

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**



**“EXTRACCION DE ORO UTILIZANDO LA TECNICA DE
LIXIVIACION EN PILAS Y EL PROCESO MERRIL CROWE
PARA LA PRECIPITACION”
(COMPAÑIA MINERA SIPAN S.A. – CAJAMARCA)**

INFORME

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

PRESENTADO POR

RAMOS SANCHEZ JULIO VICTOR

ASESOR

ING° OSCAR CHAMPA HENRIQUEZ

CALLAO – PERU

2001



El presente Informe fue Expuesto ante el **JURADO DE EXPOSICION Y CALIFICACION** de la Facultad de Ingeniería Química conformada por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° ROBERTO LAZO CAMPOSANO	:	PRESIDENTE
ING° POLICARPO SUERO IQUIAPAZA	:	SECRETARIO
ING° JUAN MEDINA COLLANA	:	VOCAL
ING° OSCAR CHAMPA HENRIQUEZ	:	ASESOR

Según figura en el Folio N° 135 asentado en el Acta N° 131 del Libro de Actas de fecha 15 DE JUNIO DE 2001, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la modalidad de **Titulación con Informe**, de conformidad con lo establecido por el **Reglamento de Grados y Titulos**, aprobado con Resolución N° 047-92-CU de fecha 18 de Junio de 1992 y Resolución de Decano N° 171-92-DFAIQ de fecha 24 de Julio de 1992.

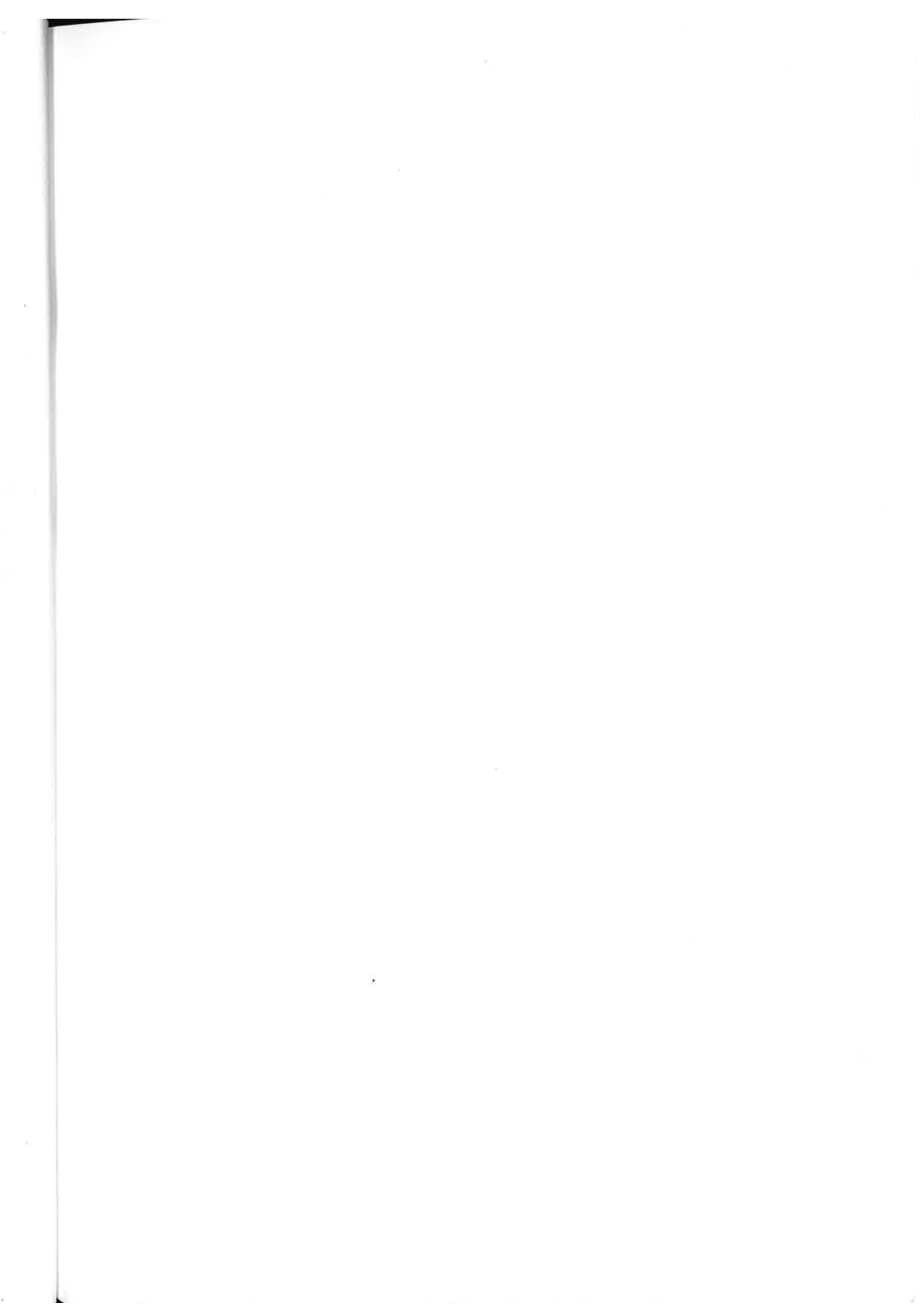


INDICE

	Pag	
I	INTRODUCCION	01
II	RESEÑA DE LA EMPRESA	03
	2.1 POLITICA DE LA EMPRESA	05
III	OBJETIVOS	08
	3.1 OBJETIVOS GENERALES	08
	3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	08
IV	RESUMEN	09
V	FUNDAMENTOS TEORICOS	10
	5.1 LIXIVIACION	10
	5.1.1 LIXIVIACION HEAP	10
	5.2 MATERIA PRIMAS	11
	5.3 REACTIVOS DE LIXIVIACION	14
	5.4 CIANURACION DE MINERALES AURIFEROS	15
	5.5 CIANURACION POR PERCOLACION	17
	5.6 RECUPERACION POR PRECIPITACIÓN CON ZINC	18
VI	COMPAÑÍA SIPAN S.A.	37
	6.1 GENERALIDADES	37
	6.1.1 UBICACIÓN Y ACCESOS	37
	6.1.2 TOPOGRAFIA	38
	6.1.3 CLIMA, FLORA, Y FAUNA	38
	6.2 GEOLOGIA EL MINERAL	39
	6.3 OPERACIONES DE MINA	40
	6.3.1 ASPECTOS GENERALES DE OPERACIONES	42
	6.3.2 ACARREO DEL MINERAL	45
VII	PROCESO METALURGICO	47
	7.1 PAD DE LIXIVIACION	49

	Pag
7.1.1 SISTEMA DE REGADIO DE LOS PADS	53
7.1.2 RECOLECCION DE LA SOLUCION	55
7.1.3 POZAS DE RECOLECCION DE SOLUCION	56
7.2 PLANTA DE PROCESOS	59
7.2.1 CLARIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN RICA	60
7.2.2 DESAIRE ACCIÓN DE LA SOLUCION RICA	64
7.2.3 PRECIPITACIÓN DE IONES METÁLICOS	64
7.2.4 PERSONAL	66
7.3 REFINERIA	67
7.3.1 FILTROS PRENSA	69
7.3.2 HORNO DE RETORTA	71
7.3.3 HORNO DE FUSION	72
7.3.4 CARGADO DE CONOS Y COLADA DE BARRAS DORE	75
7.3.5 CODIFICACION Y EMBALAJE DE BARRAS DORE	76
7.3.6 MOLINO DE BOLAS	76
7.3.7 MESA GRAVIMETRICA	77
7.3.8 PERSONAL	78
7.4 LABORATORIO METALURGICO	79
7.4.1 TRATAMIENTO DE AGUA	79
7.4.2 ARRANQUE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	82
7.4.3 APAGADO DE LA PLANTA	83
7.4.4 PERSONAL	83
7.5 LABORATORIO QUÍMICO	84
7.5.1 AREA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	84
7.5.2 AREA DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS	85
7.5.3 AREA DE FUNDICIÓN	86
7.5.4 AREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	87
VIII ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA	89
8.1 ACTIVIDADES COTIDIANAS	89
8.2 APORTES EN BENEFICIO DE LA EMPRESA	90
IX EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
9.1 OPERACIÓN EN PAD (JULIO 198)	92

	Pag
9.1.1 MERRIL CROWE (Operación)	93
9.1.2 BALANCE METALURGICO	94
9.1.3 FILTRO PRENSA	94
9.1.4 REFINERIA	94
9.2 OPERACIÓN DE PAD (JULIO 1999)	95
9.2.1 MERRIL CROWE (Operación)	97
9.2.2 BALANCE METALURGICO	97
9.2.3 FILTRO PRENSA	98
9.2.4 REFINERIA	98
X CONCLUSIONES	99
XI RECOMENDACIONES	100
XII BIBLIOGRAFIA	102
ANEXOS	104



I INTRODUCCION

El oro es un elemento poco reactivo y da lugar a un número bastante limitado de compuestos naturales.

En los diferentes tipos de minerales encontrados, se presenta muy menudo bajo la forma de oro natural o bajo la forma de teluros de oro y de plata. El oro puede presentarse libre o asociado a otras fases minerales, los sulfuros en particular; pueden llegar del centímetro al micrómetro.

En todos los tiempos, el oro a suscrito el interés de los hombres que han utilizado este metal con fines monetarios o de decoración principalmente. Un nuevo interés por el metal amarillo se ha manifestado debido al aumento de la prospección, a la apertura o reapertura de nuevas minas, por le crecimiento de las investigaciones sobre los procedimientos de tratamientos antiguos o nuevos.

Si bien la lixiviación por el cianuro será siempre el procedimiento de base para el tratamiento de minerales de oro, nuevas técnicas han aparecido y otras son poco a poco abandonadas.

Por ello la compañía Minera Sipán S.A. utiliza el proceso metalúrgico **MERRIL CROWE** para la extracción de éste metal precioso, cuya secuencia explicativa se detallará hasta la obtención del producto final, describiendo la geología del mineral, su explotación, lixiviación, precipitación y refinación.

Se espera que el presente trabajo sirva de guía a quienes le interese la minería, porque ésta ha llevado al país a lugares expectantes en cuanto a la producción de algunos tipos de metales, así como favorecer su desarrollo, porque es sabido que la minería es uno de los rubros económicos más influyentes en la Economía Nacional.

II RESEÑA DE LA EMPRESA

La Compañía Minera Sipan es una institución de derecho privado siendo una de las unidades minera del grupo HOCHSCHILD, el resto de unidades la conforman: ARCATA, ARES, CAYLLOMA, HUARON, SELENE, y una Compañía Cementera CNP (Tembladera - Rioja). Liderando el grupo el Ing. Eduardo Hochschild.

Esta mina esta ubicada en el distrito de Llapa, provincia de San Miguel departamento de Cajamarca en la zona conocida como Pampa Cuyoc, siendo descubierta a mediados del año 1992

A está mina se puede acceder desde la ciudad de Cajamarca con un recorrido de 2,5 horas aproximadamente, teniendo una altitud entre 3 000 - 3 500 msnm; contando con un clima favorable para el desarrollo de la agricultura y la ganadería en las zonas aledañas.

Minera Sipan que tiene como gerente general al Ing. Enrique Figueroa y esta conformado por las siguientes áreas: Administración, Ecología, Topografía, Ingeniería, Minas, Planta, Refinería, Seguridad, Medio Ambiente y Laboratorio.

Los trabajos de Exploración se inician en Junio de 1,992 cuando se identifica en la zona minera un posible yacimiento de oro, como resultado de un reconocimiento de campo realizado por la Compañía Minera Argentó S.R.L.

La exploración se efectivizó en Agosto en 1993 con un levantamiento geológico a escala 1:5000. En Julio de 1994 se realizó otro levantamiento geológico, más detallado a escala 1:2000-

A partir del mes de Noviembre de 1994 hasta la fecha se encuentra en ejecución un programa de perforación.

Las reservas geológicas dimensionadas de Cerro minas y Cerro ojos totalizan 16'426,410 TM Con una ley de 1,718 g/TM de oro y 4,40 g/TM de Ag mientras que las reservas minerales son del orden de 11'801,000 TM con 1,89 g/TM de Au y 3,63 g/TM de Ag el contenido fino es de 719 000 onzas de Au y 1'408,000 onzas de Ag

La forma de extracción del mineral se realiza mediante operaciones de tajo abierto con una relación desmonte/mineral promedio de 0,66. La capacidad de producción diaria es del orden de los 32 000 TM/día.

La inversión inicial para llevar adelante el proyecto fue aproximadamente de 40 millones de dólares en la actualidad el costo de producción es del orden de \$ 100/onzas.

Entre octubre y diciembre de 1997 Sipan produjo 28 mil onzas de oro, durante 1,998 se produjeron 187 463,776 onzas de oro fino. A junio de 1999 la producción de oro corresponde a 107 364,402 onzas de oro, estimando una producción anual de 216 000 onzas de oro.

2.1 POLITICA DE LA EMPRESA

Los lineamientos de política que conllevan a la Empresa a seguir desarrollándose, incluyen a la comunidad aledaña, la cual se seguirá beneficiando no sólo como fuente de empleo a sus pobladores, sino también con el mejoramiento de sus carreteras.

Este desarrollo se muestra con la relación de Denuncios y Concesiones otorgadas en el Registro Público de Minería (RPM), que a continuación se detalla en el Cuadro N° 1

CUADRO N° 1
INSCRIPCIÓN EN RPM

NOMBRES	AREA Ha	ASIENTO	FICHA	FECHA DE INSCRIPCION	PARTIDA
PORTACHUELO 7	1,000	3	9433	23/09/96	3737
PORTACHUELO 93	1,000				01-00547-93
ALUMBRE 1	1,000				01-02470-94
ALUMBRE 2	700				01-02469-94
ALUMBRE 3	900				01-02468-94
ALUMBRE 4	600				01-02471-94
ALUMBRE 5	151,59				01-02472-94
GALPÓN 1	1,000				01-02472-94
GALPÓN 2	978	2	11032	23/09/96	01-02539-93
GALPÓN 3	973	2	11193	23/09/96	01-02540-93
GALPÓN 4	964	2	11033	23/09/96	01-02541-93
GALPÓN 5	747	2	11034	23/09/96	01-02542-93
GALPÓN 6	100	2	10197	23/09/96	01-02543-93
GALPÓN 7	200	2	10198	23/09/96	01-02544-93
GALPÓN 8	387,97	2	11035	23/09/96	01-02545-93
GALPÓN 9	1,000	2	11194	23/09/96	01-01535-93
MARIA PORFIRIA I	1,000				3470
MARIA PORFIRIA II	1,000	4	11196	25/08/95	3471
MARIA PORFIRIA III	1,000				3472

Así mismo se indica la relación de convenios de Usufructos de Terrenos para trabajos de explotación y otros estudios existentes.

- a) Con la comunidad campesina de Pampa Cuyoc por 300 hectáreas
- b) Con pobladores de la comunidad de Pampa Cuyoc por 112,28 hectáreas
- c) Con la comunidad campesina de San Antonio de Ojos por 20 hectáreas
- d) Con pobladores de la comunidad de San Antonio de Ojos por 3,5 hectáreas

En cuanto a los Convenios de Servidumbre realizados por la construcción de carreteras, así como el caso de los Convenios de Usufructo de terrenos para la edificación de instalaciones, la Compañía Minera Sipan ha hecho trato directo con los propietarios de los terrenos, incluyendo a 7 y 4 comunidades bajo el primer y segundo tipo de convenio respectivo.

La licencia de uso de Aguas para fines industriales en un caudal de hasta 70 L/seg, con fuente en el río Yanahuanga, distrito de Llapa, provincia de San Miguel, ha ido otorgada por Resolución Administrativa N° 179-96-MA-ATDRJ del 30 de Abril de 1996.

La licencia de uso de aguas para fines industriales en un caudal de hasta 15 L/seg producidos en los afloramientos de agua natural ubicados en el paraje de Chicche, distrito de Llapa, provincia de San Miguel, ha sido otorgada por Resolución Administrativa N° 113-96-MA-ATDRJ del 16 de Julio de 1996.

La licencia del uso de aguas para fines mineros en un caudal de hasta 10 L/seg con fuente en la quebrada Minas, distrito de Llapa, provincia de San Miguel, ha sido otorgada por Resolución Administrativa N° 312-96-MA-ATDRJ del 16 de Julio de 1996.

Conviene señalar que éstas licencias de uso de aguas fueron solicitadas por la Compañía Minera Sipán cuando el proyecto aún se encontraba en la etapa de prefactibilidad.

Habiéndose evaluado que los requerimientos de agua son mucho menores que los contemplados inicialmente y conciente de la necesidad del recurso hídrico en la zona, la Compañía Minera Sipán está estudiando la posibilidad de reducir los desechos de agua hasta un nivel que sea compatible con la demanda presente y futura de agua.

III OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERALES

Describir el proceso de extracción y precipitación de oro por lixiviación en la Compañía Minera Sipán S.A.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Dar a conocer las características del mineral, su geología, Explotación, Lixiviación, Operación en Planta de Proceso y Refinación posterior del oro.
- 2) Describir la técnica de la precipitación del oro mediante el proceso Merrill Crowe
- 3) Indicar el tratamiento de soluciones de exceso para su posterior eliminación al medio ambiente.
- 4) Detallar los parámetros de control y el chequeo diario, para evitar posibles problemas de operación que se puedan presentar y redunde en el procedimiento de la producción.

IV RESUMEN

El siguiente informe es una descripción del proceso productivo para la recuperación de oro. La técnica operacional utilizada para la extracción del oro se centra en la acción lixivante de soluciones cianuradas, la precipitación de los valores útiles por el proceso metalúrgico MERRIL CROWE y su posterior refinación.

El tratamiento metalúrgico es simple si lo comparamos con otros procesos convencionales donde requiere más control debido al mayor número de parámetros a verificar.

Se hace hincapié en el control de los siguientes parámetros en la extracción que se realiza en el Pad : Ratios, Fuerza de cianuro, pH y flujo de descarga en las distintas celdas con sus leyes respectivas. Se observará como los Ratios varían dependiendo de las zonas de trabajo, leyes y tiempos de lixiviación.

Así mismo, en la precipitación del oro, los parámetros que se controlan son : oxígeno libre a la salida de la torre cuyo número límite es hasta 1 ppm, turbidez de entrada (variable), turbidez de salida que puede llegar hasta 1,5 NTU, Fuerza de cianuro, pH y dosificación de zinc. Estos parámetros presentarán variaciones de acuerdo al flujo de tratamiento, leyes de oro, turbidez, etc.

La recuperación de oro acumulado en el Pad de lixiviación es del 70%, la producción de oro mensual en planta es de 18 000 onzas, la composición del bullión es de 70% de oro, 20% de plata, 9% de cobre y 1% de insolubles, fierro, plomo y zinc.

V FUNDAMENTOS TEORICOS

5.1 LIXIVIACION

La lixiviación es un proceso Hidrometalúrgico que se basa en la transferencia de masa sólido-líquido mediante un solvente, es decir, la disolución del valor metálico de la materia prima es una solución acuosa, con agentes químicos apropiados.

5.1.1 LIXIVIACION HEAP

LIXIVIACION

Se usa para extraer valores metálicos de minerales tal como salen de la mina la materia prima es porosa y soluble en el solvente. Este mineral se descarga sobre una cancha impermeable (Pad) y el solvente acuoso se esparce sobre la superficie y se percola a través del mineral. La solución impregnada, se colecta en l fondo del dump para darle un tratamiento posterior.

PAD

Un Pad es la base de la pila, especialmente diseñada, es decir, impermeable a la solución lixivante, cuya finalidad es colectar la solución impregnada. Esto elimina la posibilidad de pérdida de soluciones de cianuro de oro o plata por la base, que puede contaminar corrientes de agua del subsuelo.

PILA (Heap)

Consiste en amontonar el mineral para su lixiviación. Esta pila tiene la forma de pirámide truncada.

5.2 MATERIA PRIMAS

Las materias primas que pueden ser tratadas por el proceso de lixiviación, son minerales primarios y metales secundarios. El primero se obtiene directamente de depósitos de minerales y el último, de desechos y desperdicios reciclables. Los metales secundarios se dividen en las siguientes categorías :

- a) **Desechos de Proceso.**- Virutas metálicas, polvos de molienda, escorias, polvos de combustión catalizadores, lodos.
- b) **Desechos de Capital.**- Maquinarias de planta descartadas, automóviles, cables eléctricos, etc.
- c) **Desechos Domésticos.**- desechos municipales que contienen grandes cantidades de hierro y aluminio y gran cantidad de cobre y zinc.
- d) **Efluentes de Minas y Planta.**- La fuente principal de la materia prima, son materiales que ocurren naturalmente. Estos minerales pueden ser minerales nativos, minerales oxidados o minerales sulfurados.

- **Metales :**

- Metal nativo
- Metales de desecho
- Producto de cementación

- **Oxidos :**

- Minerales oxidados
- Minerales oxidados refractarios
- Calcinas tostadas
- Módulos de mar

- **Sulfuros :**

- Minerales sulfurados
- Sulfuros de mata
- Productos sulfurados

- e) **Minerales Nativos.**- Los metales que ocurren comúnmente en forma nativa, son los metales nobles como el oro, plata, platino, cobre, etc.
- f) **Minerales Oxidados.**- esta clase incluye óxidos, carbonatos, silicatos de metales comunes. Los óxidos de cobre, níquel, zinc y otros, ocurren usualmente cerca de la superficie de la tierra debido a la descomposición y alteración de minerales sulfurados primarios
- g) **Minerales Sulfurados.**- Incluye sulfuros de cobre, zinc, níquel, cobalto, plomo, antimonio, arsénico y molibdeno. El tratamiento de éstos minerales se realiza usualmente por operaciones pirometalúrgicas, sin embargo debido a las regulaciones de polución de aire, los procesos hidrometalúrgicos han ganado gran atención.

CARACTERÍSTICAS DEL MINERAL

- a) Las partículas de oro deben ser pequeñas
- b) Los valores de oro deben reaccionar con el cianuro : por exposición a través de la porosidad natural de la mina o como resultado del chancado para exponer los minerales con contenido de oro y plata.
- c) El mineral debe estar relativamente libre de cianicidas, sulfuros de Sb, Zn, Fe, Cu, As parcialmente oxidados y otros indiferentes que inhiben la solubilidad del oro y plata en el cianuro
- d) El mineral debe estar libre de material carbonáceo, porque puede absorber cianuro de oro o plata y causar una prematura precipitación de valores
- e) El mineral debe estar relativamente libre de constituyentes que forman ácidos y causen un alto consumo de cal.
- f) El mineral no debe contener cantidades excesivas de finos o de arcilla, que pueden impedir la precolación de la solución. Si existen finos, pueden eliminarse por aglomeración u otras técnicas.

5.3 REACTIVOS DE LIXIVIACION

La selección de un reactivo de lixiviación, depende de su disponibilidad, costo, estabilidad, selectividad, facilidad de producción y la facilidad de recuperación del valor metálico del reactivo de lixiviación.

a) **Acidos.** El H_2SO_4 es el agente de lixiviación más usado especialmente en la industria del cobre

b) **Bases.** La lixiviación alcalina muestra algunas ventajas sobre la lixiviación ácida. Estas son más selectivas, menos corrosivas, consumen menos reactivos para gangas de carbonato. El NaOH, cal y NH_4OH están entre los reactivos alcalinos más usados.

c) **Reactivos.**

- **Acidos** : H_2SO_4 , HCl

- **Bases** : Cal, NaOH, NH_4OH

- **Agentes Complejantes** : Amoniac libre, sales de cianuro, sales de cloruros y carbonatos.

- **Agentes Oxidantes** : Oxígeno, sales férricas, peróxido de sodio o hidrógeno, permangano de potasio, dióxido de manganeso.

- **Agentes Reductores** : CO, SO_2 , H_2

5.4 CIANURACION DE MINERALES AURIFEROS

QUÍMICA DEL PROCESO

El proceso de disolución del oro es de naturaleza electroquímica (Habashi 1966 – 1967)

la reacción global principal es :



Algo del peróxido de Hidrogeno formado puede ser usado en la reacción.

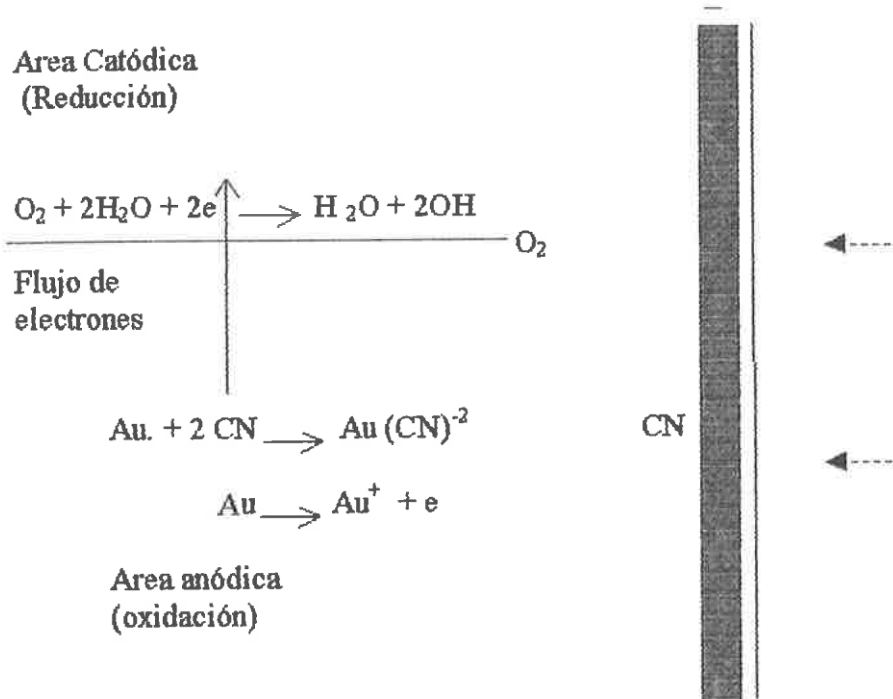


La disolución del oro y la plata en soluciones de Cianuro y Peróxido, en ausencia de oxígeno, es un proceso lento; el exceso del peróxido, inhibe la disolución del oro debido a que el ión cianuro es oxidado a Cianato, el que ha demostrado no tener acción disolvente sobre el oro.

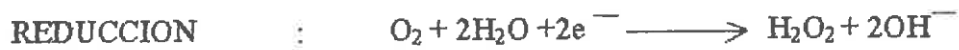
Las soluciones con menos de 0,001% de Cianuro no disuelve el oro, a partir de este valor la solubilidad del oro crece (siempre que exista oxígeno libre) hasta alcanzar máxima velocidad de disolución con una fuerza mayor de 0,05% con NaCN. El efecto del oxígeno en la velocidad de disolución es directamente, este es proporcional a la fuerza del oxígeno y por tanto a la Presión Parcial del oxígeno. La extra aireación de las soluciones es también importante por su efecto en la disminución del consumo de Cianuro. La solubilidad del oxígeno llega alrededor de 8 mg/L, esta no se altera aun cuando aumente la concentración del Cianuro en la solución.

MECANISMO DE LA REACCION

En el siguiente esquema se muestra la disolución del oro en una solución de Cianuro.



Las reacciones parciales que se desarrollan son:



REACCION TOTAL :



5.5 CIANURACION POR PERCOLACION

Es el método de Cianuración más económica de aplicación industrial, en éste se eliminan las costosas etapas de molienda, agitación y espesamiento, reduciendo los costos de operación alrededor de 50%.

La técnica de "Heap Leach" consiste en Cianurar minerales de oro y plata apilados sobre superficies preparadas e impermeabilizadas y con una pendiente determinada. La mencionada superficie puede ser de jebe, concreto, asfalto, relaves compactados (80 - 90% - 200 m) arcillas compactadas y otros.

Las pilas o "Heaps" pueden tener alturas de hasta 6 m y son irrigadas con soluciones de hidróxido de sodio o Cal hasta lograr la alcalinidad deseada de pH: 10,5 - 11,5. Luego se hace pasar soluciones de cianuro de 0,5 a 3,0 g/L a través del mineral.

El oro y la plata disueltos llegan del piso impermeabilizado hasta los tanque de almacenamiento, para posteriormente precipitar los valiosos con polvo de zinc o absorberlos mediante Carbón activado. (Ver Fig. N° 1 Solución Barren)

5.6 RECUPERACION POR PRECIPITACIÓN CON ZINC

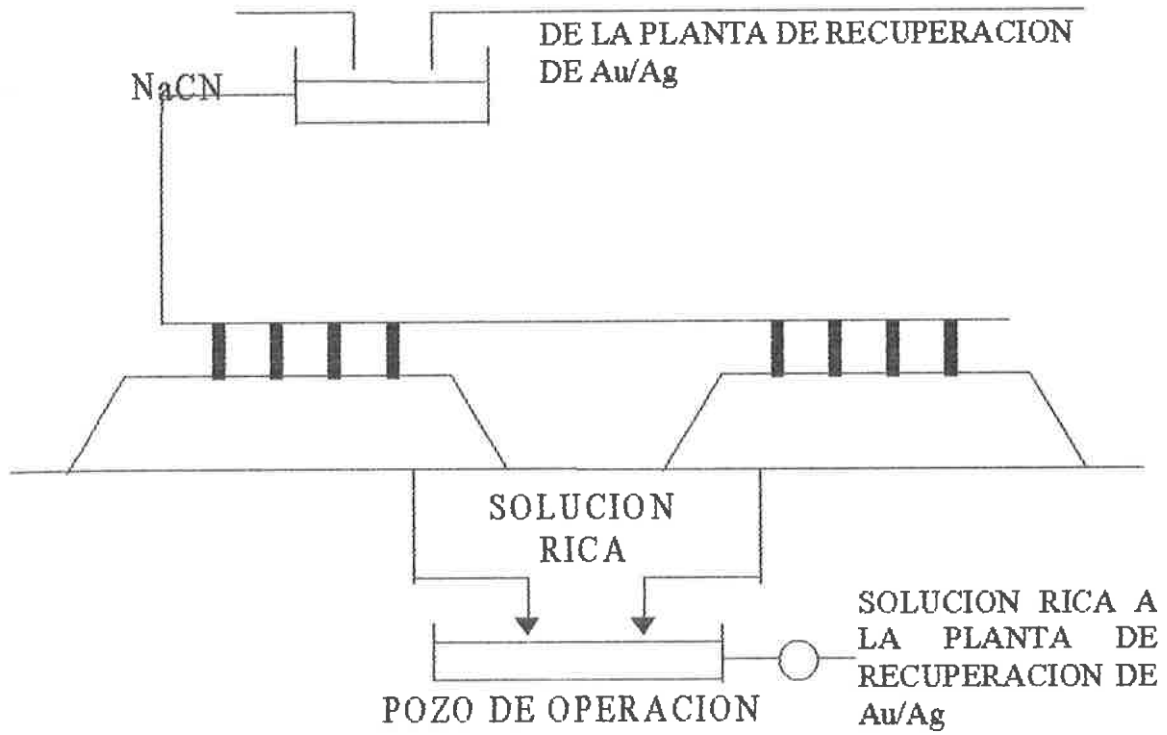
En principio, la solución de la que ha de precipitarse el metal debe estar absolutamente clara y exenta de sólidos en suspensión, de lo contrario, el sólido arrastrado provocará pérdidas del metal en la etapa de refinación elevado costos de operación y un producto final de baja ley.

El fundamento del uso de Zinc como precipitante se basa en que el oro y la plata se encuentra en el extremo opuesto del zinc en la serie electromotriz y son por lo tanto desplazados electroquímicamente por este último de las soluciones de cianuración. Adicionalmente, la formación del complejo $Zn(CN)_4^-$ ocurre con gran facilidad, permitiendo la completa sustitución del oro y la plata de sus complejos cianurados.

Reacción que describe el proceso es:



FIGURA N° 1
SOLUCION BARREN



OTROS PROCESOS METALURGICOS EN RECUPERACIÓN DE ORO

Los métodos de tratamiento de los minerales auríferos se basan fundamentalmente en las propiedades muy características del oro nativo y los Teluros de Au – Ag.

- a) Su alto peso específico en comparación con los minerales de ganga que lo acompañan.
- b) Su solubilidad en soluciones diluidas de cianuros alcalinos.

Los procesos más utilizados a través de los años incluyen la concentración gravimétrica, amalgamación, cianuración y flotación, otras opciones incluyen el escogido a mano (pallaqueo) tioureación, lixiviación con otros solventes y fusión directa. Todos éstos procesos pueden aplicarse individualmente o combinadas, lo cual depende principalmente de las características físicas y químicas del Mineral.

Examinaremos los procesos anteriormente mencionados.

- 1) **CONCENTRACIÓN Y GRAVIMÉTRICA.**- Se aplica principalmente a minerales de placeres o también a minerales filoneados que presenten una liberación adecuada y es muchas veces complementado con amalgamación flotación, cianuración o una combinación de estos.

El fundamento de la separación por gravedad del oro de los minerales estériles, se basa en la gran diferencia de pesos específicos del oro (19.3) y la ganga arcillosa o silicia (2,6-2.7), y cuando el oro no se encuentra suficientemente liberado, esta acompañado de minerales pesadas como magnetita, casiterita, rutilo, titanio, magnetita,

etc. que son también fácilmente separables de la ganga de un concentrado de "arenas negras" de alto contenido aurífero

Sluices.- Son unos canales o arcaduces de madera que tienen en el fondo obstáculos transversales a la corriente donde puedan concentrarse los minerales pesados, por lo general el extremo de alimentación es más ancho que el de descarga y la combinación de inclinación y corriente adecuadas permite transportar el mineral y separar las fracciones más densas en los travesaños de madera (riffles) ubicados en el fondo.

Para minerales más finos se pueden utilizar también telas toscas como yute o corduroy grueso, que sirven como riffles para lograr la separación de los minerales pesados.

Jigs. Son equipos que se utilizan para concentrar minerales pesados (oro, plata, galena) en tamaños gruesos (generalmente de un 1/8" a 3/8") por medio de una corriente ascendente y pulsante de agua. Este procedimiento se aplica directamente a minerales de mina triturados, o en circuitos de molienda cerrada, para evitar el retorno de las fracciones pesadas del mineral a remolienda.

