

Universidad Nacional de Ingeniería

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA
MINERA Y METALURGICA**



“ Fabricación, Producción y Comercialización de Nitrato de Plata ”

T E S I S

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

HECTOR JAVIER SHUFFER D'ANGLES

PROMOCION: 1985 - 1

LIMA . PERU . 1992

A NIXA D'ANGLES URRUNAGA,mi amiga,colega y madre
por ser como es.

FABRICACION, PRODUCCION Y COMERCIALIZACION
DE NITRATO DE PLATA

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO I.- Generalidades del Nitrato de Plata	Pág.
1.1.0.- Antecedentes históricos	1
1.2.0.- Preparación	
1.3.0.- Descripción y propiedades del nitrato de plata	2
1.4.0.- Ensayo de pureza	
1.5.0.- Incompatibilidades	
1.6.0.- Usos y aplicaciones	3
1.6.1.- Industria farmacéutica	
1.6.2.- Industria de fabricación de espejos	
1.6.3.- Industria de la fabricación de películas fotográficas	4
1.7.0.- Propiedades físicas y químicas de algunos com- puestos importantes relacionados con la fabri- cación y aplicación del nitrato de plata	5
1.7.1.- Plata	
1.7.2.- Bromuro de Plata	
1.7.3.- Acido Nítrico	
1.7.4.- Agua destilada	6
1.7.5.- Acido Clorhídrico	
1.7.6.- Acido Sulfúrico	
 CAPITULO II.-Estudio de Mercado	
2.1.0.- Producción nacional de nitrato de plata	7
2.1.1.- Productores	
2.1.2.- Calidad	
2.1.3.- Materia prima	
2.1.4.- Mercado Nacional	8
2.1.5.- Observaciones y conclusiones sobre el mercado nacional	9
2.2.0.- Demanda y precio en el mercado nacional	
2.2.1.- Demanda	
2.2.2.- Precio	
2.3.0.- Demanda y precio en el mercado internacional	10
2.3.1.- Demanda	
2.3.2.- Precio	
2.4.0.- Calidad y prestigio	11
 CAPITULO III.-Aspectos de Ingeniería para el diseño de planta	13
3.1.0.- Parámetros de diseño y balance de materiales	13
3.1.1.- Ecuación de formación	
3.1.2.- Cálculo de la cantidad teórica de ácido nítrico concentrado (al 100%)	
3.1.3.- Cantidad teórica de ácido nítrico diluí- do al 68% en volumen	

3.1.4.- Cantidades de reaccionantes y resultantes según la ecuación de formación	14
3.1.5.- Resumen teórico de materiales	15
3.1.6.- Condiciones de formación de los cristales de AgNO_3	
3.1.7.- Descripción del procedimiento industrial	
3.1.8.- Cálculo de la cantidad de ácido en exceso	16
3.1.9.- Desprendimiento del gas NO	18
3.2.0.- Diseño de una planta de producción de nitrato de plata	
3.2.1.- Diagrama general del proceso	19
3.2.2.- Diagrama de flujos balanceados del proceso para 1000 kg/mensuales	22
3.2.3.- Diagrama del proceso para 50 kg/día	23
3.2.4.- Dimensionamiento de equipo	24
3.2.5.- Flow - Sheet	30
3.2.6.- Calendario de producción, sistema y forma de trabajo diario	32

CAPITULO IV.-Evaluación Económica

4.1.0.- Estructura de la inversión	34
4.1.1.- Capital (costo equipo,apoyo)	
4.1.2.- Construcciones	35
4.1.3.- Instalaciones (montaje de)	
4.1.4.- Servicios auxiliares	
4.1.5.- Proyecto (Ing. Básica, estudio pre-factibilidad)	36
4.1.6.- Contratista	
4.1.7.- Imprevistos	
4.1.8.- Capital de trabajo	
4.2.0.- Costos Operativos	37
4.2.1.- Costos Directos (CD)	
4.2.2.- Costos Indirectos (CI)	
4.2.3.- Costo de Producción unitario (CP_u)	38
4.3.0.- Flujo de caja - Indices económicos	
4.3.1.- Punto de equilibrio económico (PEE) Valor actual neto (VAN)	
4.3.2.- Retorno neto (RN) Tasa interna de retorno (TIR)	39
4.3.3.- Seguridad en el pago de la inversión(SPI)	40
4.3.4.- Flujo de caja	

CAPITULO V.- Conclusiones y recomendaciones

5.1.0.- Conclusiones	43
5.2.0.- Recomendaciones	45

ANEXO I Cálculos físicos y químicos

A.1.0.- Ecuación de formación	46
A.2.0.- Condiciones de ocurrencia de la reacción de formación de nitrato de plata	
A.3.0.- Determinación de los rangos de formación y existencia del ión nitrato (NO_3^-)	
A.3.1.- $\text{NO}_2^- - \text{HNO}_{2(\text{aq})} + \text{H}^+ = 0$ (ión nitrito)	
A.3.2.- $\text{NO}_3^- - \text{NO}_2^- - \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 0$ (ión nitrato)	
A.3.3.- $\text{NO}_2^- - \text{NH}_4^+ - 2\text{H}_2\text{O} + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 0$ (ión amonio)	47
A.3.4.- El gráfico E_h vs PH de los iones anteriores	
A.3.5.- Gráfico (1): Determinación de zonas	48
A.3.6.- Gráfico (2): Determinación de zonas	
A.3.7.- Gráfico (2A): Determinación de la zona de ocurrencia del nitrato de plata, superponiendo los diagramas: $\text{Ag} - \text{H}_2\text{O}$ y $\text{N} - \text{H}_2\text{O}$	51
A.4.0.- Adaptación de la ecuación de formación de nitrato de plata a la forma REDOX	53
A.4.1.- Forma general de la Reducción	
A.4.2.- Cálculo de E_h^0 (ecuación de Nernst)	
A.4.3.- Ecuación de Potencial de equilibrio	
A.4.4.- Evaluación de la ecuación de Potencial de equilibrio	54
A.4.5.- Gráfico (3): zona de ocurrencia	
A.4.6.- Determinación del PH de reducción de la plata	56
A.4.7.- Determinación de la concentración del nitrato de plata	
A.4.8.- Condiciones de ocurrencia de la ecuación de formación de nitrato de plata	
A.4.9.- Criterios para el diseño de una campana extractora	57

ANEXO II .- Embalaje y almacenamiento

A.1.0.- Envase	58
A.1.1.- Objetivo	
A.1.2.- Etiquetas (Descripción y ejemplo)	
A.2.0.- Almacenamiento	59
A.2.1.- Almacenamiento	
A.2.2.- Regulación IATA: Para el transporte aéreo	
A.2.3.- Regulación para transporte marítimo	60

RESUMEN

La presente tesis de Grado, consta de cinco (05) capítulos y dos (02) anexos, analizándose los siguientes aspectos:

- Generalidades del Nitrato de Plata
 - Estudio de Mercado
 - Aspectos de Ingeniería para el diseño de planta
 - Evaluación económica
- Conclusiones y recomendaciones

Anexos:

Cálculos físicos y químicos

- Embalaje y almacenamiento

El objetivo principal es el de promover y desarrollar una mayor industrialización de nuestros productos tradicionales como la Plata.

Se debe recalcar que para algunos puntos tales como el estudio de mercado, embalaje y almacenamiento no existe, en nuestro medio, ninguna información oficial o reconocida, habiéndose obtenido los datos utilizados en forma práctica e investigando los mercados nacionales e internacionales por cuenta del autor.

El estudio incluye todos los aspectos fundamentales concernientes a la fabricación, producción y comercialización de Nitrato de Plata, tratando de abarcar los puntos mencionados en forma teórica y práctica de modo tal que no exista ninguna duda sobre la eficiencia y rentabilidad de esta industria.

INTRODUCCION

El proyecto de fabricación, producción y comercialización de Nitrato de Plata, es propuesto como tema de tesis para optar el grado de Ingeniero Metalurgista por los siguientes motivos:

- a.- El autor tiene la oportunidad de colocar comercialmente Nitrato de Plata, como insumo, en los mercados de Asia y Oceanía.
- b.- Siendo el Perú el tercer productor de Plata en el mundo, nos encontramos en una posición de desventaja con respecto a los demás países, porque en nuestro medio no existe ninguna industria de transformación de la plata que no sea artesanal.
- c.- Cabe añadir que aún superando lo anterior, nuestros insumos no cuentan con calidad y prestigio. En otras palabras, el Nitrato de Plata peruano no se cotiza de la misma forma que el Nitrato de Plata alemán en el que los análisis de pureza y calidad son menos rigurosos y exigentes que en el nuestro.

En la actualidad el Perú importa Nitrato de Plata para su industria farmacéutica y de fabricación de espejos.

En base a estos motivos se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- 1º Desarrollar una industria química de fabricación de Nitrato de Plata y/o de transformación de la Plata,
- 2º Capaz de competir y abastecer el mercado mundial en 35% como mínimo después de México;
- 3º Satisfaciendo los requerimientos para una óptima calidad y pureza.
- 4º Atraer al Perú, a los mayores consumidores para que inviertan e instalen su industria en nuestro país.
- 5º Por analogía, incentivar la fabricación de Nitratos, Carbonatos, etc.

Es muy importante que todos los productores y fabricantes de Nitrato de Plata o de algún otro insumo químico, mantengan la calidad y pureza por- que debido a esto el Perú acorta sus posibilidades de competir en el mercado internacional.

Es nuestro deseo satisfacer y ayudar a aclarar en algo, el panorama de la industria de la Plata y sus derivados.

HECTOR JAVIER SHUFFER D'ANGLES

1.3.0.- Descripción y propiedades del Nitrato de Plata:

Son cristales incoloros ó blancos, que con la luz ó en contacto con materia orgánica adquieren un color gris ó negro grisáceo a causa de su reducción a plata metálica.

Peso atómico: 169.90
Densidad: 4.3 (aprox)
Punto de fusión: 212 °C

Su solución acuosa al 10% es neutra al papel de tornasol y debe ser clara e incolora.

Solubilidad:

Un gramo se disuelve en 0.4 cc de agua destilada
Un gramo se disuelve en 30 cc de alcohol
Un gramo se disuelve en 250 cc de acetona
Un gramo se disuelve en 0.1 cc de agua a 100 °C
Es poco soluble en éter

Al contacto con el fuego detona violentamente porque se oxida.

1.4.0.- Ensayo de pureza:

Pulverizar 1 gr. de nitrato de plata y secarlo en la oscuridad sobre ácido sulfúrico durante cuatro horas.

Pesar exactamente 700 mg de esta sal secada, disolverla en 50 cc de agua destilada, agregar 2 cc de ácido nítrico y 2 cc de sulfato férrico amoniacal y titular con tiocianato amónico 0.1 N .
Cada centímetro cúbico de solución 0.1 N equivale a 16.99 mg de AgNO_3 .

El nitrato de plata debe conservarse en recipientes firmemente tapados que lo protejan de la luz.

1.5.0.- Incompatibilidades:

El nitrato de plata es reducido fácilmente a plata metálica por la mayor parte de los agentes reductores como las sales ferrosas, los arsenitos, hipofosfitos, tartratos azúcares, taninos, aceites volátiles y muchas otras sustancias orgánicas.

Con la luz se oscurece rápidamente. En solución neutra ó alcalina es precipitado por los cloruros, bromuros, yoduros, bórax, hidróxidos, carbonatos, fosfatos, sulfatos, cromatos, arsenitos y arseniados.

El permanganato de potasio, el ácido tánico, los citratos y sulfatos solubles pueden formar precipitados, si se hallan en concentración suficiente.

En solución ácida solo son insolubles el cloruro, el bromuro y el yoduro.

El amoníaco disuelve muchas de las sales insolubles de plata, formando sales complejas.

1.6.0.- Usos y aplicaciones:

1.6.1.- Industria farmacéutica:

Como cáustico, antiséptico y astringente. En forma de barras es útil para cauterizar heridas, destruir tejidos de granulación, verrugas, etc.

La solución al 1/10000 es levemente antiséptica y astringente, y se emplea para irrigaciones de la uretra y la vejiga.

Se utilizan soluciones hasta el 10% para el tratamiento local de úlceras infectas de la boca.

Junto con el ácido tánico se emplea en el tratamiento de quemaduras.

1.6.2.- Industria de fabricación de espejos:

Se disuelven los cristales de nitrato de plata con ácido tartárico, formando unos nuevos cristales de tartrato de plata que precipitarán. Luego se añade amoníaco concentrado hasta disolver los cristales de tartrato, formándose un complejo amoniacal.

Se procede a calentar la solución a una temperatura de 40°C aproximadamente, y con mano experta se verterá la solución sobre un vidrio limpio de toda partícula o polvo y seco, tratando de formar una película uniforme sobre el vidrio. Unos minutos más tarde, la plata metálica reducida se depositará sobre el vidrio, formándose un espejo que se apreciará por la otra cara del vidrio. Luego, se rociará una laca protectora y aislante sobre la película.

Los mejores espejos, a pesar de los adelantos técnicos y de la automatización de este proceso, se fabrican en forma manual.

Debe considerarse que la calidad del espejo dependerá sobre todo de la pureza del nitrato de plata utilizado, de la calidad del vidrio, y finalmente de la laca aislante de la película de plata reducida que a la larga determinará el tiempo de duración del espejo.

1.6.3.- Industria de la fabricación de películas fotográficas:

Se hace reaccionar nitrato de plata en cristales, con una solución no muy diluida de bromuro de potasio, sobre una gelatina inorgánica (~~inerte~~) mezclando bien.

Se filtra y escurre la solución de nitrato de potasio.

En el filtro quedará una emulsión de bromuro de plata.

Esta emulsión de bromuro de plata, es una sustancia fotosensible a la luz.

Proceso de fabricación de películas:

Se disuelven fibras de algodón con ácido acético, para formar un acetato de celulosa.

El cual, se filtra y se diluye en un disolvente para luego ser laminado con rodillos calientes en forma de papel. Esta es la base de la película, a la cual se le aplica una capa muy delgada de la emulsión de bromuro de plata, por un solo lado. Luego se corta en tiras, según el ancho de la película que se quiere fabricar y se enrolla en carretes.

Finalmente, se empaqueta estos carretes con papel aluminio, de modo de aislar la película de la luz y el calor.

Todo el proceso de fabricación de películas fotográficas deberá hacerse en un ambiente oscuro y aislado de la luz del día y de la humedad ambiental. Se usa una luz monocromática indirecta, de color rojo ó morado usualmente.

Se hace resaltar que la calidad de la película fotográfica dependerá de la pureza del nitrato de plata utilizado para fabricar la emulsión de bromuro de plata.

De la calidad del nitrato de plata también dependerá la duración de la película fotográfica. En la actualidad las mejores películas garantizan una duración mínima de doce meses.

1.7.0.- Propiedades físicas y químicas de algunos compuestos importantes relacionados con la fabricación y aplicación del nitrato de plata:

1.7.1.- Plata: Simbolo Ag
 Número atómico 47
 Peso atómico 107.88
 Densidad 10.41
 Punto de fusión 960.50 °C
 Valencia 1
 Potencial oxidación $E_h = 0.7991$ v

Es el mejor conductor de la electricidad y temperatura.
 Disolvente característico es el ácido nítrico.

