

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS

DPTO. DE QUIMICA INDUSTRIAL

PLANTA DE NITRATO DE AMONIO

—
Tesis para optar el título de
INGENIERO QUIMICO INDUSTRIAL

JORGE G. MALDONADO I.

LIMA-PERU

MXCLV

INDICE

INTRODUCCION

Capítulo I : GENERALIDADES SOBRE LA INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES.

1.- Desarrollo histórico	5
2.- Mercado	7
3.- Cantidades de importación	10
4.- Capacidad óptima de la Fábrica	10
5.- Propiedades de estos abonos	11
6.- Su aprovechamiento por los suelos ...	14
7.- Otros usos del Nitrato de Amonio	15

Capítulo II : INVESTIGACION DEL PROCESO.

1.- Generalidades	17
2.- Granulado	19
3.- Pastillado	20
4.- Cristalización al vacío	21

Capítulo III : ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA.

1.- Amoniaco	23
2.- Acido Nítrico	24
3.- Combustible	29
4.- Energía	32
5.- Agua de enfriamiento y tratada	33

Capítulo IV : LOCALIZACION DE LA PLANTA.

1.- Factores generales y particulares ...	36
2.- Posibles lugares	37
3.- Estudio comparativo	38

Capítulo V : DESCRIPCION DEL PROCESO . OPERACIONES Y PROCESOS : SU CONTROL. 40

Capítulo VI : BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

1.- Cálculo de los consumos prácticos de la materia prima	49
--------------------------------------------------------------------	----

	pág.
2.- Cálculos de ciertos aparatos : su diseño ..	51
3.- Cálculo de los calores absorbidos y disipados	70
4.- Cálculo del consumo de vapor y del Caldero	74
5.- Agua de enfriamiento y Torre	77
6.- Fuerza motriz. Resumen de las Potencias requeridas	80

Capítulo VII : DESCRIPCION DEL PROCESO QUIMICO. 82

Capítulo VIII : ESTUDIO ECONOMICO. 87

1.- Costo de instalación	
2.- Costo de producción	
3.- Costo de operación	
4.- Capital de inversión	
5.- Ventas: utilidad bruta probable	
6.- Amortizaciones	
7.- Utilidad neta probable .	

APENDICE

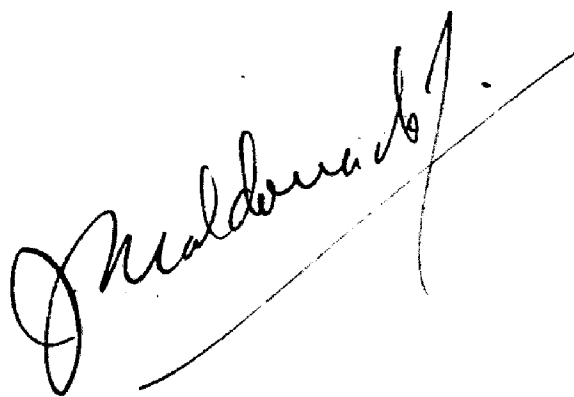
1.- Distribución racional del equipo	101
2.- Aire Acondicionado	102
3.- Control de Laboratorio	104

BIBLIOGRAFIA 105

El presente proyecto es un estudio Técnico-Económico de rasgos bastante generales, sin incluir detalles que son propios de una investigación más completa.

Se trata de exponer y de demostrar todos los puntos y conclusiones, respectivamente, que se presentan en un estudio preliminar para una futura discusión detallada, la que a su vez será seguida de la erección de la Planta, con lo que se presentarán nuevos problemas que entonces, y no antes podrán ser solucionados satisfactoriamente.

Como su nombre lo indica, "estudio Técnico-Económico", esta Tesis se propone demostrar además de la necesidad de la implantación de una fábrica de este género, la posibilidad de llevar a cabo esta obra, haciendo estudios en los aspectos técnico y económico que son necesarios conocer.

A handwritten signature in cursive script, reading "J. Maldonado", with a long horizontal line extending to the right from the end of the signature.

INTRODUCCION

Todas las plantas de un modo absoluto y general, así como los animales que de ellas se alimentan, inclusive el hombre, se forman en la Naturaleza por la concurrencia abundante, adecuada, equilibrada y proporcional de los elementos químicos correspondientes que determinan y satisfacen el proceso de síntesis de sus respectivos organismos, bajo las condiciones apropiadas para la realización de este importante proceso, cuya resultante tangible es el ser organizado, vegetal primero y animal después.

Los elementos principales que concurren en mayores o menores proporciones para la creación y formación de los organismos vegetales son alrededor de quince, y derivan de tres fuentes naturales: - el agua, el aire, y el suelo. Las dos primeras fuentes de provisión son inagotables en sus suministros, no así el suelo, el que una vez formado es limitado en su condición tridimensional, y aunque su contribución a la creación de los organismos es por lo general abundante y de larga duración, al contemplar estos eventos en término de la vida humana su fertilidad representada por la concurrencia de los elementos bioquímicos que le son inherentes dentro de condiciones apropiadas en su manifestación, continuidad y duración, se mantiene en ciclo en los suelos no perturbados por el hombre y que conservan su condición natural, antes de ser reclamados para la Agricultura.

Los terrenos de cultivo para el sostenimiento de la producción agrícola propiamente dicha, requiere del aporte de abonos nitrogenados y que aplicando esta idea a nuestras regiones Sierra y Selva principalmente se conquistarían para una producción

permanente.

FUNDAMENTO

Dada la importancia del problema del abonamiento en nuestro país, la necesidad de llegar a una rápida y benéfica solución, teniendo en cuenta el valor de la importación del Perú en abonos nitrogenados, la dificultad que existe para la adquisición del guano de islas en especial para su utilización en los Valles de la Sierra, y el alto déficit potencial de fertilizantes, la importancia de levantar una fábrica dedicada a la manufactura de un abono sintético nitrogenado que venga a subsanar las deficiencias que existen, entre otras, las nombradas, en el país en lo que a este aspecto se refiere, merece la atención y el interés de los capitales nacionales y del Estado como regulador y distribuidor del producto.

El presente proyecto está orientado hacia la manufactura del Nitrato de Amonio sólido, producto de un alto contenido en Nitrogeno (35%) de fácil aplicación sobre el terreno, de rápida acción benéfica sobre los suelos.

Más adelante, en las discusiones que presento veremos el porque se ha escogido este fertilizante.

La fabricación del Nitrato de Amonio, presupone la manufactura del amoníaco sintético partiendo de sus elementos, y la oxidación de parte de esta producción, a Acido Nítrico. En realidad son tres plantas, que formando un solo conjunto dan origen a la Fábrica del Nitrato de Amonio, fertilizante sintético nitrogenado.

La Planta para la elaboración del Amoniaco sintético, anhidro, ha sido proyectada por el ex-alumno Sr. George R. Schofield B., y la Planta para la obtención del Acido Nitrico constituye la Tesis de grado del ex-alumno Sr. Arturo Alba A.

Las tres Plantas están íntimamente ligadas entre sí, constituyendo un todo.

Capítulo 1 : GENERALIDADES SOBRE LA INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES.

1.- Desarrollo histórico .-

Si bien las consecuencias trágicas de las guerras es por todos reconocidas, no podemos pasar por alto algunas características beneficiosas que de ellas se desprenden, aunque en principio en forma indirecta. Tal es el caso del nacimiento de la industria que nos ocupa, y que está llamada a ser un factor preponderante de gran influencia en el mantenimiento de un alto nivel de vida.

En efecto, los principios de la fuente de Nitrógeno como fertilizante en su forma de Nitrato de amonio, se encuentran en la Segunda Gran Guerra Mundial, y aún ya durante la Primera Gran Guerra en forma incipiente.

A transcurrido un siglo desde que se establecieron ciertas teorías sobre la dependencia entre los elementos químicos y el crecimiento de las plantas y que entonces apareciera en el mundo una nueva industria : la de los fertilizantes.

Por ese entonces, el nitrato chileno tenía dominado el mercado mundial, dominación que dura hasta el año 1930. Sin embargo, ya en el año 1910 un sub-producto de la coqueficación, el sulfato de amonio hizo su aparición y fué usado como fertilizante llegando a suministrar la tercera parte del nitrógeno usado en el mundo, como abono.

El problema de la fijación del nitrógeno atmosférico se estaba estudiando por aquellos años, pero no fué sino hasta que la situa-

ción creada por la guerra mundial de 1914, apremió las necesidades de nitrato, que no podía satisfacer por entero el salitre chileno, que se encontraron soluciones a este gran problema. Es así pues que en los Estados Unidos de Norteamérica se levantan las primeras fábricas para la fijación del nitrógeno atmosférico. El método que se sigue para tal efecto es el clásico de la Cianamida. Sin embargo, el nitrato de amonio no es requerido como fertilizante hasta ya finalizada la guerra en el año 1919, cuando el Departamento de Guerra de los Estados Unidos de N.A. en cooperación con el Departamento de Agricultura, estudiaron los diversos ensayos hechos, llegando a conclusiones bastante alagadoras, sobre el uso de esta sal amónica como abono, encausando todos sus esfuerzos en conseguir un producto a bajo costo y de fácil aplicación y de eliminar las características físicas, que al igual que el salitre chileno presentaba, desfavorables desde cualquier punto de vista, como era su gran higroscopicidad.

En fin, como además de lo expuesto era costosa su obtención el nitrato de amonio quedó olvidado por cierto tiempo (20 años), ya que existían otras fuentes más accesibles que proporcionaban el nitrógeno necesario.

En Europa, la fabricación del nitrato de amonio se hacía por diversos métodos. Así en Inglaterra se amoniataba el salitre que importaban de Chile, haciendo reaccionar éste con el sulfato de amonio. Los alemanes, conforme se acercaba la Segunda Guerra Mundial comprendieron que el ácido sulfúrico era de muy alto valor como para usarlo en la elaboración del sulfato de amonio, que todavía desde el punto de vista del agricultor era de menor importan-

cia que el nitrato y fué entonces que desarrollaron un método para neutralizar el Amoníaco producido en los hornos de Coke, con ácido nítrico, a pesar de las reacciones que tenían lugar (muy desfavorables por cierto) entre el ácido y los gases sulfurados. Estas reacciones eran limitadas y hasta podríamos decir eliminadas por el proceso DOHSE que empleaba el fosfato ácido de amonio. En Australia, a principios de la Segunda Guerra (1939), Creeswick patentó un nuevo proceso de fabricación que fuera usado en Inglaterra y los Estados Unidos de N.A. al mismo tiempo. Se basaba este proceso en la reacción del sulfato de amonio con el salitre, ya usado por otros, pero la extracción no se hacía por cristalización parcial, sino usando alcohol metílico denaturalizado. Si bien se usó este procedimiento en los principios de la guerra, no podía competir con el sulfato amónico debido a su elevado costo ,aunque estaba probado que era muy superior por sus propiedades.

Los nombres de Dubovitskii, Periliman, Ross, Miller, Hauff, Holmes entre otros, están íntimamente ligados con el Nitrato de Amonio superior en una serie de aspectos al resto de fertilizantes sintéticos.

2.- Mercado.

El nitrato de amonio es un fertilizante bien conocido y de probados efectos sobre las principales cosechas del país. Su alto porcentaje en contenido de nitrógeno, su fácil suministro a la tierra, su buena aptitud para la mezcla, su gran solubilidad, hacen de este fertilizante el más deseado. Como veremos más adelante de este proyecto, la única propiedad desfavorable que tenía

esta sal para su utilización como abono (su gran higroscopicidad) ha sido eliminada completamente con la nueva técnica de su elaboración.

La Planta proyectada escasamente suministrará la demanda reajustada de Nitrógeno que pesa sobre la Compañía Administradora del Guano. En efecto, el deficit medio del último quinquenio (1949 - 53) de 21,256 toneladas métricas de nitrógeno es superior a la producción de la Planta proyectada. Debemos agregar que el ajuste se verifica castigando cada solicitud individual de acuerdo con el área cultivada y sobre la base de 125 kilogramos de nitrógeno por hectárea, cifra esta bastante baja para las normas de abonamiento de la Costa. La demanda potencial, basada en 140 kilos por Há., para la Costa y 70 kilos de nitrógeno por Há., para la Sierra y Montaña, deja un deficit de 76,850 toneladas métricas de nitrógeno, esto es casi cuatro veces la probable producción de la Planta, sin tener en cuenta futuras expansiones de la misma.

La demanda potencial superior a las 100,000 toneladas métricas de nitrógeno (anexo N° 1) no incluye las nuevas zonas de cultivo derivadas de la ejecución de obras de irrigación en marcha, política esta que ha comenzado ha tomar un giro de gran dinamismo lo que va ha significar mayores necesidades de abono para nuevas tierras. Por otro lado, la agricultura nacional se intensifica de año en año, debido a la elevación del precio de los productos que produce una proporcional ampliación del radio económico de muchos centros agrícolas que fueron de economía cerrada antes, por el alto costo del transporte. Por último cabe indicar que escasamente un séptimo del área cultivable del país es abonada ;

Anexo N° 1

Fertilizantes Sintéticos " Portachuelo "

DEMANDA DE FERTILIZANTES - GUANO DE ISLAS

Año	<u>Demanda</u>		<u>Suministro</u>		<u>Déficit</u>	
	Sin ajuste ton.	Ajustada(1) ton.	en ton.	Ajustado ton.	Ley %	Nitrógeno ton.
1945	293,684	248,210	90,852	157,358	13.58	21,639
1946	361,241	327,908	102,126	225,782	13.68	30,887
1947	369,736	304,577	148,300	156,277	13.59	21,238
1948	346,792	281,473	168,473	113,000	13.70	15,481
1949	371,030	294,246	161,550	132,696	13.04	17,304
Promedio :	<u>348,496</u>	<u>291,283</u>	<u>134,260</u>	<u>157,022</u>	<u>13.50</u>	<u>21,256</u>

<u>Demanda Potencial</u>		<u>Necesidades mínimas</u>	
	<u>Extensión abonable (2)</u>	<u>kg/ha.</u>	<u>tons.</u>
Costa	361,000 hectáreas	140	50,540
Sierra	834,000 "	70	58,380
Montaña	18,000 "	70	1,260
Totales : 1'213,000 hectáreas			<u>100,180</u>

Suministros medios 1945-49 :

Guano de islas	Ton de N	.....	18,125
Salitre chileno	" " "	.....	4,486
Sulfato de amonio	" " "	.....	715
			<u>23,326</u>
Déficit potencial mínimo			<u>76,854</u>

(1) El ajuste se efectúa reduciendo las solicitudes de los agricultores de acuerdo con el área cultivada y a razón de 125 kgrs. de nitrógeno por hectárea.

(2) No incluye terrenos destinados a pastos, pastos naturales, ni áreas destinadas al sembrío de leguminosas.

que los abonos de que se dispone son biológicamente limitados ; y que por lo tanto, las posibilidades industriales y comerciales son muy amplias.

3.- Cantidades de Importación.-

La importación de fertilizantes, que mostramos a continuación gráficamente y en forma comparativa nos termina de convencer sobre la importancia que tiene la implantación de una fábrica de esta naturaleza. (ver gráficos 1,2 y 3)

4.- Capacidad Óptima de la fábrica.-



Hemos visto que existe una gran demanda de nitrógeno que nos es imposible satisfacer ni mucho menos con la producción del guano de nuestras islas. Así mismo el alto precio de los abonos nitrogenados importados, prohibitivo para una gran parte de los agricultores no puede satisfacer esta demanda.