Mesa vibratorias. Permite la recuperación de minerales pesados de tamaño de 0,3 a 0,15, por medio de un movimiento alternado o de sacudida en una superficie rectangular ligeramente inclinada y en la cual existen unos riffles para la retención de los minerales pesados.

La inclinación de la mesa y la disposición y tamaño de los riffles de madera, permiten realizar con estos equipos funciones pre-concentración, con concentración y

limpieza de concentrados, separados por acción del movimiento vibratorio y una corriente de agua, las distintas fracciones pesadas de mineral en función de su densidad.

- 2) **AMALGAMACIÓN.**- Este proceso se utiliza para la obtención de oro de minerales filoneanos de placeres, es un método complementario insustituible por su rapidez y bajo costo, en el tratamiento de concentrados gravimétricos (arenas negras) y se utiliza además opcionalmente en circuitos de flotación y concentración gravimétrica para recuperar las fracciones de oro libre.

El fundamento del método es la facilidad de aleación de oro, plata, cobre, etc. Con el mercurio líquido a temperatura ambiente, de la amalgama obtenida de oro y plata, se obtienen los metales preciosos como un bullion, después de destilar, el mercurio en una retorta.

- 3) **FLOTACIÓN DE MINERALES DE ORO.**- El oro por sus propiedades hidrofóbicas puede ser flotado, es decir que puede comportarse como un sulfuro.

Este método se aplica para concentrar el oro y los sulfuros asociados al elemento valioso, para luego ser tratados por amalgamación, cianuración o por tostación-cianuración.

La principal ventaja de la flotación en el caso del oro es reducir la cantidad de material que luego va hacer tratado por otros métodos tales como la tostación, la cual será muy costosa si se aplica a todo el mineral evaluado.

El oro nativo y los teluros de oro y plata flotan con los sulfuros. Los concentrados de sulfuros generalmente contienen partículas de oro amarrado a los sulfuros.

Metalúrgicamente, las menas auríferas de acuerdo a su mineralogía, se pueden clasificar en los siguientes grupos :

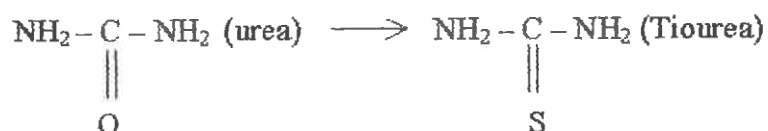
- a) Menas en las que el oro está asociado a ganga cuarzosa y en las cuales originalmente estuvo asociado a sulfuros de hierro, el cual por efectos geológico fue lixiviado, pasando el hierro al estado de óxido.
- b) Menas en que el oro está al estado libre y parte asociada generalmente a pirita y arsenopirita.
- c) Menas en que el oro está asociado a sulfuro de hierro.
- d) Menas en las que el oro es subsidiario o complementario de una mena metálica compleja tal como Pb-Cu-Zn.

El tratamiento de las dos primeras, es por medio de flotación selectiva del oro, deprimiendo la ganga y los sulfuros metálicos en el relave.

El tratamiento de los tipo c y d es generalmente una flotación colectiva de oro junto a minerales sulfurados de valor, constituyendo concentrados de sulfuros específicos de alto contenido de oro, desde los cuales pueda recuperarse, posteriormente el oro por procesos pirometalúrgicos.

Para la flotación del oro nativo o sulfuros que lo contiene, se usa casi sin excepción los ditiofosfatos, dietílicos, y dibutílicos secundarios de sodio (Aerofloat 208 y 238), y reforzados por ditiofosfatos comunes (Aerofloat 25 y 31) y xantatos.

- 4) **LIXIVIACIÓN CON TIOUREA.**- La tiourea proviene del remplazamiento del oxígeno de la urea (carbodiámina) por azufre.



Se denotará como Tu o (menos abreviadamente)



La naturaleza catiónica del complejo de tiourea con oro Au(Tu)_2^+ , en contraparte con los complejos negativos aurocianuro Au(CN)_2^- es probablemente el de mayor interés en el estudio de este proceso.

La disolución del oro en soluciones de tiourea, principalmente requiere de oxidantes como el peróxido de sodio o hidrógeno o más comúnmente, el ión hierro (principalmente como sulfato)



La recuperación de los metales preciosos de las soluciones ácidas de tiourea puede realizarse por precipitación con Zinc o plomo, electrolisis o adsorción con carbón activado, procedimiento después de la refinación de los metales.

- 5) **TRATAMIENTO DE MINERALES REFRACTARIOS.**- Los minerales refractarios son aquellos que no dan resultados satisfactorios al ser tratados por procesos convencionales tales como la cianuración.

El carácter de refractario del Mineral puede deberse a la naturaleza de los minerales acompañantes del oro incluida a la ganga podemos distinguir los siguientes tipos de minerales refractarios :

- a) Minerales de oro con ganga carbonosa
- b) Oro en pirita, pirrotita y arsenopirita
- c) Oro en forma de teluros

Una aplicación muy interesante de la lixiviación a presión, comprende la oxidación acuosa de minerales refractarios y/o carbonosos de oro en autoclaves antes de la cianuración, el proceso se desarrolla a alta temperatura (170-190° C) y sobre presión de oxígeno o aire (la presión total es hasta de 2000 Kpa y tiempo de retención de 2 horas) . Este tratamiento en autoclave oxida a dichos sulfuros (pirita, pirrotita, arsenopirita) liberando así el oro ocluido, haciéndolo extraíble por la cianuración.

- 6) **PROCESO DE BIO-LIXIVIACIÓN.**- Este proceso de lixiviación biológica con la adaptación de bacterias del tipo Thiobacillus y Ferroxidans, para lixiviar a temperatura y presión ambiental minerales refractarios que contienen oro y que no pueden ser tratados por métodos convencionales.

En el caso especial de minerales refractarios sulfurados, en la que el oro se encuentra como partícula microscópica en la pirita y/o arsenopirita, se puede aplicar el proceso de

biolixiviación, para romper esta matriz sulfurada y de esta manera liberar el oro, que luego puede ser recuperada por cianuración.

El proceso es esencialmente un pre-tratamiento antes de una disolución directa del metal. La aplicación de este proceso a permitido, en algunos casos, que la recuperación del oro llegue hasta el 95%.

Las reacciones involucradas en el proceso son :

a) Reacción de Lixiviación :



La pirita y la Arsenopirita son oxidadas según las Ec. 1 y 2, el sulfato ferroso es oxidado por la bacteria de acuerdo a la reacción 3, para producir sulfato férrico, la presencia del Ion férrico, contribuye a la aceleración de la lixiviación de la Pirita y Arsenopirita.

b) Reacción de Neutralización :

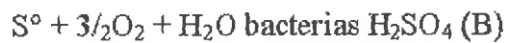


En esta etapa el Fe, As, H₂SO₄ disueltos son neutralizados con caliza o cal para precipitar una mezcla de yeso, jarosita y arseniato férrico según las ecuaciones 5 Y 6.

c) El efecto catalítico de las bacterias se pueden expresar



Donde M es un metal bivalente, el azufre elemental que ha sido dejado libre (Ecuación A) será oxidado a ácido sulfúrico por el T (ferroxidans)



Igualmente el hierro Fe⁺² es reoxidado por los microorganismos .



de ésta manera el ciclo Redox del fierro se repite.

7) RECUPERACIÓN CON CARBÓN.- El Carbón activado es una de los agentes más usados para la recuperación , como un efectivo adsorbente para orgánicos en aguas de deshecho.

Una de las características más importantes del carbón activado es su estructura porosa.

La utilización del carbón, dependerá de los procesos apropiados para aplicaciones particulares.

Existen variaciones para operaciones de las principales unidades, incluyendo la lixiviación, adsorción, electrodeposición, elución, tratamiento ácido.

El circuito Típico de Lixiviación y adsorción (CIP) y carbón en Lixiviación (CIL), son tecnologías que han mostrado gran aceptación.

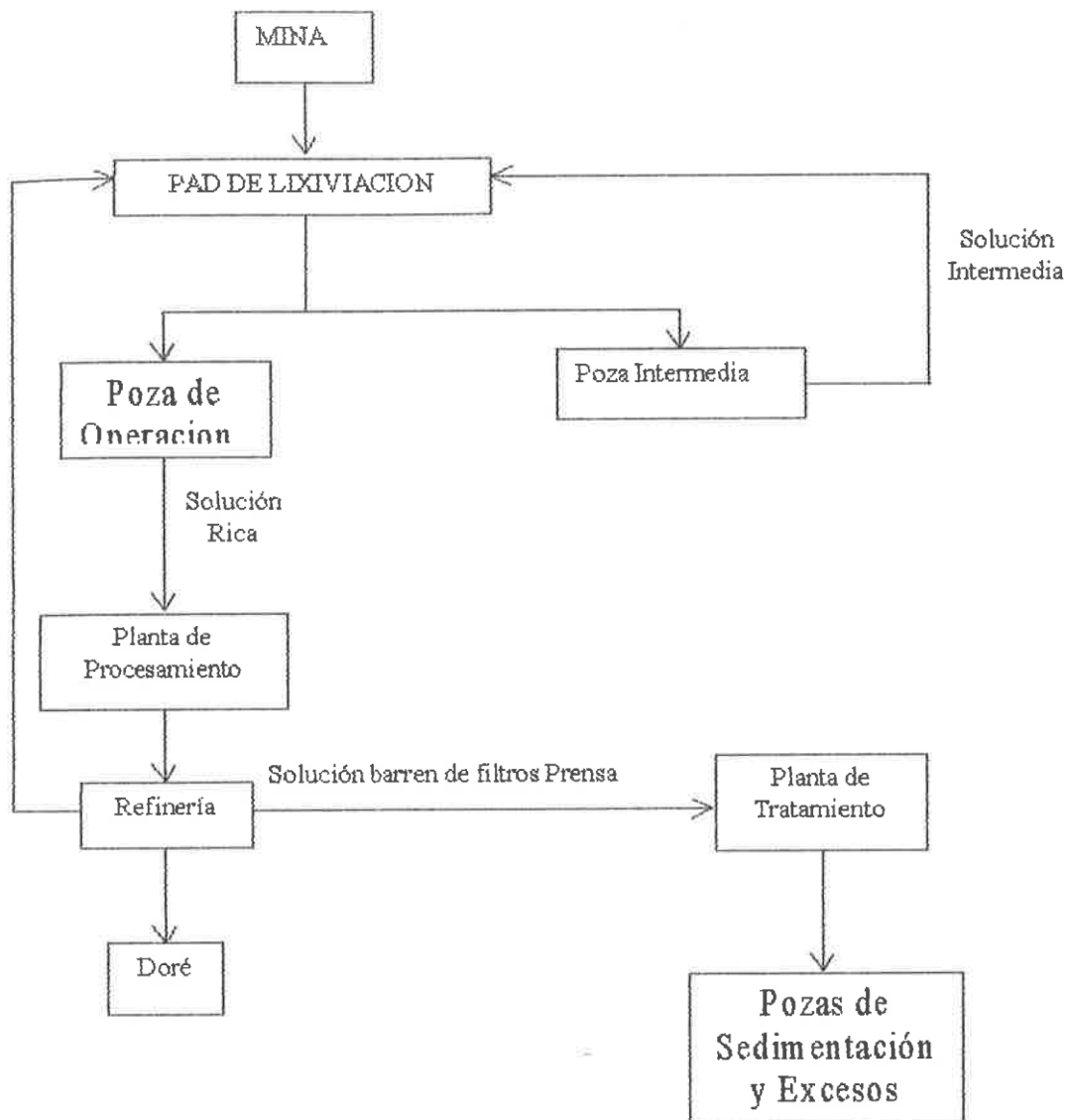
En el primero, el mineral es lixiviado en tanques agitados de manera que la disolución de oro y plata es efectuada antes que la pulpa lixiviada entre al circuito de adsorción (CIP).

Este último comprende de tanques agitados en cascada a través de la cual la pulpa fluye por gravedad.

En cada tanque la pulpa es contactada con carbón granulado que referentemente adsorbe el oro a partir de la solución según la pulpa, fluye por rebose desde un tanque, al siguiente vía un Tamiz estático a través del cual el carbón granulado no puede pasar.

En el circuito (CIL) a causa de que el carbón adsorbe oro y plata a partir de la solución y no a partir del mineral, hay ventajas de una pre-lixiviación parcial del mineral antes de iniciar la adsorción.

DIAGRAMAS DE BLOQUES Y FLUJO DEL PROCESO DESARROLLADO



Parámetros de Operación en la Etapa de Precipitación de los Iones Metálicos, y Reacciones Químicas

Para una efectiva precipitación de oro y plata se requiere mantener los siguientes parámetros :

- a) Clasificación de la solución : 1,5 NTU de Turbidez de salida de filtros clasificadores, registrada en turbidímetro de marca "Denver" expresados en NTU.
- b) De aereación hasta 1 ppm de Oxígeno.
- c) Adecuada cantidad de Zinc en polvo : 35 g de Zinc aproximadamente, este dependerá del Flujo de tratamiento.
- d) Adecuada cantidad de NaCN : (40 ppm aproximado, es la fuerza de cianuro que se debe de mantener).
- e) Adecuada cantidad de NaOH : para mantener un pH entre 9,5 – 10,5.

La reacción que describe el proceso es :



En ella se puede diferenciar las etapas de remplazamiento electroquímico del oro por el Zinc .



y la disolución del Zinc por el cianuro.

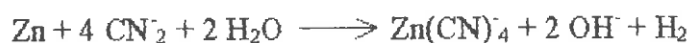
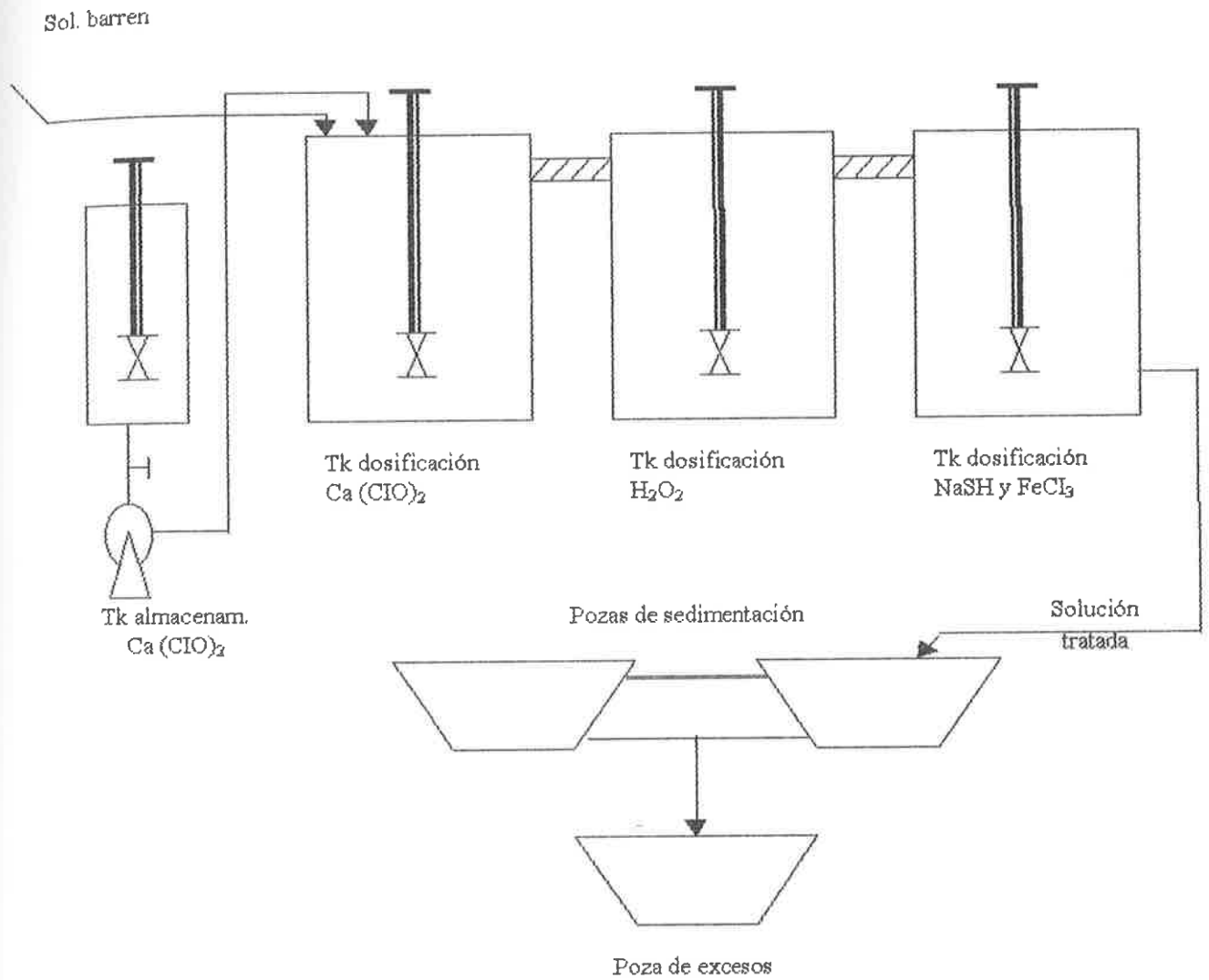


Diagrama del Flujo de Proceso de Tratamiento de Aguas de Residuos



Condiciones de operaciones en planta de tratamiento.

Reacciones :



Límites permisibles de metales y cianuro en solución :

As	:	50 ppb
Hg	:	2,0 ppb
CN ⁻	:	0,02 ppm

Considerando un flujo de tratamiento de 250 m³/hora

La dosificación de :

Ca(ClO) ₂	:	10 L/min
H ₂ O ₂	:	90 ml/min
NaHS	:	1,6 L/min
FeCl ₃	:	0,5 L/min

Pruebas Específicas en el Area de Laboratorio Metalúrgico

Las principales pruebas que realiza el laboratorio metalúrgico son :

- a) **Prueba de Lixiviación con Cianuro en Botella.** - Esta prueba de docilidad del mineral, puede indicar que un mineral particularmente de oro y plata es apropiado para la lixiviación, los resultados de estas pruebas conducirán a toma de decisiones para seguir adelante con una pila más grande de producción, esta consiste en agitar el mineral aproximadamente 400 g de mineral que es mezclado con 600 ml de agua.

Este mineral puede ser molido a una malla fina o chancada a menos de $\frac{3}{4}$ " , la cal es adicionada a la pulpa para ajustar el pH a 10,5; la cantidad de cal dependerá del tipo de mineral (cianicidas), agregando luego cianuro al 0,05%, este frasco será agitado aproximadamente 72 horas. Existen variaciones para esta prueba en cuanto a cantidad de mineral, como de reactivo cianuro.

- b) **Pruebas de Lixiviación por Percolación en Columnas.**- El objetivo de esta prueba es la misma que la prueba anterior, esta consiste en agregar mineral chancado, (el tamaño dependerá de la prueba que se realice, desde 2" a 3/8") a una columna de plástico, la cantidad dependerá de la prueba pudiendo ser 50 Kg. la altura y el diámetro de la columna, puede ser de 6" de diámetro y 4 pies de alto.

La solución de cianuro que se agrega es aproximadamente de 0,05%, y la dosificación se realiza mediante bombas a un flujo de 10 cc/min.

La solución percolada a través del mineral es medido diariamente y se efectuará determinaciones de oro y plata, la lixiviación se deja de progresar hasta que la velocidad de extracción de oro y plata llega a ser negligible. La columna de plástico luego es enjuagada con agua y los residuos son analizados.

Un análisis de malla de los residuos determinara el contenido de oro y plata de las diferentes fracciones de mineral.

- c) **Pruebas de Aglomeración.**- Esta prueba se realiza para asegurar buena percolación de solución a través del mineral. La buena percolación ha sido mostrada para incrementar las

recuperaciones totales de oro y plata y disminuir el tiempo de lixiviación requeridas para lograr una máxima recuperación.

Los beneficios en la lixiviación, se observan en la recuperación, esto es debido a la adhesión de partículas en la aglomeración, evitando :

- Segregación de finos.
- Migración de finos.

y a la vez creando mayores espacios vacíos.

Esta prueba consiste en mezclar mineral, ligante (cemento portland), cal y agua.

Los factores críticos que han sido mostrados en la formación de aglomerados de calidad son :

- Adición de modificador de pH : (Cal)
- Adición de Ligante : (cemento portland)
- Adición de agua.
- Contenido de humedad del mineral de alimento.
- Grado de mezcla del mineral y Ligante
- Grado de mezcla del mineral y solución.
- Tiempo de curado.

d) Pruebas de Clorificación.- El objetivo de la prueba, es buscar otra alternativa de tratamiento de la solución rica que sea más eficiente y de menor costo, como sabemos esta etapa es de importancia en el proceso, debido a que se eliminan los sólidos en suspensión, para que cuando ingrese a refinería se obtenga la mayor eficiencia en extracción de oro.

El objetivo de esta prueba es obtener solución rica que contenga menos de 1 NTU (Unidad nefelométrica de Turbidez).

Para realizar esta prueba se proyecta tratar 330 m³ /Hr, turbidez de ingreso menor de 50 NTU, considerando tratar solución rica mediante filtración directa, considerando los siguientes procesos unitarios :

1) Transferencia de Iones

Coagulación química

Incluye los procesos auxiliares de dosificación y mezcla rápida.

2) Transferencia de sólidos

Filtración

Proceso para remover sólidos en suspensión y microorganismos patógenos

e) **Pruebas de Sedimentación.**- Permitirá saber la cantidad de floculante a usar en el cono Hopper, estas se realizarán con probetas de 1L, utilizando floculante A 110. esta permitirá la formación de flóculos, teniendo como parámetro principal el tiempo de formación y de sedimentación.

f) **Pruebas de bio-lixiviación.**- Está prueba permitirá el tratamiento de aquellos minerales que no pueden ser tratados por métodos convencionales, esta se basa en la adaptación del cultivo bacteriano a sulfuros, para luego realizar pruebas de biolixiviación propiamente dichas con una población bacteriana ya preparada a sobrevivir en un medio de características diferentes a la de aislamiento y cultivo continuo, estas bacterias son del tipo thiobacillus ferrooxidans.

En conclusión, en el caso especialmente refractario sulfurados en la que el oro se encuentra como partículas microscópicas en la pirita y/o arsenopirita se puede aplicar el proceso de biolixiviación, para romper la matriz sulfurada y de esta manera liberar el oro, para luego puede ser recuperada por cianuración.

VI COMPAÑÍA SIPAN S.A.

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 UBICACIÓN Y ACCESOS

La ubicación política de la mina Sipan corresponde al Distrito de Llapa, Provincia de San Miguel, Departamento de Cajamarca y región Nor – Oriental del Marañón. Sus coordenadas son, 78° 47' de Longitud Oeste y 6° 55' de Latitud Sur, o las coordenadas UTM 9'235,000 N y 745,000 E. Cercanos a los cerros minados se ubican dos pequeños poblados llamados Pampa Cuyoc y San Antonio de Ojos.

El acceso a la zona es posible solamente por vía terrestre, desde las ciudades de Cajamarca o Chiclayo, siendo más fácil desde Cajamarca que se encuentra a unas tres horas de Pampa Cuyoc, mientras que desde Chiclayo el viaje dura alrededor de cinco horas. El acceso a la mina es igualmente posible desde la ciudad de Trujillo (Ver Cuadro N° 2). Las rutas son las siguientes:

CUADRO N° 2

Carretera	Clasificación	Distancia (Km)
Desde Cajamarca:		
Cajamarca - Pedernal	Afirmada	68
Pedernal – Pampa Cuyoc	Trocha	25
Desde Chiclayo		
Chiclayo – Cruce Pacasmayo	Asfaltada	87
Cruce Pacasmayo – Chilete	Asfaltada	87
Chilete – San Miguel	Asfaltada	41
San Miguel – Pampa Cuyoc	Trocha	20

El acceso desde Pampa Cuyoc a los cerros Chicche, Minas y Ojos es posible mediante una troche carrozable construida por CMS. La pendiente del camino es bastante pronunciada, pero su longitud es reducida, pudiendo también ser alcanzado el yacimiento a pie desde Pampa Cuyoc mediante una caminata de 45 minutos siguiendo al norte.

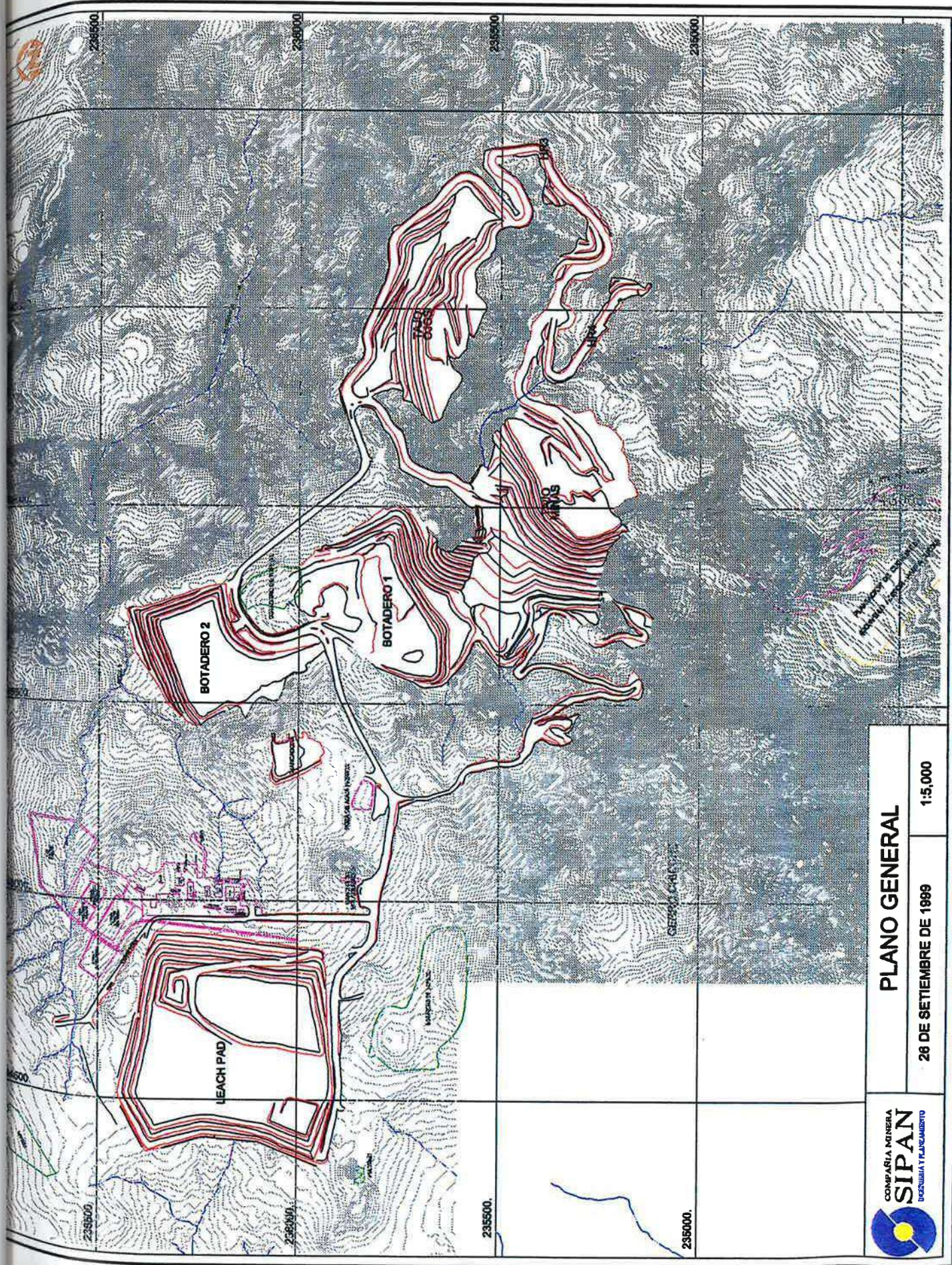
6.1.2 TOPOGRAFIA

La región en donde se ubica las instalaciones de la mina Sipan se encuentra en la cordillera Occidental de los Andes del Norte peruano. Las partes altas de la zona del proyecto alcanza elevaciones de hasta 4000 msnm. Sin embargo, la acción erosiva de los cursos de agua han generado valles cuyos flancos tienen desniveles de hasta 2000 metros.

La topografía del área de influencia de Sipan es por lo general accidentada, compuesta por una sucesión de montañas o cerros, entre los cuales discurren cursos de agua que forman quebradas de fuerte pendiente en su curso superior, pero que suavizan conforme confluyen con el río Yanahuanga. Este es el único colector de todos los cursos de aguas de la zona.

6.1.3 CLIMA, FLORA, Y FAUNA.

La caracterización climatológica de la zona de influencia de minera Sipan es característico de la sierra del Perú, con un periodo de lluvias que se extiende de Noviembre a Abril, seguido por una de estiaje comprendido entre mayo y octubre (precipitación media anual de 1,198 mm.), temperaturas mínimas bajas (mínimo medio mensual de 4,5° C) y ambiente relativamente seco (promedio anual de 70%)



PLANO GENERAL

28 DE SETIEMBRE DE 1999

1:5,000

La flora es muy variada ya que se encuentra clasificado dentro de zona debida como bosque muy húmedo Montado tropical y presenta en sus alrededores 60 familias, 137 géneros y 205 especies de plantas.

La fauna de la zona ha sido estudiada más exhaustivamente en un informe recientemente (octubre de 1998) y se han registrado un total de 92 especies de vertebrados, 75 especies de aves, 9 especies de mamíferos 5 especies de anfibios, 2 peces y 1 de reptiles.

6.2 GEOLOGIA EL MINERAL

La compañía Minera Sipán S.A. es una mina donde el tipo de yacimiento es un depósito epitermal de alta sulfuración (sulfato ácido), emplazado en rocas volcánicas del Paleógeno (Paleoceno – Eoceno inferior), donde la mineralización de oro ocurre en forma diseminada mayormente en la alteración silicia y en menor proporción en la alteración argílica avanzada (cuarzo – alunita), que están asociadas a rocas volcánicas Andesitas/Dacitas y derrames lávicos (Tufos, Piroclatos) y Brechas Hidrotermales, que afloran en los cerros Minas y Ojos. Donde las Brechas Hidrotermales se presentan rellenando fracturas de 2 hasta 20 cm de potencia dentro de las rocas silificadas.

La alteración silicia muestra mayormente una textura porosa oxidada, que presentan mayormente limonitas, gohetitas, hematitas, jarositas rellenando cavidades y fracturas a veces contienen localmente alunita con coloración blanquecina.

La alteración cuarzo – alunita muestra una textura masiva donde la alunita se presenta rellenando cavidades y fracturas.

La alteración silicia presenta también minerales de pirita, arsenopirita, enargita, pátina de covelina y azufre nativo dentro de una matriz sílica gris oscura que presenta una porosidad fina.

El mineral de mena está constituido en gran parte por la alteración cuarzo – alunita que se presenta con una textura masiva. El material estéril, está constituida por la alteración argílica, que se a dividido en dos clases : las rocas subvolcánicas que tienen una alteración argílica supergena y los tufos argelizados hidrotermalmente, éstos contienen disseminaciones de pirita de 3 á 7% por volumen.

6.3 OPERACIONES DE MINA

La compañía Sipán S.A. a referido la explotación de los Cerros Minas y Ojos basado en el desarrollo del proyecto mediante la explotación de la mina a cielo abierto.

Las reservas probadas de los yacimientos, ascienden a 16'426,000 toneladas métricas, sin embargo, la cantidad de mineral económicamente tratable es de 11'801,000 toneladas con ley promedio de 1,89 g/TM de oro y 3,63 g/TM de plata, con una producción programada de 800,000 TM mensuales.

Las Operaciones Mineras en Sipán se desarrollan de la siguiente manera.

PERFORACIÓN :

La perforación se realiza con 2 perforadoras IR DM 45, con los siguientes características:

- Diámetro de taladro de $6\frac{3}{4}$ y $6\frac{1}{4}$
- Altura de Banco 6 m
- Sobre perforación 0,8 m
- Malla mineral 4,20 x 4,85 m, 3 bolillo
- Malla desmonte 6,5 x 6,5 m, cuadrada

CARGUIO :

Para el carguio contamos con 04 retroexcavadoras Libher :

- R 964 B(2) capacidad de cuchara $3,8 \text{ m}^3$ con un rendimiento de 500 TM/h
- R 954 B(2) capacidad de cuchara de $2,9 \text{ m}^3$ con un rendimiento de 480 TM/h

TRANSPORTE :

Para el transporte de material contamos con 54 camiones distribuidos de la siguiente manera :

- 31 volquetes Volvo NL 12 capacidad 15 m^3
- 13 volquetes Scania 114 C capacidad 15 m^3
- 10 volquetes M Benz 2638 capacidad 16 m^3

6.3.1 ASPECTOS GENERALES DE OPERACIONES

El proceso de extracción del mineral comienza con el delineamiento y marcado del plan de minado mensual que lo realiza el departamento de ingeniería y planeamiento de acuerdo a las onzas requeridas y el material que se tiene que mover ya sea mineral o desmonte para obtener dicha cantidad de onzas, en promedio se mueven un promedio de 28000 á 33000 TM/día entre mineral y desmonte siendo el requerimiento de planta 25000 onzas/mes.

El ciclo de minados se inicia con la perforación para ello se trazan mallas de perforación de acuerdo al plano de dureza, el que nos permite utilizar mallas de perforación de 4,85 m en mineral y de 6,50 x 6,50 m en desmonte y se utilizan dos maquinas perforadoras de marca INGERSOLL RAND que pueden perforar hasta 9 m en un solo pase, se perforan taladros de un diámetro de 6½" y 6¾". En rampas y recorte se emplean mallas especialmente diseñadas utilizándose como agentes de voladura anfo y emulsión para zonas secas y zonas húmedas o la combinación de ambas formando así Heavy Anfo en diferentes proporciones siendo las más comunes: 20% de Emulsión y 80% de Anfo llamada Heavy Anfo 28,30% de Emulsión y un 70% de Anfo llamada Heavy Anfo 37 y así sucesivamente hasta la combinación de 70% de Emulsión y 30% de Anfo llamada Heavy Anfo 73, según los requerimientos.