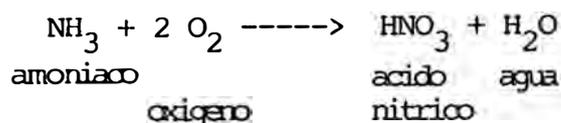
1.7.2.- Bromuro de Plata: AgBr

Polvo cristalizado de color amarillo pálido que se oscurece con la luz. Muy poco soluble en agua pero soluble en soluciones de bromuro potásico, cianuro de potasio y tiosulfato de sodio.

Es una sustancia fotosensible que se emplea para fabricar películas fotográficas.

1.7.3.- Acido Nitrico: HNO_3

Ecuación de formación



Líquido fumante.

Muy cáustico y corrosivo

Olor irritante

Peso atómico 63.02

Densidad 1.41 (al 68%)

P. Ebullición 120°C

Miscible en agua. Ataca desprendiendo vapores rojos de NO, concentrado no ataca al fierro ni al acero inoxidable, y reacciona lentamente con el aluminio puro.

Reacciona con la luz cambiando su color

El ácido nítrico concentrado comercial tiene como mínimo 67% y como máximo 71%

Debe conservarse en tanques de fierro, plástico o vidrio.

Para la fabricación de nitrato de plata es recomendable usar ácido de 68% a 70% en volumen.

Prueba de pureza del ácido nítrico:

Pesar exactamente 2 cc de ácido nítrico en un matraz de tapón esmerilado, pesado previamente. Diluir con 2.5 cc de agua destilada y valorar con hidroxido de sodio 1 N y rojo de metilo como indicador. Cada cc de solución normal equivale a 63.02 mg de HNO_3 .

1.7.4.- Agua destilada:

Líquido incoloro y límpido, sin olor ni sabor, de PH entre 5 y 7
Contenido volátil: no más de 0.001 %
(10 partes por millón)

1.7.5.- Acido clorhídrico: HCl

Es un gas incoloro
Muy soluble en agua
Densidad de la solución saturada 1.206 que corresponde a un contenido de 42.3 gr de HCl en 100 gr de agua.
Comercialmente el ácido concentrado tiene una densidad de 1.8 a 1.9 y corresponde a una disolución del 36% a 38%
Punto de ebullición es de 110 °C con el ácido diluido al 20%

1.7.6.- Acido Sulfúrico: H_2SO_4

Líquido viscoso
Densidad 1.84
Punto de ebullición de 331.7°C a 338 °C con desprendimiento de vapores blancos.
A esta temperatura se destila ácido de 98%, como ácido concentrado comercial.

CAPITULO II.-ESTUDIO DE MERCADO:

2.1.0.- Producción nacional de nitrato de plata:

2.1.1.- Productores

No existe en la actualidad,ningún productor de nitrato de plata,debidamente registrado e instalado.

La producción nacional está compuesta por fabricantes minúsculos,empíricos y sin la debida dirección técnica.

2.1.2.- Calidad:

Siendo esta industria muy informal,no existe ninguna garantía de pureza y calidad.

La calidad es muy inferior a las normas y/o exigencias técnicas para las distintas industrias, como ejemplo: En el mercado nacional existe una categoría especial que se le llama técnico.

El nitrato de plata técnico tiene una pureza de 95% en promedio.

El nitrato de plata importado es de alta pureza ó químicamente puro,99.7 a 99.8% en promedio.

2.1.3.- Materia prima:

Es tambien conocido,que la mayor cantidad de plata que se comercializa en el Perú,proviene del reciclaje de la plata artesanal ó chafalonería y en menor porcentaje de las películas radiográficas.

Es evidente que la plata recuperada por el sistema anterior contiene altas cantidades de fierro y cobre.No existe ninguna seguridad sobre su pureza,lo cual obliga a efectuar un análisis de la plata utilizada para fabricar nitrato de plata,todas las veces que sea necesario.

La pureza del nitrato de plata hara que la calidad,eficiencia y rendimiento del ión Ag° sea el óptimo.Debemos aclarar que la mejor forma de conservar y preservar el ión Ag° durante un largo tiempo,es transformándolo en nitrato de plata,porque resulta mas seguro y económico.

2.1.4.- Mercado nacional;

Es casi imposible detectar el volumen del mercado nacional debido a su informalidad. No se cuenta con un debido registro de las ventas. A pesar de estos obstáculos intentaremos hacer un cálculo aproximado del volumen de nuestro mercado nacional, basándonos en investigaciones hechas durante el año 1989 en las ciudades de Lima, Arequipa, Puno, Trujillo, Chiclayo y Piura. Encuestando los principales hospitales y fábricas de espejos de estas ciudades:

Hospitales:

Lima Hospital empleado (4Kg/año)	0.3 kg/mes
Hospital obrero (4kg/año)	0.3 kg/mes
Trujillo H. Seguro (1.2kg/año)	0.1 kg/mes
Chiclayo H. Seguro (1.2kg/año)	0.1 kg/mes
Piura H. Seguro (1.2kg/año)	0.1 kg/mes
Arequipa H. Seguro (2.4kg/año)	0.2 kg/mes
Sub-Total	1.1 kg/mes

Fábrica de espejos:

Lima	
Furukawa (+ importante)	24 kg/mes
Resto de fábricas y talleres	12 kg/mes
Trujillo	3 kg/mes
Chiclayo	3 kg/mes
Arequipa	4 kg/mes
Puno	2 kg/mes
Sub-Total	78 kg/mes
TOTAL A NIVEL NACIONAL	79.1kg/mes

De los cuales, mas ó menos 60 kgs. son abastecidos por productores informales a nivel nacional y los 19.1 kgs. restantes, son abastecidos por droguerías ó laboratorios formalmente establecidos que importan nitrato de plata.

2.1.5.- Observaciones y conclusiones sobre el mercado nacional:

Acotaremos que debido a las exigencias burocráticas del estado para un mercado tan pequeño, es más conveniente la informalidad, teniendo en cuenta que las cargas tributarias gravan demasiado al productor y la utilidad resulta mínima o nula comparada a la inversión y riesgo.

En conclusión, se hace necesario e indispensable mejorar y aliviar el sistema tributario, de modo que la industria formal sea más rentable.

2.2.0.- Demanda y precio en el mercado nacional:

2.2.1.- Demanda:

Como anteriormente se mencionó la demanda nacional es muy difícil de detectar, debido a que los productores nacionales son informales en su mayoría.

Los compradores y/o consumidores de nitrato de plata, tampoco son muy regulares en sus compras ni tampoco tienen un proveedor constante ni conocido.

Tampoco existe un mínimo de calidad y pureza comprobada exigida por los consumidores, y menos aún un productor de probada calidad.

2.2.2.- Precio:

El precio del nitrato de plata oscila en la actualidad entre 140 y 160 US\$/kg, acotaremos que el precio varía en relación directa con el precio de la plata.

Hay que reconocer que el mercado nacional informal se rige por los precios internacionales de la plata sin ninguna distorsión.

Mientras que el nitrato de plata importado varía entre 180 y 220 US\$/Kg y su precio no tiene ninguna relación con los precios internacionales del nitrato de plata, por el sentido especulativo que existe en el Perú, debido también a la gran acogida por lo importado.

2.3.0.- Demanda y precio en el mercado internacional;

2.3.1.- Demanda:

La demanda internacional es muy grande, pero a su vez es muy exigente en calidad y precios. Hemos estimado una demanda aproximada entre Asia y Oceanía de 1000 kgs. al mes.

A modo de ejemplo:

La fábrica de espejos Koon Wah Mirror de Hong Kong compra 300 Kgs. de nitrato de plata al mes esto es 3.6 toneladas anuales. Si tenemos en cuenta dos fábricas más: Hong Kong Tough Glass Limited y Kam Fai Glass and Mirror Factory, cuyas compras en conjunto son de 700 Kgs. al mes. Siendo estas tres fábricas las más importantes de Hong Kong y de toda Asia continental, estimaremos un consumo de 1000 kgs. al mes como mínimo y considerar esta cifra como la demanda mensual de la zona. (Oceanía y Asia)

2.3.2.- Precio

El precio del nitrato de plata depende del precio internacional de la plata.

Esto quiere decir, que si el precio de la plata sube o baja, el precio del nitrato de plata variará de la misma forma.

Si el nitrato de plata, es debidamente embalado y protegido, su calidad se mantendrá inalterable, por lo tanto el precio no variará, salvo si el precio de la plata varía.

También influyen en el precio, las cantidades y volúmenes de compra, de modo que una venta significativa, deberá tener facilidades sustanciales para el pago.

Por último, el flete ya sea por aire o por mar debe reflejarse en el precio, además de todas las seguridades del caso, como son el tiempo de entrega y seguros.

Según la siguiente propuesta, la compañía Degussa de Alemania, atendió el pedido de la fábrica de espejos, antes mencionada, Koon Wah Mirror de Hong Kong:

Precio: 134.90 US\$/Kg CIF por vía marítima
Frankfurt - Hong Kong

Tiempo de entrega: 4 semanas, computadas desde la fecha de envío de la confirmación de la orden de compra.

Forma de pago: 20% de depósito de garantía con la confirmación de la orden de compra

El saldo, al recibir el producto.
 Datos técnicos y análisis químico.
 (acompañan la propuesta)

2.4.0.- Calidad y prestigio:

Este es un punto muy importante en las relaciones comerciales, porque debido a esto, los precios varían mucho. El ejemplo antes mencionado, la propuesta de la fábrica Degussa de Alemania es válida y aceptada por todos los países del Asia, en este caso Hong Kong y Japón incluido. Esto es debido a la calidad y prestigio que goza el nitrato de plata fabricado en Alemania, además de la confianza.

Citaremos a continuación las respuestas de Hong Kong y Japón ante una propuesta similar a la alemana, pero proveniente del Perú:

Ante la propuesta peruana, la fábrica de espejos de Hong Kong pidió que bajáramos los precios de la siguiente manera:

Propuesta Alemana Aceptada	Propuesta Peruana rechazada Nuevos precios sugeridos	Diferencia
134.9 \$/kg	130 \$/kg CIF barco	4.9 \$/kg
137.9 \$/kg	135 \$/kg CIF aire	2.9 \$/kg

Debemos tener en cuenta que la distancia de Alemania a Hong Kong es menor que la distancia del Perú a Hong Kong resultando el precio el precio del flete por cuenta del productor peruano.

Japón no aceptó el nitrato de plata como tal, considerándolo como un concentrado y devolviendo la siguiente contraoferta:

Al precio de la plata internacional: 4.5 \$/oz (en la actualidad), agregarle una bonificación de 0.40 \$/oz - para desestiba. Es decir, que el precio del nitrato de plata propuesto por Japón sería:

$$20 \text{ oz/kg} \times (4.5 \text{ $/oz} + 0.4 \text{ $/oz}) = 98 \text{ $/kg}$$

Lo que nos da un precio de 98 \$/kg de nitrato de plata CIF por barco hasta Japón. Analizando la propuesta, se nota claramente, que el precio cubre apenas los costos de la plata, sin procesamiento, sin utilidades y sin flete. Debemos recalcar que Japón no concede al Perú, ninguna confianza al nitrato de plata que produce.

Características químicas del AgNO_3 , producido en el Perú;

NITRATO DE PLATA	AgNO_3
Contenido de plata	635 gr/kg
Nitrato de plata	99.7 % (min)
Impurezas no metálicas:	
cloro (cl)	0.001 % (max)
Sulfato (SO_4)	0.02 % (max)
Acido libre ⁴ (HNO_3)	0.001 % (max)
Inerte	0.1 % (max)
Impurezas metálicas	
Mn	0.001 % (max)
Fe	0.001 % (max)
As	0.001 % (max)
Ni	0.001 % (max)
Cu	0.001 % (max)
Zn	0.001 % (max)
Cd	0.001 % (max)
In	0.001 % (max)
Pd	0.001 % (max)
Au	0.0005% (max)
Pb	0.001 % (max)
Sustancias no ppm con HCl	0.03 % (max)

Formula: AgNO_3

Peso molecular: 169.88

Densidad: 4.1

Punto de fusión: 212 °C

Forma: cristales transparentes

Sistema: Monoclínico

Condición: Anhidro

Solubilidad:

En agua a 25°C, 122 gr en 50 ml

En agua a 100 °C, 950 gr en 100 ml

En etanol a 25°C, 3.2 gr en 100 ml

En etanol hirviendo, 15.3 gr en 100 ml

Una solución al 10% en agua destilada tendrá un PH de 5.5 a 7 .

El nitrato de plata alemán es similar y/o su análisis químico es semejante al peruano.

CAPITULO III.- ASPECTOS DE INGENIERIA PARA EL DISEÑO DE PLANTA

3.1.0.- Parámetros de diseño y balance de materiales:

3.1.1.- Ecuación de formación:(anexo I)

$$3 \text{ Ag} + 4 \text{ HNO}_3 \longrightarrow 3 \text{ AgNO}_3 + \text{NO} \uparrow + 2 \text{ H}_2\text{O}$$

peso mol.	3x107.88	4x63.02	3x169.9	30	2x18
	323.64	252.08	509.70	30	36
1 kg	0.778		1.575	0.0927	0.1112
	0.635	0.495	1 kg	0.0588	0.0706
pesos					
totales	635 Kg	495 Kg	1000 Kg	58.8 Kg	70.63 Kg

3.1.2.- Cálculo de la cantidad teórica de ácido nítrico concentrado (al 100%)

Para 1000 Kg de AgNO₃, son necesarios 495 Kg de ácido nítrico concentrado al 100%. Siendo este ácido fumante, se acostumbra diluirlo entre el 68% y 70% y comercializarlo de esta forma.

Densidad del ácido comercial
D = 1.41 al 68% en volumen

3.1.3.- Cantidad teórica de ácido nítrico diluido al 68% en volumen:

$$D = \frac{M_{\text{HNO}_3} + M_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{HNO}_3} + V_{\text{H}_2\text{O}}} = 1.41$$

pero $M_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}$ (α)

también se sabe $V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0.32}{0.68} V_{\text{HNO}_3}$ (β)

reemplazando (α) y (β):

$$D = \frac{M_{\text{HNO}_3} + 0.47 V_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{HNO}_3} + 0.47 V_{\text{HNO}_3}} = 1.41$$

resolviendo :

$$M_{\text{HNO}_3} + 0.47 V_{\text{HNO}_3} = 1.41 \times 1.47 V_{\text{HNO}_3}$$

$$M_{\text{HNO}_3} + 0.47 V_{\text{HNO}_3} = 2.0727 V_{\text{HNO}_3}$$

$$M_{\text{HNO}_3} = 1.6027 V_{\text{HNO}_3}$$

$$\text{Si } M_{\text{HNO}_3} = 495 \text{ Kg} \text{ ----> } 495 = 1.6 V_{\text{HNO}_3}$$

$$\text{====> } V_{\text{HNO}_3} = 309 \text{ lits.}$$

reemplazando en (β):

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0.47 \times 309 = 145.23 \text{ lits.}$$

Resultados:

$$M_{\text{HNO}_3} = 495 \text{ Kg} \quad M_{\text{H}_2\text{O}} = 145.2 \text{ Kg} \text{ ----> } M_{\text{T}} = 640.2 \text{ Kg}$$

$$V_{\text{HNO}_3} = 309 \text{ lit.} \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 145.2 \text{ Kg} \text{ ----> } V_{\text{T}} = 454.2 \text{ lit}$$

Serán necesarios:

640.2 Kg de HNO_3

ó 454.2 lit. de HNO_3 al 68% en volumen y
densidad 1.41

3.1.4.- Cantidades totales de reaccionantes y resultantes según la ecuación de formación:

	$3 \text{ Ag} + 4 \text{ HNO}_3 \text{ ----> } 3 \text{ AgNO}_3 + \text{NO} \uparrow + 2 \text{ H}_2\text{O}$				
Pesos Moleculares	323.64	252.08	509.70	30	36
Pesos	635 Kg	495 Kg	1000 Kg	58.8Kg	70.63Kg
Dilución (H_2O)		+		+	
		145.2Kg		145.2Kg	
	635 Kg	640.2Kg	1000 Kg	58.8Kg	215.83Kg

|

ácido nítrico
diluído al 68%

3.1.5.- Resumen teórico de materiales:

REACTANTES		PRODUCTOS		
Ag	HNO ₃	AgNO ₃	NO	H ₂ O
635 Kg Metal	495 Kg HNO ₃ +			
	145.2 Kg H ₂ O			
	640.2 Kg HNO ₃ al 68% D = 1.41 acuoso			
		1000Kg CRISTAL	58.5 GAS	70.63 +
				145.2
				215.83 Kg

* Asumiendo 100% de Disolución y el 100% de cristalización

3.1.6.- Condiciones de formación de los cristales de AgNO₃ :

$$PH = \pm 2$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 25^{\circ}C$$

Se acota también que el proceso se efectúa a la temperatura ambiental, sin ninguna fuente de calor adicional, del mismo modo la presión será la atmosférica.

