

300617

42

2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.**

**“PROYECTO DE RECUPERACION DE UN
MINERAL NO RENOVABLE, PLATA”**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(Area Industrial)

Presenta:

G. Adriana Sánchez Ramiro

México, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

- Introducción	3
- Capítulo I	
Antecedentes	7
1.1. Breve Historia.	7
1.2. Usos principales de la plata.	8
1.3. Consumo de placa radiográfica	11
1.4. Consumo de líquido fijador.	11
1.5. Número de Hospitales Gubernamentales.	13
- Capítulo II	
Historia Técnica	17
2.1. Propiedades de la plata	17
2.2. Constantes de la plata.	18
2.3. Reacciones de la plata.	19
2.4. Estado Natural.	20
2.5. Estadística de producción	24
2.6. Extracción y refinado	28
2.7. Plata y sus compuestos (haluros).	32
- Capítulo III	
Métodos Básicos de Recuperación de Plata	36
3.1. Método de Combustión.	37
3.2. Método Electroquímico	38
3.3. Método Precipitación Química.	39
3.4. Método Dilución Química y Electroquímica.	41
3.5. Discusión	42

- CAPITULO IV

Estudio de los Procesos.	46
4.1. Proceso de Velado, Fijado y Electrolytico con corriente impresa	47
4.2. Proceso Cáustico.	52
4.3. Propuesta de terreno.	56
4.4. Lay-out	56

- Capítulo V

Costos	66
5.1. Análisis de costos (Proceso Velado, Fijado y Electrolytico con corriente impresa) . . .	68
5.2. Análisis de costos (Proceso Cáustico) . . .	70
5.3. Análisis de ganancias al 100% (capacidad) .	71
5.4. Análisis a futuro (5 años)	75
5.5. Análisis de rentabilidad.	89

- Conclusiones. 93

- Bibliografía. 96

INTRODUCCION

Ante la problemática que actualmente vive el País, es importante preocuparse por la recuperación de un mineral tan importante como es la plata, por su gran importancia dentro del desarrollo del País, sobre todo sabiendo que México es uno de los principales productores de plata en el mundo.

En el caso de la plata, que es el metal a estudiar, se emplea en la industria química, eléctrica, en joyería (ornamentos), como material estratégico (guerras), etc.

De esto, que sea necesario hacer un estudio de la forma de recuperarla, ya que es un mineral no renovable, además, se tiene que tomar en cuenta su elevado costo de obtención debido a la forma en que se encuentra en la naturaleza, y por sus complicados métodos de obtención.

La Recuperación de plata se hace en este caso a partir de placas radiográficas y de líquido fijador, que se utilizan en las instituciones médicas del País.

Los Métodos de Recuperación pueden ser los siguientes:

- Método de combustión

Proceso a fuego directo

- Método Electroquímico

Proceso de reemplazo metálico

- Método precipitación química

Proceso de sulfurado (para líquido)

Proceso Cáustico (para placa)

- Método dilución química y electroquímica

Proceso de velado, fijado y electrolítico
con corriente impresa

de los cuales, por sus grandes ventajas, se pueden escoger para ser mejor analizados: el Proceso Cáustico y el Proceso de Velado, Fijado y Electrolítico con Corriente Impresa.

En base a estos métodos, se pueden suponer unos equipos (diseño) para poder cumplir mejor con cada paso del proceso; y al mismo tiempo, para lograr una mejor recuperación de plata, pero como es lógico, se deben estudiar los costos tanto del equipo como de materia prima para así, de esta forma, poder decidir si en realidad es buena la recuperación de plata en la forma en la que se está planeando.

El estudio de estos costos y gastos que se pueden tener en el buen funcionamiento de los dos equipos y principalmente de placa radiográfica y líquido fijador, es recomendable que se haga para unos 5 años mínimos para que dependiendo en cuántos años es recuperable la inversión y sobre todo en qué año se empiezan a tener ganancias, también es bueno tener lugar y capital para una expansión (futuro).

Con estos datos es posible saber si es o no rentable el estudio.

Se propone un terreno con una distribución (lay-out) que se supone la adecuada para el buen funcionamiento de estos equipos, para la gente que trabaje en dicha planta y sobre todo cuidando de la Seguridad Industrial que toda planta debe tener.

El principal objetivo de este trabajo es la:

Recuperación de PLATA

C A P I T U L O I

Antecedentes

ANTECEDENTES

La plata es un mineral que se conoce y se ha usado desde hace mucho tiempo, también se sabe que se presenta en estado nativo más raramente y además profundamente escondido como compuesto o como componente de menas complejas.

A través de los años, México se ha dado a conocer por tener grandes cantidades de plata, pero desgraciadamente, ésta ha salido de nuestro País desde su descubrimiento hasta la actualidad, de tal forma que no se ha aprovechado casi en su mayoría para beneficio nuestro.

Tomando en cuenta la situación económica por la cual pasa México, debemos de tener conciencia de que todos los productos no renovables que tenemos en nuestro País deberíamos de aprovechar al máximo, la forma de hacerlo es por su recuperación; esto es, una vez que se les da un uso apropiado y pasan a ser desecho, es cuando se tiene que recuperar el metal sometiéndolo a ciertos procesos para su recuperación.

A medida que mejoró la pericia metalúrgica, se trabajaron menas más complejas. Actualmente, la plata es en su mayor parte un producto secundario de la minería del cobre, plomo y cinc.

Una parte de plata, es empleada para fines monetarios, ya en barras como garantía de certificados de plata, ya como moneda acuñada en circulación. La moneda es de aleaciones de plata con cobre, por lo general para darle mayor resistencia tanto mecánica como de uso.

Otro consumo es en orfebrería, donde es tradicional su empleo. La plata esterling comprende el mayor peso aunque grandes cantidades de plata fina se consumen en los artículos plateados.

Hay que mencionar también aquellas industrias que utilizan la plata para la producción de ciertos productos tales como:

- La industria de la joyería que consume grandes cantidades tanto en plata esterling como en aleaciones de plata.
- La industria fotográfica consume grandes cantidades de plata en forma de haluros, los cuales, a causa de su sensibilidad a la luz, son empleados en la preparación de emulsiones para películas.
- Por su poder reflector de la luz, la plata es el metal perfecto para la producción de espejos.
- Aleada con otros metales, la plata se emplea en odontología.
- Por sus distintas propiedades, la plata se utiliza en recipientes y tubos por su resistencia a la corrosión, o como material de revestimiento.

- Por su elevada conductividad eléctrica y calorífica, se emplea en contactos eléctricos al igual que en el cierre e interrupción de circuitos eléctricos.
- Otro uso es en la producción de aleaciones para soldadura amarilla que sirve por sus diversas propiedades en la creación de una soldadura fuerte y segura.
- En la industria química se utiliza como catalizador de ciertas reacciones de oxidación en fase de vapor tales como oxidación del alcohol etílico, etc.

Por todo lo dicho anteriormente, nos podemos dar cuenta de la infinidad de usos que tiene la plata, ya sea industrialmente, como moneda, medicamento o simplemente como ornamento. Es por esto que debemos de tener en cuenta el cuidado de este mineral y sobre todo, tratar de recuperarlo para un nuevo uso, ya que como se dijo anteriormente, es un mineral no renovable, y que su obtención desde origen natural es costoso y en ocasiones sofisticado.

Teniendo en cuenta de los productos en donde interviene la plata como material puro o combinado (primario o secundario) que después del tiempo de uso empleado, pasa a ser un desecho como en el caso de los sistemas de radiodiagnóstico donde es utilizada como componente de las placas radiográficas (en forma de haluro principalmente) y en líquido fijador que posteriormente es contaminado de la misma en la operación de estos sistemas y con fundamento en

la gran demanda del servicio de radiodiagnóstico y la importancia del mismo, se determina la selección de este tema para su estudio y análisis del mismo.

Para captar objetivamente el ámbito de acción en el cual se desarrolla el trabajo propuesto, primeramente se visualizó de una forma somera y general la cantidad de instituciones médicas de carácter gubernamental, dando como resultado un total de: (ver tablas 1 y 2).

En base a los datos estadísticos, se hace notar que la SSA, es el más grande de acuerdo al número de servicios de radiodiagnóstico, por lo cual se determinó desarrollar el estudio particular sobre esta institución; en relación al consumo de placas de radiografía y líquido fijador que consume esta institución, se obtuvieron los siguientes datos estimados:

CONSUMO:

PLACA RADIOGRAFICA

AÑOS	TONELADAS
1983	162.668
1984	171.357
1985	201.766

Se considera una merma del 20% aproximadamente, 10% en operación del equipo y el otro 10% lo que el derecho-

habiente se lleva o las placas vencidas.

Teniendo un promedio anual (según tabla anterior)
de:

$$178.597 - 20\% =$$

$$178.597 - 35.719 = 142.877 \text{ ton.}$$

LIQUIDO FIJADOR

AÑOS	LITROS
1983	684934
1984	943783
1985	697178

En este caso, también se tiene una merma del 20% debido a líquido vencido y/o fugas en los sistemas de operación hacia el drenaje.

Teniendo un promedio anual (según tabla anterior)
de:

$$775298 - 20\% =$$

$$775298 - 155059.67 = 620238.3 \text{ lt.}$$

NOTA: No hubo acceso en la obtención de datos estadísticos a nivel nacional, los cuales son de servi-

cio informativo; a causa de siniestro ocurrido en el mes de septiembre pasado.

TABLA I

HOSPITALES GUBERNAMENTALES DE LA REPUBLICA MEXICANA

POBLACION ABIERTA

UNIDADES MEDICAS	SSA	DDF	IMSS	TOTAL
UNIDAD CONSULTA EXTERNA	3670	191	3034	6895
UNIDAD HOSPITAL	146	30	72	248
GENERALES	110	13	72	195
DE ESPECIALIDADES	36	17	- -	53
GABINETES DE RADIOLOGIA	520	27	55	602

POBLACION DERECHOHABIENTE

UNIDADES MEDICAS	IMSS	ISSSTE	PEMEX	SDN	SM	TOTAL
UNIDAD CONSULTA						
EXTERNA	1062	945	97	188	189	2399
UNIDAD HOSPITAL	452	138	22	24	26	662
GENERALES	423	138	22	24	26	633
DE ESPECIALIDADES	29	- -	--	--	--	29
GABINETES DE RADIO-						
LOGIA	354	83	19	19	9	484

TOTAL DE HOSPITALES 10233

TOTAL DE GABINETES DE RADIOLOGIA 1086

ESTADO	SSA	IMSS	ISSSTE	SDN	SM	PEMEX	DDF	TOT
San Luis Potosí	82	206	17	3		1		309
Sinaloa	114	114	34	5	6			273
Sonora	126	107	40	5	7			285
Tabasco	121	164	21	4	1	14		325
Tamaulipas	140	134	35	8	10	10		337
Tlaxcala	54	46	8	2				110
Veracruz	292	373	82	9	30	34		820
Yucatán	46	92	14	4	2			158
Zacatecas	83	149	33	2				267

10 233

CAPITULO II

Historia Técnica

HISTORIA TECNICA

En esta parte, se hablará de las propiedades, aleaciones y compuestos de la plata.