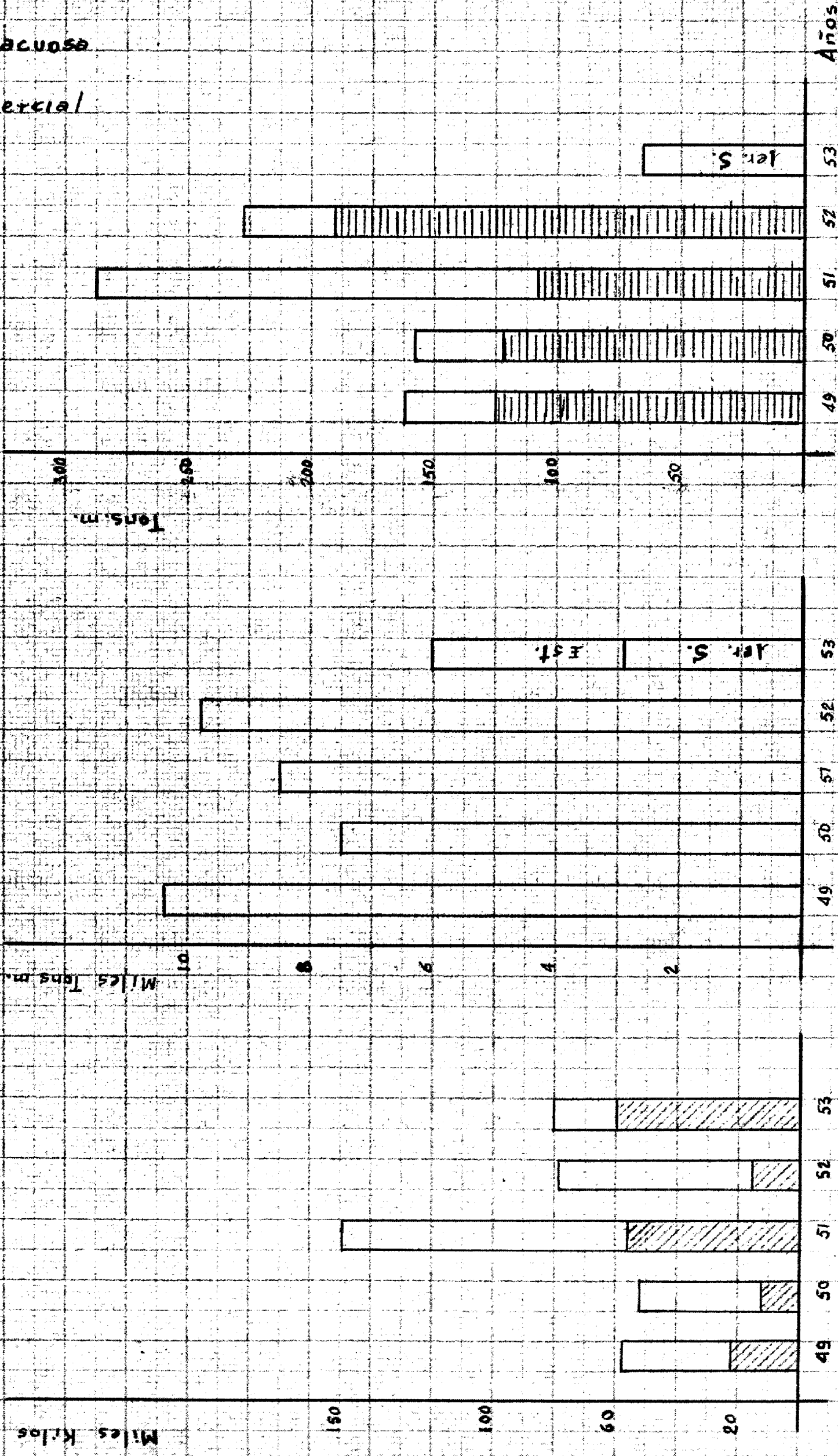
Si reparamos en las cifras que arrojan estudios hechos al respecto (y que ya hemos considerado en otra parte de este estudio), veremos que una producción de 225 toneladas cortas de nitrato de amonio (33,5 % en peso de producto terminado de Nitrógeno) se traduce en unas 75 toneladas cortas de nitrógeno (75.375 ton. exactamente) al día o sea unas 25,000 toneladas de nitrógeno al año, que sería tan solo la cuarta parte del déficit actual aproximadamente, siendo mucho menor por supuesto si contemplamos las elevadas cifras de la demanda potencial que sobrepasan las 100,000 ton. métricas (111,000 ton.cortas), tal como ha quedado ya dicho.

Por otra parte, los fabricantes de equipo recomiendan esta capacidad de 225 ton.cortas por día para la Planta, como la más económica -

fig. 1

IMPORTACIONES

 Sol. acuosa
 Comercial



Amoniaco

Salitre

A. Nitrico

ca, ya que una menor producción no justificaría (por lo menos no en la misma proporción) el gasto de inversión.

Se ha considerado tambien el aspecto desde el punto de vista de la materia prima, que en nuestro caso es de máxima importancia por ser elaborada a su vez ; en la primera parte de este Proyecto (Planta para la Elaboración de Amoníaco anhidro sintético), se ha hecho ya un estudio al respecto del que se desprende las condiciones óptimas de trabajo de la Planta, en cuanto a la capacidad, dandonos cifras que coinciden con la producción de 75 toneladas cortas de nitrógeno que equivalen a las 225 toneladas cortas de nitrato de amonio, propuestas.

5.- Propiedades de estos Abonos.-

Entre los diferentes cuerpos simples considerados como indispensables para la vegetación es el Nitrógeno, de igual manera que el Potasio y el ácido fosfórico, uno de los que más directamente parece llamar la atención del agricultor desde el punto de vista de su restitución al suelo por medio de la fertilización o abonamiento. Los conocimientos precisos facilitados por la química agrícola , los descubrimientos de la fisiología vegetal, especialmente en lo que se refiere a la nutrición de las plantas , los continuos estudios técnicos, las numerosas observaciones de la experimentación agrícola y de la práctica han demostrado que el nitrógeno desempeña un papel dominante en la nutrición vegetal.

Las exigencias notables que para este elemento presentan los

vegetales y las cantidades insuficientes en que lo contienen, en general los suelos que se cultivan, han permitido emitir como conclusión que : " es absolutamente necesario restituir al suelo el nitrógeno que las plantas han extraído y que ellas necesitan para su nutrición y desarrollo normal ".

Las cantidades de nitrógeno que vuelven al suelo por la fermentación de los detritus orgánicos son insuficientes (2-5 kg.de N amoniacal por Há. de terreno, al año).

El anhídrido nítrico formado por la acción de las tempestades eléctricas y arrastrado al suelo por su combinación con las aguas meteóricas, tampoco constituye una fuente apreciable de nitrógeno. Este fenómeno solamente reviste cierta importancia en las regiones tropicales. Pueden admitirse 6-10 kg. promedio por Há. al año. Estas fuentes de nitrógeno no alcanzan a suplir las pérdidas constantes por infiltración, volatilización y extracción en las cosechas.

Las circunstancias enunciadas obligan a recurrir a la fertilización nitrogenada para combatir la ictericia de los cultivos.

Son tres las fuentes de que se dispone :

- yacimientos de nitratos,
- nitrógeno en el carbón, y
- nitrógeno atmosférico.

Esta última fuente es la mejor como veremos en el estudio comparativo que hacemos en párrafos siguientes, en cuanto a su acción sobre los cultivos y su modo de empleo.

El Salitre de Chile ó Nitrato sódico.-

Este salitre es un abono

nitrogenado nítrico.

Mucho se podría hablar sobre la situación de los yacimientos, y de la elaboración del nitrato de sodio, del caliche; pero no es este el fin que perseguimos.

Nos contentamos pues con presentar un análisis del salitre obtenido de este caliche como producto final :

NO ₃ Na	95.00 %	,.....	15.5 % de N.
ClNa	2.00		
SO ₄ Na ₂	0.60		
Mat.insolubles	0.10		
Humedad	2.30		

Acción del salitre sobre el suelo.-

Químicamente el salitre es

una sal neutra , Na⁺(NO₃)⁻ , que no reacciona ni alcalina ni ácidamente en un suelo desprovisto de vegetación. En cambio en un terreno cultivado presenta reacción fisiológico-alcalina, pues las plantas asimilan el (NO₃)⁻ en su totalidad y el Na⁺ solo en parte, quedando en su mayoría en el suelo, formando con la humedad el hidróxido de sodio :



y es por esta circunstancia que se le puede emplear con ventaja en terrenos de reacción ácida, ya que neutraliza los ácidos húmicos perjudiciales para la vegetación. En cambio su acción alcalina puede ser desventajosa en suelos arcillosos pues no sólo se combina el Na⁺ con el OH⁻ para formar NaOH, sino que también con el ácido carbónico ó con el carbonato de cal, formando carbonato de

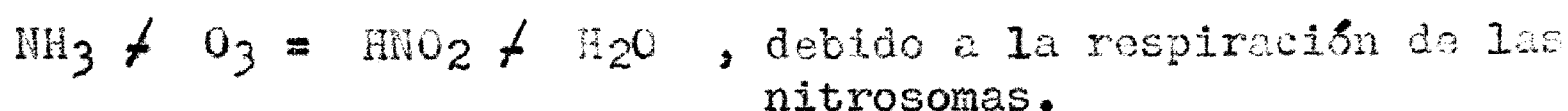
sodio. La formación del hidróxido de sodio también puede ser perjudicial, ejerciendo efectos desfavorables sobre la constitución mecánica de estos suelos pues el ión OH' puede accionar contra los coloides del suelo lo que tiene por consecuencia la pérdida de la estructura de migajón, en que las partículas se agrupan de una manera suelta.

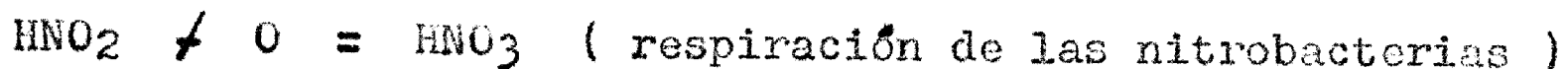
Conclusiones :

- a.- Se le puede emplear en toda clase de suelos, especialmente en los ácidos.
- b.- No conviene su uso en terrenos arcillosos ó compactos.
- c.- Es conveniente encalar los suelos compactos, antes de usar en ellos el salitre.
- d.- Debe evitarse su aplicación simultánea con guano ó sustancias orgánicas no descompuestas totalmente para evitar pérdidas de nitrógeno por denitrificación.
- e.- En suelos sueltos, su aplicación debe ser lenta, en dosis pequeñas y repetidas.
- f.- No debe aplicarse en cobrera, si las hojas están humedecidas por la lluvia ó rocío.
- g.- Este compuesto es sumamente higroscópico.

6.- Su aprovechamiento por los suelos.-

El nitrato de amonio es un abono nitrogenado nítrico-amoniaco. Contiene 35.5 % de nitrógeno (mitad nítrico, mitad amoniaco). La parte nítrica es asimilada directamente, no así la parte amoniaco que es fijada coloidalmente por el suelo en primer lugar y es nitrificada posteriormente :





El proceso completo demora de dos á tres meses. Su acción fisiológico-acida, una vez asimilada su parte nítrica, es entonces ejercida sobre el terreno. Las ventajas que presenta son :

- a.- Un mayor porcentaje de nitrógeno (más del doble que en el salitre
- b.- El nitrógeno amoniacal es de efectos más lentos pero de duración más prolongada que el del nitrógeno nítrico, y lo contiene en un 50 % de su totalidad.
- c.- Su aplicación es fácil y rápida debido a su constitución física como se le presenta en el mercado.
- d.- Es menos higroscópica (se ha eliminado casi totalmente su higroscopicidad en el proceso de elaboración que nos ocupa).
- e.- Es de suma importancia en los cultivos industriales del país (caña de azúcar y algodón).

7.- Otros usos del Nitrato de Amonio.-

Este compuesto tiene gran importancia tambien en otras industrias y usos muy diversos fuera de sus propiedades fertilizantes.

- Como compuesto químico se le utiliza en la absorción de óxidos de nitrógeno.
- Como solvente en la elaboración del óxido rojo de zinc.
- Como materia prima en la fabricación del óxido nitroso.

Explosivos y fósforos :

- Tiene gran aplicación como componente explosivo en las Dinamitas.
- En compuestos de bajo poder explosivo.
- En los explosivos militares.

- En la industria Pirotécnica.
- En la elaboración de fósforos y fulminantes.

En la actualidad se está planeando (estudios preliminares) en Lima, la instalación de una fábrica de explosivos que necesitaría un volumen aproximado de 3000 ó más toneladas métricas de nitrato de amonio con un contenido de 34% en peso de nitrógeno, al año. °

° — Datos extra-oficiales obtenidos del Banco Industrial del Perú.

Capítulo 11 . INVESTIGACION DEL PROCESO.

1.- Generalidades .-

La preparación del Nitrato de Amonio se basa en una reacción de neutralización entre el ácido nítrico y el amoníaco. Los distintos procesos sólo difieren en las condiciones físicas que fijan a las materias primas, así, se hace reaccionar gas ácido nítrico con gas amoníaco; gas ácido nítrico con solución de amoníaco; y ácido nítrico en solución con gas amoníaco. La mayoría de los procesos por lo general traen consigo además de la etapa de neutralización para conseguir una solución de nitrato amónico, una segunda etapa, de evaporación para eliminar gran parte del agua (concentración) y así poder en una tercera etapa cristalizar el producto. A continuación se hace imprescindible la cuarta etapa, el secado, para reducir la humedad en el producto final.

Todo esto trae consigo un costo bastante elevado del producto, ya que son operaciones costosas, en equipos especiales y que demoran por ser intermitentes y llevadas en muy pequeñas cantidades para evitar en lo posible el riesgo de explosiones.

De lo dicho se deduce que un proceso que elimine estas cuatro etapas, estas cuatro distintas operaciones, ó más lógicamente hablando, que reuna toda la elaboración del nitrato de amonio en una sola, sería el ideal. Es pues este proceso llamado de " una sola etapa " ó " Stengel " (nombre de su inventor), el que hemos escogido para el presente proyecto por razones obvias y que se deducen de la siguiente explicación del mismo.

Entre las más poderosas razones alegadas en contra de la interacción directa a elevadas temperaturas entre el ácido y el amoníaco

están el peligro que representa y que la reacción es altamente exotérmica y que todo este calor ó cuando menos la mayor parte se pierde.

Una tercera razón sería, la gran cantidad de calor necesario para la evaporación del agua de solución, que requiere grandes fuentes de energía.

¿Qué decir pues entonces de un proceso que hace reaccionar el ácido con el amoníaco a temperaturas relativamente altas y que todo el calor generado es aprovechado para la evaporación del agua, obteniéndose en una sola etapa un producto con la humedad mínima deseada?

Esta mínima humedad puede llegar a ser tan solo el 0.2 %, y en algunos casos de quererse, aún menor.

Entre otras ventajas de este proceso se tiene que tanto la neutralización como la evaporación se llevan a cabo en un solo recipiente (el reactor) lo que nos indica un menor costo de inversión en equipo. Además la humedad del producto final se fija de antemano de acuerdo a la concentración del ácido nítrico usado ó sino regulando el flujo de la mezcla ácido-amoníaco, al reactor.

Ahora bien desde otro punto de vista, el de seguridad, este proceso limita los riesgos de explosiones al mínimo ya que en cualquier determinado momento, solo pequeñas cantidades de nitrato de amonio se están manipulando.

Esencialmente este proceso consiste en pasar una mezcla en proporciones equimolares de ácido nítrico y gas amoníaco bajo condiciones

de contacto íntimo, a través de un reactor mantenido a una temperatura que oscila entre los 180° y 250°C .

Por cierto que estas condiciones varían, pudiendo por ejemplo tenerse 220°C de temperatura con un ácido de 20 á 70% de concentración (por diferentes ensayos llevados a cabo por el mismo Stengel se sabe que el ácido puede usarse satisfactoriamente entre el 20 % y el 100 % de concentración).

Todos los métodos para la producción del nitrato amónico emplean la reacción de neutralización básica :

$$\text{NH}_3 \neq \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3 \neq 20,600 \text{ cal. , y los}$$
siguientes pasos a seguirse antes de, por así llamarlo, el acabado eran prácticamente los mismos, antes de darse a conocer el proceso "Stengel" .

Las diferencias que existen en el " acabado ", si son marcadas y a continuación explicamos cada uno de estos métodos en forma bastante general. Tres son las consideraciones que deben tenerse en cuenta acerca de la manufactura del nitrato de amonio :

- Inversión inicial ,
- Economía de operación , y
- Seguridad en la Planta.

2.- "Granulado" .-

En Inglés a este proceso denominanle graining .

Además de ser bastante costoso, este método trae consigo riesgos por efectuarse en todo momento a muy altas temperaturas (305°-310°F).

Además, si bien el tamaño de las partículas del material que se obtiene es adecuado para la industria de municiones, no lo es para su uso como fertilizante.

Luego de llevarse a cabo la neutralización entre el amoníaco y el ácido nítrico, se procede a evaporar la solución de nitrato de amonio obtenida, lográndose de esta manera una "masa" semisólida, que luego se "granula" en unos tanques abiertos con agitación y a los cuales se le suministra calor para evaporar al mismo tiempo el resto de agua de solución. Una vez hecho esto, se enfría el producto y se le seca.

Las Instituciones de Seguridad Industrial de los E.E.U.U. no recomiendan este método.