El PH se determina experimentalmente en el laboratorio y su valor es ± 2 .

3.1.7.- Descripción del procedimiento industrial:

Se debe agregar ácido nítrico en exceso, de modo que el PH de formación de cristales se mantenga en un rango de 2 .

Nosotros recomendamos agregar una parte del ácido nítrico en exceso, durante el ataque, mientras el gas de NO se desprenda, porque de esta manera el consumo de ácido se va reponiendo, lo cual mantiene la fuerza del ataque y el rango del PH. Primero se agrega la cantidad teórica, ya calculada anteriormente y un 40% del ácido en exceso que determinaremos en el siguiente punto; luego se agrega el restante 60% apenas disminuya el volumen del NO que se desprende.

Terminado el desprendimiento de gas, se procede a filtrar la solución de modo que cualquier residuo de plata ó impureza se separe de la solución. El peso de las impurezas es no mayor a 0.1% del peso de la plata.

Finalmente se agrega a la solución el ácido en exceso restante, para obtener el PH necesario, luego se deja reposar la solución, para que los cristales se formen y se precipiten lentamente. El cálculo del ácido nítrico se hará en el siguiente punto.

Luego se decantará y/o filtrará, de modo que los cristales y el líquido estén separados. Se colocan los cristales en fuentes y se calientan a 40°C ó 50°C, hasta que deje de desprenderse los vapores blancos, provenientes del ácido nítrico en exceso impregnado en los cristales. Para determinar si el ácido nítrico en exceso se ha evaporado totalmente, se debe tomar una muestra de los cristales de nitrato de plata y disolverlos al 10% en peso en agua destilada, calentarlo ligeramente y agitando hasta disolver todos los cristales.

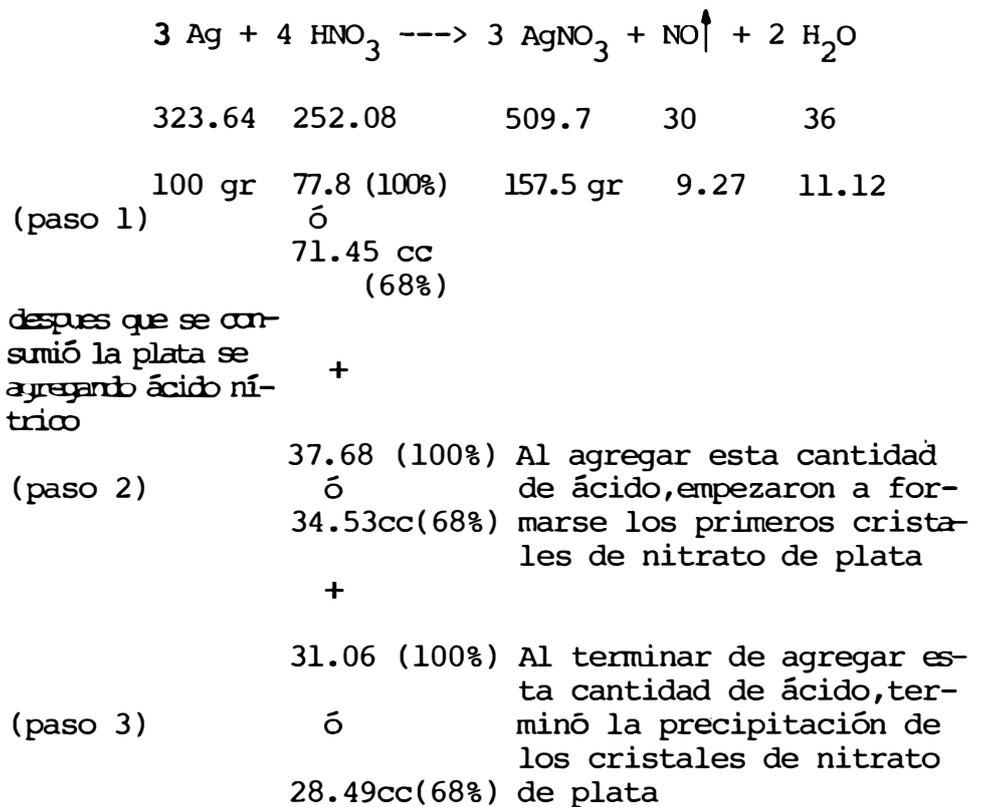
Luego se mide el PH, si la lectura se encuentra entre 5.5 y 7, el nivel de acidez es aceptable comercialmente.

3.1.8.- Cálculo de la cantidad de ácido en exceso:

Es necesario agregar ácido nítrico en exceso, para obtener el PH de formación de los cristales de nitrato de plata (AgNO_3).

Experimentalmente se obtuvo lo siguiente:

Partiendo de la ecuación de formación, para atacar 100 gr de plata:

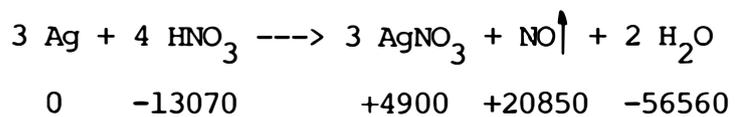


Se filtraron y se secaron los cristales obtenidos en el paso 3, se pesaron y se obtuvo 156.8 gramos de cristales de nitrato de plata.

Estos cristales se disolvieron en agua destilada al 10% a una temperatura de 40°C, se disolvieron totalmente y se midi3 el PH que result3 ser 2 en promedio de todas las lecturas.

C3lculo :

Constante de equilibrio (energía libre)



$$\implies G^\circ = - 25,290 \text{ cal}$$

$$\ln K_1 = \frac{RT}{25,290} \implies \ln K_1 = \frac{25,290}{1.987 \times 298.1}$$

$$\implies K_1 = 3.489 \times 10^{18}$$

$$\frac{|\text{AgNO}_3|^3 P_{\text{NO}}}{|\text{HNO}_3|^4}$$

Cuadro resumen del experimento, para determinar la cantidad de ácido en exceso:

Paso	HNO ₃ al 100%	HNO ₃ al 68%	HNO ₃ cantidad agregada (%)	HNO ₃ en exceso (%)
1	77.8	71.45cc teórico	100	-- ↓
2	37.68	34.53cc formación cristales	148.3	48.3 ↓
3	31.06	28.49cc final de precipit.	188.2	39.9
TOTAL				88.2 %

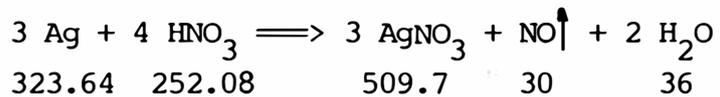
Finalmente se concluye que necesitamos agregar un 88.2 % de ácido nítrico en exceso a la cantidad teórica, determinada en la ecuación de formación.

El PH obtenido es 2 en promedio.

3.1.9.- Desprendimiento del gas NO:

Condiciones : P = 1 atm
T = 25°C

Planteando la ecuación de formación y balance de masas:



$$100\text{gr} + 189.62\text{gr} \Longrightarrow 156.8\text{gr} + W_{\text{NO}} + 122.94\text{gr}$$

$$289.62\text{gr} \Longrightarrow 279.74\text{gr} + W_{\text{NO}}$$

$$W_{\text{NO}} = 9.88 \text{ gr}$$

Cantidad de gas NO desprendido durante la producción de 1000 Kg de AgNO₃

156.8 gr de $\text{AgNO}_3 \Rightarrow 9.88 \text{ gr de NO}$

1000 Kg de $\text{AgNO}_3 \Rightarrow 63 \text{ Kg de NO}$

Cálculo aproximado de la densidad:

$$PV = nRT \Rightarrow PV = \frac{M}{\bar{M}} RT \Rightarrow \frac{M}{V} = \frac{P\bar{M}}{RT}$$

$$\Rightarrow D = \frac{30}{0.08205 \times 298}$$

$$\Rightarrow D = 1.2269$$

3.2.0.- Diseño de una planta de producción de nitrato de plata

3.2.1.- Diagrama general del proceso:

Los vapores de NO, que se desprenden durante el proceso de fabricación del nitrato de plata, son evacuados por una campana extractora de plástico o fibra de vidrio, que tiene una chimenea de 4 metros de altura como mínimo. Diagrama en la siguiente página.

Ag
 +
 HNO₃
 +
 HNO₃ (exceso)
 +
 ATAQUE ==> NO ↑ (descargar en agua)
 +
 SEPARACION (cualquier partícula
 IMPUREZAS de plata ó metal que
 no se hubiera disuelto durante el ataque)
 +
 AgNO₃
 <== HNO₃ (exceso) **
 Acuoso
 +
 * Formación de
 CRISTALES
 +
 FILTRO ==> RELAVE + agua
 (separación) ACIDO
 +
 CRISTALES DE
 AgNO₃
 +
 SECADO ***
 +
 PESADO
 +
 EMBALADO

* Una vez que se han formado los cristales y han precipitado totalmente, se procede a separarlos de la solución ácida ó relave (ácido en exceso + agua)

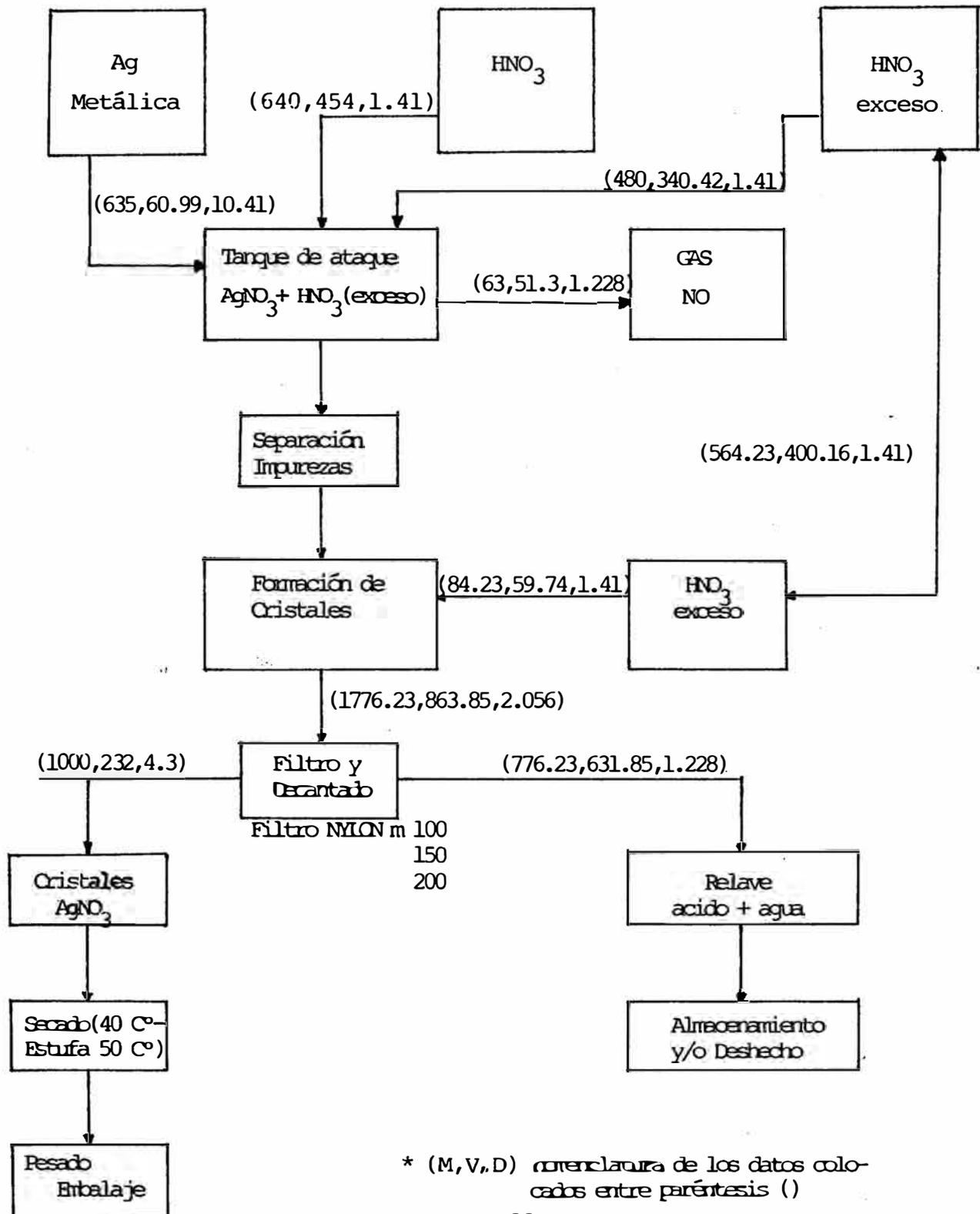
** Experimentalmente se ha comprobado mientras se forman y se precipitan los cristales dentro de la solución ácida, los cristales no sufren ninguna descomposición por la luz, porque el PH es el adecuado.

*** Una vez que se separan los cristales de la solución ácida, se procede al secado de los cristales. La exposición al medio ambiente y a la luz es durante un período, en el cual el PH varía de 2 a un intervalo entre 5.5 y 7, debido a la temperatura, no mayor de dos horas

lapso que no afectará al nitrato de plata, ni lo descompondrá.

Los vapores de NO pueden ser descargados, por una conexión directa de la chimenea de la campana extractora a un pequeño tanque de agua.