La plata (Ag), con número atómico 47, peso atómico 107.880 está en el grupo I de la tabla periódica y en el subgrupo B que contiene el cobre y el oro. Su número de valencia es +1. La relación cuantitativa de los dos isótopos naturales que son 107 (51.35%) y 109 (48.65%), está estrechamente de acuerdo con el peso atómico determinado químicamente. La plata tiene una red cristalina cúbica de caras centradas con parámetro de 4.0774 A. a 18 C.

La plata es el más blanco de todos los metales y tiene la más alta reflectividad óptica. Posee asimismo la más alta conductividad eléctrica y térmica. Es el segundo en maleabilidad y ductilidad y la hoja de plata puede batirse hasta un espesor de 0.00001 plg. Presenta resistencia a una amplia variedad de agentes corrosivos, pero se combina fácilmente con el azufre y se mancha de negro con el sulfuro de plata, como se nota en la orfebrería.

Forma sales y compuestos con notable fotosensibilidad y acción bactericida.

Algunos de sus usos son: monedas, orfebrería. foto

graffa, galvanoplastia, aleaciones industriales y productos medicinales.

CONSTANTES

Las constantes físicas de la plata son:

p.f., 960.5°C (éste es uno de los puntos fijos básicos de la escala internacional de temperaturas); p.eb., 1950°C; d., 10.50 para la recocida, 10.43 para la fuerte estrada a 20°C y 9.30 a 960°C; presión de vapor, 0.14 mm de Hg a 1178°C; 3.9 a 1435°C., 102 a 1660°C., 200 a 1758°C., 300 a 1810°C., calor latente de fusión, 24.9 cal/gramo; calor específico, 0.0559 cal/gramo/°C a 0°C., 0.0659 a 800°C; calor de vaporización aproximado, 556 cal/gramo: conductividad térmica, 0.999 cal/ (seg) (cm²) (°C/cm) a 0°C y 0.996 a 100°C.

Coefficiente de dilatación térmica lineal, 1.910×10^{-5} sobre °C, a 100°C., resistividad, 1.59 micro-ohmios cm a 20°C.; coeficiente de temperatura de la resistencia, 0.004098 a 0 - 100°C.; conductividad en volumen (cobre = 100 %), 104%; potencial de solución electrolítica (hidrógeno = 0), + 0.7978 v. a 25°C.

Otras propiedades físicas son las siguientes:

TRABAJADA EN FRIO	REDUCCION DE 50% EN EL AREA	RECOCIDA
Resistencia a la tracción, Kg/cm ²	3797	1547
Resistencia a punto cedente, Kg/cm ²	3094	562
Alargamiento en 2 plg. %	2.5	48
Dureza Brinell	65 - 75	25 - 35

El equivalente electroquímico de la plata es 1.1175 mg/(amp)(seg). Este valor es empleado como patrón.

REACCIONES

Su actividad química está entre la del cobre y la del oro. Su elevado potencial positivo en solución electrolítica de 0.80 v., (cobre + 0.34 v ; oro + 1.36 v) la sitúa en el grupo de metales nobles.

La plata es muy resistente a la oxidación atmosférica cualquiera que sea el contenido de humedad, y resiste a la corrosión por los ácidos diluidos (con excepción del ácido nítrico) y de la mayor parte de los compuestos orgánicos, in

cluso los encontrados en los alimentos y bebidas.

Se disuelve con facilidad en el ácido nítrico, y con ayuda del calor, en el ácido sulfúrico concentrado. La plata es disuelta por los cianuros alcalinos en presencia del aire; se combina con el mercurio; la amalgama es saturada a 50%.

La plata es atacada fuertemente por el azufre y por muchos compuestos de azufre; forma depósitos negros de sulfuro con el azufre y el ácido sulfhídrico y sulfatos con los anhídridos sulfuroso y sulfúrico.

La plata forma haluros, los cuales son insolubles en el agua. La resistencia de la plata a los halógenos secos es buena; la película de haluro inerte que forma protege a la plata contra la progresión del ataque; sin embargo, la humedad destruye la película y favorece el ataque progresivo.

El bromo y el yodo son más activos que el cloro. El flúor reacciona muy ligeramente con la plata a temperaturas superiores a 300°C, cuando se hierve con ácido clorhídrico concentrado, la plata se disuelve en ligera porción.

ESTADO NATURAL

La plata está distribuida extensamente en los mine

rales en concentraciones menores de 1%. De 92 menas examinadas espectrográficamente, sólo se encontraron 4 que estuvieran exentas de plata.

La plata se presenta en estado nativo y en combinación con otros elementos en gran número de minerales. De la plata producida actualmente, puede considerarse que un tercio es de origen primario, esto es, procedente de las menas de plata, en tanto que dos tercios son subproductos de la producción de otro metal principalmente del plomo y del cobre; pequeñas cantidades provienen de los minerales de oro y de cinc.

La plata nativa se presenta en masas ramificadas irregulares de la plata misma o más comunmente asociada con otras menas de plata o de cobre.

Se han encontrado masas de plata virgen de gran peso: hasta 680 Kg. Esto aumenta el valor de un filón de menas de plata, pero el metal nativo rara vez se presenta en cantidad suficiente para ser explotado por él sólo.

Casi todas las minas de plata contienen ésta en forma de compuestos. La querargirita (plata córnea); es cloruro de plata (teóricamente con 75.3% de plata).

Masas ricas han sido halladas en las minas de Leadville, Colorado, y grandes cantidades han sido extraídas de

las minas de México. La pitargirita ($Ag_3 Sb S_3$), se extrae de minas del estado de Guanajuato. Otros minerales de plata son la hessita y la polibasita. La explotación de minerales estrictamente de plata está confinada casi enteramente en México y en España.

En la mayor parte de los casos, la plata es un producto secundario que aparece en el orden de unas pocas onzas por tonelada. Aún así, es importante por su valor y frecuentemente significa la diferencia entre el beneficio y la pérdida en la elaboración de una mena de plomo o de cobre de bajo grado.

La división entre subproducto y producto primario no es siempre clara. En algunos casos, es tan elevado el contenido en plata que se aproxima o incluso excede al valor del metal base.

PRODUCCION MUNDIAL DE PLATA

AÑOS	KILOGRAMOS
1973	9 579 000
1974	9 088 000
1975	9 265 000
1976	9 483 000
1977	10 125 000
1978	10 380 000
1979	10 927 000

De esta suerte, ocurre que la producción mundial no está ligada directamente al precio de la plata, sino más bien al precio del plomo, del cobre y del cinc.

Esta, a su vez, produce su efecto en la producción de las minas estrictamente de plata.

ESTADISTICA DE LA PRODUCCION

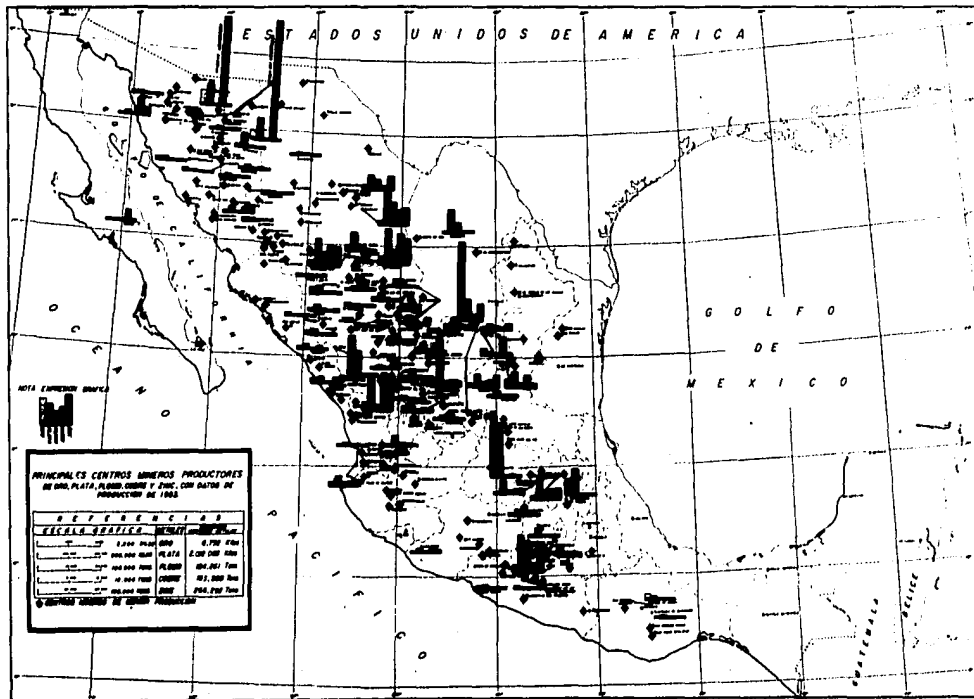
Los cálculos varían pero se puede decir que desde el descubrimiento de América hasta 1951, la producción mundial de plata ha sido de unos 19 000 millones de onzas.

De esta cantidad, un tercio aproximadamente está en reservas monetarias, orfebrería; otro tercio para fines monetarios como son las aplicaciones industriales, los artículos útiles y el atesoramiento y un tercio ha sido perdido o desperdiciado. Es imposible determinar cifras, ni aún aproximadas, acerca de la producción de plata anterior al descubrimiento de América; por conjeturas, se puede aventurar que el total de plata disponible es de 14 000 a 15 000 millones de onzas de las cuales 6 000 millones son poseídos por los gobiernos.

A continuación, se presentan dos tablas de la producción de plata nacional por años desde 1970 hasta 1984 y la producción por estados.

VOLUMEN Y VALOR DE LA PRODUCCION NACIONAL DE PLATA

AÑOS	KG	MILLONES (\$)
1970	1 332 463	949.5
1971	1 140 156	710.7
1972	1 165 852	793.6
1973	1 206 436	1 232.9
1974	1 167 814	2 229.0
1975	1 182 822	2 100.9
1976	1 306 243	2 992.9
1977	1 462 789	4 900.6
1978	1 579 393	6 238.2
1979	1 536 772	12 663.4
1980	1 472 557	22 498.6
1981	1 654 829	13 481.3
1982	1 840 528	28 291.5
1983	2 012 000	87 842.4
1984	2 091 911	97 778.7



EXTRACCION Y REFINADO

Los procedimientos empleados en la extracción de la plata de sus menas y concentración son:

FUSION DIRECTA

AMALGAMACION

CIANURACION

LIXIVIACION CON SALMUERA O

TIOSULFATO DE SODIO

REFINACION

FUSION DIRECTA

Tiene la ventaja de ser sencillo y con un elevado rendimiento. Todas las menas de plomo-plata y cobre-plata son tratadas por este método.

La plata es absorbida por el metal común hasta un grado muy alto y se extrae como subproducto.

Las menas de plomo son fundidas de modo usual; la plata se va con el plomo y se extrae por el procedimiento de

desplatación de Parkes o por el procedimiento de Betts.

