

UNIVERSIDAD IBERO AMERICANA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.
FACULTAD DE QUIMICA BERZELIUS

DETERMINACION DE LAS CONDICIONES
DE OPERACION EN UNA PLANTA DE
ARSENIATO DE CALCIO

TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

SALVADOR ALVAREZ JUNCO



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

UNIVERSIDAD IBERO AMERICANA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.
FACULTAD DE QUIMICA BERZELIUS

DETERMINACION DE LAS CONDICIONES
DE OPERACION EN UNA PLANTA DE
ARSENIATO DE CALCIO

TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

SALVADOR ALVAREZ JUNCO

MEXICO, D. F. 1960

A MIS PADRES:

VICENTE ALVAREZ Y

CONCEPCION JUNCO.

CON ETERNA GRATITUD Y CARINO.

A MI HERMANA Y TIOS.

A D. LUIS M. VERA
AMIGO Y MAESTRO.

A MIS MAESTROS Y AMIGOS.

-CON ESPECIAL RECONOCIMIENTO-

A LOS INGENIEROS QUIMICOS:

LUIS ENRIQUE URBINA B.

VICTOR MANUEL URBINA B.

ANDREW H. SPEIRS.

S U M A R I O.

- I.- Introducción.
- II.- Diagrama de flujo y descripción del proceso.
- III.- Estudio del proceso de oxidación.
 - a) Experimentación en el laboratorio.
 - b) Aplicación de los datos de laboratorio al proceso.
 - c) Cálculo de tolva, alimentador y elevador para anhídrido arsenioso.
- IV.- Estudio sobre la recuperación de HNO_3
 - a) Gráficas de recuperación.
 - b) Balance de materiales.
 - c) Cálculo del enfriador de gases.
- V.- Estudio de precipitación y secado del producto.
 - a) Observaciones sobre las condiciones de precipitación.
 - b) Eficiencia del secador.
- VI.- Costo del equipo calculado.
- VII.- Conclusiones.
- VIII.- Bibliografía.

C A P I T U L O

- I -

I N T R O D U C C I O N .

Objeto del Trabajo.-

La mira de obtener un producto con calidad más uniforme, y un volumen de producción sin variaciones excesivas, dio origen a determinar las condiciones de trabajo de esta planta de Arseniato de Calcio, y así poder indicar las medidas más convenientes que se deben aplicar para obtener mejores resultados.

Para lo anterior se reunieron los mejores datos obtenidos en cada departamento del proceso de fabricación de este producto, y a la vez se efectuaron pruebas de laboratorio, para obtener puntos de comparación.

Importancia del producto.-

La importancia del Arseniato de Calcio, se destaca entre el grupo de insecticidas agrícolas que se aplican especialmente contra las plagas que afectan los campos productores de algodón.

Tres razones los hacen resaltar sobre los demás:

- 1.- La durabilidad de su acción, por resistir la descomposición con el tiempo,
- 2.- El precio tan bajo, comparado con los marcados a los compuestos orgánicos,
- 3.- La eficiencia, debido a que no afecta el equilibrio biológico entre los insectos dañinos y benéficos.

Generalidades sobre insecticidas.-

Se entiende por insecticida, aquella sustancia ó mezcla de sustancias capaz de destruir ó dificultar la vida y reproducción de los insectos. La clave de la utilización

de un insecticida se halla en que sea capaz de destruir las especies perjudiciales, sin que actúe sobre otros organismos vivos, el hombre inclusive, de un modo tóxico.

Tipos de insecticidas.-

Según la forma de actuar ó el medio de entrada a cada organismo de los insectos, los insecticidas se agrupan en varios tipos generales:

1.- Se denominan insecticidas de contacto, cuando la acción letal se manifiesta al ponerse en contacto, el compuesto con la superficie ó tegumentos del animal.

2.- Reciben el nombre de insecticidas digestivos ó estomacales, cuando la acción mortífera se manifiesta principalmente al entrar el producto en el tracto digestivo de los insectos. En este grupo se encuentra clasificado el Arseniato de Calcio.

3.- En este grupo se encuentran clasificados los llamados fumigantes; estos actúan en forma de vapor ó gas y entran en el cuerpo principalmente por las vías respiratorias.

Los insecticidas en general, no se usan al 100% de concentración, sino rebajados con caolín ó arcillas inertes, ó bien mezclados con otras sustancias insecticidas ya rebajadas. Estas mezclas comercialmente se denominan fórmulas y la proporción de cada componente es variable y estan dictadas por las observaciones de los entomólogos, respecto al tipo de insecto que forma la plaga, tiempo y grado de infestación que tenga el cultivo. Como ejemplo de las fórmulas más usa-

tas contra las plagas del algodonero están las siguientes:

- D.O.T. 10 % y Arseniato de Calcio 50 %
- S.S.C. 3 % y Arseniato de Calcio 50 %

Gran consumo tiene el arseniato de calcio tanto neutro como básico, en concentraciones de 7 % en base de arseniato de calcio, que es de gran eficacia y muy económico. Hay que advertir además que se necesitan consultar las tablas de compatibilidad de cada insecticida antes de hacer las mezclas, para advertir las precauciones necesarias al manejar el producto.

Antigüedad de los insecticidas.-

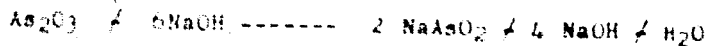
Desde que el hombre en el Neolítico se transformó en cultivador, la lucha contra los insectos perjudiciales -- fué uno de sus trabajos diarios, y desde tiempo inmemorial -- se utilizaron determinados productos naturales, como insecticidas. Nomero canto el " poder purificante y divino del azufre ". Griegos y romanos conocían los compuestos arsenicales pero su uso estaba más bien basado en la superstición que en el conocimiento científico. Posteriores noticias nos indican el uso de arsénico como veneno, recibiendo el nombre de Aqua Tofana, siendo sus principales consumidoras los borgia. En 1800 en los Estados Unidos de Norteamérica, se usaron específicamente compuestos arsenicales para combatir una plaga que afectaba los plantíos de patatas en el Mississippi.

Principales métodos de fabricación.-

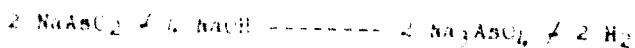
Analzaremos tres métodos principales, diferenciando se estos por la forma de oxidación del As_2O_3 :

1.- El que se obtiene por oxidación electrolítica del As_2O_3 con NaOH:

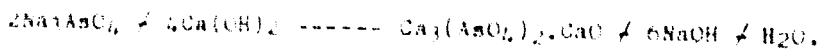
El As_2O_3 es disuelto en NaOH en la proporción de 198/250



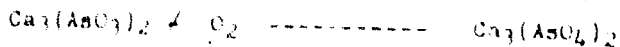
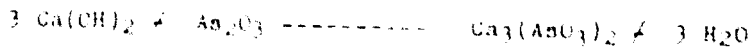
Esta solución es electrizada entre electrodos de Fe, por lo que el H se desprende por el cátodo, y el oxígeno oxida al arsenito de sodio a arseniato de sodio;



Cuando la oxidación es completa, se filtra la solución y al precipitado se le agrega $Ca(OH)_2$



2.- Método de oxidación directa, y se usa lechada de cal mezclada con As_2O_3 en la proporción de 198/168. La mezcla es sometida a un tostado oxidante, formandose el arsenito de calcio que es facilmente oxidado a arseniato;



3.- Método de precipitación, en el cual se obtiene el arseniato al precipitar ácido arsénico sobre lechada de cal. Este método es el usado en la planta donde se efectúa este trabajo y en el capítulo siguiente trataremos su descripción.

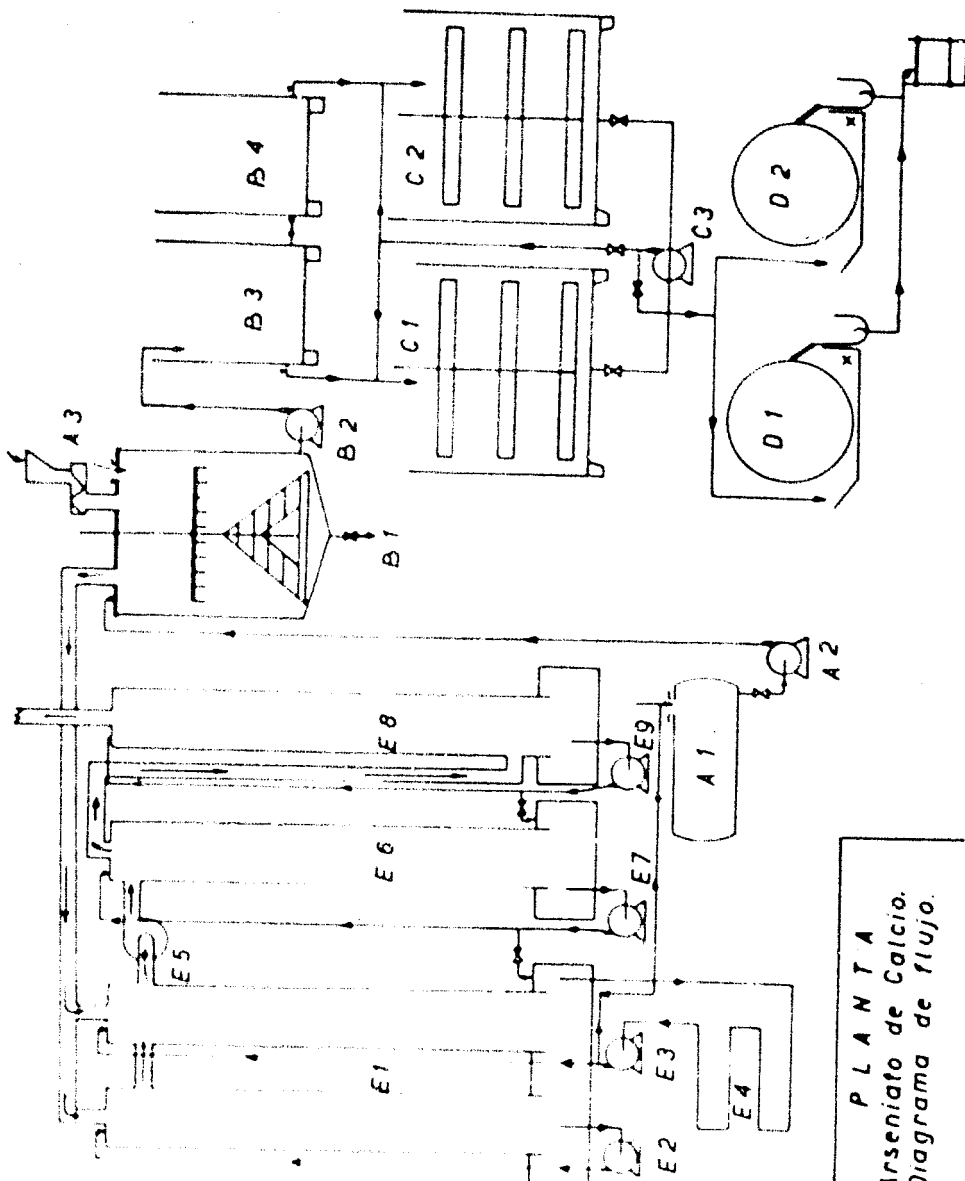
C A P I T U L O

- II -

DIAGRAMA DE FLUJO Y
DESCRIPCION DEL PROCESO.