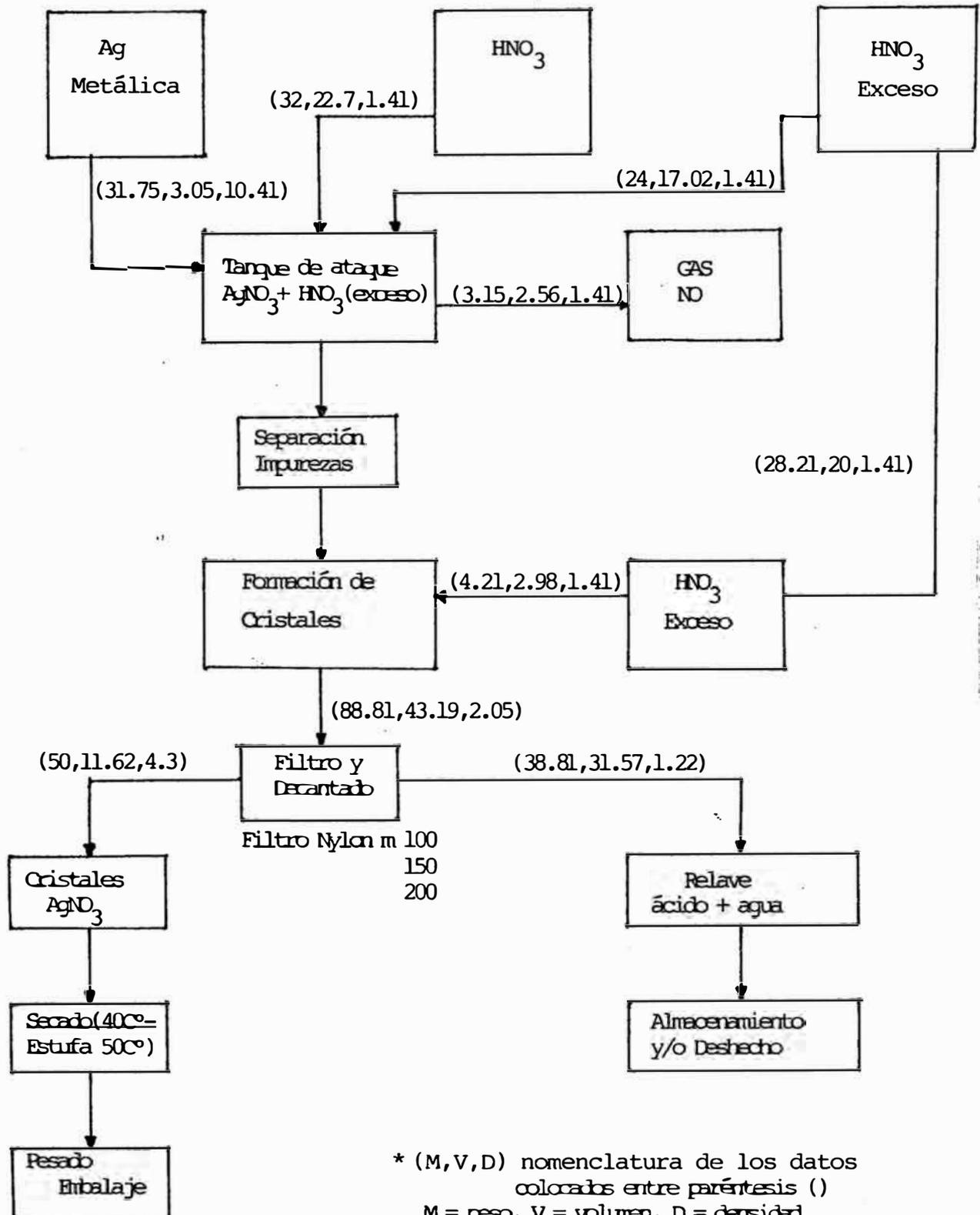
3.2.2.- Diagrama de flujos balanceados del proceso para 1000 kg/mensuales.



* (M, V, D) nomenclatura de los datos colocados entre paréntesis ()

3.2.3.- Diagrama del proceso para 50 kg/día:

Este diagrama se incluye solo para describir el proceso diario, en base a este proceso diario se procederá a diseñar el equipo.



* (M, V, D) nomenclatura de los datos colocados entre paréntesis ()
M = peso, V = volumen, D = densidad

3.2.4.- Dimensionamiento de equipo :

* Tanque de ataque:

Se toma como parámetro la producción de 50 kg de AgNO_3 por día.

Balance de masa:(en el tanque)

$$M = M_{\text{Ag}} + M_{\text{HNO}_3} + M_{\text{HNO}_3(\text{exceso})} - M_{\text{NO}(\text{gas})}$$

$$M = 31.75 + 32 + (24 + 4.21) - 3.15$$

$$M = 88.8 \text{ kg}$$

Balance de volúmenes:

$$V = V_{\text{Ag}} + V_{\text{HNO}_3} + V_{\text{HNO}_3(\text{exceso})} - V_{\text{NO}(\text{gas})}$$

$$V = 3.05 + 22.7 + (17.02 + 2.98) - 2.56$$

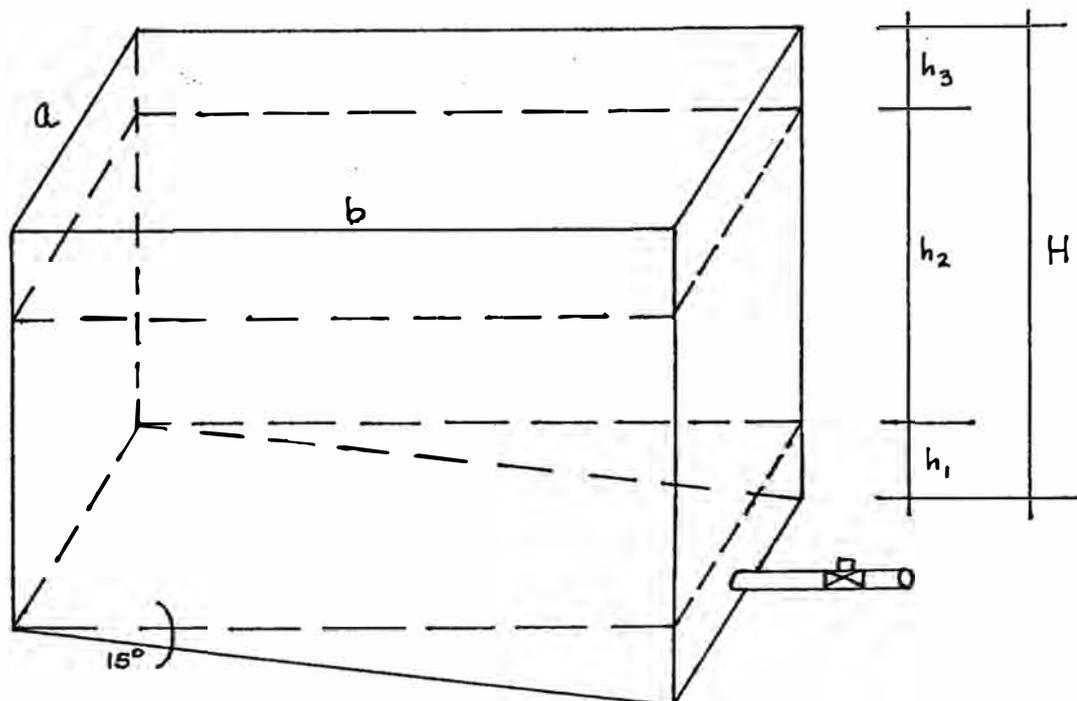
$$V = 43.19 \text{ lit.}$$

Los parámetros de diseño para el tanque de ataque serán para una capacidad de:

$$M = 88.8 \text{ kg}$$

$$V = 43.19 \text{ lit.}$$

El material del tanque será de acero inoxidable, plástico ó vidrio. Estos materiales no necesitan ningún tratamiento ,porque no reaccionan con el ácido nítrico ni con el nitrato de plata.



Diseñando un tanque con capacidad para 50 litros:

$$h_1 = b \tan 15^\circ \quad (1)$$

$$V_1 = \frac{ab^2}{2} \tan 15^\circ = 10000 \text{cc} \quad (2)$$

$$V_2 = abh_2 = 30000 \text{ cc} \quad (3)$$

$$V_3 = abh_3 = 10000 \text{ cc} \quad (4)$$

$$V = 50000 \text{ cc}$$

De (2): Asumiendo $b = 50 \text{ cm}$

$$\implies a = \frac{20000}{50^2 \tan 15^\circ} \implies a = 29.85 \text{ cm}$$

En (3): Reemplazando $b = 50 \text{ cm}$, $a = 29.85 \text{ cm}$

$$\implies h_2 = \frac{30000}{50 \times 29.85} \implies h_2 = 20.10 \text{ cm}$$

En (4): Reemplazando $b = 50$, $a = 29.85 \text{ cm}$

$$\implies h_3 = \frac{10000}{50 \times 29.85} \implies h_3 = 6.70 \text{ cm}$$

En (1): Reemplazando $b = 50 \text{ cm}$

$$h_1 = 50 \tan 15^\circ \implies h_1 = 13.39 \text{ cm}$$

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \implies H = 40.19 \text{ cm}$$

Finalmente el tanque de ataque será de la siguiente especificación técnica:

$$a = 29.85 \text{ cm} \implies a = 30 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm} \implies b = 50 \text{ cm}$$

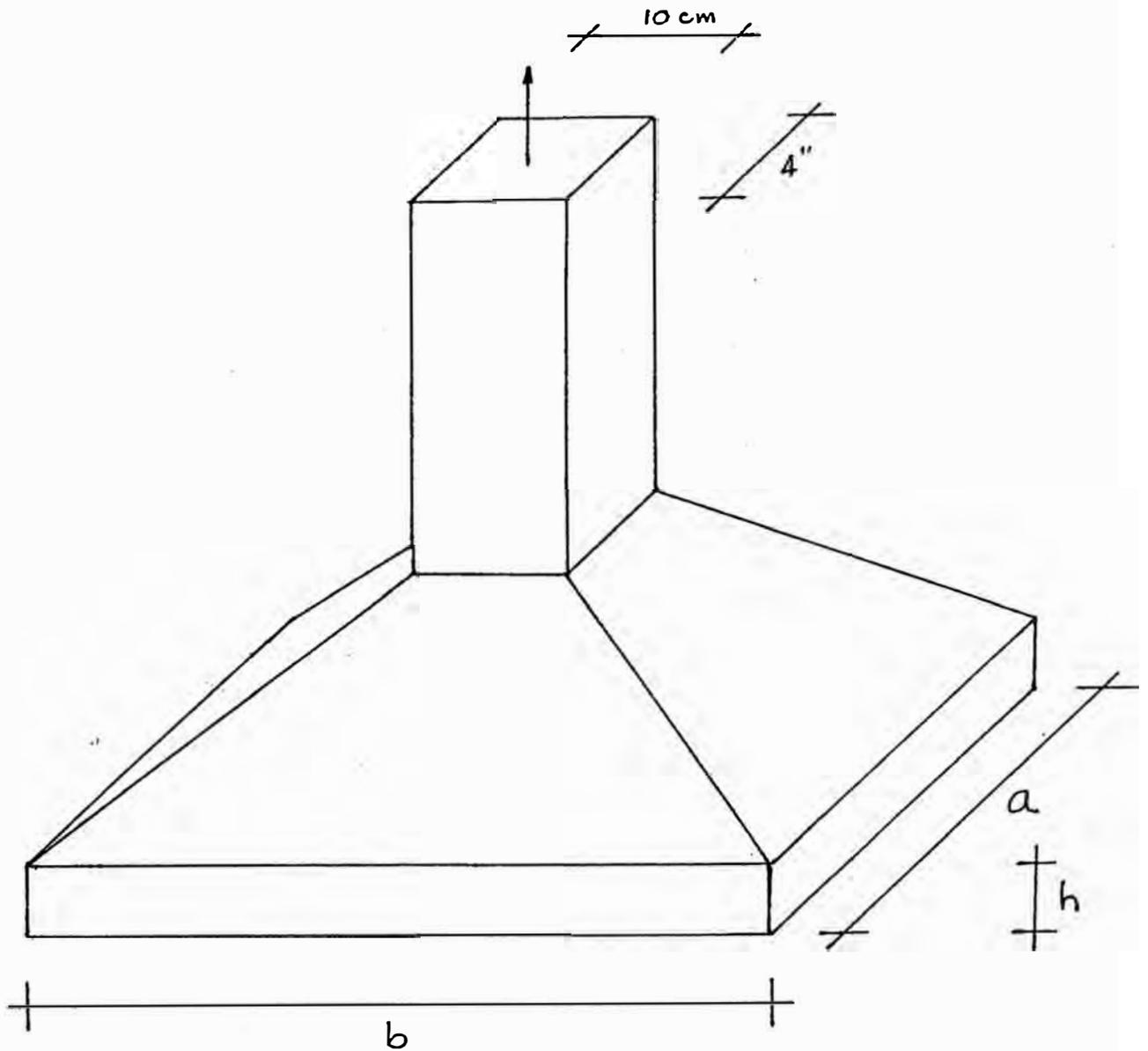
$$H = 40.19 \text{ cm} \implies H = 40 \text{ cm}$$

El fondo del tanque tendrá una inclinación de 15° . En la parte más profunda y en el medio del lado a , se instalará una salida de PVC de $\varnothing \frac{1}{2}$ " con una llave de paso, también de PVC de $\varnothing \frac{1}{2}$ ".

La inclinación del fondo del tanque, tiene por objetivo, facilitar una decantación más rápida y sencilla, cuando se trate de separar los residuos sólidos de la parte acuosa.

* Campana extractora:

Deberá cubrir una área mínima de extracción de: 3500 cm² (70x50)



Area mínima de la campana:

Equivalente a dos tanques de ataque,
es decir: $1500 \text{ cm}^2 \times 2 + 500 \text{ cm}^2$ (margen de área en exceso por seguridad)
Area efectiva de la campana extractora = 3500 cm^2 (superficie extractora)

Caudal de gas NO, desprendido del tanque de ataque:

$$Q = V \times A \implies A = \text{área}$$
$$V = \text{velocidad NO}$$
$$V = 49,775 \text{ cm/seg}$$
$$Q = \text{caudal}$$

$$Q = 49,775 \times 3500$$
$$Q = 174,212.5 \text{ lit/seg}$$

Cálculo de la velocidad de extracción:

$$\frac{Q}{H} = VA \implies 174212500/40 = 3500V$$
$$\implies V = 1244 \text{ cm/seg}$$

Velocidad del ventilador:

$$V = 2 \quad KR = 1244 \text{ cm/seg}$$

$$\implies KR = 198 \quad \text{si } R = 5 \text{ cm (2")}$$
$$\implies K = 40 \text{ RPS} \implies K = 2376 \text{ RPM}$$

Finalmente la campana extractora tendrá las siguientes especificaciones técnicas:

$$a = 50 \text{ cm}$$
$$b = 70 \text{ cm}$$
$$h = 40 \text{ cm}$$

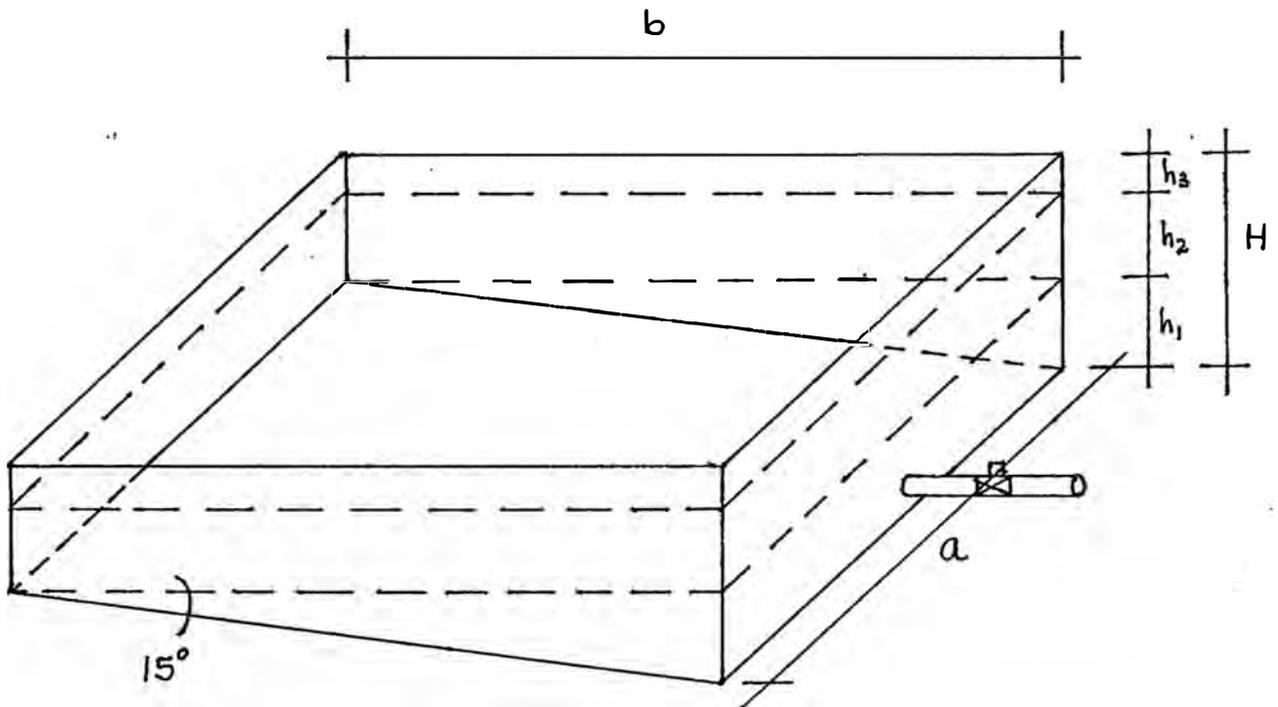
Velocidad del ventilador: $V = 2376 \text{ RPM}$

Diámetro de la chimenea: $D = 10 \text{ cm (4")}$

Material: Puede ser de plástico, fibra de vidrio, vidrio y/o acero inoxidable.