Mientras están perforando los taladros el departamento de geología toma muestras de cada taladro y los manda a analizar al laboratorio y determina las diferentes alteraciones de cada taladro.

Luego de obtenido las alteraciones de cada taladro y su respectiva ley de Au, se realizan los polígonos que definen cuales áreas son de mineral y desmonte y que son marcadas en el campo por el departamento de ingeniería.

El minado a cielo abierto, presenta taludes de operación de 36° y taludes finales de 46° , la altura del banco es de 6 m y su sistema de rampas presenta una gradiente de 10%, salvo excepciones en las que se utilizan rampas hasta de 15% el ancho promedio de las rampas es de 24 m.

Una buena perforación seguida de un buen carguío de los taladros de acuerdo a un diseño de voladura permitirán obtener buenos resultados en la fragmentación.

En la operación unitaria de perforación debemos reducir la emisión de polvo al medio ambiente ya que como se sabe el oro es errático y los detritus que se obtienen de la perforación se utilizan para determinar leyes además el polvo es perjudicial para la salud; minimizar el ruido e incrementar la velocidad de penetración, con lo que se obtienen un mayor rendimiento horario de las perforadoras.

Para evaluar un disparo debemos tener en cuenta el grado de la fragmentación, el nivel de las vibraciones, la proyección de rocas, emisión de gases y polvo, el nivel de ruidos; factores importantes en el cuidado del medio ambiente. De obtenerse una buena fragmentación permitirá un mayor rendimiento de los equipos de carguío y minimizará las voladuras secundarias, logrando con ello una reducción en el Costo Total de Minado.

En la mina Sipan se requiere que el material roto sea de diámetros menores de 50 cm para un mayor recuperación metalúrgica.

El cálculo de Burden teórico se halló sobre la base del modelo matemático de Konya, luego se fue ajustando por medio del método de pruebas y errores hasta obtener un Burden eficiente. Los otros parámetros geométricos fueron calculados a partir de este Burden.

Asimismo debido a la presencia de una falla y a la cercanía de pueblos se vio en la necesidad de emplear voladura controlada para que no dañe las paredes del pit final y evitar las vibraciones y la proyección de rocas.

Los parámetros de perforación y voladura son los siguientes:

Perforadora	:	IR
Diámetro tricono	:	6,25"
Longitud de barra	:	27'
Altura de banco	:	6 m

CUADRO N° 3

MATERIAL	BURDEN	ESPACIAMIENTO
MINERAL	4,2	4,85
DESMONTE	6,5	6,5

Luego de la voladura el material roto debe ser cargado a los volquetes para su posterior transporte, los equipos de carguío empleados son Retroexcavadoras LIEBHER de diferentes capacidades, los mismos que son apoyados por Cargadores Frontales para un buen carguío el material roto debe ser de una buena granulometría con lo que se mejoran los tiempos de carguío y con ello el Rendimiento Horario de la máquina, el material roto es cargado en las tolvas de los volquetes de 15 m³ de capacidad, los mismos que transportan el material según una selección previa en el Tajo, ya sea al PAD de lixiviación si es mineral o al BOTADERO si es desmonte la determinación del tipo de material se realiza en el Area de Ingeniería a través de un programa denominado MED SYSTEM, el mismo que determina mediante polígonos si el material es mineral

mineral o desmonte, para ello calcula las leyes de los polígonos, luego Topografía marca en el terreno a través de banderines si es mineral o desmonte.

Todas las operaciones de perforación, acarreo, voladura accesos, ripeo del PAD etc, está a cargo de la contrata COSAPI S.A. bajo la supervisión de la Compañía.

Las jornadas de trabajo en minas se realizan de lunes a sábado en jornadas diarias de dos turnos (12 h/Turno). Los días domingos son dedicados a labores de limpieza y mantenimiento de vías y accesos.

6.3.2 ACARREO DEL MINERAL

El mineral que es extraído de Cerro Minas y Cerro Ojos es acarreado hasta los Pad de lixiviación por la empresa COSAPI S.A la cual es la encargada de esta operación.

La distancia promedio desde las dos minas hasta los Pads de lixiviación es de aproximadamente 5 Km.

Para realizar esta operación la Compañía COSAPI cuenta con 54 camiones distribuidos de la siguiente manera : 31 volquetes Volvo de 15 m³ 13 Volquetes Scania de 15 m³ 10 Volquetes M Benz de 16 m³; llenado de los camiones se realizan con cargadores frontales que poseen una capacidad de cuchara de 5,1 TM

El tiempo utilizado por cada camión es en promedio para todo el ciclo de 25 a 27 minutos, todo un ciclo involucra tiempo de carga, ida, estacionamiento, descarga y vuelta.

Estos datos son de mucha importancia sobres todo para los Ingenieros de Minas, quienes son los encargados de controlar y optimizar esta operación en bien de la parte económica del proceso.

El departamento de Ingeniería es la que planifica el llenado de los Pads en función de aminorar tiempos y costos, y a su vez en mantenimiento las coordinaciones respectivas con superintendencia de planta, así evitando el llenado del mineral en áreas en donde el tiempo de lixiviación es corto.

VII PROCESO METALURGICO

Los estudios metalúrgicos demostraron que el mineral explotado responde satisfactoriamente a proceso de lixiviación en soluciones alcalinas de Cianuro de Sodio, por ser un mineral oxidado, poroso y su mineralización de oro ocurre en forma diseminada.

Estos estudios demostraron que el mineral podrá ser procesado económicamente sin necesidad de trituración (la lixiviación funciona sin depender del tamaño de partícula) por lo tanto, se decidió procesar el mineral directamente de la mina en pilas de lixiviación (proceso Heap Leaching) a estas pilas se les denomina PAD.

Compañía Minera Sipan cuenta con dos PAD de lixiviación, el PAD 1 cuenta con 5 celdas de lixiviación, con 5 niveles (8 m cada uno), la que esta casi lixiviada en su totalidad, utilizando solución Barren para ello proveniente de planta de proceso.

El PAD 2 en el más reciente cuenta con 4 celdas de lixiviación, 4 niveles (8 m cada uno) y se lixivia con solución intermedia a un flujo aproximado de 620 m³/h.

Para evitar que ninguna solución que contenga Cianuro escape de la cancha de lixiviación se emplea un cuidadoso diseño y sistema de ingeniería.

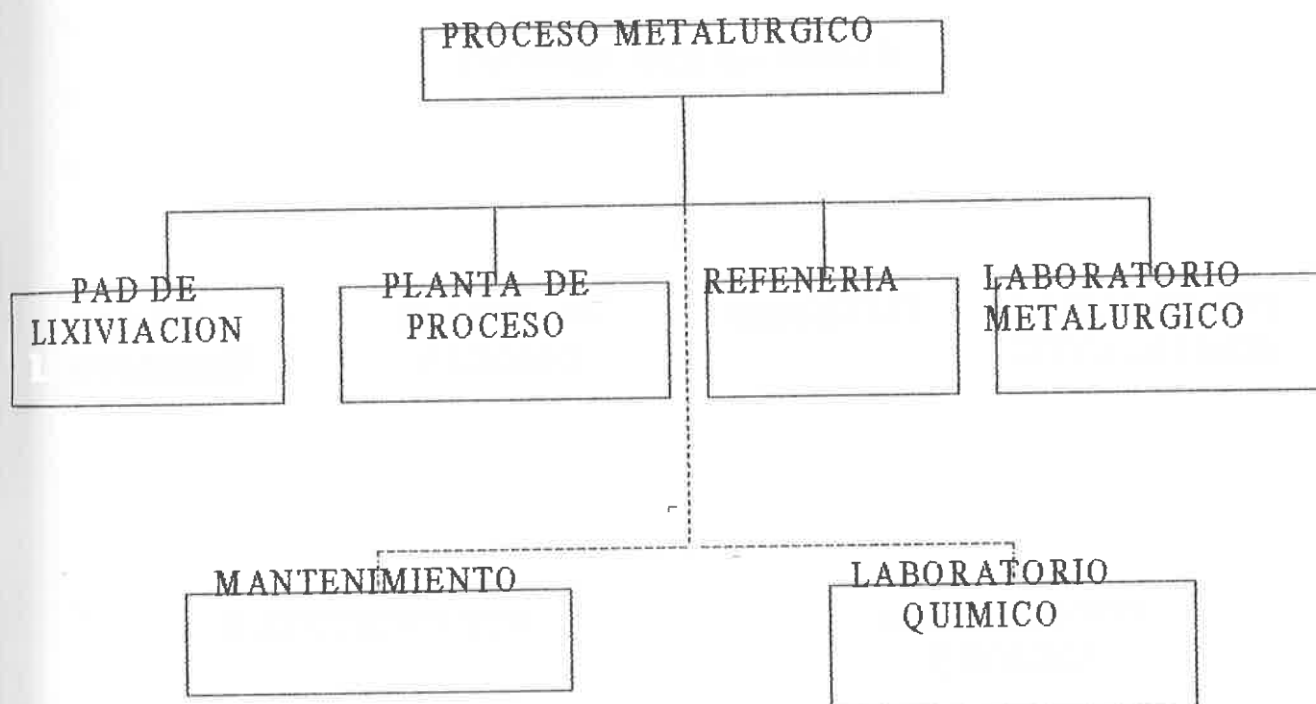
El proceso metalúrgico lo hemos dividido en las siguientes secciones:

- PAD de lixiviación
- Planta de procesos
- Refinería
- Laboratorio metalúrgico.

Para el manejo eficiente del proceso se hace indispensable la intervención del área de mantenimiento en lo referente al cuidado de los equipos en operación para su mejor rendimiento y producción y al laboratorio químico que se encarga del análisis cualitativo así como el análisis cuantitativo de este proceso metalúrgico (nos indica como se esta trabajando).

ORGANIGRAMA N° 1

ORGANIGRAMA DE PROCESO



7.1 PAD DE LIXIVIACION

Se le conoce con el proceso de HEAP LEACHING (lixiviación en pilas). En la actualidad Sipan cuenta con dos PAD de lixiviación; el PAD 1 cuenta con 5 celdas de lixiviación, y a la vez con 5 niveles, cada nivel es de 8 m de altura, teniendo los dos primeros niveles accesos de 15 m el resto accesos de 10 m.

El PAD 2 cuenta con 4 celdas de lixiviación y 4 niveles o liff al igual que el PAD 1, cada nivel es de 8 m de altura y sus accesos son de 6 m en los 2 primeros niveles y el resto cuenta con accesos de 4 m siendo este PAD el último en levantar y a la vez forma parte de la nueva ampliación de la mina.

El objetivo es juntar los dos PAD y formar una extensa área de lixiviación, de esta manera poder levantar hasta el nivel 8.

La preparación y revestimiento de las canchas de lixiviación es de vital importancia para asegurar la protección del medio ambiente y evitar pérdidas de oro de las soluciones de lixiviación.

Esto requiere de un diseño técnico e instalación muy cuidadosa y precisa.

a) Aspectos Constructivos de la Pila.- A continuación se detalla el proceso de conservación de las canchas de lixiviación.

- 1) **Preparación del Terreno.**- Estas canchas son construidas en terrenos que presentan pendientes o se construyen pendientes para tener una captación adecuada de la solución que filtra por la pila.

La pendiente del terreno en donde se construyo el PAD presentaba en la parte baja una pendiente del 5% y en la parte alta una pendiente del 10% de inclinación.

El terreno debe presentar un grado de compactación que corresponda a un índice Proctor Modificado de 92% á 95%, debido a que el terreno seleccionado para construir el PAD debe ser muy estable y compacto para soportar los millones de toneladas de mineral que serán colocadas sobre él, además de estar libres de piedras angulosas o punzantes que pueden perforar la capa impermeable que se colocara después.

Para la construcción de estas canchas o PAD de lixiviación se tiene que detallar algunos puntos :

Limpieza de la superficie de toda germinación, se retirara la capa superficial del suelo y se almacena para su posterior uso en el trabajo de restauración, luego del material nativo se hace uso de un revestimiento en este caso arcilla compactada de 30 cm de grosor que sirve como base del suelo.

- 2) **Impermeabilización del Piso.**- Sobre la arcilla compactada se colocara un revestimiento plástico, que consiste en un material rugoso de polietileno (LDPE 60 mil) alta densidad en la parte baja en donde va a existir mayor fricción, porque va a soportar mayor el peso, teniendo una pendiente del 5% y un área aproximado de 135 m de ancho y 350 m de largo.

Para la parte alta se utilizó un revestimiento liso de baja densidad (LDPE 40 mil), esta parte tiene una pendiente del 10%.

El área aproximada que se ha revestido es de 143,000 m²

Este material plástico es inerte a la acción de los agentes químicos que mejoran su superficie. Su resistencia mecánica es suficiente para resistir los esfuerzos a que será sometida, tracción y torque en carga – descarga y compresión por el depósito del mineral. Sus propiedades físicas y químicas le permiten resistir las condiciones ambientales de temperatura y radiación solar resistente.

- 3) **Tuberías de Drenaje.**- Son tuberías corrugadas y perforadas, colocadas espaciadas longitudinalmente por encima del revestimiento plástico destinadas a permitir una rápida evacuación de la solución, una vez que esta alcanza el fondo de la pila, cumple el doble propósito de evitar la inundación de la pila y permite la inoculación de aire por zonas inferiores.

El PAD cuenta con tres tipos de tuberías es decir de 100 mm, 200 mm y 300 mm de diámetro que son corrugadas, perforadas y su material es de polietileno.

Ubicación de estas tuberías :

Las tuberías de 100 mm, corrugadas y perforadas están colocadas en paralelo a una distancia de 8 m cada una de estas tuberías son denominadas secundarias.

Las tuberías de 200 mm y 300 mm, denominadas primarias de colección están dispuestas transversalmente en el PAD formando un ángulo de 45° con las tuberías de 100 mm de diámetro. Estas tuberías están conectadas estando la de mayor diámetro en la

parte baja y la de menor diámetro en la parte alta, posición que se adopta por el hecho de que la parte baja resiste mayor peso.

La tubería de 300 mm estará conectada a una descarga de metal que son ubicadas a la salida de cada celda que a su vez estará conectadas a tuberías de 30 cm también de polietileno que conducirán la solución a sus respectivas pozas de almacenamiento (poza de operación y poza de almacenamiento).

- 4) **Instalación del Overliner.**- Constituye la última base de protección del revestimiento. Básicamente es una capa de 50 cm aproximadamente de material de apariencia diferente de la mena que marca el límite inferior en la descarga del ripio y que además reparte las presiones sobre las tuberías de drenaje. Si presenta buenas propiedades de escurrimiento puede llegar a sustituir a las tuberías de drenaje, aunque con peligro de embarcamiento en el largo plazo y sin el beneficios de aireación inferior. El Overliner protege a la geomembrana del contacto directo con el mineral a tratar, porque la mena a tratar podría contener rocas filosas que causen perforaciones o cortes a la geomembrana.

Su granulometría debe ser 100% - 1' malla, 5% - 200 malla. La berma que divide cada celda debe tener una altura de 1 m y cubierta de una capa de 50 cm de Overliner.

- 5) **Llenado.**- Esto es la etapa final, consiste en depositar el mineral al lixiviar es deseable por medios que no produzcan un efecto de compactación ni disgregación mecánica hasta alcanzar la altura determinada.
- 6) **Canales de Recolección.**- Logo que la solución a percolado y drenado por las tuberías de polietileno estas son captadas por cajas metálicas que tienen aproximadamente 2 m de largo por 1 m de alto, los cuales están conectadas a 2 tuberías de 30 cm de diámetro en su parte inferior las cuales conducirán la solución hacia las pozas. Una de las tuberías conducirá la solución a la poza de operaciones y la otra a la poza intermedia

El desvío de solución tanto a la poza de operación, como a la poza intermedia dependerán básicamente de su ley estas tuberías están colocadas en una canaleta bien revestida de material plástico (geomembrana) haciéndola impermeable a la solución cianurada, esto es en el caso que exista fuga de solución de las tuberías.

Las cajas recolectoras están sectorizadas con salidas por cada celda, en nuestros PADS contamos con 9 descargadas, provenientes de las nueve celdas de lixiviación.

7.1.1 SISTEMA DE REGADÍO DE LOS PADS

El objetivo del sistema de regadío es mojar el mineral en función de la cantidad determinada de $L/h \times$ metro cuadrado denominado ratio de riego, teniendo como consideración secundaria la concentración de las soluciones a obtener.

Nuestro sistema de regadío es simple, contamos con bombas centrifugas de 150 HP instaladas dos de ellas en planta la que transportaran solución Barren del tanque de solución Barren, este tanque tiene un diámetro 4 m una altura de 5 m teniendo una capacidad de 69.27 m^3 .

Cuatro bombas también de 150 HP instaladas en la poza intermedia, entre las 6 bombas mencionadas anteriormente mandamos hacia los PADS un flujo promedio de $1000 \text{ m}^3/h$ a través de tuberías bien distribuidas, las que se encargan de conducir la solución.

La solución de regadío dependerá del mineral es decir si es un mineral nuevo se regara con solución intermedia y si es un mineral ya lixiviado, o con un tiempo de permanencia en PAD, se regara con solución Barren, dependiendo también de su ley, es decir si su ley es baja.

La concentración de estas soluciones es por el orden de las 50 ppm para solución Barren y 100 ppm para solución intermedia.

Actualmente el PAD 1 se lixivia con solución Barren, el PAD 2 con solución intermedia, por ser este último el más reciente.

El dispositivo de riego utilizado en el PAD es por goteo, utilizando para ello mangueras especiales con orificios situados a 80 cm de distancia entre orificios, las que nos permitirán un riego uniforme.

Estas mangueras por las que sale solución lixivante son purgadas cada cierto tiempo para evitar su encalichamiento producto de la cal que es utilizada en este proceso, la cual nos permitirá una alcalinidad entre 9,5 á 10,5 de pH. El purgado es sumamente sencillo consiste en agitar las mangueras y abrir la parte terminal de estas para dejar escurrir la solución por un espacio de tiempo aproximado de 5 minutos.

Las Soluciones de Riego (Barren e intermedia), ingresan al PAD por la parte inferior del mismo y prosigue hacia la parte superior a través de una tuberías matrices llamadas RAICERS de 8'' de diámetro, una vez que la solución alcanza la parte superior, se realizan reducciones sucesivas de diámetro (8'' - 6'' - 4'') para una mejor distribución de la solución a partir de la tubería de 4'' se ramifican las mangueras con orificios cuyo diámetro de orificio es de 1/2''.

7.1.2 RECOLECCION DE LA SOLUCION.

Como se menciona anteriormente, estas celdas son unas cajas que poseen dos orificios en la parte inferior uno conduce a la poza de operaciones y la otra a la poza intermedia. Estas celdas colectoras, llamadas también descargas tienen un dispositivo para muestreo, las cuales se realizan a las 6:00, 12:00 y 18:00 horas respectivamente, estas son analizadas por Au, Ag, Cu y se hacen mediciones de pH y fuerza de cianuro.

En estas descargas también se mide el caudal; con toda esta información el supervisor tomara la decisión de distribuir la solución a poza de operación o hacia poza intermedia. El criterio que adoptamos es el siguiente:

Ley de Au $> 2,5 \text{ g/m}^3$ (hacia poza de operaciones)

Ley de Au $< 2,5 \text{ g/m}^3$ (hacia poza intermedia).

Este criterio variara de acuerdo a las circunstancias que se nos presenten en la operación.

7.1.3 POZAS DE RECOLECCION DE SOLUCION

Estas pozas son diseñadas para contener la solución percoladas del PAD, soluciones tratadas y soluciones provenientes de rebose de las pozas de tratamiento.

Mínera Sipan cuenta con 5 pozas:

- a) **Poza de Operaciones.**- Contiene la solución rica o llamada también Pregnat y es la que será bombeada hacia la planta de procesos, para su posterior tratamiento.

El bombeo de solución se realiza por dos bombas sumergibles de 40 HP de capacidad y la distancia promedio hasta la planta de procesos es de 300 m.

La poza tiene una capacidad de 21 607,4 m³ y cuenta con una distribución de puntos de nivel, donde fácilmente se podrá observar el nivel alcanzado y por medios gráficos o tablas, realizar la lectura de volumen.

- b) **Poza Intermedia.**- Esta contiene solución intermedia de Riego y es la que se bombea nuevamente al Pad para que cargue con mayores leyes de Au y Ag.

El bombeo de solución se hace a través de dos bombas sumergibles de 50 HP cada una; éstas bombean solución a los tanques pulmón que se encuentran al costado de la poza. De este punto el bombeo se realiza a través de cuatro bombas centrífugas de 150 HP de capacidad hacia el Pad.

Esta poza cuenta con una capacidad de 23443,0 m³ al igual que la poza de operaciones, ésta cuenta también con una distribución de punto de nivel.

- c) **Dos Pozas de Tratamiento.**- Estas pozas contienen soluciones tratadas provenientes de la planta de tratamiento de soluciones Barren, tienen una capacidad de 6190,76 m³ cada una.

Son consideradas pozas de sedimentación, la solución tratada proveniente de planta de tratamiento son descargadas a la poza de exceso según circunstancias operativas.

Estas pozas al igual que las pozas de operaciones e intermedia tienen la forma de pirámide invertida.

- d) **Poza de Excesos.**- Esta poza es de mucho más capacidad que las otras 4 pozas, tiene Aproximadamente 150,000 m³ de volumen, y sirve para almacenar solución tratada cuando estas están completamente llenas y hay la necesidad de seguir tratando, o también a causa de la limpieza o reparación de las pozas de tratamiento.

La construcción de estas pozas se detalla en los siguientes puntos

Se limpia la superficie de toda germinación, el material nativo es revestido con material plástico de polietileno de baja densidad (40 mil VLDPE) enseguida se cubre con geotextil, luego se reviste con material de polietileno de alta densidad (60 mil VLDPE) enseguida se recubre con geonet y por último con plástico de polietileno de alta densidad (60 mil VLDPE).

Debajo de la primera y segunda membrana existe unos dispositivos compuestos por un detector automático de fugas llamado LAKE DETECTION y una bomba esta encargada de bombear la posible fuga hacia la poza nuevamente.

PERSONAS QUE ELABORAN EN EL PAD

Este personal al mando del jefe del PAD y 2 supervisores permiten que la operación de lixiviación no tenga inconvenientes . El trabajo que desarrollan se resume en los siguientes puntos :

- a) Instalación de tuberías y mangueras, y su respectivo purgado, para que el goteo no se interrumpa por obstrucción.
- b) Control de ratios (8:00 am, 12:00 pm y 5:00 pm)
- c) Inspeccionar en forma continua que no haya empozamiento de solución, sobre todo en el perímetro de la celda. Porque puede provocar un deslizamiento.
- d) Muestreo de soluciones de descarga.

7.2 PLANTA DE PROCESOS

En esta área se da el tratamiento a la solución Rica. Esta solución es bombeada desde la poza de operación, por medio de dos bombas sumergibles, 40 HP de potencia cada una y a una distancia aproximada de 300 m, en donde se sitúa la planta.

La planta de procesos con que cuenta esta compañía ha sido recientemente ampliada en su capacidad de tratamiento, pudiendo tratar hasta 330 m³/h, con una capacidad inicial de 250 m³/h.

La planta cuenta con varias secciones encargadas de diversas tareas, consistentes en lograr ciertas características en la solución Rica, para que la obtención del metal precioso no tenga inconvenientes y la operación sea óptima.

El desplazamiento de la solución a lo largo de todo el proceso se hace por lo general en tuberías de fierro de aproximadamente 6'', existiendo otras 8'', como aquellos situados en la succión y descarga de las bombas de precipitación, transportando precipitado hacia los filtros prensa.

Dentro del sistema de tuberías se encuentran otras de menor diámetro, de 2'', 4'' y 1'' las que transportan soluciones Barren al interior de la planta, aire al sistema de lavado de filtro, agua, etc.

Todo este sistema de tuberías a la vez cuenta con una serie de equipos las cuales proporcionarían un mejor control al proceso es decir:

- a) Flujómetros marca "Endress - Hauser", estos dispositivos miden el flujo que está pasando por las tuberías ubicadas en distintos puntos, esta medición se hace en m^3/h .
- b) Llaves manuales o válvulas manuales marca "Apolo" estas llaves permiten controlar el flujo.
- c) Manómetros marca "Wewler", las medidas se efectúan en Kpa o Psi.
- d) Válvulas neumáticas marca "Valk" para el control del flujo a tratar.
- e) Turbidímetros marca "Dender". Presentan la turbidez de la solución en NTV.

7.2.1 CLARIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN RICA

En esta etapa de tratamiento hay que extraer la mayor cantidad de sólidos suspendidos, teniendo en cuenta que es un parámetro de control muy importante para una buena recuperación. En esta etapa los turbidímetros cumplen una buena labor, tanto al ingreso a los filtros clasificadores como a la salida de éstos, siendo su rango de trabajo hasta 1,5 NTU en la salida por encima de este número se utilizara mayor cantidad de zinc para su precipitación.

SECUENCIA DE CLASIFICACION

- a) **Tanque de Adición de Floculante.** - En este tanque convergen la solución Rica bombeada desde la poza de operaciones, como el floculante a adicionar y el cloruro férrico. El floculante utilizado es generalmente el A - 110. Este tanque a la vez cuenta con un agitador el cual mezclara las Soluciones mencionadas antes de su ingreso al Hopper clarificador.

- b) **Hopper Clarificador:** Este recibe la solución del tanque anterior por la parte inferior y aquí debe ocurrir la sedimentación de flóculos, los cuales a su descenso debe atrapar a los sólidos suspendidos.

Este Hopper tiene la forma de un cono, en la parte inferior, seguido, de forma cilíndrica en la parte superior. Por la parte superior tiene un Rebose que lleva a la solución clarificada hacia unas canaletas que rodean toda la longitud de la circunferencia. Estas Canaletas conducen la solución hacia un tanque de Rebose.

- c) **Tanque de Almacenamiento de Solución Rica Pre - Clarificada:** A este tanque también se le denomina, tanque de Rebose, sirve para contener la solución que será bombeada hacia los filtros clarificadores. Este tanque cuenta con un dispositivo de nivel, el cual accionara una válvula neumática tanto para permitir el ingreso de flujo hacia este tanque, como también para cortarle su ingreso.

Este control automáticamente generalmente está programado para un 80% de volumen, pasando este porcentaje al sensor manda una señal a la válvula neumática para que se cierre.

Si esta por debajo de este valor el sensor emitirá una señal para que se abra la válvula.

A este tanque se le adicionara BODYFEED para que ayude a la filtración de los sólidos en la etapa siguiente. La adición del Bodyfeed se realiza mediante unas bombas de diafragma, las cuales alimentan en solución la tierra diatomita, la concentración variara de acuerdo a como vaya la operación, variando desde una a dos bolsas de diatomita hasta 8 á 10 bolsas, generalmente se utiliza diatomita de grado 12 y de grado 14.

d) **Bombas Clarificadoras.**- Estos se encargan de bombear la solución del tanque de almacenamiento hacia los filtros clarificadores.

Su capacidad es de 60 HP y se encuentra funcionando a su máxima capacidad, contamos con dos bombas de clarificación en todo el proceso.

e) **Filtros Clarificadores:** Existen dos filtros clarificadores en operación, los cuales cuentan con 27 paneles cada uno. Estos filtros son los encargados de retener los sólidos en suspensión de la solución mediante una Cama Filtrante llamada Precoat, depositada en las lonas, las cuales cubren cada panel, estos paneles a su vez están colocados en una tubería por donde sale la solución clarificada. Cada filtro presurizado de hojas tiene un diámetro de aproximadamente 60'', cuenta con 27 paneles las cuales están separados 3'', su longitud es de 2 m su área filtrante es de 68,58 m², su volumen es de 5,4 m³ aproximadamente su peso es de 3447,33 Kg (Vacío), su peso (lleno con agua) 8935,86 Kg.

f) **Operaciones en el Filtro Clarificador:** (Lavado, llenado, precoteado puesta en operación).

- Se cierra paralelamente la válvula de ingreso y salida de Solución Rica del filtro que se va a lavar.

- Se abre la válvula de descarga del filtro a lavar y se enciende la bomba de alimentación de Solución Barren (esta solución es la se usa para lavar el filtro), así como también el lavador automático.

- Se inyecta aire a presión al filtro para facilitar el lavado, se arranca la bomba del tanque de lodos para que evacue la solución conteniendo los sólidos que han sido removidos de las lonas del filtro (lodos) hacia el PAD.

- Se mantiene estas condiciones hasta que se aprecia que la descarga del filtro clarificador este limpia. Siempre en todo momento debe controlarse el nivel de la torre de vacío y el flujo que ingresa al área de refinería.

- Una vez que la descarga del filtro esta clara, se cierra la válvula de la descarga del filtro y se apaga el lavador automático para que el filtro se llene completamente.

- Se abre el rebose del filtro para verificar el momento en que este se encuentre lleno.

- Una vez lleno el filtro se apaga la bomba Barren y se cierra la entrada de Solución Barren, así como el Rebose del filtro. Posterior a esto se procede a la etapa de precoteo del filtro. Esta consiste en hacer recircular Solución con tierra diatomea grado 12 a través del filtro para formar una capa o lecho filtrante capaz de retener todos los sólidos en suspensión que pueda contener la Solución Rica. Generalmente se utiliza entre 1 y 2 bolsas de diatomita por tanque.

- Se abre la entrada y salida de la solución con diatomita y se arranca la bomba del Precoat, se mantiene estas condiciones hasta que el tanque Precoat, muestre una solución clara, esto quiere decir que la diatomita ya ha sido impregnada en las lonas del filtro clarificador.

Una vez obtenida la precapa filtrante, se procede a poner en operación el filtro clarificador. Se abre simultáneamente la salida y entrada de Solución Rica, enseguida se va cerrado la entrada y salida de la solución Precoat y se procede a apagar la bomba Precoat, finalmente se procede a normalizar todo el proceso.

7.2.2 DESAIRE ACCIÓN DE LA SOLUCION RICA

Esta tiene la finalidad de extraer el oxígeno disuelto en la solución, el cual debe llegar a concentraciones menores de 1 ppm de oxígeno disuelto para asegurar una buena precipitación de oro.

Esta eliminación se logra a través de una torre de vacío la cual recibe todo el flujo de tratamiento, extrae el oxígeno disuelto y devuelve la solución a concentraciones de aproximadamente entre 0,16 y 0,0 ppm de O_2 disuelto para la cementación correspondiente.

El vacío es logrado a través de una bomba de 60 HP.

7.2.3 PRECIPITACIÓN DE IONES METÁLICOS

Esta etapa es de suma importancia, debido a que si se presentan errores, el Au que a sido extraído desde el PAD retornara a él por el circuito de Solución Barren la precipitación se logra adicionando zinc metálico, mediante un dosificador el cual se programa la cantidad de zinc que debe caer, también debe ingresar solución de NaCN e NaOH para darle las condiciones necesarias para una buena precipitación, todos estos reactivos se mezclaran en un cono el cual interceptara a la línea que sale de la torre de vacío. El zinc gracias a su potencial de reducción

desplaza al Au del complejo de cianuro, pasando este a solución y el Au se precipita reduciendo a su estado metálico.

Una vez que empieza a formarse el precipitado llegan hacia unas cajas metálicas donde se encuentran dos bombas verticales de 60 HP. Estas bombas mandan la solución hacia el área de refinería.

En Compañía Minera Sipan tratamos flujos de Solución Rica de $330 \text{ m}^3/\text{h}$, dicha solución arrastra partículas muy finas que causan una turbidez en la solución por el orden de 4 NTU variando este valor en momentos de lluvia alcanzando valores relativamente altos de 20 NTU, la cual se pasara directamente a los filtros prensa rápidamente lo saturaría y necesitaremos para su precipitación mayor cantidad de Zinc.

Para ello la solución necesita ser clarificada mediante filtros clarificadores, que es un tanque hermético, los sólidos serán retenidos en este filtro y la solución saldrá clarificada por la parte inferior con aproximadamente 1,5 NTU.

Esta solución se conducirá a la torre de vacío la cual extraerá el O_2 libre de la solución, una vez extraído el oxígeno disuelto la línea de salida de la torre se interceptara con otra línea proveniente del Cono de precipitación del cual sale una solución de zinc, cianuro de sodio e hidróxido de sodio; en este punto de intersección empieza la precipitación la cual para una mejor y rápida reacción pasaran por unas cajas de mezclado que cuentan a la vez con dos bombas verticales que transportaran el precipitado hacia los filtros prensa, nuestra compañía cuenta con dos filtros los cuales se encuentran en el área de refinería. Estas retendrán el precipitado y sólo saldrá de ellos Solución Barren hacia un tanque del mismo del nombre mediante dos bombas de

150 HP denominadas Bombas Barren transportarán la solución nuevamente al Pad para iniciar nuevamente el ciclo.

7.2.4 PERSONAL

La planta de procesos, tiene un régimen de trabajo de 4 x 4 trabajan 12 h/día, de 8:00 am – 8:00 pm turno se mañana y de 8:00 pm – 8:00 am turno de noche.

En la actualidad se cuenta con cuatro guardias, compuestas cada una con un supervisor y un electricista de turno.

El supervisor que hace también la labor de operador tiene la responsabilidad que todo el proceso metalúrgico se lleve a toda normalidad, controlando toda la operación, que los parámetros estén dentro de los límites posibles de trabajo y resolviendo los posibles problemas que se pueden presentar.

El electricista es responsable de la parte eléctrica de la planta, que todos los equipos funcionen perfectamente, a la vez de hacer un buen control de los grupos de energía (3) y del interconectado, los cuales darán energía eléctrica a toda la mina.

7.3 REFINERIA

En esta área se realiza la fundición del precipitado y su transformación a doré.