Explicación del diagrama de flujo.-

- A - 1 Tanque medidor de acero inoxidable para HNO_3 .
- A - 2 Bomba para HNO_3 .
- A - 3 Tolva y husano de alimentación de As_2O_3 .
- B - 1 Reactor.
- B - 2 Bomba para descargar el reactor.
- B - 3 Tanque de almacenamiento para H_3AsO_4 .
- B - 4 Tanque de almacenamiento para H_3AsO_4 .
- C - 1 Tanque de precipitación de $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$.
- C - 2 Tanque de precipitación de $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$.
- C - 3 Bomba de recirculación para $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$.
- D - 1 Secador Rotativo.
- D - 2 Secador Rotativo.
- E - 1 Torres de recuperación N° 1.
- E - 2 Bomba de recirculación.
- E - 3 Bomba de recirculación.
- E - 4 Serpentín.
- E - 5 Ventilador.
- E - 6 Torres de recuperación N° 2.
- E - 7 Bomba de recirculación.
- E - 8 Torres de recuperación N° 3.
- E - 9 Bomba de recirculación.



PLANTA
 Arseniato de Calcio.
 Diagrama de flujo.

Descripción del proceso.-

Materias Primas.-

Para la fabricación del Arseniato de Calcio, se -- utilizan exclusivamente materias primas de producción nacional, las cuales son suministradas bajo las especificaciones requeridas para este proceso, y son certificadas por el laboratorio de control del productor, ó previamente analizadas - en nuestro laboratorio.

Las materias primas usadas son tres esenciales y - una convencional:

1.- Anhídrido arsenioso denominada comercialmente como Arsénico ó Flor de Arsénico, este producto se obtiene a partir de los humos que salen de los hornos tostadores de minerales de cobre. La pureza mínima del arsénico es 95 %, pero lo normal es que se alcanza una pureza de 98 %, base en As_2O_3 .

2.- Ácido Nítrico de 60 % en peso como mínimo, Para el ácido nítrico de fabricación nacional y del grado de - calidad C, que es el usado por nosotros; se utiliza como medio de fabricación el método ya un poco anticuado de tratar nitrato de sodio con ácido sulfúrico, recuperándose los vapores en torres de absorción.

3.- Cal Hidratada denominada comercialmente Cal- química, la que tiene un contenido mínimo del 90 % como Hidrato de Calcio $Ca(OH)_2$.

4.- La materia prima que denominamos convencional, es el colorante que se aplica para facilitar la identifica--

ción del arseniato de otras sustancias, ya que es fácil confundirlo por su color blanco.

El proceso de fabricación del arseniato de calcio, es considerado como un proceso intermitente, lo cual nos favorece en este estudio, al poder variar las condiciones para cada lote y así por comparación de los resultados obtenidos, dar las conclusiones que puedan ser más efectivas para la operación.

El proceso lo dividiremos en tres secciones, esto unicamente con el proposito de facilitar su descripción general.

1a. Sección.- Comprendera la fabricación del ácido arsénico,

2a. Sección.- Ocupará la operación de recuperar - los vapores nitrosos,

3a. Sección.- Abarca desde la precipitación del arseniato y su secado, hasta la mezcla y envase final.

1a. Sección.-

Se vacía el ácido arsénico del lote fabricado el día anterior, el cual es pasado del reactor a los tanques de almacenamiento.

Mientras se esta descargando el reactor, se da principio la carga del tanque de acero inoxidable, cargando primeramente el ácido que proviene de las torres de recuperación hasta completar el volumen previamente calculado, añadiendo a continuación el ácido concentrado en la proporción deseada este ácido es suministrado en porrones de vidrio. Hecho lo

anterior se bombea todo el ácido al reactor, calentandolo hasta la temperatura marcada en la orden del día. Teniendo el ácido a la temperatura se da principio a la alimentación del anhídrido arsenioso cuya cantidad se calcula a partir del equivalente a ácido nítrico 100 % que fué cargado al reactor. Terminada la adición de arsénico, se deja agitando por espacio de 2 ó 3 horas para que termine de reaccionar todo el arsénico que no lo hubiese hecho, después de lo cual se calienta hasta 100°C con el objeto de que el ácido nítrico que se encuentre en el ácido arsénico, se evapore y pase a las torres de recuperación, la agitación no se suspende hasta el día siguiente al momento de descargar el reactor.

2a. Sección.-

Después de haber bombeado el ácido nítrico del tanque colector de las Torres N° 1, al tanque de acero inoxidable, se nivela este tanque colector con ácido más diluido -- que se pasa de las Torres N° 2, y estas a su vez con ácido de las Torres N° 3, finalmente estas Torres se nivelan con agua. Esta operación es bastante rápida, por lo que terminase pone a funcionar todo el sistema de bombas y el ventilador para que al empezar a calentar el ácido en el reactor (Sec 1- los vapores que se desprendan, sean absorbidos inmediatamente en el sistema de recuperación. El sistema de recuperación trabaja continuamente hasta el día siguiente al momento de iniciar la carga del ácido y luego la correspondiente nivelación de ácido de cada tanque colector.

3a. Sección.-

Los tanques de precipitación se llenan hasta $2/3$ de su capacidad, esto se hace inmediatamente que se vacía cada tanque, de esa manera se adelanta tiempo y no hay endurecimiento en los lodos remanentes en el tanque. Por la mañana la operación principia al calentar el agua hasta punto de ebullición, llegando a este punto se carga la cantidad de cal necesaria para la producción del día. A continuación se añade el colorante y se deja agitando unos minutos para homogeneizar el color de la suspensión, despues da principio la acidificación haciendo esto lentamente, para no pasarse de las especificaciones, las cuales en este punto están basadas en el pH de la mezcla. Con el objeto de tener una mezcla más uniforme, se ayuda la operación con la bomba de recirculación que es la misma que se utiliza para enviar los lodos a los secadores. Antes de empezar a pasar los lodos al secador, se determina el pH de la suspensión, unicamente para tener la seguridad de que esta perfectamente mezclado. Los lodos se van agregando a las bandejas de los secadores, poco a poco, para evitar que el agua se evapore y el por ciento de sólidos aumente en exceso, lo que podría originar que se formara una pasta, la cual sería sumamente difícil de secar y trastornaría la operación.

El material es separado del tambor del secador por medio de una cuchilla ajustable, la cual va raspando el material a medida que llega a la cuchilla; el material ya seco cae a un gusano que lo transporta hasta un tambor que se encuentra al fin. Cada tambor en cuanto se llena es sustituido

por otro, y se van almacenando en espera de los resultados - que da el laboratorio, para proceder a determinar las proporciones de los materiales que deberán intervenir al formular la mezcla de envase.

Las principales especificaciones del producto son las siguientes:

Humedad. máx. 1.5 % Finura mín. 85 % malla/325

As. soluble máx. 5 % $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ mín. 70 %

Control Químico del Proceso.-

El Control Químico del proceso abarca todos los análisis que se efectúan tanto con materias primas como con los productos intermedios y finales.

1.- Análisis de materias primas:

a).- Análisis de cal química.- Se le determina el % de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aprovechable.

b).- Acido Nítrico.- Se determina su gravedad específica y algunas veces se obtiene el % de HNO_3 por titulación.

c).- Anhídrido arsenioso.- No se hace determinación alguna, por venir certificados los lotes

2.- Análisis de productos intermedios:

a).- Acido nítrico de las torres de recuperación.- Únicamente gravedad específica y temperatura.

b).- Acido arsénico.- Se determina gravedad específica, temperatura, arsénico no oxidado

y ácido nítrico libre.

3.- Análisis de producto final:

a).- Como solo hay un producto final lo ten--

dremos todo dentro de este inciso:

% de arseniato de calcio,

Arsénico soluble,

Humedad,

pH,

Densidad aparente.

C A P I T U L O

- III -

ESTUDIO DEL PROCESO
DE
OXIDACION.

Experimentación en el laboratorio.-

Toda experimentación debe tener más ó menos fija - aquella idea sobre la cual se desea desarrollar un trabajo, para ampliar su acción hasta resultados definitivos.

En nuestro caso nos basamos en las observaciones - de cada uno de los problemas, que se iban presentando en la fabricación del arseniato de calcio, y la forma en que se - iban resolviendo algunos, además un poco de orientación nos fué suministrada por la documentación bibliográfica.

Al hacer nuestro plan de experimentación, y para ordenar las pruebas de laboratorio, fué necesario definir - cuales eran las variables que nos podían afectar, y sobre - ellas basar los cambios en las condiciones de cada prueba.

En el caso de la oxidación del As_2O_3 con HNO_3 , las variables principales fueron las siguientes:

- 1.- Concentración de HNO_3 ,
- 2.- Temperatura de reacción,
- 3.- Velocidad de alimentación del As_2O_3 , y
- 4.- Tamaño de la partícula de As_2O_3 .