Estos materiales son indiferentes a la corrosión por ácido nítrico y a los vapores de NO.

* Bandejas de cristalización y secado:
Se fabricarán 8 unidades.



Volumen requerido: $V = 10$ litros
Volumen considerado para el diseño
de las bandejas: $V = 12$ litros

$$\text{tag } 15^\circ = h_1/b \Rightarrow h_1 = b \text{ tag } 15^\circ \quad (1)$$

$$V_1 = \frac{ab^2 \text{tag } 15^\circ}{2} = 2000 \quad (2)$$

$$V_2 = abh_2 = 8000 \quad (3)$$

$$V_3 = abh_3 = 2000 \quad (4)$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 12000 \quad (5)$$

Reemplazando (1),(2),(3)y(4) en (5):

$$ab(h_1/2 + h_2 + h_3) = 12000 \quad (6)$$

Asumiendo, para mayor facilidad de construcción y cálculo que:

$$a = 25 \text{ y } b = 30$$

Reemplazando a y b en (6):

$$h_1/2 + h_2 + h_3 = 16$$

Reemplazando y despejando en las ecuaciones (1),(2),(3),(4)y(5):

$$h_1 = 5.336 \quad h_2 = 10.666 \quad h_3 = 2.666$$

$$\implies H = 5.336 + 10.666 + 2.666$$

$$\implies H = 18.668$$

Finalmente las dimensiones de la bandeja serán:

$$a = 25 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$H = 18.668 \implies H = 20 \text{ cm}$$

El fondo de la bandeja tendrá una inclinación de 15° . En la parte mas baja y en el medio del lado a, se instalará una salida de PVC de $\varnothing \frac{1}{2}$ ", con una llave de paso, tambien de PVC de $\varnothing \frac{1}{2}$ ". La inclinación del fondo de la bandeja, tiene por objatibo, el desalojo de los líquidos acumulados entre los cristales.

El material de la bandeja, puede ser de vidrio y/o acero inoxidable.

* Estufa de secado de cristales:

Temperatura de secado efectiva entre 40°C a 50°C .

Deberá tener un área de irradiación calorífica equivalente a 2 bandejas, esto quiere decir:

Area de irradiación:

$$25 \times 30 \times 2 = 1500 \text{ cm}^2$$

El tamaño de la estufa será equivalente a una cocina de 4 hornillas.

* Campana extractora (secado cristales)

Se utilizara una campana extractora durante el secado de los cristales, similar a la campana extractora instalada durante el ataque. Tendrá las mismas dimensiones, pero un ventilador menos potente:

Area = 3500 cm² (4 bandejas)

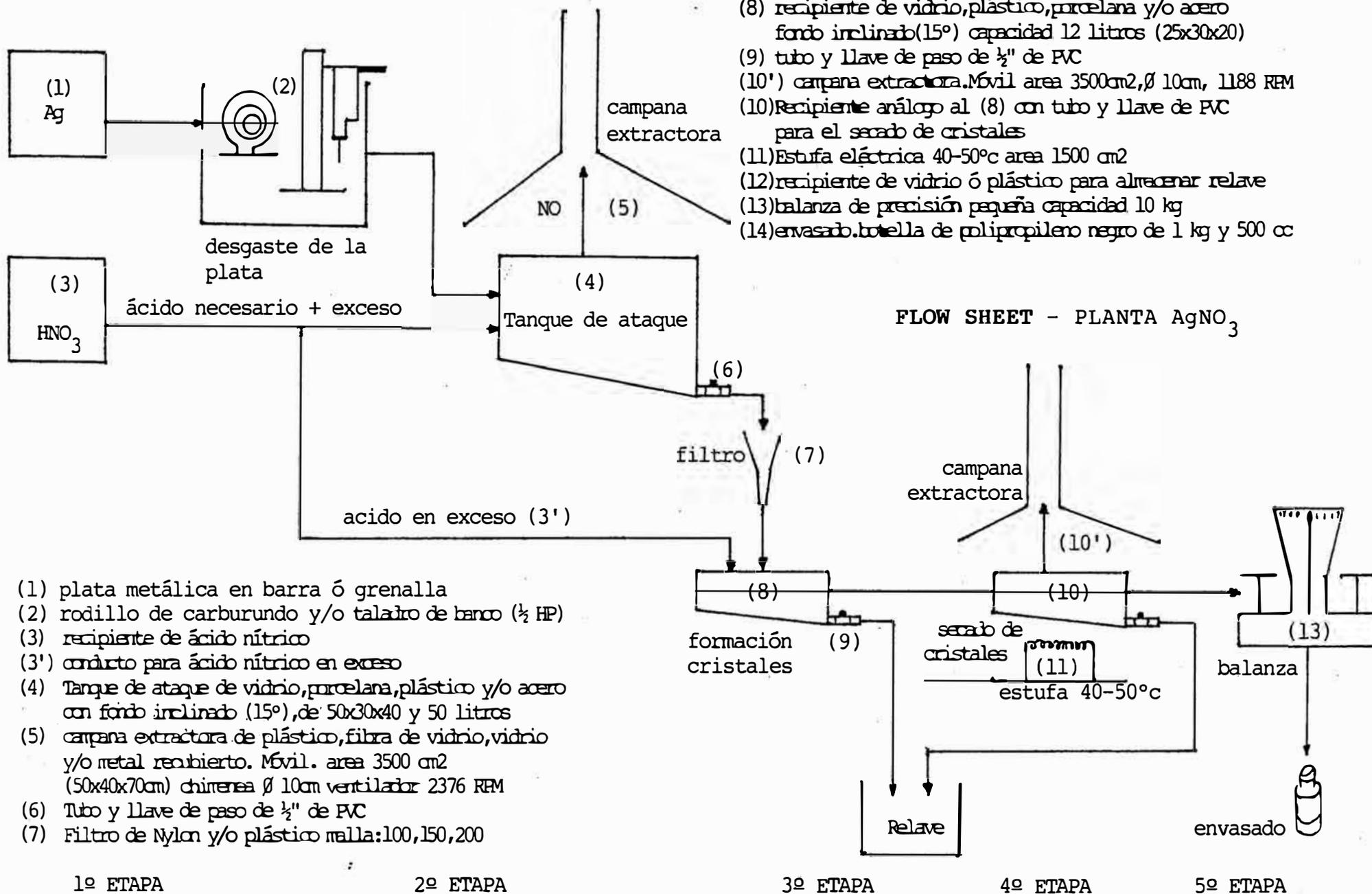
velocidad ventilador:

2376 RPM x 0.5 = 1188 RPM

El material de la campana, puede ser de plástico, fibra de vidrio, vidrio y/o acero inoxidable.

3.2.5.- **FLOW SHEET :**

(Plano adjunto - Siguiete página)



- (8) recipiente de vidrio, plástico, porcelana y/o acero fondo inclinado (15°) capacidad 12 litros (25x30x20)
- (9) tubo y llave de paso de ½" de PVC
- (10') campana extractora. Móvil area 3500cm², Ø 10cm, 1188 RPM
- (10) Recipiente análogo al (8) con tubo y llave de PVC para el serado de cristales
- (11) Estufa eléctrica 40-50°C area 1500 cm²
- (12) recipiente de vidrio ó plástico para almacenar relave
- (13) balanza de precisión pequeña capacidad 10 kg
- (14) envasado. botella de polipropileno negro de 1 kg y 500 cc

- (1) plata metálica en barra ó grenalla
- (2) rodillo de carburundo y/o taladro de banco (½ HP)
- (3) recipiente de ácido nítrico
- (3') conducto para ácido nítrico en exceso
- (4) Tanque de ataque de vidrio, porcelana, plástico y/o acero con fondo inclinado (15°), de 50x30x40 y 50 litros
- (5) campana extractora de plástico, fibra de vidrio, vidrio y/o metal recubierto. Móvil. area 3500 cm² (50x40x70cm) chimenea Ø 10cm ventilador 2376 RPM
- (6) Tubo y llave de paso de ½" de PVC
- (7) Filtro de Nylon y/o plástico malla: 100, 150, 200

3.2.6.- Calendario de producción, sistema y forma de trabajo diario:

Explicación del siguiente cronograma:

Lunes A: Se comienza a producir los 50 kgs diarios de AgNO_3 .

Limpieza y preparación de la plata (reducción de tamaño)

Martes A: Se empieza el ataque de la plata con ácido nítrico, que se preparó el día lunes. Simultáneamente a esto, se empieza a preparar un paquete B.

Miércoles A y B:

El paquete A, se le separan las impurezas. Se le agrega ácido en exceso y se le deja reposar para la formación de cristales.

El paquete B, se le empieza atacar con ácido. Se prepara un paquete C.

Jueves A, B y C:

El grupo A, se separan los cristales del líquido en exceso y se les pone en la estufa del secado.

Paquete B, se le separa de las impurezas y se le agrega ácido en exceso para la formación de cristales.

El grupo C, se empieza el ataque con ácido nítrico.

Se prepara un grupo D.

Viernes A, B, C y D:

Se procede análogamente a los días anteriores.

Esto quiere decir que para producir 50 kgs de AgNO_3 , se requieren cuatro días. Haciendo el proceso simultáneo diariamente, a partir del 4º día se obtendrá 50 kgs diarios de AgNO_3 .

Etapa Actividad	Dia	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M							
	---	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	30
Preparacion de la plata		A	B	C	D	E	F	*	G	H	I	J	K	L	*	M	N	O	P	Q	R	*	S	T	U	V	W	X	*	Y	Z
Ataque con acido			A	B	C	D	E	*	F	G	H	I	J	K	*	L	M	N	O	P	Q	*	R	S	T	U	V	W	*	X	Y
Separacion impurezas				A	B	C	D	*	E	F	G	H	I	J	*	K	L	M	N	O	P	*	Q	R	S	T	U	V	*	W	X
formacion cristales				A	B	C	D	*	E	F	G	H	I	J	*	K	L	M	N	O	P	*	Q	R	S	T	U	V	*	W	X
filtrado					A	B	C	*	D	E	F	G	H	I	*	J	K	L	M	N	O	*	P	Q	R	S	T	U	*	V	W
Secado						A	B	*	C	D	E	F	G	H	*	I	J	K	L	M	N	*	O	P	Q	R	S	T	*	U	V
Pesado						A	B	*	C	D	E	F	G	H	*	I	J	K	L	M	N	*	O	P	Q	R	S	T	*	U	V
embalado						A	B	*	C	D	E	F	G	H	*	I	J	K	L	M	N	*	O	P	Q	R	S	T	*	U	V
Produccion Diaria						50	50	*	50	50	50	50	50	50	*	50	50	50	50	50	50	*	50	50	50	50	50	50	*	50	50

SISTEMA Y FORMA DE TRABAJO DIARIO (Calendario)

CAPITULO IV .- EVALUACION ECONOMICA :

4.1.0.- Estructura de la inversión:

4.1.1.- Capital fijo (costo equipos,apoyo)

-Rodillo de Carburundo ($\frac{1}{2}$ HP) y/o taladro de banco ($\frac{1}{2}$ HP)	\$ 2000
-Tanque de vidrio,fibra de vidrio,plástico y/o acero inox. Capacidad 50 lit (30x50x40) 2 unidades	\$ 2000
-Campana extractora móvil con accesorios(ventilador y chimenea \varnothing 10 cm)	\$ 1200
-Tubería de PVC de \varnothing $\frac{1}{2}$ "(30 mt)	\$ 200
-Llave de paso de PVC \varnothing $\frac{1}{2}$ "(10)	\$ 100
-Tubería de PVC \varnothing 4" (50 mt)	\$ 500
-Embudos de vidrio Pyrex(10)	\$ 500
-Papel filtro	\$ 100
-Recipientes tipo fuente de vidrio y/o acero inoxidable Capacidad 10 lit.(25x30x20) 10 unidades	\$ 1000
-Estufa eléctrica,tamaño mediano (40°C - 50°C)	\$ 1500
-Balanza de precisión de 5kg	\$ 1500
-Envases plásticos color negro de 500 cc (2000 unidades)	\$ 1000
-Etiquetas (500 unidades)	\$ 500
-Recipientes y/o botellas de vidrio ó plástico para ácido de 40 litros (10 unidades)	\$ 200
de 30 litros (10 unidades)	\$ 200
-Vaso Pyrex de 500 cc(4 un)	\$ 200
-Mesa de fierro,soportes,sujetadores,accesorios y/o refuerzos	\$ 800
SUB - TOTAL	\$ 14500
Imprevistos (15%)	2175
TOTAL	\$ 16675

4.1.2.- Construcciones:

Terreno (100m2)(100\$/m2)	\$ 10000
Oficinas-baños(40m2)(160\$/m2)	\$ 6400
Loza concreto(30m2)(70\$/m2)	\$ 2100
Techo Eternit(30m2)(100\$/m2)	\$ 3000
	<hr/>
Sub - Total	\$ 21500
Imprevistos (15%)	\$ 3225
	<hr/>
TOTAL	\$ 24725

4.1.3.- Instalaciones:(montaje de)

