

I Encuentro de Mineros Artesanales de las Regiones del Peru

“Tecnologías de Punta para el tratamiento de
soluciones de Oro y Cobre“

JURGEN A PICARDO
Julio, 2005

TECNOLOGIAS

- **Amalgamacion**
- **Fundicion**
- **Lixiviacion con Cianuro**
- **Polvo de Zinc**
- **Carbon Activado**

TECNOLOGIA COGNIS PARA RECUPERAR ORO EN SOLUCIONES CIANURADAS

- **COGNIS TIENE EXTRACTANTES SOLIDOS Y LIQUIDOS PARA EL ORO**
- **SOLIDO** **AuRIX®100** Resina de intercambio ionico, basada en la Guanidina
- **LIQUIDO** **LIX® 79** Extractante liquido, basado en la Guanidina
- **LIX® 7800 Series** Basado en aminas cuaternarias mas quimica del phenol

APLICACIONES POTENCIALES DE LOS EXTRACTANTES COGNIS EN EL ORO

AuRIX®100 Resina en Pulpa y Resina en Solucion

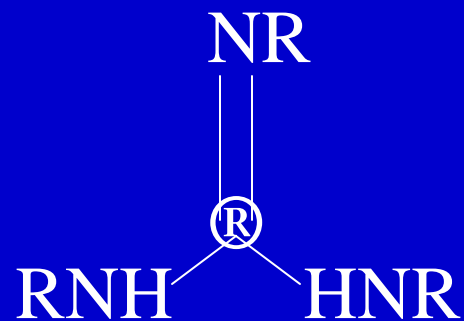
Temas a tratar sobre el Proceso RIS usando AuRIX® 100

- **Extraccion y Desorción, Química del AuRIX® 100**
- **Selectividad del AuRIX® 100 para Au(CN)₂⁻²**
- **Propiedades Físicas de la Resina AuRIX® 100**
- **Cinética de extracción del AuRIX® 100**
- **Desorción para Resina AuRIX® 100**
- **Planta Piloto RIS usando AuRIX® 100**
- **Costos de Inversión y Operación**
- **Aplicaciones**
- **Resumen**

AuRIX® 100

- **Resina basada en la funcion de la Guanidina.**
- **Resina con una base intermedia en fuerza entre bases debiles y bases muy fuertes.**
- **Extrae los aurocianuros por el mecanismo ion par**
- **La desorcion se hace en una solucion con 40 g/l NaOH**

Trialkylguanidine



Base Organica Fuerte

REACCIONES CON GUANIDINA

ADSORCION

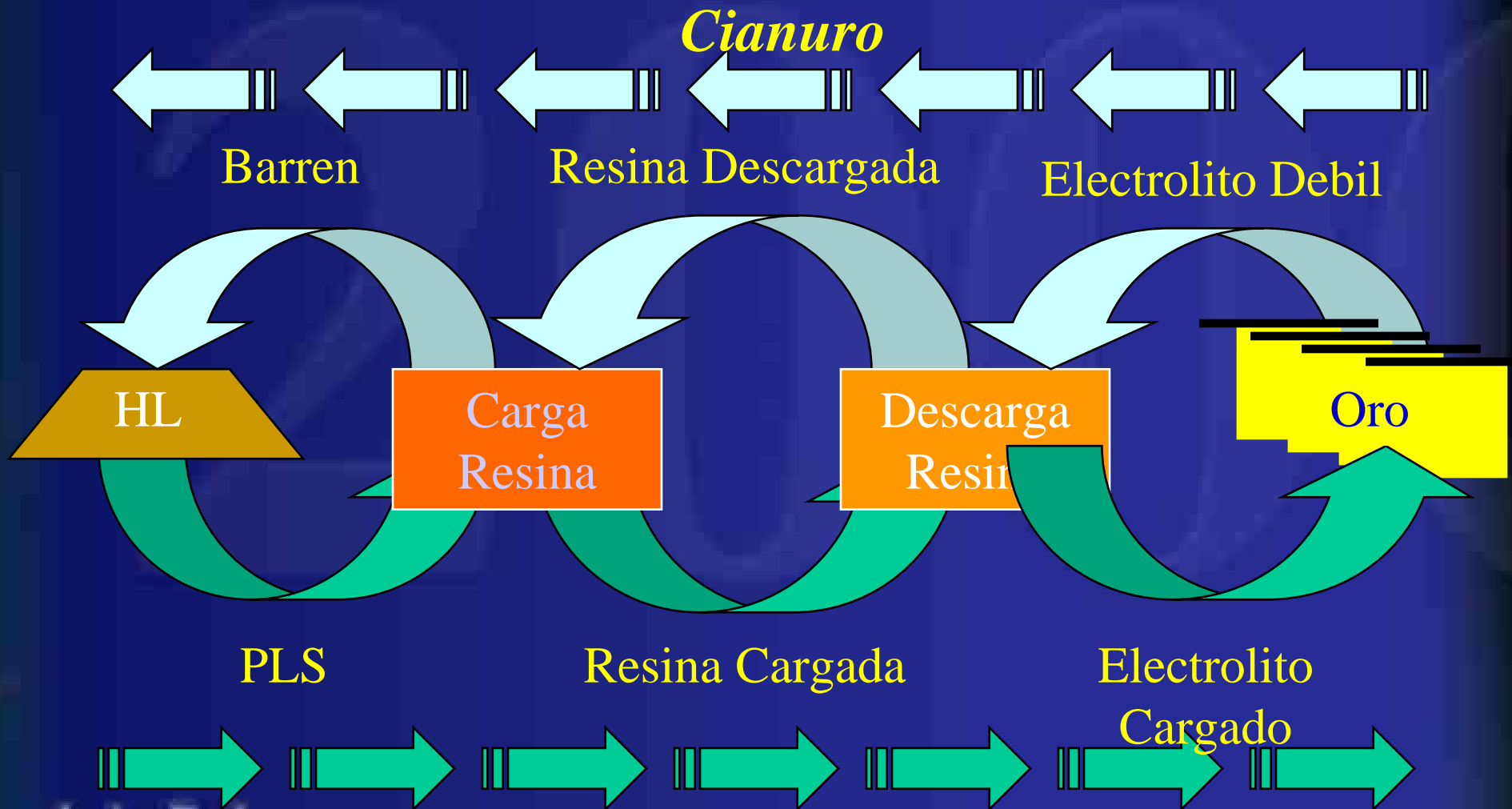


DESORCION



G = Guanidine, R = Resin, Alkyl

Descripcion del Proceso



ALTA
2000

S X / 1 X = 1

Oro

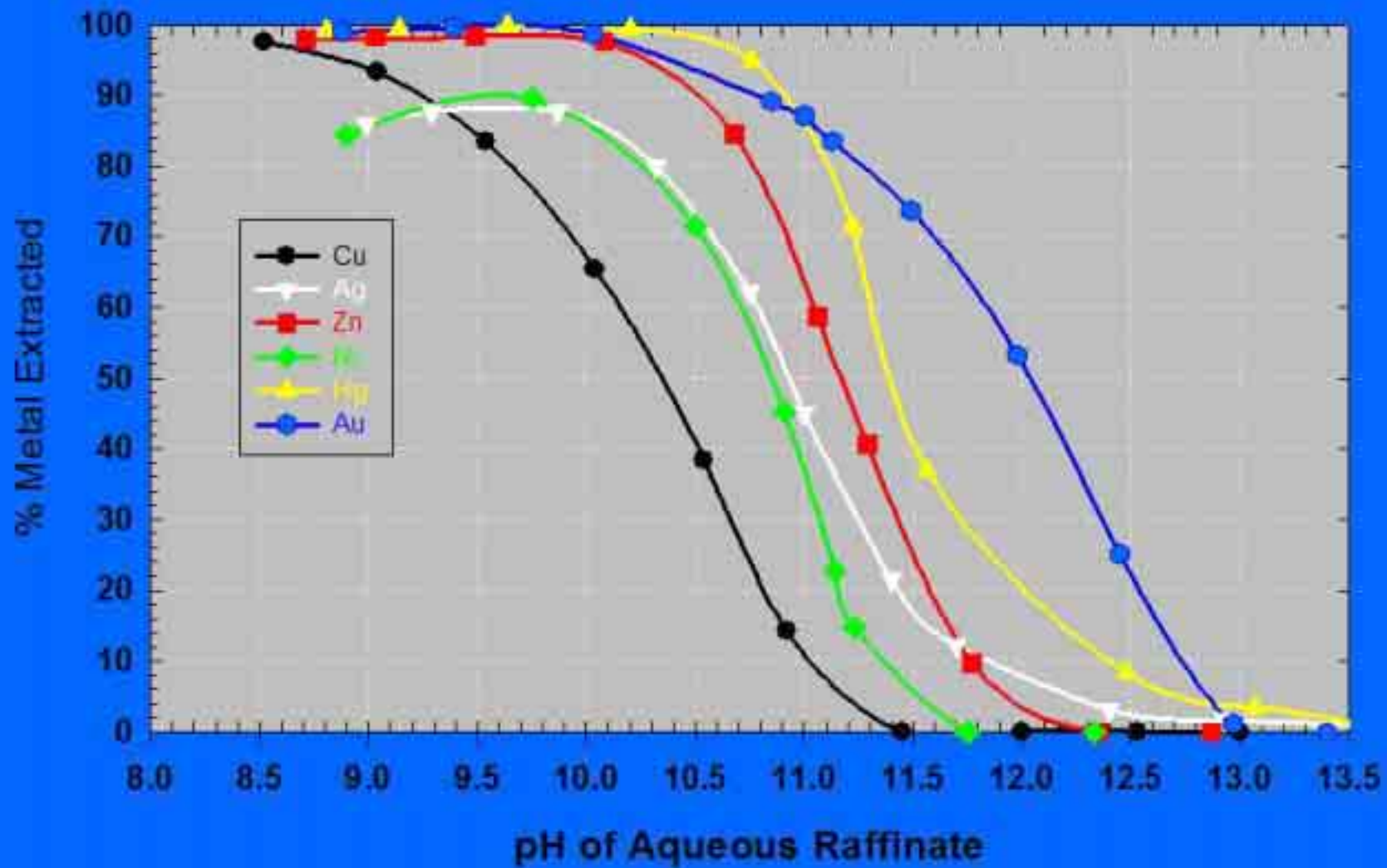
Historia del desarrollo del AuRIX® 100

- **Pruebas en Laboratorio con soluciones sintéticas y reales.**
- **Prueba en planta piloto en la mina de Anglo American Isabella gold mine - Zimbabwe.**
- **Estudio de Ingeniería de costos de RIS versus CIS por Lycopodium**
- **Prueba en planta piloto en Mexico.**

SELECTIVIDAD DEL AuRIX® 100 PARA ORO SOBRE OTROS METALES

Selectividad Relativa

- **Au > Ag > Hg > Zn > Ni > Cu > Co > Fe**
- **AuRIX® 100 es mas selectiva para Oro en 4 veces comparada con una resina de base fuerte.**
- **AuRIX® 100 es menos selectiva para el Cu que el carbon activado**
- **Es posible la desorcion del cobre en forma selectiva**