La concentración de HNO_3 y la temperatura van, dentro de ciertos límites, una en función de la otra; eso se vera claramente al discutir los resultados de las pruebas.

La velocidad de alimentación es importante, pero - es una variable que se puede manejar con mucha amplitud y su efecto es fácil de controlar y corregir.

El tamaño de la partícula es importante; y se puede hacer notar con el enunciado que dice : "La velocidad de

reacción entre un cuerpo sólido y un fluido es casi proporcional a la superficie de las partículas del sólido". La forma en que nos es suministrado el As_2O_3 , anula por completo - este punto, el cual lo podemos hacer constante, ya que no hay modificación notable en las dimensiones de la partícula.

Por lo antes expuesto, haremos nuestras pruebas basandonos en concentración de HNO_3 y temperatura, introduciendo la acción de un catalizador en algunas pruebas.

Sería muy largo el explicar cada una de las pruebas realizadas, por lo que a continuación expondremos 5 de estos experimentos y que representan las que dieron resultados más concluyentes, pero antes daremos una breve explicación del aparato usado.

Todas las experiencias fueron basadas en la reacción siguiente:



Las principales relaciones que usaremos en los cálculos estequiométricos basados exclusivamente en la reacción son:



Aparato usado:-

Matraz de fondo redondo y tres bocas, con una capacidad de 3 litros. La boca central del matraz se uso para dar paso a la flecha del agitador, la cual pasaba por el centro del corcho en el cual iba sostenido el termómetro; todos los tapones fueron de corcho. Se usó también un pedazo peque

No de tubo de plástico, con el objeto de usarlo como estopero para la flecha del agitador. La boca izquierda del matras era el punto por el cual se cargaba el reactor, primeramente el ácido nítrico y después el As_2O_3 , haciendolo gradualmente mediante un embudo de separación y una fina varilla de metal para destapar el embudo cuando se obstruía. La boca de la derecha era utilizada para dar salida a los gases y vapores -- formados por la reacción. El reactor estaba suspendido por medio de pinzas sujetas a un soporte y descansaba sobre un triple, bajo el cual se colocaba el mechero para dar el calor necesario.

Prueba N° 1.-

HNO_3 .- V: 1000 ml D: 1.16 ϵ en peso: 25

1000×1.16 : 1160 grs

$1160 \times .25$: 290 grs de HNO_3 100 ϵ

As_2O_3 .- Teórico: 290×2.355 : 682.95 grs 100 ϵ

al 98%: $\frac{682.95}{.98}$: 696.6 grs al 98 ϵ

usado: 695 grs.

Velocidad de adición: 100 grs/hr Temp. de reacción: 70°C

Sin usar catalizador.

H_3AsO_4 .- V: 650 ml D: 1.68 ϵ en peso: 65

650×1.68 : 1092 grs al 65 ϵ

$1092 \times .65$: 709.8 grs al 100 ϵ

ϵ HNO_3 (imp.): 1.74 en peso ϵ As_2O_3 (no ox.): 1.91 en peso.

HNO_3 total: $\frac{1092 \times 1.74}{100}$: 190.01 grs

As_2O_3 total: $\frac{1092 \times 1.91}{100}$: 208.87 grs

Eficiencia de la reacción:

Resultado Teórico: 683 x 1.43: 976.6 grs H_3AsO_4

Resultado Práctico: 709.8 grs.

Eficiencia: 74 %

Balance de As_2O_3 : entran 695 grs salen: 495 como H_3AsO_4

21 " imp.

695 - 672: 23 grs pérdida (3.3 %)

156 sin reac.

672 grs

Prueba N° 2.-

HNO_3 .- V: 850 ml D: 1.3 % en peso: 50

850 x 1.3: 1105 grs

1105 x .5: 552 grs de HNO_3 100 %

As_2O_3 .- Teórico: 552 x 2.355: 1300 grs 100 %

al 98 %: $\frac{1300}{.98}$: 1326 grs al 98 %

usado: 1326

Velocidad de adición: 150 gr/hr Temp. de reacción: 80°C

Sin catalizador.

H_3AsO_4 .- V: 675 ml D: 2.000 % en peso: 80

675 x 2.00: 1350 grs al 80 %

1350 x .80: 1080 grs al 100 %

% HNO_3 (imp.): 0.72 en peso % As_2O_3 (no ox.): 23.0 en peso.

HNO_3 total: $\frac{1350 \times 0.72}{100}$: 9.72 grs.

As_2O_3 total: $\frac{1350 \times 23.0}{100}$: 310.5 grs

Eficiencia de la reacción:

Resultado Teórico: 1300 x 1.43: 1859 grs H_3AsO_4

Resultado Práctico: 1080 grs

Eficiencia: 58 %

Balace de As_2O_3 : entran 1325 grs salen: 755 como H_3AsO_4
310 " imp.
1325 - 1265: 60 gra pérdida (4.5 %)
200 no alim.
1265 grs

Prueba N° 3.-

HNO_3 .- V: 850 ml D: 1.242 % en peso: 40
850 x 1.242: 1055 grs

1055 x .40 : 422.28 gra de HNO_3 100 %

As_2O_3 .- Teórico: 422.28 x 2.355: 1000 gra 100 %
al 98 %: $\frac{1000}{.98}$: 1020 grs al 98 %

usado: 1020 grs

Velocidad de adición: 150 gr/hr. Temp. de reacción: 70°C

Sin usar catalizador.

H_3AsO_4 .- V: 915 ml D: 1.8 % en peso: 72
915 x 1.8: 1647 gra al 72 %
1647 x .72: 1185 gra al 100 %

% HNO_3 (imp.): 0.81 en peso % As_2O_3 (no ox.): 0.83 en peso

HNO_3 total: $\frac{1647 \times 0.81}{100}$: 13.38 grs

As_2O_3 total: $\frac{1647 \times 0.83}{100}$: 13.7 grs

Eficiencia de la reacción:

Resultado Teórico: 1000 x 1.43: 1430 gra H_3AsO_4

Resultado práctico: 1185 gra

Eficiencia: 83 %

Balace de As_2O_3 : entran: 1020 grs salen: 826 como H_3AsO_4

1020 - 981: 39 gra pérdida (3.8 %)

13 como imp.

142 sin reacc.

981 gra

Prueba N° 4.-

HNO₃.- V: 850 ml D: 1.24 % en peso: 40

850 x 1.24: 1054 gra

1054 x .40: 421.6 gra de HNO₃ 100%

As₂O₃.- Teórico: 421.6 x 2.355: 993 gra 100 %

al 98 %: $\frac{993}{.98}$: 1015 gra al 98 %

usado: 1015 gra

Velocidad de adición: 150 gr/hr. Temp. de reacción: 60°C

Sin usar catalizador.

H₃AsO₄.- V: 900 ml D: 1.64 % en peso: 63

900 x 1.64: 1476 gra al 63 %

1476 x 0.63: 930 gra al 100 %

% HNO₃ (imp.): 1.6 en peso % As₂O₃ (no ox.): 2.8 en peso.

HNO₃ total: $\frac{1476 \times 1.6}{100}$: 23.6 gra.

As₂O₃ total: $\frac{1476 \times 2.8}{100}$: 41.3 gra.

Eficiencia de la reacción:

Resultado Teórico: 993 x 1.43: 1420 gra H₃AsO₄

Resultado Práctico: 930 gra

Eficiencia: 64.5 %

Balace de Agua: entran: 1015 gra salen: 650 como H₃AsO₄

41.3 " imp.

87. sin reacc.

1015 - 953.3: 61.7 grs pérdida(6.1 %) 175 sin cargar.
953.3 grs

Prueba N° 5.-

HNO₃.- V: 850 ml D: 1.245 % en peso: 40

850 x 1.245: 1058 grs

1058 x .40: 423.2 grs de HNO₃ 100 %

As₂O₃.- Teórico: 423.2 x 2.355: 996 grs 100 %

al 98 %: $\frac{996}{.98}$: 1016 grs al 98 %

usado: 1016 grs.

Velocidad de adición: 200 grs/hr Temp. de reacción: 75°C

Catalizador.

H₃AsO₄.- V: 890 ml D: 1.83 % en peso: 73

890 x 1.83: 1630 grs al 73 %

1630 x 0.73: 1190 grs al 100 %

% HNO₃(imp.): 0.63 en peso % As₂O₃(no ox.): 3.8 en peso

HNO₃ total: $\frac{1630 \times 0.63}{100}$: 10.28 grs.

As₂O₃ total: $\frac{1630 \times 3.8}{100}$: 62.00 grs.

Eficiencia de la reacción:

Resultado Teórico: 996 x 1.43: 1424 grs de H₃AsO₄

Resultado Práctico: 1190 grs

Eficiencia: 82 %

Balanza de As₂O₃: entran: 1016 grs salen: 830 como H₃AsO₄

62 " imp.

1016 - 972: 37 grs pérdida(3.65 %)

87 sin reacc.

979 grs.

Resumen de los principales datos de las pruebas anteriores:

Prueba.	1	2	3	4	5
Conc. HNO_3	25%	50%	40%	40%	40%
Temperatura.	70°C	80°C	70°C	60°C	75°C
Vel. adición gr/hr	100	150	150	150	200
Conc. H_3AsO_4	65%	80%	72%	63%	73%
HNO_3 en H_3AsO_4	3.74%	0.72%	0.81%	1.6%	0.63%
As_2O_3 en H_3AsO_4	1.91%	23.0%	0.83%	2.8%	3.8%
Eficiencia.	74%	58%	83%	65.5%	82%

Discusión de estas pruebas y sus resultados:

Las conclusiones obtenidas a partir de las experiencias antes descritas son las siguientes:

1.- La concentración del ácido nítrico, tiene la máxima influencia sobre la concentración del ácido arsénico-resultante, de tal manera que si el ácido nítrico tiene una concentración entre 30 y 40%, se obtendrá un ácido arsénico de concentración superior al 65%. Si la concentración del ácido nítrico es más alta que la mencionada antes, la concentración del ácido arsénico si será muy alta, pero también la eficiencia de la reacción bajará debido a que el desprendimiento de vapores nitrosos aumenta y en consecuencia baja la cantidad de ácido nítrico disponible para la reacción.