Esta operación se realiza en forma programada sacando de operación el filtro prensa saturado con precipitado, esto se logra gracias a la determinación de la presión diferencial que marca el manómetro, debido a que la capa de precipitado crece y hace que la presión varíe en forma ascendente; el otro filtro prensa seguirá operando, previa formación del lecho de Retención.

Existe dos filtros prensa, estos cuentan con 41 paneles, estos equipos son los encargados de atrapar al Au y Ag que se encuentran en estado metálico debido a la acción del Zinc.

Al igual que en los filtros clarificadores, en estos también tienen que obtenerse una precapa con tierra diatomea para facilitar la formación, la operación de estos filtros es bastante similar a de los filtros clarificadores.

Su capacidad inicial del filtro prensado es de $1,4 \text{ m}^3$ su peso total es de 9389,44 Kg, en operación pesará 10 977,05 Kg, su presión hidráulica es 3200 psi, operativo asciende a 4000 psi.

(Ver Fig. N° 2)

REFINERÍA

FLOW SHEET

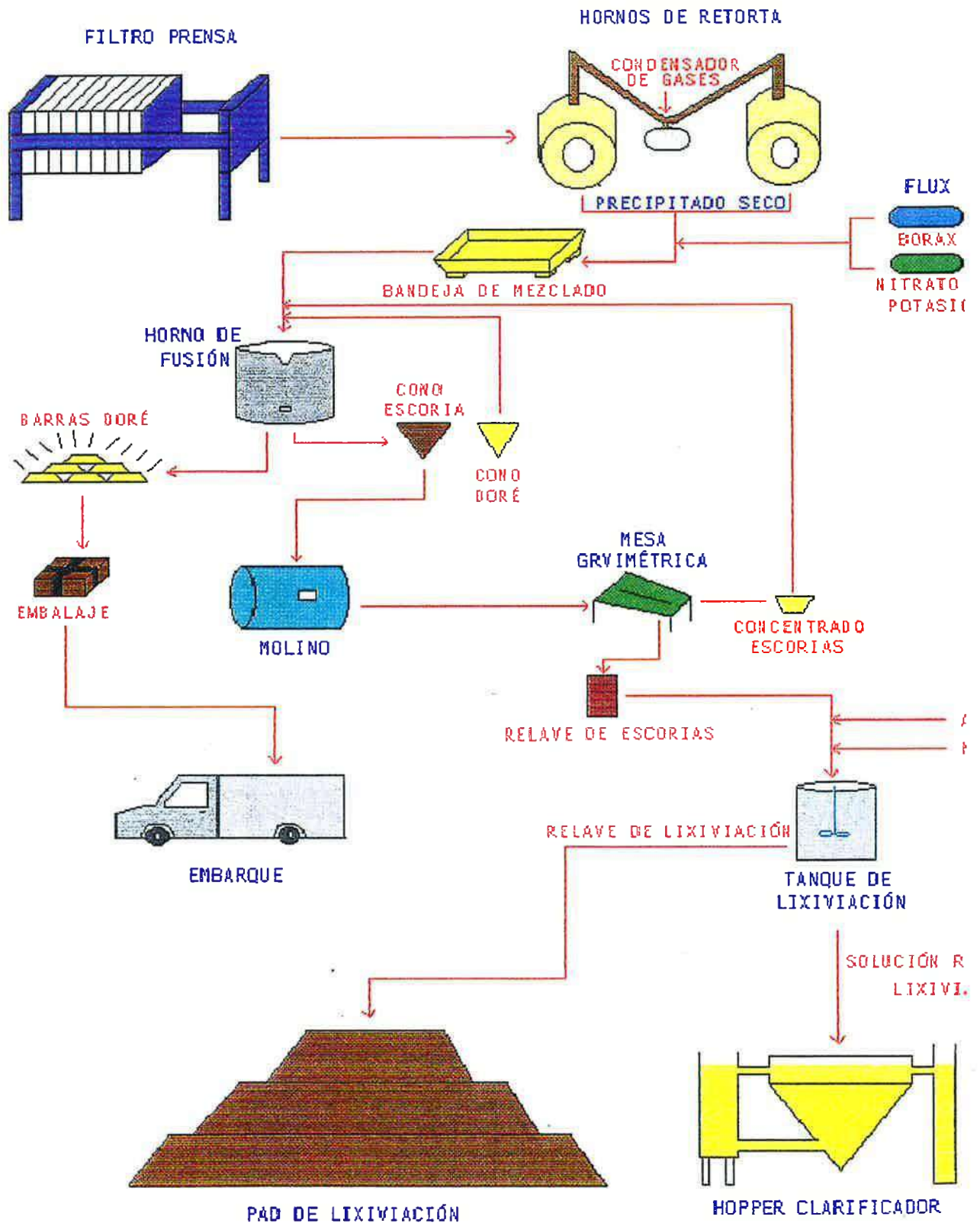
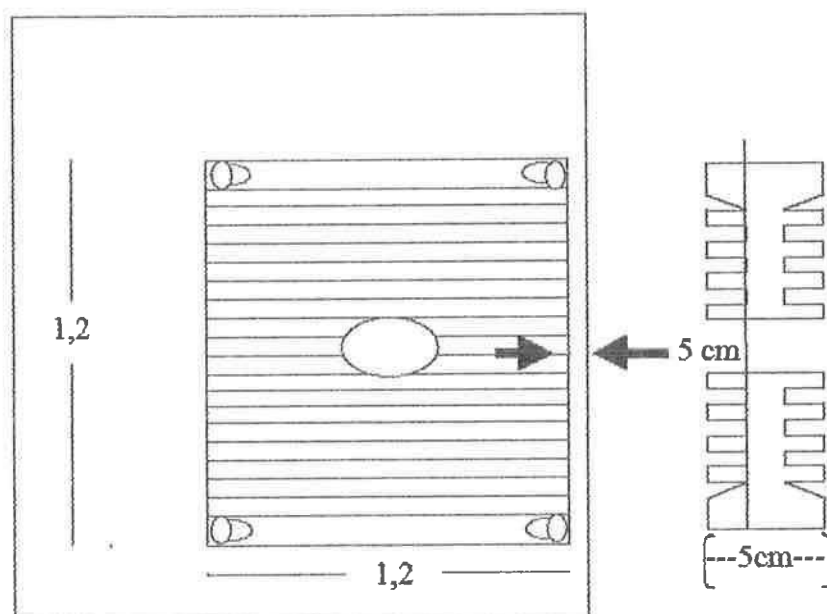


FIGURA N° 2
PANEL DEL FILTRO



- N° Láminas (paneles)	:	41
- N° Areas por panel	:	2
- Ancho de borde	:	5 cm
- Largo sin borde	:	1,15 m
- Ancho sin borde	:	1,15 m
- Parte interna	:	Polipropileno
- Parte externa	:	Lona.
- Area unitaria	:	1,21 m ²
- Area por panel	:	2,42 m ²
- Area total	:	98,01 m ²
- Espesor	:	5 cm
- Medio filtrante (Diatomina):	:	0,46 Kg/m ² diatomita

7.3.1 FILTROS PRENSA

Precoteo, cambio y soplado de filtro.

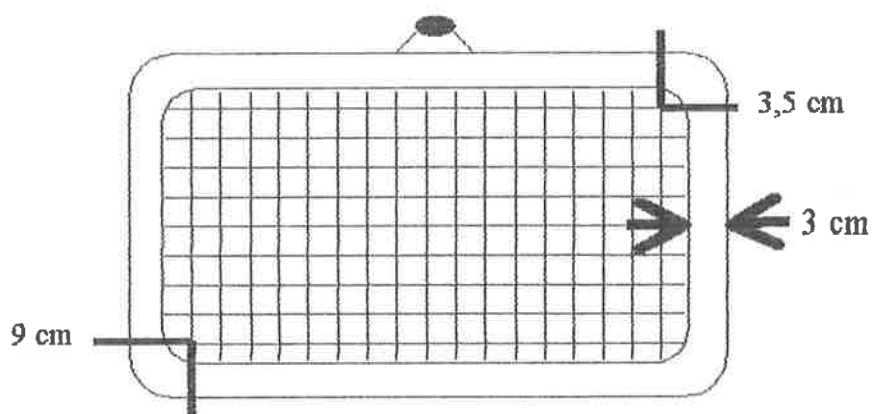
El operador de planta prepara 2 bolsas de diatomita en el TK precoat, grado 12, una bolsa cada 5 minutos luego comunica a refinería en donde se abre la válvula de ingreso y salida de solución precoat hacia el filtro que va a entrar en operación; se comunica a planta precoat el tiempo de precoteado dura (aproximadamente 15 á 20 minutos) luego de los cuales se abre la válvula de ingreso de precipitado y salida de barren; seguido se cierran válvulas de filtro saturado y se comunica a planta para que apaguen la bomba de precoteado.

El soplado de filtro saturado se inicia luego de haber hecho el cierre de válvulas, y dura aproximadamente dos horas. Para abrir filtro primero se apaga el control del gato hidráulico, luego con el control que abre y cierra la prensa, se procede a abrir esta dando una separación adecuada para poder abrir las lonas.

La cosecha del precipitado se realiza en forma sistemática, primero se coloca la bandeja debajo del filtro y se abre lona por lona, haciendo caer el precipitado en la bandeja.

El proceso se repite para todas las lonas del filtro, el peso aproximado de cada cosecha es de entre 400 y 500 Kg húmedo, la humedad varía entre 30 y 40%. Después de la cosecha se procede con el lavado de las lonas del filtro, haciendo caer el precipitado a una bandeja y recuperarlas, trasladándola luego hacia el horno de retorta. (Ver Fig. N° 3)

FIGURA N° 3
PANEL DE FILTRACION



- N° Láminas (paneles)	=	27
- N° Areas por panel	=	2
- Ancho del borde	=	3 cm
- Largo con borde	=	122 cm
- Ancho con borde	=	112 cm
- Parte interior	=	Malla de Acero
- Parte Superior	=	Lona
- Area unitaria	=	1,27 m ²
- Area por panel	=	2,54 m ²
- Area total	=	68,58 m ²
- Medio filtrante (Diatomita)	=	0,33 – 0,66 Km/m ² diatomita

7.3.2 HORNO DE RETORTA

Secado de precipitado y recuperación de mercurio

Se procede a pesar y a cargar en las bandejas de las retortas (5 bandejas cada retorta). Las bandejas tienen un peso promedio de 23,2 Kg y cada bandeja con precipitado pesa de 100 á 130 Kg, las cuales entran al horno de retorta, cerrándose la tapa inmediatamente (para evitar fugas de gases); se enciende la retorta abriendo válvula de recirculación de Barren (enfriamiento y condensación de gases) y la válvula de salida de gases de la cámara.

El tiempo de operación dura 12 horas, que se distribuye de la siguiente manera en tres rampas :

Se inicia en 32°F, en una hora alcanza los 600°F manteniéndose por tres horas luego inicia su ascenso hasta alcanzar los 1100°F (en un lapso de dos horas), manteniéndose a esa temperatura por espacio de cuatro horas. Se apagan los quemadores para empezar su descenso en (dos horas) hasta los 32°F.

Cumplido el ciclo de trabajo de las retortas se abre la descarga del condensador recibiendo agua y el mercurio que a condensado en una pequeña bandeja, lo que será lavado con detergente para luego ser envasados en sus botellas respectivas (3 L)

El precipitado procedente de las retortas se descargan y se pesan.

7.3.3 HORNO DE FUSION

Preparación del precipitado :

El precipitado (previamente pesado) se descarga en una bandeja de preparación donde se homogeneiza y se saca una muestra representativa (cuarteo) para ser analizada en el laboratorio químico, luego es mezclada con el flux respectivo (bórax y nitrato de potasio) en una proporción de 40% de Bórax y 10% de nitrato de potasio en pesos del precipitado. Los análisis químico son los siguientes :

Para el Bórax es :

Nombre Bórax decahydrate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)

Oxido Bórico (B_2O_3)	36,12%
Agua Cristalizada (H_2O)	46,84%
Oxido de Sodio (Na_2O)	16,12%

	Expected	Máximo
Sulfato (SO_4)	2000	4000 ppm
Cloro (Cl)	1000	3000 ppm
Iron (Fe)	10	25 ppm

Para el nitrato de potasio (KNO_3), nitro o salitre nombres comunes.

KNO_3	99,7%
Cloro	110 ppm
Sodio	150 ppm
Magnesio	8 ppm
Fierro	2 ppm
Ca	8 ppm

Ejemplo: Si tuviéramos 400 Kg de precipitado su flux sería :

De Bórax	$400 * 0,40$	=	160 Kg.
De nitrato	$400 * 0,10$	=	40 Kg

A continuación se procede a cargar el horno cuyo crisol de 600 puntos, hasta un 100% de volumen al inicio de la fundación porque las partículas de diversas formas, al fundirse han ocupado un volumen menor lo que deja espacio para agregar nueva cantidad de precipitado por fundir con su flux correspondiente. Con este agregado se alcanza un 75% de capacidad en volumen del crisol. El horno ya ha sido encendido previamente una horaa antes para su calentamiento.

ENCENDIDO Y APAGADO DEL HORNO

Se coloca una mecha prendida a la salida del petróleo y del aire dentro del horno, después por seguridad se enciende el ventilador y luego el de la entrada de petróleo; el apagado es la secuencia inversa : primero se apaga el control de petróleo y luego el del aire, después se gradúa la entrada de petróleo y el volumen de aire.

CALADA DE ESCORIAS Y CONO DORE

Luego de ir cargando sucesivamente hasta obtener un 75% de la capacidad del crisol, en forma líquida, se procede a colar en los conos (que tienen un diámetro interno de 19 pulgadas y una altura de 14 pulgadas). Los primeros conos que se obtienen son de escoria (3 conos), el siguiente es el cono de doré. En la parte superior todavía hay escoria y en la inferior está el doré, que durante la colada se golpea el molde de cono varias veces para facilitar la separación de la escoria y el doré. Los conos se pesan y se almacenan hasta finalizar la fundición de precipitado.

7.3.4 CARGADO DE CONOS Y COLADA DE BARRAS DORE

Luego de finalizar la etapa de fundición de precipitado se procede con el carguio de los conos dore; Se realiza mediante la ayuda de una polea, de uno en uno con mucho cuidado para evitar daños en el crisol; luego de un tiempo aproximado de una hora se verifica que esté completamente líquido.

Previamente se prepara el carrito porta lingoteras, que contiene cuatro lingoteras, que han sido precalentadas en la tapa del horno crisol y están dispuestas en forma de cascada, es decir cuando se llena la primera, que es la más alta, por rebose cae el líquido a la segunda y así sucesivamente hasta la cuarta.

En el proceso de la colada se toma muestras de las barras en el mismo instante de la colada de las barras, introduciendo un tubo tipo capilar de vidrio de cuatro pies de largo con un diámetro interno aproximado de tres milímetros, a la primera barra (que es la más alta y esta en estado líquido) y se retira en el menor tiempo posible, se lleva a un recipiente con agua para su enfriamiento respectivo y luego se fractura en la parte que contiene en su interior el dore; esta operación es repetida de 2 á 3 veces por colada de 4 barras y se lleva al laboratorio para el análisis respectivo. La ley de oro en el dore es variable que puede ser tan baja como 55% y tan alta como 90%, las barras dore son después limpiadas con ácido clorhídrico y cepillo de metal para el acabado final. Las muestras para laboratorio se toman una de cada lote.

7.3.5 CODIFICACION Y EMBALAJE DE BARRAS DORE

Luego de terminar de colar todas las barras se procede a codificarlas, la codificación es como sigue :

- a) Se escribe el año , mes y día, adjuntando el número de coladas producidas en esa colada.
- b) Seguidamente se coloca el número de barra correlativo y se procede a pesarlas.
- c) Se marca el número respectivo.
- d) Finalizada la codificación se llena una por una en una bolsa plástica colocándolas en una caja de madera (dos barras por caja).
- e) Luego se coloca un suncho de plástico en el cual se coloca el precinto de seguridad; se pinta con spray rojo en los filos de la caja, procediendo a guardar las cajas en la bóveda, hasta su embarque final.

7.3.6 MOLINO DE BOLAS

CARGADO Y MOLIENDA EN LAS ESCORIAS

El molino esta cargado con dos toneladas de bolas de 2 pulgadas. Los conos de escoria son pesados y cargados al molino. El tiempo de molienda es de aproximadamente tres horas, luego del cual se procede a descargar la escoria molida.

Esta escoria se pasa a través de la zaranda y los finos se depositan en una bandeja para luego pasarla por mesa vibratoria.

Los productos de malla que se obtienen son 62,19% malla - 200; 32,73% malla - 140; 2,99% malla - 100 y 2,09% malla - 35. (Ver Cuadros N° 4 y 5)

CUADRO N° 4

PARÁMETROS TÉCNICOS DEL MOLINO

TIPO DE MOLINO	BOLAS
MARCA	DENVER
Dimensiones	4' x 5'
Rpm Operativo	20,4
Amp.	49 - 24,5

CUADRO N° 5

PARAMETROS DE OPERACION DEL MOTOR

MODELO	TCEP Westinghouse
Potencia Instalada	20 HP
Voltaje de Operación	230 - 460
Rpm del Motor	1755
Reductor	11,4 Ratio
Factor	1,0

7.3.7 MESA GRAVIMETRICA

RECUPERACIÓN DE CONCENTRADO

Luego de pasar la zaranda y tener la escoria depositada en la bandeja se carga el cono alimentador y se hace caer gradualmente la escoria en la mesa. La recuperación en la mesa es de 75 á 80%.

El concentrado se acumula para la fundición de cierre de mes; los relaves de la mesa se almacenan en un cilindro con destino al Pad. (Ver Cuadro N° 6)

CUADRO N° 6

PARAMETROS TECNICOS DE LA MESA GRAVIMETRICA

MODELO	GEMENI 60
Ratio de Alimentación	27 Kg/h
Alimentación Recomendada	14 - 150 Malla
Max. Caudal	3 US GPM
Potencia de Motor	0,25 HP
Dimensiones	3'' w x 4' 6''L x 3'H
Recuperación	96%

7.3.8 PERSONAL

Este personal es el único en toda la compañía que trabaja manipulando el oro bullión. Este trabajo es el que requiere mayor esfuerzo físico en todo lo referente al proceso metalúrgico.

Actualmente cuenta con dos guardias de dos personas cada uno trabajando en un régimen de 4 x 4, 12 horas por día al mando de un supervisor. El se desempeña en:

- a) Trabajos de cosecha, limpieza de filtros presa, carga y descarga de los hornos de Retorta, preparación de la carga y la alimentación de los hornos de fundición y la colada de los mismos, trabajos que se realizan con la escoria y la obtención y limpieza del mercurio.
- b) Cambiar Crisoles a los hornos cuando sea necesario.
- c) Precotear y poner operativo el filtro prensa

7.4 LABORATORIO METALURGICO

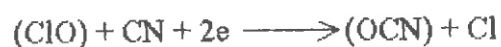
En este laboratorio se ejecutan pruebas en botella o columna lixiviación de yacimientos nuevos o de los que ya están en proceso de recuperación, así como también pruebas de lixiviación bacteriana; también se efectúan pruebas de tratamiento de agua, análisis de la descarga a la poza de tratamiento y constantemente tratar de mejorar la eficiencia del proceso metalúrgico. En la actualidad se esta centrando la investigación en poner operativo el Hopper clarificador.

7.4.1 TRATAMIENTO DE AGUA

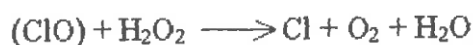
Se realizan pruebas del laboratorio hasta obtener un rango de dosificación de reactivos, cambiando si es necesario alguno de ellos. Estas pruebas se llevan a cabo antes de temporadas de lluvia, para después ponerla a prueba en forma industrial.

Los reactivos utilizados son :

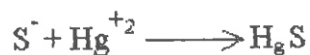
- Hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$ al 40%)
- Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2 al 50%)
- Sulfhidrato de Sodio (NaHS al 20%)
- Cloruro Férrico (FeCl_3 al 1%)
- $\text{Ca}(\text{ClO})_2$: Elimina al cianuro :



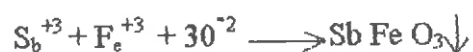
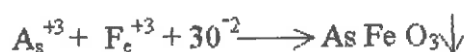
El H_2O_2 : Elimina el exceso de Hipoclorito :



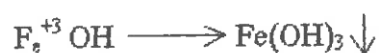
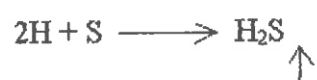
NaHS (los iones de azufre y mercurio forman sulfuro de mercurio) :



FeCl_3 : Para precipitar el arsénico y el antimonio



Las siguientes reacciones se presentan en forma secundaria :



El hidróxido férrico ayuda a que en su superficie se adhiera el sulfuro de mercurio, así como el As y Sb elementales para luego precipitar.

La planta de tratamiento esta diseñada para eliminar el cianuro residual y los metales pesados en solución, procedentes del tanque de solución pobre o de las pozas de almacenaje de solución de excedente.

El sistema de tratamiento incluye las bombas para transferir solución a la planta, los tanques reactores equipados con agitadores, los tanques para la preparación y almacenaje de los reactivos, la distribución y dosificación de los agentes químicos y las estaciones de muestreo necesarias para controlar el rendimiento del sistema.

La planta de tratamiento del agua permite tratar las soluciones que se originan de las siguientes fuentes:

- a) Solución pobre procedente de los filtros de precipitado. En este caso, deberá añadirse solución de las pozas de solución excedente al tanque de solución pobre, para mantenerse de acuerdo al diseño, los flujos necesarios para la lixiviación secundaria.
- b) Solución excedente de los pozos de solución de excedente. La decisión que prima sobre cual fuente tratar depende de la presencia de oro disuelto y la concentración del ión cianuro en estas soluciones. Para ello se utilizarán los siguientes criterios :
 - Si se encuentra con cierta cantidad de oro recuperable en las pozas de agua excedente, esta solución deberá ser utilizada solamente para completar el agua de proceso. El tratamiento de esta solución significaría la pérdida de oro.

- Si no se encuentra oro recuperable en las pozas de excedente esta solución deberá ser tratada como si tuviera una concentración de cianuro menor que la de la solución pobre.

7.4.2 ARRANQUE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Antes de arrancar la planta de tratamiento se abren las válvulas antes y después de las bombas, así como la llave de descarga del agua tratada.

Se coordina con el supervisor de turno para que envíen el flujo y empezar el tratamiento.

Una vez que llega la solución al tanque N° 1 se arranca las bombas de dosificación de $\text{Ca}(\text{OCI})_2$ (10 L/min) luego del rebose del primer tanque pasa a un segundo tanque en el cual se dosifica peróxido de hidrogeno (90 ml/min.), cuando este tanque este lleno y comience a desbordar, se toma la muestra manual de la solución en el punto indicado, sobre la línea de desborde para la determinación de la concentración de cianuro.

Cuando esta solución ingresa a un tercer tanque se empieza a dosificar, sulfhidrato de sodio (1,6 L/min) y cloruro férrico (0,5 L/min); se toma muestra de la solución desbordante según sea requerido para su control; este tanque es utilizado para la remoción de metales.

Se descargar la solución tratada en la planta de tratamiento, a las pozas de tratamiento N° 1 ó N° 2 para su almacenaje por 24 horas. Cuando una poza de tratamiento se llena, se deberá cambiar la descarga del agua de la planta de tratamiento y se verificará que ambas válvulas de drenaje estén cerradas.

Se muestrea el contenido de la poza de agua en tratamiento que esta llena, para obtener el contenido total de cianuro arsénico, fierro, cobre y pH, si estos valores están por debajo de los límites de descarga, se abren las válvulas de drenaje de la poza vertiendo el contenido al cause natural del agua; si estos valores están por encima de los límites de descarga, abrir la válvula de drenaje de la poza de agua en tratamiento y se descarga el contenido de la misma a la poza de solución es exceso para su reciclaje o retratamiento y regular adiciones de reactivos en la planta de tratamiento de agua del proceso para controlar los valores que estén excediendo los límites de descarga.

7.4.3 APAGADO DE LA PLANTA

En primer lugar se apaga las bombas de dosificación de reactivos, luego se coordina con el supervisor de turno para que no envíe flujo de solución a Barren, se cierran las válvulas de ingreso de solución así como de descarga.

7.4.4 PERSONAL

Este personal esta encargado de realizar y analizar las pruebas, hechas en forma minuciosa. Cuenta con un supervisor de laboratorio metalúrgico que esta al mando en esta área y es el responsable de la investigación. Una persona lixivia bacteriana, y 2 en la pruebas del Hopper clarificador.

7.5 LABORATORIO QUÍMICO

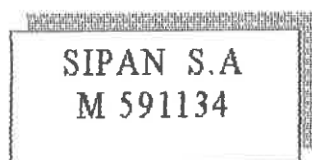
El laboratorio con que cuenta la compañía Minera Sipan, se encuentra actualmente operando con muy buenos resultados, tiene cuatro áreas bien definidas encargadas de diversas tareas, las cuales se describen a continuación :

7.5.1 AREA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS

En esta área se recepciona las muestras traídas por el departamento de Geología para que sean analizados por Au y Ag, de esta manera con los resultados obtenidos el departamento de Ingeniería elabora el planeamiento de extracción mediante polígonos.

Es decir grafica a través de polígonos las zonas que tienen buena ley y las zonas consideradas como desmonte, estas muestras también provienen del departamento de metalurgia; las muestras llegan húmedas con un peso que fluctúa entre 5,0 y 8,0 Kg., con granulometría variada y en bolsas porosas y codificadas.

Ejemplo:



Donde :

M = MINA.
59 = N° de Banco
1134 = Perforación

La única operación que se realiza en esta área es la de secado en un tiempo promedio de 2 a 3 horas dependiendo de la humedad, a la temperatura promedio de 200°C

La marca de las dos secadoras es DESPATCH que poseen un rango de trabajo de 0 - 400°C y son alimentados con unos carritos porta muestras de 1,2 m de altura aproximadamente.

7.5.2 AREA DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS

La finalidad es la de llevar la granulometría de las muestras ya secadas a rangos bastantes finos de 90% - malla 200 aproximadamente.

La primera operación se realiza a través de una chancadora primaria de quijada marca BICO que opera con un motor de 5 HP.

La segunda operación se realiza a través de una chancadora de rodillos marca Micro Switch que opera con un motor de 5 HP; el producto se cuartea de tal manera que se obtiene una muestra de 250 g aproximadamente.

La etapa final culmina en el pulverizado de las muestras, esto a través de una pulverizadora marca BICO

7.5.3 AREA DE FUNDICIÓN

Aquí se toma una muestra de 20 ó 30 g para ser fundida, se mezcla con el Rwx correspondiente, que generalmente tiene la siguiente composición :

Litargirio	Bórax
Carbonato de Sodio	Nitrato de Potasio
Harina	Nitrato de Plata
Sílice	

Esta muestra se vierte en crisoles e ingresa a hornos de fusión, de marca ASSAY tienen un rango de trabajo de 0 a 2050°F. Los hornos cuentan con una capacidad aproximada de 35 crisoles de 40 g o 24 crisoles de 50 g (Arcilla).

El producto fundido se vierte en lingoteras, dejando que se enfríen para proceder a la extracción del regulo.

Una vez extraído el regulo se le da forma cúbica para facilitar su manipuleo con la tenaza.

Este regulo es colocado en las copelas de magnesita N° 7 y reingresado a los hornos fusión; en estas copelas se absorbe todo el plomo, dejando sobre la superficie de la copela el doré o perla.

Este dore obtenido puede seguir los procedimientos para su análisis de Au y Ag :

- a) **Gravimetría.**- Consiste en atacar con HNO_3 al dore, la plata forma solución de AgNO_3 . Se pesa el precipitado remanente, el cual es el Oro.
- b) **Absorción Atómica.**- Aquí se ataca con agua regia y posteriormente se diluye con agua destilada para que la muestra este apta para ser leída por el equipo de absorción atómica.

7.5.4 AREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Esta área se encuentra muy bien equipada. Contando con un equipo Perkin Elmer, modelo Analyst 300, capaz de leer hasta 0,02 ppm de oro en solución este equipo viene integrado con un computador Pentium y un Software denominado AA Winlab, este Software muestra cuatro ventanas :

- a) **Ventana de Aire - Acetileno.**- Aquí muestra las condiciones de Aire y Acetileno.
- b) **Ventana de Parámetros.**- Aquí se ingresan algunos parámetros para que el equipo construya la curva de concentración.
- c) **Ventana de Gráfico.**- Muestra la gráfica de absorbencia VS concentración de Au.
- d) **Ventana de Reporte.**- Es aquí donde el equipo reporta los resultados en mg/L o ppm.

PERSONAL DE LABORATORIO

Este personal al mando de un Ingeniero Jefe de laboratorio, tiene un régimen de trabajo de 4 x 4, un sólo turno de 8:00 hasta las 20:00 horas contando con dos guardias de turno. Consta de 4 personas por guardia, uno dedicado a la preparación de muestras, otra a la fundición y 2 personas al análisis de las muestras.

Los trabajos que realizan :

- Preparación de muestras, con la codificación respectiva
- En la fundición, desde la preparación de la carga hasta la obtención de la perla, de ellos depende en gran parte los buenos resultados de los análisis.
- Análisis diario de las leyes de las descargas del Pad así como de las pozas.
- Preparación de Chiddey.
- Análisis por vía húmeda y seca.
- Análisis de Oro.
- Análisis de otros elementos : mercurio, cobre, etc
- Medición de fuerzas de Cianuro y pH

VIII ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA

La Compañía Minera Sipan es una empresa de derecho privado dedicada a las actividades de Extracción, Producción, Transporte y Acondicionamiento de minerales con la finalidad de obtener oro como producto principal, utilizando como proceso, la lixiviación en pilas para la Extracción y el proceso de Merrill Crowe para la precipitación.

8.1 ACTIVIDADES COTIDIANAS

Las actividades que realizó en forma cotidiana, están de Supervisar el proceso productivo en la precipitación del oro y la plata como doré; controlar los parámetros del proceso, es decir control de flujo de la solución Rica, para cumplir con la producción diaria programada, control de la operación de clarificación y desoxigenación de la solución, preparación de soluciones requeridas para el proceso, tales como solución de hidróxido de sodio, cal, cianuro, Precoat, Body Feed, así como sus respectivas dosificaciones, incluyendo la dosificación de Zinc como precipitante; así mismo, la supervisión de los resultados obtenidos.

También coordinar con las diferentes áreas, para que se lleven a cabo las actividades diarias programadas, es decir cumplir con la producción deseada, coordinada con el laboratorio químico para las lecturas de las muestras que se toman tanto de solución Rica, solución Barren y solución intermedia. Supervisar las labores de almacén, para el retiro de reactivos, como también de Implementos.

Control en la preparación de los reactivos a utilizar diariamente. Con el supervisor del Pad para la coordinación operativa respectiva y también con la jefatura de planta para cualquier requerimiento de operación.

8.2 APORTES EN BENEFICIO DE LA EMPRESA

Los aportes realizados en beneficio de la empresa, son mayormente relacionados a la producción, es decir, en la optimización para una buena recuperación y rendimiento; para ello requerimos un buen control del proceso, reducción adecuada de los reactivos sin perjudicar el proceso, tomar decisiones inmediatas de acuerdo a las circunstancias que se den.

En la actualidad la Compañía se encuentra a un paso de certificar en la norma ISO 14001 para lo que esta implementado un sistema de gestión ambiental, comprometiéndose en forma general a :

- a) Preservar y proteger el medio ambiente
- b) Cumplir con las leyes y la regulación asociada vigente relacionado con el medio ambiente.
- c) Capacitar , entrenar y sensibilizar al personal en medio ambiente.
- d) Usar eficientemente los recursos y gestión sostenible de los residuos.

Compromisos que están cumpliendo, en beneficio de la comunidad, la empresa y sobre todo en beneficio personal.

IX EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La compañía Minera Sipán experimenta en Diciembre de 1998 una ampliación de sus instalaciones, equipando con dos bombas intermedias, (de 150 HP de potencia) bombas "C" y "D", (se contaba con dos bombas intermedias "A" y "B") para poder lixiviar el nuevo Pad (Pad Nº 2 de 130 000 m² aproximadamente), el cual está dividido por cuatro sectores o celdas numeradas en orden correlativo del Nº 6 al Nº 9, instalando para las cargas tuberías de 30 cm de diámetro, corrugadas hacia las respectivas pozas de operación e intermedia. Se incrementa también el personal en dicha área para facilitar su operación.

La planta de procesos, experimenta un cambio en su operación, los equipos trabajan a su máxima capacidad, no existiendo ningún equipo de Stand By, el consumo de insumos aumenta, se mantiene el mismo número de personal en planta (se cuenta con cuatro guardias, dos personas por guardia, Supervisor y Electricista, trabajando turnos de 4 x 4).

En la refinería se varía el Programa de Operación, se incrementa 1 personal a seis personas, tres por guardia, trabajando turnos de 4 x 4 cada una de ellas. También se experimenta un incremento en el consumo de reactivos.

El programa de mantenimiento de los equipos se varía, incidiéndose en un mantenimiento preventivo, se da prioridad a los equipos principales y los que generan cuello de botella en la producción (bomba de vacío).

Para la producción se han tomado los meses de Julio de 1998 (antes de la ampliación) y Julio de 1999 (después de la ampliación) a manera de comparación, los que permitirán reflejar los cambios en operación y producción.