En las menas de cobre, la plata se va con el cobre y se separa por refinado electrolítico.

AMALGAMACION

Este método se basa en que la plata en contacto con el mercurio a la temperatura ordinaria forma una amalgama, y el cloruro de plata es reducido por el mercurio a la plata, la cual se amalgama. Las menas que sirven para este procedimiento son las que contienen plata nativa o haluros de plata.

Este procedimiento es usado en México y en América del Sur, hasta hace poco.

En este procedimiento, la mena finamente triturada, constituida por plata nativa, cloruro de plata y complejos de sulfuros, era mezclada con agua y sal hasta formar una pasta. La mezcla se hacía por mulas o caballos que pisaban la mena extendida sobre un patio enlosado. Un día después se añadía mercurio y sulfato de cobre y se mezclaba todo completamente. Es probable que se formara cloruro de cobre, el cual reaccionaba con el mercurio, dando plata y cloruro mercurioso; esto se separa por sedimentación y así se recupera una pasta de plata de alto grado.

CIANURACION

En realidad, algunas veces el oro y la plata son tratados en la misma mena. La plata es soluble en los cianuros alcalinos aunque más lentamente que el oro; los haluros de plata se disuelven con facilidad. Los sulfuros de plata se disuelven muy lentamente y requieren una gran cantidad de cianuro de sodio, como éste entre en muchas reacciones secundarias, y en un largo ciclo de colados, aumentan la cantidad de cianuro consumido.

Por esta razón, las menas de sulfuros se preparan frecuentemente por tostación oxidante o clorurante. (El cianuro que se emplea es casi exclusivamente sódico).

La plata disuelta es precipitada por el cinc o por el aluminio. Por el mayor rendimiento y el menor costo, suele preferirse la cianuración para beneficiar las menas de plata.

LIXIVIACION

(Disolver en agua una solución alcalina).

El cloruro de plata es soluble en la salmuera concentrada y en el tiosulfato de sodio, se han ideado procedimientos para transformar las menas de sulfuros en cloruro y

después lixiviar.

Los sulfuros de plata son oxidados y convertidos en sulfatos, los cuales reaccionan con el cloruro de sodio y forman cloro y ácido clorhídrico. Estas bases convierten la plata y los compuestos de plata en cloruro. El antimonio y el arsénico son eliminados por volatilización; la temperatura de la tostación debe ser cuidadosamente vigilada.

Es difícil calcular la producción mundial de plata por los métodos anteriores. En regiones en que escasea el agua, aún se practica mucho el procedimiento de amalgamado. Donde se dispone de agua, el método de lixiviación es preferido.

REFINACION

En todos los procedimientos de extracción, la plata aparece finalmente en forma de pasta que contiene cantidades variables de oro, metales comunes y algunas veces metales del grupo del platino. Esta plata se refina por coloración, partición o electrólisis. La mayor parte de la plata se obtiene hoy por refinación electrolítica.

PATRONES

El contenido en plata de las barras es la ley de

la aleación y se expresa en milésimas o partes por mil. La plata fina es el patrón sobre el cual se basa el precio de la plata en los E.U.A., y tiene como mínimo 999 milésimas de plata. La plata amonedada tiene 900 milésimas y ordinariamente está aleada con cobre (100 milésimas de liga). La plata esterlina es de 925 milésimas y el resto es ordinariamente de cobre, pero pueden emplearse otros metales comunes como el cinc, el níquel o el aluminio. La Gran Bretaña usó la plata esterlina como patrón durante muchos años, y los precios en Londres eran determinados en peniques por onza troy (31.103 gramos), .925 de plata fina. Esta práctica se interrumpió en enero de 1945, y ahora los precios son determinados en peniques por onza troy de 999 milésimas.

PLATA Y SUS COMPUESTOS

HALUROS

Los haluros de plata más utilizados en placa radiográfica son:

CLORURO DE PLATA (Ag Cl)

Es un precipitado blanco gaseoso obtenido por adición del ion cloruro a una solución de nitrato de plata.

Alrededor de 450°C, se funde y da un líquido amarillo. Por enfriamiento, este líquido forma un sólido translú-

cido incoloro que puede ser laminado en hojas delgadas en condiciones cuidadosamente reguladas, además de su uso en fotografía, se emplea en ciertas pilas eléctricas.

BROMURO DE PLATA (Ag Br)

Se obtiene como precipitado gaseoso blanco o blanco amarillento por acción del ion bromuro a una solución de nitrato de plata.

Se funde a unos 425°C y da un líquido rojizo que por enfriamiento forma un sólido amarillo translúcido.

YODURO DE PLATA (Ag I)

Se forma como precipitado arquesonado amarillento al mezclar una solución de nitrato argéntico con una de un yoduro.

Se funde a 550°C y forma un líquido rojo que se solidifica en masa translúcida amarilla. Además de su aplicación en fotografía, se ha empleado en años recientes para esparcirlo en las nubes como cebo para provocar la lluvia.

Otros haluros de plata aunque no utilizados en fotografía o en placas radiográficas son:

NITRATO DE PLATA (AgNO_3) Se emplea prin

principalmente en la preparación de películas fotográficas y papeles sensibles a la luz.

YODATO DE PLATA (AgIO_3)

FLUORURO DE PLATA (Ag F)

BISULFURO DE PLATA (Ag_2F)

NITRITO DE PLATA (AgNO_3)

OXIDO DE PLATA (Ag_2O)

PERCLORATO DE PLATA (AgClO_4)

PICRATO DE PLATA

SULFATO DE PLATA (Ag_2SO_4)

SULFITO DE PLATA (Ag_2SO_3)

SULFURO DE PLATA (Ag_2S_2)etc.

C A P I T U L O I I I
M E T O D O S B A S I C O S D E R E C U P E R A C I O N D E P L A T A

METODOS BASICOS DE RECUPERACION DE PLATA

Existen varios métodos para la recuperación de plata tanto de la placa radiográfica como del líquido fijador.

Estos métodos que son algunos son:

I METODO DE COMBUSTION

- PROCESO A FUEGO DIRECTO.

II METODO ELECTROQUIMICO

- PROCESO DE REEMPLAZO METALICO.

III METODO PRECIPITACION QUIMICA

- PROCESO DE SULFURADO (para líquido)



- PROCESO CAUSTICO (para placa radiográfica)

IV METODO DILUSION QUIMICA Y ELECTROQUIMICA

- PROCESO DE VELADO, FIJADO Y ELECTROLITICO CON CORRIENTE IMPRESA.

Analizando cada proceso en cuanto a sus ventajas y desventajas y una breve explicación del proceso se obtuvo lo siguiente:

METODOS BASICOS DE RECUPERACION DE PLATA

I METODO DE COMBUSTION

PROCESO A FUEGO DIRECTO

En una fragua o en un horno, se introducen las placas radiográficas a una temperatura tal que incinere la placa base de plástico y el medio aglutinante que forma la emulsión de plata.

El calor aplicado produce la quema del plástico con desprendimiento de humo y gases tóxicos, quedando la plata metálica depositada en el fondo.

VENTAJAS

- Obtención de plata metálica.
- Es un proceso rápido.
- El costo del equipo e instalaciones se amortiza en corto plazo.

DESVENTAJAS

- Es altamente contaminante.
- El costo del equipo especial para el medio ambiente (por su alto grado de contaminación).
- Considerable costo de la refinación del metal (plata) por electrólisis.
- No se aprovecha el subproducto (mica) para así tener otro ingreso.

II METODO ELECTROQUIMICO

PROCESO DE REEMPLAZO METALICO

Se efectúa cuando un metal más activo que la plata se pone en contacto con una solución que contenga iones de plata (menos activo) disuelto en ella; de esta manera, los iones de plata (metal menos activo) presentes en la solución reaccionan con el metal más activo, depositándose en forma de plata metálica y liberando iones del otro metal que pasan a la solución.

Un ejemplo de metal y el más común a trabajar con este método es el hierro, cinc, cobre y fibra de acero.

VENTAJAS

Para líquido fijador usado:

- No requiere instalación eléctrica.
- Bajo costo (se rellenan cartuchos de fibra de hierro).

DESVENTAJAS

Para líquido fijador usado:

- Pérdida económica considerable, debido a fuga de iones de plata.
- Producción limitada y retardada.
- Favorece la contaminación en las descargas a drenaje por la fuga de iones de plata.
- Incrementa los gastos de operación en la compra

de otros metales degradados.

NOTA: Posteriormente, la fibra de hierro se funde en un horno para obtener la plata metálica.

III METODO PRECIPITACION QUIMICA

A) PARA LIQUIDO FIJADOR USADO

PROCESO DE SULFURADO

(Precipitador sulfuro de sodio Na_2S)

Se agregan diferentes compuestos a los fijadores para hacer que la plata contenida en estos se precipite y forme un sedimento; el líquido sobrenadante es separado y el sedimento filtrado, secado y refinado.

VENTAJAS

- Precipita toda la plata en solución.
- Bajo costo de instalaciones.

DESVENTAJAS

- Retarda la producción, debido a los tiempos de sedimentación y decantación que son muy prolonga dos. (Mínimo 12 horas).
- Riesgoso, debido a que existe la producción de

ácido sulfhídrico debido a la reacción con los fi
jadores, siendo éste tóxico y muy desagradable.

- El precipitado no resulta de alta pureza por lo que el total de plata es bajo; si se vende así, resulta bajo su costo y si se lleva a refinado, los costos de producción se incrementan.

NOTA: Estos lodos deben ser secados por acción solar en un cedazo de muselina o mediante una mufia, posteriormente son llevados a un horno para su fundición y obtener finalmente la plata metálica.

B) PARA PLACA RADIOGRAFICA EXPUESTA Y/O VENCIDA.

PROCESO CAUSTICO

La placa con plata es sometida a la sosa cáustica - hidróxido de sodio (NaOH) mediante un sistema de bandas transportadoras de acero a inmersión a cierta temperatura, quedando perfectamente limpias sin residuos de plata y gel, los lodos precipitan con facilidad en un tiempo no mayor a 2 horas; estos lodos son llevados al horno para su fundición y obtener la plata metálica. Este proceso es continuo en donde la placa pasa posteriormente a escurrido, enjuague con agua caliente y/o fría, escurrido y se estiba la placa limpia.

VENTAJAS

- Limpia y precipita toda la plata de la placa.
- El precipitado es de buena pureza.
- Alta eficiencia de producción, debido al mecanismo de operación mecánica automatizada.
- Facilidad de recolección de lodos.
- Gran disminución de contaminación debido a la reutilización de cáustico, el poco que se fugue en el enjuague y cuando éste se drene, ayuda a la limpieza de los drenajes porque disuelve grasas y otros contaminantes sólidos.
- Se amortizan en muy corto plazo los costos de adquisición de los equipos y energía utilizada.

DESVENTAJAS

- Costo considerable de equipo e instalación.
- Utilización de energía eléctrica y calorífica.

IV METODO DILUSION QUIMICA Y ELECTROQUIMICA

PROCESO PARA PLACA RADIOGRAFICA EXPUESTA Y/O VENCIDA

Proceso de velado, fijado y electrolítico con corriente impresa.