2.- La temperatura tiene un efecto parecido a la concentración debido a que, a altas temperaturas la reacción es muy violenta y en consecuencia el desprendimiento de vapores nitrosos es muy alto. Si la temperatura es menor de los

60 - 65°C, la reacción si se inicia, pero va decreciendo su actividad hasta no reaccionar.

3.- Hemos notado ampliamente que siempre queda una cantidad de arsénico sin reaccionar, esta cantidad es la que queda debido a la falta de nítrico disponible ó bien la baja concentración y temperatura de reacción.

4.- El catalizador ayuda a acelerar la reacción, pero no pudimos apreciar por completo su acción hasta el fin de la reacción; trataremos de obtener con más exactitud su actividad al hacer los lotes experimentales pero en escala industrial. Pero si se notó que usando el catalizador se podía alimentar más rápidamente el arsénico, el cual reaccionaba en menor tiempo pero esto era aproximadamente en la primera mitad del peso total por cargar; bajando su actividad al ritmo obtenido en las pruebas sin catalizador.

Aplicación de los datos de laboratorio al proceso:-

El primer paso fué aplicar los datos obtenidos en el laboratorio, pero los resultados no fueron satisfactorios, por el alto contenido de arsénico no oxidado con que se obtenía el ácido arsénico. También se notó que en los lotes en que el contenido de arsénico no oxidado era notable el contenido de nítrico era muy bajo. Esto nos hizo pensar - la posibilidad de una pérdida de nítrico durante la operación para comprobarlo obtuvimos ciertas gráficas sobre la recuperación del nítrico y se notó que desde el momento de cargar el reactor con el ácido nítrico, hasta el punto en que se comenzaba la alimentación del arsénico, había un ligero aumento en la cantidad de nítrico en las torres de recuperación, es-

Acido nítrico 100 % 609 kg
 As_2O_3 : Teórico: 609 x 2.355: 1434 kg usado: 1340 kg
 H_3AsO_4 : 1150 lt x 1.95 kg/lt: 2240 kg x .78: 1740 kg 100 %
 teórico: 1340 x .98 x 1.43: 1880 kg 100 %
 Eficiencia: 92.5 %

Impurezas en el ácido: % de HNO_3 : 0.80 % As_2O_3 : 0

Orden N° 81.-

HNO_3 de las torres: 1512 lt x 1.19 kg/lt x .315: 567 kg
 barrones : 175 kg x .60 : 105 kg
 Acido nítrico 100 %

 672 kg

As_2O_3 : Teórico: 672 x 2.355: 1582 kg usado: 1450 kg
 H_3AsO_4 : 1170 lt x 1.97 kg/lt : 2300 kg x .80: 1840 kg 100 %
 teórico: 1450 kg x .98 x 1.43: 2025 kg 100 %

Eficiencia: 91 %

Impurezas en el ácido: % de HNO_3 : 0.15 % As_2O_3 : 0

Orden N° 82.-

HNO_3 de las torres: 1512 lt x 1.197 kg/lt x .326: 590 kg
 barrones : 175 x .60 : 105 kg
 Acido nítrico 100 %

 695 kg

As_2O_3 : Teórico: 695 x 2.355: 1637 kg usado: 1450 kg
 H_3AsO_4 : 1225 lt x 1.95 kg/lt: 2390 kg x .78: 1860 kg 100 %
 teórico: 1450 kg x .98 x 1.43: 2025 kg 100 %

Eficiencia: 92 %

Impurezas en el ácido: % de HNO_3 : 0.32 % As_2O_3 : 0

Orden N° 83.-

HNO_3 de las torres: 1545 lt x 1.2 kg/lt x .33: 612 kg
 barrones : 130 x .60 : 78 kg

Ácido nítrico 100 % 690 kg
As₂O₃: Teórico: 690 x 2.355: 1630 kg usado: 1450 kg
H₃AsO₄: 1180 lt x 1.9 kg/lt: 2250 kg x .76: 1710 kg 100 %
teórico: 1450 kg x .98 x 1.43: 2025 kg 100 %
Eficiencia: 85 %
Impurezas en el ácido: % de HNO₃: 0.91 % As₂O₃: 0

Cálculo del equipo para alimentación de arsénico:

Este equipo permitirá reducir el peligro de intoxicación por parte del personal, que actualmente efectúa la -- carga de arsénico manualmente. El costo de este equipo estará compensado al eliminar parte del personal que tiene a su cargo esa operación.

Tolva de almacenamiento.-

Se empleará lámina de 1/8 " de grueso. El cálculo se hará tomando en cuenta las medidas en que es surtida la -- lámina para aprovecharla al máximo. Las láminas son surtidas generalmente de 3' x 12'. La forma por lo tanto, de la tolva será un cubo, utilizando una lámina para tal objeto; y en la parte inferior la forma será, de una pirámide truncada invertida, de donde por medio de una brida se ajustará el alimentador de estralla.

El volúmen total necesario será para almacenar aproximadamente 3300 kg de arsénico ó 3300 lbs. Usando el valor mínimo dado por Link-Belt para peso/ volúmen del anhídrido arsenioso: 100 lbs/ft³.

Volúmen total necesario: $\frac{3300 \text{ lbs}}{100 \text{ lb/ft}^3} = 33 \text{ ft}^3$

El cuerpo cúbico será: $V: 3' \times 3' \times 3': 27 \text{ ft}^3$

para la piramide calcularemos su volúmen total y le restaremos el dado por la punta truncada:

$V \text{ total: } 1/3 \text{ h} \times \text{area de la base: } 1/3 \times 24" \times 36" \times 36":$
 $: 10370 \text{ in}^3 \times .00054: 5.62 \text{ ft}^3.$

Altura a la cual se hará el corte:

$$h: \frac{24 \times 5}{36} = 3.33 \text{ in.}$$

$V \text{ truncado: } 1/3 \times 3.33" \times 5" \times 5" : 27.75 \text{ in}^3 : .0161 \text{ ft}^3$

$V \text{ libre: } 5.62 - .0161 : 5.6039 \text{ ft}^3$

$V \text{ cubo } \neq V \text{ piramide: } 27 \text{ ft}^3 \neq 5.6 \text{ ft}^3, 33 \text{ ft}^3.$

Cálculo del alimentador de entrella:

Se hará utilizando un tramo de tubo de 6", rectificado en --
torno.

Diámetro total: 6 in. $r_1: 3 \text{ in}$ Largo del tubo: 5 in.

Diámetro de la flecha: 1 in. $r_2: 0.5 \text{ in}$ Largo flecha: 10"

Cálculo del area de cada segmento:

El alimentador constará de cuatro segmentos iguales.

$$r_1: 3" \quad A: (3")^2 \times 3.1416 \times \frac{90}{360} : 7.1 \text{ in}^2.$$

$$r_2: 0.5" \quad A: (0.5")^2 \times 3.1416 \times \frac{90}{360} : 0.1964 \text{ in}^2$$

Area neta: $7.1 - .1964: 6.9036 \text{ in}^2.$

Volúmen de cada segmento: $6.9 \times 5: 34.5 \text{ in}^3.$

$34.5 \text{ in}^3 : 0.02 \text{ ft}^3 / \text{segmento.}$

unicamente usaremos dos segmentos y los otros dos estarán cu
biertos.

$0.02 \times 2: 0.04 \text{ ft}^3 / \text{rev.} \quad 0.04 \text{ ft}^3 / \text{rev} \times 100 \text{ lb/ft}^3: 4 \text{ lb/rev.}$

para nuestras condiciones que son de 440 lb/hr ó sean ----

7.3 lbs/min. necesitaremos $\frac{7.3 \text{ lb/min}}{4 \text{ lb/rev.}} : 1.82 \text{ rev/min.}$

Cálculo del elevador de cangilones:

Usaremos algunos datos del catálogo Link-Belt, número 1000 y 1050.

Material: As_2O_3 polvo Peso/volumen: 100 lb/ft³

Distancia entre centros de flecha: 21 ft.

Capacidad aproximada: 4500 lb/hr.

Elevador tipo 3 - 301

Dimensiones de cangilón: 4" x 2.75" capacidad: 0.01 ft³

Flecha sup. Diám.: 1 7/16" Catarina sup. Diám.: 12.49"

Vel.: 47 r.p.m.

Flecha inf. Diám.: 1 7/16" Catarina inf.: Diám.: 10.42"

Desarrollo catarinas: Sup.: 3.26 ft. Inf.: 2.67 ft.

Cadena N° 455, 45 fts incluidos eslabones para cangilón.

Cubierta del elevador: Dimensiones: 7.75" x 24" alt.: 25'

Lámina N° 16

Capacidad de llenado a 25': 75%.

Dist. entre cangilón: 18" : 1.5' N° de cangilones: $\frac{45}{1.5} : 30$

Velocidad flecha superior: 47 r.p.m

Velocidad catarina superior: 47 x 3.26 : 153 ft/min.

Cangilones por minuto: $\frac{153}{1.5} : 102$ cangilones/minuto.

Capacidad: 102 x 0.01 : 1.02 ft³/min. al 75%: 0.765 ft³/min

0.765 ft³/min x 100 lb/ft³: 76.5 lb/min : 4590 lb/hr

Potencia del motor. -

H: $\frac{F \times S \times K}{33000}$

P₁: P₆ - P₃

P₃: P₄ / R W

- P_4 : N P_5 : 1.2 $P_4 \neq M B$ P_6 : $P_5 \neq R (M \neq W)$
 K: 1.15 cadena lubricada, 1.20 cadena sin lubricación.
 S: velocidad en pies por minuto.
 R: altura en pies.
 N: fuerza para tensar la cadena.
 M: peso de material por pies de transportador : $\frac{11.33 T}{S}$
 W: peso de la cadena en lb/ ft.
 B: radio del círculo descrito por los cangilones en la flecha superior.

Sustituyendo por valores:

M : $\frac{11.33 \times 2.2}{153}$: 0.48 lb/ft S : 153 ft/min.