PROPIEDADES FISICAS DE LA RESINA AuRIX®100

Gravedad específica	~ 1.1
Densidad aparente base seca	~ 330 gm/l
Densidad aparente base húmeda	~600-700 gm/l
Densidad aparente drenado	~ 950- 1000 gm/l
Retención de humedad	~ 50%

Tamaño de distribución

Tamaño	Peso %
+1.0mm	55
-1.00 +0.7 mm	45
-0.60mm	0

Prueba de Atricion con Arena de Cuarzo

Fraction	T=0 hr	T=31 hr	T=76 hr	T=108 hr	T=153 hr	T=200 hr
<700 micron	0.5%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<900 micron	12.2%	12.7%	12.6%	13.0%	12.3%	11.3%
>1000 micron	29.6%	27.0%	27.9%	27.1%	27.8%	29.4%
>1180 micron	3.8%	2.5%	2.9%	2.2%	3.2%	1.9%
Effective size (micron)	891	890	891	890	891	896
Med. Diameter (micron)	970	967	968	967	968	973

Prueba de atricion en Celda Denver D12

60 mins-1200 rpm- 10gm/l extractant

	Fresh Carbon	Regen Carbon	AuRIX®1
Initial Size	+1.0 mm	+1.0 mm	+1.0mm
%Recovery	92.7	94.3	98.8
Screen Size	0.85 mm	0.85mm	0.60 mm

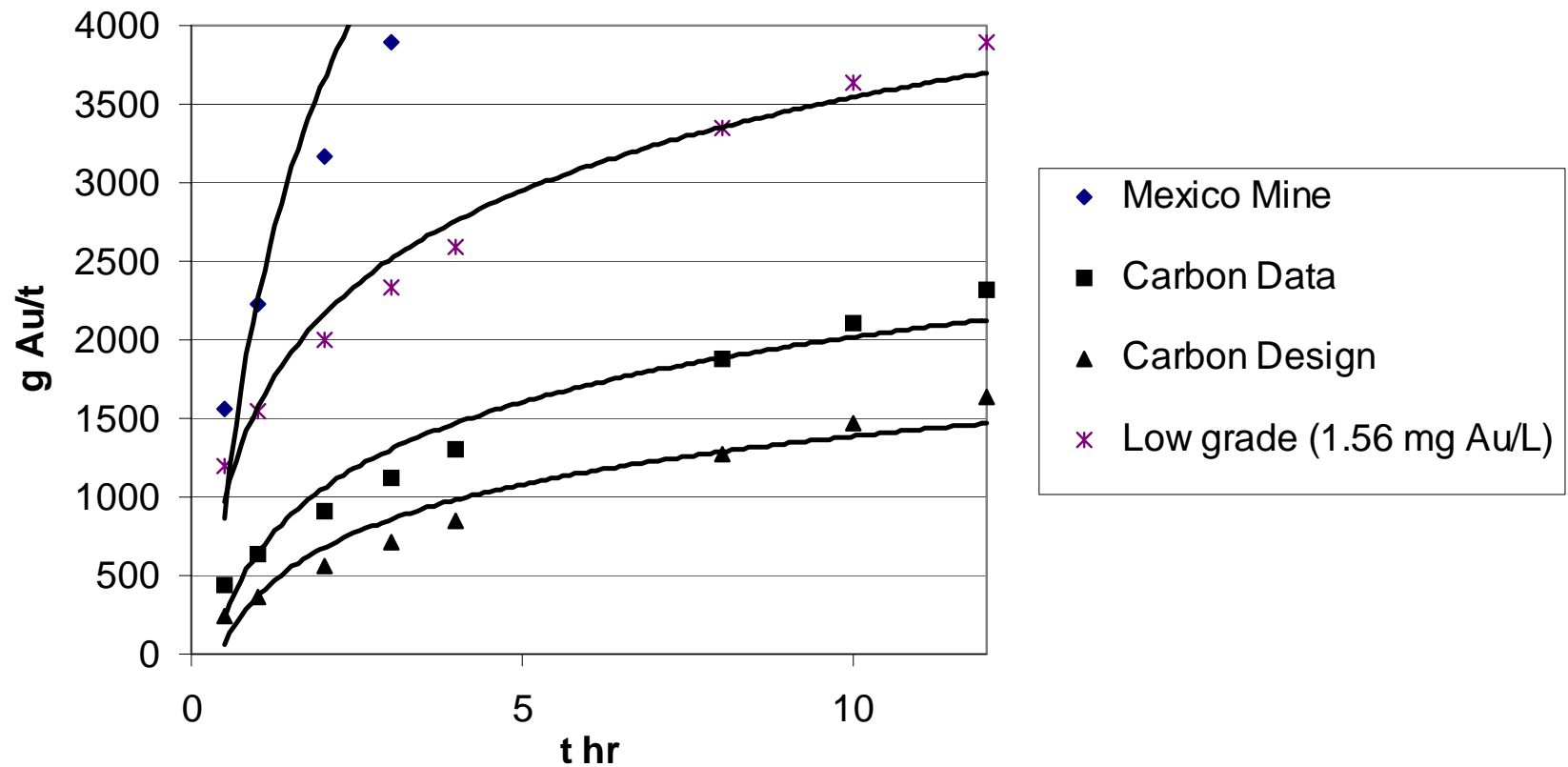
SHOCK OSMOTICO

AuRIX®100 sufre un minimo de shock osmotico, siempre se encuentra en un medio alcalino de trabajo, tanto para la adsorcion como desorcion. Resinas de base mas fuerte son alcalinas en extraccion y acidas en la desorcion, el shock osmotico va a ser severo

SHOCK TERMICO

La maxima temperatura recomendada para desorcion es 60 Deg C. Esto elimina la posibilidad de inducir fallas por temperatura.