La placa radiográfica es puesta en canastillas manual o automáticamente, es llevada mediante una banda trans-

portadora de rodillos con pendiente hasta el sistema mecánico neumático giratorio con brazos, donde son montadas y soportadas las canastillas con placa; inicialmente son sometidas a inmersión al cloruro férrico en solución donde son veladas; pasan posteriormente a un enjuague con agua caliente, enseguida pasan a depósitos continuos para el fijado en donde la plata queda completamente diluida con los fijadores, por último la placa desplateada pasa a enjuague con agua caliente, donde finalmente queda limpia, se saca de las canastillas manualmente y se pasa a escurrido y estibado.

Una vez que los fijadores están concentrados de plata, son bombeados hasta las celdas electrolíticas donde existen cátodos de acero inoxidable y ánodos de grafito, el líquido fijador es el electrolito, se le aplica corriente impresa mediante rectificadores de corriente y la plata metálica de alta pureza se deposita en los cátodos en forma continua y eficiente; posteriormente, es desprendida de los cátodos y todas las excamas de plata son llevadas a fundición para obtenerla en barras o en gránalla, según se requiera.

Asimismo, todos los fijadores que se obtienen directamente de los sistemas de radiodiagnóstico y que contienen plata, son procesados de la misma forma, es decir, por el proceso de electrólisis.

VENTAJAS

- Eficiente producción y alta calidad de pureza.

- Tiempos considerablemente buenos de obtención del metal.
- Se amortiza el costo total de las instalaciones y equipos requeridos en el proceso a corto plazo.
- Disminuye notablemente el grado de contaminación.
- Se puede volver a reutilizar el líquido fijador en los sistemas de radiodiagnóstico y la mica lím pia puede ser reutilizada en la industria para la fabricación de pinturas plásticas y esmaltes, industrias de fabricación de ropa, etc., etc.

DESVENTAJAS

- Alto costo de instalación y equipo.
- Utilización de energía eléctrica y calorífica.
- Mantenimiento preventivo y programado de las instalaciones y equipos.

Al analizar las ventajas y desventajas de todos y cada uno de los métodos con sus respectivos procesos, se notó que los más adecuados de usar para nuestro fin son:

Precipitación química con el proceso cáustico y el método de dilución química y electroquímica con el proceso de velado, fijado y electrofítico con corriente impresa.

Se tomaron en cuenta principalmente las desventajas de cada proceso; en primer lugar, el alto grado de contamina-

ción, la falta de seguridad industrial, otro punto importante es la buena recuperación de la plata, asimismo, el aprovechamiento de los otros subproductos como es la mica, la regeneración del líquido fijador, etc.

Si estudiamos el proceso de Sulfurado, la desventaja principal es la producción de ácido sulfhídrico, este ácido es un alto contaminante.

En el proceso a fuego directo, el problema es la pérdua de la mica y la necesidad de tener un equipo especial por ser gran contaminante del medio ambiente. Estos dos procesos referentes a la placa radiográfica.

En cuanto al líquido fijador, tenemos el proceso de reemplazo metálico, es muy costoso y ayudamos a la contaminación de los drenajes; y de lo que se trata es de evitar la creación de industrias que pongan en peligro la Ecología de las zonas donde se instale el equipo.

En cuanto a los procesos elegidos se puede mencionar en primer lugar su bajo grado de contaminación. En relación a la placa radiográfica, el proceso cáustico es un equipo que trabaja en forma continua (posteriormente se estudiará) por lo que la inversión es recuperable a corto plazo, y lo más importante es que la plata se recupera casi al 100% con una gran pureza.

El proceso de Velado, Fijado y Electrolytico con corriente impresa está compuesto por dos procesos a la vez, uno el de velado y fijado que es para placa radiográfica, a base de procesos fotograficos, tiene la ventaja de obtener un sub-producto "mica", la eficiente produccion y la amortizacion de su costo. El otro proceso es el Electrolytico con corriente impresa, que sirve para el liquido fijador, tanto el que se tiene como el que viene del proceso anterior, de igual forma, tanto la recuperacion de plata como la pureza de ésta son buenas.

En base a lo anterior es el por qué del estudio minucioso de estos dos últimos procesos.

C A P I T U L O I V
Estudio de los Procesos

ESTUDIO DE LOS PROCESOS

PROCESO DE VELADO, FIJADO Y ELECTROLITICO CON CORRIENTE IMPRESA

Este proceso sirve para placa radiográfica expuesta y/o vencida, al igual que para líquido fijador.

El proceso es el siguiente:

Los pasos a seguir y las condiciones técnicas se pueden describir de la siguiente forma: La placa radiográfica es puesta en canastillas manual o automáticamente, es llevada mediante una banda transportadora de rodillos con pendiente hasta el sistema mecánico-neumático giratorio con brazos, donde son montadas y soportadas las canastillas con placa que aproximadamente pesan 2 Kg.; inicialmente son sometidas a inmersión al cloruro férrico con una densidad de 1.455 Kg/lt. o 45°Be, se mete a solución con agua para diluirlo en una proporción de 1 a 3 en volumen, es decir, 1 lt. de este producto en 3 de agua que arrojan una concentración de:

$$V_1 \times p_1 = V_2 \times p_2$$

$$3 \times p_1 = 1 \times 1.455$$

$$p_1 = \frac{1 \times 1.455}{3} = 0.485 \text{ Kg/lt}$$

El tiempo de inmersión es de 2 min., la temperatu-

ESTUDIO DE LOS PROCESOS

PROCESO DE VELADO, FIJADO Y ELECTROLITICO CON CORRIENTE

IMPRESA

Este proceso sirve para placa radiográfica expuesta y/o vencida, al igual que para líquido fijador.

El proceso es el siguiente:

Los pasos a seguir y las condiciones técnicas se pueden describir de la siguiente forma: La placa radiográfica es puesta en canastillas manual o automáticamente, es llevada mediante una banda transportadora de rodillos con pendiente hasta el sistema mecánico-neumático giratorio con brazos, donde son montadas y soportadas las canastillas con placa que aproximadamente pesan 2 Kg.; inicialmente son sometidas a inmersión al cloruro férrico con una densidad de 1.455 Kg/lit. o 45°Be, se mete a solución con agua para diluirlo en una proporción de 1 a 3 en volumen, es decir, 1 lt. de este producto en 3 de agua que arrojan una concentración de:

$$V_1 \times p_1 = V_2 \times p_2$$

$$3 \times p_1 = 1 \times 1.455$$

$$p_1 = \frac{1 \times 1.455}{3} = 0.485 \text{ Kg/lit}$$

El tiempo de inmersión es de 2 mín., la temperatu-

ra del cloruro férrico es entre 20° y 24° (ambiente). Para detectar cada cuándo se tiene que agregar más cantidad de cloruro férrico, es necesario checar diario la concentración o densidad con un densímetro, ya que este valor puede variar. En esta tina se velan las placas.

Posteriormente, pasa la canastilla a enjuague con agua caliente a la temperatura de 60°C para ayudar a aflojar el gel, el tiempo es de 2 min.

Enseguida pasan a depósitos continuos para el fijado, en donde la plata queda completamente diluida con los fijadores, el tiempo de fijado es de 2 min. (en inmersión); pero como son dos tinas, el tiempo total es de 4 min., la temperatura es la ambiental. Por último, la placa desplataada pasa a enjuague con agua caliente (temperatura 60°C) donde finalmente quedan limpias.

NOTA: El agua se cambia:

Primer enjuague, cada semana.

Segundo enjuague, cada 2 semanas.

Pasan las canastillas a un área de escurrido, después éstas se sacan manualmente para ser estibadas.

Una vez que se detecta analíticamente (análisis cualitativo y cuantitativo mediante papel indicador para pla

ta) que la concentración obtenida de una muestra diaria de los líquidos fijadores asciende a 6 gr/lr., ésta es bombeada mediante un trasiego (bomba centrífuga) hasta el área de proceso electroquímico directamente a las celdas electrolíticas. En estas celdas existen cátodos de acero inoxidable y ánodos de grafito, el líquido fijador es un electrolito y se le aplica corriente impresa mediante rectificadores de corriente y la placa metálica de alta pureza se deposita en los cátodos en forma eficiente y continua.

El tiempo de procesamiento en las celdas durante la electrólisis, se calculará de acuerdo a las necesidades de producción requeridas, teniendo muy presente que nunca, por ningún motivo, deberá aplicarse corriente impresa mayor a 0.5 amp/dm^2 debido a que si se rebasan estos valores, la plata obtenida no será de la calidad deseada ya que se formarían durante el proceso sulfuros de plata debido a los compuestos que contiene el líquido fijador en donde el azufre está presente.

Condiciones de operación referentes a pH de 4 a 5, esto marca una tendencia ácida del electrolito, la temperatura es la standard 20°C a 24°C .

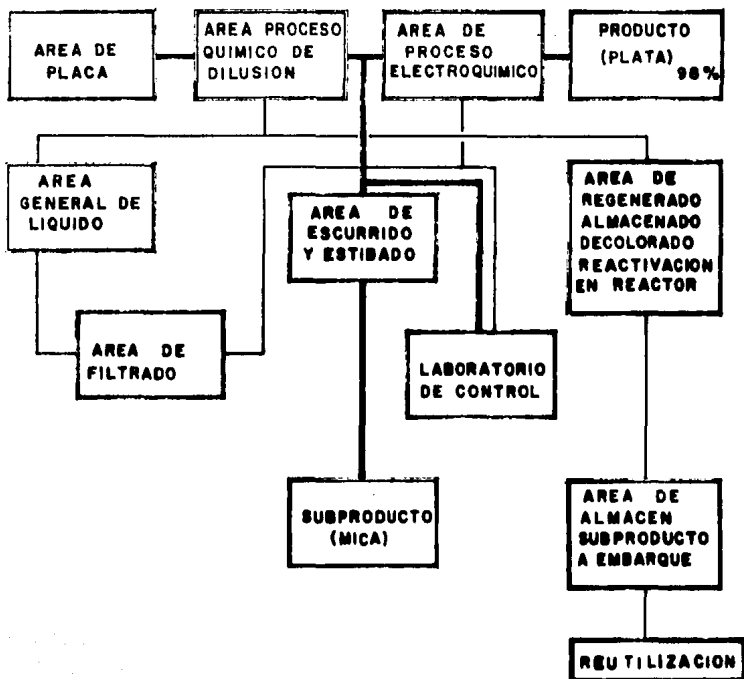
Posteriormente es desprendida de los cátodos. Todas las escamas de plata son llevadas a fundición para obtenerla en barras o en granalla, según se requiera.

Asimismo, todos los fijadores que se obtienen directamente de los sistemas de radiodiagnóstico y que contienen plata son procesados en la misma forma, es decir, por el proceso de electrólisis.

A continuación, se presenta un diagrama de bloques del proceso explicado anteriormente.