R : 22 ft N : 10 lb W : 2.32 lb/ft B : 9

P_5 : 1.2 x 10 \neq (0.48 x 9)

P_5 : 16.32 lb.

P_6 : 16.32 \neq 22 (0.48 \neq 2.32)

P_6 : 77.92 lb.

P_3 : 10 \neq (22 \neq 2.32)

P_3 : 61.04 lb

P_1 : $P_6 - P_3$

P_1 : 77.92 - 61.04 : 16.88 lb.

H.P.: $\frac{16.88 \times 153 \times 1.2}{33000}$: 0.094 H.P.

Usando la fórmula simplificada:

H.P.: $\frac{2/RT \times 2 \times N}{1000}$: $\frac{2.2 \times 2 \times 21}{1000}$: 0.092 H.P.

Como se ve el caballaje es muy bajo, pero debido a que se puede atacar el elevador, es necesario poner un motor muy sobradito. En consecuencia es necesario un motor de 1 H.P.

C A P I T U L O

- IV -

ESTUDIO SOBRE LA
RECUPERACION
DE HNO_3

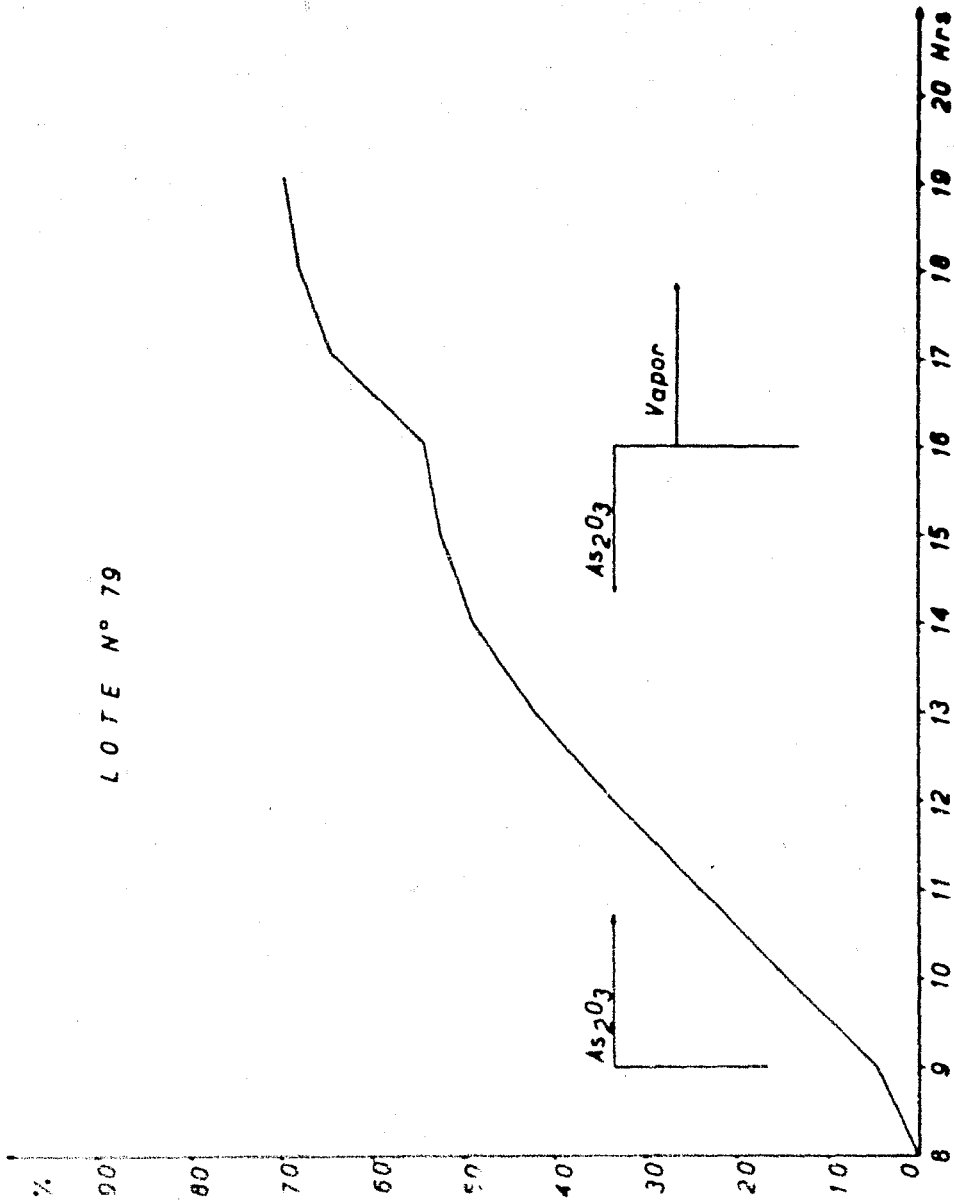
Gráficas de recuperación de HNO_3 .

Las gráficas de recuperación se determinaron de la siguiente forma:

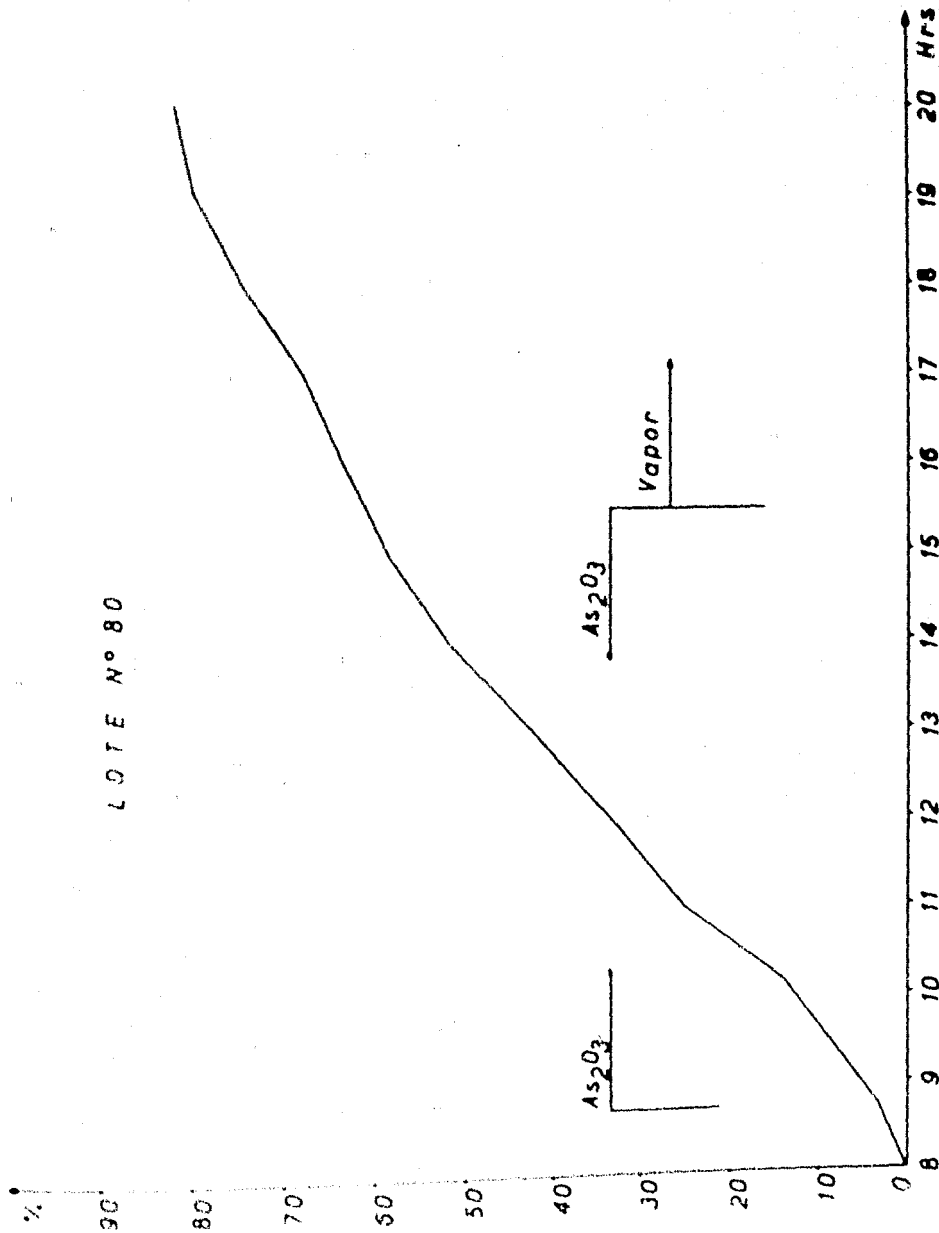
Conociendo el volúmen de cada tanque de recolección de los sistemas de torres de recuperación, se determinaba la densidad, temperatura y % en peso de HNO_3 , de las soluciones de cada tanque de ácido recuperado, de esta manera se podía saber cada hora la cantidad en kg total de HNO_3 100 % que -- había en todo el sistema. Este método se seguía hasta que no se notaba un aumento digno de tomarse en cuenta. La gráfica se trazaba sumando las recuperaciones parciales de cada uno de los sistemas de torres, pero el sistema de torres No 3 so lo alcanzaba a registrar un 3 ó 4 % de recuperación y eso ya en las últimas determinaciones efectuadas; durante las determinaciones intermedias nunca se tomó en cuenta por no notarse recuperación.

A continuación vienen las 5 gráficas obtenidas, al recuperar los vapores producidos por las reacciones durante las ordenes de producción de la N° 79 a la N° 83 inclusive.