Resin Versus Carbon Rate Curves



PLS pH 8.5

Au, ppm 1.11

Ag, ppm 0.54

Cu, ppm 1.33

Hg, ppb 2478

GRAFICO 1

CINETICA DEL ORO

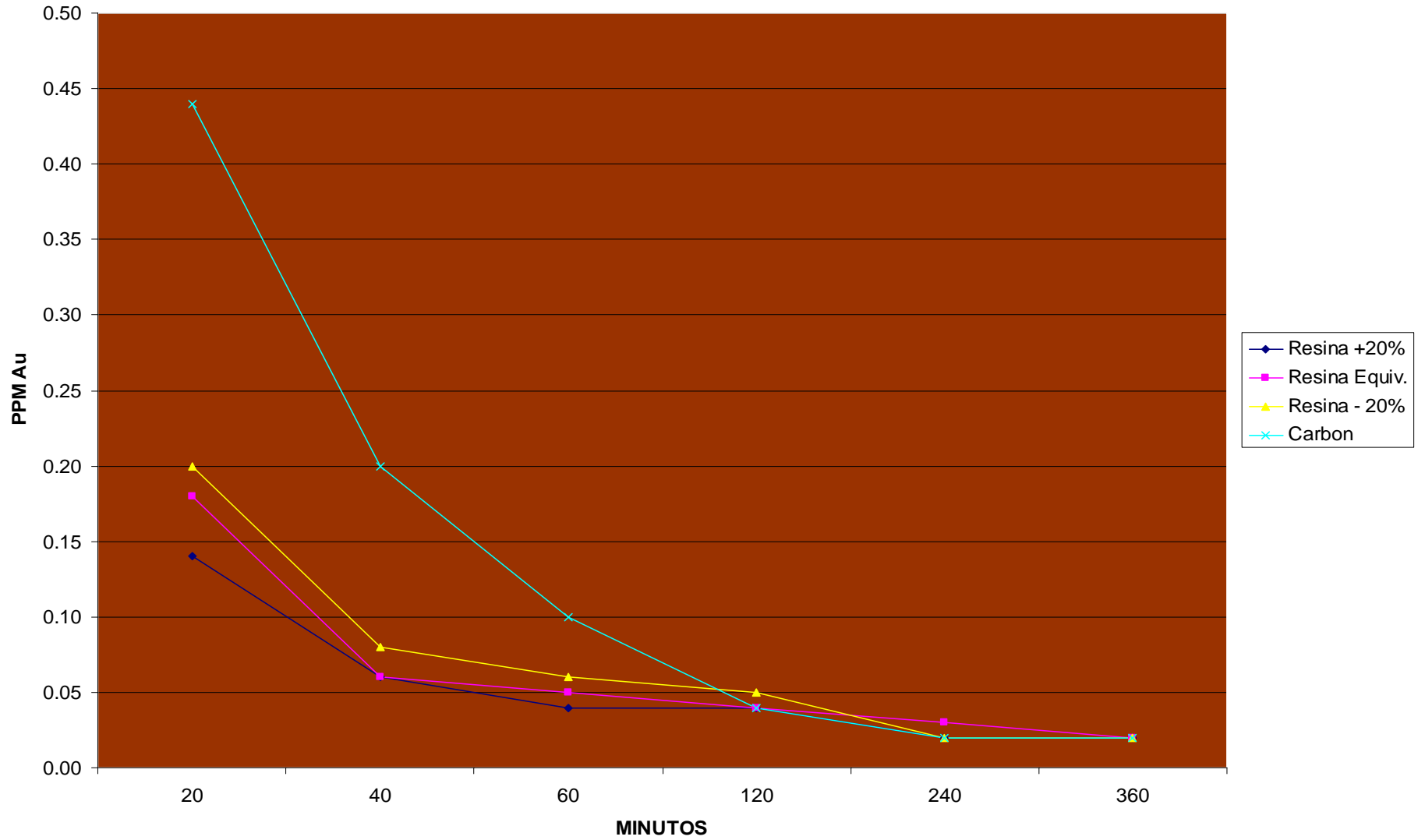


GRAFICO 2 - CINETICA DE LA Ag

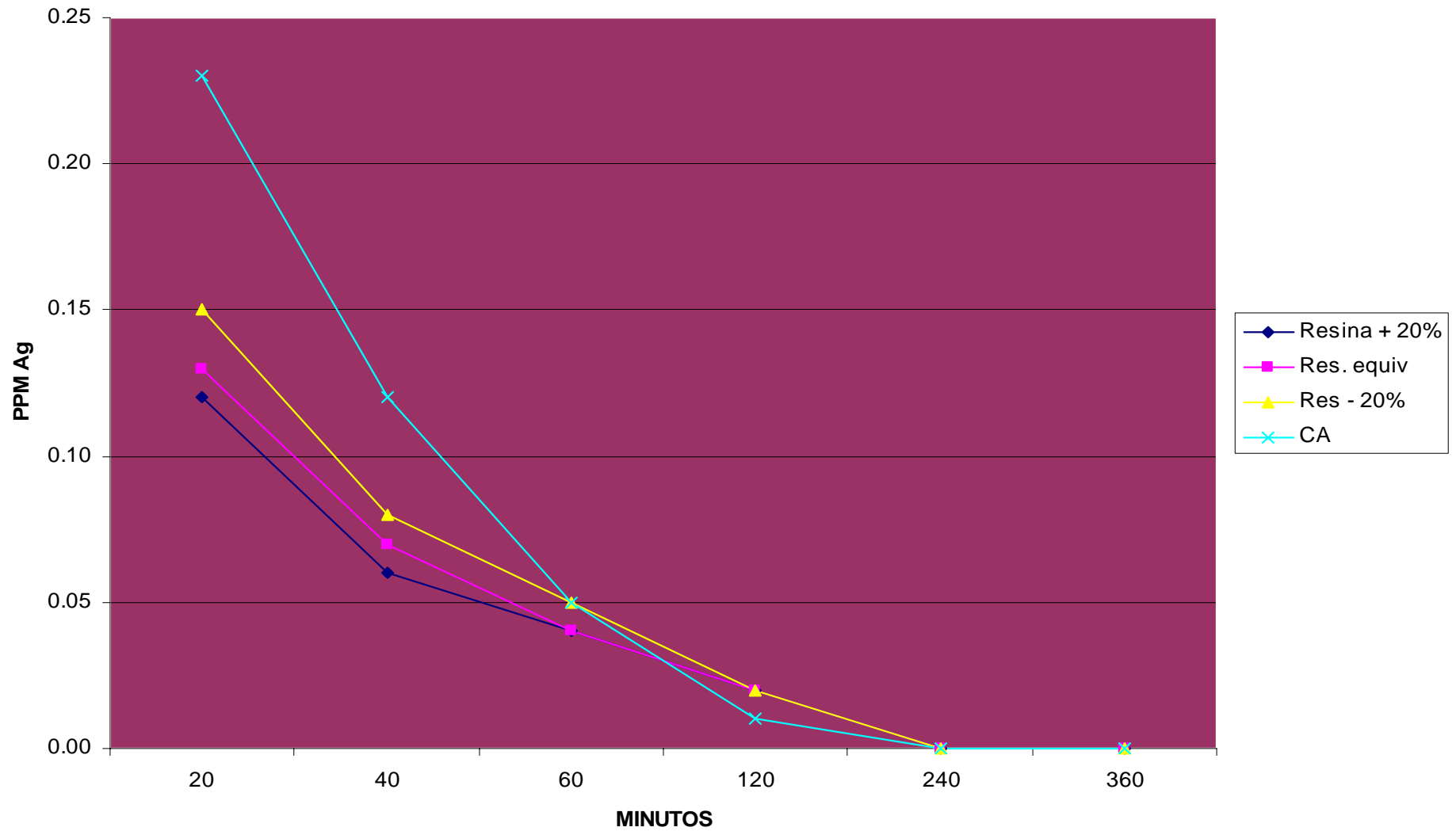
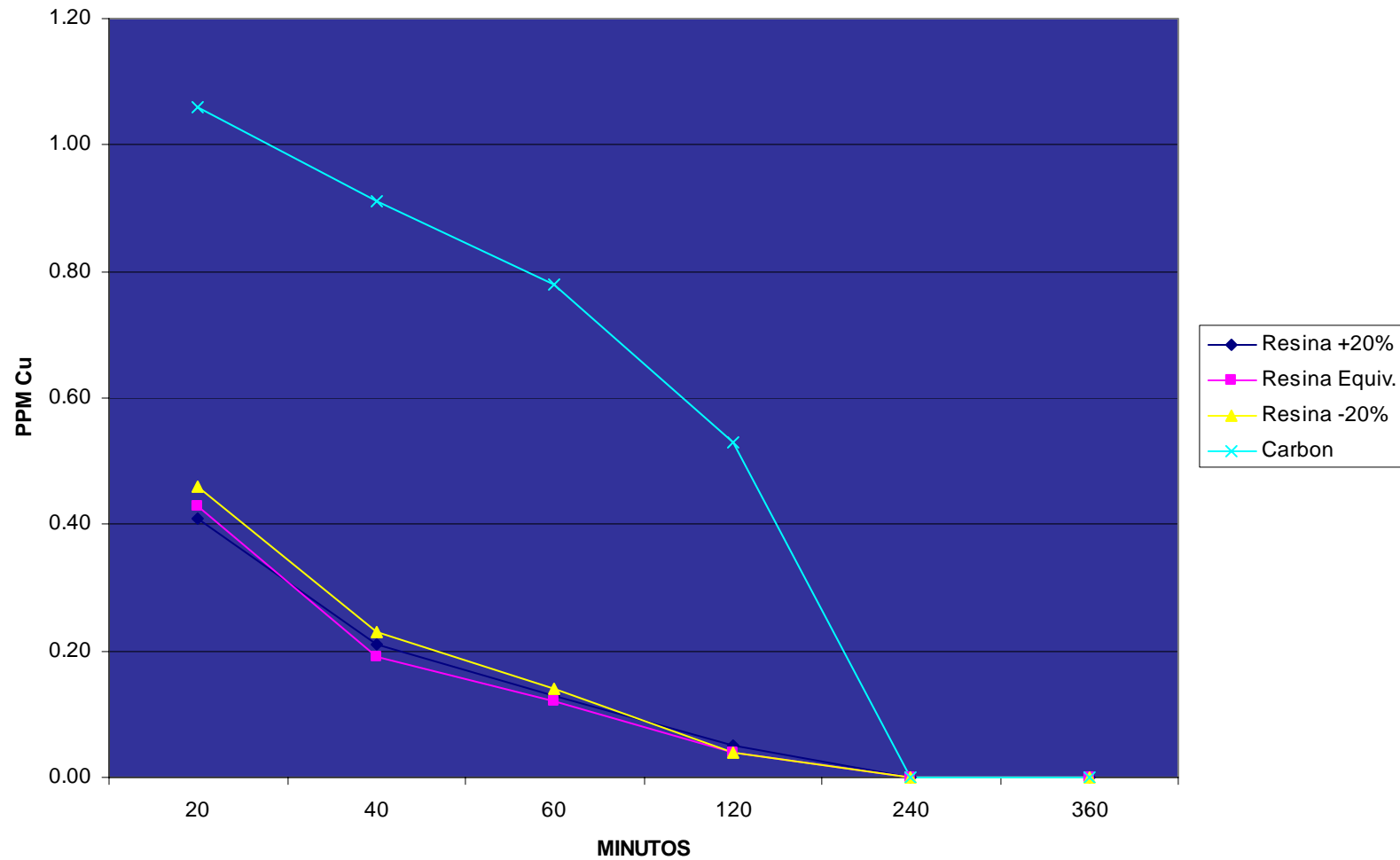
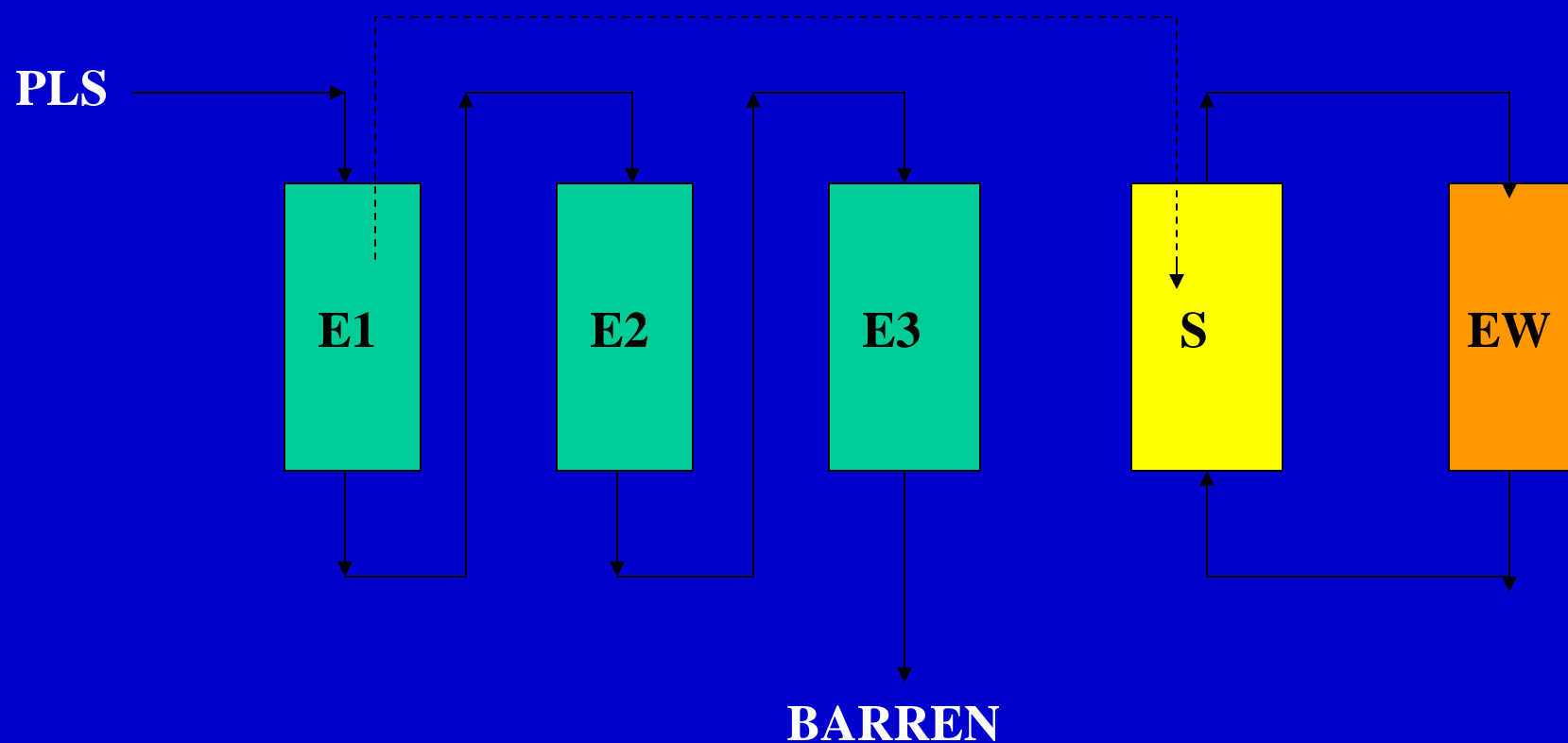