3.- Pastillado .- ("Prilling" en inglés)

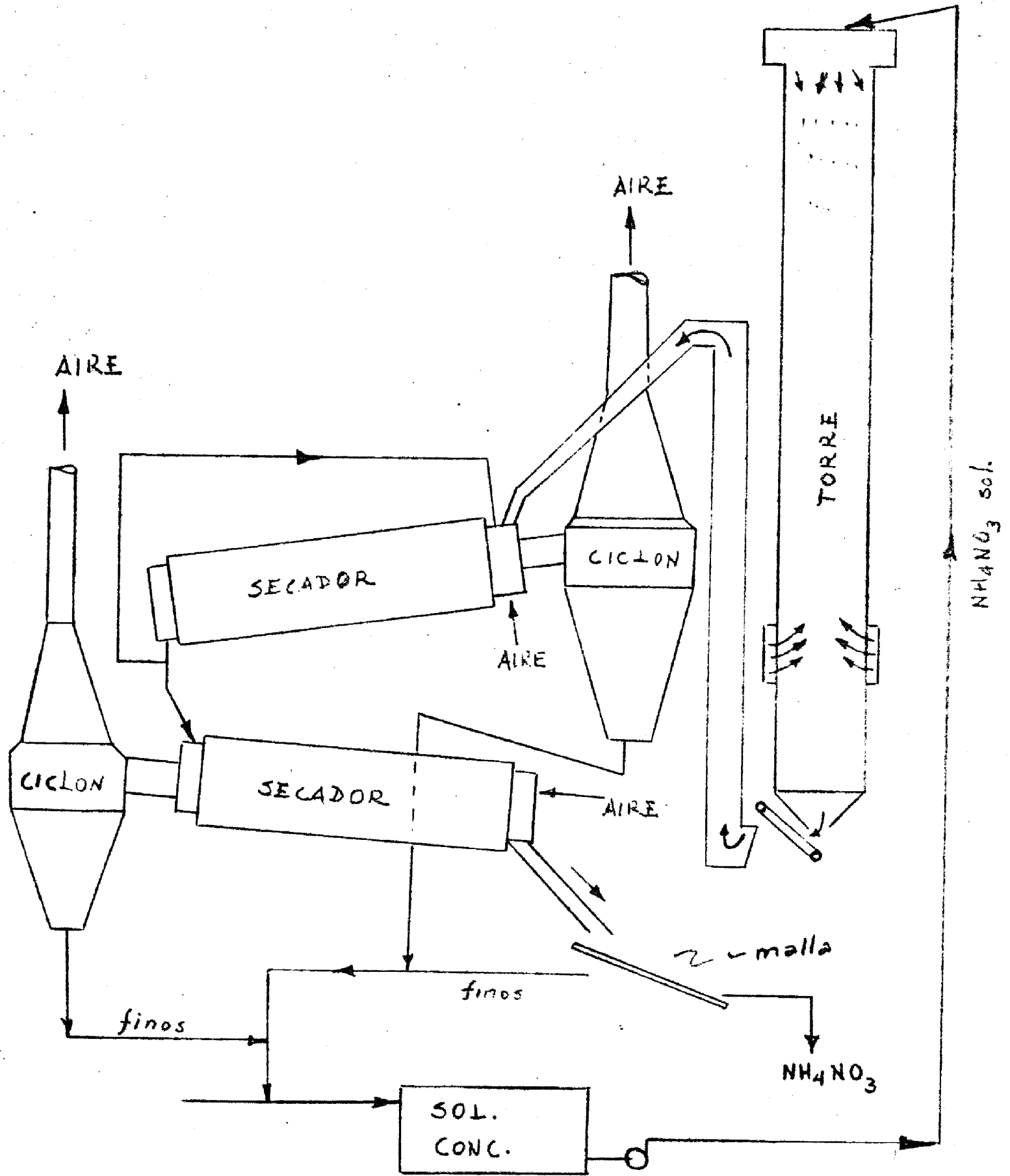
Este método lo ilustramos con el diagrama de flujo que damos a continuación.

En síntesis consiste en lo siguiente :

- La reacción entre los componentes, es decir entre el amoníaco y el ácido nítrico, para formar la solución de nitrato de amonio;
- Concentración de esta solución en evaporadores al vacío;
- La formación de "pastillas", ó más propiamente de "esferitas", q' se logran haciendo pasar la solución concentrada de nitrato a una temperatura algo mayor de la de cristalización, en contra corriente con un flujo continuo de aire frío (a menor temperatura) por una torre para tal efecto, enfriándose pues la solución y precipitando la sal en forma de pequeñas esferas, ya que la solución es alimentada a la torre en forma de lluvia.
- Inmediatamente se procede al enfriado y secado en un medio gaseoso, reduciéndose la humedad a menos del 0.5 % .

La solución concentrada de nitrato de amonio debe tener un contenido de sal, tal que su temperatura de saturación esté entre los 115° y 135°C, ó sea un 94 á 97% , para lograr una reducción de la

DIAGRAMA DE FLUJO
PROCESO "P"



humedad hasta menos de 0.5% sin dañar las partículas formadas.

Las desventajas de este proceso son, el elevado costo de inversión por equipo y el riesgo de explosiones por evaporar grandes masas de nitrato en solución.

4.- Cristalización al vacío .-

Este método es casi el mismo de "Granulado", salvo la mejora introducida por la Tennessee Valley Authority , y que consiste en la eliminación de la operación de granulado. Es relativamente seguro desde que las temperaturas no exceden los 160°F .

Tiene un costo de operación menor que el proceso del cual es mejora, y económicamente está a la par con el método del " prilling".

El Nitrato de amonio así obtenido, es cristalizado y de un tamaño que si bien no se ajusta al mínimo requerido, no sería grave inconveniente.

Sin embargo debido al equipo necesario (evaporadores, cristalizadores, centrífugas, secadoras, etc.) su costo de inversión es muy alto .

A continuación mostramos en la Tabla N°1 los principales aspectos de los cuatro métodos considerados, en forma comparativa :

humedad hasta menos de 0.5% sin dañar las partículas formadas.

Las desventajas de este proceso son, el elevado costo de inversión por equipo y el riesgo de explosiones por evaporar grandes masas de nitrato en solución.

4.- Cristalización al vacío .-

Este método es casi el mismo de "Granulado", salvo la mejora introducida por la Tennessee Valley Authority, y que consiste en la eliminación de la operación de granulado. Es relativamente seguro desde que las temperaturas no exceden los 160°F .

Tiene un costo de operación menor que el proceso del cual es mejora, y económicamente está a la par con el método del " prilling".

El Nitrato de amonio así obtenido, es cristalizado y de un tamaño que si bien no se ajusta al mínimo requerido, no sería grave inconveniente.

Sin embargo debido al equipo necesario (evaporadores, cristalizadores, centrifugas, secadoras, etc.) su costo de inversión es muy alto .

A continuación mostramos en la Tabla N°1 los principales aspectos de los cuatro métodos considerados, en forma comparativa :

Capítulo III . ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA.

1.- Amoníaco .-

Este, nos será suministrado por la Planta destinada a su elaboración (primera parte del Proyecto), por medio de una tubería de 4 pulgadas de diámetro, a unas 150 lbs. de presión.

El amoníaco es obtenido por la combinación directa de sus componentes según la reacción :



a partir del "gas seco" (Talara Fuel gas) con un gran contenido de hidrógeno, y cuyo análisis mostramos a continuación :

C	84.46 %
2 C	7.51
3 C	4.11
14 C	1.00
n4 C	0.78
5 C	0.12
CO ₂	0.41
O ₂	0.34
N ₂	1.27

En el año 1865 se patentaron métodos para su obtención, que consistían en pasar Nitrógeno sobre fierro para formar óxidos, y luego reducirlos con una corriente de Hidrógeno para formar el NH₃ .

En 1901, LeChatelier patentó la interacción directa entre el Nitrógeno y el Hidrógeno para formar el amoníaco, y señaló las catalizadores ideales, para presiones mayores a las 100 atmósferas.

En 1884, Ramsay y Young en sus estudios sobre " la razón de la

Tabla N° 1

	Granulado	Cristalizado	Pastillado	L.A.Stengel
Equipo	Evaporadores abiertos, granuladores, enfriador y secadoras.	Evap.al vacío cristalizador centrifugas secadoras	Evap.al vacío torre de pastillado, enfriador	Reactor, fajas enfriadoras, molinos
Método	Evaporación intermitente, en los abiertos y el granulado con agitación.	Evaporación continua en los evap. al vacío y cristalización	Luego de evap. solidificación con una corriente de aire.	Enfriamiento y solidificación en las fajas.
Temperatura °F	305-310	160	260-285	280-300
Tamaño de las partículas. Malla:	-12, #35	-16, #35	-8, # 20	-5, # 20
Forma de las partículas.	gránulos redondeados	cristales cilíndricos	esferas	copos
Nitrógeno %	33.0	33.0	33.5	33.5
Densidad lb/p.c.	72	45-52		56
Humedad %		0.1	0.2-0.6	0.2-3.0
Cubriente %	3.0	3.0 - 4.0	2.7 - 3.5	2.0 - 3.0

descomposición del amoníaco " vieron que no todo el NH_3 se descomponía sacando como conclusión, que los elementos se recombinaban.

Este punto estuvo en discusión hasta que los trabajos de Haber y de Nerst en Alemania, que comenzaron en el año 1904, determinaron concentraciones de equilibrio y las constantes a partir de las cuales los cálculos se podían hacer.

En 1908 la compañía Alemana Badische Anilin und Soda Fabrik, comienzan a financiar e industrializar los trabajos de Haber, por medio de una Planta Piloto de 8,500 toneladas al año. Durante la Primera Guerra Mundial (1914-18) se construyó una Fábrica con una capacidad de 150,000 toneladas de amoníaco por año.

El estudio completo sobre el Amoníaco se hace en otra parte del Proyecto completo, por lo que terminamos indicando las principales propiedades físicas de este compuesto:

- Es un gas incoloro, cuyo peso molecular es 17.03 y de una gravedad específica igual á 0.817 a -79°C .
- Su punto de fusión es -77.7°C y el de ebullición, -33.4°C .
- Solubilidad : en agua fría , 89.9 á 0° , en 100partes ;
en agua caliente, 7.9 á 96° , " "
en alcohol, 14.8 á 20° , " "
en eter tambien es soluble.

2.- Acido Nítrico.-

Por oxidación de parte del amoníaco producido se obtiene el ácido necesario para la neutralización entre estos dos compuestos y la consecuente obtención del nitrato de amonio.

El ácido nítrico en el laboratorio, fué producido en pequeñas cantidades por Kuhlmann (1839), por la oxidación del amoníaco en el aire, y en presencia de mazgo de platino calentado.

Estos experimentos fueron repasados por Ostwald en el año 1900, y fué construída una pequeña fábrica para su producción en 1909. Este procedimiento se extendió y se le usó por el año 1915, y en los Estados Unidos de N.A., la American Cyanamid Co., construye la primera Planta para la elaboración del ácido nítrico, en el año 191

Como en el caso del amoníaco, el ácido nítrico ha sido estudiado en otra parte de del Proyecto, por lo que no entraremos en detalle acerca de su preparación, sino tan sólo nos ocuparemos de sus propiedades tanto físicas como químicas.

Punto de ebullición .-

El punto de ebullición en el ácido más puro a presión atmosférica ha sido dado por Roscoe como 86°C , pero la descomposición ocurre antes de que esta temperatura se alcance.

La influencia de la presión sobre el punto de ebullición se puede apreciar claramente en la tabla siguiente, debida a Greighton y Githens.

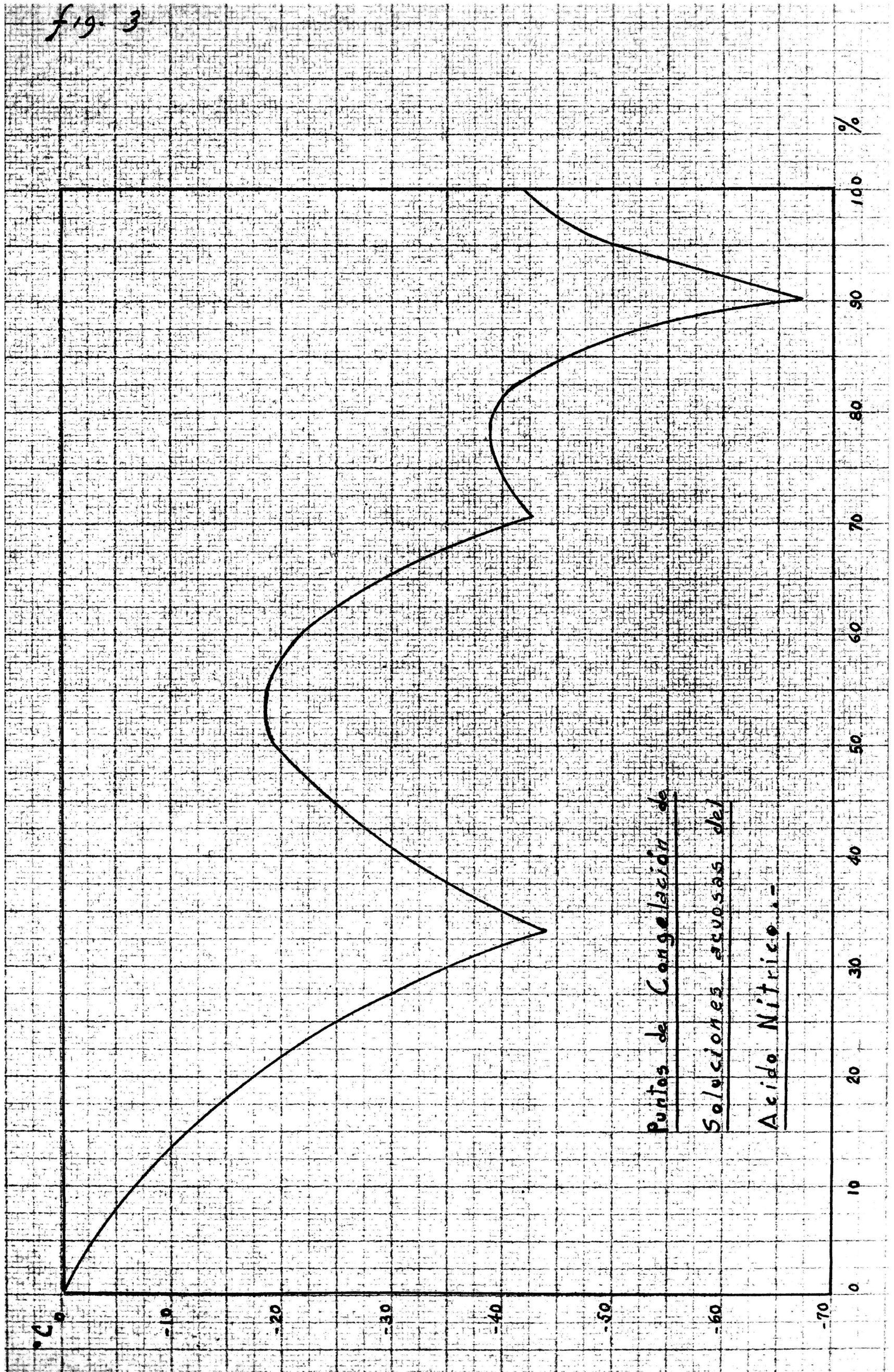
Acido Nítrico 99.79 por ciento

Presión mm.Hg	P. ebullición grados C	Presión mm.Hg	P. ebullición grados C
47	22.1	290	57.1
51	24.5	346	62.1
60	26.2	360	63.4
90	31.7	425	68.5
110	35.6	500	72.7
125	38.5	580	77.2
203	49.0	675	82.5
250	53.5	...	...

Punto de congelación .-

Küster y Münch dan el punto de fusión del ácido nítrico absoluto como -41°C . Los puntos de congelación de las soluciones acuosas del ácido obtenidas por Küster y Kremann

Fig. 3



se dan en la fig. N° 3 .

Calor específico .-

El trabajo de Pascal y Garnier de acuerdo con los trabajos efectuados más tarde por Marignac y Thomsen, sobre los calores específicos del ácido nítrico nos dan la tabla de valores siguiente:

Por ciento HNO ₃	Por ciento NO ₂	Calor específico medio á 20°C
10.00	...	0.900
25.57	...	0.787
40.00	...	0.669
45.87	...	0.662
60.52	...	0.6377
70.00	0.70	0.610
81.80	1.54	0.575
90.33	2.30	0.530
92.15	4.22	0.500
98.15	1.85	0.475

Densidad del vapor .-

Mezclando el vapor de ácido nítrico con el aire seco, Playfair y Wanklyn hallaron la densidad del vapor á 40.5°C , tal como 34.3 . El valor calculado para el ácido nítrico es de 31.5 .

Calores de solución .-

La tabla a continuación dá el resultado de las determinaciones efectuadas por Thomsen y Berthelot de los calores de solución en kilocalorías , cuando una mol-gramo de ácido se disuelve en M moles-gramo de agua .

M.	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10
Thomsen _{18°}	2.0	3.29	4.16	..	5.27	5.71	..	6.66	..	..	7.32
Berthelot _{10°}	2.03	3.34	4.16	4.86	..	5.76	6.4	6.7	6.9	7.22	7.27

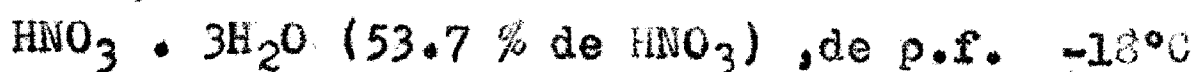
M.	20	40	80	100	160	200	320
Thomsen 18°	7.46	7.44	7.42	7.44	7.45	...	7.49
Berthelot 10°	7.36	7.27	...	7.21	...	7.18	...

Hidratos .-

Las muchas investigaciones llevadas a cabo sobre las propiedades físicas, muestran una discontinuidad en las mismas, señalando así la existencia de varios hidratos del ácido nítrico.

Veley y Manley, en sus artículos "Some Physical Properties of Nitric acid solutions" (Algunas propiedades físicas de las soluciones del ácido nítrico), demuestran alteraciones bien marcadas en puntos definidos que corresponden aproximadamente a las concentraciones requeridas para las combinaciones simples solamente del ácido con el agua.

Pickering, triunfó al aislar dos hidratos cristalinos que corresponden á :



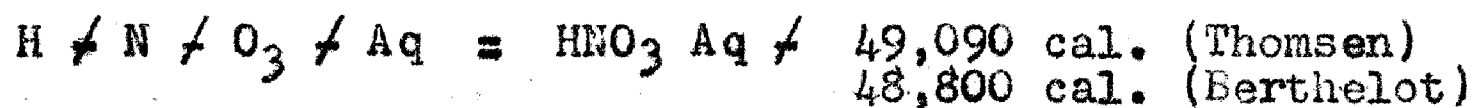
Viscosidad .-

Los siguientes valores para la viscosidad del ácido nítrico (solucioens) ha sido dada por Küster y Dremann :

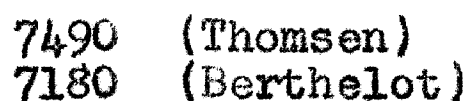
% HNO ₃	98.5	82.0	70.0	65.0	50.0	30.0	10.0
N(/ 15°C)	0.548	1.036	1.277	1.144	0.822	0.655	...
N(- 15°C)	0.833	2.240	3.268	3.304	2.369	1.635	...