METODO DE DILUSION QUIMICA Y ELECTROQUIMICA

PROCESO DE VELADO, FIJADO Y ELECTROLISIS CON CORRIENTE IMPRESA



PROCESO CAUSTICO

Este proceso sirve para placa radiográfica.

Tomando en cuenta los pasos a seguir y las condiciones técnicas de este proceso, se describe de la siguiente forma:

La materia prima (placa radiográfica de diferentes tamaños expuesta y/o vencida) es sometida a la sosa cáustica (hidróxido de sodio NaOH) mediante un sistema de bandas transportadoras de acero a inmersión en las siguientes condiciones: Concentración de la solución de sosa cáustica diluida a 1.2 gr/cm^3 correspondiente a 24° Be, la cual diariamente es checada por el densímetro correspondiente ya que no se tiene una estadística a nivel piloto (laboratorio) para obtener el rendimiento de la concentración de sosa cáustica referida en Kg. de la misma por tonelada tratada de placa radiográfica debido a que intervienen factores como la evaporación porque el proceso se efectúa a la temperatura de 60°C, así como la interferencia de la gel contenida en la fabricación de las placas.

Teniendo un ejemplo para saber y mantener la concentración de la solución, se puede aproximar la cantidad de sosa:

$$\begin{array}{rcl} 1.2 \text{ gr} & - & 1 \text{ cm}^3 \\ x & - & 31\,500 \text{ cm}^3 \end{array}$$

$$x = 37\,800 \text{ gr} = 37.8 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, la cantidad de sosa a diluir es de 37.8 Kg para mantener una concentración de 1.2 gr/cm^3 .

El sistema consta de tres tanques, en el primero se tiene sosa cáustica diluida, con un tiempo de inmersión de la placa de 3 min. a la temperatura de 40°C y de 2 min. a la temperatura de 60°C con una longitud total de banda de 10 m. Posteriormente, pasa a un segundo tanque que es de escurrido durante un tiempo de 1 min. con una longitud de 3 m. Después, pasa al tanque número tres que contiene agua para enjuagar las placas, donde el agua se encuentra a temperatura ambiente, permaneciendo un tiempo de 1 min. La longitud es de 3 m.

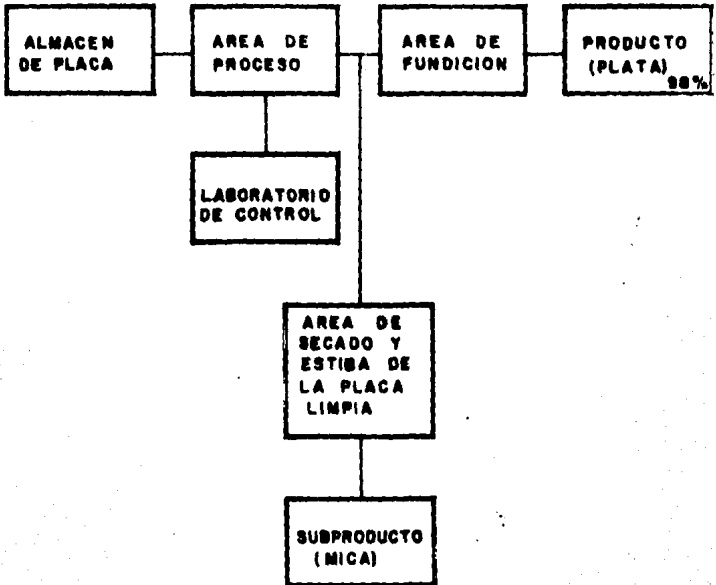
Los tanques tienen una pendiente para que se depositen los lodos que contienen plata. Estos se bombean a unos tanques para separar el líquido de los lodos. El líquido retorna al primer tanque para volver a ser usado, mientras los lodos se depositan en unas cubetas para llevarlos a fundición. (Los lodos precipitan con facilidad en un tiempo no mayor a dos horas).

Este proceso es continuo, donde al final la placa se estiba ya limpia de plata.

A continuación, se presenta un diagrama de bloques de este proceso.

METODO PRECIPITACION QUIMICA

PROCESO CAUSTICO



PROPUESTA DE TERRENO Y LAY-OUT

Se propone un terreno de 20 x 25 m (escala 1:50) para la instalación de los equipos. Considerándose las siguientes áreas:

- Oficinas
- Almacén materia prima
- Laboratorio (para los dos equipos)
- Proceso Velado, Fijado y Electrólisis con corriente impresa
 - Octágono
 - Celdas (octagonales)
 - Tanques área regeneración
 - Tinas almacén líquido regenerado
 - Tanques almacén
- Proceso Cáustico
 - Tanque de Ataque
 - Tanque Enjuague
 - Tanque Escurrido
 - Area de llenado
 - Tanques de Decantación
 - Area de Fundición
- Baños
- Cisterna de Líquido Fijador
- Cuarto de Seguridad (desplatado)

Todas estas áreas son las que en un momento determinado se pueden llegar a tener en la instalacion real de estos equipos.

En los planos siguientes, se presentan:

- Lay-out, en donde se distribuyen todas las áreas antes mencionadas.
- Isométrico de las tuberías de los dos equipos, considerándose éstas de gran importancia para el funcionamiento de los dos equipos.
- Esquemas de las celdas.

Se pueden considerar un número de obreros de:

4 obreros y un laboratorista, que podrían llegar a desempeñar algunas de las siguientes actividades:

- Recibir la placa radiográfica
- Recibir el líquido fijador
- Almacenar la placa radiográfica
- Seleccionar la placa radiográfica
- Llenar las canastillas
- Montar y desmontar las canastillas
- Bombear el líquido tanto a celdas como a tanques
- Analizar la concentracion tanto del líquido fijador, sosa cáustica y cloruro férrico

- Cuidar los dos equipos (funcionamiento)
- Ciertas composturas o reparaciones
- Barrer
- Pintar
- Engrasar
- Almacenar la mica (telestalato de polietileno)
- Almacenar el líquido fijador regenerado
- Etc.

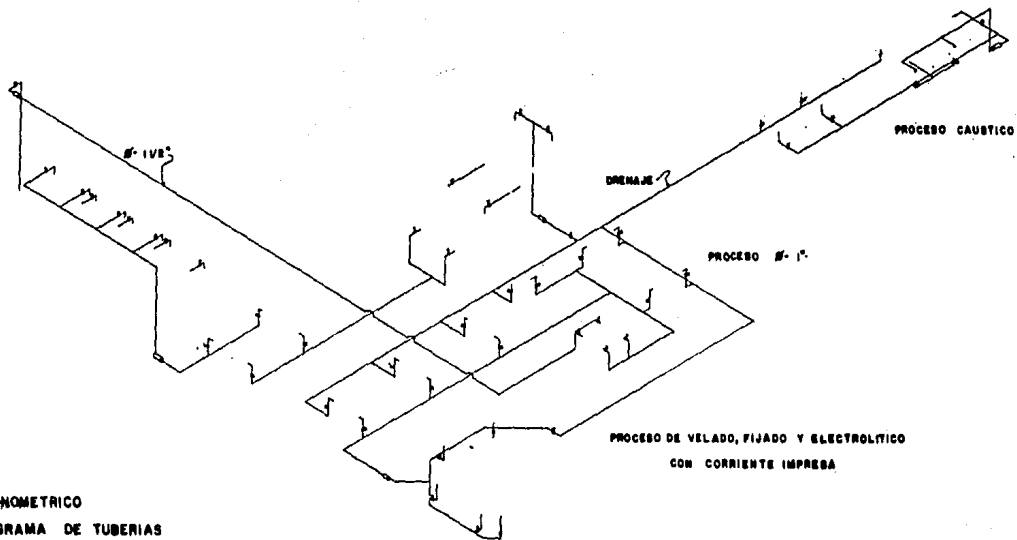
Dentro del personal, se puede considerar a Ingenieros, Secretarias, etc.

La Seguridad Industrial en una área de trabajo es muy importante, ya que de esto depende el buen estado tanto físico como moral de los obreros; para que se pueda tener esta seguridad, se necesitan los siguientes equipos:

- Goggles
- Máscaras antigas con filtros de carbón activado
- Bota industrial
- Delantal u oberoi plástico o ahulado
- Casco de seguridad
- Guantes plásticos
- Careta plástica con filtro antigas de carbón ac-
tivado
- Manga larga o puñeras
- Extinguidores
- Regaderas de agua a alta presión

- una en laboratorio
- una en área de proceso
- Etc.

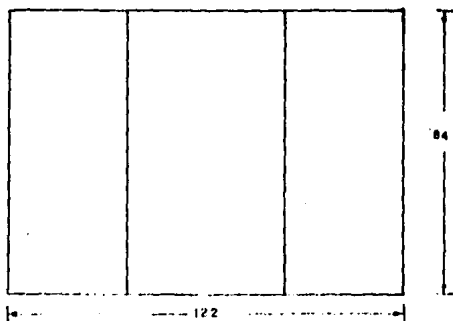
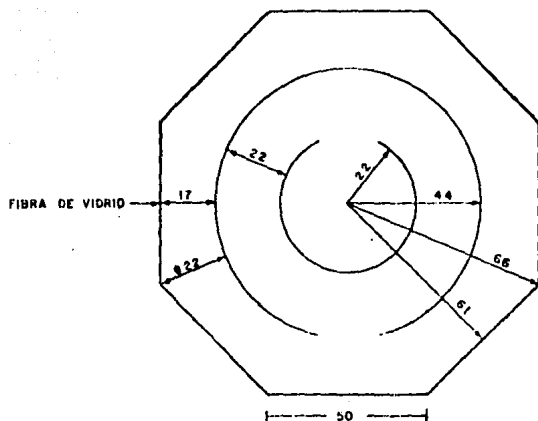
Se pueden considerar tanto más funciones del personal (obreros) como de equipos de Seguridad Industrial. En la parte anterior, se anotaron los más importantes o los más usados.