GRAFICO 4 - SELECTIVIDAD DEL Cu



ESQUEMA RIS DE AuRIX®100

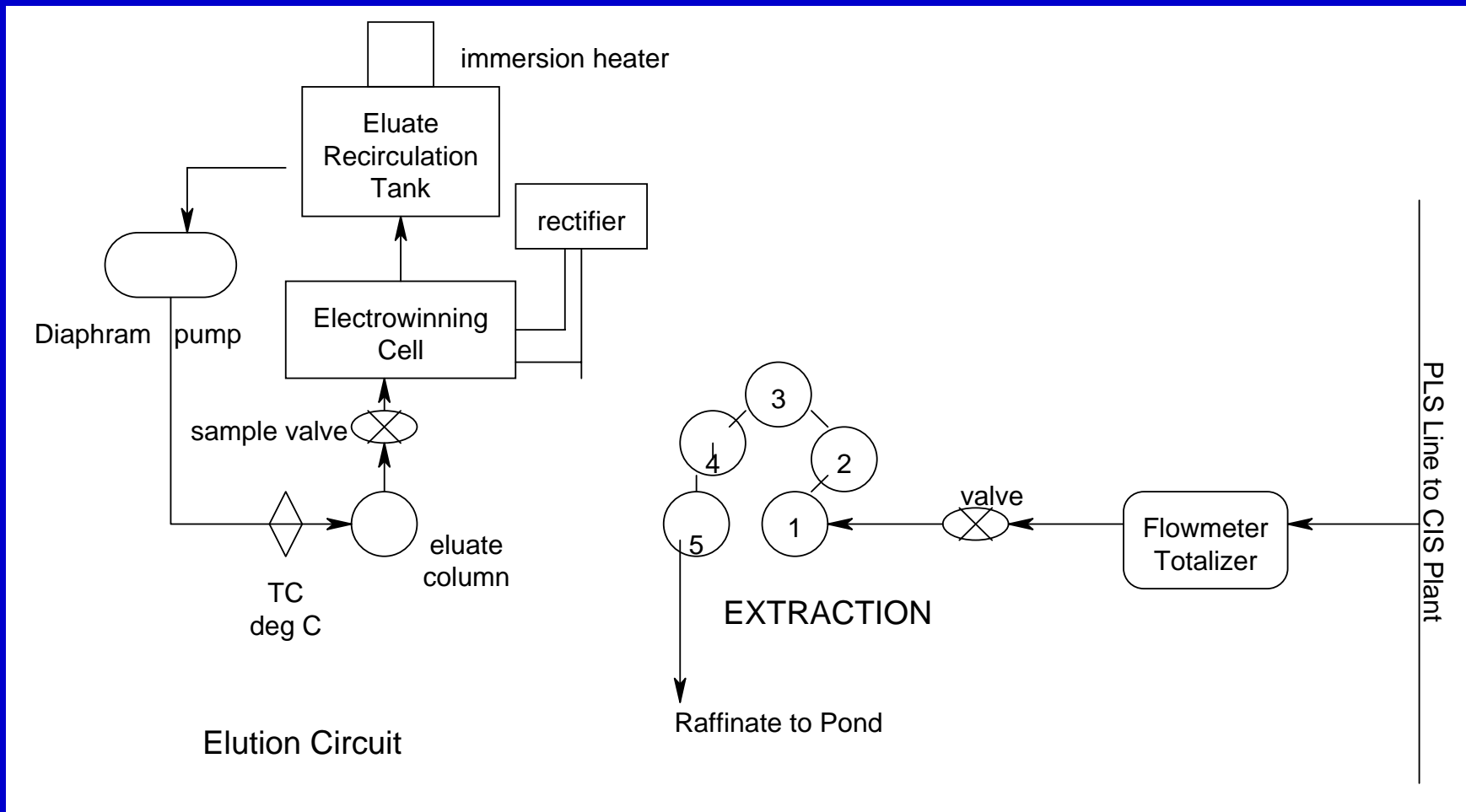
COLUMNAS OPERAN COMO CARRUSEL



E1 es cambiada a desorcion cuando alcanza su carga deseada

E2 cambia a E1 y la columna descargada se convierte en E3.

Esquema de una Planta con Resina



Parametros Tipicos para una Planta RIS

Usando AuRIX®100

- **Capacidad de carga** 5000-15000 gm/t
- **Oro residual en resina descargada** 100-300 gm/t
- **Extraccion; ciclo** 4 - 24 hours
- **Desorcion; ciclo** 3-18 hours
- **Basicidad en desorcion** 40 gm/l NaOH
- **Temperatura de desorcion.** 60 Deg C
- **Flujo de Extraccion** Descendente
- **50-70** v/v/hr
- **Flujo de desorcion** Ascendente
- **5-15** v/v/hr

Ventajas del AuRIX®100

- **Desorcion simple comparada con carbon y resina de base fuerte.**
- **Cinetica de extracion rapida**
- **Resistente al rompimiento**
- **Selectiva para el oro sobre otros metales.**
- **Resistente a la contaminacion.**
- **No requiere regeneracion**

Prueba en Isabella

- **PLS @ 6.9 m³/hr**
- **PLS grado 1.13 g/t**
- **Duracion de la prueba fue 137 dias y 36 desorciones.**
- **Recuperacion del oro equivalente a la planta CIS en paralelo.**
- **El oro producido en la prueba fue - 17 kg**
- **Carga promedio en la resina fue - 9900 g/t.**

Detalles de la planta piloto en Mexico

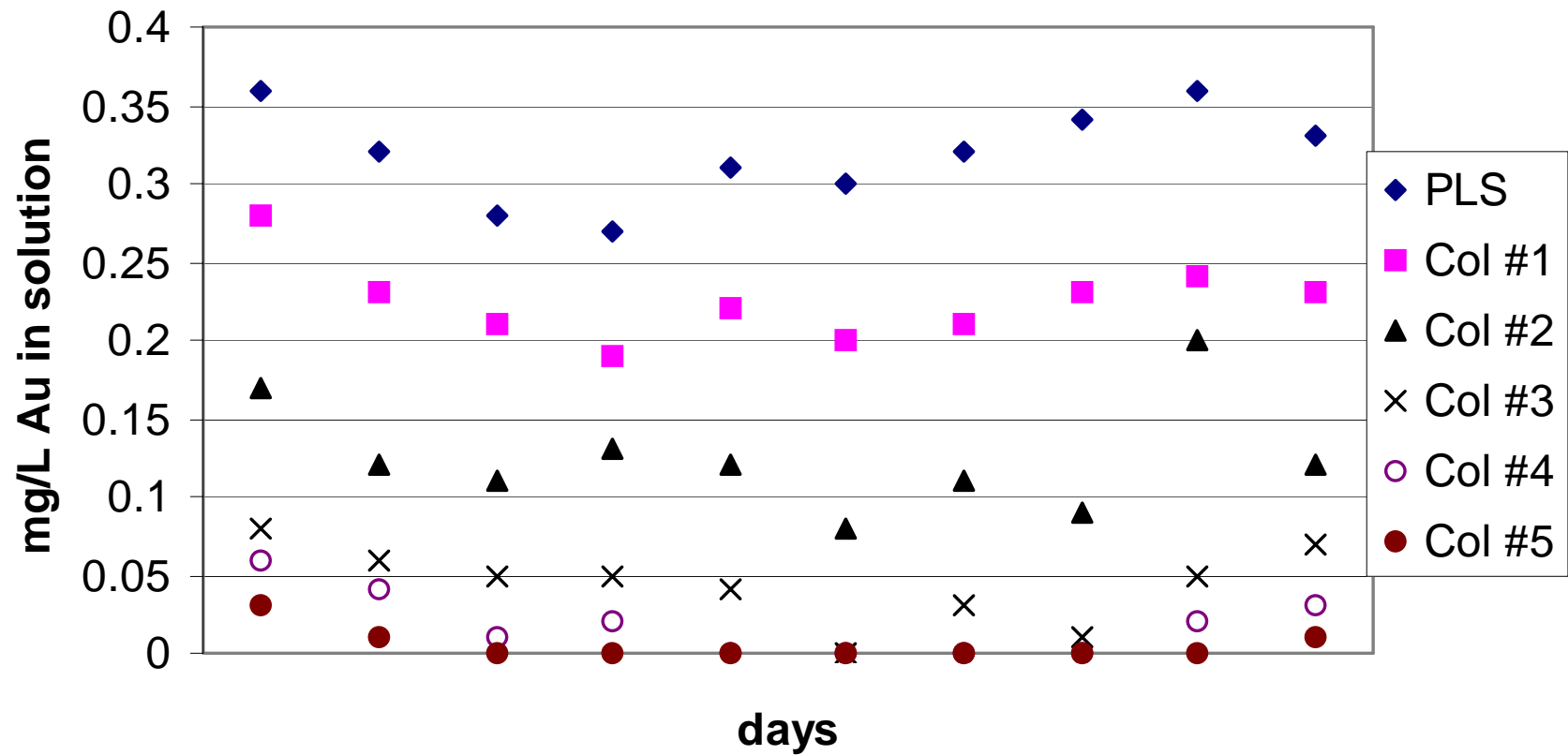
- **Cinco etapas de extraccion, una etapa de desorcion.**
- **Modo de operacion en carrusel.**
- **Flujo de PLS 70 V/V/hr descendente.**
- **Flujo en Desorcion 30 V/V/hr, ascendente**
- **Temperatura de desorcion 60 deg. C**
- **Recuperacion del oro en electrowinning**

Planta Piloto; Performance

(Promedio)

- **PLS grado:** **0.326 g/t Au**
- **Columnas 5** **<0.005g/t**
Au
- **Carga en resina** **1720 g/t Au**
- **Oro resina descargada** **163 g/t**
- **Ciclo de extraccion** **24 hrs**
- **Ciclo de desorcion** **6 hours**

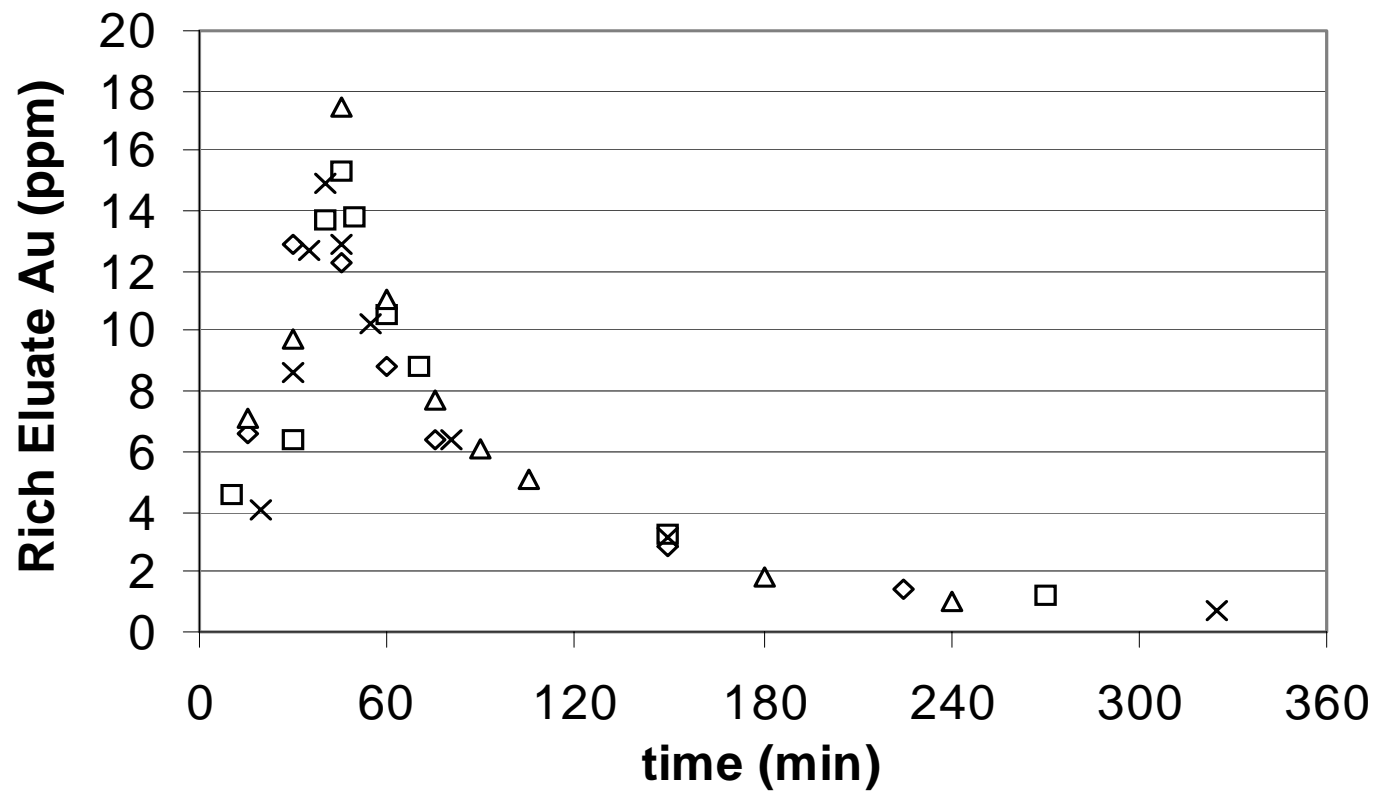
Extraction Column Profiles after 24hr 5 column extraction