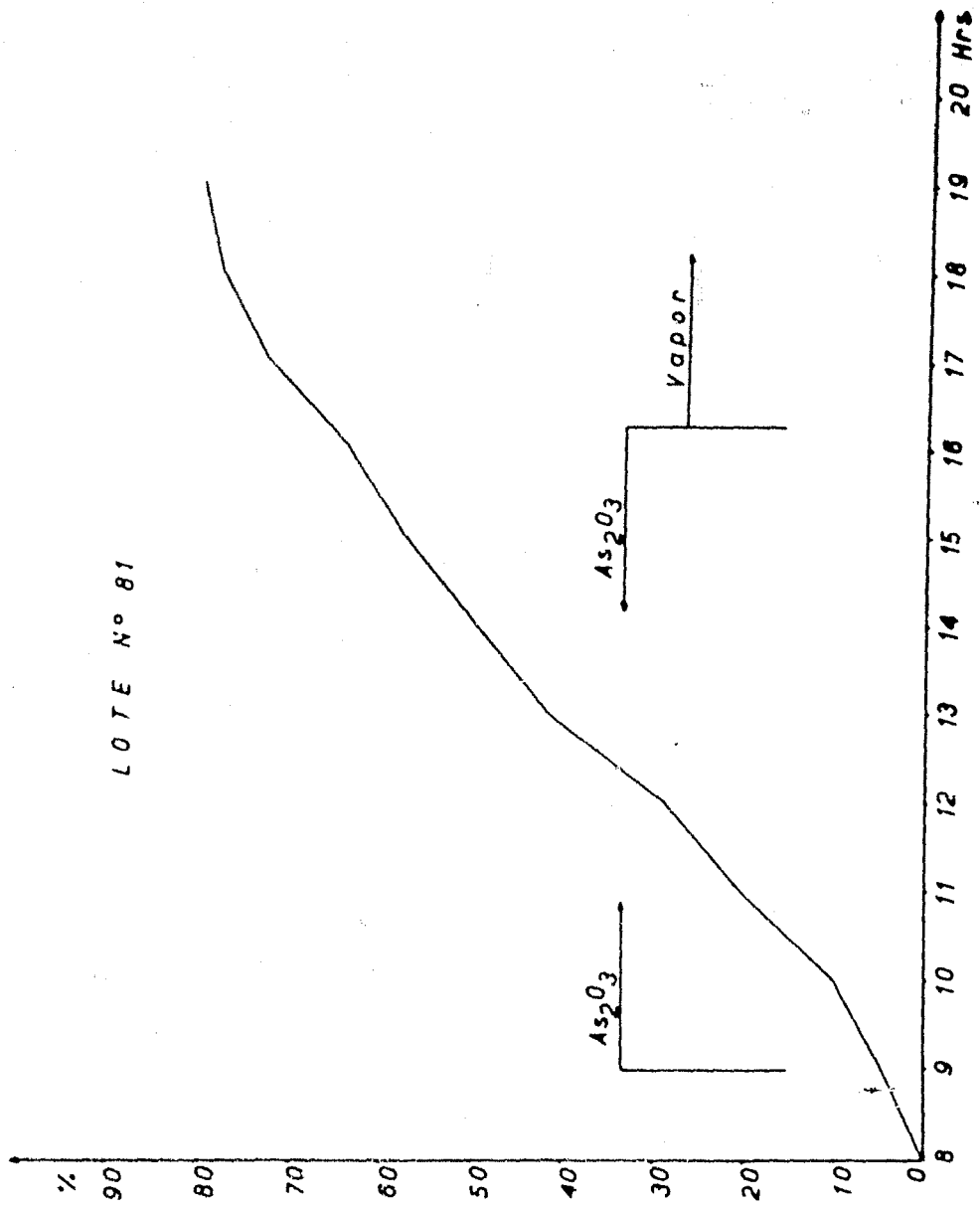
LOTE N° 79



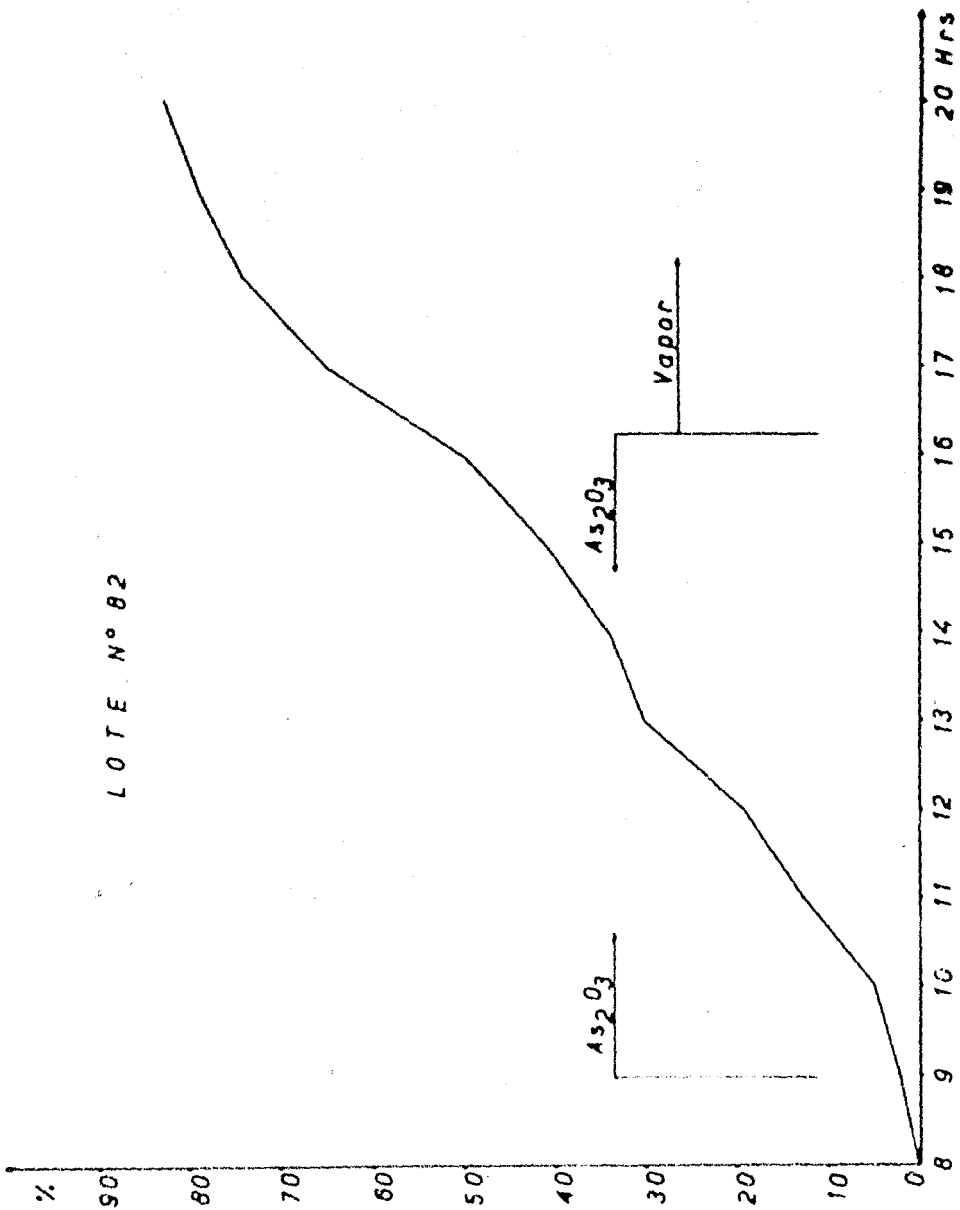
LOTE N° 80



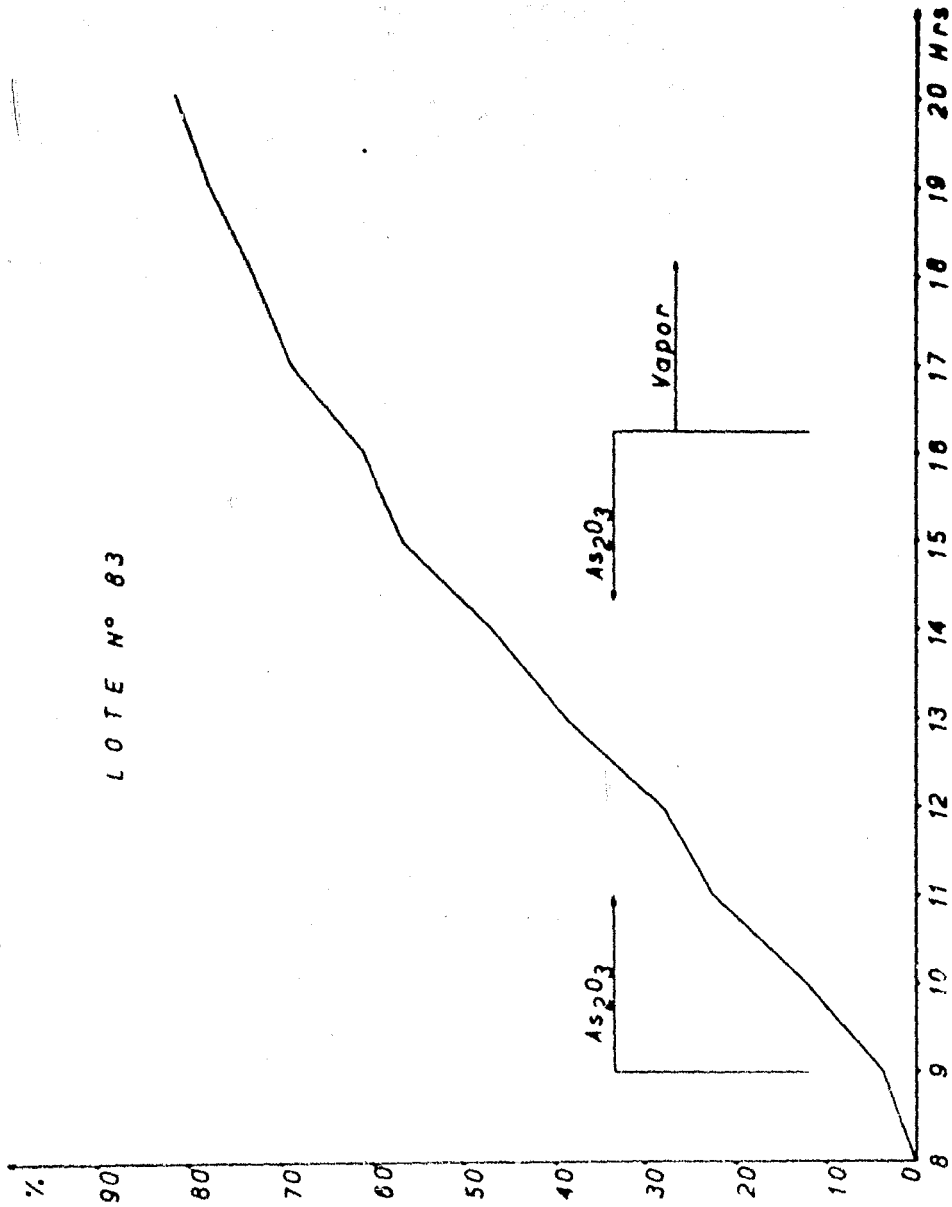
LOTE N° 81



LOTE N° 82



LOTE N° 83



Balace de materiales.-

Este balance se llevará a efecto con el fin de conocer las proporciones aproximadas de la composición de los gases de salida del reactor y los cuales pasan a través de las torres de absorción.