9.1 OPERACIÓN EN PAD (JULIO 198)

CUADRO N° 7

DESCRIPCION	MES DE JULIO
Mineral puesto en PAD (Ton)	262611,00
Oro puesto en PAD (Onz)	29019,049

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

Ley de mineral	:	3,437 g/TM
Area de regadio	:	60 339 m ²
Flujo de regadio	:	11,4 L/ h m ²

CUADRO N° 8

CELDA	LIFT	SOLUCION DE REGADIO
N° 1	N° 3	Solución Barren
N° 2	N° 4	Solución intermedia
N° 3	N° 4	Solución intermedia
N° 4	N° 4	Solución intermedia
N° 5	N° 4	Solución intermedia

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

CUADRO N° 9

	FLUJO	FUERZA	pH
Solución Barren	200 m ³ /h	50 ppm	10,5
Solución intermedia	290 m ³ /h	30 ppm	10,0
Consumo de cal	252,07 TM		
Relación cal mineral	0,96 Kg/TM		
Recuperación en el PAD	62,96%		

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

CUADRO N° 10

DESCRIPCION	POZAS			
	RICA	INTERMEDIA	EXCESOS	TOTAL
Volumen (m ³)	2 700	4200	107 000	113,900
Ley (g/m ³)	3,270	1,550	0,140	0,319
Onzas de oro	283,858	209,30	481,62	---

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

9.1.1 MERRIL CROWE (Operación)

El tratamiento de solución Rica, fue de 206 m³/h, la ley promedio de solución de tratamiento es de 3,067 g/m³, turbidez de entrada de 0,6 NTU, turbidez luego de sistema de clarificación 0,12 NTU, oxígeno disuelto 0,20 ppm, pH = 8,6, fuerza de cianuro 5 ppm.

CUADRO N° 11

CONSUMO DE REACTIVOS

REACTIVOS	CONSUMO JULIO	ACUMULADO A LA FECHA
Cianuro de sodio	11,00 TM	83,00 TM
Cal	252,07 TM	1 278,47 TM
Hidróxido de sodio	550,00 Kg	21 925,00 TM
Diatomita	3 778,00 Kg	58 710,00 TM
Polvo de zinc	2 160,00 Kg	20 262,00 Kg
Nalco	345,00 Kg	2 002,00 Kg
Floculante A - 110	0,00 Kg	50,00 Kg

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

9.1.2 BALANCE METALURGICO

Tratamiento de solución Rica (mes)	148 832,00 m ³
Tratamiento de solución Rica (h)	206,00 m ³
Ley promedia de solución Rica	3,067 g/m ³
Ley promedio de solución Barren	0,022 g/m ³
Reducción de oro teórico	14 570,257 onzas
Reducción de oro fisico	14 985,149 onzas
Eficiencia del Merrill Crowe	99,28%

9.1.3 FILTRO PRENSA

El precipitado atrapado en los filtros prensa fue de 1,914 Kg, producto de tres cosechas, cuya ley promedio fue de 27,68% de oro, 3,61% de plata, con una producción diaria de 485,67 onzas de oro/día.

9.1.4 REFINERIA

- a) Producción física de oro del mes y acumulado

CUADRO N° 12

FUNDICIÓN BARRAS	FECHA	PESO DORE (Kg)	LEY Au %	PESO ORO Fino (Kg)
1	06/07/98	197,723	81,44	161,026
2	20/07/98	225,428	86,46	194,905
3	26/07/98	122,332	90,05	110,160
Total mes de Julio		545,483	85,44	466,060
Acumulado		5518,350	71,32	3935,687

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

b) Consumo de reactivos

CUADRO N° 13

REACTIVOS	MES DE JULIO		A LA FECHA	
	Kg	Ratio	Kg	Ratio
Borax	815	0,43	5381	0,44
Nitrato de potasio	223	0,12	1606	0,13

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

El ratio es con respecto al precipitado y es :

$$\frac{\text{Kg de reactivo}}{\text{Kg de precipitado}}$$

9.2 OPERACIÓN DE PAD (JULIO 1999)

CUADRO N° 14

DESCRIPCION	MES DE JULIO
Mineral puesto en PAD (Ton)	317 907,80
Oro puesto en PAD (Onz)	23 436,67

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

Ley mineral : 2,293 g/TM

Flujo de riego : 32694,0 m²

Flujo de regado : 6,12 L/h m²

CUADRO N° 15

CELDA	LIFT	SOLUCION DE REGADIO
N° 1	N° 5	Solución Barren
N° 2	N° 5	Solución Barren
N° 3	N° 5	Solución Barren
N° 4	N° 5	Solución Barren
N° 5	N° 5	Solución Barren
N° 6	N° 3	Solución intermedia
N° 7	N° 3	Solución intermedia
N° 8	N° 2	Solución intermedia
N° 9	N° 2	Solución intermedia

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

CUADRO N° 16

	FLUJO	FUERZA	pH
Solución Barren	262,5 m ³ /h	50 ppm	9,5
Solución intermedia	456,24 m ³ /h	70 ppm	9,5
Consumo de cal	325,01 TM		
Relación cal/mineral	1,02 Kg/TM		
Recuperación en el PAD	70%		

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

CUADRO N° 17

DESCRIPCION	POZAS			TOTAL
	RICA	INTERMEDIA	EXCESOS	
Volumen (m ³)	5411,53	9492,00	114605,57	129 509,1
Ley (g/m ³)	2,760	0,82	----	----
Onzas de oro	480,197	250,24	----	----

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

Se mantiene intermedia las cuatro bombas intermedias

9.2.1 MERRIL CROWE (Operación)

El tratamiento de solución Rica, fue de 288,140 m³/h, la ley promedio de solución de tratamiento es de 2,773 g/m³, turbidez de entrada de 4,26 NTU, turbidez luego de sistema de clarificación 1,17 NTU, oxígeno disuelto 0,08 ppm, pH = 8,6, fuerza de cianuro 20 ppm.

CUADRO N° 18

CONSUMO DE REACTIVOS

REACTIVOS	CONSUMO JULIO	ACUMULADO A LA FECHA
Cianuro de sodio	27,00 TM	278,00 TM
Cal	325,0 TM	4 660,27 TM
Hidróxido de sodio	2 050,0 Kg	40 275,00 TM
Diatomita	13 846,85 Kg	212 113,70 TM
Polvo de zinc	1 297,32 Kg	34 708,89 Kg
Nalco	2 350,00 Kg	16 272,90 Kg
Floculante A - 110	0,00 Kg	100,00 Kg

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

9.2.2 BALANCE METALURGICO

Tratamiento de solución Rica (mes)	207 461,00 m ³
Tratamiento de solución Rica (h)	288 140,0 m ³
Ley promedia de solución Rica	2,773 g/m ³
Ley promedio de solución Barren	0,069 g/m ³
Reducción de oro teórico	17 159,199 onzas
Reducción de oro físico	18 027,935 onzas
Eficiencia del Merrill Crowe	97,51%
Producción de plata teórica	3 186,426 onzas

9.2.3 FILTRO PRENSA

El precipitado atrapado en los filtros prensa fue de 1785,588 Kg, producto de tres cosechas, cuya ley promedio fue de 20,76% de oro, 3,44% de plata, 5,55% de cobre, con una producción diaria de oro de : $600,931 = \frac{\text{Onzas}}{\text{día}}$

9.2.4 REFINERIA

Producción física de oro del mes y acumulado

CUADRO N° 19

FUNDICIÓN BARRAS	FECHA	PESO DORE (Kg)	LEY Au %	PESO ORO Fino (Kg)
1	04/07/99	225,886	76,26	172,26
2	18/07/99	379,667	77,68	294,93
3	23/07/99	318,616	76,73	244,47
Total mes de Julio		924,169	77,01	711,66
Acumulado		13 515,287	79,52	10 748,01

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

CUADRO N° 20

REACTIVOS	MES DE JULIO		A LA FECHA	
	Kg	Ratio	Kg	Ratio
Borax	1221	0,38	14,352	0,36
Nitrato de potasio	305	0,09	3,994	0,10

Fuente : Datos de archivo Compañía Minera Sipán

El ratio es con respecto al precipitado y es :

$$\frac{\text{Kg de reactivo}}{\text{Kg de precipitado}}$$

X CONCLUSIONES

- 1) El control de la extracción de oro en el PAD esta bien llevado, Organizado por Areas o secciones y lixiviado con distintos ratios. Es decir el criterio es el siguiente : Mineral nuevo, es regado con solución intermedia, con dispositivos de goteo y ratio alto (15 L/h m^2) sólo al inicio para mejorar el mineral. El mineral ya lixiviado, con baja ley de descarga es regado con aspersores utilizando solución barren y ratio alto (16 L/h m^2).
- 2) El oxígeno es importante para que exista la lixiviación es por eso que el mineral lixiviado, por cierto tiempo, se deja de regar, para que este se oxigene en su interior. Pasado unos días o puede ser semanas, se empieza a regar nuevamente.
- 3) La buena distribución de los dispositivos de goteo (mangueras), es muy importante para un riego uniforme, lo mismo sucede con los flujos de las descargas que son medidas cada seis horas (6:00 am, 12:00 pm y 6:00 pm) para controlar la extracción diaria por celda y mantener los niveles de las pozas.
- 4) En la precipitación, la presencia de oxígeno en el sistema afecta adversamente el proceso de varias formas : la velocidad de reaccionar varía inversamente con la presión parcial del oxígeno, hay tendencia que el metal precipitado se disuelva debido a la presencia de oxígeno y CN^- . Se han propuesto otros mecanismos para reacciones laterales de zinc, de tal manera que la presencia de oxígeno incrementa el consumo de Zinc.

- 5) La cementación con zinc también es sensitiva a la cal libre y al cianuro libre en la solución. El pH óptimo de trabajo varia entre 9 y 11,5 a muy baja concentración de CN^- , la precipitación es de poca magnitud, por que el CN^- libre es esencial para disolución anódica de zinc y para disolver hidratos de zinc, formados sobre la superficie.
- 6) La concentración de cianuro libre, depende de la cantidad de zinc agregado de tal manera que para menor Ag se necesita mayor cantidad de zinc y cianuro libre que para una mezcla de oro, esto es debido a su potencial electroquímico.
- 7) En las soluciones de oro pueden existir significativas interferencias originadas por materiales bases, presentes en la solución rica proveniente de la lixiviación que puede dar lugar a un bullión de baja ley.
- 8) La operación a Julio 1999 varia notoriamente porque se cuenta con nueve celdas de control, regando el PAD Nº 2 con solución intermedia (celda Nº 6 a celda Nº 9), el PAD Nº 1 se sigue regando con solución Barren (celda Nº 1 a celda Nº 5) utilizando para ello las cuatro bombas intermedias. A Julio de 1998 el regadio con solución Barren, sólo se utilizaba para la celda Nº 1, las cuatro celdas restantes se lixivaban con solución intermedia, utilizándose para ello sólo dos bombas intermedias "A" y "B".
- 9) El consumo de cal se incrementó de 252,07 TM a 325,01 TM debido al aumento de acidez en el mineral; la recuperación se elevó de 62,96% en el 98 a 70% en el 99, esto se debe a la adición de la fuerza de cianuro en la solución intermedia de 30 ppm a 70 ppm.

- 10) Se observa un incremento de finos en la solución de ingreso (0,6 á 4,26) 98 - 99 para ello se utiliza cal como aglomerante en la poza de operaciones, aún así la operación en planta se incrementa en lavadas de filtros clarificadores, utilizando para ello 10 TM aproximadamente de diatomita, más que la utilizada en Julio del 98.
- 11) El tipo de tratamiento se incrementa en $58,622 \text{ m}^3$, pero la eficiencia de Merrill Crowe descende en 1,77% debido a los problemas que se presentan en planta de operaciones por diversas alteraciones que sufre el proceso, por el incremento de producción (72% de incremento de su capacidad normal). La planta de procesos está diseñada para tratar $167 \text{ m}^3/\text{h}$, con un margen de 25%
- 12) La calidad del precipitado es baja (77,01% de oro en el 99) la ley de oro en el 98 fue de 85,44%, esto se debe a trabajar en operación con el by pass, para incrementar la producción, pero generará el ingreso de sólidos en suspensión de la solución rica directamente a la torre del vacío y luego a los filtros prensa, generando mayor consumo de precipitante (zinc metálico) para precipitar los sólidos.
- 13) La saturación de los filtros prensa será el resultado por los finos que ingresaron, provocando cosechas no programadas y un incremento de reactivos para su fundición.
- 14) El mineral puesto en el PAD se incrementa de 8753,7 TM/día en 1998 a 10 596,9 TM/día en 1999, variando hasta 16 000 TM/día.
- 15) La producción diaria de oro se incrementa de 15,55 Kg. en 198 a 23,72 Kg. en 1999, es decir, aumenta en un 52,54%, justificándose la inversión realizada para la ampliación.

XI RECOMENDACIONES

- 1) En el PAD de lixiviación, el purgado de las mangueras debe ser a diario, para evitar que se tapen los orificios y no permitan un riego uniforme.
- 2) El personal que labora en esta área y realiza esta tarea debe estar bien protegido con sus respectivos artículos de protección personal, para así evitar el contacto directo con el cianuro, se debe tener muy en cuenta el tiempo a que están expuestos, de manera que la rotación es la más recomendable.
- 3) Coordinar los trabajos que se puedan realizar, para así evitar posibles problemas en el área de planta.
- 4) El control de los parámetros deben realizarse de manera permanente, para así optimizar el proceso, tanto en la lixiviación como en la precipitación.
- 5) El control de dosificación de reactivos en la cementación optimizará también nuestro proceso, es decir menor consumo de reactivos implica, menor costo y mayor rendimiento en todo el proceso metalúrgico.
- 6) Coordinar con el área de mantenimiento eléctrico y mecánico cualquier operación que se pueda realizar en planta de procesos para evitar posible problemas, como paredes de planta que significara una interrupción en el proceso, dejar de dosificar reactivos por una bomba en mal estado; dejar de agitar soluciones, por un agitador fuera de operación, etc.

- 7) Coordinar con el Area de Refinería cualquier operación a realizar, como aumento de flujo de tratamiento, desviación de solución barren hacia la planta de tratamiento o así como también el precoteo del filtro prensa.

XII BIBLIOGRAFIA

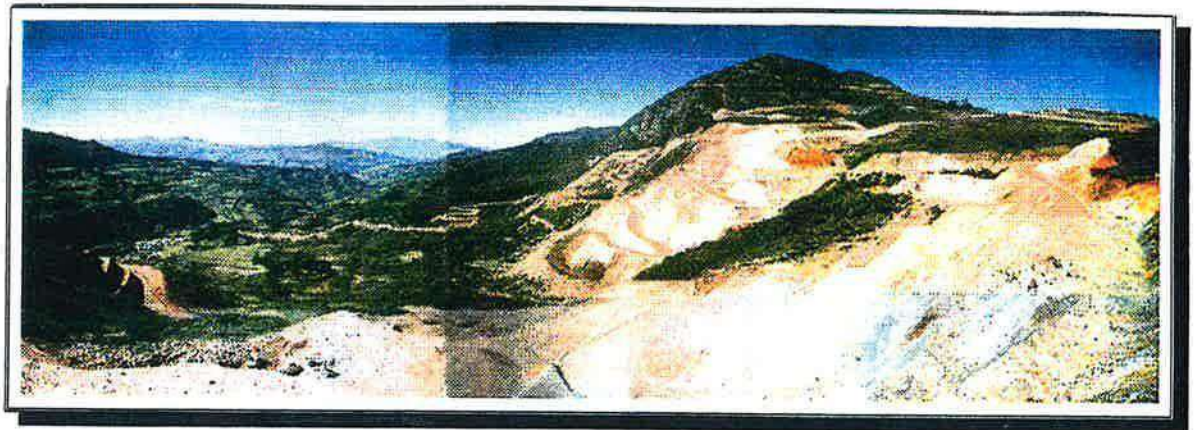
- 1) ING° VENANCIO ASTUCURI "PRINCIPIOS DE HIDROMETALURGICOS"
- 2) ING° CARLOS AVENDAÑO VARAS "ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LIXIVIACIÓN EN PILAS, ELEMENTOS PRÁCTICOS, QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA EL ÉXITO DE UNA FAENA"
ING° ADEMIR RAMIREZ GONZÁLES
- 3) CEPECT "GEOLOGÍA - MINERÍA, METALURGIA DEL ORO"
CÍRCULOS DE ESTUDIOS Y PROMOCIÓN EN CIENCIAS DE LA TIERRA
- 4) CENTRO DE INVESTIGACIÓN "EVACUACIÓN DE UNA MUESTRA MINERAL MINERO METALÚRGICA CIMM DE PLATA"
INFORME
- 5) COMPAÑIA MINERA SIPAN "MANUALES DE OPERACIÓN, PLANOS, CUADROS, GRÁFICOS, FLOWSHEET"
- 6) ING° REYNALDO MEDOZA "SEMINARIO DE LIXIVIACIÓN DE PILAS"
VIII CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA QUÍMICA
- 7) FIDEL SERGIO MISARI CH "METALURGIA DEL ORO"
- 8) CESAR TAVARA NOLASCO "INFORME DE PRÁCTICAS PRE - PROFESIONALES"
- 9) GUILLERMO TORRES TORRES "INFORME DE PRÁCTICAS PRE - PROFESIONALES"
- 10) ING° JUAN VARGAS GALLARDO "METALURGIA DEL ORO Y LA PLATA"
SEGUNDA EDICIÓN
- 11) ING. JOHN WELLS "CONSIDERACIONES IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE LAS PLANTAS DE LIXIVIACIÓN DE MINERALES DE COBRE.

Revista "MINERIA"

ANEXO

- A1** VISTA PANORAMICA DE LA MINA SIPAN Y DE LOS TAJOS
- A2** VISTA PANORAMICA DE LOS DOS TAJOS ABIERTOS
- A3** VISTA EXTERIOR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO : TANQUES CLARIFICADORES DEL PROCESO "MERRIL CROWE" Y VISTA PANORAMICA DEL CAMPAMENTO
- A4** VISTA EXTERIOR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
- A5** VISTA PANORAMICA DE LOS PADS DE LIXIVIACION; POZAS DE SOLUCION RICA E INTERMEDIA Y POZA DE EXCEDENTES
- A6** COLADA DE BARRAS DE DORE
- A7** ACARREO DEL MINERAL
- A8** DISTRIBUCION DE CELDAS
- A9** PILA DE LIXIVIACION
- A10** RED DE TUBERIAS..
- A11** MANGUERAS
- A12** RAICERS
- A13** VISTAS DE CAJA DE RECOLECCION DE SOLUCION
- A14** POZAS DE RECOLECCION DE SOLUCIONES
- A15** AREA DE PLANTA Y REFINERIA
- A16** AREA DE PREPARACION DE SOLUCIONES
- A17** AREA DE CLARIFICACION
- A18** FILTRO CLARIFICADOR
- A19** PANEL DE CLARIFICACION
- A20** DIATOMITA
- A21** INSTRUCCION DE TRABAJO PARA LAVADO DE FILTROS
- A22** TORRE DE VACIO
- A23** BOMBA DE VACIO
- A24** AREA DE PRECIPITACION
- A25** AREA DE REFINERIA
- A26** FILTRO PRENSA
- A27** PANEL DEL FILTRO PRENSA .
- A28** RETORTAS
- A29** REFINERIA
- A30** POLITICA AMBIENTAL
- A31** ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS
- A32** CUADRO DE OBJETIVOS Y METAS
- A33** INSTRUCCION DE TRABAJO: POLVO DE ZINC
- A34** INSTRUCCION DE TRABAJO: PREPARACION DE CIANURO
- A35** EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL
- A36** POLITICA DE SEGURIDAD

ANEXO A1

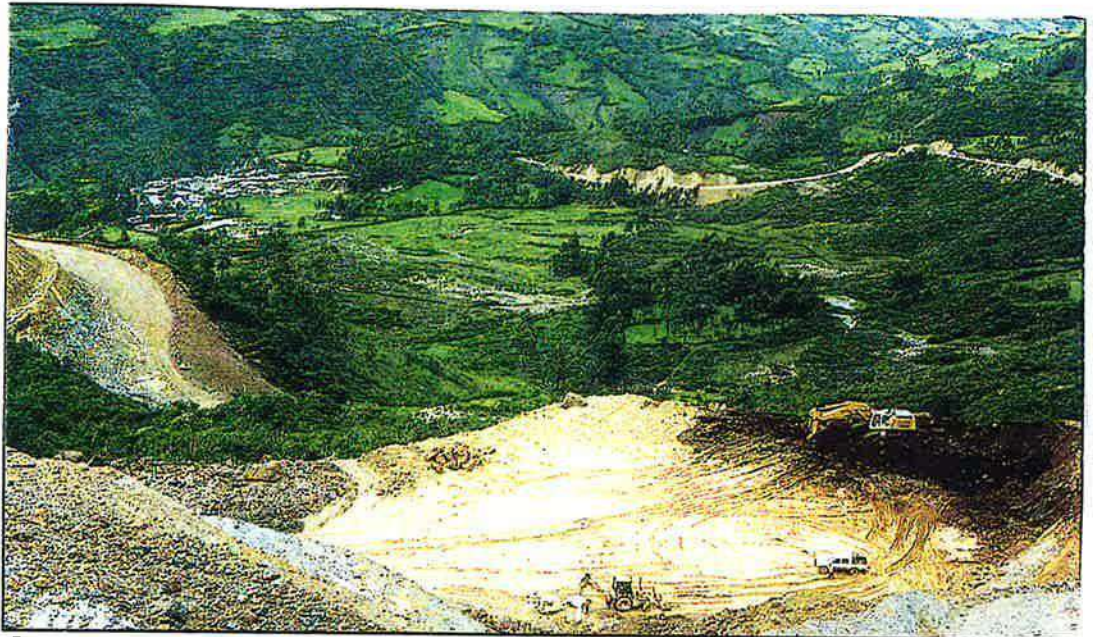


Mina sipan : tajo Minas , tajo Ojos y Cerro Chicche.



Vista panoramica del tajo Minas y del Cerro Chicche.

ANEXO A2



En primer plano, explotación del cerro Ojos, uno de los dos tajos de Sipán. Al fondo, el campamento de Pampa Cuyoc



Bajo un típico cielo de niebla veraniega, el tajo abierto Cerro Minas que contiene las leyes más altas de Sipán

ANEXO A3



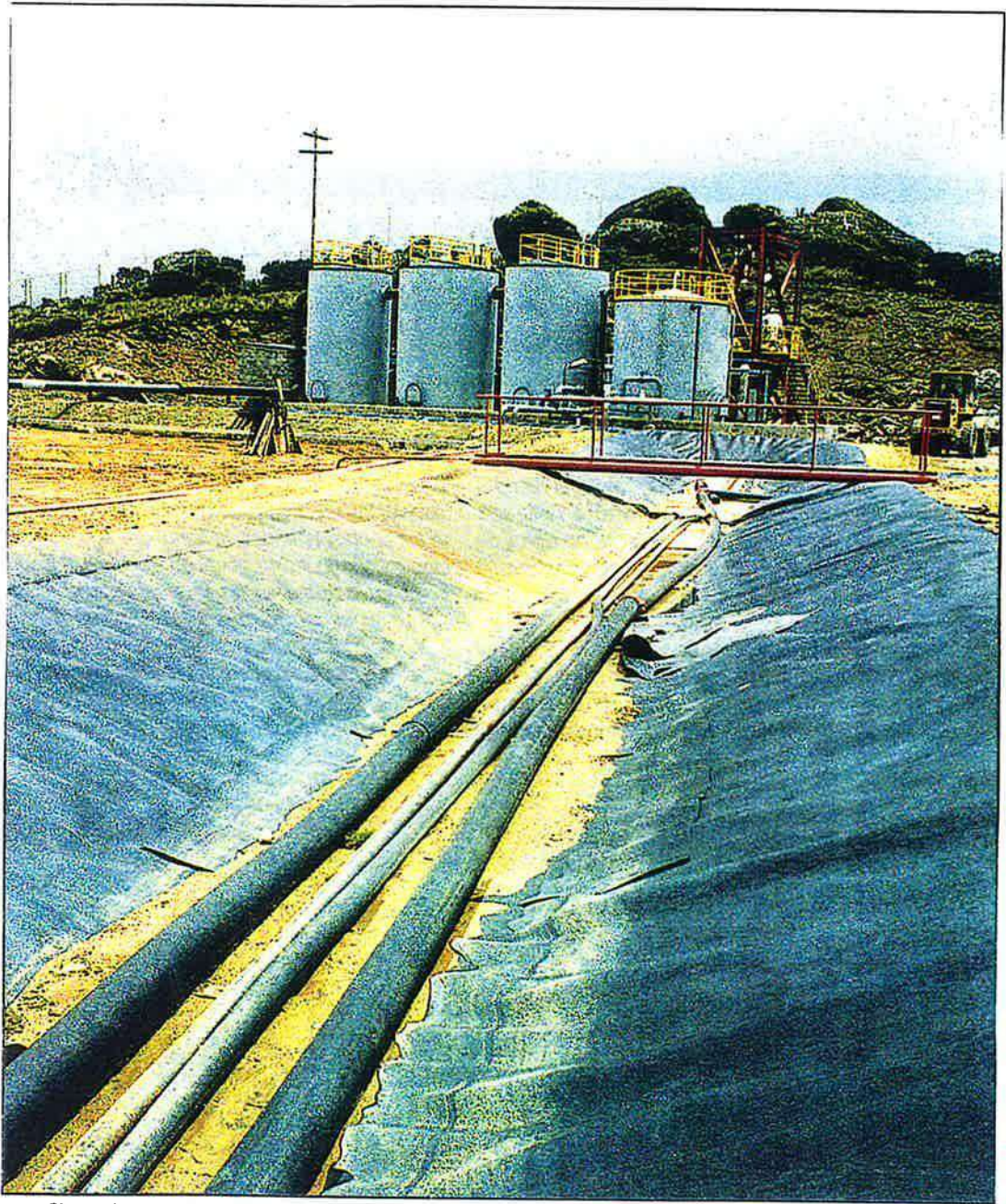
Vista exterior de la planta de tratamiento en Sipán. Admite un flujo de 500 metros cúbicos de solución rica por hora



Tanques clarificadores, parte del proceso «Merril Crowe» en el circuito de obtención del oro



ANEXO A4



Planta de tratamiento de aguas utilizadas en el proceso de recuperación del oro: 300 metros cúbicos/hora



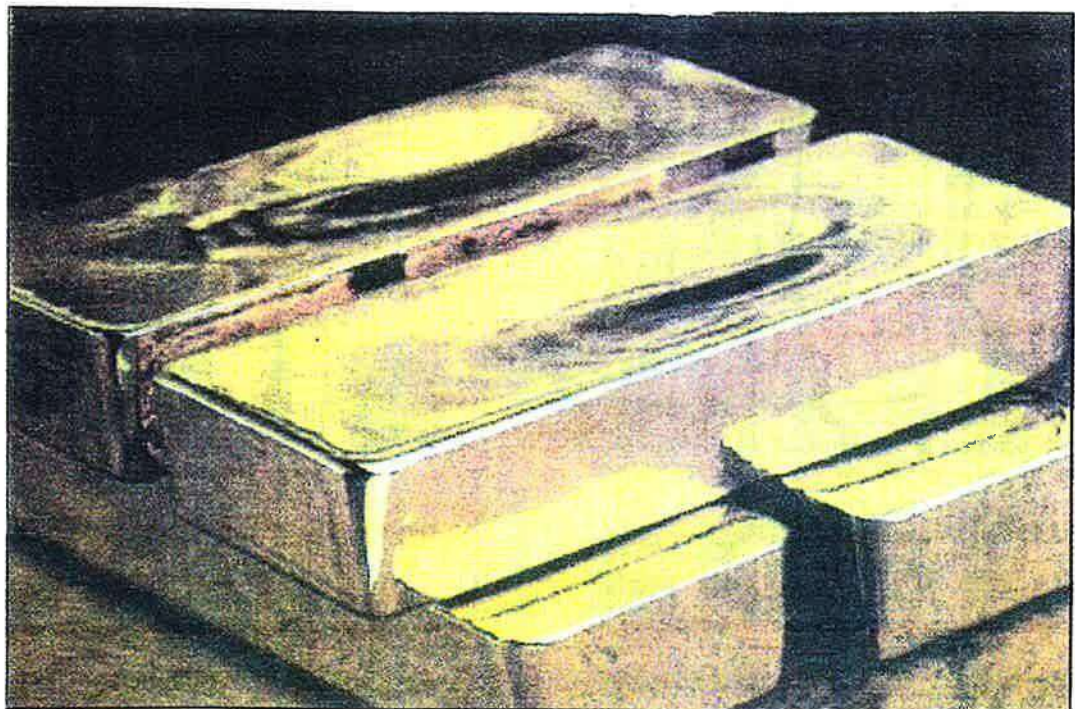
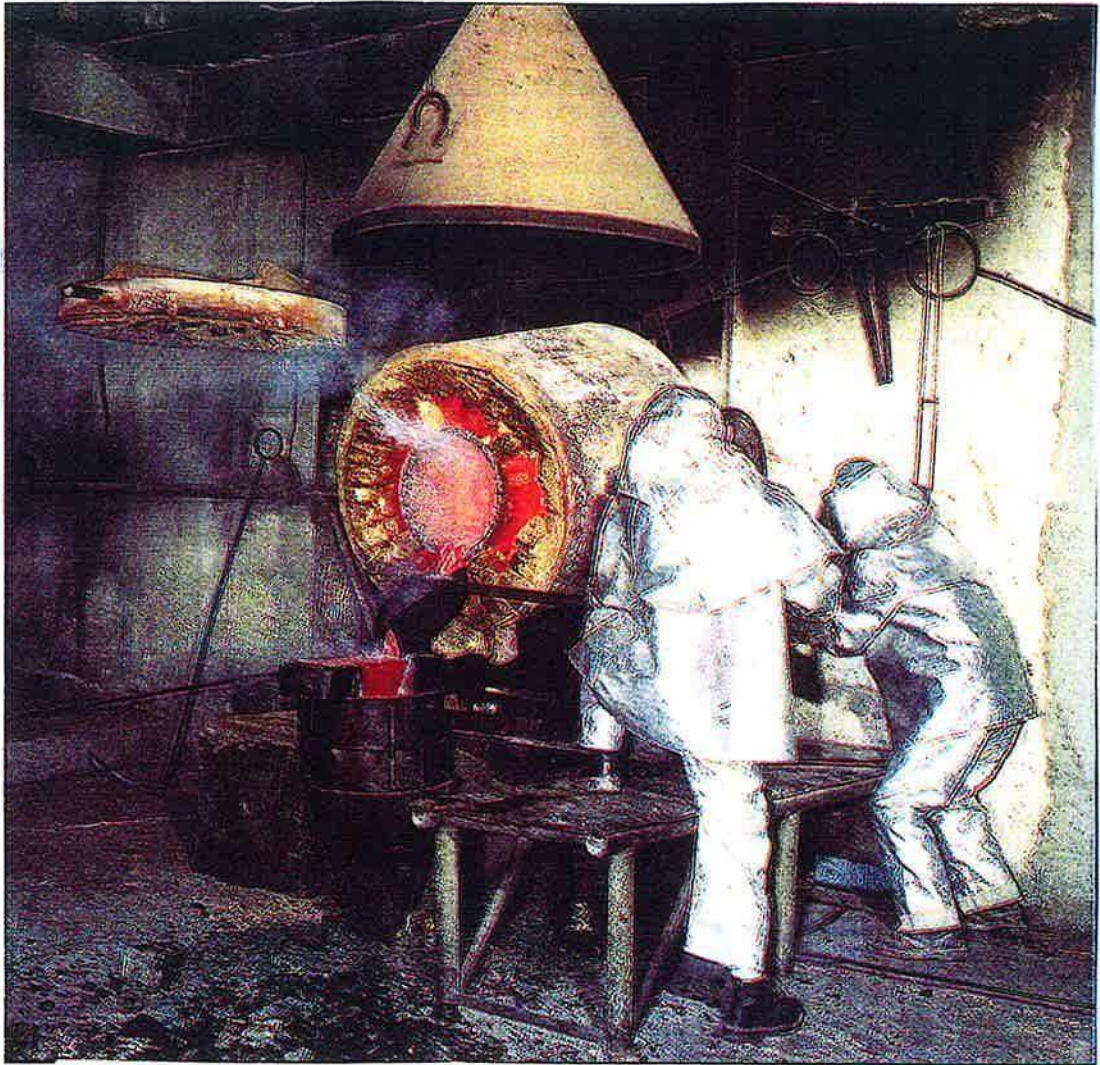
Los flamantes «pads» de lixiviación que comenzaron a producir en 1997. La roca es similar a la de Yanacocha



