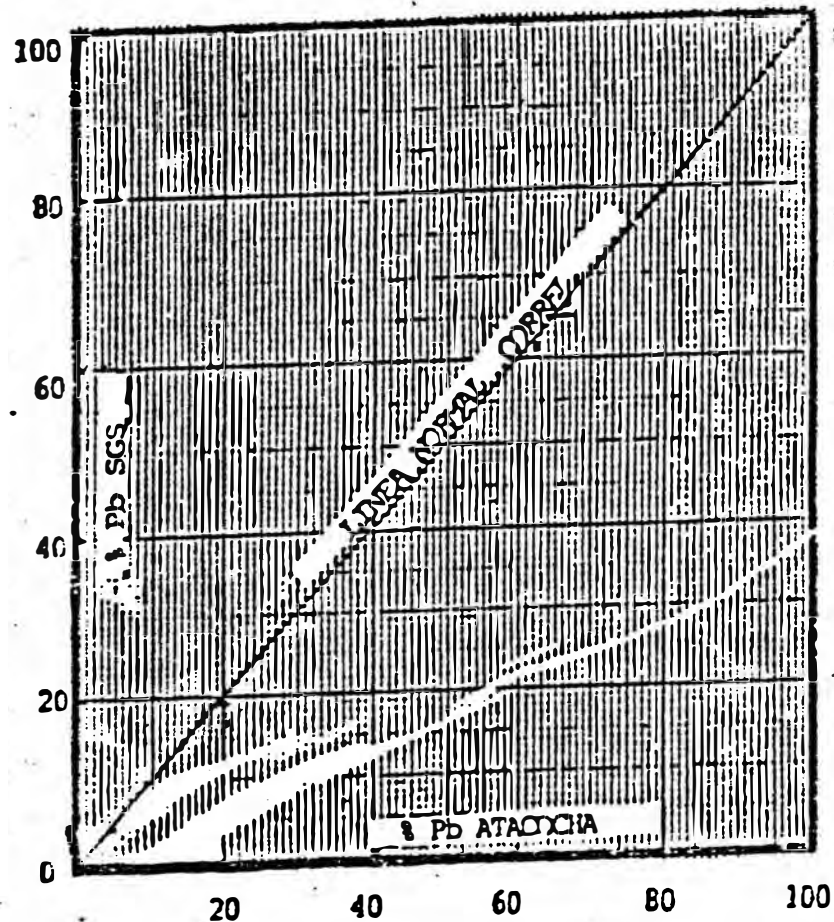
Pruebas en laboratorio fueron realizadas limitando las condiciones al empleo de dicromato únicamente y variado el tiempo de acondicionamiento entre 5 y 40 minutos, los resultados se presentan en el Fig # 15, confirmando la existencia de un tiempo de acondicionamiento óptimo en 10 minutos, sin embargo el efecto de mayores tiempo no es del tipo crítico, es decir que tenga efectos de la magnitud observada en los resultados de la planta actual.

Las pruebas fueron realizadas modificando el procedimiento de obtención de muestra para evitar variaciones en las leyes de cabeza, para evitar efecto de envejecimiento las muestras fueron filtradas, homogenizadas, repesadas y repulpadas.

En consecuencia, aunque se mantiene la recomendación de utilizar acondicionador 3' x 3', su utilización no es imprescindible en el momento actual, debiendo centrarse la solución al problema en la configuración del circuito y en mejorar la capacidad de transferencia de espuma de una celda a la otra.



16.1 Ensayes Cu



16.2 Ensayes Pb

Fig. 16 - Comparación de Análisis Químicos de Cu y Pb en productos de trabajo Experimental realizado por el laboratorio ATACOCIA frente a los del laboratorio independiente SGS.

4.0 COMPARACION DE ANALISIS QUIMICOS EN LABORATORIO INDEPENDIENTE.

Los resultados analíticos por Cu y Pb reportados por el laboratorio de Atacocha se comparan con los del laboratorio SGS en las Figs. # 16.1 y 16.2 respectivamente, siendo satisfactorios salvo el caso del análisis de Cu en la muestra de concentrado scavenger de la prueba B-6 que fue sub-estimado en -9.6%, mayor que el límite máximo permisible de $\pm 3\%$ para ensayos normales.