Para este balance de materiales, por la insuficiencia de datos con que contamos tendremos que hacerlo de atrás hacia adelante, y nuestros puntos de relación serán; N° 1 la salida del reactor, y N° 2 la salida del ventilador situado al fin del 1er sistema de torres de recuperación y que es el que efectúa la succión de los vapores.

Los datos con los que contamos son los siguientes:

- 1.- Condiciones de operación del ventilador,
- 2.- El NO producido por la reacción,
- 3.- NO absorbido en las torres del sistema N° 1,
- 4.- NO no absorbido y que sale por el ventilador a las torres N° 2,
- 5.- Temperatura de los gases a la salida del ventilador,
- 6.- Temperatura de los gases a la salida del reactor.

Primeramente determinaremos las condiciones del ventilador:

Ventilador "Buffalo"

Tamaño: 3 1/4

Diámetro de aspas: 20"

Motor: 3 H.P. con 1440 r.p.m. a 50 ciclos.

r.p.m. en la flecha del ventilador: 1080

Presión estática en la desc. : 14 mm de colun. H₂O

Presión estática en la succ. : 0 mm de colun. H₂O

Capacidad del ventilador en frío : 4590 c.f.m.

Temperatura de los gases: 30°C.

Correcciones por P. y T.-

$$\frac{273.8}{273.8} \cdot \frac{21.1}{30.0} : \frac{274.9}{303.8} \times \frac{586}{760} : 0.743 \quad \frac{14}{0.743} : 18.8 \text{ mm}$$

$\frac{18.8}{25.4} : 0.74$ aproximadamente $3/4$ a 1080 r.p.m. esto nos da por tablas 4380 c.f.m. y la potencia requerida es de 1.17 H.P.

Conocido el volúmen total en N° 2 pasamos a N° 1 para determinar los valores de NO.

1.- NO producido por hora.

$$\frac{40.4}{30} : 1.35 \text{ kg-mol/hr.}$$

2.- NO absorbido, basandose en peso de HNO₃.

$$\frac{62}{63} : 0.95 \text{ kg-mol/hr.}$$

3.- NO que sale del ventilador:

Diferencia de 1 y 2 : 1.35 - 0.95 : 0.4 Kg-mol/hr
esto es igual por min. a

$$0.00225 - 0.0158 : 0.0067 \text{ kg-mol/min.}$$

Las temperaturas de los gases son 30°C en N° 2 y de 60°C en N° 1.

Teniendo todos estos datos iniciaremos nuestro balance de materiales en el punto N° 2.

$$4380 \text{ c.f.m.} \times 0.0067 : 104 \text{ m}^3/\text{min.}$$

r.p.m. en la flecha del ventilador: 1080

Presión estática en la desc. : 14 mm de colum. H₂O

Presión estática en la succ. : 0 mm de colum. H₂O

Capacidad del ventilador en frío : 4590 c.f.m.

Temperatura de los gases: 30°C.

Correcciones por P. y T.-

$$\frac{273.8 \sqrt{21.1}}{273.8 \sqrt{30.0}} : \frac{294.9}{303.8} \times \frac{586}{760} : 0.743 \quad \frac{14}{0.743} : 18.8 \text{ mm}$$

$\frac{18.8}{25.4} : 0.74''$ aproximadamente $3/4''$ a 1080 r.p.m. esto nos da por tablas 4380 c.f.m. y la potencia requerida es de 1.17 H.P.

Conocido el volúmen total en N° 2 pasamos a N° 1 para determinar los valores de NO.

1.- NO producido por hora.

$$\frac{40.4}{30} : 1.35 \text{ kg-mol/hr.}$$

2.- NO absorbido, basandose en peso de HNO₃.

$$\frac{62}{63} : 0.95 \text{ kg-mol/hr.}$$

3.- NO que sale del ventilador:

Diferencia de 1 y 2 : $1.35 - 0.95 : 0.4 \text{ Kg-mol/hr}$
esto es igual por min. a

$$0.0224 - 0.0158 : 0.0067 \text{ kg-mol/min.}$$

Las temperaturas de los gases son 30°C en N° 2 y de 60°C en N° 1.

Teniendo todos estos datos iniciaremos nuestro balance de materiales en el punto N° 2.

$$4380 \text{ c.f.m} \times 0.028317 : 124 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Sabemos que una mol de un gas en C.S. ocupa un volumen de 22.414 lts, por lo tanto:

$$124 \times 0.0224 \times \frac{273}{273} \times \frac{760}{586} : 4 \text{ moles/min ya efectuadas}$$

las correcciones de P. y T, lo que nos da el N° total de mol en N° 2. Teniendo el número total de moles pasamos a calcular las moles de los componentes.

Ahora bien sabemos, que el N° de moles de un gas - es relación directa de sus presiones parciales; de donde:

$$(1) \quad \frac{P_2}{P_T - P_2} : \frac{\text{N° de moles de agua.}}{\text{N° de moles de aire} \neq \text{N° de moles NO}}$$

Buscando en las tablas para presiones parciales de soluciones de HNO₃, obtenemos el valor para T: 30°C y concentración --- aproximada de 35%; el valor dado es de p₂: 21.7 mm de Hg. Sustituyendo por literales los factores de la fórmula para simplificar su operación, tenemos:

moles de agua: x moles de NO no abs.: y : 0.0067
 moles de aire: z moles totales : W : 4.00 mol/min.

w : x + y + z por lo tanto x : W - y - z

sustituyendo x: 4.00 - 0.0067 - z : 3.9933 - z

sustituyendo en (1):

$$\frac{21.7}{760.0} : \frac{3.9933 - z}{z + 0.0067} \text{ de donde } z : 3.828 \text{ moles aire/min}$$

por lo tanto: x : 0.1653 moles de agua/min.

w : x + y + z sust. 4.00 : 0.1653 + 0.0067 + 3.828

Teniendo ya resuelta la composición en N° 2 pasamos a N° 1 aplicando el mismo raciocinio anterior.

Por medio de las tablas obtenemos nuevamente la presión parcial para una T: 60°C y 35 % de concentración de HNO₃.

El valor obtenido es de 102 mm de Hg.

moles de agua : x : 7 moles de aire: s : 3.828

moles de NO total : y : 0.0225 moles totales: W : ?

sustituyendo en (1) con las condiciones nuevas:

$$\frac{P_1}{P_T - P_1} : \frac{\text{moles de agua}}{\text{moles de aire} + \text{moles de NO totales}}$$

$$\frac{102}{484} : \frac{x}{3.828 + 0.0225} \quad \text{despejando } x$$

x : 0.8114 moles de agua/ min.

moles totales : W : 0.8114 + 0.0225 + 3.828 : 4.6619 moles/min

Composición de los gases en lb-mol/hr.

H₂O : 0.8114 x 2.2 x 60 : 107.1 lb-mol/hr

NO : 0.0225 x 2.2 x 60 : 2.97 lb-mol/hr

aire: 3.828 x 2.2 x 60 : 505.30 lb-mol/hr

pasandolo todo a lbs multiplicando por su P.M. tenemos:

H₂O : 107.10 x 18 : 1927.8 lbs.

NO : 2.97 x 30 : 89.1 lbs.

aire : 505.30 x 29 : 15053.7 lbs.

Calcularemos con estos datos, el area supuesta para un posible enfriador, teniendo las siguientes temperaturas:

T₁ : temperatura de salida de los gases : 30°C : 86°F

T₂ : " " entrada de los gases: 60°C : 140°F

t₁ : " " entrada de agua : 15°C : 59°F

t₂ : " " salida del agua : 25°C : 77°F

Determinaremos la media logarítmica de las temperaturas:

$$t_{ml} = \frac{(T_2 - t_2) - (T_1 - t_1)}{\ln \frac{(T_2 - t_2)}{(T_1 - t_1)}} = \frac{(140 - 77) - (86 - 59)}{\ln \frac{(140 - 77)}{(86 - 59)}}$$

$$= \frac{16}{\ln 2.33} = 42.5$$

$$A = \frac{Q}{U \times t_{ml}}$$

Q : calor suministrado por los gases al cambiar de temperatura.

U : Coeficiente de transmisión de calor.

Cantidad de calor con los gases: $Q = w C_p (T_2 - T_1)$

H₂O : 1927.8 x 0.48 (140 - 86) : 49700 B.T.U./hr.

NO : 89.1 x 0.23 (140 - 86) : 1100 " "

aire : 15043.7 x 0.24 (140 - 86) : 190000 " "

calor total..... 240800 " "

El calor suministrado por el vapor de agua lo despreciamos debido a que por su alto U, el área necesaria es muy pequeña y quedará incluida dentro del área que se determine únicamente para los gases.

En la fórmula sustituimos el valor de Q : 191100 B.T.U./hr y usando el valor de U para gases, recomendado por Stover que es valor de 10 obtendremos un área equivalente a 450 ft².