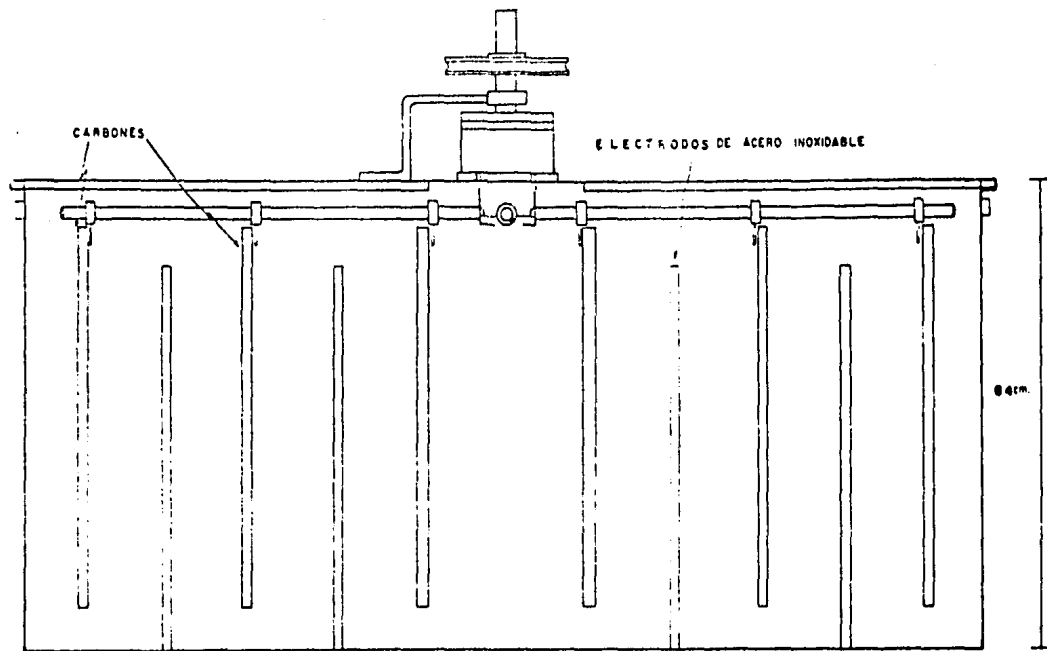
AXONOMETRICO
 DIAGRAMA DE TUBERIAS
 ESC. 1:75

CELDA
ELECTROLITICA

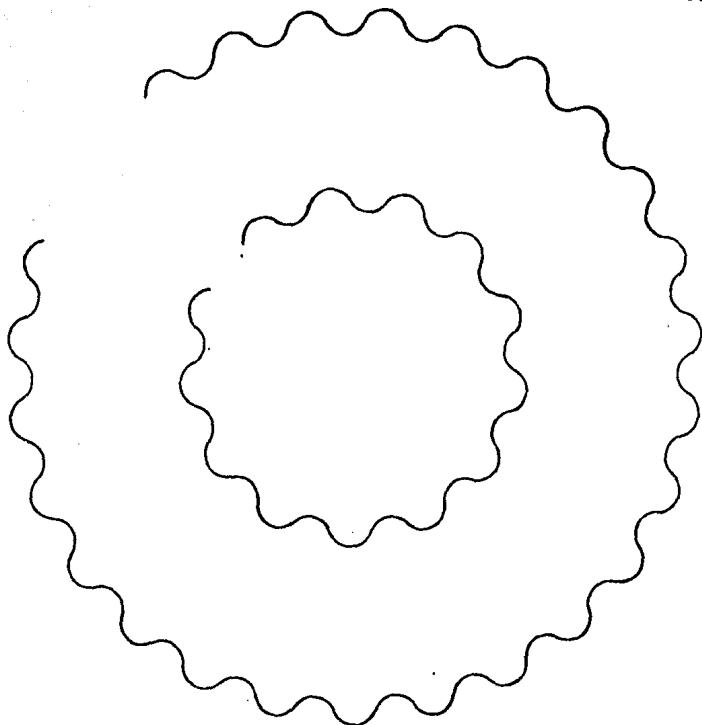
- 62 -



DIMENSIONES EN cm.



CELDA ELECTROLITICA

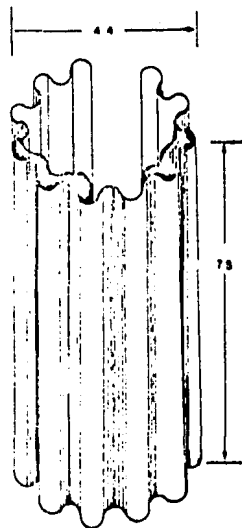
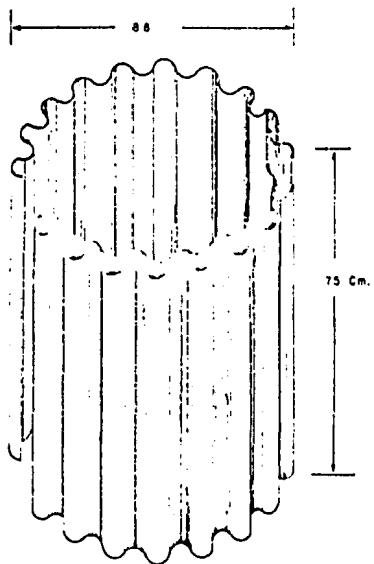


ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE

LAMINA DE ACERO INOXIDABLE TIPO 3/16 CALIBRE 20

ELECTRODO EXTERIOR 2.76 CM. X 75 CM. DIAMETRO 88

ELECTRODO INTERIOR 1.38 CM X 75 DIAMETRO 44 CM



ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE TIPO 3/16 CALIBRE 20

C A P I T U L O V

Costos

COSTOS

Es importante considerar el costo de cada equipo para saber si es rentable (costeable) o no el equipo. Para esto, se tienen que aproximar los costos de cada equipo y su capacidad, tanto al 100% como a otros porcentajes (volumen) de cada uno a procesar.

Es bueno efectuar un análisis a futuro (5 años) tanto del volumen total como un cierto porcentaje (como anteriormente se mencionó). Estos volúmenes son anuales. Al igual que la ganancia total anual de los dos equipos, para ver en cuanto tiempo es recuperable el costo del equipo, considerar la expansión que se puede llegar a tener para poder procesar todo el volumen tanto de líquido fijador como de placa radiográfica y por supuesto, cuál será la ganancia y en cuánto tiempo.

A continuación, se tiene el costo aproximado de cada equipo y el análisis a futuro:

ANALISIS DE COSTOS DE CADA PROCESO A ESTUDIAR

Proceso de velado, fijado y electrofítico con corriente im-
presa:

- Tubería PVC 1" uso indus- trial		70 m x	1541 = \$	107,870
- Válvulas PVC uso indus- trial				
de 1 1/2" paso		1 x	8739 = \$	8,739
de 1" paso		40 x	5101 = \$	204,040
- Codos	90 1"	64 x	936 = \$	59,904
	45 1"	10 x	516 = \$	5,160
- Válvula chek	1 1/2"	1 x	55459 = \$	55,459
- Conectores PVC	1"	80 x	319 = \$	25,520
- Tuercas unión	1 1/2"	2 x	6949 = \$	13,898
	1"	8 x	5400 = \$	43,200
- Brida	1 1/2"	1 x	3251 = \$	3,251
- Reducciones	6"-4"	2 x	5210 = \$	10,420
	4"-3"	2 x	3336 = \$	6,672
	3"-2"	2 x	2405 = \$	4,810
	2"-1"	2 x	2044 = \$	4,088
- "T" de PVC	1"	22 x	1415 = \$	31,130
	1 1/2"	1 x	2778 = \$	2,778
- Filtro		2 x	100000 = \$	200,000
- Mesa neumática, tramo de rodillos de gravedad		1 x	1'202850 = \$	1'202,850

- Rectificadores de corriente directa de silicio, entrada ca 120 v cd 32 amp 1 fase tipo rec, 60 Hz 2.9 KVA; salida ca 15 v cd 150 amp, KW 2.25, RIPPLE 48 interruptor magnético de 1 x 30 amp.	6	x	850430 = \$	5'102,580
- Controladores de tiempo, horario programado unipolar <u>in</u> verso, capacidad 20 amp 240 vca, P/3/4 CF, 120 vca motor crónico 120 v, 60 Hz.	6	x	135270 = \$	811,620
- Horímetros c/seis dígitos, 110v, 60 Hz, 70mmL, 70mm A, 60mm F.	1	x	85300 = \$	85,300
- Extractor de 1/4 HP (para el laboratorio)	1	x	90870 = \$	90,870
- Balanza analítica Mettler cap 200 gr.	1	x	600000 = \$	600,000
- Platinas Term-o-plate cap. 120v 14 amp 1600 W, 800 F	2	x	32651 = \$	65,302
- Tinacos Fibra de Vidrio cap. 1250 lt.	8	x	93900 = \$	751,200
- Cilindro .70m x 1.50m de diámetro de Fibra de Vidrio	2	x	103500 = \$	207,000
- Tinas octagonales .80m de altura x .50m de lado de <u>fi</u> bra de vidrio	6	x	147775 = \$	886,650

- Moto reductor 1/4 HP 220 trifásica	1	x	350000 = \$	350,000
- Bomba centrífuga horizontal tipo 01 sello mecánico, tipo 6 flecha AI				
316 1.5 HP 300 lt/hr succión 2" salida 1 1/4"				
1750 rpm impulsor integrado	1	x	350000 = \$	350,000
- Cloruro Férrico	1600lt	x	500 = \$	800,000

Proceso Cáustico

- Lámina negra 1/8" calibre				
10	12	x	200 = \$	2,400
- Tubo hierro negro cédula				
40 3/4" de primera	12	x	2694 = \$	32,328
- Engranajes de 25 dientes piñón cónico	2	x	5000 = \$	10,000
- Bomba de hierro colado 1/4 HP succión 1" salida 1"	1	x	28500 = \$	28,500
- Motoreductor 1/2 HP 56 rpm de salida	1	x	252000 = \$	252,000
- Tubo para agua 1/2" galvanizada de 6.40 m	12	x	2821 = \$	33,852
- Manguera de acero con chi-				

flón	8	x	1525 = \$	12,200
- Horno de 50 Kg. para fundir plata	1	x	760000 = \$	760,000
- Crisol de 50 Kg.	4	x	140000 = \$	560,000
- Banda de rodillos (20 m)			= \$	1'420,500
- Sosa Cáustica en escamas	160	x	290 = \$	46,400

Quedando un costo total aproximado de los materiales a utilizar de:

Proceso velado, fijado y electrolítico con corriente impresa:

\$ 12'090,311

Proceso cáustico: \$ 3'158,180

TOTAL: \$ 15'248,491

Los costos como se puede notar, son más altos para el primer proceso, pero este equipo sirve tanto para placa radiográfica como para líquido fijador, pero su costo, como anteriormente se mencionó, es recuperable en poco tiempo por los siguientes datos:

620238.3 lt anuales

51686.5 lt mensuales

2461.2 diarios

Si 1 lt - 4gr de plata

2461.2 lt - x

$$x = 9844.8 \text{ gr} \quad 9.84 \text{ Kg}$$

Capacidad de cada celda es de 800 lt si tenemos 3

$$800 \text{ lt} \times 3 = 2400 \text{ lt}$$

Teniendo un faltante diario a procesar de 61.2 lt que, si se observa cuánto es en un año, da un total de:

$$61.2 \times 21 = 1285.2 \text{ lt mensuales}$$

$$15422.4 \text{ lt anuales}$$

Si el total se divide entre la capacidad de una celda, se tiene 19.278 celdas más anuales a trabajar para poder cubrir con el total de litros faltantes, por lo tanto, se tendrían que poner dos celdas más mensuales; que en realidad no es tanto ya que se escogerían dos días mensuales.