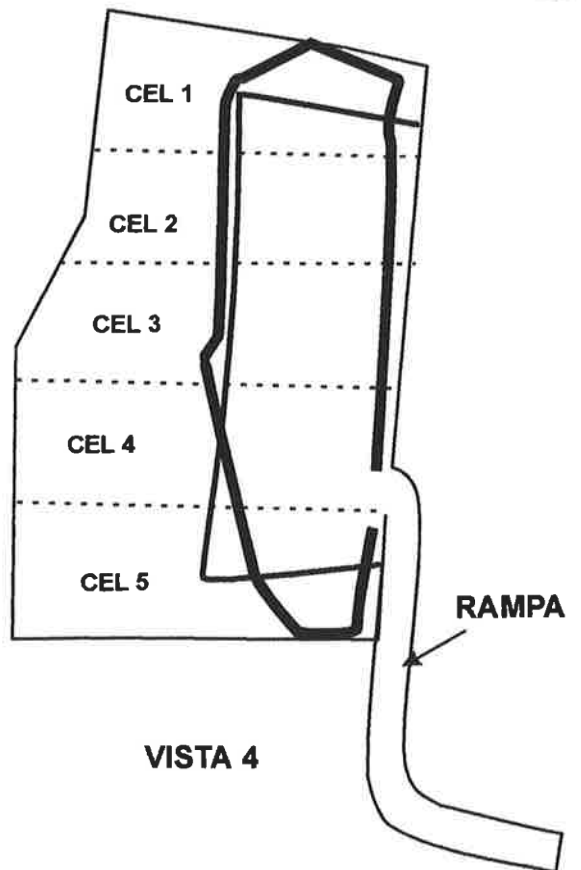
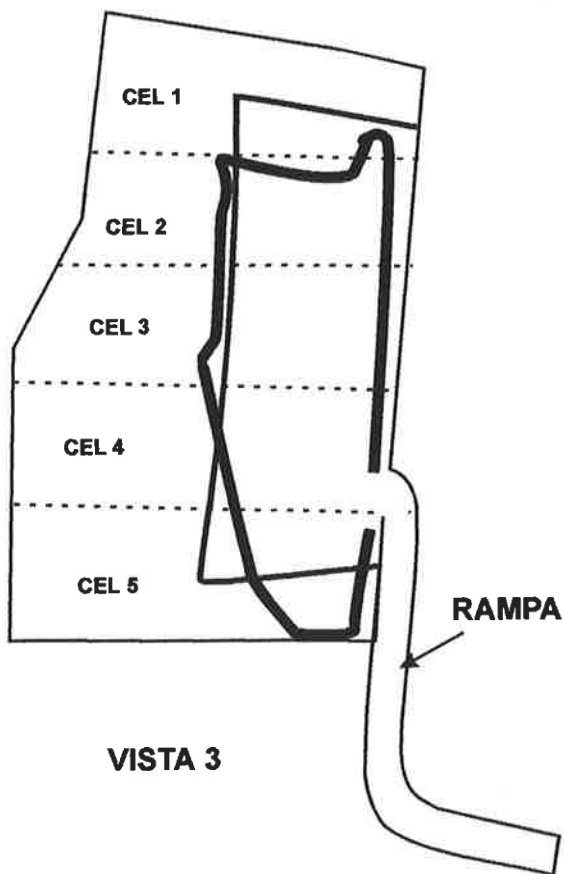
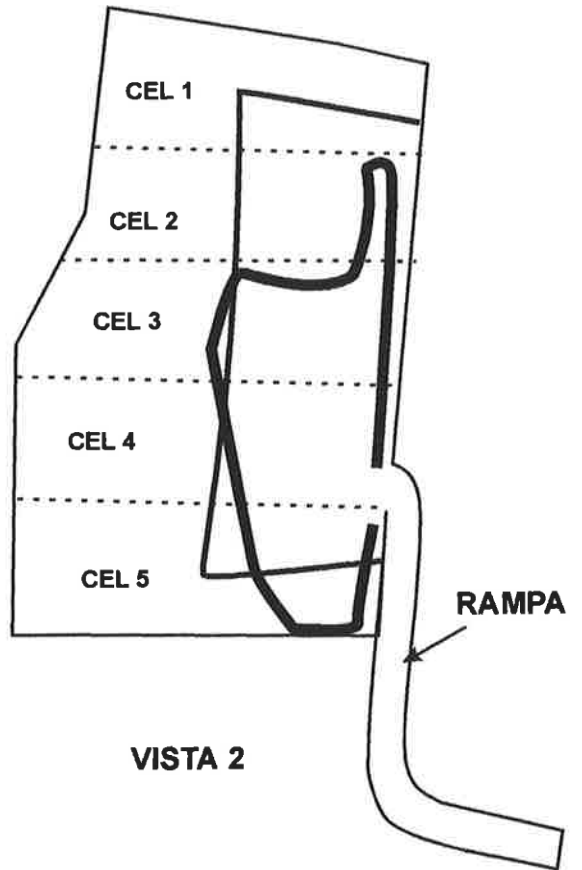
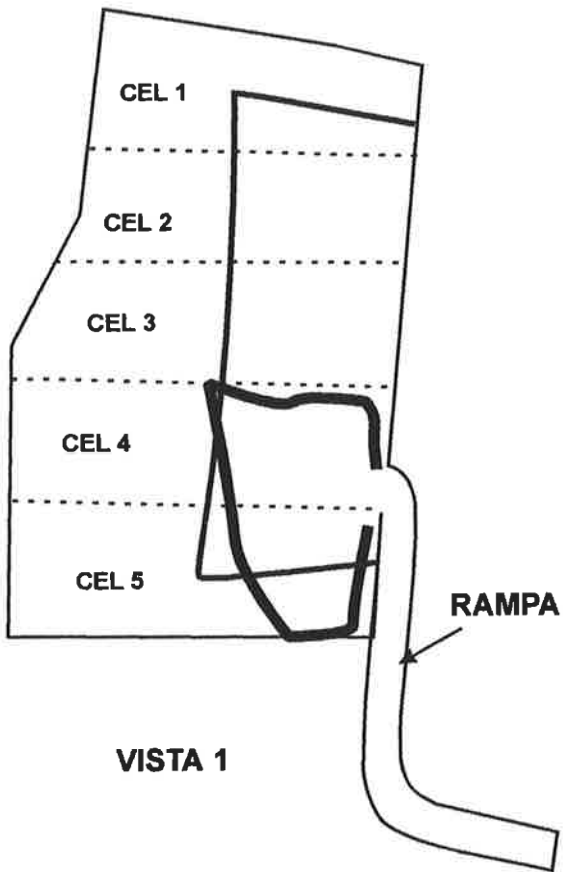
Pozas de solución rica e intermedia, con promedios de 4.5 gramos de oro por metro cúbico. Al fondo, poza de excedentes



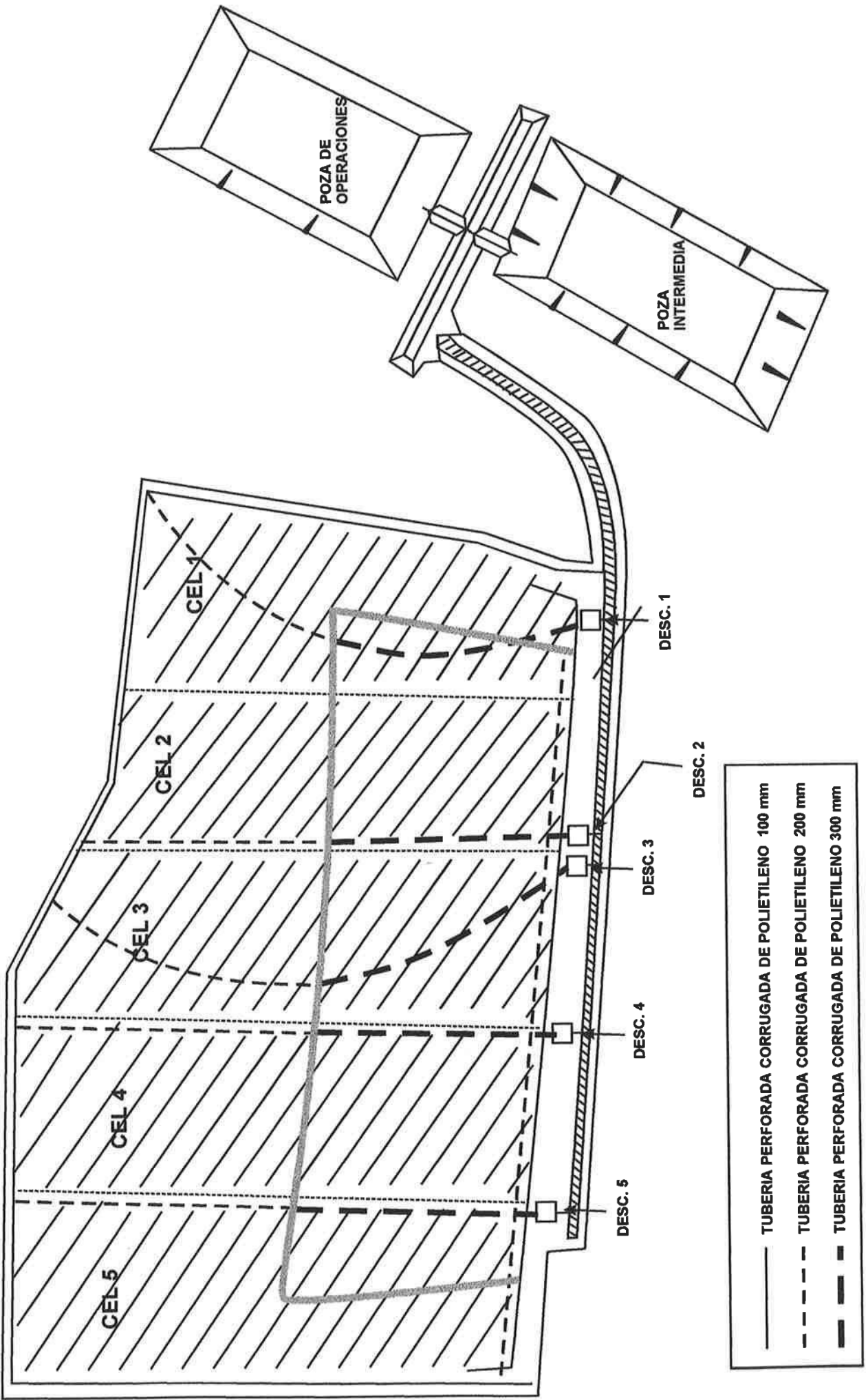
Poza de excedentes prevista para emergencias y protegida por geomembrana de alta densidad, con 1.5 milímetros de espesor



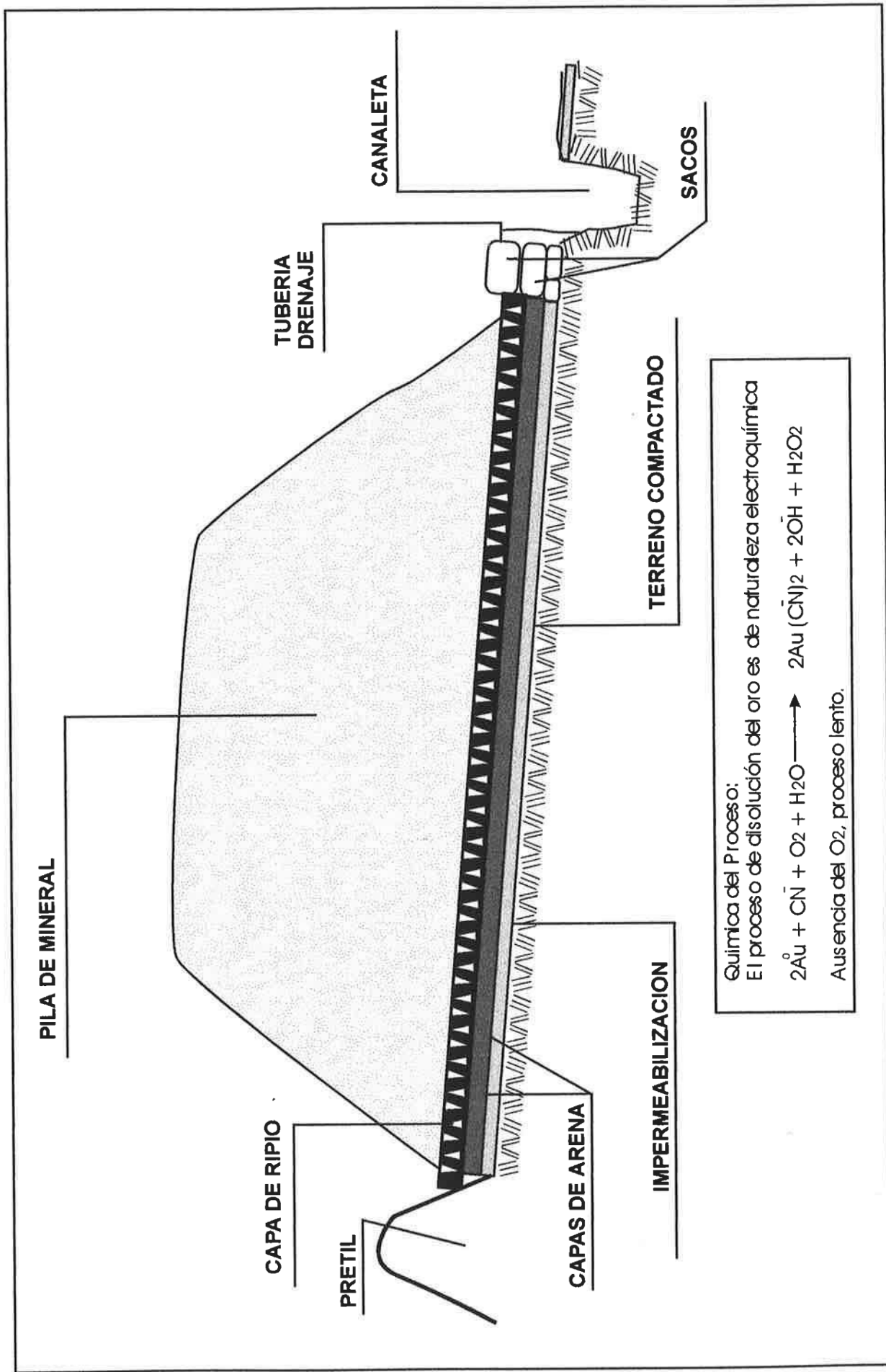
ACARREO DEL MINERAL



DISTRIBUCION DE CELDAS



PILA DE LIXIVIACION



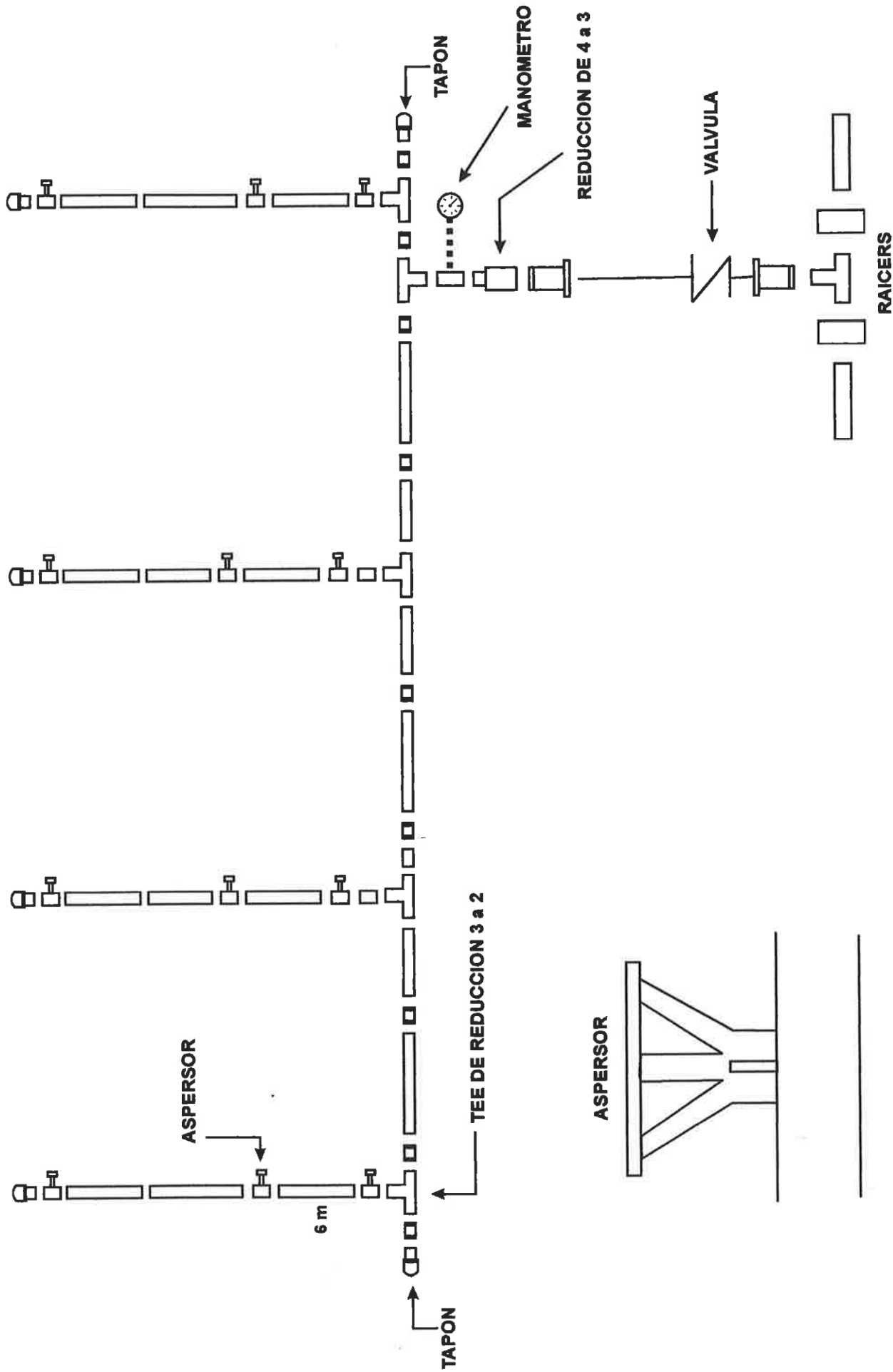
Química del Proceso:
 El proceso de disolución del oro es de naturaleza electroquímica

$$2Au + CN^- + O_2 + H_2O \longrightarrow 2Au(CN)_2^- + 2OH^- + H_2O_2$$

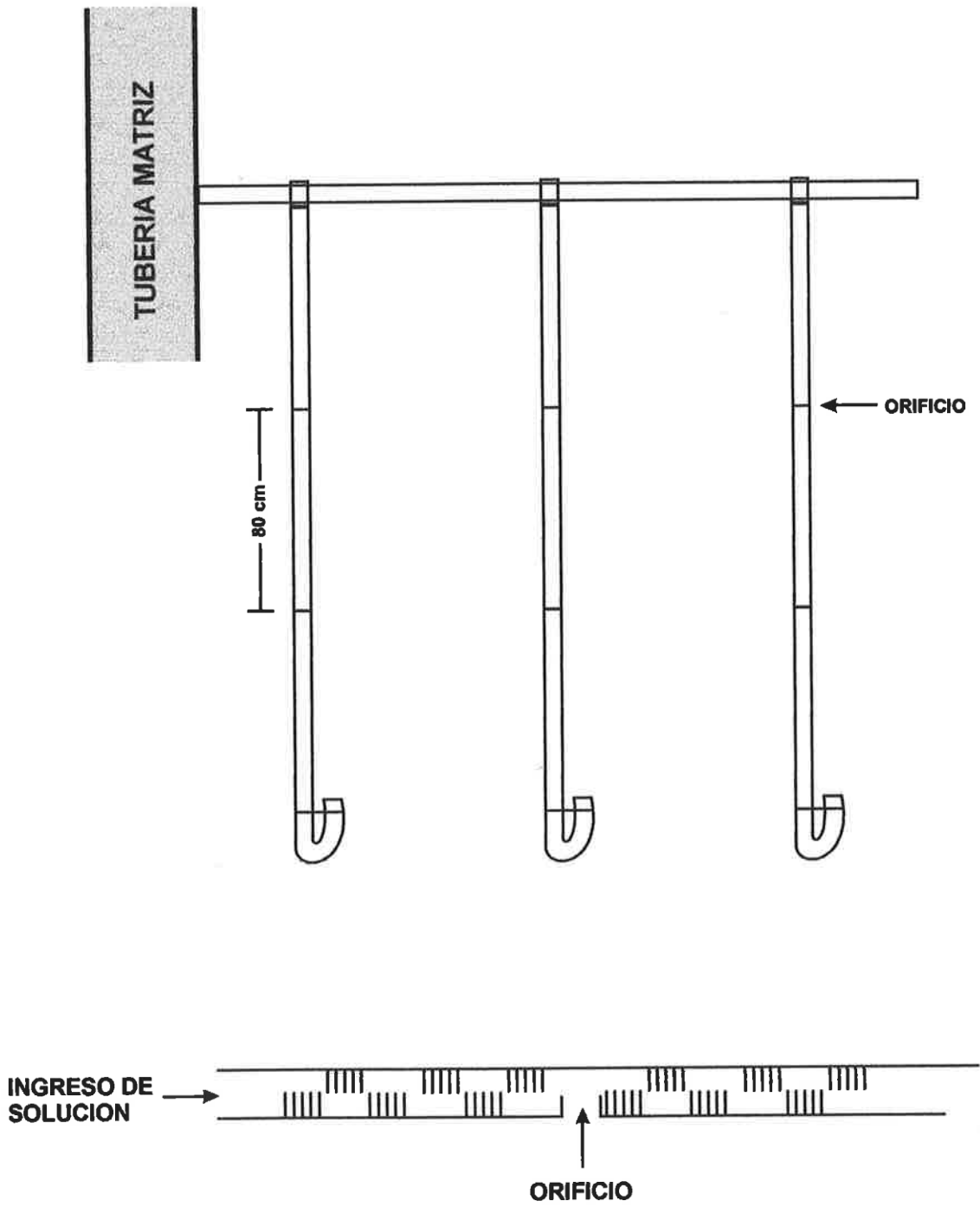
 Ausencia del O_2 , proceso lento.