N = 1, para el agua á 0°C .

Calor de formación .-



y cuando le restamos el calor de solución —



obtenemos,



Calor de neutralización .-

Del ácido con la soda caústica (NaOH), es de 13,680 cal. ; con la potasa caústica (KOH) es de 13,770 cal; y con el gas amoníaco (NH₃) es de 20,600 cal.

Peso molecular .- El ácido nítrico tiene un peso molecular igual á 63.02 .

Constitución del Acido Nítrico concentrado .-

Este ácido se comporta muy distinto del ácido normalmente usado. Veley y Manley encontraron que el ácido 99.97 % HNO₃ no actúa sobre el cobre, la plata, el cadmio ó el mercurio, de alto grado de pureza, ni tampoco sobre el magnesio comercial a la temperatura ambiente; el zinc puro es atacado ligeramente, mientras que el sodio se inflama inmediatamente. El ácido no actúa sobre el carbonato de calcio a la temperatura ordinaria ó en su punto de ebullición.

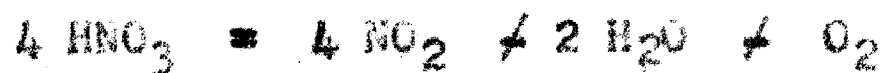
Aston y Ramsay encontraron que el ácido nítrico puro en su estado líquido tiene un peso molecular mayor que aquel expresado por medio de la fórmula HNO₃ e indican que esto sucede posiblemente por haber

una gran proporción de moléculas de la forma $H_2N_2O_6$ mezcladas con las moléculas simples.

Hartley, concluye diciendo que probablemente el ácido nítrico tiene la siguiente constitución molecular $n (HNO_3)$.

Reacciones .-

a.- Garius, demuestra que el ácido nítrico se descompone completamente con el calor ($256^{\circ}C$) de acuerdo a la siguiente ecuación :



b.- El ácido concentrado a la temperatura ambiente y sometido a la acción de la luz solar, se descompone lentamente, dando nitrógeno en forma de peróxido, agua y oxígeno libre :



De acuerdo a Berthelot esta reacción es endotérmica y no enteramente reversible, no ocurriendo en los ácidos diluidos.

c.- El ácido se descompone completamente pasando (vapor de ácido) sobre cobre en estado incandescente, y desde que los óxidos de nitrógeno, primeramente formados, ceden su oxígeno al cobre, queda solamente agua y nitrógeno.

El ácido que utilizamos en la elaboración del Nitrato de Amonio tiene una concentración de 60 % HNO_3 .

3.- Combustible .-

Las funciones que tiene el combustible en nuestro caso son dos : a) Generación de vapor, y
b) Generación de energía eléctrica en un motor de emergencia para alumbrado, y en uno que otro motor dentro de la misma Planta.

Nuestra Fábrica utilizará el gas seco (Talara fuel gas) comprado a la International Petroleum Co. a razón de 10 centavos de dólar por 1000 piés cúbicos a las condiciones standard de temperatura y presión, como combustible principal (es el mismo gas derivado del Petróleo q' usamos en la Síntesis del Amoníaco) y cuyo análisis se ha dado en el Capítulo III, aparte N°1 de la página N° 23 .

La producción diaria de "gas seco" de la Planta de extracción "Lagunitos" (a unos kilómetros del Portachuelo) , que será la que nos abastezca, es de 9,800 MPC (miles de piés cúbicos) medidos a las condiciones standard.

El poder calorífico de este combustible es de 1,213 Btu/ PC , á 60°F y 30" de Hg .

Por otra parte, de la Planta de Amoníaco se obtiene un "desperdicio" , que consiste en el gas residuo del proceso de síntesis. Este gas es el que nos queda después de someter el "gas seco" al cracking para la obtención del Hidrógeno, y no obstante su bajo poder calorífico, existe la posibilidad de usarlo como combustible.

Fuera de lo dicho anteriormente, nos queda la alternativa de usar el Petróleo como combustible. Este Petróleo industrial de la International Petroleum Co. , es del grado N° 6 según las especificaciones de Fuel oils de la A.S.T.M. . Su poder calorífico es de 18,000 Btu/lb., y su viscosidad de 170 Segundos Saybolt-Furolt, motivo por el cual se le deberá precalentar hasta que este valor llegue a ser 20 Segundos.

En cuanto a los problemas que origina la presencia de Azufre en los combustibles, no existe en nuestro caso, ya que el Petróleo de Talara (y por lo tanto el gas seco) no contiene este elemento .

Sin embargo aún en el caso de contener azufre, el gas seco que usamos habrá sido sometido a lavados en la Planta de Amoniaco (caso puramente hipotético) .

Otra probabilidad (casos de emergencia) aunque muy remota, seña el uso de la antracita con una capacidad calorífica promedio de 14,700 Btu/lb.

Esta antracita, sería la N° 4 de 1/15 de pulgada de grosor, lo que nos dá un costo de molienda a impalpable (malla200), mínimo. Se necesitarán 35 KWH por tonelada de antracita, para pulverizarla.

El análisis de este combustible es el siguiente :

Carbón fijo	75.70 %	(en peso)
Cenizas	7.20	
Humedad	3.10	
Materia volátil	4.00	

y su costo de 100.00 soles la tonelada métrica.

La combustión de este carbón se hará con un 50% de exeso de aire , ya que valores por encima de éste, al bajar la temperatura de la llama, baja la capacidad calorífica por cada pié cúbico de cámara de combustión.

Aunque el control de aire primario, o sea el que se mezcla con el combustible en el quemador se hace facilmente, pudiera ser que el aire secundario entre sin control debido a un mal diseño de la cámara del horno, lo que es la principal causa del mal rendimiento térmico en la combustión.

Nota : Todos los datos anteriormente consignados han sido suministrados por el Ingeniero E. Tschebischen de la International Petroleum Co.

4.- Energía .-

Estos requisitos son los mismos que para cualquier otra industria química.

El movimiento dentro de la Planta se hará por medio del uso de motores individuales conectados directamente a las máquinas. La fuente de la energía eléctrica está dada por turbogeneradores a vapor , que suministrarán además de la corriente eléctrica para los motores, el alumbrado que es más o menos un 10% de la usada por los primeros.

Esta planta ó casa de fuerza, con los turbogeneradores y demás equipo está situada cerca de la Planta de Amoniaco, y suministrará energía a las 3 Plantas, según las necesidades de cada cual.

Los mejores voltajes considerando cualquier número de fases son de 440 V para motores, y 110 V para alumbrado, y en caso de usarse un alto caballaje, lo más indicado sería un voltaje de 2,200 V.

El consumo de combustible y de energía ó fuerza motriz, varía considerablemente en una fábrica de fertilizantes de acuerdo a la capacidad (producción) de la misma, a la eficiencia de la operación, del equipo usado en la casa de fuerza, de los calderos instalados, etc.,etc., en fin del planeamiento general de las Plantas.

El consumo de energía en nuestra Planta se debe principalmente a las siguientes unidades :

- compresoras de aire
- bombas de agua de enfriamiento
- bombas de circulación
- ventiladores
- conductores, elevadores, etc.

Como las bombas centrífugas, los agitadores, ventiladores, con -

ductores, elevadores y molinos, son operados a velocidades más o menos constantes los motores que usaremos son los llamados del tipo de jaula de ardilla, que son fuertes y de bajo costo. Estos motores utilizan corriente alterna. Sin embargo hemos de usar por fuerza en ciertas secciones de la Planta motores a prueba de explosión y polvo, y todas las conexiones han de ser de material no corroible debido a la atmósfera corrosiva dentro de la cual trabajan. Los arrancadores de los motores son del tipo de inmersión en aceite, y los alambres están protegidos por "conduits" de aluminio, y uniones a prueba de gases.

5.- Agua de enfriamiento y agua tratada .-

Las fuentes disponibles son dos : agua de río y agua de pozo artesiano; en ambos se dá el caso de poder hallar aguas duras ó blandas, y dentro de las primeras, algunas de dureza temporal.

En cuanto a las aguas blandas su alto contenido de sólidos en solución (sales de sodio) las hacen peligrosas en su uso para calderos y no hay tratamiento químico, exepctuando aquel de desmineralización, y del Zeo Karb, que pueda remover estas sales de sodio.

El tratamiento más usado en la mayoría de los casos, es que luego de una buena coagulación para eliminar toda la materia en suspensión se remueve ésta por sedimentación y (ó) filtración. Después de esta operación, se procede a "ablandarla" por medio del conocido proceso de cal y soda, seguido de un tratamiento con Zeolita artificial.

Intermedio entre ambos tratamientos hay una filtración y neutralización con ácido sulfúrico, de tal suerte que el agua tenga un pH entre 7.2 y 7.4 .

Después del tratamiento con la Zeolita se eliminan los gases en solución en el degasificador y deaireadores. Luego se le añade unas pequeñas cantidades de fosfato disódico y el agua está ya lista para usarse.

Desde luego este método de acondicionamiento de agua blanda es muy relativo y sólo con un análisis completo se puede determinar la secuencia de procesos a seguir.

En el caso de calderos de alta presión (30 atm.) los contenidos de alúmina son perjudiciales debido a que con la sílice que pudiera haber se forma una incrustación muy dura de silicato de alúmina y sodio hidratado, y esto independientemente de la dureza y del contenido adecuado de fosfato.

Esto nos deja ver que el coagulante de sulfato de alúmina no es el mejor. Sin embargo si se le usa con un pH elevado no hay tal peligro.

Otra seguridad contra incrustaciones duras es mantener la proporción de sulfato de sodio a carbonato de sodio en la debida, que depende de la temperatura ó presión del caldero; de esta manera el pH que entra al caldero a veces llega hasta 11 .

Respecto al equipo a usarse para la coagulación se utilizan los precipitadores Spaulding, para la filtración los filtros cerrados de arena ó carbón activado a presión; para el tratamiento con cal y soda bastará un tanque elevado de cemento; para el uso de la Zeolita artificial, conviene un ablandador de dos cilindros; para los otros tratamientos, tanques de acero.

El agua tratada ha de provenir de la Planta de tratamiento situada en los terrenos de la Planta de Amoníaco, y surtirá a las 3 fábricas.

Requisitos del agua de enfriamiento .-

- a.- Baja temperatura
- b.- Bajo grado de turbidez
- c.- Libre de sustancias incrustantes
- d.- Libre de propiedades corrosivas

En cuanto al agua para beber, se extraerá de un pozo artesiano .

La cantidad de agua, en general, requerida para el proceso no es muy grande y no ha de faltar aún en épocas en que el caudal del río baje. Se construyen piscinas de almacenaje en los alrededores de la fábrica con una capacidad de 600,000,000 galones de agua y cerca de éstas la torre de enfriamiento.

Capítulo IV. LOCALIZACION DE LA PLANTA .

Existen una gran cantidad de factores que deben ser tenidos en cuenta, y estudiados uno por uno, antes de poder elegir la ó las localidades mejores, más aparentes para erigir en ella la Fábrica y asegurar de este modo un mejor desembolvimiento de la misma.

Una vez conseguido esto, se procede (en caso de ser dos ó más) a la calificación por renglones de cada una de estas zonas, para así asegurarnos que es la más apropiada en realidad para nuestra industria, la que hemos seleccionado con este fin.

1.- Factores generales y particulares .-

Los factores que intervienen directamente en la Localización de una Planta tienen su origen en tres grandes renglones, por lo que podemos agrupar de la siguiente manera :

a) Factores Geográficos : el suelo, el clima, la topografía del terreno, las fuentes de materias primas, fuentes de energía y fuerza.

b) Factores Sociales : características de los pobladores de la región y mercado del producto elaborado; disposiciones gubernamentales ó municipales.

c) Factores Industriales : transporte, comunicaciones, facilidades financieras (Instituciones Bancarias) , industrias complementarias y competidoras.

Como es fácil deducir en el Proyecto que nos ocupa no cabe la posibilidad más remota de levantar la fábrica en las regiones de la Sierra ó Selva.

Sin embargo, debemos enunciar a continuación los motivos principales que eliminan esta posibilidad. Queda dicho que entre los factores geográficos que debemos tener en consideración se encuentra la Topografía del terreno, y este es bastante irregular tanto en las zonas serranas como en las de la Montaña, fuera de otra serie de inconvenientes que de este mismo factor se desprenden.

Por otra parte el clima de la región montañosa no es precisamente el adecuado para la elaboración del Nitrato de Amonio .

Podríamos enumerar una serie de razones más, pero terminaremos recordando la enorme dificultad que se presenta con el transporte bastante costoso por cierto, la mano de obra escasísima (y nula en cuanto a especialización), y por último el mercado en un 80% y quizá más se encuentra en la Costa y sin mencionar posibles mercados extranjeros que se abastecerían por la vía marítima.

Nuestro problema se reduce pues, a fijar un lugar en la región de la Costa.

2.- Posibles lugares .-

Para facilitar el trabajo he decidido calificar tres zonas : a) Norte, que abarca desde la frontera con el Ecuador hasta el Dpto. de Ancash ; b) Centro, formado por los Dptos. de Ancash, Lima e Ica; c) Sur, que incluye los Dptos. de Arequipa, Moquegua y Tacna.

Estas zonas serían los posibles lugares apropiados para la implantación de la Industria ya que después del estudio preliminar hecho, se ha sacado esta conclusión.

Sin embargo debemos hacer una discriminación más minuciosa para escoger la localidad que nos conviene.

3.- Estudio comparativo entre las Zonas escogidas .-

La califi -

cación se hará de acuerdo a los factores ya enumerados y que son los que influyen directamente: fuentes de materia prima, mano de obra, mercado, etc.,etc.

FACTORES	Máx.	Norte	Centro	Sur
Fuentes de m.prima	100	100	---	---
Mano de obra	90	80	70	60
Mercado	80	60	70	40
Fuerza y combustible	70	60	70	50
Transporte	60	40	40	20
Industrias relaciona- das	50	50	50	30
Condiciones de vida	40	20	30	20
Facilidades financieras	30	25	30	25
	520	435	360	245
		83.6%	69.2%	47.1%

Vemos pues que de acuerdo a este estudio, la zona costa norte del país es la que más nos conviene para levantar nuestra Planta, habiendo influido grandemente el hecho de encontrarse allí nuestra fuente de materia prima principal, el gas seco derivado del Petróleo, que nos dará el Amoníaco, producto este básico para el Nitrató de Amonio.

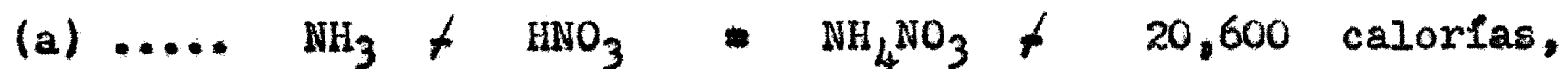
Ahora bien, la localidad dentro de esta zona la he escogido en función de la distancia entre esta Planta y la del Amoníaco que no debe ser mayor de 3 millas, ya que el amoníaco nos llega por tubería. Se han tenido en cuenta también las vías de comunicación existentes y las fuentes de aprovisionamiento de agua (río), etc.

Después de otros estudios hechos, además del que antecede y que aparecen en la primera parte de este Proyecto (Planta de Amoníaco) se decidió situar la Fábrica (las 3 Plantas), en el Departamento de Piura zona nor-oeste (Talara) llamada " El Portachuelo " , cerca de la Planta de extracción Lagunitos de la International Petroleum Co., que nos suministrará el "gas seco" (Talara fuel gas) materia prima en la elaboración del Amoníaco y además combustible.

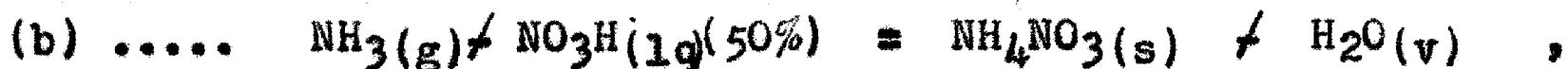
Nota .- No se adjunta plano topográfico de la zona, por no existir un levantamiento de esta naturaleza, de la zona en cuestión.

Capítulo V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO. OPERACIONES Y PROCESOS. SU CONTROL.

La reacción entre el ácido nítrico y el amoníaco es altamente exotérmica, como podemos apreciar en la ecuación de reacción :



pero el peligro que esto significa, así como el gasto que trae consigo el disiparlo, es eliminado al usar el calor de reacción para evaporar el agua de solución, durante la neutralización ,



Por medio del proceso C.S.Stengel que vamos a describir se ha eliminado también el peligro de tener grandes masas de Nitrato de Amonio cerca ó en su punto de fusión, y además se obtiene el producto con la cantidad de agua deseada, en tan sólo una operación.

La reacción de neutralización se lleva a cabo en un " Reactor " tubular relleno con anillos Raschig de acero inoxidable, y del cual se muestra un esquema en la fig. N° 4 .