Esta área es muy grande y el equipo resultaría muy costoso debido a que se necesita fabricar de acero inoxidable, por lo que habría que pensar en dos cosas, estudiar primeramente el efecto producido al reducir el volumen de aire que es muy alto, lo cual daría un área menor, ó continuar como se hace en

LA ACTUALIDAD, CON SUS CONDICIONES, COMO EN ESTA FORMA NO SE
DIFERENCIAR EL EFECTO DE QUE LA RESOLUCIÓN SE RELACIONE A LA LEY
PREVISTA, DEBIDO A QUE EL EFECTO AL MISMO TIEMPO QUE ENTRA LOS
EFECTOS LAS RESOLUCIONES A EJECUTAR.

C A P I T U L O

- V -

ESTUDIO DE PRECIPITACION
Y SECADO DEL PRODUCTO.

Precipitación.-

En este punto del proceso de fabricación del arseniato de calcio, según Frear, es donde se puede ó no, formar el arsénico soluble, debido a la forma en que se agrega el ácido a la suspensión de cal. Si la acidificación se efectúa rápidamente, hay englobamientos de partículas de ácido por partículas de arseniato, este englobamiento se rompe en el secado del producto dando así arsénico soluble. Esto se puede evitar atomizando el ácido y que la mezcla se haga a la mayor velocidad posible.

Cuando algún lote resultaba con un contenido alto de arsénico soluble, la única manera de poder controlarlo un poco era agregando cal suficiente para neutralizar el efecto del arsénico soluble, debido a que el efecto de este sobre las plantas es tan perjudicial como los mismos insectos, ya que quema completamente a la planta.

Como el costo de un equipo para tener una atomización muy buena es algo alto y su efectividad no está probada por nosotros, se decidió diseñar un dosificador de ácido muy simple como prueba; el resultado fué sumamente satisfactorio debido a que desde el día en que se instaló se produjeron más de 150 T. y solo 3 de ellas estuvieron fuera de especificación y el resto con un contenido de arsénico soluble bastante bajo.

El dosificador consiste en un tubo de 3/4" de D. y por medio de una reducción va unido al tubo de descarga de ácido de los tanques de almacenamiento, este tubo lleva en la

parte que sería la descarga un tapón, y en toda su superficie una serie de pequeños orificios por los cuales fluye el ácido en forma de regadera por algo de presión que tiene debida a la columna de ácido; este tubo va dentro de otro de 4" el cual está perfectamente atornillado a la manguera ó tubo de descarga de ácido y lleva una conexión a la mitad formando una T, por esta T entra a gran velocidad la suspensión que es enviada por la bomba de recirculación de los lodos y extraída desde la parte baja del tanque de precipitación. En consecuencia aunada a la ligera atomización obtenida, se encuentra la turbulencia dada por el chorro de suspensión, -- lo que da una distribución de las partículas de ácido muy -- eficiente.

Otro punto del que se obtuvieron resultados efectivos, fué la temperatura a la cual se mantenía la suspensión antes de secarla. A alta temperatura, superior a 85°C, el producto final resultaba sumamente ligero lo que ocasionaba dificultades en el departamento de envase. Todo lo contrario sucede si se mantiene a temperatura que varíe entre 70 - 80° C, ya que el producto obtenido en estas condiciones resulta de una densidad aparente de 0.55 a 0.60 .

Secado.

Es la operación por la cual una sustancia es liberada de la humedad que tenga. Para el secado hay diversos tipos de aparatos, pero en nuestro caso el único adecuado dado las condiciones del producto de ser amorfo, y tiene la -- tendencia a formar lodos muy compactos, tiene que ser secado

en un secador tipo rotativo, con vapor a presión dentro del tambor.

Estos secadores son cilindros de acero, horizontales y las áreas circulares que hacen el panel de tapas van perfectamente soldadas para tener un tambor hermético. En estas tapas van colocadas las juntas rotativas que permiten el paso de vapor por un lado y la descarga de los condensados por el otro. El tambor es accionado por un sistema de engranes que a su vez es accionado por un motor. El tambor descansa sobre sus soportes y en la parte inferior y a lo largo del tambor va colocada una charola, que es donde se cargan los lodos, - esta charola es de poca altura para evitar el tener demasiada suspensión y que no se evapore demasiado, por que podría ocasionar endurecimiento de los lodos y dificultades al secar. El tambor entra parcialmente en la charola de donde por estar sumergido en la suspensión se va formando una película muy delgada, que se va secando conforme va dando el giro el tambor; en la parte anterior se encuentra una cuchilla también colocada a lo largo del tambor y formando un ángulo de 60° con la superficie del tambor, estando completamente ajustada de tal manera que el material seco es raspado por la cuchilla y va cayendo a una canal de lámina, en el fondo del - cual se encuentra un transportador de zuscane que lleva el material hasta un tambor donde se colecta el producto. Antes - de proceder al secado es necesario calentar por unos minutos el secador y tenerlo en movimiento.

A continuación y mediante datos tomados practicamente duran-

te la operación normal del secador, determinaremos su eficiencia, basados en la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia: } \frac{S (W' - W'') \text{ calor latente, t. evap.}}{Q \text{ total}}$$

S : peso del sólido seco por hora.

W': humedad inicial.

W'': humedad final.

calor latente a la temperatura de evaporación.

Q total: calor total suministrado al secador.

Los datos con que contamos son:

S: 330 lbs/hr

W': 0.700

W'': 0.015

Calor latente de evaporación, obtenido en tablas: 986 B.T.U./hr

La Presión de trabajo son 5 kg manométricas, por lo tanto la

Presión total: 84.83 lbs/in²

Calidad del vapor: saturado.

Condensados: 880 lbs/hr.

Buscando en las tablas la entalpía de evaporación para la presión total encontramos un valor de 898 B.T.U./hr; por lo tanto el calor total sera la entalpía del vapor suministrado por el peso en lbs de los condensados.

Sustituyendo en la fórmula:

$$\text{Eficiencia: } \frac{330 (0.7 - 0.015) 986}{790240} : 28.2 \%$$

Esta eficiencia se puede considerar buena para el tipo de secador de que se trata.

C A P I T U L O

- VI -

COSTO DEL EQUIPO
CALCULADO.

Presupuesto del equipo.-

Este equipo será construido en el taller de la planta para obtener la máxima economía.

Tolva de lámina de hierro N° 11, con capacidad para 10 m ³ , bridas de solera de 12" en la base y refuerzos de ángulo de 1 1/2" en lados y parte superior, para fijar la base.....	•	100,00
Montador hecho con tubo de 6" de d. interior maquinado del tubo, flechas, cunas y segmentos, chumaceras de bronce, cravetas, etc.	•	750,00
Motor de 1 H.P. trifásico, con reductor de velocidad, poleas, bandas y arrancador	•	1100,00
Mano de obra de instalación de lo anterior.....	•	150,00
Elevador: Cadena, eslabones para cañillones y tornillería	•	1400,00
Flechas, catarinas y chumaceras de bronce para la flecha inferior	•	100,00
Chumaceras para la flecha superior con sus respectivos baleros	•	600,00
Cañillones hechos con lámina de 1/8" y cubierta del elevador con lámina N° 16, reforzada con ángulo de 1 1/2", bota y canal del elevador	•	250,00
Motor de 1 H.P., reductor de velocidad y poleas ..	•	1100,00
Mano de obra de construcción e instalación	•	250,00
Total	•	11500,00

Calcularemos la depreciación anual del equipo para un período de 5 años, en los cuales el equipo pierde un 30 % de su valor.

$$\text{Depreciación: } \frac{P - L}{N}$$

P: valor actual del equipo.

L: valor del equipo al cabo de 5 años.

N: número de años.

Sustituyendo:

$$\text{Depreciación: } \frac{11585 - 8109.50}{5} : 695.10 \text{ pesos/año}$$

Al instalar este equipo se suprime el trabajo de 1 obrero como mínimo, con un sueldo de \$ 17.00 pesos/día. Por esto es recomendable su construcción e instalación.

C A P I T U L O

- VII -

CONCLUSIONES.

Conclusiones.-

Las conclusiones obtenidas despues de haber terminado este trabajo, son las siguientes:

- 1.- La temperatura de reacción debe ser de 70 a 75°C.
- 2.- La concentración de HNO_3 , tambien deberá tener limitada su concentración entre 35 a 40 % en peso.
- 3.- Velocidad de adición: esta puede fijarse dentro de un límite superior de 200 kg/hr, para no ocasionar una reacción demasiado violenta, con sus respectivas consecuencias.
- 4.- Es recomendable establecer el uso del catalizador.
- 5.- Modificar el reactor, colocando la descarga por el fondo del cono y no por un lado del cilindro.
- 6.- Ampliar el estudio de las concentraciones de vapores nitrosos que salen a la atmosfera, modificando la temperatura de los gases al entrar a las torres, y bajar el volumen de aire que es manejado actualmente, para aumentar la concentración de vapores nitrosos que salen del reactor.
- 7.- La precipitación y secado seguirá bajo las condiciones ya expuestas en los capítulos respectivos, pero llevando un control más exacto del % de sólidos de los lodos alimentados al secador.
- 8.- Instalar el equipo de transporte para el anhídrido arsenioso, a todas luces costeable.

C A P I T U L O

- VIII -

B I B L I O G R A F I A.

Bibliografía.-

De Ong Elmer R. Ph.D.

Chemistry and uses of Pesticides. Second Edition-1955

Reinhol Publishing Co.

Frear Donald E.M. Ph.D.

Chemistry of Pesticides. Third Edition.

Mc Graw Hill Book Co. Inc.

Stover Herman J.

Transmisión de calor y sus aplicaciones.

Ediciones Librería del Colegio.

Brown George Granger,

Operaciones básicas en la Ingeniería Química.

Editores Manuel Marín y Cía.

Walker, Lewis, Mc Adams and Gilliland

Principles of Chemical Engineering. Third Edition

Mc Graw Hill Book Co. Inc.

Sherwood and Pigford.

Absorption and Extraction. Second Edition - 1952

Mc Graw Hill Book Co. Inc.

Perry John H.

Chemical Engineers' Handbook. Third Edition - 1950

Mc Graw Hill Book Co. Inc.

Mellor J. W.

Inorganic and Theoretical Chemistry.

Longmans Green Co.

Urbina Holland, Luis Enrique. Ing. Quím.

Comunicación personal.