Sin embargo las conclusiones definidas en el presente estudio se consideran consistentes y válidas estadísticamente para los fines de experimentación en laboratorio y planta posteriores.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El trabajo de laboratorio realizado permite ofrecer las siguientes conclusiones y recomendaciones.

5.1 Separación con $K_2Cr_2O_7$

5.1.1 Resultados Estimados.

Este procedimiento produce concentrados de cobre con leyes de 20% Cu aproximadamente, con contenidos de Pb y Zn de 7.5 a 10% y 10 a 16% respectivamente.

Sin embargo, la calidad del concentrado de plomo será menor por el desplazamiento de impurezas: pirita principalmente con bajo contenido de valores. Aunque en el trabajo de laboratorio se obtuvieron leyes de Pb > 65%, ocasionalmente

las leyes son afectadas por anormal desplazamiento de pirita. La ley final podrá adecuarse a las condiciones contractuales vigentes según convenga económicamente.

Los minerales portadores de Ag tienden a reportarse en los concentrados de plomo principalmente: 160 a 170 oz/TCS.

5.1.2 Condiciones de Operación.

Las condiciones básicas de operación apropiadas para alcanzar los resultados indicados son las siguientes :

Acondicionamiento: Existe óptimo tiempo de acondicionamiento entre 10 a 20 minutos, para la operación batch. En operación continua sería equivalente a 20-40 minutos, recomendándose reemplazar el acondicionador 5' x 5' por 3' x 3' con los subsiguientes ahorros en energía.

Reactivos

En acondicionamiento-	K ₂ Cr ₂ O ₇ :3 lbs/TCS
	- CaO: ≤ 1 lb/TCS
	- Cactivado : 1.2
	1.6 lbs/TCS.
En Flot. Scavenger	-K ₂ Cr ₂ O ₇ :0.8lbs/TCS
En Flot. Limpieza	K ₂ Cr ₂ O ₇ :0.8lbs/TCS

Flotación	Rounger Cu	- 5 min. (batch)
	Scavenger Cu	- 5 min. (batch)
	Limpieza	- 5 min. (batch)

Es importante indicar que los tiempos de retención en las pruebas de batch deben ser convertidos a tiempos de operación continua para el uso práctico de la información. Con este fin se presenta la Fig. # 12, en la que es apreciable que el relave o

concentrado de plomo producido debiera reportar entre 1.40 a 2.80% Cu, sin embargo en la práctica actual se obtienen contenidos $>$ 3% Cu, promediando 8% Cu, así como altos desplazamientos de Pb al concentrado Cu: 10-16% Pb: indicando existencia de restricciones en el proceso actual, siendo posibles causas las siguientes :

Excesivo tiempo de acondicionamiento: 96 -46 min aprox.

Existencia de pasaje de partículas directamente al relave por corto circuito en las celdas de flotación.

Reducida capacidad de transferencia de sólidos a las espumas por reducida cinética, limitada longitud del labio de descarga de espumas y deficiente control del nivel interior de pulpa en las celdas

Pruebas complementarias de laboratorio se tienen en desarrollo para precisar la causa/s en el arreglo actual, sin embargo en este punto debemos indicar que la incorporación de (1) etapa de limpieza para los concentradores rougher de Cu es imprescindible para alcanzar leyes finales en los concentrados. El arreglo inicial propuesto de las celdas es de 2R-L2 y los relaves de ambos bancos unidos constituirían el concentrado final de Pb. Debemos remarcar que condición previa imprescindible al inicio de la evaluación del esquema modificado de reactivos es alcanzar resultados próximos al de experimentación de laboratorio a las condiciones actuales.

El arreglo final de las celdas HG-OK será definido una vez que se precise la capacidad de transferencia de espumas de una celda a la otra para lo cual el personal de operaciones está realizando modificaciones al sistema de alimentación de agua para mejorar la transferencia de espumas entre celdas.

Las propiedades de los reactivos incorporados son las siguientes:

CaO Promueve más eficiente mineralización de las espumas, haciendo flotables las partículas de cobre asociadas a zinc principalmente.

Carbón Activado - Remueve el exceso de espumantes y asiste en la depresión mejorando la selectividad.