El nitrato fundido se recoge por el fondo de este reactor y llega a un " separador centrífugo " (fig.N° 5) cuya parte inferior también es rellena. El aire que se introduce por la parte inferior de este separador a través del relleno , reduce la humedad contenida hasta casi la deseada.

El amoníaco anhidro líquido es traído hasta esta Planta, por medio de una tubería de 4" de diámetro. Su temperatura oscila entre los 5° y 15°F . El amoníaco se deposita en tanques de acero de almacenamiento llamados también tanques de " carga " ,

DIBUJADO POR: J.G.M.I.

FECHA: ABRIL 1955

PROYECTO DE GRADO
PLANTA DE NITRATO DE AMONIO

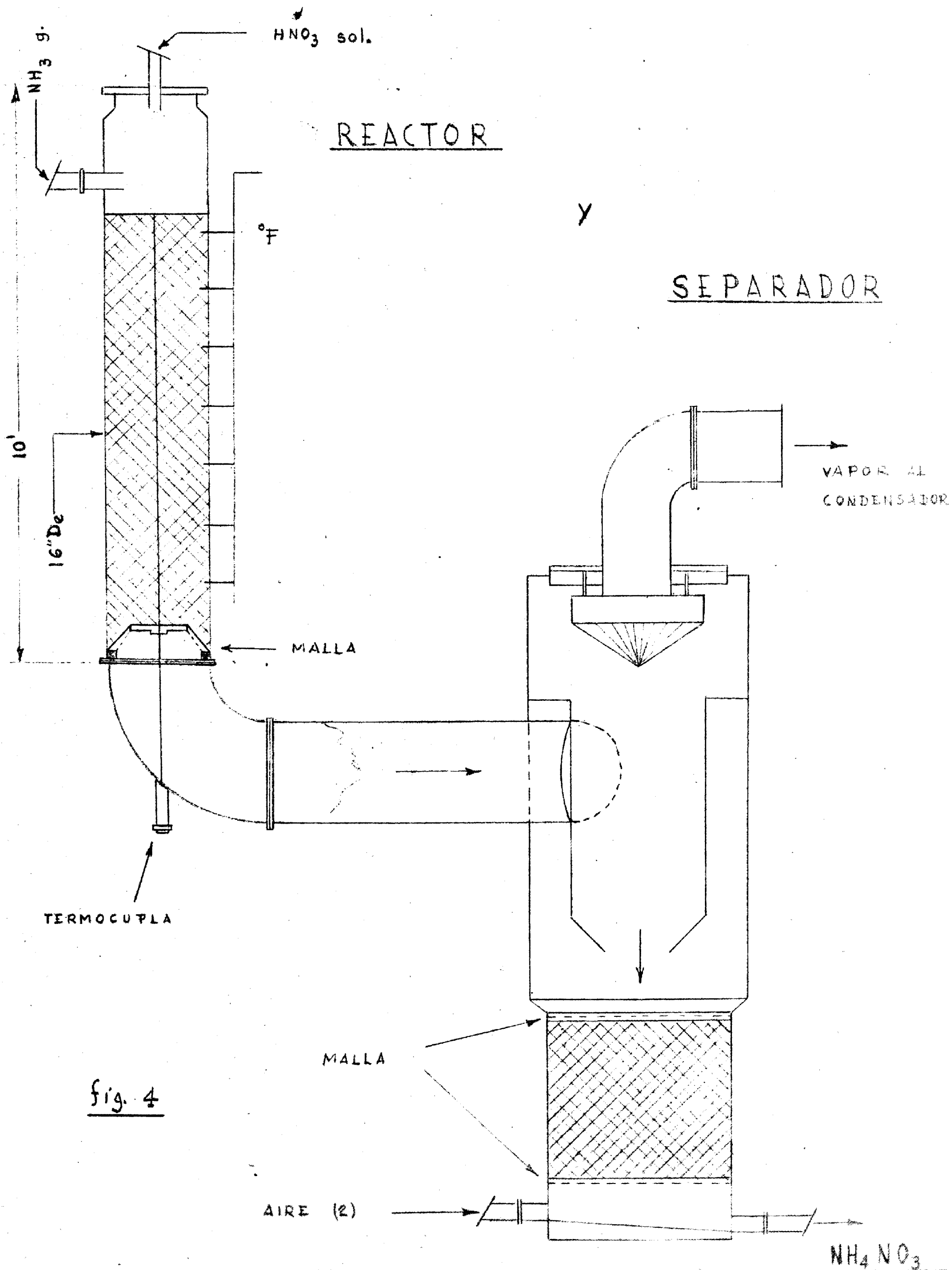
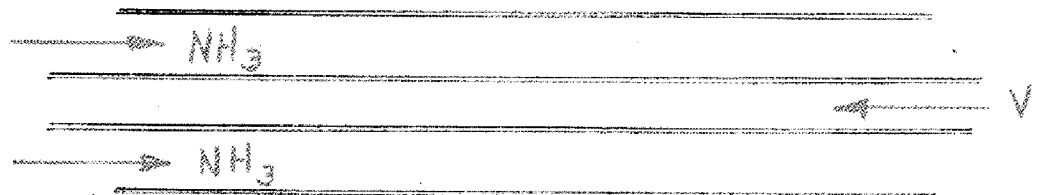
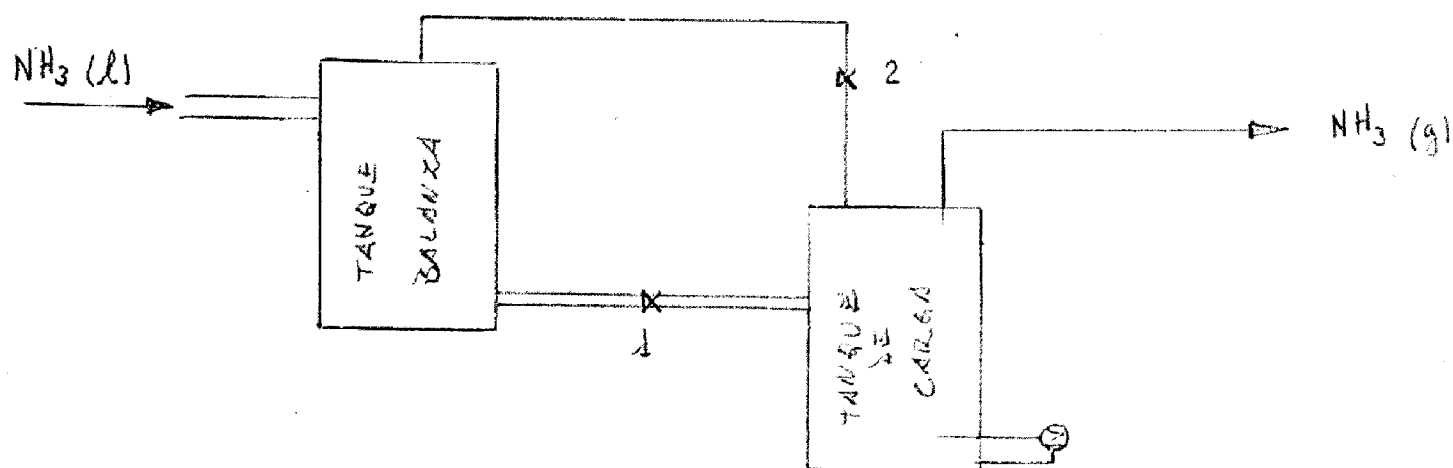


fig. 4

pero habiendo sido pesado con anterioridad en un tanque "pesador" de igual volumen que los nombrados anteriormente, y que sólo tiene por objeto el control de entrada del Amoníaco a la Planta. Los tanques de carga tienen adaptado un rehervidor cuya función consiste en vaporizar el amoníaco que ha de ser enviado al reactor. Estos rehervidores son del tipo intercambiador de calor, en los cuales el amoníaco circula por fuera de los tubos, y el vapor de agua a 150 psia., por dentro de los mismos y en contracorriente. La presión del vapor de agua es controlada por la presión de vapor del amoníaco en el tanque, de donde la presión puede mantenerse a un nivel deseado, que es por lo general 150 psia.



Después que una "carga" es pesada, la diferencia de presión que pueda haber entre el tanque pesador y el tanque de carga, se elimina habriendo la válvula (N°2 en el esquema) en la línea que une las dos cámaras de vapor de los tanques en cuestión.



Luego la "carga" es llevada a los tanques (1) por gravedad. Al caer en la cámara de vapor del tanque de carga condensa y la presión se reduce de la original de 150 libras, a unas 35 lbs. por pulgada cuadrada. Una vez vaporizado el amoníaco se le conduce al reactor.

El ácido nítrico es llevado al tanque de carga de ácido (ver diagrama de flujo), por tuberías de acero inoxidable de unas tres pulgadas de diámetro. De estos tanques, cuyas capacidades veremos más adelante, el ácido nítrico es bombeado a travez de un calentador hasta el reactor.

Primero se le hace pasar por un pre-calentador de acero inoxidable tipo intercambiador, en el que el ácido circula a travez de los tubos y vapor de agua a 150 libras, por la cámara, en contracorriente. El calentador que le sigue es de tántalo, consistente en 3 tubos iguales y en serie; éstos son de tántalo y las "cabezas" son de acero inoxidable reforzado con este metal.

La operación de reparación de estos intercambiadores en el mismo lugar en que se encuentran es sumamente difícil, por lo que se les construye de manera que se puedan remover cada uno de los tubos y remplazarle por otro de acero, lo mismo que las uniones. De esta forma la producción no se detiene, aunque si se reduce en algo.

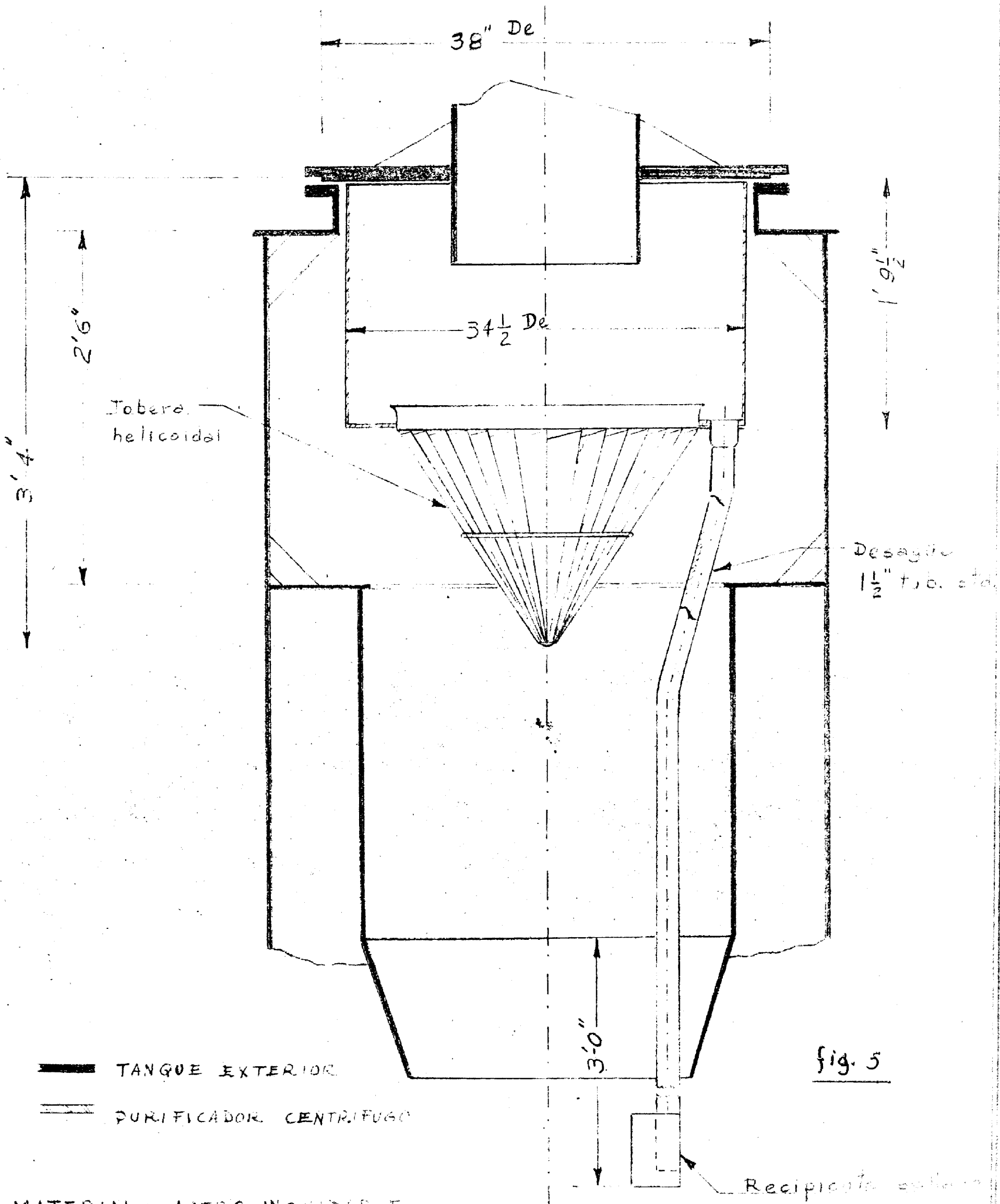
El ácido que sale del calentador es conducido directamente al reactor. Los instrumentos (Rotámetros), controlan el gasto de ácido en proporción al flujo de amoníaco que ingresa al reactor.

Existen buenas razones para el uso de intercambiadores separa-

DIBUJADO POR: J. G. M. I.

FECHA: 5-2-55

PROYECTO DE GRATO PLANTA DE NITRATO DE AMONIO



TANQUE EXTERIOR
 PURIFICADOR CENTRIFUGO

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
 NOTA: NO ESCALA
 PESO EST. 180 lbs.

SEPARADOR CENTRIFUGO

fig. 5

Recipiente colector

dos, y son por cierto de orden económico. A temperaturas por debajo de 200°F el ácido nítrico no es corrosivo del acero inoxidable, por lo tanto este material relativamente barato es satisfactorio para el equipo sometido a temperaturas entre los 85° y 175°F. Para mantener temperaturas que oscilen entre 175° y 290° a 320°F en la cual el ácido atacará el acero inoxidable, el calentador de tántalo, aún cuando es más costoso, deberá ser utilizado.

El vapor de amoníaco que proviene de los tanques de carga pasa a travez de los intercambiadores de calor momentos antes de ingresar al reactor. El primero de estos aparatos sirve para transferir una temperatura constante al gas, haciendo así posible su control por medio del Rotámetro. Este intercambiador es similar al super-calentador por el que pasa el gas amoníaco luego de habersele medido el gasto. En el super-calentador se eleva la temperatura a 290° - 300°F.

Estos dos intercambiadores son horizontales de cámara, y tubos en U ;el gas fluye a travez de la cámara y dentro de los tubos se hace pasar vapor de agua a 150 libras de presión.

Neutralización en el Reactor .-

El ácido nítrico, que puede contener Nitrato de Amonio por la disolución de "finos", se mezcla con el gas amoníaco en el tope del reactor, y es precisamente en este punto que empieza a tener lugar la reacción (a) que citamos con anterioridad.

Una pequeñísima cantidad de exeso de amoníaco se utiliza. El Nitrato de Amonio se forma en pequeñas partículas fundidas (380°F).

El relleno del reactor suministra la superficie de reacción y condensación necesaria para que se logren estos procesos.

Las lecturas del "termocupla" hechas a diferentes niveles, indican la temperatura alcanzada desde más ó menos 400°F en la primera lectura a unos dos piés por debajo del tope del reactor hasta unos 460°F en la última, en el fondo del relleno.

La temperatura en este reactor se controla, por la temperatura a la cual es calentado el ácido. Así, cambiando ésta se obtienen diferentes temperaturas en el reactor.

De el Reactor, el Nitrato de Amonio producido, el vapor de agua y las trazas de amoníaco que pueden existir pasan al Separador.

Este Separador centrífugo colecta la mayor parte del nitrato amónico, el mismo que pasa a travez del relleno hacia la parte inferior del recipiente. La temperatura del nitrato fundido en este punto alcanza los 380° á 400°F, apróximadamente. El aire calentado a 400°F que pasa a travez del rrelleno en contra corriente con la sal de amonio fundida, se lleva gran parte del agua, reduciendo la humedad de más o menos 2% hasta apróximadamente 0.2%.

Este aire se filtra en un filtro relleno, antes de calentarlo. Es de suma importancia que ninguna cantidad por pequeña que sea, de aceite u otras sustancias extrañas sean introducidas juntamente con el aire, desde que las materias conteniendo carbón hacen más seceptible el Nitrato a las explosiones.

El nitrato de amonio que sale por el fondo es conducido a una balanza, para su debido control automático.

Remoción de las Trazas del Nitrato de Amonio en el Vapor .-

Además de la humedad, el aire que deja el Separador centrífugo lleva consigo pequeñas cantidades de nitrato de amonio (la mayor parte de éstas al salir son removidas por el separador y caen al relleno) , pero siempre una pequeña cantidad logra pasar.

La temperatura del vapor que sale del Separador es de 380° á 400° F y forma la cámara del calentador del aire. Después de pasar por el calentador y ceder su calor al aire, el vapor continúa hacia el condensador parcial en el cual las trazas de nitrato y de amoníaco son removidas.