Extraction Solution Profiles

Column No.	Au g/t
PLS	0.319
Column 1	0.224
Column2	0.125
Column3	0.044
Column4	0.018
Column5	0.005

Electrolito Rico Versus Tiempo



Analisis del Dore

RIS

Au 90.01%

Ag 9.37%

Cu 0.62%

CIS

Au 68.7%

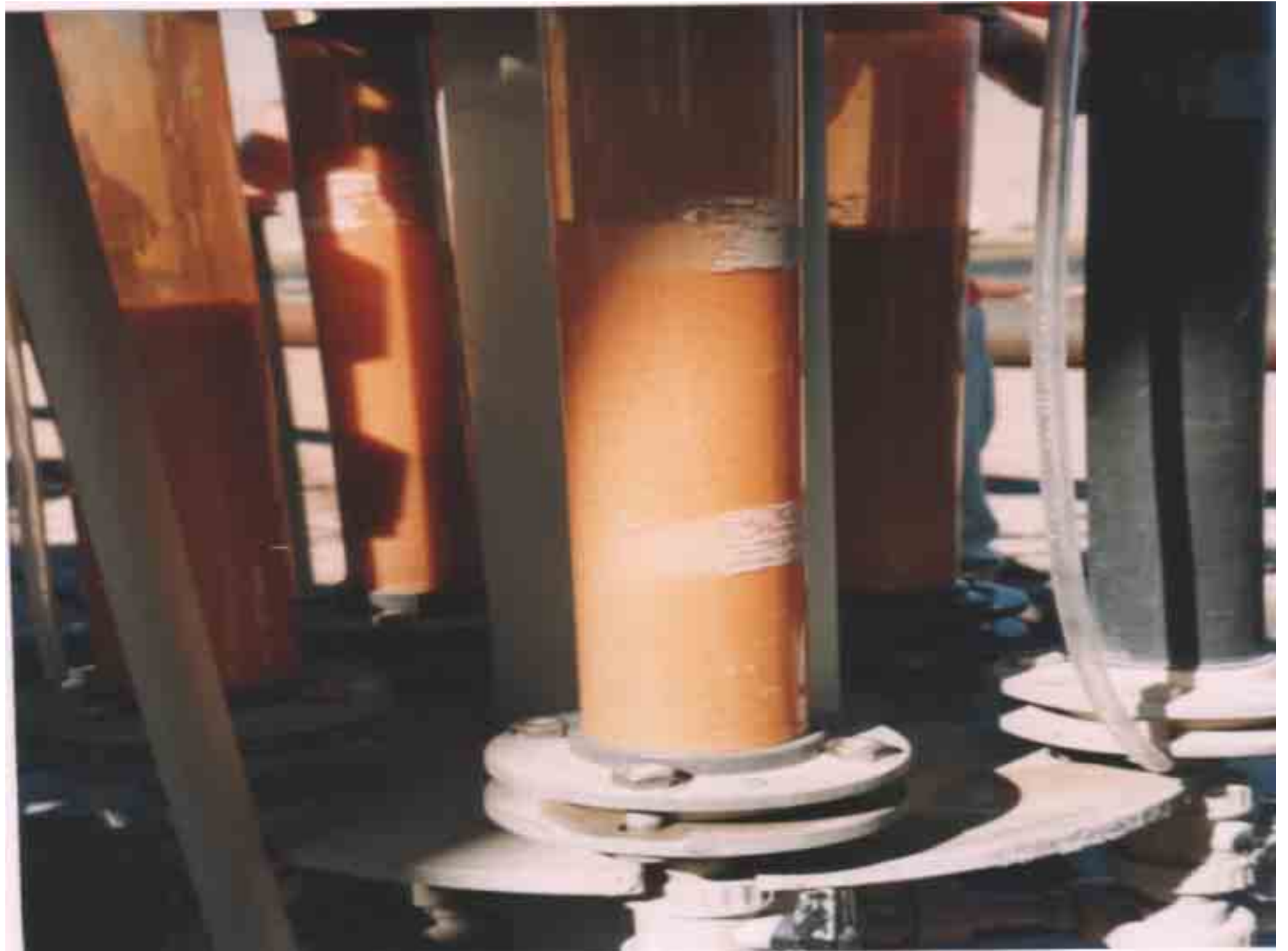
Ag 25.9%

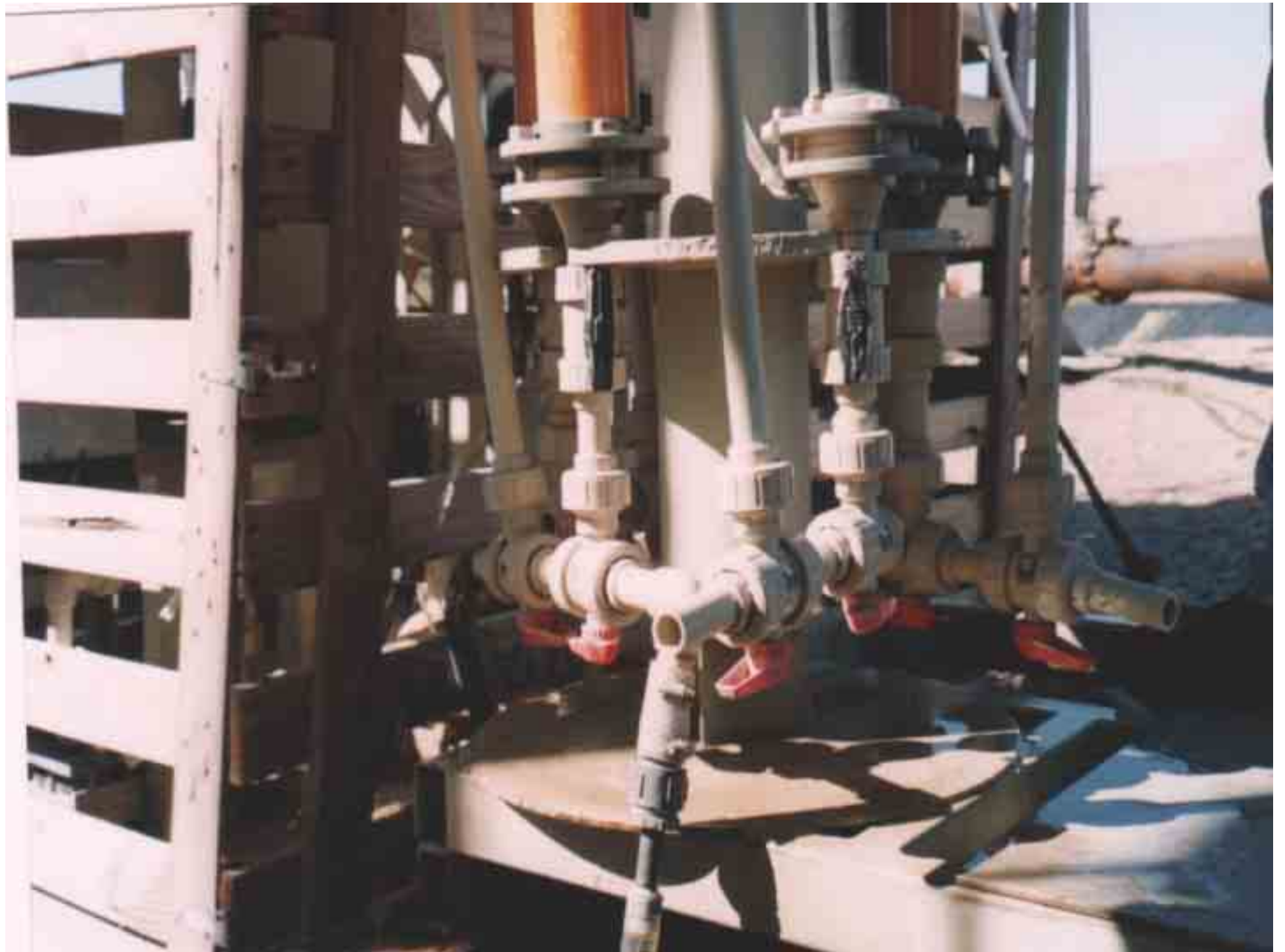
Cu 5.5%











ESTUDIO LIPOCODIUM

- **Planta de 50,000 oz anuales**
- **Dos PLS estudiados, 0.5 y 2.0 g/t**
- **Ahorro de inversion RIS vs CIS – 14 y 18%**
- **Ahorro del costo de operación RIS vs CIS – 25 y 40 %**

Uso en la Pequeña Minería

- **La tecnología es muy simple.**
- **No requiere equipos complicados.**
- **La automatización es mínima o se puede prescindir.**
- **La Planta puede ser transportable.**
- **No se requiere regeneración térmica.**
- **Disminución de costos, adsorción, desorción, transporte.**
- **Opción de tener su propia planta**
- **Flujo de capital más rápido**

Ventajas del AuRIX® 100 RIS sobre el CIS

- **14-18 % menor costo de inversion.**
- **25-40% menor costo de operacion.**
- **Alta seguridad, la resina no se mueve.**
- **La Planta puede ser transportable.**
- **No se requiere regeneracion termica.**
- **Operacion simple**