Su aplicación en planta será en forma gradual, hasta alcanzar niveles óptimos, siendo importante considerar que exceso de carbón activado hace necesario la adición de espumante F-1638, recomendándose la instalación de (2) puntos de adición para emergencias: Scavenger o 2da celda HG OK y en la limpiadora. Pruebas de laboratorio en circuito cerrado serán realizadas para precisar el óptimo arreglo del circuito disponible.

ANEXOS

- 1.- Análisis Químicos en Laboratorio SGS.



REPORTE DE ANALISIS

DE ACUERDO A LA ORDEN DE ANALISIS DADA POR NOSOTROS

POR	: AT.I.M.M.S.A.
POR CUENTA DE	: AT.I.M.M.S.A.
ANALISIS QUIMICO	: TIPO LOTE
MUESTRA RECIBIDA DESCRITA COMO	: PROYECTO ATACUCHA
CANTIDAD DE ENVASES	: 6
LUGAR Y FECHA DE RECEPCION	: SAN ISIDRO, 04/11/91
REFERENCIA DEL CLIENTE	: CARTA DEL 04/11/91

De acuerdo con el boletín de nuestro laboratorio N° MN 1936.1, los resultados del análisis son los siguientes

CODIGO CLIENTE No.	PESO g	COBRE (%)	PLOMO (%)	ZINC (%)	BISMUTO (%)	PLATA (Oz/TC) c/a	s/a
P No. B-5 CONC.SCAVENGER	87	18.29 ✓	14.80 ✓	10.96	0.87	80.89	78.82
P No. B-6 CONC.SCAVENGER	138	17.72 ✓	19.47 ✓	9.27	1.25	100.24	98.61
P No. B-5 CONC.Pb	188	5.34 ✓	61.87 ✓	3.14	2.98	241.68	237.88
P No. B-8 CONC.Pb	113	4.85 ✓	88.38 ✓	2.20	2.97	255.85	249.81
P No. B-5 RELAVE FINAL	176	19.82 ✓	3.48	13.74	0.15	18.82	15.95
P No. B-8 RELAVE FINAL	115	17.84	4.07 ✓	14.38	0.18	17.21	16.32

Reportes en base seca.

Reporte de análisis de Ag con ajuste y sin ajuste.

CONDICIONES DE RECEPCION DE LAS MUESTRAS:

En sobres de plástico/ papel, cerrado con "tape", aparentemente intacto.

NOTA : Lo declarado en el presente reporte es una evidencia de nuestros hallazgos obtenidos sobre las muestras recibidas de la parte interesada.

Emitido en Lima, Perú, el 11 de Noviembre de 1991.

/vcq



SGS del Perú S.A.

-36-

REPORTE DE ANALISIS

DE ACUERDO A LA ORDEN DE ANALISIS DADA POR NOSOTROS

POR

: A.T.I.M.M.S.A

POR CUENTA DE

: A.T.I.M.M.S.A

ANALISIS QUIMICO

: TIPO LOTE (Ampliatorio)

MUESTRA RECIBIDA DESCRITA COMO

: PROYECTO ATACOCCHA

CANTIDAD DE ENVASES

: 8

LUGAR Y FECHA DE RECEPCION

: SAN ISIDRO, 04/11/91

REFERENCIA DEL CLIENTE

: CARTA DEL 04/11/91

De acuerdo con el boletín de nuestro laboratorio N° MN 2005.1, los resultados del análisis son los siguientes

CODIGO CLIENTE No.		ARSENICO (%)	ANTIMONIO (%)	ORO (Oz/TC)
P No. B-5	CONC.SCAVENGER	1.52	0.71	0.306
P No. B-6	CONC.SCAVENGER	1.47	0.76	0.321
P No. B-5	CONC.Pb	1.36	1.05	0.434
P No. B-6	CONC.Pb	1.12	0.94	0.469
P No. B-5	RELAVE FINAL	0.43	0.14	0.103
P No. B-6	RELAVE FINAL	0.39	0.13	0.077

Reportes en base seca.

Reporte de análisis de Au con ajuste.

CONDICIONES DE RECEPCION DE LAS MUESTRAS:

En sobres de plástico/ papel, cerrado con "tape", aparentemente intacto .

NOTA : Lo declarado en el presente reporte es una evidencia de nuestros hallazgos, obtenidos sobre las muestras recibidas de la parte interesada.

Emitido en Lima, Perú, el 21 de Noviembre de 1991.

/vcq