-Rodillo de carburundo y/o taladro de banco	\$ 200
-Tanque de ácido nítrico	\$ 100
-Tanque de ataque	\$ 100
-Campana extractora para el ataque	\$ 150
-Sujetador de filtros	\$ 150
-Recipientes de secado	\$ 100
-Estufa eléctrica	\$ 100
-Tanque de relave	\$ 80
-Campana extractora del secado	\$ 150
-Balanza y mesa de embalado	\$ 150
	<hr/>
Sub - Total	\$ 1280
Imprevistos (15%)	\$ 192
	<hr/>
TOTAL	\$ 1472

4.1.4.- Servicios auxiliares:

-Agua:Cisterna-tanque-bomba	\$ 2600
-Electricidad:Monofásica	
Trifásica	\$ 1200
-Desagüe:evacuación de relave	
Buzón de neutralización	\$ 3000
	<hr/>
Sub - Total	\$ 6800
Imprevistos (15%)	\$ 1020
	<hr/>
TOTAL	\$ 7820

4.1.5.- Proyecto (Ing. Básica, estudio pre-factibilidad):

Proyecto	\$ 1000
Estudio de mercado	\$ 800
Comercialización	\$ 2000
	<hr/>
Sub - Total	\$ 3800
Imprevistos (15%)	\$ 570
	<hr/>
TOTAL	\$ 4370

4.1.6.- Contratista

Contratación de equipos, construcciones, instalaciones, servicios auxiliares y proyecto:

Equipos	\$ 16675
Construcciones	\$ 24725
Instalaciones	\$ 1472
Servicios auxiliares	\$ 7820
Proyecto	\$ 4370
	<hr/>
Sub - Total	\$ 55062
Imprevistos (15%)	\$ 8259
	<hr/>
Total partidas	\$ 63321
Utilidad del contratista(25%)	\$ 15830
	<hr/>
TOTAL	\$ 79151

4.1.7.- Imprevistos

Consideramos 15% del monto total para la planta:

Costo planta	\$ 79151
Imprevistos (15%)	\$ 11873
	<hr/>
TOTAL	\$ 91024

4.1.8.- Capital de trabajo

Consideramos el 10% del capital fijo	
Capital fijo	\$ 91024
Capital de trabajo (10%)	\$ 9102

4.2.0.- Costos Operativos:

4.2.1.- Costos Directos (CD)

* Insumos Directos:

Plata (Ag) (635kg) (4.5 \$/oz)	\$ 91872
Acido nítrico (HNO ₃) (2 \$/kg)	\$ 2408
Agua destilada (0.5 \$/lit)	\$ 100
TOTAL	\$ 94380

Precio de Costo de AgNO₃ (1Kg) \$ 94.38

* Mano de Obra Directa (MOD)

Nº de Obreros = 3

MOD = HH/Kg x 1 \$/HH = 1 \$/Kg

MOD = $\frac{48 \times 3 \times 4 \text{ HH}}{1000 \text{ Kg}}$ x 1 \$/HH = 0.576 \$/Kg

MOD (por aproximación) ==> MOD = 1 \$/Kg

4.2.2.- Costos indirectos: (CI)

* Mano de obra indirecta (MOI)

MOI = 0.3 MOD

MOI = 0.3 (1 \$/Kg) ==> MOI = 0.3 \$/Kg

* Materiales indirectos:

Filtros y repuestos en general:

500/1000 = 0.5 \$/Kg

* Gastos Indirectos:

Servicios (energía, agua, teléfono, etc)

Servicios = $\frac{1000 \$}{1000 \text{ Kg}}$ = 1 \$/Kg

* Gastos administrativos:

(comisiones de venta, primas, seguros, viáticos, etc)

Servicios = 1000\$/1000kg = 1 \$/Kg

4.2.3.- Costo de producción unitario (CP_u)

$$CP_u = CD + CI$$

$$CP_u = 94.38 + 1 + 0.3 + 0.5 + 1 + 1$$

$$CP_u = 98.18 \text{ \$/Kg}$$

4.3.0.- Flujo de caja - Indices económicos:

4.3.1.- Punto de equilibrio económico (PEE)

Valor actual neto (VAN)

*Punto de equilibrio económico (PEE)

$$PEE = \frac{CF}{IG - (CD + MOT)}$$

Costo fijo unitario : $CF = 3.8 \text{ \$/Kg}$

Precio de venta unitario : $IG = 135 \text{ \$/Kg}$

Costo directo unitario : $CD = 94.38 \text{ \$/Kg}$

Mano de obra total : $MOT = 1.3 \text{ \$/Kg}$

$$PEE = \frac{3.8}{135 - (94.38 + 1.3)}$$

$$\implies PEE = 0.0966$$

El Punto de Equilibrio Economico (PEE)

9.6 % de la capacidad instalada.

*Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = \sum_{t=0}^{t=n} (I_t - G_t)(1+i)^{-t} - \sum_{t=0}^{t=n} K_t(1+i)^{-t}$$

I_t = Ingreso efectivo

G_t = Gasto efectivo

K_t = Inversión inicial

n = período de tiempo (5 años)

i = Tasa de interés comercial (15% anual)

Reemplazando se obtuvo lo siguiente:

$$VAN = \frac{-74920.4}{(1.15)} + \frac{220920}{(1.15)^2} + \frac{220920}{(1.15)^3} + \frac{220920}{(1.15)^4} + \frac{220920}{(1.15)^5}$$

VAN = 483305.58 US\$

Valor Actual Neto es la diferencia positiva entre los ingresos actualizados y los gastos actualizados.

4.3.2.- Retorno Neto (RN)
Tasa Interna de Retorno (TIR)

*Retorno Neto (RN):

$$RN = \frac{GN}{\text{cap. accionario}}$$

GN = ganancia neta = GB - Imp.

Capital accionario = \$ 100126.79

GB = ganancia bruta = $P_u - CP_u$

Imp = impuestos (50% GB)

P_u = unitario = 135 \$/Kg

CP_u = costo unitario de producción = 98.18 \$/Kg

$$RN = \frac{18.41 \times 1000 \times 12}{100126.79}$$

$$\implies RN = 2.2064$$

El retorno neto en un año será de 220.64% de la inversión total.

*Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$TIR = \sum_{t=0}^{t=n} (I_t - G_t) (1+r)^{-t} - \sum_{t=0}^{t=n} K_t (1+r)^{-t} = 0$$

I_t = Ingreso efectivo

G_t = Gasto efectivo

K_t = Monto de inversión inicial

n = período de tiempo (5 años)

r = tasa interna de retorno

$$TIR = -74920.4/(1+r) + 220920/(1+r)^2 + \\ 220920/(1+r)^3 + 220920/(1+r)^4 + \\ 220920/(1+r)^5 = 0$$

reemplazando: $1 + r = a$ para resolver la ecuación

$$\text{TIR} = - 74920.4/220920 a^4 + a^3 + a^2 + a + 1 = 0$$

$$a = 3.93644 \implies r = 2.93644$$

$$\implies \text{TIR} = 293.644 \%$$

La Tasa interna de retorno es 293.644 % en 5 años.

4.3.3.- Seguridad en el pago de la inversión (SPI)

$$\text{SPI} = \frac{\text{GN} + 0.5 (\text{SI})}{\text{anualidad}}$$

$$\text{SI} = 0.2 \text{ CV} = \text{CF}$$

$$\text{SI} = 3.8 \text{ \$/Kg}$$

SI = servicio sobre la inversión

CV = costos variables

CF = costo fijo = 3.8 \\$/Kg

GN = ganancia neta = 18.41 \\$/Kg

anualidad = 100 %

$$\text{SPI} = \frac{18.41 + 0.5(3.8)}{1.0} = \frac{20.31}{1.0}$$

$$\implies \text{SPI} = 2031 \% \text{ anual (29.03\% mensual)}$$

4.3.4.- FLUJO DE CAJA

Primer cuadro ilustrativo se refiere al flujo de caja durante los primeros doce meses.

Segundo cuadro ilustrativo se refiere al flujo de caja durante los primeros cinco años, en forma general.

FLUJO ECONOMICO (Fabricación de Nitrato de Plata) (12 meses)

Precio del Nitrato de Plata: 135 \$/Kg

Caso del Nitrato de plata en planta

. PU .	Mes 1 .	Mes 2 .	Mes 3 .	Mes 4 .	Mes 5 .	Mes 6 .	Mes 7 .	Mes 8 .	Mes 9 .	Mes 10.	Mes 11 .	Mes 12
INGRESOS												
venta por kg	-	30	50	100	100	200	200	300	300	300	300	300
ventas por Kg 135\$	-	4050	6750	13500	13500	27000	27000	40500	40500	40500	40500	40500
total	-	4050	6750	13500	13500	27000	27000	40500	40500	40500	40500	40500
EGRESOS												
Inversión												
construccion 24725	14835	4945	4945									
Instalac. 1472					472	500	500					
costo equipo 16675		3335	3335	3335	3335	3335						
serv. aux. 7820						1820	2000	2000	2000			
proyecto 4370	4370											
contratista 79151	16151	22050	22050	9450	4725	4725						
imprevistos 11873							2873	2000	2000	2000	2000	1000
cap. trabajo 9102		1102	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
COSTO VAR.												
insumo dir. 94.38		2831.4	4719	9438	9438	18876	18876	28314	28314	28314	28314	28314
MOD -Vestido 1.0		30	50	100	100	200	200	300	300	300	300	300
mantenimiento												
análisis												
COSTO FIJO												
MOI 0.3		9	15	30	30	60	60	90	90	90	90	90
mat. ind. 0.5		15	25	50	50	100	100	150	150	150	150	150
gasto ind. 1.0		30	50	100	100	200	200	300	300	300	300	300
agua luz telf												
gasto admin. 1.0		30	50	100	100	200	200	300	300	300	300	300
FLUJO DE CAJA	-35356	-30327.4	-29289	-9903	-5650	-3816	1191	6246	6246	8246	8246	9246

FLUJO ECONOMICO (Fabricación de nitrato de plata)
 Precio del nitrato de plata : 135 \$/kg
 Caso del nitrato de plata en plata

Cuadro general del flujo de caja de los 5 primeros años

	P U	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
INGRESOS						
venta por Kg		2180	6000	6000	6000	6000
ingresos ventas	135	294300	810000	810000	810000	810000
Total		294300	810000	810000	810000	810000
EGRESOS						
Inversión						
construcciones		24725				
instalaciones		1472				
costo equipo		16675				
serv. aux.		7820				
proyecto		4370				
contratista		79151				
imprevistos		1873				
capital trabajo		9102				
sub-total		155188				
COSTO VARIABLE						
insumo directo	94.38	205748	566280	566280	566280	566280
mano obra directa	1.0	2180	6000	6000	6000	6000
vestimenta - seg.						
mantenimiento						
análisis químicos						
sub-total		207928	572280	572280	572280	572280
COSTO FIJO						
mano obra indirecta	0.3	654	1800	1800	1800	1800
gasto indirecto	0.5	1090	3000	3000	3000	3000
energía elec.	1.0	2180	6000	6000	6000	6000
serv. agua						
comunicaciones						
gasto adminis.	1.0	2180	6000	6000	6000	6000
imprevistos						
sub-total		6104	16800	16800	16800	16800
Total costos fijo-variable		214032.4	589080	589080	589080	589080

FLUJO CAJA

Indices económicos: TIR = 293.644 %

VAN = 483305.58 US\$

CAPITULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.0.- Conclusiones:

Consideramos que el presente proyecto tiene muchas probabilidades de éxito técnico y comercial.

Técnicamente podemos asegurar que fabricamos un Nitrato de Plata, de la mas alta pureza, capaz de igualar en calidad a los productos importados.

No se requiere de una técnica sofisticada, pero si muy cuidadosa y esmerada, que exige un constante control de calidad y de las impurezas contenidas en los ingredientes que intervienen en la fabricación del Nitrato de Plata.

Nosotros afirmamos, que el Perú, debería estar a la vanguardia de las técnicas, en cualquier ramo industrial, en el cual la materia prima es la plata.

Comercialmente se puede concluir, que la industria de transformación de la plata, es una buena alternativa para contrarrestar la caída del precio de la plata en el mercado internacional.

En la actualidad, la comercialización se efectúa libremente, y sin ningún tipo de restricción.

- * A continuación expondremos un ejemplo comparativo entre el precio del Nitrato de Plata nacional y el importado:

Producto: Nitrato de Plata - AgNO_3

Estado: Cristales

Presentación: Botellas de 1 kg de plástico, de color negro.

En la siguiente página, se detalla un análisis de costos y precio de venta.

Partidas	Nitrato de Plata NACIONAL	Nitrato de Plata IMPORTADO
Materias Primas	\$ 94.38	-----
Gastos de Produccion	\$ 3.80	-----
Sub - Total	\$ 98.18	\$ 98.00(Precio FOB)
Utilidad (15%) mínima - igual interés bancos	\$ 14.70	\$ 8.00(utilidad flete seguros)
TOTAL	\$ 112.88	\$ 106.00(Precio CIF)
IGV (16%)	\$ 18.05	\$ 15.90(arancel 15%)
TOTAL PRECIO DE VENTA AL USUARIO	\$ 130.93	\$ 121.90(Precio al usuario)

Comparando los precios de venta al usuario, se puede notar una diferencia de \$ 9.0 entre el nitrato de plata nacional y el importado, por lo que este último resulta más barato.

A pesar que los costos de producción, son casi iguales, los impuestos y recargos, hacen perder al producto nacional competitividad frente al producto importado, a pesar de tener una pureza y calidad similares.

Obviamente que los vendedores, aumentan el precio del producto importado para obtener un mayor margen de utilidades. Por esta razón, los vendedores prefieren importar.

Cabe señalar que el producto importado, goza de mucha confianza y además tiene una excelente presentación.

Se debe tener en cuenta, que el interés bancario en el Perú, no tiene ningún punto de comparación con el interés bancario internacional. En el Perú el interés bancario puede cambiar varias en un mes, mientras que en el mercado internacional varía una ó dos veces al año como máximo.

Por todo lo anterior, resulta muy difícil promover cualquier industria que tenga competencia con márgenes estrechos de utilidad, sobre todo si la competencia es de un país desarrollado.

5.2.0.- Recomendaciones:

Es recomendable que los impuestos y aranceles guarden cierta relación con los intereses bancarios y con las utilidades.

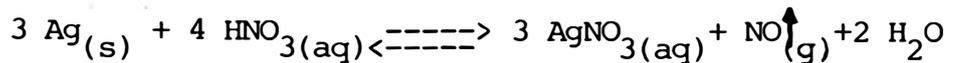
Esto quiere decir, que para producir 1 Kg de AgNO_3 son necesarios en el Perú y en Alemania, invertir \$ 98, cuyo interés mensual en el Perú es de \$ 14.7 (15%), mientras que en Alemania es de \$ 1.47 (1.5%).

De todo lo dicho, se desprende la necesidad de buscar ó idear un sistema financiero en el Perú, que combine los impuestos y los intereses bancarios de modo tal, que produzca una utilidad justa al productor y una renta al estado peruano.

ANEXO I.- CALCULOS FISICOS Y QUIMICOS:

A.1.0.- Ecuación de formación:

Ecuación balanceada de formación de Nitrato de Plata:



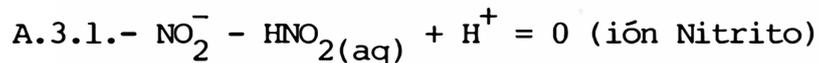
A.2.0.- Condiciones de ocurrencia de la reacción de formación de Nitrato de Plata (AgNO_3):

Fundamento y condiciones;

Teniendo en cuenta, que el objetivo principal, es la formación de Nitrato de Plata cristalizado, la ecuación de formación debe ajustarse a ciertas condiciones de PH, concentración, presión, potencial y temperatura.