PILOTAJE EN PERU

Objetivos

Evaluacion en planta piloto

Extraccion

Elution

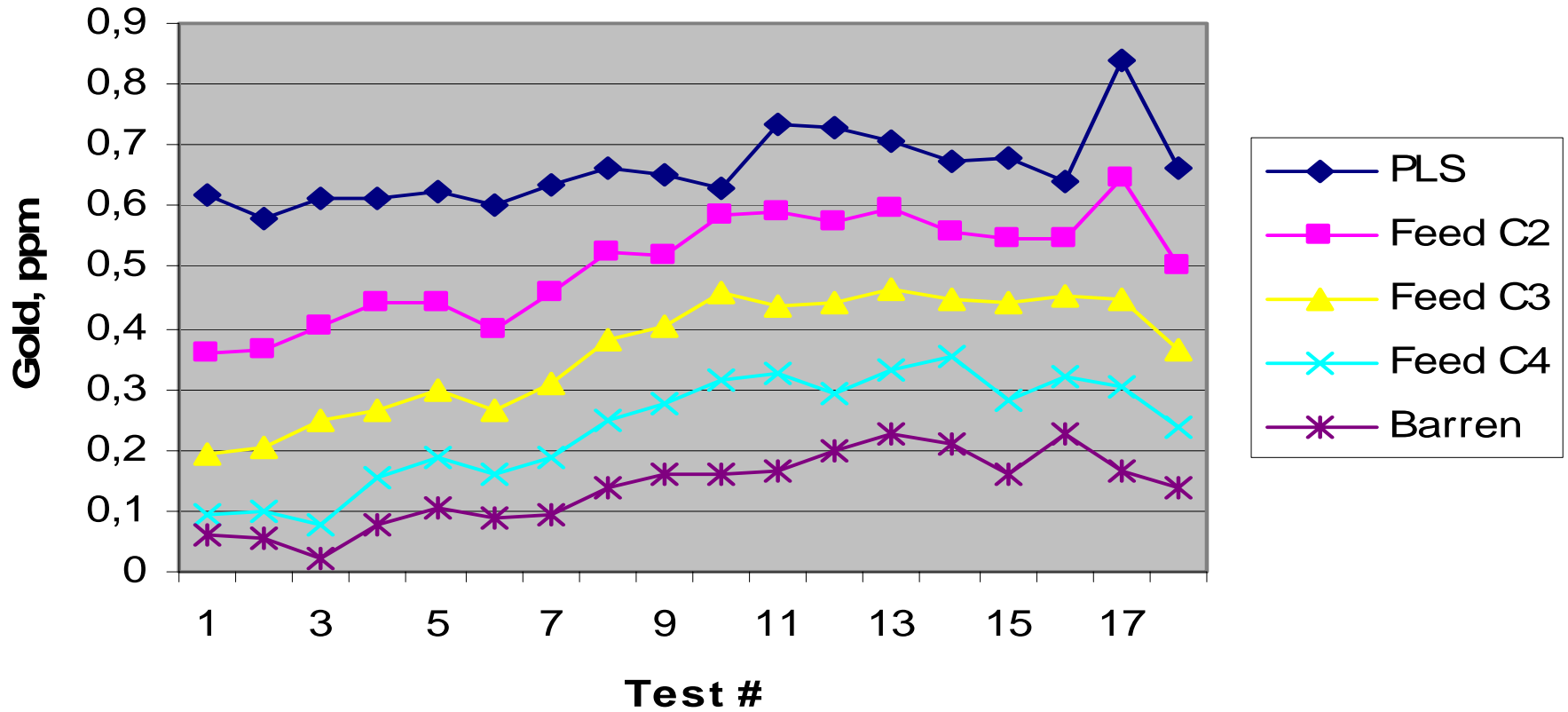
**Condicion, obtaner 0.02 ppm Au max.
en Barren**

Detalles del Pilotaje

- **Cuatro etapas de extraccion, una etapa de desorcion.**
- **Modo de operacion en carrusel.**
- **Flujo de PLS 60 V/V/hr descendente.**
- **Flujo en Desorcion 20 V/V/hr, ascendente**
- **Temperatura de desorcion 60 deg. C**
- **Recuperacion del oro en electrowinning**

RESULTADOS

Promedios en las primeras 18 pruebas



Parametros

Extraction flow

Down flow at 120 Bv/hr

Elution flow

Up flow at 10 Bv/hr

Elution temperature

60 Deg. C

Columns

4 – 3 in extraction.