El condensador parcial es un tanque cónico vertical con relleno de anillos Raschig; el vapor entra cerca del fondo y fluye hacia arriba a travez del relleno. Una bomba mueve el líquido desde el fondo del tanque y lo trae nuevamente a la parte superior de donde es distribuido en forma de "lluvia" sobre el relleno .

El vapor de agua condensado se agrega a la solución de recicló en cantidades controladas por un nivel de líquido, en el fondo del condensador. Un control de gravedad específica en la línea de recicló regula el flujo de solución, de tal manera que cuando la concentración del nitrato es lo suficientemente alta, la solución pasa en forma automática al tanque de carga del ácido nítrico.

El vapor pasa del tope del condensador parcial, al fondo del condensador final , igual al anterior, pero sin sistema de recicló. El objeto de este condensador final es de evitar cualquier contra-tiempo por escape de vapor; está conectado a la atmósfera y el condensado se extrae por el fondo.

La corriente de Nitrato de Amonio fundido es dividida en 4

flujos iguales , al salir del tanque pesador, y van a parar a 4 fajas enfriadoras (de lecho de agua) continuas de acero inoxidable. Los obreros estarán con máscaras protectoras en este lugar debido a las emanaciones que son en su mayor parte vapor de agua pero que contienen algo de nitrato, perjudicial para la salud.

Las capas que se obtienen miden $3/32$ de pulgada de espesor y unas 24 pulgadas de ancho. Los cristales que se forman lo hacen orientados perpendicularmente a la faja de acero. De aquí pasa a las "cuchillas" rompedoras de la lámina (ver fig.N° 6) llamadas en inglés "breakers" , que forman los copos de dos pulgadas de diámetro más o menos.

Luego, estos copos son conducidos por un transportador de faja de caucho cuya estructura es de aluminio, hasta el molino de martillos que reduce el tamaño de los mismos.

La operación siguiente consiste en pasar el material por las mallas ó cribas donde se separa el material grueso y se le lleva a la segunda estación de molienda, donde se le somete a la acción de dos molinos rotativos.

Un elevador de capachos, lleva el nitrato de amonio triturado a las cribas vibratoras, que separan el material de 5 á 20 mallas, que es el deseado, y el resto de un mayor tamaño regresa a la segunda estación de molienda; los "finos" se les lleva por medio de un transportador de gusano al tanque de disolución, para luego reempezar toda la operación.

La operación de "ensacado" se discutirá más adelante en detalle atendiéndose a la producción y condiciones de temperatura, la misma que no debe estar por debajo de unos 20°F, mayor que la ambiente.

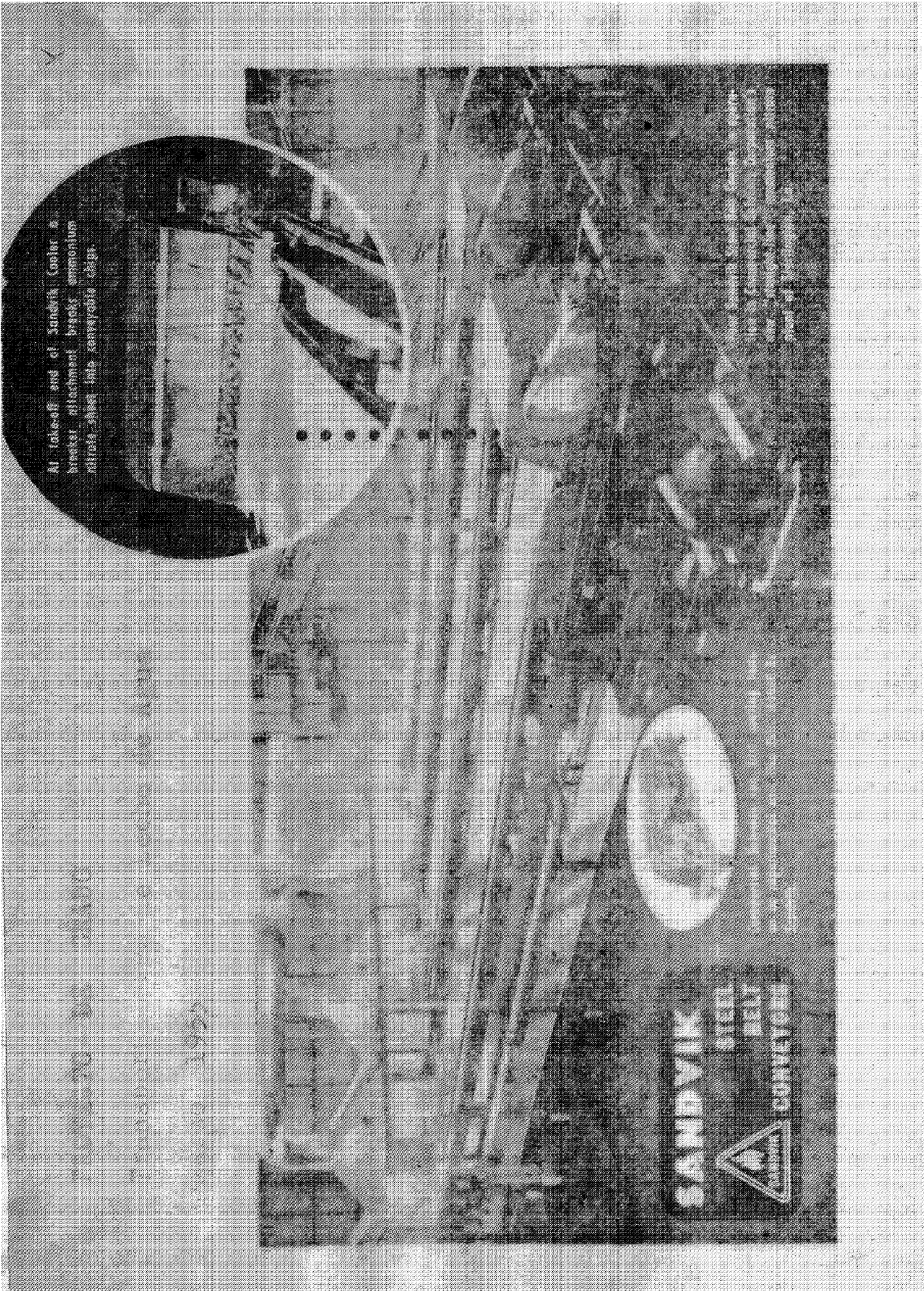


fig. 6

Control del Proceso .-

El proceso descrito necesita un control estricto en cuanto a razón de flujo y temperaturas del gas amoníaco y del ácido nítrico se refiere, lo que hace posible en la práctica acercarse bastante a los balances estequiométricos y termodinámicos teóricos.

La materia prima que se introduce en el reactor se controla en base a razón de flujo, siendo el gasto de amoníaco la variable independiente.

Los medidores en la línea de amoníaco y en la del ácido, se les usa para transmitir señales neumáticas a un panel central de control de flujos.

La temperatura del ácido nítrico se controla (manteniéndola constante) por medio de dos dispositivos electrónicos (termocuplas electrónicas Brown Instruments Div.), uno de los cuales se encuentra en el pre-calentador y el otro en el intercambiador de tántalo.

La temperatura del amoníaco no se controla, dependiendo exclusivamente del diseño del calentador y sus características de transmisión de calor. Esto es perfectamente permisible desde que el calor en la corriente de amoníaco es insignificante comparada con el calor total del sistema.

La seguridad en el proceso está dada por dos factores: a) las pequeñas cantidades de material y el tiempo tan corto que éste permanece en proceso; y b) la precisión con que se lleve el control.

Cualquier anomalía en flujo o temperatura del material en trabajo es inmediatamente indicado en los tableros de control.

Tiempo requerido para poner en marcha el Proceso .-

La facilidad con que se inicia y detiene la marcha en este Proceso es otro factor más en su favor.

En una emergencia de parada general, esta operación no ocupa más de unos cuantos segundos, a mano ó automáticamente.

El flujo de los reactantes simplemente se corta a la entrada al reactor y el material se descarga a las fajas.

En caso de "parada general", la operación se efectúa tan sólo en 15 minutos. Primero se corta el flujo de ácido y luego el de gas amoníaco.

Al proceder de esta forma no se hace sin un fin determinado, ya que al cerrar la llave del amoníaco después que la del ácido, el sistema reactor-separador se purga con amoníaco de tal manera que el equipo queda con una atmósfera no corrosiva, porque el ácido ha sido arrastrado por el amoníaco.

En caso de que el proceso deba cortarse por un período largo (apreciable) de tiempo, todo el sistema se lavará con agua y se introducirá ésta por la línea del ácido.

El período para comenzar el trabajo, incluye el chequeo de todo el equipo mecánico, válvulas, por el operador. Luego se pre-calienta el reactor y el separador a 200°F ó 210°F por medio de vapor de agua que se introduce a travez de 3 entradas: una en el tope del reactor, una en el separador y otra en la parte inferior de éste. Una vez alcanzada la temperatura, se corta la corriente de vapor y el flujo de los reactantes se permite, siempre antes el amoníaco que el ácido.

Hasta que el nitrato de amonio, que deja el separador, alcance su temperatura normal, contendrá un porcentaje muy alto de humedad por lo que se le recicla desde el tanque pesador al tanque de carga del ácido.

Todo esto necesita 30 minutos.

Como complemento a todo lo que queda dicho en este capítulo, veáse el Diagrama de Flujo .

Capítulo VI . BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA DEL PROCESO .

1.- Cálculo de los consumos prácticos de la materia prima .-

Tenemos que todo el proceso en el método que utilizamos para la fabricación del Nitrato de Amonio, está basado en una neutralización tal como se muestra en la siguiente ecuación de reacción:



Y, como queda dicho en páginas anteriores el ácido empleado tiene una concentración de 60% HNO_3 .

Amoniaco : El amoniaco que nos suministra la Planta destinada a su elaboración es anhidro.

Peso molecular 17

Peso molecular del Nitrato 80.03

Y como la combinación es en proporciones equimolares, se tendrá

$$17 : 80.03 = 0.212 \text{ toneladas de amoniaco por cada}$$

tonelada de nitrato de amonio producida; pero como el método recomienda un ligero exeso , más o menos un 0.5% se tendrá :

$$0.212 \neq 0.212 \times 0.005 = 0.21306 \text{ toneladas de}$$

Amoniaco por tonelada de sal producida.

Como la Planta produce 225 toneladas cortas por día de fertilizante, es decir incluida el 3% de agente cubriente se consumirán :

$$22500 : 103 = 218.44$$

0.21306 x 218.44 ton. cortas , las que traducidas
a kilogramos por hora son

$$\frac{0.21306 \times 218.44 \times 907.18}{24} = 1754 \text{ kgs./ hora}$$

Acido Nitrico :

Calculemos primero el consumo que se hace del ácido
en base de 100% HNO₃ .

Peso molecular del ácido 63

$$63 : 80.03 = 0.788 ,$$

o sea que se necesitan 0.788 toneladas de ácido para producir una
tonelada de nitrato.

Como el ácido que utilizamos es 60% HNO₃ , la cantidad necesaria
será :

$$\frac{1.313 \times 218.44 \times 907.18}{24} = 10981 \text{ kilos / hora .}$$

Como ácido 100% HNO₃ :

$$\frac{0.788 \times 218.44 \times 907.18}{24} = 6503 \text{ kilos/ hora .}$$

De donde la cantidad de agua que entra al proceso es de

4478 kilos / hora .

La conversión del ácido es de un 98.2% , de donde las cantidades
reales son :

ácido 60% HNO₃ 11,182 kilos/ hora.

agua que entra 4,662 " " .

Agente cubriente :

Este es un producto a base de Tierra Diato mácea, y se utiliza en un 3% por peso, del total de nitrato de amonio obtenido, de donde se consumirá :

$$\frac{225 \times 0.03 \times 907.18}{24} = 255 \text{ kilos / hora .}$$

Además, se tiene que en el Separador no se logra eliminar todo el vapor de agua, pasando una parte muy pequeña (25 kgs. más o menos) juntamente con el producto.

Tambien, con el vapor y con el aire vá algo de nitrato amónico aproximadamente un 3% que consiste un verdadero reciclo, ya que constantemente estaña en proceso (veáse diagrama cuantitativo de flujo), lo mismo que aquella porción de agua no eliminada en el condensador, y que se descarga en el tanque de ácido.

Por otra parte los "finos" que se disuelven y se almacenan por así decirlo hasta que se tiene la concentración debida :

1615 kilos/ hora, en 3000 galones.

2.- Descripción de algunos aparatos. Cálculos estequiométricos de los mismos : su diseño .-

Entre los principales aparatos ó unidades del equipo utilizado en esta Planta se encuentran :

El REACTOR :

Este Reactor tiene un diámetro exterior de 16 " y una altura de 10 piés.

Está fabricado de planchas de acero de 1/4 y 3/16 de pulgada del tipo 304 ELC inoxidable (bajo contenido de Carbon) .

El relleno que contiene consiste en anillos de acero inoxidable "Raschig" , aunque también puede usarse relleno de vidrio ú otro material.

Su capacidad es de 15,000 kilos/ hora de Nitrato, y espacio suficiente para el vapor de agua que se forma.

Tiene acoplado a toda su altura un termocupla, que registra las temperaturas alcanzadas en un rango de 400° a 460°F .

Este Reactor trabaja con una presión de 50 libras por pulgada cuadrada, manométricas. La carga se hace por la parte superior , y la descarga por la inferior y directamente al tanque del Separador centrífugo.

Los fabricantes de este Reactor en los EE.UU. son Littleford Bros., Inc., Cincinnati, Ohio.

Su construcción se muestra en la fig. N° .

SEPARADOR :

Esta unidad consiste de dos partes, a) el separador propiamente dicho, con un diámetro exterior de 34.5 pulgadas y una altura de 3' 4 " , y b) el tanque dentro del cual vá el separador.

Las dos partes se construyen de acero inoxidable tipo 304 , por la Centrifix Corporation.

Su construcción se dá esquemáticamente en el dibujo de la fig. N° .

FAJAS ENFRIADORAS : ó Transportadores de "Lecho de Agua" :

La función de esta faja, además de la de mover el material de un punto a otro , es la de un intercambiador de calor.

El factor principal por considerar en una operación de calentamiento ó enfriamiento es el tiempo que debe demorar ésta, debiendo ser el mínimo posible en función siempre de la superficie entre los medios por calentar (ó enfriar) y el agente de calentamiento (ó enfriamiento) .

La faja "Sandvik" se fabrica de acero inoxidable y a sus lados corren a la misma velocidad que ella, dos bordes de caucho vulcanizado (a lo largo de la primera sección tan sólo) para evitar q' el material líquido (fundido) se extienda a lo ancho de la faja y salga fuera.

El agente enfriador utilizado es el agua y llega a un tanque por medio de una tubería a la que se le ha perforado una serie de agujeros pequeños (ver esquema) .

Estos tanques están sujetos a "marcos" de metal con el objeto de servir de apoyo a la faja de acero cuando no hay flujo de agua.

Acostumbran los fabricantes a standarizad las dimensiones de estos tanques y hacerlos por lo menos de cuatro cuerpos con el fin de evitar en lo posible la variación del coeficiente de transmisión del calor.

El agua se hace circular en los tanques colocados en serie , por medio de bombas, para luego ir al colector general de desagüe ó a la torre de enfriamiento para usarla nuevamente.

Las dimensiones de estas fajas son :

- Longitud = 40 piés
- Ancho = 32 pulgadas
- Espesor = 0.04 de pulgada

Y, sus dimensiones efectivas son de 36 piés de largo y 31.5 pulgadas de ancho .

Su velocidad es variable entre los 20 y 100 piés por minuto.

El equipo completo consiste en 4 unidades iguales, diseñadas para una capacidad de 3.5 toneladas por hora.

En el extremo opuesto al de carga, cada una de estas unidades tienen un accesorio destinado a "romper" la hoja continua de sal solidificada, antes de ser llevada a los molinos (ver fig. N°). Este aparato consiste en una serie de cuchillas fijas a un eje que gira, rompiendo de esta manera el material en trozos relativamente pequeños . Los extremos por donde se efectúa la carga están protegidos por unas pantallas ó tiros destinados a eliminar las emanaciones de vapor y partículas de nitrato que se desprende por el brusco enfriamiento y que son perjudiciales para los obreros que allí trabajan.

Balance de Energía en estas unidades .-

Se trata de enfriar el nitrato de amonio que sale del reactor en estado de fusión hasta obtenerse una capa continua de sal sólida.

Para los cálculos consideremos una sóla de estas fajas Sandvik , y como base 1 HORA .

temperatura de entrada del nitrato : 400°F
temperatura de salida del nitrato : 165°F
temperatura de fusión del nitrato : 337.2°F
carga : 9,897 kilos.

Calor latente :

$$1460 \text{ cal/mol} \times 9897/80 = \text{calorías}$$
$$= 1'441,000 \text{ kilo-cal.}$$
$$= 5'720,000 \text{ Btu.}$$

Calor sensible al enfriar de 400° al 65°F :

calor específico = 31.8 cal/mol °C

$$q = M \cdot c \cdot (t_1 - t_2)$$

donde :

$$M = 9897000 / 80$$
$$\text{delta } t = 130.5 \text{ °C}$$

$$q = 9897000/80 \times 31.8 \times 130.5 \text{ cal.}$$
$$= 530,000 \text{ kilo-cal.}$$
$$= 2'110,000 \text{ Btu.}$$

O sea un total de 7'830,000 Btu.