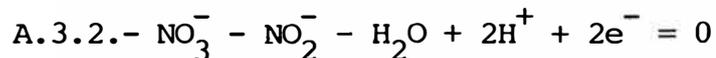
A.3.0.- Determinación de los rangos de formación y existencia del ión Nitrato (NO_3^-):

Para lo cual planteamos y evaluamos las siguientes ecuaciones.



$$\log \frac{(\text{NO}_2^-)}{(\text{HNO}_2)} = - 3.35 + \text{PH}$$

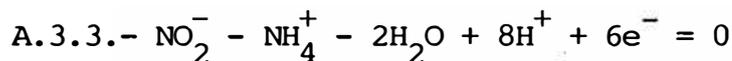
Término que se puede evaluar, dando los valores al logaritmo y despejando el PH.



(ión Nitrato)

$$E = 0.836 - 0.0591 \text{ PH} + 0.0295 \log \frac{(\text{NO}_3^-)}{(\text{NO}_2^-)}$$

Polinomio que se evaluará dando valores probables a log. y al PH, para obtener E_h .



(ión amonio)

$$E = 0.893 - 0.0788 \text{ PH} + 0.0098 \log \frac{(\text{NO}_2^-)}{(\text{NH}_4^+)}$$

Expresión, que puede ser evaluada dando posibles valores a log. y PH para obtener E_h .

A.3.4.- El Gráfico E_h vs PH se confeccionará, tomando en cuenta las ecuaciones anteriormente estudiadas. Este gráfico, nos determinará la zona posible de existencia y ocurrencia:

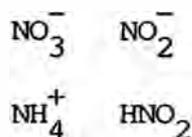
$$\begin{aligned} * \text{NO}_2^- + \text{HNO}_2 + \text{H}^+ &= 0 \\ \log \frac{(\text{NO}_2^-)}{(\text{HNO}_2)} &= - 3.35 + \text{PH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * \text{NO}_3^- - \text{NO}_2^- - \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- &= 0 \\ E &= 0.836 - 0.0591 \text{ PH} + 0.0295 \log \frac{(\text{NO}_3^-)}{(\text{NO}_2^-)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * \text{NO}_2^- - \text{NH}_4^+ - 2\text{H}_2\text{O} + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- &= 0 \\ E &= 0.893 - 0.0788 \text{ PH} + 0.0098 \log \frac{(\text{NO}_2^-)}{(\text{NH}_4^+)} \end{aligned}$$

Para los valores límites en este caso, estarán representados por el logaritmo igual a cero.

En los gráficos 1 y 2, se puede ver claramente las zonas donde existen los iones:



A.3.5.- Grafico (1): Determinacion de las

zonas de ocurrencia y existencia de los iones mencionados.

Conclusiones del gráfico:

- * Observando el gráfico, se puede apreciar que existe un punto común ó límite de frontera, entre todas las regiones, este punto se ubica para un PH de 3.35 y un potencial E_h de 0.63 a 0.635.
- * Se puede deducir igualmente que el ión nitrato (NO_3^-) limita con el ión nitrito (NO_2^-) y el ión nitrato Acido (HNO_2).
- * A nuestro parecer, acotaremos que la existencia del ión nitrato se debe exclusivamente al potencial de oxidación E_h .
- * Del mismo modo, siempre a nuestro criterio, concluimos que la región demarcada por la línea cuyo PH va de 2 a 6 y E_h va de 0.48 a 0.79, y las líneas de frontera de las regiones del HNO_2 y del NO_2^- , se encuentra la zona de mayor ocurrencia y existencia (a condiciones normales) del ión nitrato (NO_3^-)

A.3.6.- Grafico (2):

- * Este gráfico ha sido ampliado a una mayor escala que el anterior, para poder apreciar mejor la zona de ocurrencia del ión nitrato a nuestro parecer. Pensamos que esta zona no representa ninguna condición especial, salta las normales, para el proceso de obtención del nitrato de plata.

Gráfico 1

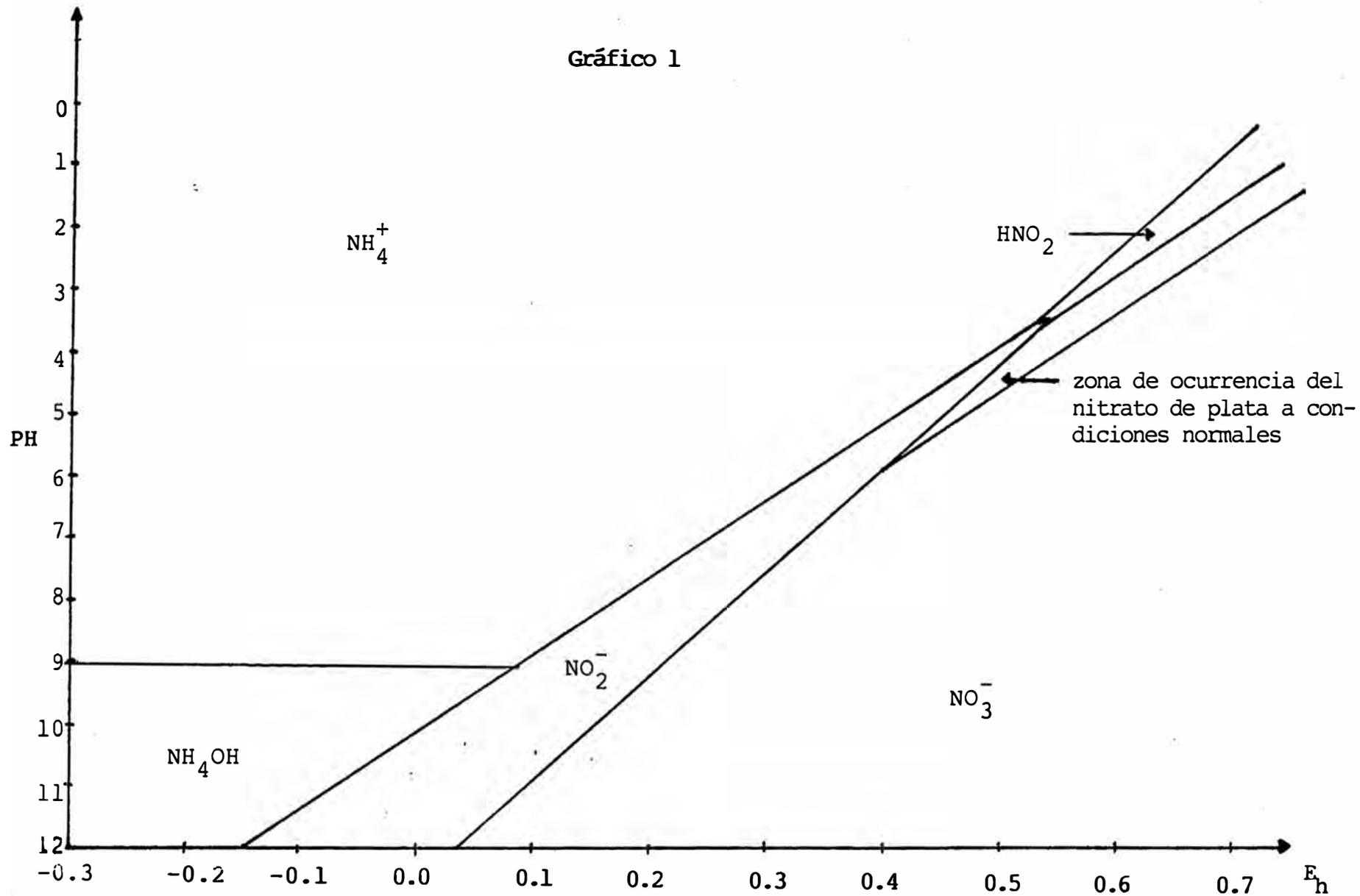
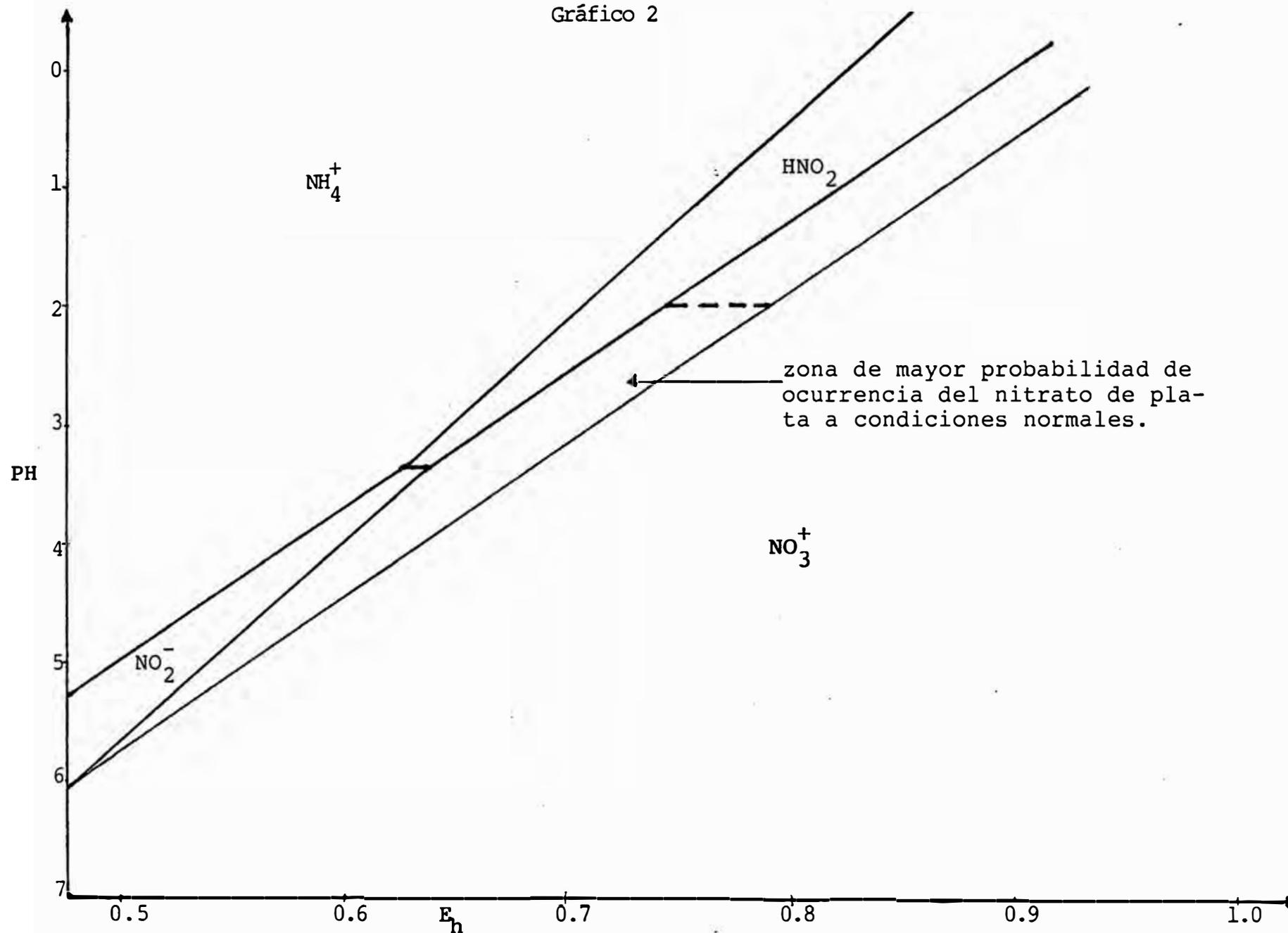


Gráfico 2



A.3.7.- GRAFICO 2A :

Determinación de la zona de ocurrencia del nitrato de plata, superponiendo los diagramas: Ag - H₂O y N - H₂O , de esta intercepción, del gráfico se puede deducir que la presión es de 1 atmósfera y el PH de formación oscila entre 1.92 a 2.7 .

El objetivo del proceso no solo consiste en lograr la formación del nitrato de plata, sino que a su vez deberá precipitar en forma de cristales.

Esta formación de cristales y su precipitación ha sido enfocado bajo un punto de vista experimental, según lo ocurrido en el laboratorio, no se han ratificado con los cálculos de las solubilidades por considerarse irrelevantes, si tenemos en cuenta que las condiciones del ataque de la plata propician en forma consecuente las condiciones para la cristalización y su precipitación.

E_h

GRAFICO 2A

Ag_2O_3

1.2

Ag_2O_2

1.0

NO_3^-

Ag_2O

0.8

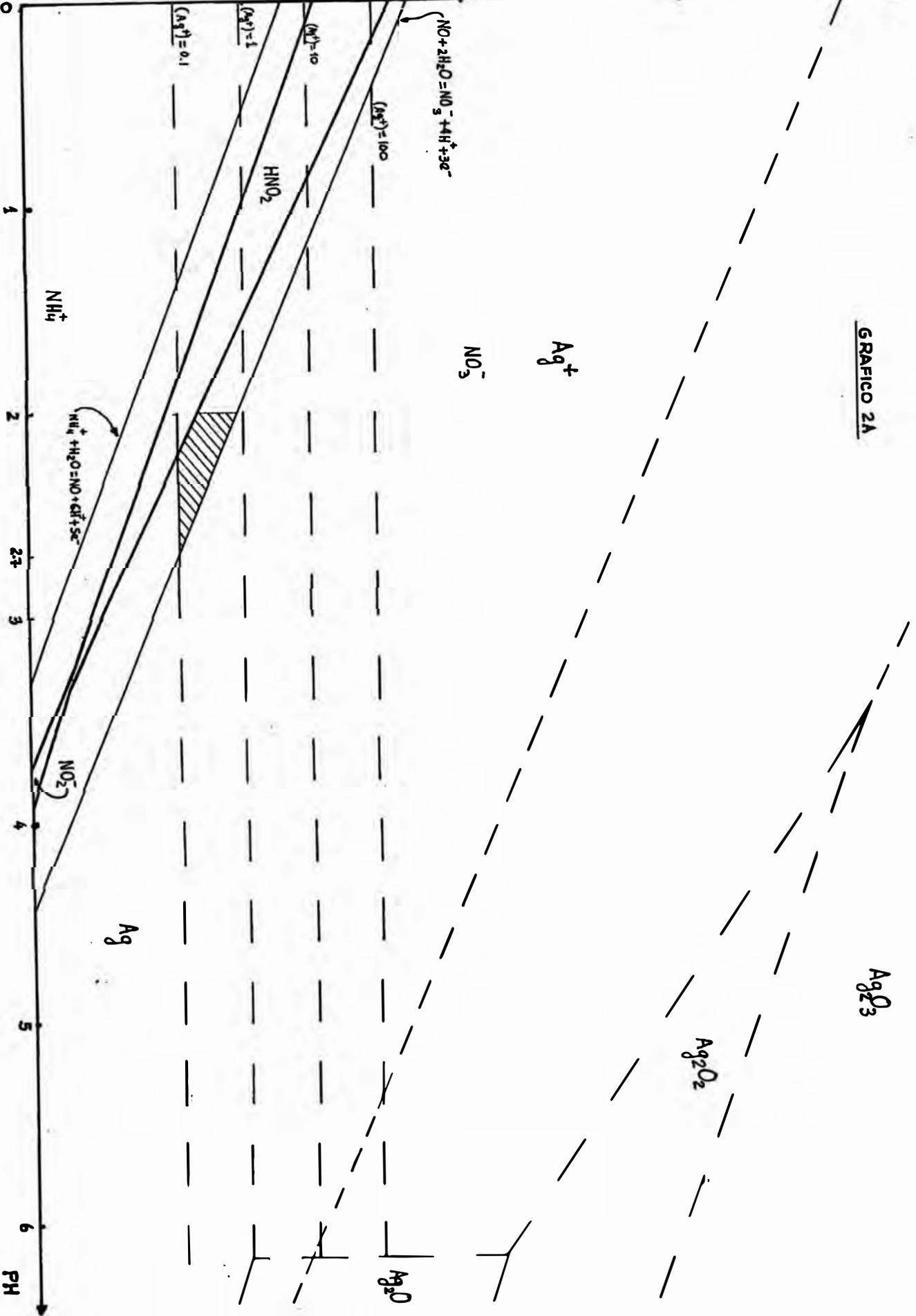
HNO_2

Ag

NH_4^+

0.6

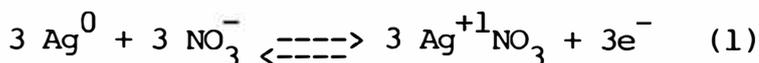
PH



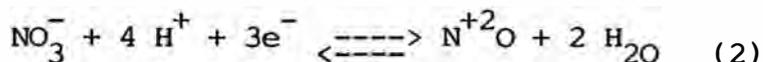
A.4.0.- Adaptación de la ecuación de formación de Nitrato de Plata a la forma REDOX:

Planteando las dos semi reacciones:

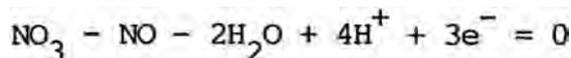
oxidación:



reducción:



A.4.1.- Forma general de la reducción:
La ecuación (2), tiene la forma general de una reducción:



$$\mu_{\text{NO}_3^-}^\circ = - 26,500 \text{ cal}$$

$$\mu_{\text{NO}}^\circ = + 20,850 \text{ cal}$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}}^\circ = - 56,560 \text{ cal}$$

A.4.2.- Cálculo de E_h° (ecuación de Nernst)

$$E_h^\circ = \frac{a\mu_A^\circ + b\mu_B^\circ + c\mu_{\text{H}_2\text{O}}^\circ + m\mu_{\text{H}^+}^\circ}{23,060 n}$$

$$E_h^\circ = \frac{-26,500 - 20,850 - 2(-56,560)}{23,060} \quad (3)$$

$$E_h^\circ = + 0.950708$$

A.4.3.- Ecuación de Potencial de equilibrio (ecuación general de Nernst)

$$E = E^\circ - \frac{0.0591m}{n} \text{PH} + \frac{0.0591}{n} (\log(\text{NO}_3^-) - \log P_{(\text{NO})})$$

$$E = 0.950708 - \frac{0.0591(4)}{3} \text{PH} + \frac{0.0591}{3} (\log(\text{NO}_3^-) - \log P)$$

$$E = 0.950708 - 0.0788 \text{ PH} + 0.0197 \log \frac{(\text{NO}_3^-)}{P_{(\text{NO})}}$$

Ecuación general

Asumiendo: $P_{(\text{NO})} = 1 \text{ atm.}$, para un proceso a condiciones normales:

$$\Rightarrow E = 0.950708 - 0.0788 \text{ PH} + 0.0197 \log(\text{NO}_3^-)$$

A.4.4.- Evaluación de la ecuación de potencia de equilibrio:

Evaluando y tabulando la ecuación anterior, para los valores de $\log(\text{NO}_3^-)$ iguales a -2, -1 y 0.

Ver siguiente cuadro y gráfico (3)

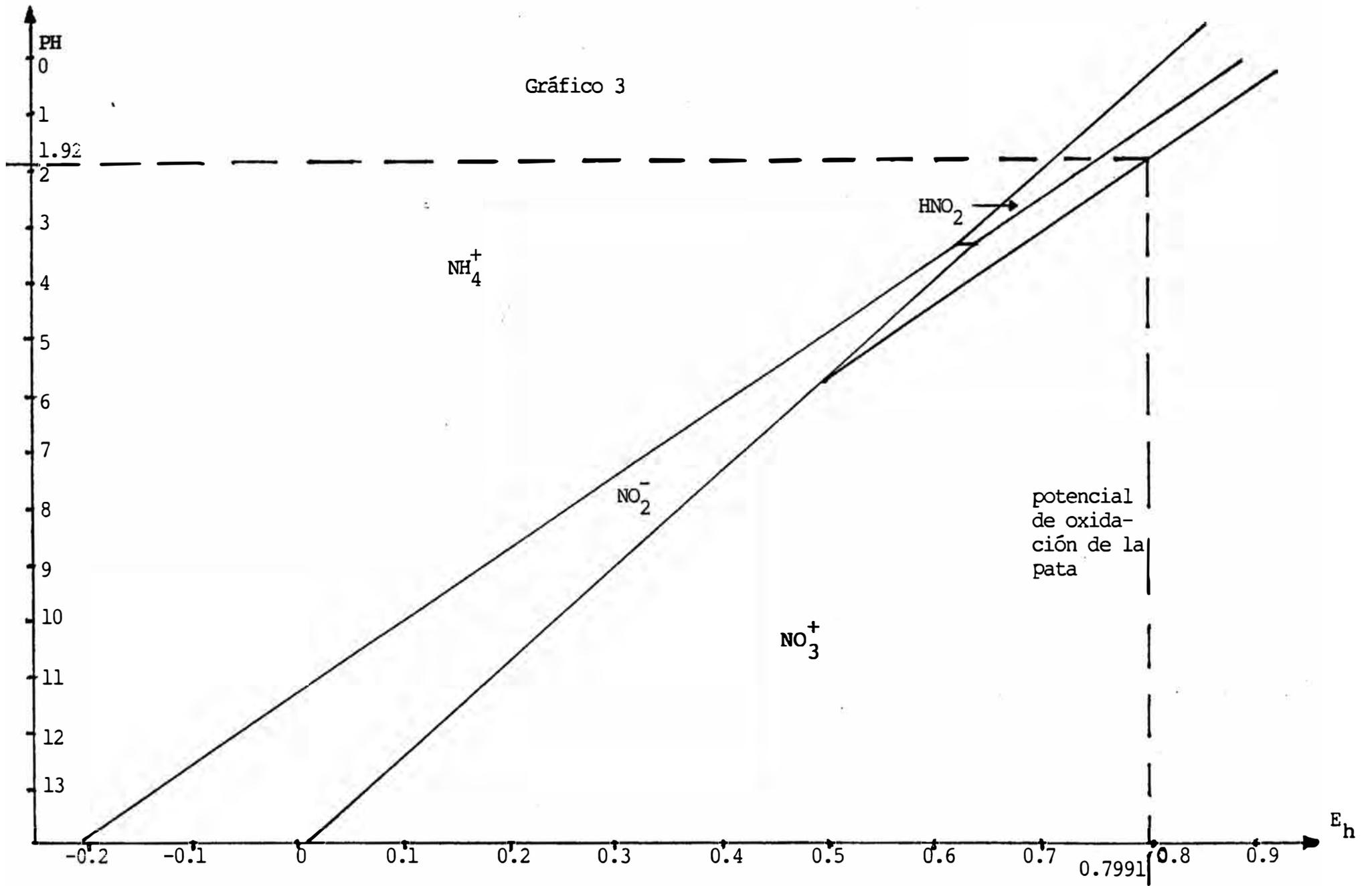
$\log (\text{NO}_3^-)$	PH	E_h (volts)
- 2	1	0.8325
	3	0.6799
	6	0.4385
- 1	1	0.8522
	3	0.6946
	6	0.4582
0	1	0.8719
	3	0.7143
	6	0.4779

Solo se ha evaluado para PH de 1 a 6, por que se trata de una reacción inminentemente ácida.

A.4.5.- Gráfico (3): Zona de ocurrencia del Nitrato de Plata.

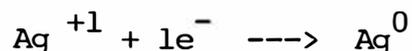
Ver siguiente página. Zona achurada indica la región de ocurrencia del Nitrato de Plata. Definido en los puntos A.3.5 y A.3.6
Podrá notarse que el potencial de la plata puede considerarse como límite de la zona.

Gráfico 3



A.4.6.- Determinación del PH de reducción de la plata:

En el gráfico (3), determinamos el PH para el potencial de Reducción de la plata:



$$E_h^{\circ} = 0.7991 \text{ volts.} \implies \text{PH} = 1.92$$

A.4.7.- Determinación de la concentración del Nitrato de Plata:

Reemplazando en la ecuación del punto A.4.3, los siguientes valores:

$$E_h = 0.7991 \text{ volts.} \quad \text{PH} = 1.92$$

$$E = 0.950708 - 0.0788 \text{ PH} + 0.0197 \log(\text{NO}_3^-)$$

$$0.0197 \log(\text{NO}_3^-) = -0.000312$$

$$\log(\text{NO}_3^-) = -0.015837$$

$$\implies (\text{NO}_3^-) = 0.964 \implies (\text{NO}_3^-) \pm 1.0$$

Donde la concentración del ión Nitrato tiende al valor de la unidad (1), esto quiere decir que el nitrato de plata estará a punto de cristalizarse ó ya en cristales.

A.4.8.- Condiciones de ocurrencia de la ecuación de formación de nitrato de plata:

Serán las siguientes: $\text{PH} = 1.92$ a 2
 $(\text{NO}_3^-) \pm 1$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$E^{\circ} = 0.7991 \text{ volts.}$$

A.4.9.- CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE UNA CAMPANA EXTRAC-
TORA:

Selección y cálculo de la velocidad del venti-
en función al Radio;

AREA DE ESCAPE (cm ²)	VELOCIDAD DEL GAS (cm/seg)	AREA DE LA CAMPANA (cm ²)	ALTURA DE LA CAMPANA (cm)	VELOCIDAD DE LA CAMPANA (cm/seg)	R (cm)	K (rpm)
A	V	C	H	v		
0-2500	49775	0-3500	0 - 20	1777		
-5000		-6000	20 - 40	1777-1036	5	2376
-7500		-8500	40 - 60	1036- 731		
10000		11000	60 - 80	731- 565		

* velocidad del gas: $v = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

$$R = 8.314 \times 10^7$$

$$T = 273.15 \text{ °C} + 25\text{°C} = 298.15\text{°K}$$

$$M = 30$$

$$V = 49775 \text{ cm/seg}$$

* $v = \frac{VA}{HC}$

$$\implies K = \frac{60 VA}{2\pi RHC}$$

$$v = 2\pi K R$$

* Area de dos tanques de ataque: $50 \times 30 \times 2 = 3000 \text{ cm}^2 + 500 \text{ cm}^2$ (margen exeso)

* Area de la campana = $50 \times 70 = 3500 \text{ cm}^2$

* Altura de la campana = 40 cm

* Velocidad del ventilador: K = 2376 RPM

ANEXO II.- EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO:

A.1.0.- Envase:

A.1.1.- Objetivo:

Evitar el contacto directo de la luz con los cristales de Nitrato de Plata.

Forma: Botella con boca de \varnothing 1"

Tipo: Plástico indeformable grueso ó doble espesor, con tapa de seguridad y tapa de rosca, con ventilación y precinto de seguridad.

Color: Negro (mas usual)
Tambien puede ser marrón, gris y verde. Ambar si la botella es de vidrio.

Capacidad: 1 Kilogramo.

Volumen: 500 cc (aprox)

A.1.2.- Etiquetas:(Descripción y ejemplo)

Deberán ser en tres (3) idiomas: inglés, francés ó alemán, italiano ó castellano, sobre todo el nombre de nitrato de plata.

Además, deberá tener un aviso de VENENO, no apto para el consumo humano, y prevenir de una posible quemadura de piel y ojos.

Tambien es necesario resaltar la propiedad de oxidante e inflamable, esto último es por ser un oxidante violento al contacto de la llama. El emblema es un sol radiante de color rojo, que deberá ir en la etiqueta del frasco, en un lugar discreto pero visible.

Incluir un análisis químico de purzas e impurezas, lo mas preciso posible, de modo que se ajuste a la realidad, y no dé lugar a futuros reclamos.

A continuación se adjunta el diseño de una etiqueta, ideada por nosotros, en las muestras enviadas a Japón y Hong Kong.

A.2.0.- Almacenamiento:

A.2.1.- Almacenamiento:

Se deberá almacenar, en un lugar cuyo ambiente sea seco, sin riesgo a inundaciones, aislado de zonas donde existan reactores, fuegos, llamas, gases, alto voltaje, altas temperaturas, humedad, etc.

Debe evitarse la iluminación directa y el contacto con los rayos solares.

A.2.2.- Regulación IATA: Para el transporte aéreo:

El transporte aéreo, para cualquier trato comercial deberá hacerse según las regulaciones de la IATA.

Cumplir al pie de la letra con las indicaciones necesarias de identificación y prevención en las etiquetas de los envases.

Para el nitrato de plata, se estipula que el envase debe ser de 1 kilogramo de nitrato de plata, y estos a su vez, agrupados en paquetes de 5 kilogramos o cinco envases de 1 kilogramo. Este envase será de cartón doble reforzado en las esquinas y en el fondo, y debidamente etiquetado e identificado, con las indicaciones de por donde abrir, como colocarse, frágil, no exponer a la lluvia, ni al calor, ni al fuego. En el interior del envase deben acondicionarse cinco compartimientos, que eviten el choque entre los frascos, así como cualquier golpe con el fondo y la tapa de la caja.

A.2.3.- Para el transporte marítimo se podrá utilizar cualquier tipo de envase lo suficientemente seguro y resistente, con un contenido no mayor a 25 kilogramos.

* El envase podrá contener 25 kilogramos en envases de un kilogramo y/o a granel.

Los envases pueden ser:

* Bidón de metal, debidamente revestido y resistente ó reforzado.

* Cilindro pequeño de metal.

* Bolsa debidamente fabricada y protegida.

1kg



SILVER NITRATE crystal

AgNO₃ FW:169.88
use only industrial processing

maker: S & S RI:16-26113-C
telf:61-14-477003 Lima PERU

		Actual Analysis
NITRATO DE PLATA	AgNO ₃	98% min
	Impurities	
	Cu	} 2% max
	Fe	
	Cl	
	Zn	
	Pb	
	Cd	
	Au	

- | | |
|---------|-------------------------------------|
| POISON | • IRRITATES SKIN AND EYES |
| VENENO | • IRRITANT POUR LA PEAU ET LES YEUX |
| DANGER | • IRRITANTE PARA LA PIEL Y LOS OJOS |
| CUIDADO | |

BIBLIOGRAFIA.-

- 1.- FISICO QUIMICA FUNDAMENTAL
Samuel Maron y Jerome Lando; Edit. Limusa.
- 2.- ANALISIS QUIMICO CUALITATIVO
Dr. F.P. TREADWELL y W.D. TREADWELL
- 3.- ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO
Dr. F.P. TREADWELL y W.D. TREADWELL
- 4.- TERMODINAMICA DE SOLUCIONES ACUOSAS.
M.J.N. Pourbaix
- 5.- APUNTES DE CLASE DE LOS SIGUIENTES CURSOS:
Fundamento Metalurgicos I y II
Ingenieria Metalurgica II
Diseño de Plantas II