Cambios en los parametros

Flujo de Extraccion

Flujo descendente a 60 Bv/hr

Flujo de Elution

Flijo ascendente a 20 Bv/hr

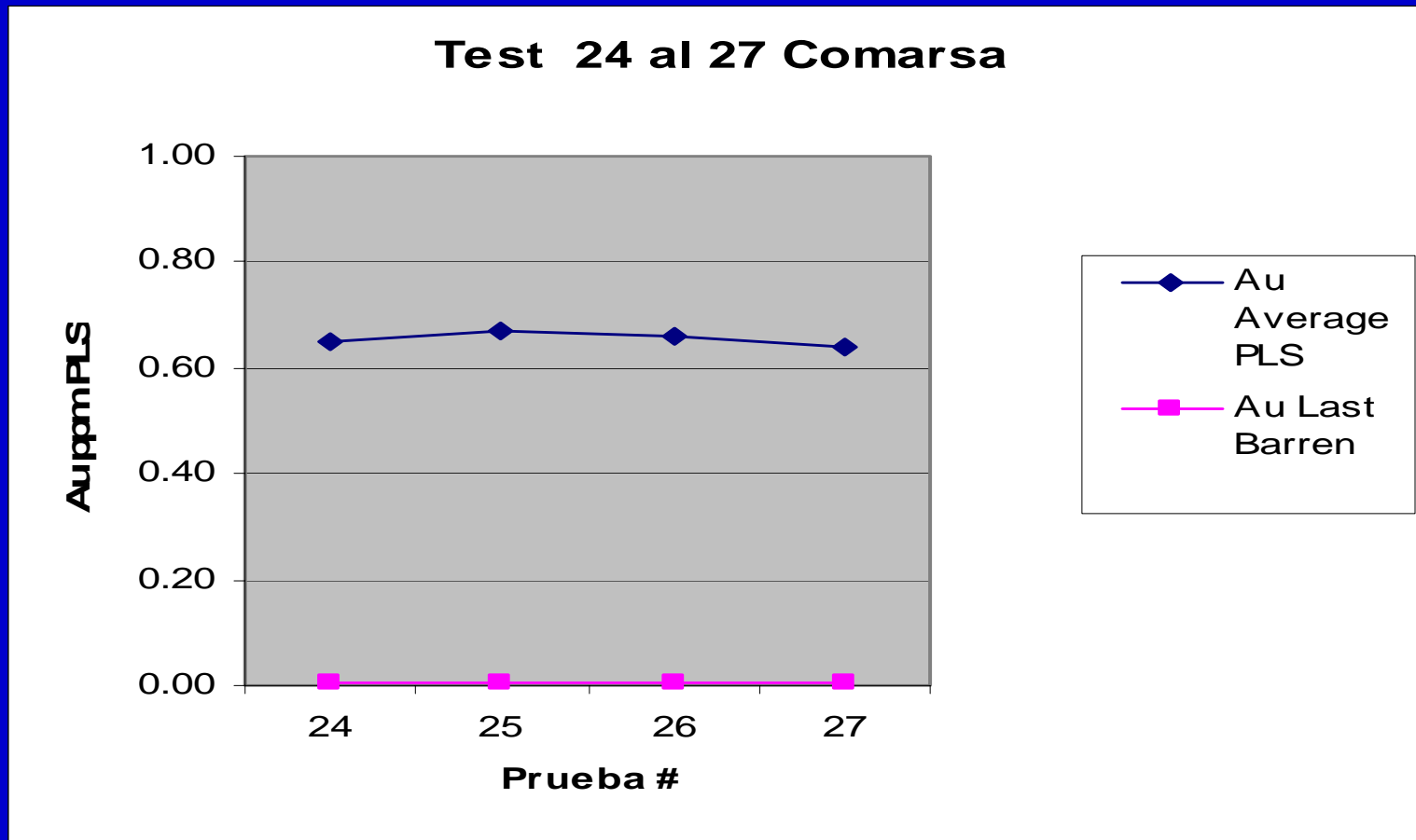
Temperatura de Elution

60 Deg. C

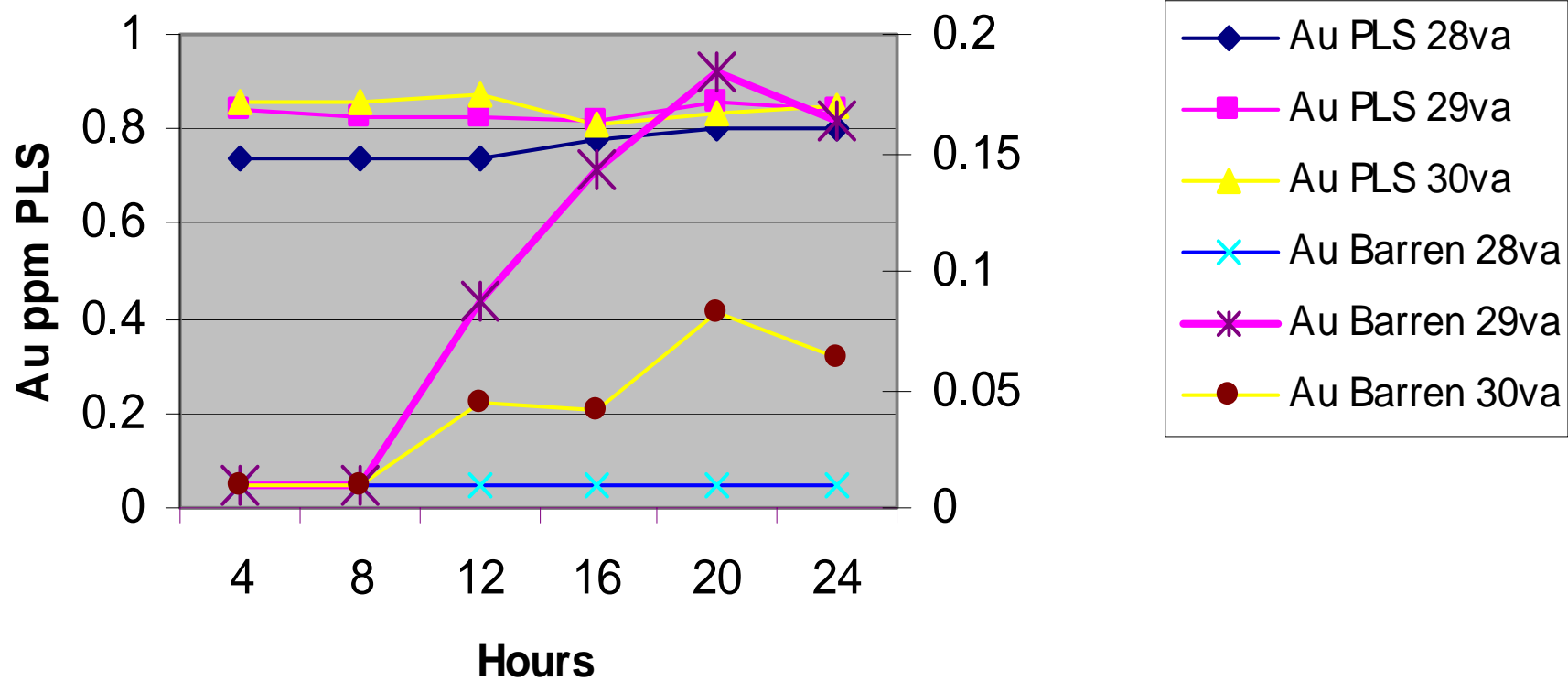
Columnas

**4 en extraction.
1 en reextraccion**

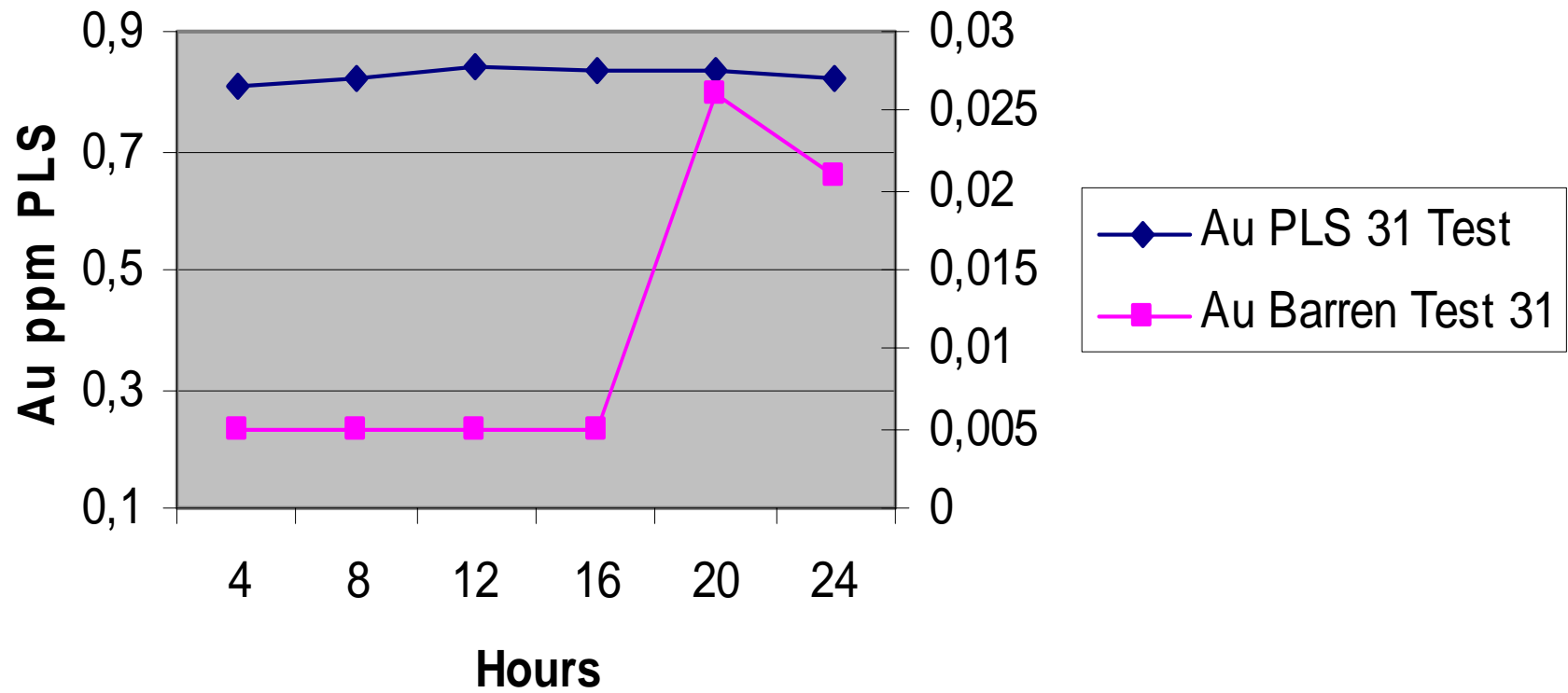
Resultados pruebas 24 al 27



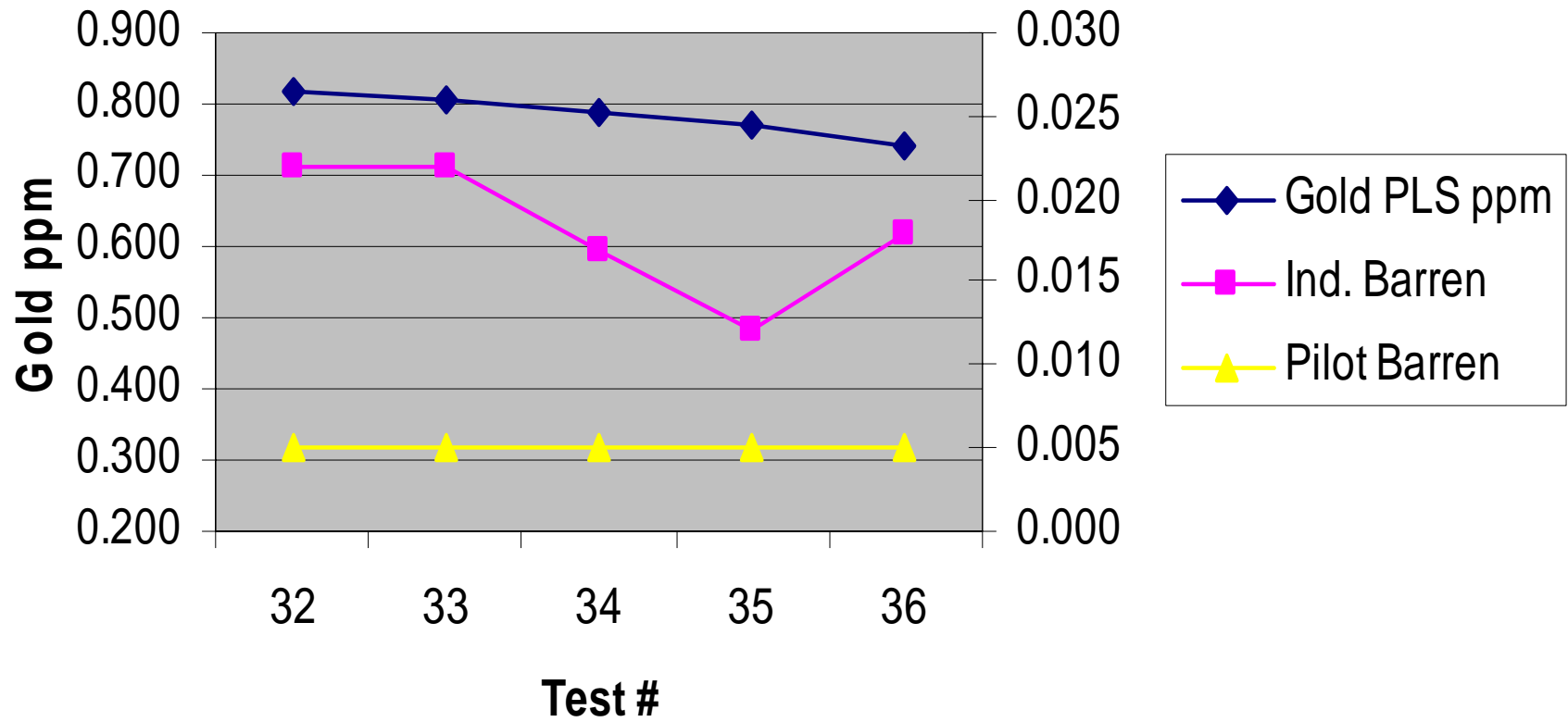
PLS Au Variation - Test 28 to 30



Test # 31



Comparative Indust. vs Pilot



Planta Piloto; Performance

(Promedio)

- **PLS grado:** **0.65 g/t Au**
- **Columnas 4** **<0.005g/t Au**
- **Oro resina descargada** **250 g/t**
- **Ciclo de extraccion** **4 dias**
- **Ciclo de desorcion** **24 hours**

Ventajas

PLS flow. 16,300 m³/d

Carbon m³ in plant 110

PLS m³ h/ Carbon m³ 6.17

PLS m³ h/ Resin m³ 15

La planta con resina es 2.4 veces menor que la que actualmente utilizan.

COSTOS DE OPERACION

LA PLANTA DE ELUTION TIENE:

Elution a presion a 130 C

Reactivacion quimica

Reactivacion fisica

Carbon se encuentra en movimimiento, de extraccion →
elution → reactivacion quimica → reactivacion fisica →
extraccion

Elution en RIS es a 60 C

La Resina no se mueve

El costo operativo es menor en un 25 – 40 % menor



Resumen

- **AuRIX® 100 RIS, ha sido demostrado en dos pilotajes.**
- **Los datos obtenidos en los pilotajes son consistentes con los de laboratorio.**
- **El proceso RIS se muestra como alternativa al CIS**
- **AuRIX® 100 RIS no solo es ahorros tambien tiene otras ventajas.**
- **Puede ser util para toda la mineria del oro**

Costo para un Artesanal

- Una TM dia de mineral
- Au, 25 gr/tm de mineral
- Necesidad de resina
 - 20 litros
 - 5 columnas de 6 litros cada una
 - Material de columnas, PVC, Fierro
 - Columna de 20.32cm(d)x20.32cm(h) o
 - Columna de 10.16 cm(d)x74 cm(h)



Cu

JURGEN A PICARDO

INTRODUCCION

- ❖ TRATAR DE DEMOSTRAR QUE SON TECNOLOGIAS APROPIADA PARA VOLUMENES REDUCIDOS
- ❖ GENERAR TRABAJO
- ❖ INCENTIVAR A TENER SU PROPIA EMPRESA
- ❖ UNION UNIVERSIDAD – EMPRESAS
- ❖ APOYO ESTATAL – SI NO – NO ENTORPECER