Si se toma en cuenta la plata de las placas que queda depositada en el líquido fijador, que posteriormente es bombeado a las celdas electrolíticas, se obtiene:

Capacidad de las canastillas 2 Kg

Si entra teóricamente una canastilla cada 3 min., se tiene un total de 20 canastillas por hora menos una pérdida de tiempo del 10%. El total es de 19 canastillas.

$$19 \text{ can/hr} \times 8 \text{ hr de trabajo} = 152 \text{ can}$$

$$152 \text{ can} \quad \times 2 \text{ Kg de placa} = 304 \text{ Kg de placa}$$

ca

1 Kg - 9 gr
304 Kg - x x = 2736 gr 2,736 Kg de plata

Si se tiene un consumo anual de placas radiográficas de:

142.877 ton = 142877 Kg

11906.4 Kg mensuales

566.9 Kg diarios

Se sabe que el total de placas radiográficas a consumir es de 566.9 Kg, esta cantidad se tiene que repartir entre los dos procesos (Cáustico y Velado, Fijado); pero se sabe que el proceso de Velado, Fijado consume 304 Kg, se puede restar al total:

566.9 Kg

-

304 Kg

262.9 Kg

Estos 262.9 Kg se utilizan para el proceso cáustico en la siguiente forma:

16 placas por minuto

960 placas por hora

960 pla/hr x 8 hr de trabajo = 7680 placas

Si 1 Kg - 25 placas

x - 7680 placas x = 307.

Se observa que el total de placas que se tiene para este proceso es de 262.9 Kg, y éste tiene la capacidad para 307.2 Kg, la diferencia es de 44,3 Kg, que representan 69.2 min menos de trabajo del equipo; si se tiene un aumento en placa, se puede cubrir en este tiempo.

Se obtiene la siguiente cantidad de plata:

1 Kg - 9 gr de plata

262.9 Kg - x x = 2366.1 gr

2.36 Kg de plata

1 Kg - 9 gr de plata

307.2 Kg - x

x = 2764.8 gr

2.76 Kg (capacidad real)

Teniendo un total de Kg diarios de los dos equipos:

1 Kg - 9 gr de plata

566.9 Kg - x

5102.1 gr,

5.10 Kg diarios

1285.72 Kg anuales

Todos estos cálculos aproximados de la cantidad de plata en Kg anuales se pueden obtener utilizando los dos equipos de recuperación de plata, que en realidad es lo que importa, tanto del líquido fijador como de las placas de radiografía; por lo que el costo de los dos equipos es recuperado o

amortizado en corto tiempo.

Obteniéndose un total anual de plata de los dos equipos (Cástico y Velado, Fijado y Electrolítico):

2479.68 Kg

1285.72 Kg

3765.40 Kg de plata

Sabiendo que tiene un precio de venta de \$ 80,000 pesos, se obtiene:

$$3765.40 \times 80,000 = \$ 301'232,000$$

Todos los cálculos anteriores son considerados al 100% de la capacidad del equipo y el volumen de materia prima.

A continuación, se hará un análisis a futuro (5 años) tanto del equipo como su capacidad (volumen)

PRIMER AÑO

Primeramente, se considerará el 50% del volumen, esto se hace para ver si es o no rentable el equipo en un futuro.

Líquido Fijador:

620238.3 lt anuales - 100%

310119.15 - 50%

1230.63 diarios

Capacidad de la celda 800 lt

$$\frac{1230.63}{800} = 1.5 \text{ celdas}$$

Se pondrá a trabajar 1.5 celdas diarias para poder procesar los 1230.63 lt diarios que se tienen, obteniendo la cantidad de:

1 lt - 4 gr de plata

1230.63 lt - 4922.52 gr de plata

4.9 Kg de plata

Placa Radiográfica:

142877 Kg de placa - 100%

71438.5 Kg - 50%

Si sabemos que entran 19 canastillas por hora en 8 hr de trabajo con un total de 152 canastillas en un día, si cada canastilla tiene 2 Kg de placa, se tiene un total de 304 Kg de placa, si se tienen que procesar 283.48 Kg diarios obteniendo:

1 Kg - 9 gr de plata

283.38 Kg - 2551.38 gr de plata

2.5 Kg de plata

Como se puede ver, el volumen diario a procesar es menor a la capacidad total del equipo, siendo de 304 Kg. Con sólo trabajar el equipo de Velado y Fijado, se puede sacar la producción diaria, no se necesita el otro equipo (P. Cáustico). Teniendo al final del año:

	DIARIOS	ANUAL
LIQ. FIJADOR	4.9 Kg	1234.8 Kg
PLACA R.	2.5 Kg	<u>630.0 Kg</u>
		1864.8 Kg

En pesos constantes se obtiene:

\$ 149'184,000

SEGUNDO AÑO

Se incrementa un 10% el volumen anual, trabajando al 60% de su capacidad:

Líquido Fijador:

620238.3 lt + 10% = 682262.13

682262.13 lt - 100%

409357.28 lt - 60%

1624.43 lt diarios

$\frac{1624.43}{800} = 2$ celdas

1 lt - 4 gr de plata
1624.43 - 6497 gr de plata
6.4 Kg de plata

Placa Radiográfica:

142877 Kg + 10% = 157164.7 Kg
157164.7 - 100%
94298.82 - 60%

374.20 Kg diarios

Obteniendo: 1 Kg - 9 gr
374.2 Kg - 3367.8 gr de plata
3.36 Kg de plata

Si se sabe que la capacidad es de 304 Kg, en este caso se tiene que procesar un volumen de 374.20 Kg diarios, la diferencia son 70.2 Kg diarios, si se trabajan 2 hr extras diario, se puede sacar la producción de todo el volumen. Ya que si se pone a trabajar el otro equipo (Cáustico) para poder sacar el volumen faltante de 70.2 Kg, se tendría que trabajar:

16 placas - 1 min
960 placas - 1 hr
1 Kg - 25 placas
38.4 Kg - 960 placas

En una hora, se procesan 38.4 Kg por lo tanto en 2

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

horas se procesarán 76.8 Kg.

Por lo que el faltante de placa también se tendría que procesar en 2 hr de trabajo del otro equipo. Para la decisión de este problema, se tiene que tomar en cuenta el costo de las 2 hr extras dependiendo del sueldo del personal o las 2 hr de trabajo de todo un equipo (tomándose en cuenta los costos de éste); teniendo al final de año:

	DIARIOS	ANUALES
LIQ. FIJADOR	6.4 Kg	1612.8 Kg
PLACA R.	3.36 Kg	<u>846.72 Kg</u>
		2459.52 kg

En pesos constantes se tiene:

\$ 196'761,600

NOTA: Si se hubiera trabajado al 50%:

Placa.- 311.8 Kg diarios teniendo una diferencia de 7.8 Kg, se tendría que trabajar 15 min más diarios.

Líquido.- $1353.69/800 = 1.7$ celdas sabiendo que se tienen 3.

	DIARIOS	ANUALES
LIQ. FIJADOR	5.41 Kg	1364.51 Kg
PLACA R.	2.80 Kg	<u>707.16 Kg</u>
		2071.67 Kg

En pesos constantes: \$ 165'733,600

TERCER AÑO

Se tiene también un incremento del 10% sobre el segundo año y un volumen de producción del 70%.

Líquido Fijador:

682262.13 + 10% = 750488.34 lt

750488.34 - 100%

525341.84 - 70%

2084.68 lt diarios

$\frac{2084.68}{800} = 2.6$ celdas

1 lt - 4 gr de plata

2084.68 lt - 8338.72 gr de plata

8.3 Kg de plata

Placa Radiográfica:

157164.7 + 10% = 172881.17 Kg

172881.17 - 100%

121016.82 - 70%

480.22 Kg diarios

1 Kg - 9 gr de plata

480.22 Kg - 4321 gr de plata

4.321 Kg de plata

El equipo de Velado y Fijado tiene una capacidad de

304 Kg mientras que el volumen es de 480.22 Kg teniendo una diferencia de 176.22 Kg, por lo que el faltante se procesaría en el equipo del Proceso Cástico, trabajando éste un total de 4.45 hr diarias; en este caso, conviene definitivamente trabajar con este equipo ya que si se trabajaran horas extras en el otro equipo, saldría demasiado costoso; ahora que se podría trabajar un día sí y uno no para cubrir con el faltante y las 8 hr diarias de trabajo.

	DIARIOS	ANUALES
LIQ. FIJADOR	8.33 Kg	2099.16 Kg
PLACA R.	4.32 Kg	<u>1088.64</u> Kg
		3187.8 Kg

En pesos constantes:

\$ 255'024,000

NOTA: Trabajo al 50%

Líquido.- $1489.06/800 = 1.8$ celdas

Placa.- $343.01 - 304$ (capacidad) = 39.01 Kg faltantes se trabajarían 1.15 hr más ya sea en el mismo equipo (Velado y Fijado) o utilizando el otro aproximadamente el mismo tiempo.

	DIARIOS	ANUALES
LIQ. FIJADOR	5.95 Kg	1500.97 Kg
PLACA R.	3.08 Kg	<u>777.94</u> Kg
		2278.91 Kg

En pesos constantes:

\$ 182'312,800

CUARTO AÑO

Líquido Fijador:

750488.34 + 10% = 825537.17

825537.17 - 100%

660429.74 - 80%

2620.75 lt diarios

$\frac{2620.75}{800} = 3.27$ celdas

En este caso, o se hace trabajar la celda un tiempo de:

3 x 800 = 2400 lt (capacidad)

2620.75 lt - 2400 lt = 220 lt diarios

55629 lt anuales

Serian aproximadamente 69.53 celdas anuales más y 5.79 = 6 celdas mensuales más.

En este momento, se puede pensar en una expansión, teniendo en cuenta que a pesar de que la cuarta celda se va a utilizar relativamente poco, se está previendo la producción del próximo año y no se tiene que hacer la expansión

apresuradamente. Se obtiene este año:

1 lt	-	4 gr de plata
2620.75 lt	-	10483 gr de plata
		10.48 Kg de plata

Placa Radiográfica:

172881.17	+	10%	=	190169.29
190169.29	-	100%		
152135	-	80%		

603.71 Kg diarios

Este volumen se divide entre los dos equipos, el de Velado, Fijado y Electrólisis de corriente impresa, trabaja a toda su capacidad que es de 304 Kg de plata diarios obteniendo una diferencia entre el total y la capacidad de éste de:

603.71 - 304 = 299.71 Kg

Estos 299.71 Kg son procesados por el equipo de Sosa Cáustica que tiene una capacidad de 307.2 Kg en un turno de 8 hr diarias; en este caso, se puede pensar en poner otro equipo de Sosa Cáustica, ya que se tiene el espacio suficiente para montarla en la misma área de terreno que se propuso, esto es para poder producir el siguiente año sin ningún problema. Se obtiene una cantidad de plata:

1 Kg - 9 gr de plata
603.71 Kg - 5433.39 gr de plata
5.43 Kg de plata

	DIARIOS	ANUALES
LIQ. FIJADOR	10.48Kg	2640.96 Kg
PLACA R.	5.43 Kg	1368.36 Kg
		<u>4009.32 Kg</u>

En pesos constantes:

\$ 320'745,600

NOTA: Se trabaja al 50%:

Líquido.- $1637.97/800 = 2.04 = 2$ celdas

Placa.- $377.32 - 304 = 73.32$ Kg faltantes

Son 73.32 Kg faltantes que serian 2 hr mas para el equipo de Velado y Fijado, tambien se puede utilizar el otro equipo tratando de juntar el faltante para hacer trabajar a éste un día.