ANEXO A10

RED DE TUBERIAS

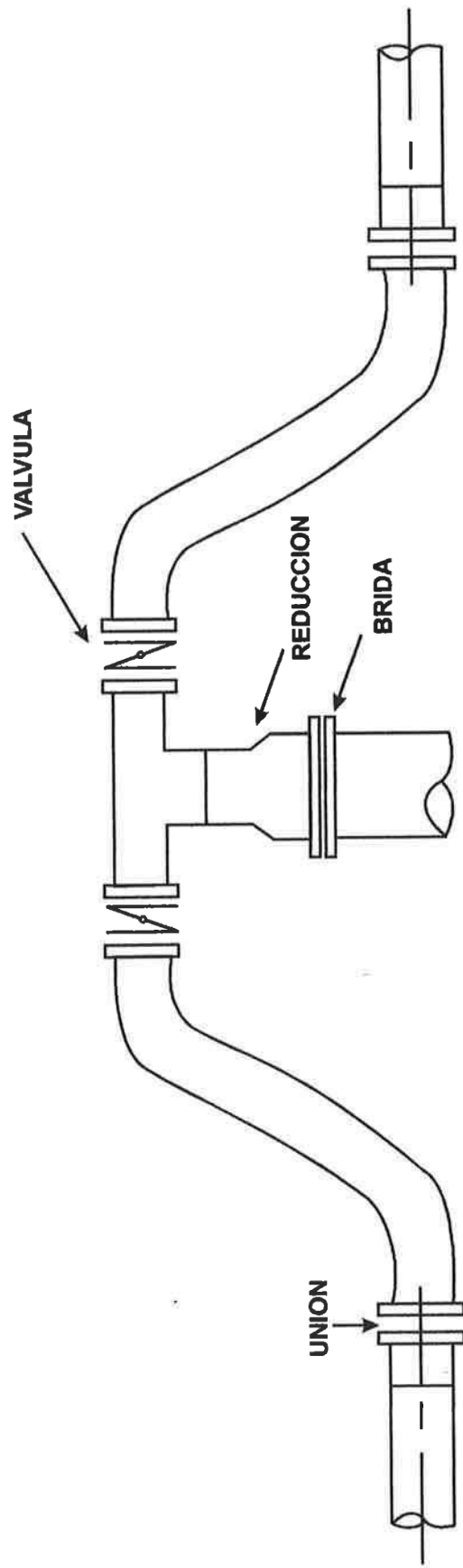


MANGUERAS



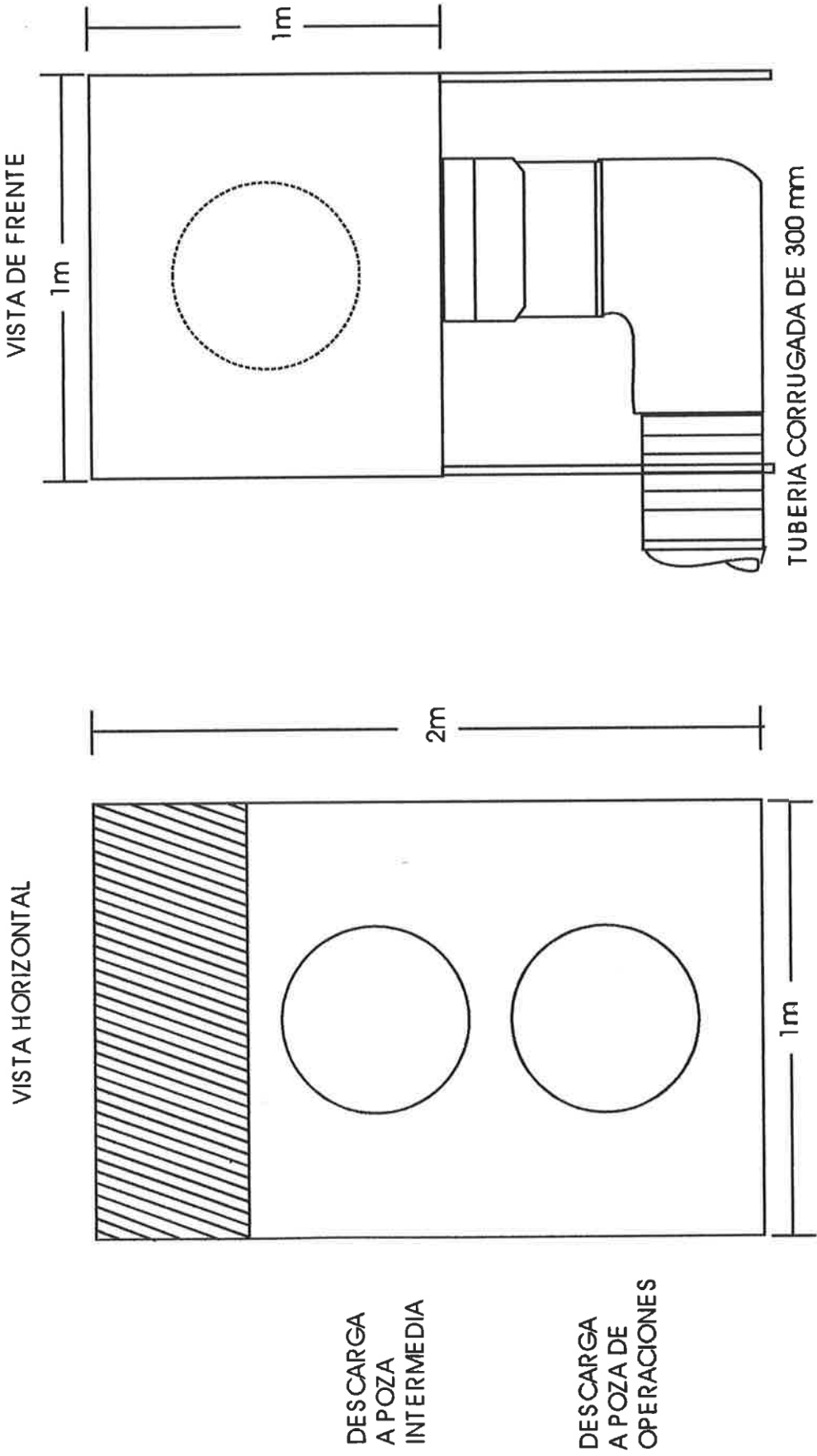
ANEXO A12

RAICERS



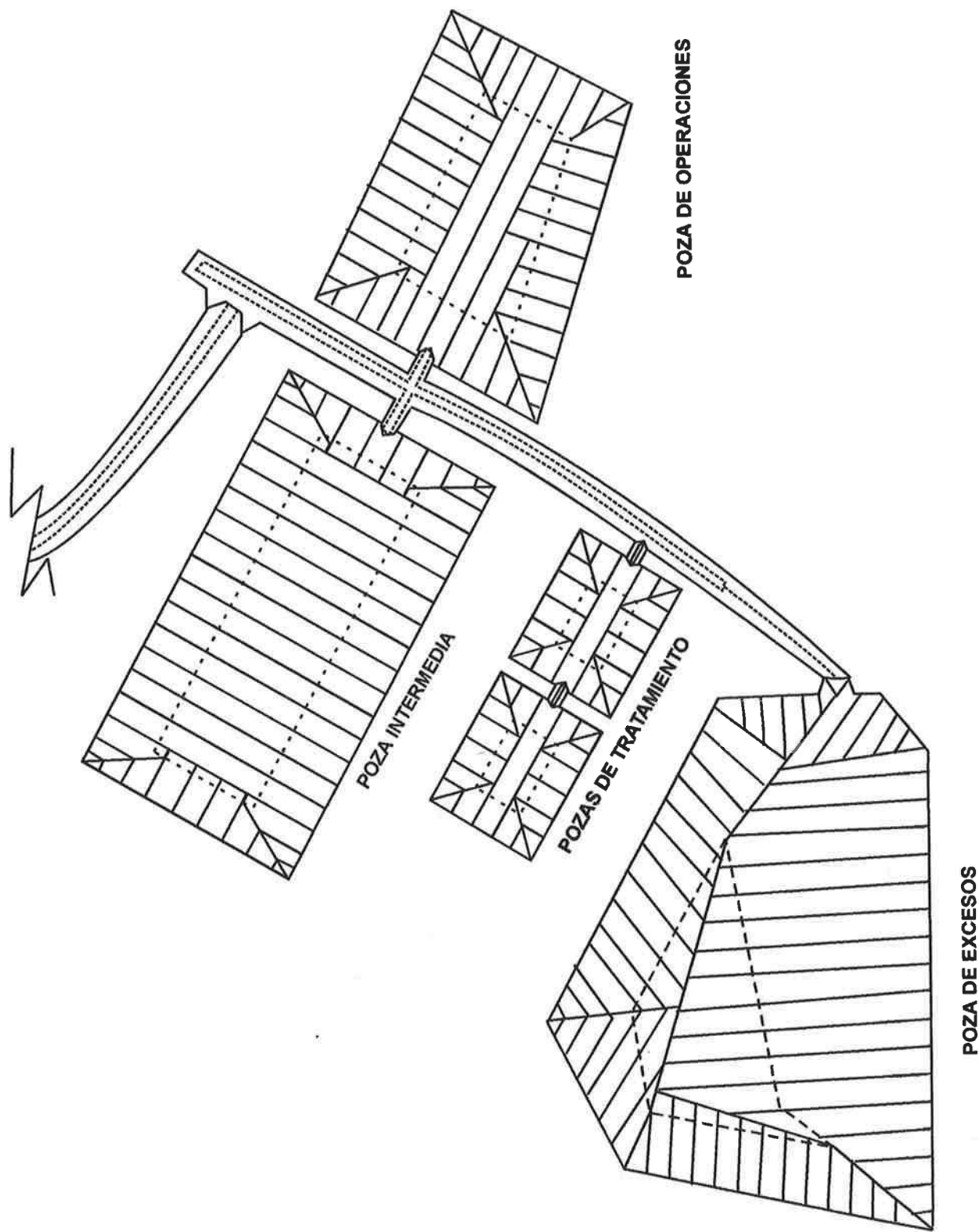
ANEXO A13

VISTAS DE CAJA DE RECOLECCION DE SOLUCION

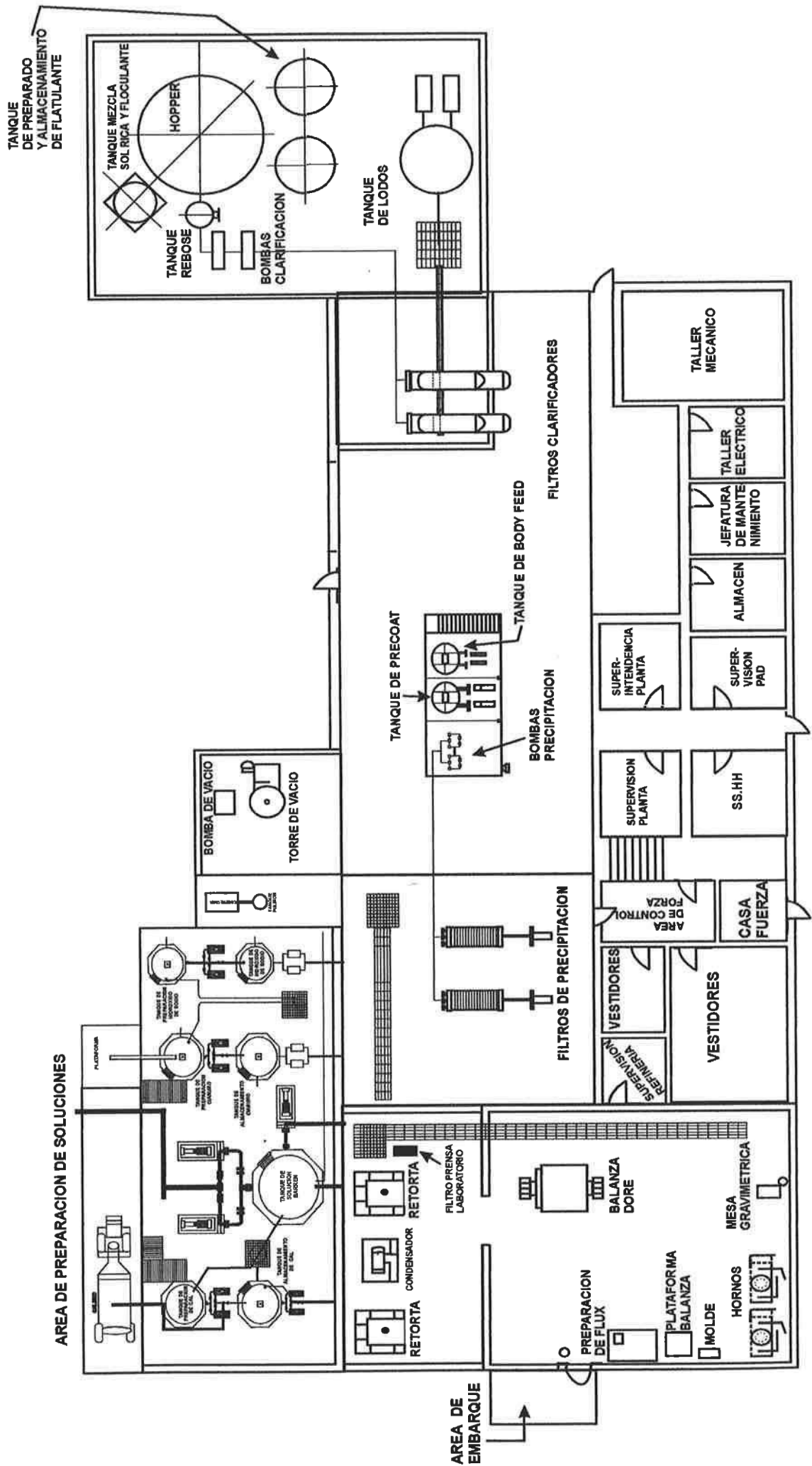


ANEXO A14

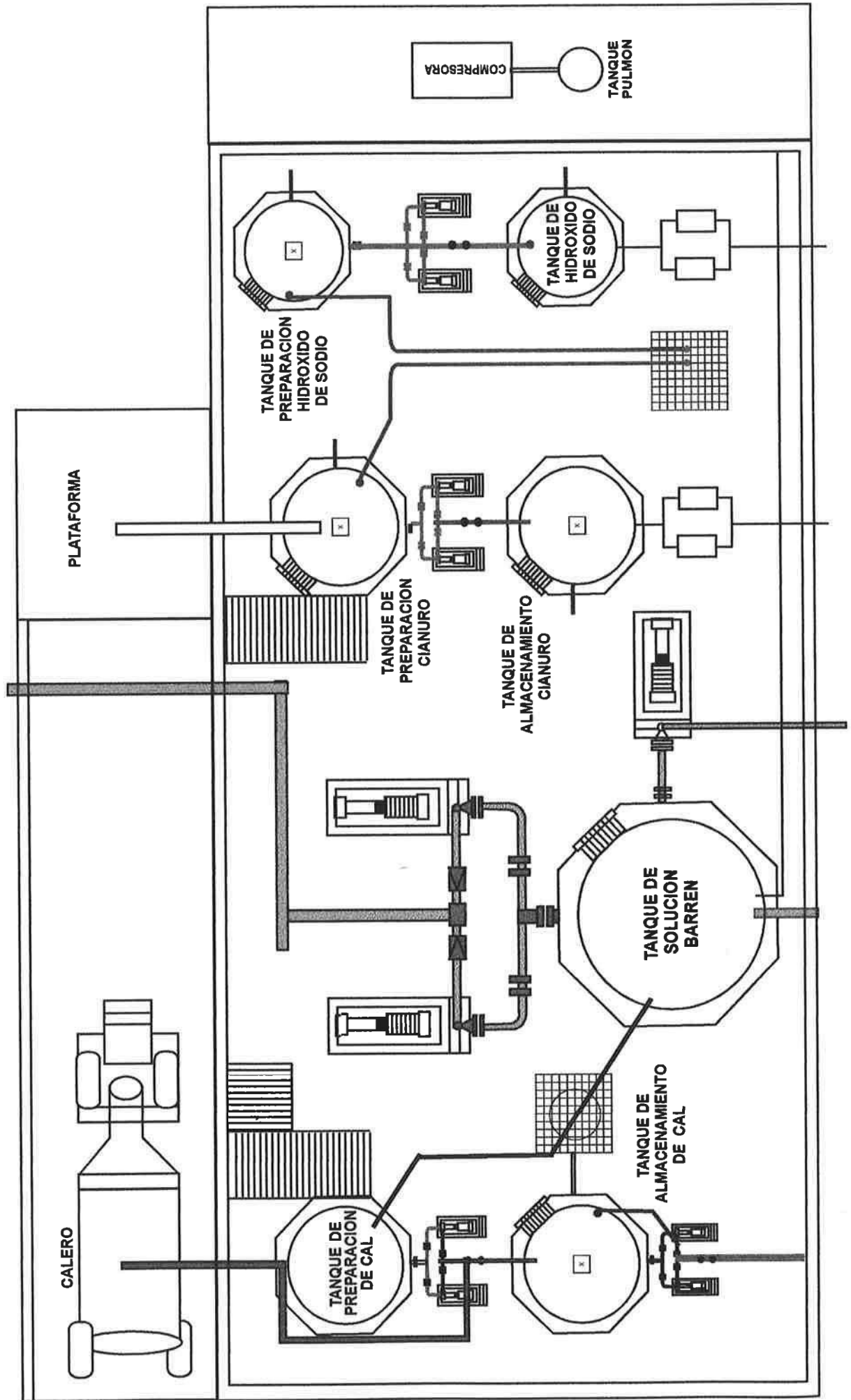
POZAS DE RECOLECCION DE SOLUCIONES



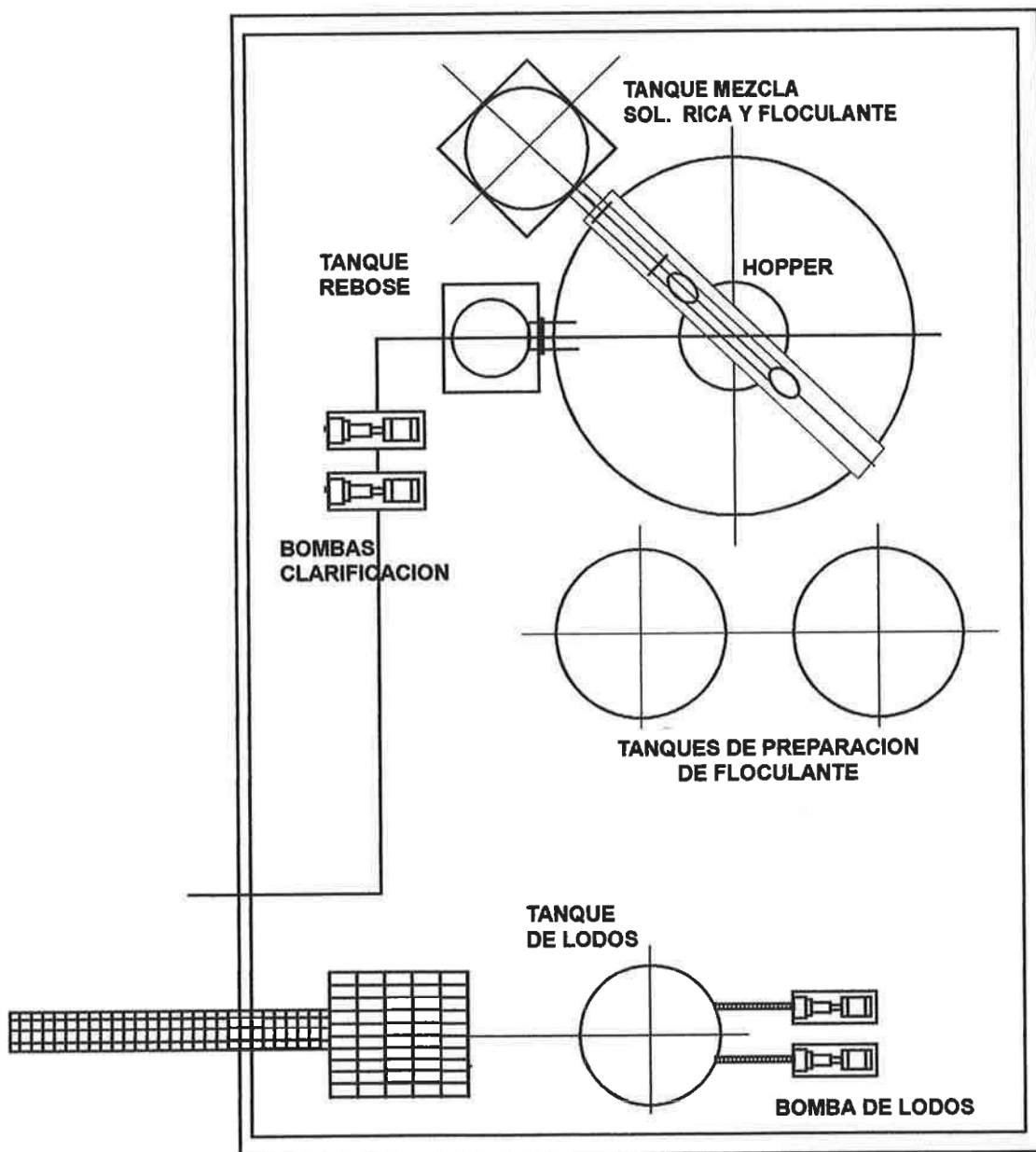
AREA DE PLANTA Y REFINERIA



AREA DE PREPARACION DE SOLUCIONES

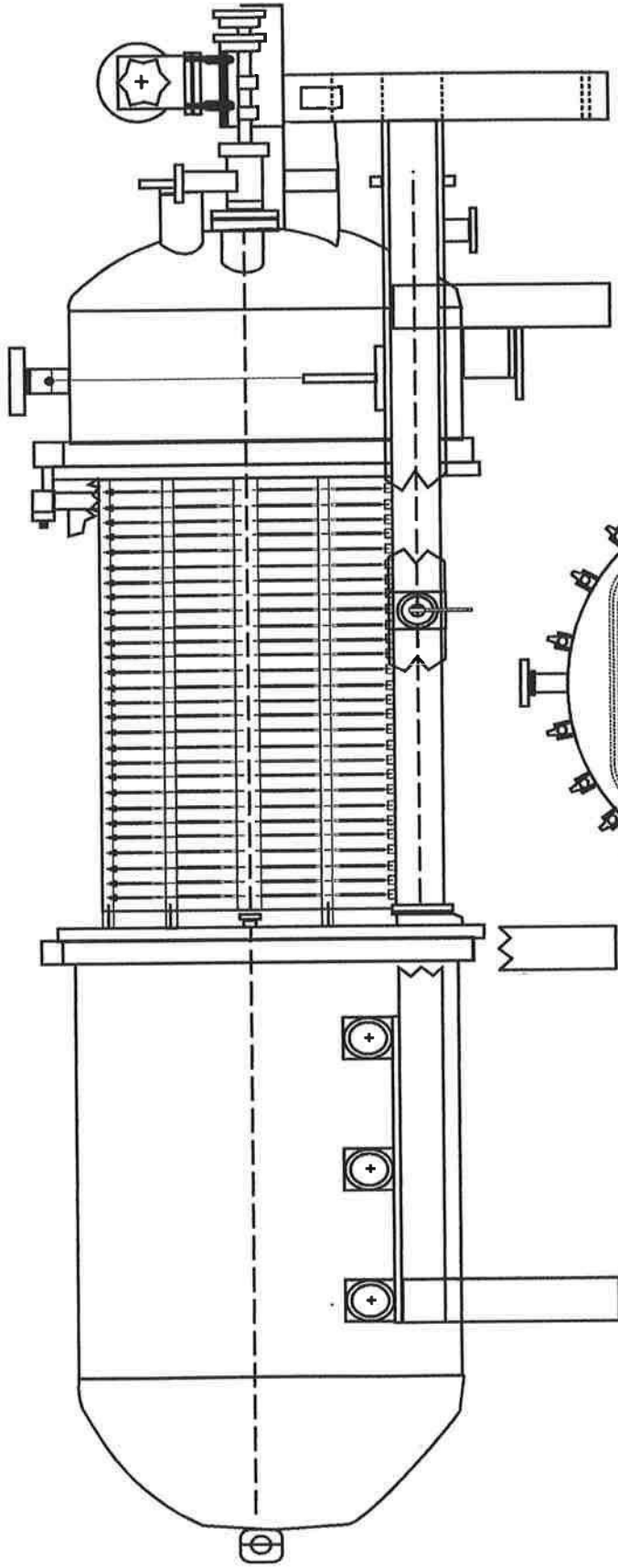


AREA DE CLARIFICACION

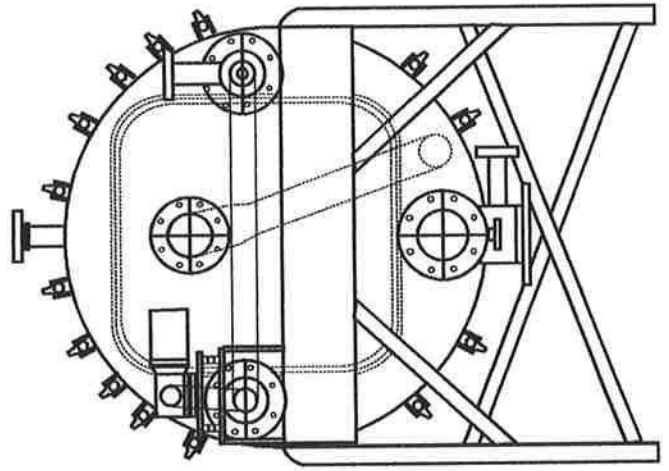


ANEXO A18

FILTRO CLARIFICADOR

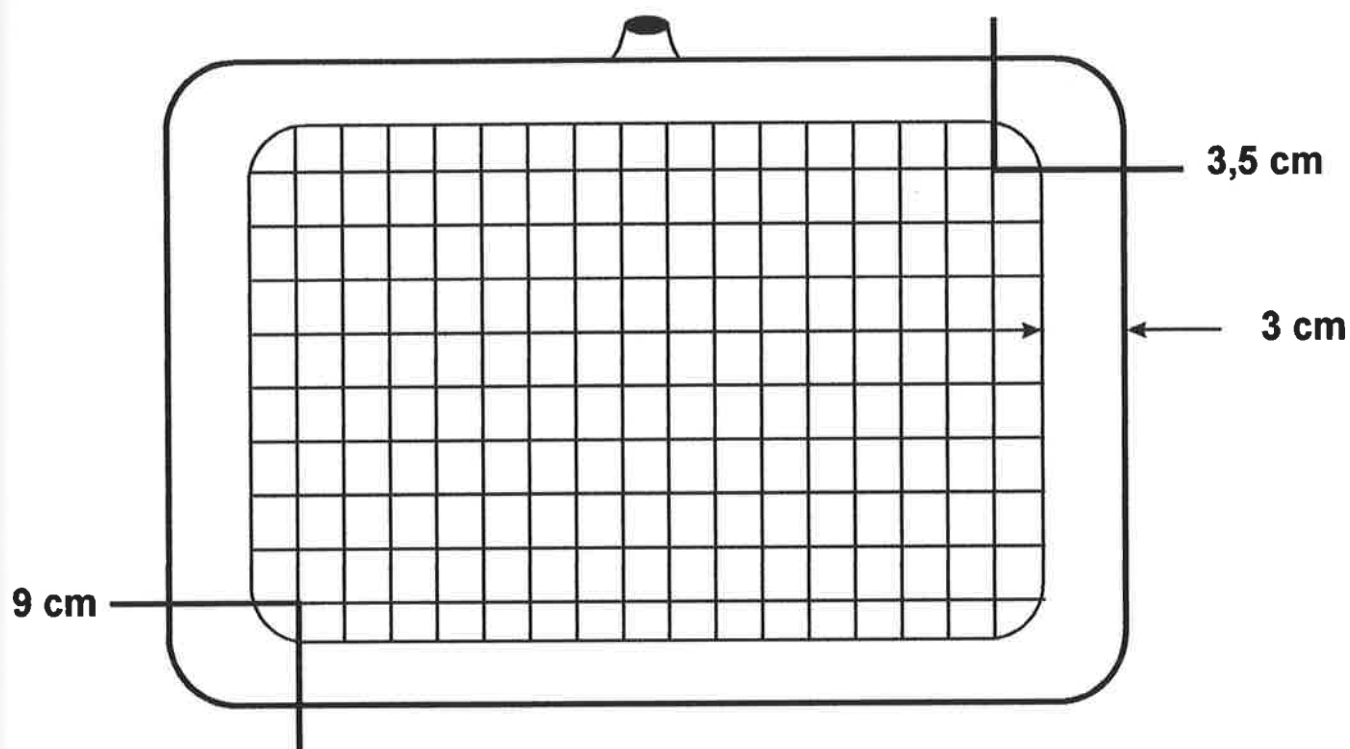


VISTA DE PERFIL



VISTA DE FRENTE

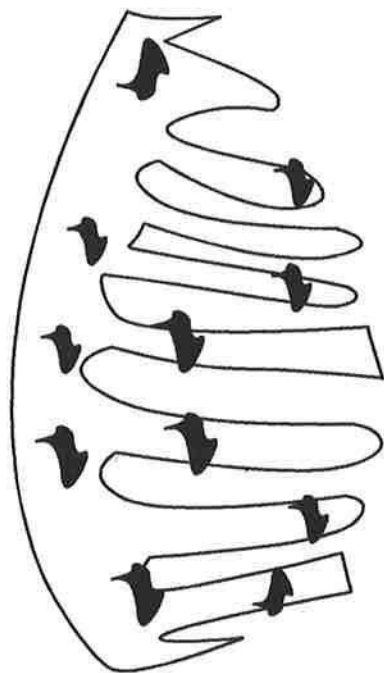
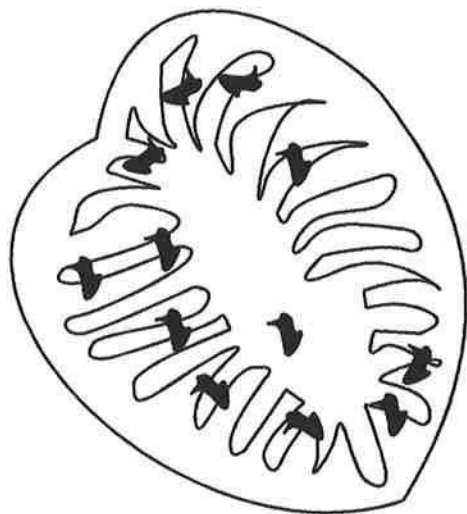
PANEL DE CLARIFICACION



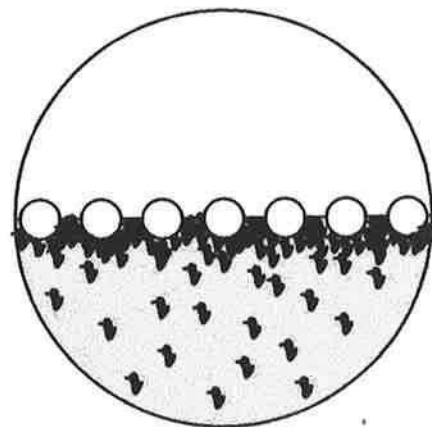
N° Láminas (Paneles)	:	27
N° Areas por panel	:	2
Ancho del borde	:	3 cm
Largo con borde	:	122 cm
Ancho con borde	:	112 cm
Parte interior	:	Malla del acero
Parte superior	:	Lona
Area unitaria	:	1,27 m ₂
Area por panel	:	2,54 m ₂
Area Total	:	68,58 m ₂
Medio Filtrante (Diatomita)	:	0,33 - 0,66 Kg/m ₂

DIATOMITA

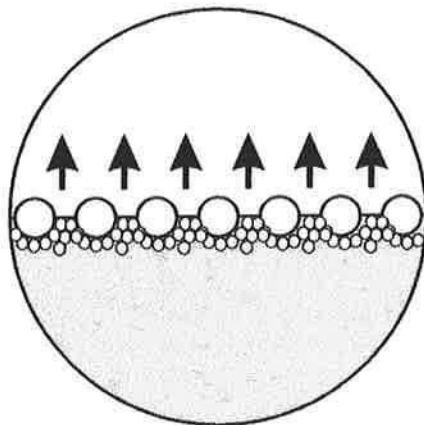
La diatomita es un alga microscópica unicelular. Caracterizada por una estructura compleja de su pared celular compuesta mayormente de sílica amorfa



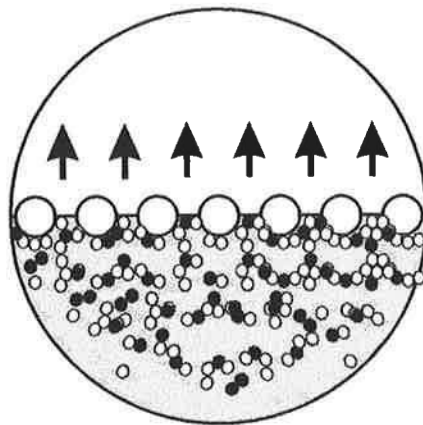
1. Sin diatomita las impurezas forman una capa compacta contra la superficie de filtración, interrumpiendo el flujo del líquido a ser filtrado.



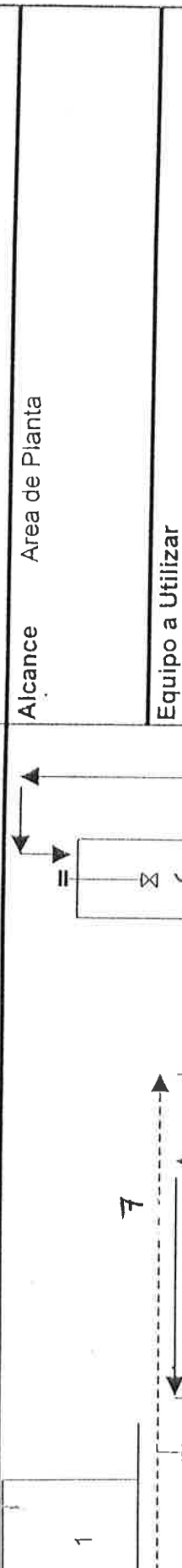
2. La formación de una pre capa contra la superficie de filtración garantiza el flujo del líquido y permite la retención de sólidos de pequeño tamaño.



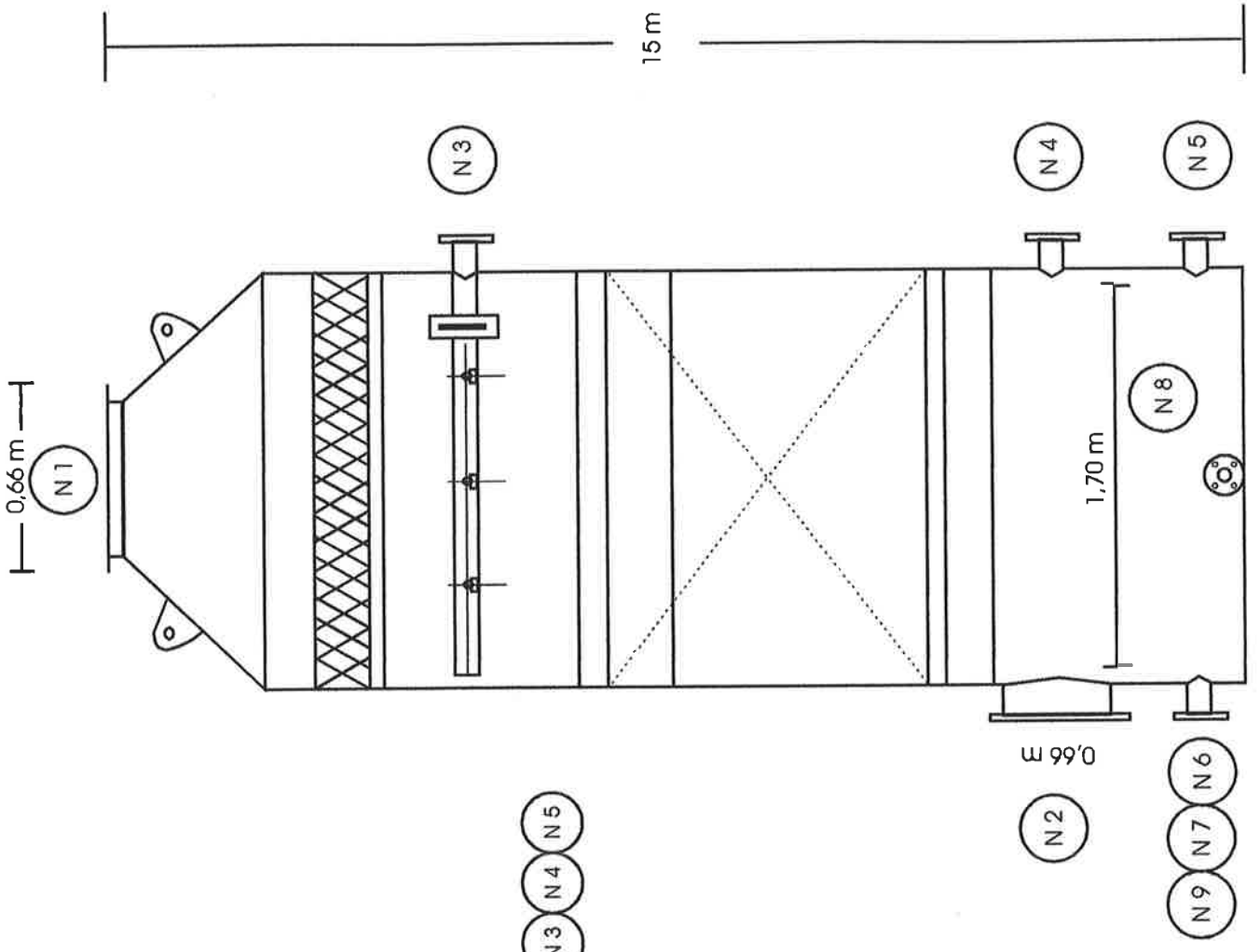
3. La adición de diatomita al líquido a ser filtrado impide la formación de una capa compacta, manteniendo la porosidad del queque de filtración y a la vez el tiempo de duración del filtro se prolonga.



Instrucción de Trabajo para lavado de filtros clarificadores "A" - "B"

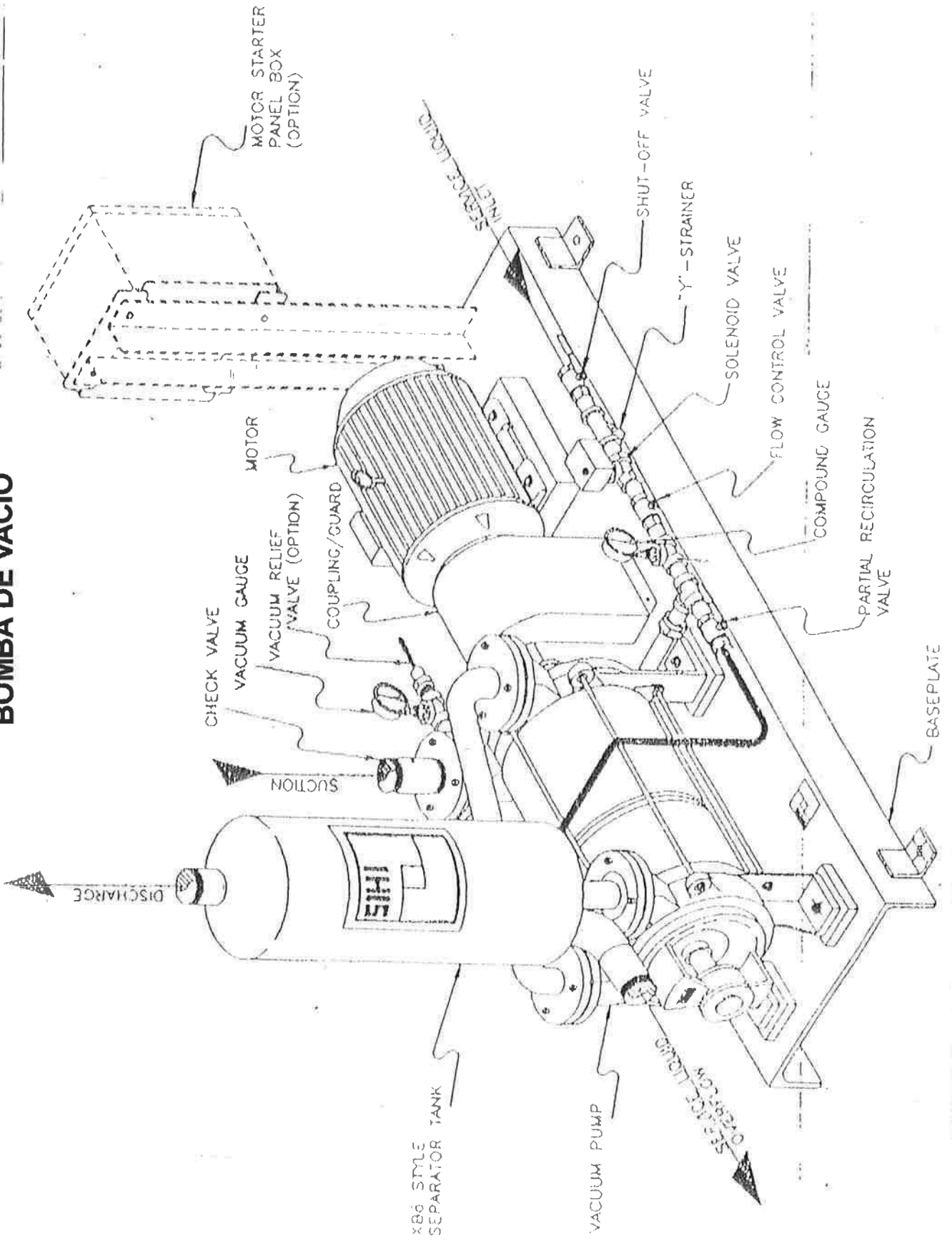
<p>Proceso</p> 	<p>Objetivo Operar adecuadamente el lavado y Precoteo de los filtros clarificadores "A" y "B"</p>
<p>Alcance Area de Planta</p>	<p>Equipo a Utilizar 9:- Filtros clarificador</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Tanque de Solución Barren 2.- Bomba Horizontal 3.- Tanque de pre-coat 4.- Bombas horizontales 41PP-12A y 41PP-12B 5.- Sumideros de lodos 6.- Tanque de lodos 7.- Lines de lavado de filtros clarificadores "A" y "B" 8.- Línea de precoteo de filtros clarificadores "A" y "B"
<p>Consideraciones de Seguridad y Ambiente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Trabajar con equipo de protección personal 2.- Mascara respiradora para polvos 3.- Evitar todo tipo de derrames 	

TORRE DE VACIO

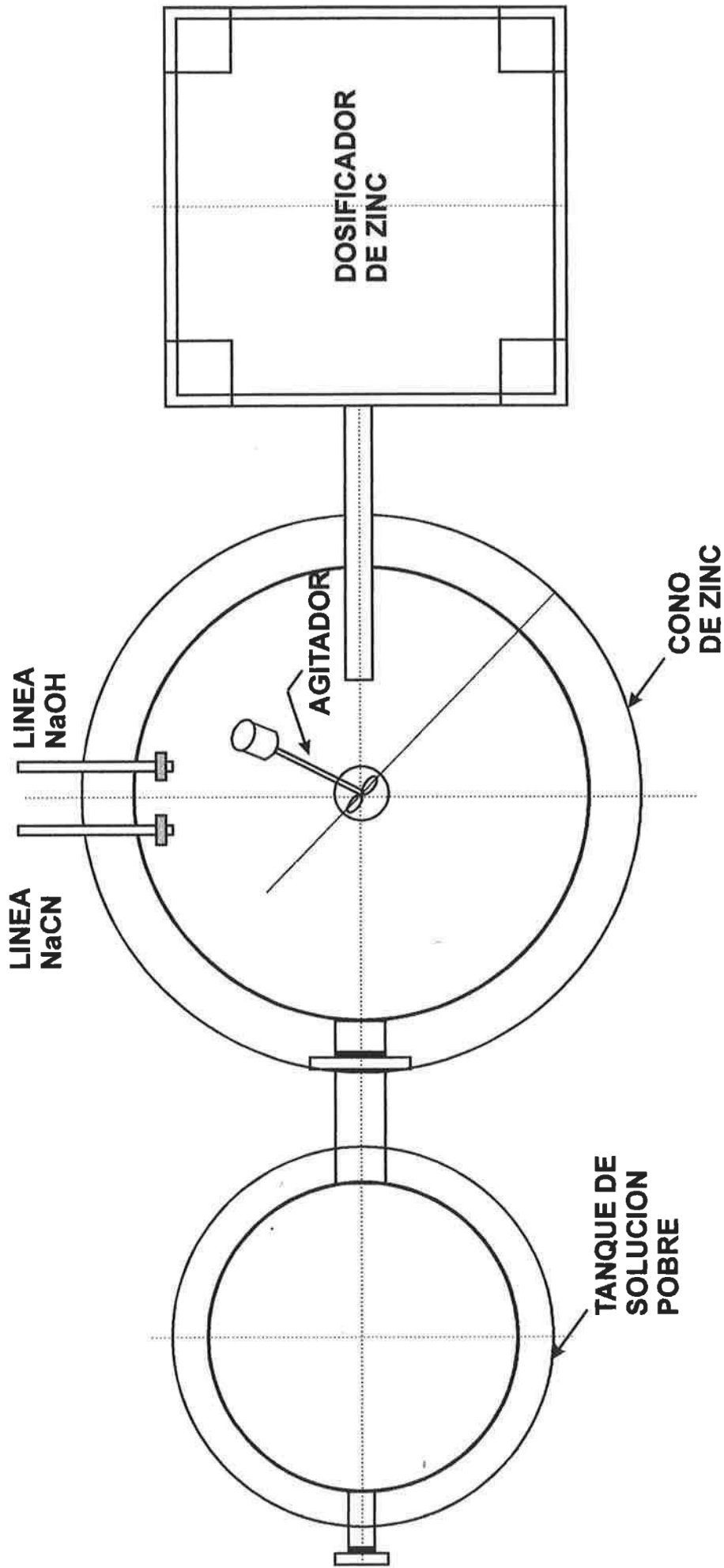


VISTA HORIZONTAL TORRE VACIO

BOMBA DE VACIO



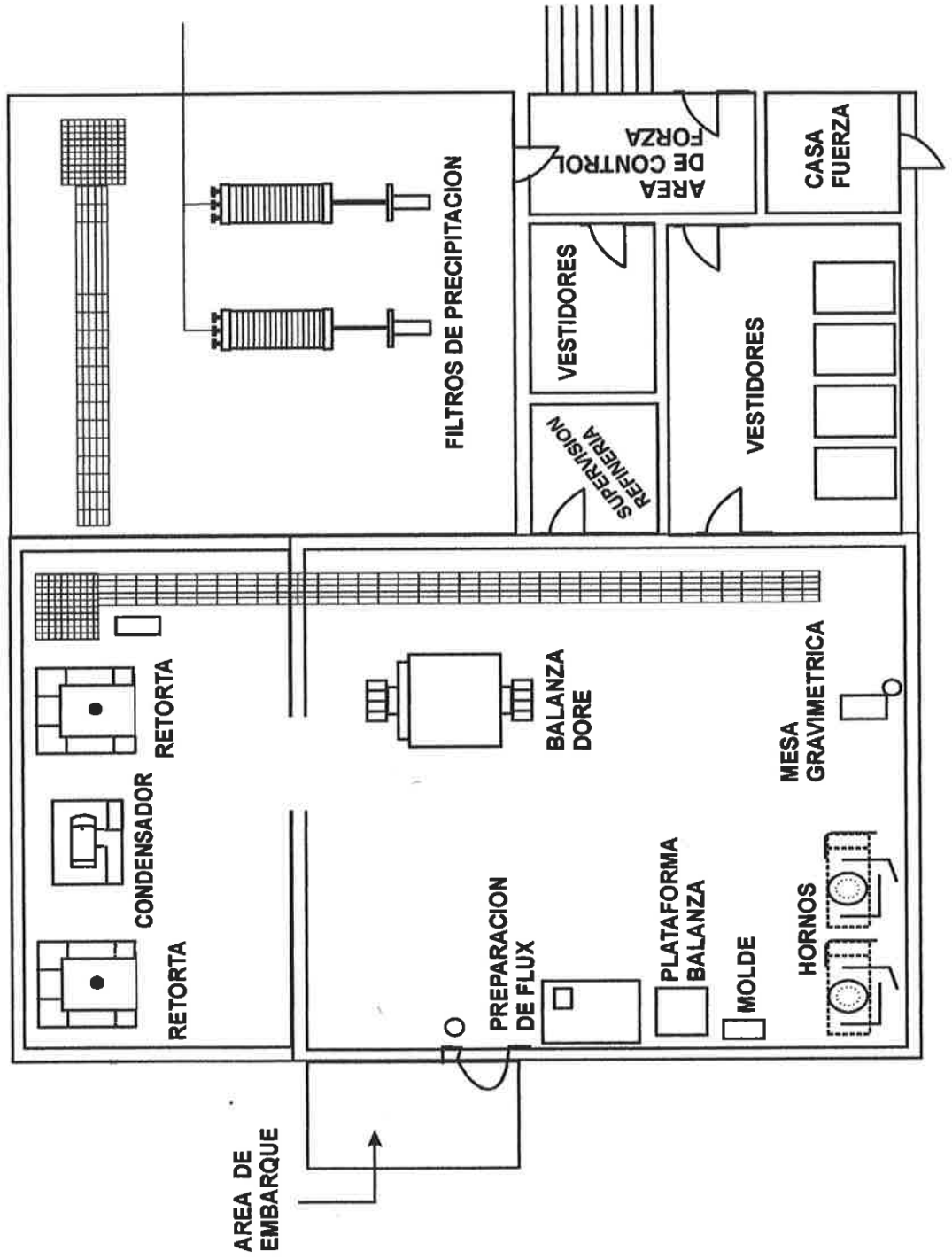
AREA DE PRECIPITACION



Precipitación con zinc:

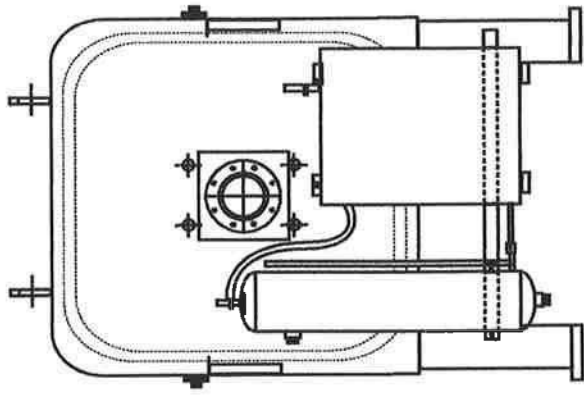


AREA DE REFINERIA

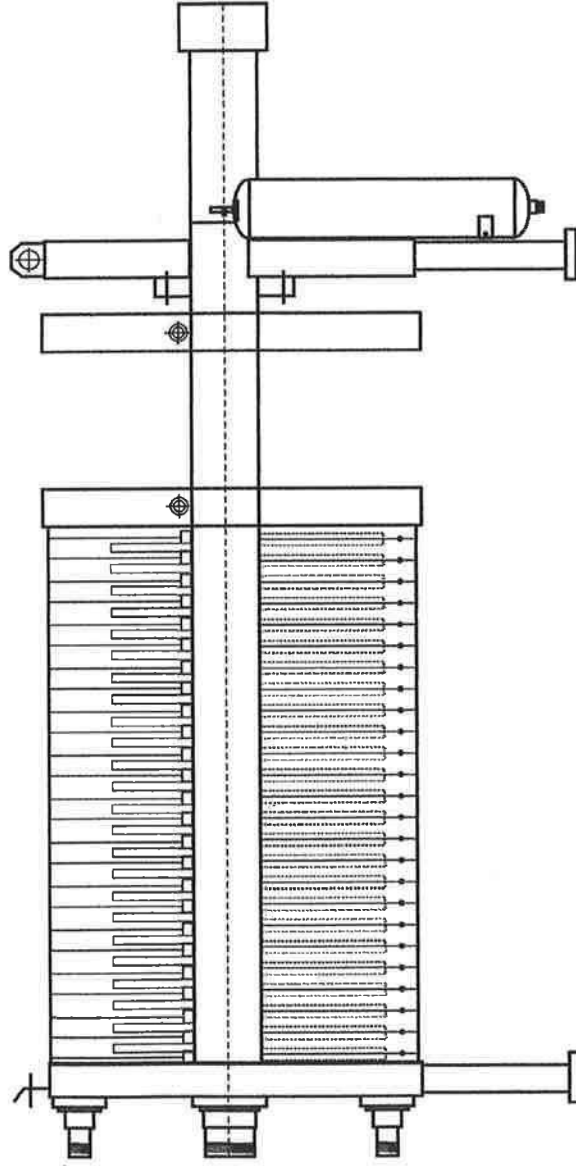


ANEXO A26

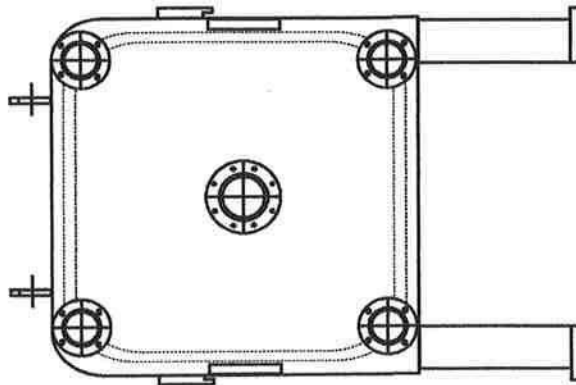
FILTRO PRENSA



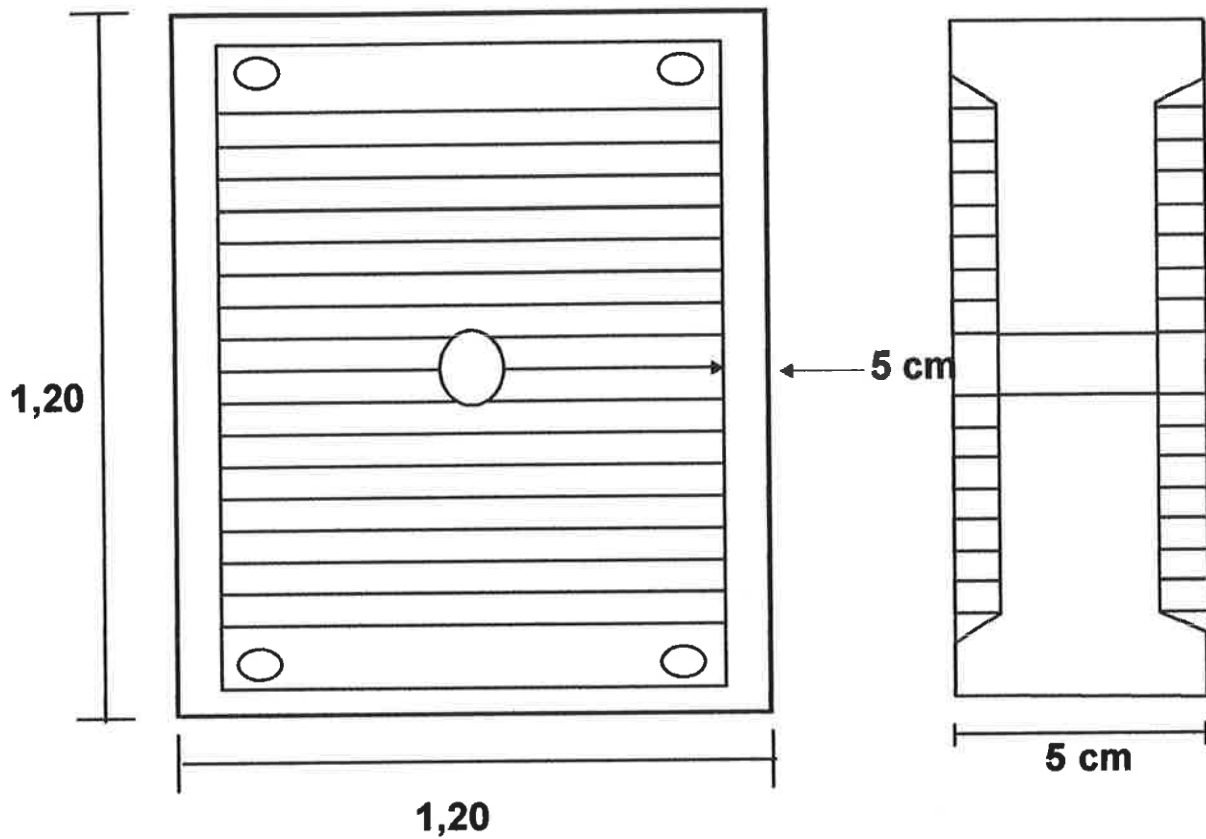
VISTA POSTERIOR
FILTRO PRENSA



VISTA DE FRENTE
FILTRO PRENSA

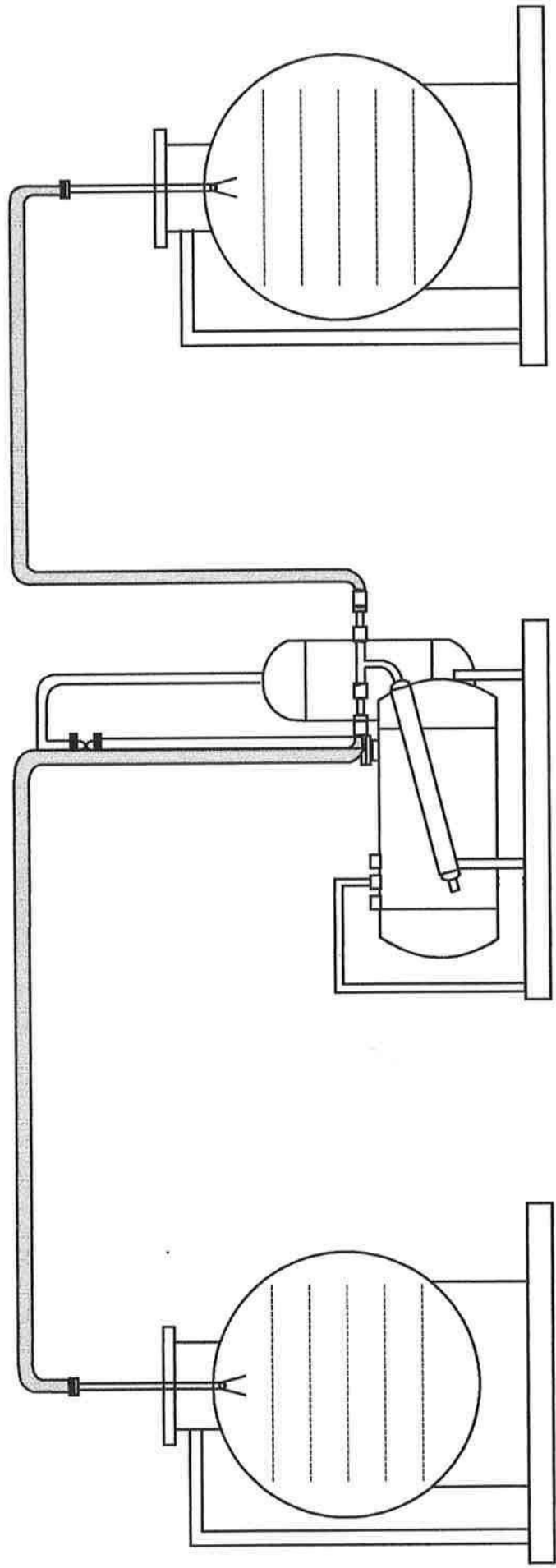


PANEL DEL FILTRO PRENSA



N° Láminas (Paneles)	:	41
N° Areas por panel	:	2
Ancho del borde	:	5 cm
Largo sin borde	:	1,15 m
Ancho sin borde	:	1,15 m
Parte interior	:	Polipropileno
Parte externa	:	Lona
Area unitaria	:	1,21 m₂
Area por panel	:	2,42 m₂
Area Total	:	98,01 m₂
Espesor	:	5 cm
Medio Filtrante (Diatomita)	:	0,46 Kg/m₂

RETORTAS

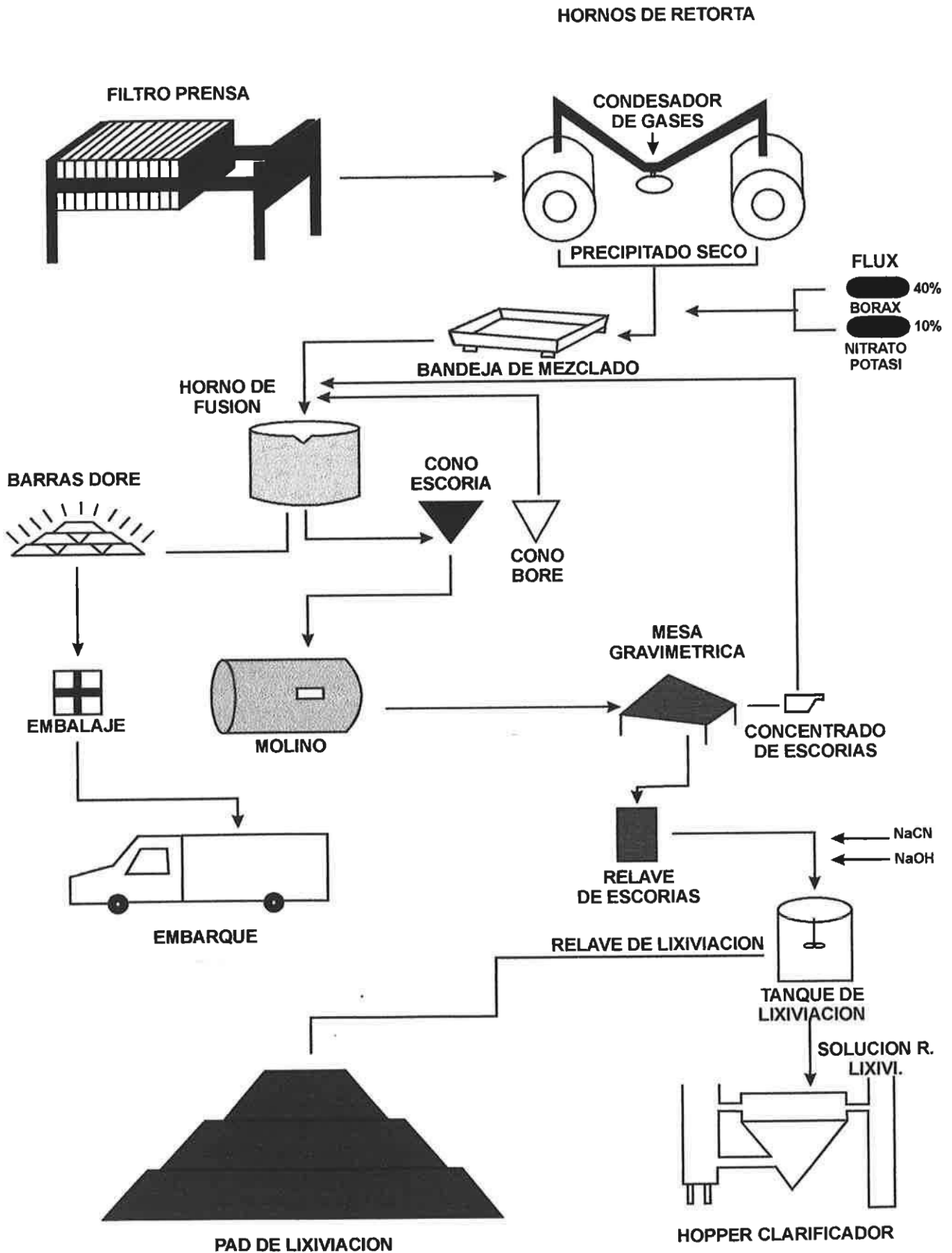


HORNO DE RETORTA
A

CONDESADOR / LAVADOR

HORNO DE RETORTA
B

REFINERIA



POLÍTICA AMBIENTAL

Cía. Minera SIPAN S.A.C., empresa dedicada a actividades de extracción, producción, transporte y acondicionamiento de minerales con la finalidad de obtener oro como producto principal, consciente de su responsabilidad social como empresa hará todos los esfuerzos necesarios para evitar generar cambios adversos significativos en el ambiente, para lo cual se compromete como organización a:

1. Esforzarnos por conocer y mejorar continuamente la situación ambiental generada por nuestras actividades, productos y servicios, implementando un Sistema de Gestión Ambiental basado en los requisitos de la norma internacional ISO14001.
2. Cumplir siempre las leyes y reglamentos locales relacionados con el medio ambiente, estableciéndose un Comité de Gestión Ambiental que conduzca a su cumplimiento y a los demás objetivos y metas establecidas.
3. Evitar la contaminación ambiental, realizando mejoramientos continuos en todos nuestros procesos y en los mecanismos de administración, dentro de nuestras limitaciones tecnológicas y económicas, tratando de utilizar eficientemente los recursos disponibles, en el marco de la prevención de la contaminación.
4. Ejecutar permanentemente programas educativos de formación, capacitación y entrenamiento en materia de gestión ambiental para mejorar el nivel de conciencia de nuestros trabajadores, proveedores y contratistas.
5. Sensibilizar con nuestras acciones orientadas hacia la protección ambiental a todas las partes interesadas, colocando esta política a disposición del público y difundiéndola de manera permanente.

Lima 06 de Diciembre de 1999


JUAN INCHAUSTI PEGO VARGÁS
DIRECTOR

Versión 01

- Incorporación de prevención de contaminación
- Incorporación de proveedores y contratistas
- Incorporación de compromiso con requisitos ISO14001

COPIA CONTROLADA
COPIA CONTROLADA

ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

SGA/REG/AS/02/01

Rank	Aspecto Ambiental	Area
1	Cianuro de Sodio	Planta
2	Desmonte - Revegetación	Mina
3	Aceite Usado	Almacén
4	Cal viva blanca	Planta
5	D2 (Diesel N°2)	Global
6	Energía Eléctrica	Global
7	Gasolina de 84 Oct.	Administración
8	Agua de Proceso	P.Ambiental
9	Aceite Móvil 15W/40	Planta
10	Agua (Consumo Global)	Global
11	Mercurio Metálico	Planta
12	Formación, Capacitación y Entrenamiento	Administración










Fecha: 06/12/99


 Jefe de Protección Ambiental










COPIA CONTROLADA

COPIA CONTROLADA

RANK	ASPECTO AMBIENTAL	REGISTRO LEGAL ASOCIADO	SITUACION ACTUAL	OBJETIVO	META	RESPONSABLE SIPAN	REGISTRO CONTROL
1	Cianuro de Sodio	RMO 11 - 96EM/VMM Cap. XI D.S. 023-92-EM	58.97 gr / Tm mineral LMP : Ok	No exceder el límite máximo permisible en la descarga	100% < 1 ppm	Superintendente de Planta	SGA/REG/AP/13
2	Desmonte (Revegetación)	Contratos de Servidumbre EIA SIPAN	40%	Revegetar Area Desmonte SGA/ITR/RD/11	65%	Jefe Protección Ambiental	SGA/REG/AR/13
3	Aceite Usado	Cap. VII D.S. 023-92-EM D.S. 052-93-EM	3000 gal/año	Reducir Generación Aceite Usado SGA/ITR/AU/11	2500 gal/año	Jefe de Mantenimiento	SGA/REG/AU/13
4	Cal Viva Blanca	Cap. XI D.S. 023-92-EM	670 gr/Tm mineral	Mantener el pH del cianuro en un rango que no permita la formación de HCN	10 > pH > 8.5	Superintendente de Planta	SGA/REG/PH/13
5	Petroleo Diesel N°2	D.S. 052-93-EM RM315-96-EM/VMM D.S. 046-93-EM	2.11 gal / onza	Reducir el consumo de petroleo diesel N°2 SGA/ITR/CD/11	1.10 gal / onza	Jefe de Mantenimiento	SGA/REG/OM/13
6	Energía Eléctrica	D.S. 029-94-EM	33.71 Kw-h/onza	Reducir el consumo de energía eléctrica SGA/ITREE/11	30 Kw-h onza	Jefe de Mantenimiento	SGA/REG/OM/13
7	Gasolina de 84 Oct	D.S. 052-93-EM RM315-96-EM/VMM D.S. 046-93-EM	0.25 gal / onza	Reducir el consumo de gasolina de 84 oct SGA/ITR/GL/11	0.18 gal / onza	Superintendente Administración	SGA/REG/OM/13
8	Agua de Proceso	D.L. 17752 RMO11-96-EM/VMM	55175 m³ / año LMP : Ok	No exceder los LMP establecidos en la RM N° 011-96-EM/VMM SGA/ITR/OP/11	100% S > pH > 5 100% TSS < 50 mg/l 100% Plomo < 0.4 mg/l 100% Cobre < 1 mg/l 100% Zinc < 3 mg/l 100% Hierro < 2 mg/l 100% Arsénico < 1 mg/l 100% Cianuro total < 1 mg/l	Jefe Protección Ambiental	SGA/REG/AP/11
9	Aceite Mobil 15W/40	D.S. 052-93-EM D.S. 046-93-EM	0.014 gal / onza	Reducir el consumo de Aceite Mobil 15W/40 SGA/ITR/CA/11	0.010 gal / onza	Jefe de Mantenimiento	SGA/REG/OM/13
10	Consumo de Agua (Global)	D.L. 17752	1.39 m³ / onza	Reducir el consumo de Agua (Global) SGA/ITR/AT/11	0.35 m³ / onza	Superintendente Administración	SGA/REG/OM/13
11	Mercurio Metálico	Cap. XI D.S. 023-92-EM	No controlado	No exceder los LMP establecidos regulatoriamente (TLV - USA) SGA/ITR/HG/11	100% < 0.025 mg/l	Superintendente Planta	SGA/REG/VM/13
12	Formación, Capacitación y Entrenamiento	Política Ambiental	Plan General de Formación	Cumplir totalmente con el plan SGA/ITR/PF/11	Capacitación al 100% de lo programado	Superintendente Administración	SGA/REG/PF/13

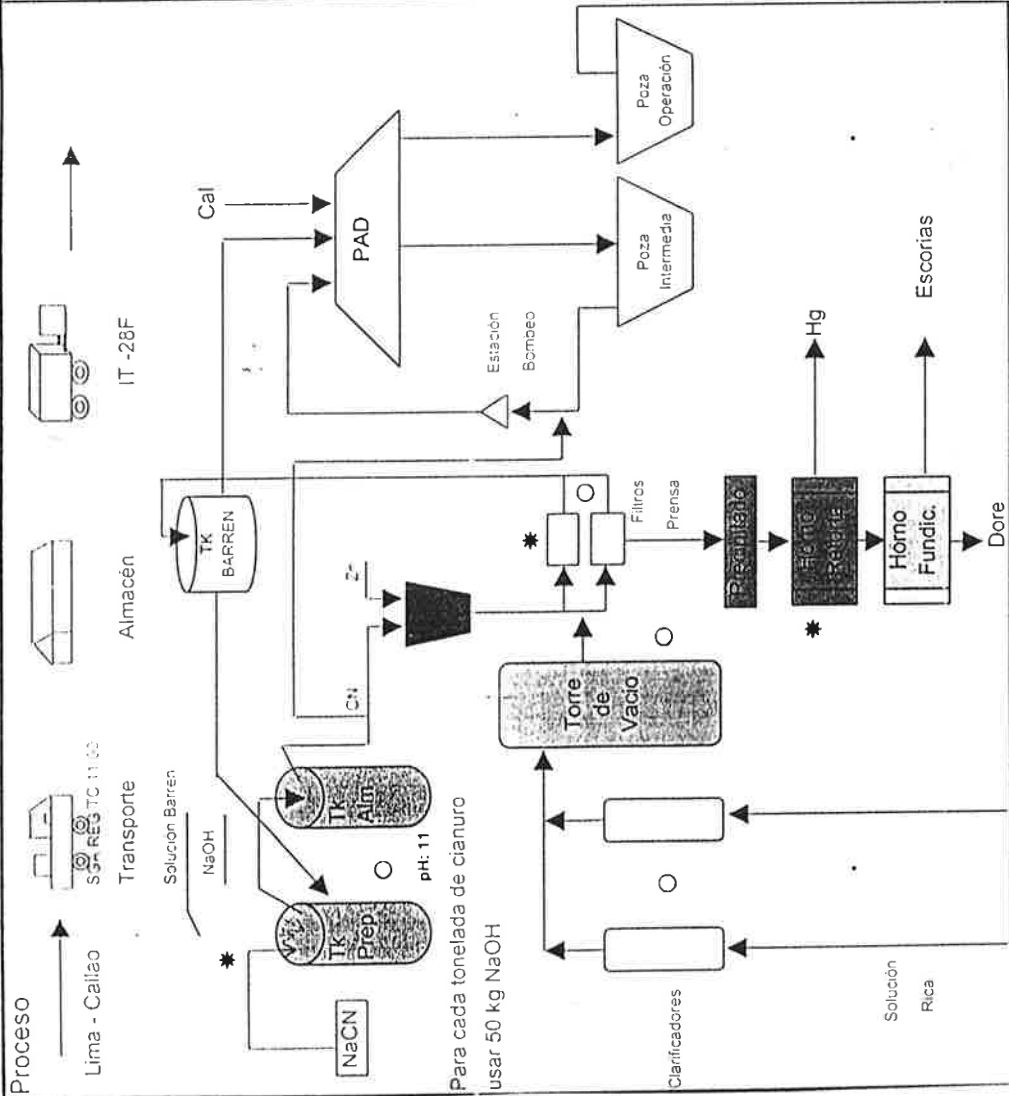
SIPAN	Sistema Gestión Ambiental INSTRUCCIÓN DE TRABAJO		CODIGO SGA/ITR/LA/11/01	PAGINA 1/1								
<h2>Instrucción de Trabajo para el control operacional de limpieza del área de dosificación de Polvo de Zinc</h2>												
<p>Proceso</p> <p>Para mantener limpia el área de Dosificación de Polvo de Zinc se deben de seguir los siguientes pasos :</p> <ol style="list-style-type: none"> - El extractor de polvos debe mantenerse encendido durante todo el día - Utilizar artículos de limpieza (escobas, recogedores, trapo industrial etc.) para limpiar cualquier residuo de polvo de Zinc que exista en: <ul style="list-style-type: none"> - Pisos - Mesas - Balanza - Dosificador etc. - Esta labor se tiene que realizarse diariamente por la persona asignada por el Supervisor. 												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Generado</td> <td style="width: 25%;">Revisado</td> <td style="width: 25%;">Aprobado</td> <td style="width: 25%;">Fecha:</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>15/10/99</td> </tr> </table>					Generado	Revisado	Aprobado	Fecha:				15/10/99
Generado	Revisado	Aprobado	Fecha:									
			15/10/99									
<p>Objetivo Mantener limpia el área de Dosificación de Zinc</p>	<p>Alcance Supervisores de Planta Operadores de Planta</p>	<p>Equipo a Utilizar</p> <ol style="list-style-type: none"> - Extractor de Polvos - Escobas - Recogedores - Trapo industrial 	<p>Consideraciones de Seguridad y Ambiente</p> <ol style="list-style-type: none"> - Respiradores de Seguridad - Botas de jebe - Mamelucos - Cascos de seguridad 	<p>Documentación Asociada</p>								

CONTINUANDO EN...

SIPAN	Sistema Gestión Ambiental INSTRUCCIÓN DE TRABAJO		CODIGO SGA/ITR/LA/11/01	PAGINA 1/1								
<h2>Instrucción de Trabajo para el control operacional de limpieza del área de dosificación de Polvo de Zinc</h2>												
<p>Proceso</p> <p>Para mantener limpia el área de Dosificación de Polvo de Zinc se deben de seguir los siguientes pasos :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- El extractor de polvos debe mantenerse encendido durante todo el día 2.- Utilizar artículos de limpieza (escobas, recogedores, trapo industrial etc.) para limpiar cualquier residuo de polvo de Zinc que exista en: <ul style="list-style-type: none"> - Pisos - Mesas - Balanza - Dosificador etc. así como el recojo de bolsas, papeles, etc. Que existan en el lugar. 3.- Esta labor se tiene que realizarse diariamente por la persona asignada por el Supervisor. 												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Generado</td> <td style="width: 25%;">Revisado</td> <td style="width: 25%;">Aprobado</td> <td style="width: 25%;">Fecha:</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>15/10/99</td> </tr> </table>					Generado	Revisado	Aprobado	Fecha:				15/10/99
Generado	Revisado	Aprobado	Fecha:									
			15/10/99									
<p>Objetivo Mantener limpia el área de Dosificación de Zinc</p>	<p>Alcance Supervisores de Planta Operadores de Planta</p>	<p>Equipo a Utilizar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Extractor de Polvos 2.- Escobas 3.- Recogedores 4.- Trapo industrial 	<p>Consideraciones de Seguridad y Ambiente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Respiradores de Seguridad 2.- Botas de jebe 3.- Mamelucos 4.- Cascos de seguridad 	<p>Documentación Asociada</p>								

MARTÍN DOMÍNGO VILA

Instrucción de Trabajo Manipuleo y Preparación de Cianuro de Sodio



Objetivo Administrar eficientemente la línea del Cianuro, buscando condiciones óptimas de manipuleo y preparación así como para el proceso pH (10.5 - 11.5), evitando formación HCN

Alcance Almacén, Unidad Medica, Seguridad Privada, Protección Ambiental, Supervisor de Planta, Mantenimiento mecánico y eléctrico

- Equipo a Utilizar**
1. IT - 28F
 2. Kit de antidoto de Cianuro
 3. Kit de hipoclorito de calcio / sodio
 4. Teclé eléctrico (izaje)
 5. Extractor de polvos
 6. Respirador SA (M)

- Consideraciones de Seguridad y Ambiente**
1. Mamelucos descartables
 2. Lentes de seguridad
 3. Mascaras faciales con líneas de aire autónoma
 4. Guantes de neoprene
 5. Limite permisible : 10 ppm

Documentación Asociada

SGA/REG/AS/12
SGA/REG/PE/12
SGA/ITR/EC/12
SGA/ITR/EA/12

Generado:

Revisado:

Aprobado:

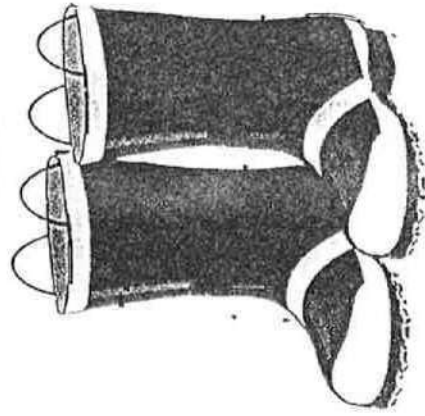
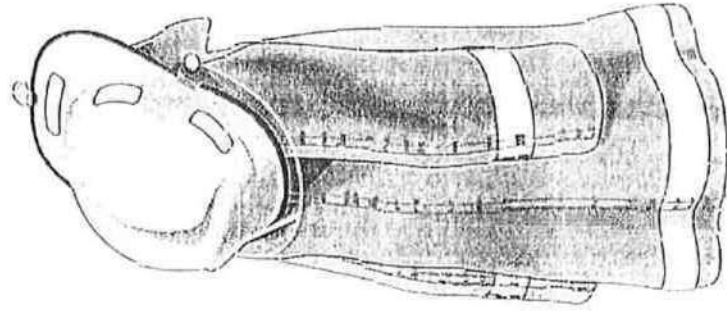
Fecha: 28/10/99

COPIA

Equipo Protección Personal...

Minimo

- Protector Ojos
- Guantes impermeable
- Respirador contra polvo
- Overalls
- Botas impermeable



M.H.C. S.A.GERENCIA DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA**MARCO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA****UNIDADES DE PRODUCCION MHC S.A.**

MHC a través de las Gerencias de cada una de las Unidades Mineras y bajo una concepción moderna, proveerá a todo sus trabajadores un ambiente de trabajo seguro y saludable, previniendo la ocurrencia de actos y condiciones inseguras a fin de evitar posibles daños al personal, a los bienes de la Empresa y al Medio Ambiente, así como las pérdidas en el proceso productivo. Para tan altos fines se contará con el compromiso decidido de la Gerencia General en los Programas de Seguridad e Higiene Minera.

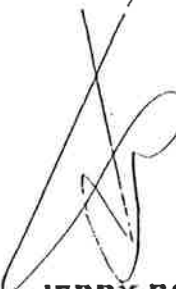
ES NUESTRA POLITICA:

Promover, desarrollar, ejecutar y mantener prácticas y procedimientos de trabajo seguro; educando, capacitando, entrenando y concientizando a todos y cada uno de los trabajadores con el objeto de mejorar nuestra cultura empresarial.

- Cumplir a satisfacción los estándares fijados por las Leyes, Reglamentos y Normas aplicables con relación a la salud ocupacional, seguridad y medio ambiente.
- Responsabilizar a la supervisión y trabajadores en general, dentro de los límites de su control, a mantener condiciones de trabajo seguras y saludables, al cumplimiento de todos los estándares y procedimientos prácticos de seguridad, hasta lograr que incorporen obligatoriamente la seguridad en su trabajo.
- Asegurar que los factores y condiciones de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente se incluyan necesariamente en el planeamiento general de las faenas y su ejecución así como en la compra de equipos y materiales.
- Fomentar por medio de concursos un mayor interés en la seguridad, producción y productividad, contribuyendo a incentivar una actividad constante y positiva en los trabajadores hacia la prevención y eliminación de riesgos.
- Se tomará todas las medidas que sean prácticas y seguras, para proteger a los trabajadores contra incidentes y/o accidentes y mantener en todo momento una eficaz organización de salud y seguridad.
- Orden + Limpieza = Seguridad



EDUARDO HOCHSCHILD



JERRY ROSAS