Agua de enfriamiento :

el agua entra a 70°F y se considera una gradiente térmica de 70°F .

$$7830000 / 70 = 112,000 \text{ libras de agua}$$

Y, repartido en 4 unidades : 28,000 libras de agua por hora.
= 55.8 gal. / minuto .

Velocidad : 75 p3 / 0.872 p2 = 86 piés/ minuto.

Tanques de almacenamiento del Acido Nítrico :

Se precisan dos tanques verticales para el almacenaje de ácido nítrico , construido íntegramente de acero inoxidable .

La capacidad de cada uno de estos tanques deberá ser de 71,000 galones ; sus dimensiones son de 22 piés de diámetro y una altura de 25 piés.

La tubería será de 3" y también de acero inoxidable .

Tanque de carga del Acido :

Como este tanque ha de contener el ácido a la temperatura ordinaria, también será de acero inoxidable de bajo contenido de carbón (ELC) .

Capacidad :

Este tanque deberá contener 4350 lts. de ácido 100% HNO_3
4650 " " agua
3000 galones de solución de nitrato
0.412 m³. de sal ,

traducido todo este volumen a galones se tiene un total de 5,410 galones , y como este volumen no debe ocupar más de un 40% del total del tanque, la capacidad de éste será: 13,525 galones.

Dimensiones : 8 piés de diámetro y 36 piés de longitud.

Horizontal con dos agitadores accionados por un motor de 1/2 HP .

Tanque de disolución :

En este tanque de acero inoxidable se disuelven los "finos" de nitrato con ácido nítrico, para hacerlo pasar ya en solución nuevamente por todo el proceso al alimentarlo juntamente con el ácido al reactor, constituyendo un verdadero reciclaje en el sistema.

Capacidad : Este tanque deberá tener un volumen capaz de contener 3,000 galones de solución ó sea que su capacidad deberá ser un 50% mayor :

$$3,000 \times 1.50 = 4,500 \text{ galones.}$$

Dimensiones : Horizontal

Longitud ... 21 piés

Diámetro ... 6 "

Y, requiere 1 HP para el sistema de agitación .

Molino GRANULADOR :

La capacidad de este molino es de 8.5 toneladas métricas por hora y está construido íntegramente de acero inoxidable y material anti-corrosivo.

Las cuchillas aplicadas a un rotor son fácilmente removidas y ajustadas. En realidad consta de dos cuerpos iguales tal como lo muestra la fig N° 7 , cada uno de los cuales con su motor.

Características :

- Material de construcción : acero inoxidable , modelo D-1.2 ;
- Un rotor con las "cuchillas" ajustables, del mismo material ;

Chicago 1955

16 100 HP
PARALLEL TANDEM MOUNTING
FITZMILL COMMUNUTORS
TWO END PRODUCTS SIMULTANEOUSLY
OR

DOUBLE CAPACITY
STAINLESS - NON-CORROSIVE - DUSTLESS

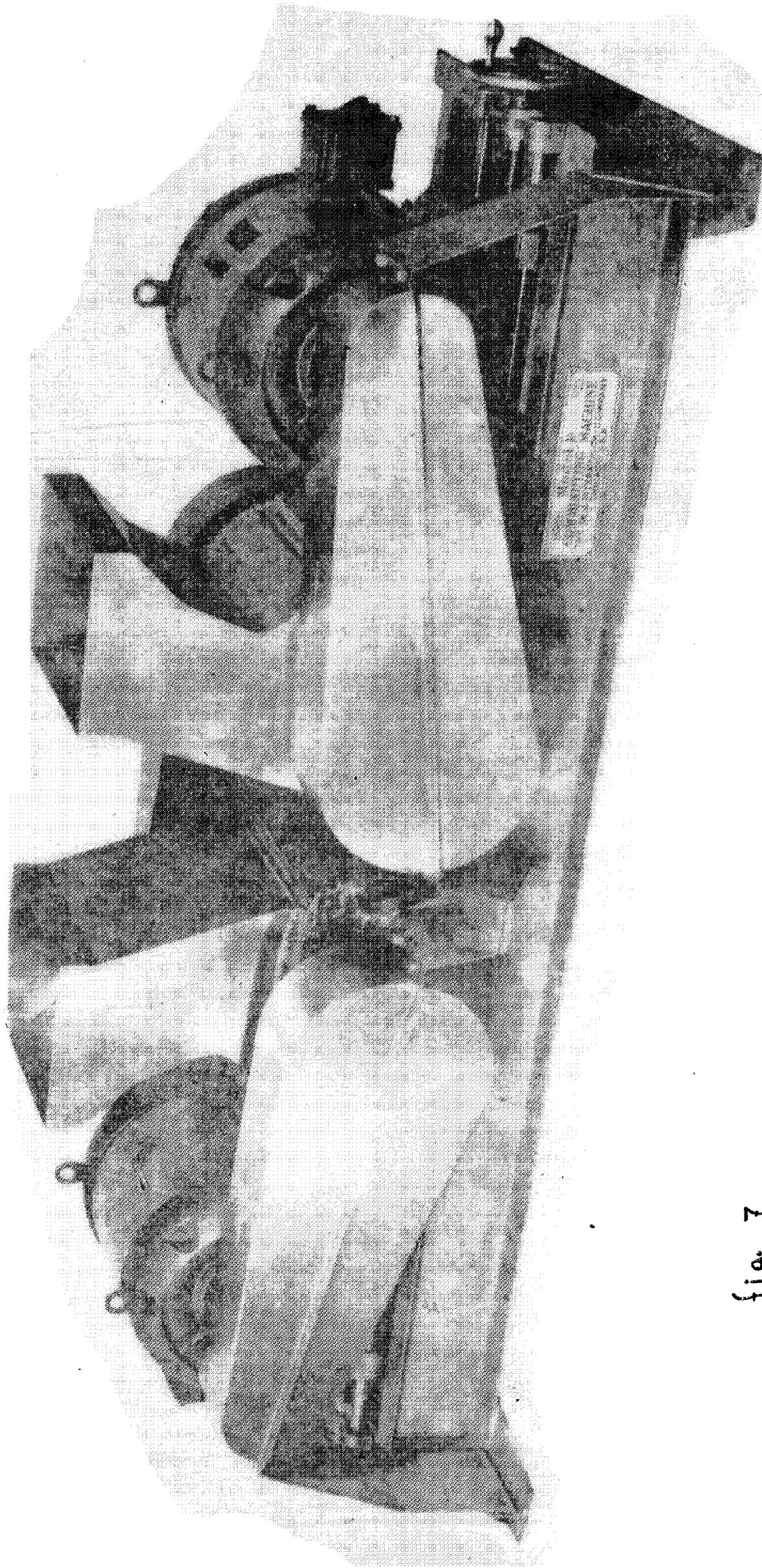


fig. 7

THE W. FITZPATRICK CO. 11 WEST WASHINGTON BOULEVARD CHICAGO 7, ILL. CH 574645 S-2000

— Un motor de 7.5 HP a prueba de explosión , trifásico , 50 ciclos , 220/440 volts y 1,500 R.P.M.

Su construcción dimensional aparece en el dibujo a escala de esta máquina.

Cálculo del Condensador final :

El tipo escogido por su eficiencia de trabajo y sencillez de construcción es el de contacto directo en contra-corriente y barométrico .

El vacío lo produce una bomba de vapor reciprocante y la altura mínima del tubo de la columna barométrica será de 10 m. 40 cms. sobre el nivel del pozo del condensado .

Datos asumidos .-

W = libras/ hora de vapor por condensar

L = calor latente del vapor a la temperatura de saturación del vapor = 1,022 Btu/ lb.

H_1 = entalpía del agua líquida a la temperatura de saturación

$$t_0 - 32 = 125.4 - 32 = 93.4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= 93.4 \text{ Btu/ lb.}$$

H_2 = entalpía del condensado que sale á 100°F ,

$$t_1 - 32 = 100 - 32 = 68.0 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= 68.0 \text{ Btu/ lb.}$$

Q = agua de enfriamiento en libras/ hora

t_e = temperatura de entrada del agua de enfriamiento 65°F

t_s = temperatura de salida del condensado

$$W (L) \neq W (H_1 - H_2) = Q (t_s - t_e)$$

de donde despejando Q, nos queda :

$$Q = \frac{W \times L \neq W (H_1 - H_2)}{t_s - t_e} \quad (\text{Perry pp.521})$$

y reemplazando valores ,

$$Q = \frac{9,810 (1,022 - 25.4)}{100 - 65} = 295,000 \text{ lbs./ hora}$$

que equivalen a 590 gal6nes por minuto de agua de enfriamiento.

Esta agua cae sobre un anillo 6 mejor dicho sobre un disco circular produciendo un chorro de id6ntica forma que al caer sobre un anillo origina una buena superficie de contacto.

Hay tres discos de estos, unos debajo de otros.

Desplazamiento volum6trico de la bomba :

Seg6n la f6rmula de Perry pp. 521 .

Este c6lculo complementa el anterior y se hace de acuerdo 6 la siguiente f6rmula :

$$V_{pc} = \frac{ \left[V_e \left(\frac{460 \neq t_{oc}}{460 \neq t_o} \right) \neq V_w \left(\frac{460 \neq t_{oc}}{460 \neq 60} \right) \times \frac{762}{P} \right] \times \frac{P}{p_{ac}} }{60}$$

en pi6s c6bicos por minuto .

Donde :

$$a_e = \text{porcentaje en vol6men del aire en el vapor} = 0.2\%$$

$$V_e = \frac{a_e W V_s}{100} \quad \text{volumen de aire que entra al condensador medido á } t_0 \text{ y } P, \text{ en PC/hora.}$$

V_s = volumen específico del vapor en PC/ lb.

W = vapor de agua condensado en lbs./ hora .

P = presión total en el condensador expresada en mm.de Hg.

t_{ac} = temperatura del aire que sale del condensador ,

p_{ac} = presión parcial del aire, en el saturado de humedad que aspira la bomba de vacío, en mm.de Hg.

Por otro lado nosotros conocemos el volumen de aire que entra al condensador 20.50 m³. / hora medido a las condiciones satandard; y que reduciéndolo a las nuevas condiciones de t_0 y P , se tendrá :

$$\frac{p_1 v_1}{p_2 v_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$v_2 = \frac{p_1 v_1 T_2}{p_2 T_1}$$

y reemplazando valores :

$$v_2 = \frac{730 \times 760 \times 585.4}{101.4 \times 492} = 6,600 \text{ PC/ hora}$$

que traducidos por minuto serán : 396,000 PC/ min.

Reemplazando valores en la fórmula general y resolviendo :

$$V_{pc} = \frac{440,000}{60} = 7,330 \text{ PC/ min.}$$

que es el desplazamiento volumétrico de la bomba de vacío .

— Se ha asumido que el agua de enfriamiento lleva 2% de aire en solución medido a 60°F y 30" Hg :

$$V_w = \frac{295,000}{62.4} \times 0.02 = 94.5 \text{ PC}$$

que es el volumen de este aire .

Ventilador para el Aire al Separador :

En el diagrama de flujo ,

aparece con el N° 29 .

— Tipo : rotativo

— Gasto: 1,500 kilos/ hora

— Volumen específico del aire : 0.82 m³/ kilo

Capacidad : 1,500 x 0.82 x 1/60 = 20.50 m³ / min.

lo que requiere una potencia de 15 HP según los fabricantes .-

Ventilador para el aire a la tolva del agente cubriente :

En el diagrama de flujo marcado con el N° 30 .

— Tipo : rotativo

— Gasto : 1,000 kg./ hora

— Volumen específico del aire : 0.82 m³ / kg.

Capacidad : 1000 x 0.82 x 1/60 = 13.60 m³/ min. , requerien-

do una potencia de 8 HP .-

TRANSPORTADORES .

A.- Para transportar el Nitrato de Amonio al Molino granulador ,
N° 10 en el Diagrama de flujo.-

- Capacidad : 9,907 kilos/ hora
- Distancia por rrecorrer : 30 piés
- Gravedad específica : 1.725
- Ancho de la faja : 36 pulgadas
- Volumen : $9907 \times 1/1.725 = 5.75 \text{ m}^3$
- Potencia : 2 HP

B.- Para llevar el agente cubriente .-

Tipo : faja de lona

Capacidad : 8,512.5 kilos / hora

Longitud : 45 piés

Angulo de inclinación : Horizontal

Ancho de la faja : 24 pulgadas

Velocidad : 40 piés / min.

Potencia : $HP = TPH \times C (0.002H \ / \ 0.001Y)$

$TPH = 8.5125 \text{ ton/ hr.}$

$C = 2$

$H = 45 \text{ piés}$

$Y = \text{diferencia de alturas} = 0.00$

de donde :

$HP = 8.5125 \times 0.18 = \text{aprox. } 1.54$

o sea en la práctica 2 HP.

C.- Transportador de Gusano para llevar los "finos" hasta el tanque de disolución .-

Capacidad : 1,615 kilos / hora .

Longitud : 100 piés

Cálculo de la Potencia : Según Perry .-

$$HP = \frac{C L W F}{33000} = \frac{34 \times 100 \times 30 \times 0.4}{33000} = 1.23$$

donde $F = 0.4$

$C = 34$

$L = 100'$

La eficiencia de estos transportadores es de 90%, luego

$$1.23 : 0.9 = 1.36$$

y como este valor es menor que 2 , lo multiplicamos por este número :

$$1.36 \times 2 = 2.72$$

O sea que en la práctica se necesitan 3 HP .

Velocidad : 50 R.P.M.

Diámetro del transportador : 14 pulgadas .

D.- Elevador de Cangilones .-

Se usa para elevar el material que sale del granulador , a las cribas ó mallas .-

Capacidad : 9,907 kilos/ hora .

Distancia perpendicular ó altura : 24 piés

Cálculo de la Potencia :

$$\text{HP} = \frac{(\text{tons.por hora} \times 2) \times 24}{1000}$$

de donde reemplazando valores se tiene ,

$$\text{HP} = \frac{20 \times 24}{1000} = 0.480$$

$$0.480 \times 2 = 0.96$$

o sea, que se necesitan 1 HP .

Velocidad y capacidad : 10 tons./hora.

Cálculo de dos Intercambiadores de Calor .-

1) Calentador de ácido nítrico :

En este intercambiador construido íntegramente de acero inoxidable, se eleva la temperatura del ácido de 80°F á 175°F .

$$q = U.A.dt_m$$

Calor transferido q :

Base 1 hora .

$$q = M.c.dt$$

$$c = 0.640 \text{ cal/mol } ^\circ\text{C}$$

$$M = 10980 \text{ kilos}$$

$$dt = 50^\circ\text{C}$$

de donde reemplazando valores y resolviendo la ecuación se obtiene ,

$$\begin{aligned} q &= 10980000 \times 0.64 \times 50 \\ &= 351680000 \text{ cal.} \\ &= 35,100 \text{ kilo-cal.} \\ &= 139,000 \text{ Btu.} \end{aligned}$$

Coefficiente total de transmisión de calor U :

Por falta de datos experimentales exactos no es posible calcular este coeficiente para el ácido nítrico, por lo que haciendo caso de las indicaciones de los fabricantes de esta clase de equipo se ha tomado $U = 200$.

Caída media logarítmica de temperatura :

$$dt_m = \frac{dt_1 - dt_2}{\ln \frac{dt_1}{dt_2}}$$

reemplazando valores ,

$$dt_1 = 366 - 175 = 191$$

$$dt_2 = 212 - 80 = 132$$

$$dt_m = \frac{191 - 132}{2.3 \log 1.44} = \frac{59}{2.3 \times 0.6} = 42.8$$

Superficie de calentamiento :

$$A = \frac{q}{U \cdot dt_m}$$
$$= \frac{139000}{200 \times 42.8} = 16.5 \text{ p}^2$$

2) Super-calentador de ácido nítrico :

Este intercambiador es de tántalo, y en el se eleva la temperatura del ácido de 175°F hasta 320 °F .

— Usando la misma ecuación que en el caso anterior y el mismo coeficiente U, de transmisión de calor.

Calor transferido :

$$q = M \cdot c \cdot dt$$

$$M = 10980 \text{ kilos}$$

$$c = 0.640 \text{ cal / gr.}^\circ\text{C} \text{ , usaremos este mismo valor para}$$

el calor específico, porque el aumento es muy pequeño con el incremento de temperatura, y en relación con los otros términos de la ecuación su intervención no es definitiva de ningún modo.

$$\begin{aligned} q &= 10980000 \times 0.64 \times 81 \\ &= 568000000 \text{ cal.} \\ &= 568000 \text{ kilo-cal.} \\ &= 2'250,000 \text{ Btu.} \end{aligned}$$

Caída media logarítmica de temperatura :

$$dt_m = \frac{dt_1 - dt_2}{\ln \frac{dt_1}{dt_2}}$$

$$dt_1 = 366 - 320 = 46$$

$$dt_2 = 212 - 175 = 37$$

$$dt_m = \frac{9}{2.3 \times 0.095} = 41$$

Superficie de calentamiento :

$$A = 2250000 : (200 \times 41) = 275 \text{ p}^2 \text{ .}$$

Bombas :

- 1.- Para el sistema de reciclo del ácido
Capacidad : 10 G.P.M.
Gravedad específica : 1.502
Potencia : 1/2 HP
Unidades : 2 , (1 de repuesto)

- 2.- Para el ácido, del tanque de carga al reactor
Capacidad : 40.7 G.P.M.
Carga máxima : 20 mts.
Gravedad específica : 1.702
Potencia : 3 HP
Unidades : 2 , (1 de repuesto)

- 3.- Para ácido, entre los dos calentadores
Capacidad : 40.7 G.P.M.
Carga máxima : 12 mts.
Gravedad específica : 1.702
Potencia : 3 HP
Unidades : 2 , (1 de repuesto)

- 4.- Para el condensado
Capacidad : 4,154 lts.por Hora
Carga máxima : 15 mts.
Gravedad específica : 1.00
Potencia : 1/2 HP
Unidades : 3 en trabajo y 2 de repuesto .