	DIARIOS	ANUALES
LIQ. FIJADOR	6.55 Kg	1651.07 Kg
PLACA R.	3.39 Kg	854.28 Kg
		<u>2505.35</u>

En pesos constantes:

\$ 200'428,000

QUINTO AÑO

Líquido Fijador:

825537.17 + 10% = 908090.89 lt

908090.89 - 100%

726472.71 - 80%

Trabajándose este año al 80% (sin incrementar)

2882.82 diarios

$\frac{2882.82}{800} = 3.6$ celdas

Se utilizan las 4 celdas, la cuarta fué instalada el año pasado con motivos de expansión, lo cual satisface el proceso del volumen total de líquido fijador. Obteniéndose:

1 lt - 4 gr de plata

2882.82 lt - 11531.28 gr de plata

11.53 Kg de plata

Placa Radiográfica:

190169.29 + 10% = 209186.21

209186.21 - 100%

167348.97 - 80%

664.08 Kg diarios

664.08 - 304 = 360.08

La capacidad de un sólo equipo de Sosa Cáustica es de 307.2 Kg; tenemos un volumen a procesar de 360.08,

$$360.08 - 307.2 = 52.87$$

teniendo un faltante de 52.87 Kg, si se utiliza en el equipo que se instaló el año pasado, éste va a trabajar:

1 Kg	-	25 placas
38.4 Kg	-	960 placas

Si 38.4 Kg de placa se procesan en 1 hr, 52.87 Kg se procesarán entre 1.5 hr y 2 hr; en caso de que no se quiera o no se hubiera instalado el equipo nuevo, el que ya se tiene tendrá que trabajar horas extras, por lo que hay que analizar si conviene o no, la instalación del nuevo equipo.

Obteniéndose:

1 Kg	-	9 gr de plata
664.08 Kg	-	5976.72 gr de plata
		5.97 Kg de plata

	DIARIOS	ANUALES
LIQ. FIJADOR	11.53 Kg	2905.56 Kg
PLACA R.	5.97 Kg	<u>1504.44</u> Kg
		4410.00 Kg

En pesos constantes:

\$ 352'800,000

NOTA: Se trabaja al 50%

Líquido.- $1801.76/800 = 2.25$ celdas (se utilizan

las 3).

Placa.- 415.05 - 304 = 111.052 Kg

Se tiene un faltante de 111.052 Kg que serían procesados en el equipo Cáustico que trabajaría aproximadamente 3 hr diarias para procesar toda la cantidad faltante.

	DIARIOS	ANUALES
LIQ. FIJADOR	7.2 Kg	1814.4 Kg
PLACA R.	3.73 Kg	<u>941.33</u> Kg
		2755.73 Kg

En pesos constantes:

\$ 220'458,400

Todos estos datos se pueden concretar en una tabla:

TABLA 1

LIQUIDO FIJADOR (lt)

AÑOS	VOLUMEN ANUAL (lt)	%	%	VOLUMEN ANUAL (lt)
1	310119.15	50	50	310119.15
2	409357.28	60	50	341131.07
3	525341.84	70	50	375244.17
4	660429.74	80	50	412768.59
5	726472.71	80	50	454045.45

TABLA 2

PLACA RADIOGRAFICA (Kg)

AÑOS	VOLUMEN ANUAL (Kg)	%	%	VOLUMEN ANUAL (Kg)
1	71438.5	50	50	71438.5
2	94298.82	60	50	78582.35
3	121016.82	70	50	86440.58
4	152135.43	80	50	95084.64
5	167348.97	80	50	104593.11

TABLA 3

GANANCIAS ANUALES DE LIQUIDO FIJADOR
Y PLACA RADIOGRAFICA. (\$)

AÑOS	GANANCIA ANUAL	%	%	GANANCIA ANUAL
1	\$ 149'184,000	50	50	\$ 149'184,000
2	\$ 196'761,600	60	50	\$ 165'733,600
3	\$ 255'024,000	70	50	\$ 182'312,800
4	\$ 320'745,600	80	50	\$ 200'428,000
5	\$ 352'800,000	80	50	\$ 220'458,400

En la ganancia anual, se debe considerar el costo del líquido fijador y placa radiográfica que es de:

1 Kg de placa = \$ 900.00

1 lt de líquido = \$ 350.00

Tomándose en cuenta el primer año a una capacidad del 50%, se verá si en este año es o no recuperado el costo del equipo más el costo de líquido y placa.

(No se consideran otros gastos, como terreno, suel dos, etc., ni inflación).

Costos:

- Volumen de líquido	310119.15 x \$350 = \$ 108'541,700
- Volumen de placa	71438.5 x \$900 = \$ 64'294,650
- Cloruro Férrico	\$ 800,000 x 12 meses = \$ 9'600,000
- Sosa Cáustica	\$ 46,400 x 12 meses = \$ 556,800
- Costo de los equipos	\$ 15'248,491

Primer año.

La ganancia en el primer año es de \$ 149'184,000, si únicamente se toma en cuenta el costo de los dos equipos nos quedaría:

$$149'184,000 - 15'248,491 = \$ 133'935,510$$

Por lo que el costo del equipo es amortizado en un año y todavía se obtienen ganancias; a estas se les tiene que restar los gastos anuales:

- V. líquido	\$ 108'541,700
- V. placa	\$ 64'294,650
- S. Cáustica	\$ 556,800
- C. Férrico	<u>\$ 9'600,000</u>
	\$ 182'993,150

NOTA: El precio de la plata se considera sin modificaciones.

182'993,150

133'935,510

-49'057,640

Se nota que no se obtienen ganancias, sino, al contrario, pérdidas, ya sea que se divida el costo del equipo en dos para ser amortizado en dos años, o se tenga pérdida para el siguiente año.

En el segundo año, se tienen las pérdidas del primer año más los costos del segundo; a estos costos se les incrementa un 10%, como se hizo en el cálculo a futuro.

$182'993,150 + 10\% = 201'292,470$

$201'292,470 + 49'057,640 = 250'350,110$

Ganancia del segundo año: \$ 196'761,600.

$196'761,600 - 250'350,110 = - 53'588,510 -$

En este año se sigue debiendo dinero, no hay ganancias.

En el tercer año, también se toma en cuenta un aumento de los costos del 10%.

$$201'292,470 + 10\% = 221'421,720$$

$$221'421,720 + 53'588,510 = \$ 275'010,230$$

ganancia del tercer año: 255'024,000

$$255'024,000 - 275'010,230 = - 19'986,230$$

Se tiene una pérdida pero la consideramos menor (mucho) a comparación de los dos años anteriores.

Cuarto año.

$$243'563,890 \text{ (ya con el 10\%)}$$

$$243'563,900 + 19'986,230 = 263'550,120$$

ganancia cuarto año: 320'745,600

$$320'745,600 - 263'550,120 = + 57'195,480$$

En este año, ya se obtuvieron ganancias, como se sabe en este año es la expansión, y con la ganancia se puede llevar a cabo, sería cuestión de estudiarlo más profundamente

ya que la expansión cuesta \$ 3'305,955 (aproximadamente).

Quinto año.

Gastos: 267'920,290 (con el 10%)

Ganancia del año pasado más la de este año:

$$352'800,000 + 57'195,480 = 409'995,480$$

$$409'995,480 - 267'920,290 = + 142'075,190$$

En el quinto año se tiene una ganancia de:

\$ 142'075,190

CONCLUSIONES

- En base a la importancia que tiene la plata, por ser un mineral no renovable, se tiene que proteger, ya que como se dijo anteriormente, tiene una infinidad de usos tanto en la industria como en orfebrería, etc.

- Se tiene que evitar el incremento (precio) de la plata debido a que en un futuro de unos x años, ésta puede escasear. La forma de evitarlo puede ser ésta, la recuperación, por lo que este estudio es de gran importancia.

- En cuanto a decidir cuál de los dos procesos o equipos es el más conveniente, se tiene que pensar tanto en su volumen de producción como en su costo. El proceso Cáustico tiene una capacidad de 307.2 Kg de placa en 8 hr de trabajo y un costo aproximado de \$ 3'158,180 pesos; además, el medio que se utiliza para la desplatación es Sosa Cáustica, que es una materia prima no muy costosa. Este equipo únicamente procesa placa.

El otro equipo es el Proceso de Velado, Fijado y Electro-lítico con corriente impresa. Tiene la facultad de proccsar tanto líquido fijador como placa radiográfica. En cuanto a placa, se pueden procesar 304 Kg en 8 hr diarias de trabajo; y de líquido, se procesan 2400 lt también en 8 hr de trabajo utilizando las 3 celdas. Este equipo tie

ne un costo aproximado de 12'090,311 pesos.

De lo anterior, se puede concluir que en cuanto a placa, los dos tienen más o menos la misma capacidad, y en líquido, sólo uno de ellos la procesa, por lo que teniendo los dos equipos (a pesar de sus diferencias en costos) se puede tener una mayor obtención de plata con mejores resultados.

- Las ganancias, como se observó, se tienen en el cuarto año. Considero que sí son rentables los equipos (los dos) para la recuperación de plata, (los precios son constantes al día en que se efectuó este estudio). La ganancia en el cuarto año es de 57'195,480 y, si se ve, en el quinto año la ganancia es de 142'075,190: es prácticamente el doble de la que se obtuvo el año pasado (4), pagándose también los gastos anuales que se tienen, por lo tanto, si es rentable.
- En cuanto a seguridad industrial, no se tiene ningún problema ya que no son peligrosos ni para las personas que trabajan directamente con los equipos ni para la ecología del lugar donde se instalen estos equipos, porque no son contaminantes sus productos (materia prima) .
- Se tiene que tomar en cuenta que, además de recuperar plata, se obtienen otros subproductos como es la mica (te-

leftalato de polietileno) que puede ser utilizado en la industria textil; de esta forma, se evita la producción de este material que es altamente contaminante; asimismo, la regeneración del líquido fijador para volver a ser usado evitando su importación, ya que las personas que trabajan con éste, lo utilizan una sólo vez (no es reciclado) y posteriormente lo desechan a drenaje.

- Con estos dos subproductos, en el momento de venderlos a la industria, se pueden obtener ganancias extras que ayudarían a pagar parte de las pérdidas que se tienen los tres primeros años de trabajo de los equipos.

BIBLIOGRAFIA

- Enciclopedia Química Temática
Kirck Othmer
Editorial UTHEA
Tomos 4, 6, 8, 12 y 15

- Manual del Ingeniero Químico
John H. Perry
Editorial UTHEA

- Cálculos Químicos
Sidney W. Benson
Editorial Limusa Wiley S. A.

- Corrosión y Protección
Fritz Todt
Editorial Aguilar, Madrid 1959

- Se obtuvo información de:
 - Secretaría de Salud
 - Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal
 - Instituto Mexicano del Seguro Social
 - Comisión de Fomento Minero
 - Nacional Financiera (NAFINSA)