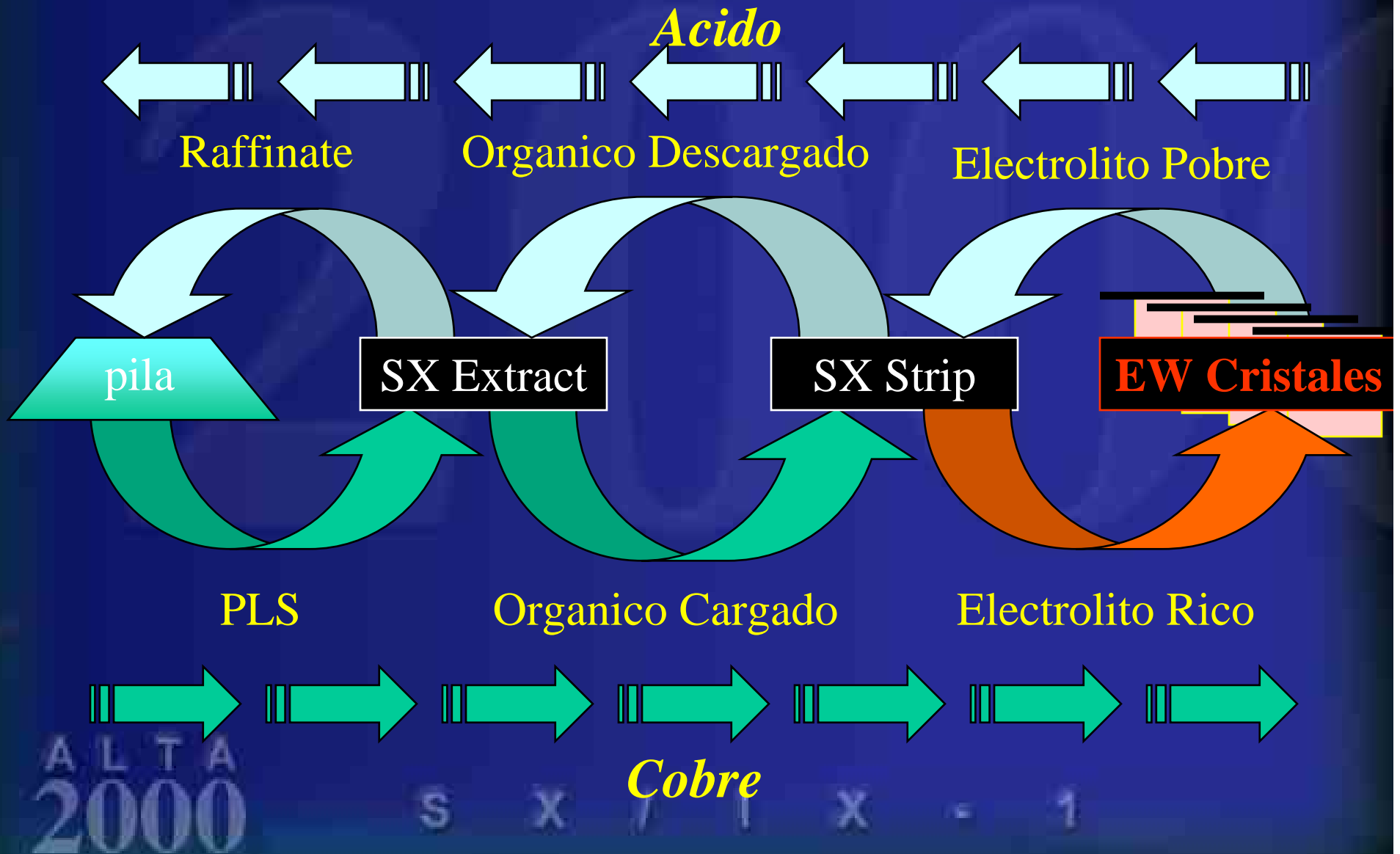
Definición de Extracción por Solventes

- La extracción por solventes es un proceso Hidrometalurgico donde una especie metálica de interés disuelta en una fase acuosa que además tiene contenidos variables de impurezas pasa a otra inmisible con ella, con el objetivo de producir una solución concentrada y pura desde la que se puede extraer el elemento metálico.
- De esta manera la extracción por Solventes se utiliza para:

CONTINUACION

- - **Purificar Soluciones:** Se puede extraer selectivamente el metal de interés a extraer.
- - **Separar uno o mas elementos metálicos de interés a través de una extracción selectiva.**
- - **Concentrar el elemento o metal de interés en una fase acuosa apta para su posterior recuperación.**

Descripcion del Proceso



Campo de aplicación de la SX

- El desarrollo de reactivos orgánico modernos de alta cinética y el mejoramiento de los diseños de planta Sx-Ew ha traído como consecuencia el reemplazo de tecnologías convencionales (Cementación - Fusión - Refinación) y la posibilidad de recuperar especies metálicas de interés en proyectos que no son viables por métodos tradicionales.
- Entre las aplicaciones mas importantes tenemos:

CONTINUACION

- **Tratamiento de minerales de baja ley, mediana y alta ley**
- **Tratamiento de lastres mineralizados de baja ley.**
- **Tratamiento de efluentes de mina con contenido de elementos metálicos.**
- **Tratamiento de volúmenes pequeños de mineral, mayor ley**
- **Residuos con contenido de Cu**
- **Soluciones de lixiviación de concentrados**

Campo de aplicación de la SX

- QUE PODEMOS PRODUCIR
- Sulfato de Cobre
 - A partir del sulfato de Cu se pueden producir otras sales
 - El sulfato de cobre, sería mas conveniente venderlo a una empresa productora de Cu catódico
 - Soluciones de Cu
- Cobre catódico

Plantas en Peru

- Cerro Verde 1977
 - Toquepala 1995
 - Tintaya
 - Tecnosul
 - Chapi
 - Posibles
 - Chancas
- 240 tmd
 - 153
 - 100
 - 3
 - 20
 - 150







Es Aplicable a la Mediana o Pequeña Minería.

- Si es aplicable.
- Evaluaremos un caso tipo con producción de sulfato de cobre en
 - Que requisitos se deben cumplir

RESERVAS

- El volumen mínimo de mineral esta relacionado con el nivel de producción, por ejemplo quiere tratar 10 TMD sus reservas minimas deberian ser para producir unos 3 años.

CONSIDERACIONES GENERALES

- NO SE DEBE OLVIDAR QUE TODO ES UN CONJUNTO
- MINERAL
- LIXIVIACION
- SX
- PRODUCTO
- LA EVALUACION ECONOMICA NOS DA EL RESULTADO, ES RENTABLE O NO.

PRUEBA DE CINETICA

- TENER MUESTRA REPRESENTATIVA DEL MINERAL
- ANALISIS POR Cu TOTAL
- MOLER A -100% MENOS 100 MALLAS
- LIXIVIACION POR AGITACION, CONTROLANDO CONSUMO DE ACIDO Y RECUPERACION
- SE OBTIENE LA MAXIMA RECUPERACION Y CONSUMO DE ACIDO POSIBLE PARA UNA LIXIVIACION ACIDA

PRUEBA DEL Tamaño DE MINERAL

- ES NECESARIO REALIZAR LAS PRUEBAS DE LIXIVIACION A NIVEL DE LABORATORIO
- SE NECESITA EL TRABAJO EN CONJUNTO DE LA UNIVERSIDAD Y LOS POSIBLES PRODUCTORES
- SE PODRIA TRABAJAR CON ACUERDOS A LOGROS FUTUROS, INCLUIRIAN PAGOS MINIMOS
- ESTAS PRUEBAS NOS DAN RECUPERACION, CONSUMO DE ACIDO Y COMPORTAMIENTO DEL MINERAL

TECNOLOGIA

- LO MAS SIMPLE POSIBLE Y ADECUADA AL MINERAL

LIXIVIACION



EVALUACION ECONOMICA

- CADA PASO ES NECESARIO REALIZAR LA EVALUACION ECONOMICA.

Parametros Economicos

PRECIO DEL MINADO

COSTO DE LA ENERGIA

COSTO DEL AGUA

COSTO DE SX

PRECIO DEL ACIDO

TRANSPORTE DEL SULFATO

JORNAL MENSUAL

SALARIO

PARAMETROS ECONOMICOS

PRECIO DEL COBRE

TM TRATADAS POR MES

LEY DE COBRE

RECUPERACION DEL COBRE

**CONSUMO DE ACIDO TOTAL Y POR
GANGA**

VENDER SOLUCION

- ✓ PRECIO DEL COBRE MAS DE UN DÓLAR HASTA UNOS Cuatro Años MAS
- ✓ CON BAJO ACIDO SE PUEDE TENER MAS DE 70 GPL DE Cu EN SOLUCION
- ✓ EQUIPO ES MINIMO
- ✓ SE NECESITA ALGUIEN QUE COMPRE
- ✓ LA SOLUCION NO DEBE TENER CONTAMINANTES QUE PERJUDIQUEN AL COMPRADOR
- ✓ TENER UN DEPOSITO CON UNA LEY MAS RICA QUE LO TRADICIONAL

VENDER CRISTALES

- ✓ PRECIO DEL COBRE MAS DE UN DÓLAR
HASTA UNOS Cuatro Años MAS
- ✓ EQUIPO ES MINIMO
- ✓ SE NECESITA ALGUIEN QUE COMPRE
- ✓ EJEMPLO PARA UNA PLANTA PARA
TRATAR 5 tmd con una ley de 6 % y una
recuperacion de 85 %

DIMENSION DE PLANTA

- ✓ Tres etapas de extracción y uno de reextraccion
- ✓ Volumen de extracción es de 150 litros
- ✓ Area de sedimentación 1 metro cuadrado
- ✓ TK de Orgánico cargado de 1 M3
- ✓ TK de raff de 10 M3
- ✓ TK de PLS de 10 M3



TK Sedimentador



TK Mesclador

CONSIDERACIONES PARA EVALUACION ECONOMICA

- ✓ LEY DE MINERAL 6 %
- ✓ RECUPERACION 85 %
- ✓ USD \$ 800 por TM de Cristales, puesto en planta
- ✓ TRES Años DE VIDA DEL PROYECTO
- ✓ INTERES DE 12 % ANNUAL POR PRESTAMO

PARAMETROS ECONOMICOS CONSIDERADOS

Valores Considerados

	USD \$	UNIDAD
COSTO DEL MINERAL	15,00	USD X TM
COSTO DE LA ENERGIA	0,20	USD X KWH
COSTO DEL AGUA	0,10	USD X M3
PRECIO DEL ACIDO	55	USD X TM
TRANSPORTE M3	0	USD X TM
JORNAL MENSUAL	250	USD X MES
SALARIO	350	USD X MES
JEFATURA	600	USD X MES

PARAMETROS ECONOMICOS CONSIDERADOS

PRECIO DEL COBRE	1,20	USD X LB CU
MINERAL TRATADO	150	TM / MES
LEY DE COBRE	6,00	%
RECUPERACION	85	%
CONSUMO DE ACIDO	152	KG X TM
ACIDO POR GANGA	60	KG X TM
CONCENTRACION Cu PLS	18	GPL

RESERVAS

5400

TM

RESULTADOS

PRODUCCION

31

TM X MES

COSTO DE PRODUCCION

320

USD X TM

PRECIO DE VENTA

800

USD X TM

GANANCIA ACUMULADA

466250

USD

INVERSION

85582

USD

CAPITAL DE TRABAJO

19598

GANANCIA 1ER AÑO

163718

USD

TIR

364%



CONCLUSIONES

- ✓ **CON MINERALES RICOS Y POCO TONELAJE SI ES POSIBLE GANAR DINERO**
- ✓ **GENERARIA TRABAJO**
- ✓ **DESAFIO PARA LOS METALURGISTAS**
- ✓ **PODRIAN GENERARSE MUCHAS MINI PLANTAS**
- ✓ **TODO EL APOYO DE COGNIS EN EL, SOPORTE TECNICO Y SIMULACION, METCALC - ISOCALC**

CONCLUSIONES

- ✓ UNION UNIVERSIDAD – PRODUCTORES - ESTADO.
- ✓ BUSCAR SOCIOS ESTRATEGICOS, FINANCIAMIENTO o TECNOLOGIA
- ✓ BUSCAR DE IMPLEMENTAR LAS TECNOLOGIAS DE PUNTA EN LIXIVIACION PARA Pequeños PRODUCTORES
- ✓ jurgen.picardo@cognis-us.com
- ✓ Jurgen Picardo
- ✓ Tel 4453781 fax 4456506

Minerales de Cobre con Oro

- Uniendo las dos tecnologías, se pueden tratar este tipo de minerales

Teamwork works.

cognis.

MINING AND ION-TRANSFER CHEMICALS TECHNOLOGY

Gracias



A large group of approximately 100 people, mostly men, are posed for a group photograph in an outdoor courtyard. They are arranged in many rows, filling the space. The background shows a building with a corrugated metal roof and some palm trees. The word "Gracias" is overlaid in large, 3D, yellow and orange letters.

Gracias

Teamwork works.

cognis

MINING AND ION-TRANSFER CHEMICALS TECHNOLOGY