5.- Para el agua de enfriamiento

Capacidad : 12,000 lts. por hora

Carga máxima : 25 mts.

Potencia : 2 HP

Unidades : 6 , (2 de repuesto)

6.- Agua a los condensadores

Capacidad : 5,000 lts. por hora

Carga máxima : 15 mts.

Potencia : 1/2 HP

Unidades : 6 , (3 de repuesto)

3.- Cálculo de los Calores absorbidos y disipados .-

A continuación se hace un cálculo de todo el calor que aparece durante el proceso, tanto el absorbido como aquel que es necesario disipar .

a) Calor necesario para elevar la temperatura del Amoníaco :

Base : 1 hora

Teperatura final del Amoníaco : 255°F

Hacemos uso de la ecuación , $q = M \cdot cp \cdot dt$

en la cual : $q =$ cantidad de calor en calorías

$M =$ gramo-mol

$dt =$ diferencia de temperaturas en °C

$$\begin{aligned} cp &= 6.7 + 0.00630 T \\ &= 6.7 + 0.00630 \times 328 \\ &= 8.7 \text{ cal/mol } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

de donde reemplazando ,

$$\begin{aligned} q &= \frac{1755000}{17} \times 8.7 \times 116 \\ &= 104\,000\,000 \text{ cal.} \\ &= 104,000 \text{ kilo-cal.} \end{aligned}$$

b) Calor necesario para elevar la temperatura del ácido nítrico :

Base : 1 hora

la. etapa : intercambiador de acero inoxidable : á 175°F

Al igual que en los cálculos anteriores usamos la ecuación :

$$q = M. cp. dt$$

$$M = \underline{10980000} \text{ grms.}$$

$$cp = 0.64 \text{ Cal./grm.}^{\circ}\text{C}$$

$$dt = 50.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

reemplazando ,

$$q = 10980000 \times 0.64 \times 50$$

efectuando operaciones ,

$$q = 35100000 \text{ cal.}$$

$$q = 35,100 \text{ kilo-cal.}$$

c) Calor necesario para elevar la temperatura del ácido nítrico :

Base : 1 hora .

2a. etapa : intercambiador de tántalo : á 320 °F

$$M = 10980000 \text{ grms.}$$

$cp = 0.64 \text{ Cal./grm.}^{\circ}\text{C}$, usamos este mismo valor , porque su aumento es muy pequeño con el incremento de temperatura, y es un valor bajo comparado con los otros términos de la ecuación .

$$dt = 81 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

reemplazando y efectuando operaciones ,

$$\begin{aligned} q &= 10980000 \times 0.64 \times 81 \\ &= 568'000,000 \text{ cal.} \\ &= 568,000 \text{ kilo-cal.} \end{aligned}$$

d) Para elevar la temperatura del Nitrato de Amonio :

Base : 1 hora .

Temperatura final : 320 °F

$$M = \frac{1920000}{80} \text{ grm-mol}$$

cp= 31.8 Cal./ mol °C

dt= 130 °C

reemplazando términos ,

$$q = \frac{1920000}{80} \times 31.8 \times 130$$

y efectuando operaciones ,

$$q = 99600000 \text{ cal.}$$

$$q = 99,600 \text{ kilo-cal.}$$

TOTAL CALOR REQUERIDO : Q = 806,700 kilo-cal. / hora .

$$= 3'202,000 \text{ Btu / hora .}$$

Calor disipado en los Transportadores Sandvik (de lecho de agua):

Material : Nitrato de amonio

Gradiente térmica : de 400°F á 165°F

Punto de fusión : 337.2 °F

Base : 1 hora .

9,897 kilos de nitrato de amonio .

Calor latente L :

$$\begin{aligned} L &= 1460 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \times \frac{9897000}{80} \text{ mol} \\ &= 1'441,000 \text{ kilo-cal.} \\ &= 5'720,000 \text{ Btu.} \end{aligned}$$

Calor sensible q, de 400°F á 165°F :

$$q = M. cp. dt.$$

$$M = \frac{9897000}{80} \text{ moles}$$

$$cp = 31.8 \text{ Cal./mol } ^\circ\text{C}$$

$$dt = 130.5^\circ\text{C}$$

reemplazando y efectuando operaciones ,

$$\begin{aligned} q &= \frac{9897000}{80} \times 31.8 \times 130.5 \text{ cal.} \\ &= 530,000 \text{ kilo-cal.} \\ &= 2'110,000 \text{ Btu.} \end{aligned}$$

Total del calor disipado en los transportadores Sandvik :

$$Q = L \cdot q$$

$$Q = 5'720,000 \cdot 2'110,000$$

$$Q = 7'830,000 \text{ Btu. por hora .}$$

El resto de calor que se disipa, parte se utiliza en el calentamiento del aire, mediante un banco de tubos de vapor, vapor que no es otro que aquel obtenido mediante el calor de reacción dentro del reactor tubular , al evaporar el agua que ingresa junto con el ácido nítrico. Lo demás se elimina en los condensadores .

4.- Consumo de Vapor .-

La planta consume vapor para el calentamiento del Amoníaco y del ácido nítrico 60% HNO_3 . Según hemos visto en la pp. 70 , bajo el Sub-título de Calores absorbidos, vemos que este valor es de 3'202,000 Btu.por hora ; veremos pues entonces que cantidad de vapor á 150 psi. , necesitamos para suministrar este calor .

- Calor latente de vaporización del vapor á 150 psi :

en las tablas de vapor interpolamos para esta presión entre los valores de presión más cercanos, obteniendo L (calor lat.) , igual á 856.5 Btu. por libra .

Con este valor entonces ,

$$M = \frac{3'202,000}{856.5}$$
$$= 3,750 \text{ libras de vapor por hora .}$$

Capacidad del Caldero : sus características :

Potencia.-

Se tiene que 1 BHP equivale a 33,479 Btu./hora ,
(según Perry) por lo que :

$$HP = \frac{3'202,000}{33,479} = 96$$

y como los calderos tienen una eficiencia de 80% , la potencia será :

$$HP = 96 : 0.8 = 120$$

Superficie de calentamiento.-

Para calcular esta superficie de calentamiento que deberá tener el caldero, hacemos uso de la siguiente ecuación :

$$S = HP \times 10$$
$$= 120 \times 10$$
$$= 1,200 \text{ piés cuadrados .}$$

Tipo : tubos de agua , automático Steam Pack Model S .

Combustible : Gas Seco ó Talara fuel gas (derivado del Petróleo)

Consumo de Combustible .-

Capacidad calorífica :

Partiendo del análisis de este gas , da -
do en la pp. 23 ,Cap.III aparte N° 1 , se procede según el método
de Perry pp.1583 ,

C1	....	1013.2	x 0.8446	=	856.579
C2	....	1792	x 0.0751	=	134.579
C3	....	2590	x 0.0411	=	106.190
iC4	....	3363	x 0.0100	=	33.630
nC4	....	3370	x 0.0078	=	26.286
nC5	....	4016	x 0.0012	=	4.819
CO2	....	...	0.0041	=	-- --
O2	....	...	0.0034	=	-- --
N2	....	...	0.0127	=	-- ----

1,161.9 Btu. por pié cúbico

á 60°F y 30 pulgadas de mercurio .

Hemos visto que se necesitan 3'202,000 Btu. por hora ,

luego se utilizarán $\frac{3'202,000}{1,161.9} = 2,760$ piés cúbicos de

"gas seco" por hora .

Consumo diario : 2,760 x 24 = 66,240 piés cúbicos, medidos
á 60°F y 30" Hg.

Exeso de aire : se usa el 10% ó sean 6,624 PC / día á las mis-
mas condiciones de presión y temperatura.

5.- Cálculo del agua de enfriamiento .-

Las necesidades de agua de enfriamiento en nuestra Planta están dadas por el consumo que se hace en las fajas enfriadoras Sandvik de lecho de agua , para solidificar y enfriar el Nitrato de Amonio que se obtiene en estado de fusión en el reactor .

Ya se ha calculado con anterioridad la cantidad de calor que es necesario disipar en estas unidades, para solidificar y enfriar este nitrato , de 400°F á 165°F (pp. 73) .

Ese valor es 2'110,000 Btu. por hora / 5'720,000 Btu. por hora
= 7'830,000 Btu/hora

- temperatura de entrada del agua : 70°F

- temperatura de salida del agua : 140°F

Como se puede apreciar hemos supuesto una gradiente térmica de 70°F que es bastante aceptable en la práctica.

Se tiene pues : 140 - 70 = 70 Btu. / libra

de donde ,

$$\frac{7'830,000}{70} = 112,000 \text{ libras de agua por hora.}$$

Como son 4 las fajas se tendrá por cada una :

$$112,000 : 4 = 28,000 \text{ lbs/hr.}$$

ó lo que es igual , 28,000 : 60 = 466.66 lbs./min.

ó tambien , 55.8 galones / min.

Velocidad del Agua en las fajas :

- Sección transversal del tanque : 0.872 piés cuadrados
- Volumen de agua : $2800 \times 1/60 \times 0.016 = 75 \text{ P.C./min.}$

$$\text{Velocidad} = \frac{75}{0.872} = 86 \text{ piés por minuto .}$$

Consumo de Agua en el Condensador para los vapores de los Inter -
cambiadores :

- La cantidad de agua de refrigeración que deberá pasar por el condensador por hora, la obtendremos por medio de un balance de calor .

Disponemos de agua á 70°F , y asumimos que ha de salir á unos 130°F .

Libras de vapor por hora : 1,192

Temperatura de entrada : 212°F

Temperatura de salida : 130°F

Temperatura de entrada del agua : 70°F

Temperatura de salida del agua : 130°F

Libras por hora de Agua de refrigeración = W

Calor que entregan los vapores :

$$(1,192 \times 970.2) \quad / \quad (1,192) (212 - 130)$$

Calor que sale con el agua de refrigeración :

$$W(130 - 70) = 60 W$$

Y, formando la ecuación del Balance de Calor :

" Calor que entra = Calor que sale " ,
se tendrá,

$$60W = 1,192(970.2 / 82)$$

$$W = 20,800 \text{ libras por hora}$$

y expresado este gasto en G.P.M. :

$$W = 41.8 \text{ G.P.M.}$$

Torre de Enfriamiento :

Tipo : atmosférica, ventilación natural, de madera .

Servirá para enfriar de 95°F á 70° ó 65°F .

Altura : 35 piés .

Concentración del agua : 2 galon./min. p² de sección transversal

Temperatura Bulbo mojado = 70°F

Cantidad de agua por enfriar : 250 G.P.M./

T₁ - T₂ = 15 á 20°F

Longitud de la torre : 26 piés

Ancho : 12 piés .

Bomba de alimentación :

Tipo : centrífuga

Capacidad : 250 G.P.M.

Carga máxima : 14 mts.

Potencia del motor : 5 HP

Unidades 2 , (1 de repuesto)

Consumo total de Agua .-

- Para la producción del vapor : 3,750 lbs./ hora , más el 10% por pérdidas = 4,125 libras por hora .
 - Para el agua de enfriamiento :
 - En los condensadores , 315,800 lbs./ hora
 - En las fajas Sandvik , 112,000 lbs./ hora
 - Otros fines : 15%
- TOTAL : 495,792 libras por hora .

6.- Fuerza Motriz . Resumen de las Potencias requeridas .-

El consumo de fuerza motriz está dado por el gasto de energía eléctrica que tiene lugar en la Planta, y debido íntegramente a los motores, instrumentos y alumbrado.

Este consumo, no es muy grande en una Planta de Nitrato de Amonio, pudiendo repartirse de la forma siguiente :

- Para los motores, la suma de sus potencias ;
- Para la instrumentación el 7% del valor anterior ; y,
- Para el alumbrado de la Planta, oficinas, almacenes, etc., el 20% del mismo valor.

A continuación un resumen de las Potencias requeridas :

- Separador centrífugo 25 HP
- Fajas enfriadoras 16 "
- Motores para agitadores 1.5 "
- Molino granulador 7.5"

		vienen	50.0 HP
-Molino granulador (b)	7.5	HP	
- Molino secundario	12.0	"	
- Ventiladores de aire	23.0	"	
Transportadores	8.0	"	
- Bombas	29.5	"	
- Alimentadora del caldero	12.0	"	
- Alimentadoras de la T.de Enfr.,.....	10.0	"	
- En la Planta de agua	18.0	"	
- Mezclador	28.5	"	
- Otros que no ha sido posible discriminar,	30.0	"	
	<hr/>		
	178.5		
	<hr/>		
			228.5 HP

- 7% para instrumentación : 16 HP
- 20% para alumbrado : 46 HP

TOTAL ; 290.5 HP-hora , pero en la Planta se trabaja las 24 horas del día, de donde se tendrá :

$$290.5 \times 24 = 6,972 \text{ HP-Hr.}$$

que traducido a KW-Hr, serán : 4,880 KW-Hr.

---)) ---

Capítulo VII : DESCRIPCION DEL PROCESO QUIMICO .

El proceso químico de la fabricación del Nitrato de Amonio por la neutralización del ácido Nítrico mediante el gas Amoníaco anhidro, puede expresarse satisfactoriamente por la siguiente ecuación de reacción :



Esta reacción, depende de la concentración del ácido utilizado y de ninguna manera del amoníaco, que es en este caso la variable independiente, motivo por el cual utilizamos en la práctica un ligero exceso.

La constante de equilibrio de esta reacción la podemos encontrar en términos numéricos, según los cálculos a continuación :

- Utilizaremos el método de las entalpías de formación .

Entalpías de formación :

Acido Nítrico, 60% HNO ₃	.....	6,800 cal./gr-mol	
Amoníaco (g)	.....	11,000	" "
Nitrato de Amonio (c)	.....	87,130	" "

Y, en la ecuación de entalpías :

$$dF = \text{Suma de } dF_f \text{ productos} - \text{Suma de } dF_f \text{ reactantes}$$

se tendrá :

$$dF = - 8,7130 - (- 17,800)$$

$$\Delta F = - 69,330 \text{ Cal.}$$

$$69,330 = R.T.\ln K$$

T : en °K é igual a 441, que es a la temperatura a la cual se lleva a cabo la reacción.

$$\log K = \frac{69330}{4.58 T} = 3.6$$

$$K = 3.97 \times 10^3, \text{ que es el valor de la}$$

constante de equilibrio .

Ahora bien, obtenido este valor para la constante de equilibrio podemos encontrar el porcentaje de conversión que se obtiene al usar un ácido 60% HNO₃ :

Base : 1 mol de HNO₃ cargado .

$$K = \frac{a_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}{(a_{\text{NO}_3\text{H}})(a_{\text{NH}_3})} \dots\dots\dots(1)$$

$$a_{\text{NH}_3} = 1$$

Se forman x moles de nitrato ; con lo que se han convertido 1-x moles de ácido.

En la ecuación (1) ,

$$3.97(10^3) = \frac{x}{1-x} \cdot 1 \text{ at} = \frac{x}{1-x}$$

de donde resolviendo se obtiene aproximadamente $x = 1.0$

que nos indica que la conversión del ácido nítrico en base 100% HNO_3 , pero usando una solución al 60%, es de un 100%; en la práctica se obtiene un rendimiento de 99.0%.-

Calor de reacción :

El calor que envuelve esta reacción y que se pone de manifiesto en el reactor tubular, es utilizado para evaporar el agua que se produce durante la neutralización, vapor este que servirá a su vez para calentar el aire, antes de ser condensado .

La reacción tiene lugar a una determinada temperatura en nuestro caso, por lo que el calor de reacción lo calculamos en base a un balance de calor tal como el siguiente :

" Calor que entra = calor que sale "

Calor que entra :

1. Suma de calores sensibles y latentes de los reactantes .
2. Energía que proviene de fuentes externas .
3. Calores á 18°C , de todas las reacciones envueltas .

Calor que sale :

1. Suma de los calores sensibles y latentes de los productos .
2. Energía usada para otros fines fuera del sistema (calentamiento, trabajo mecánico, pérdidas por radiación, etc.) .

Base : 1 mol de Nitrato de Amonio formado .

Calor que entra :

1. a) Calor sensible del NH_3 , de 18°C á 121°C (255°F) :

usaremos la expresión $q = M \cdot cp \cdot dt$, en el lugar de la debida $q = (M \cdot cp_2 \cdot t_2) - (M \cdot cp_1 \cdot t_1)$ en la cual cp_1 está tomado á 18°C y cp_2 á 121°C . La variación es tan pequeña que no afectará nuestros cálculos.

$$\begin{aligned} cp_m &= (6.7 + 0.00630 T + 6.7) 0.5 \\ &= 7.70 \text{ Cal./mol } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

de donde ,

$$\begin{aligned} q &= 17 \times 7.7 \times 103 \\ &= 13,500 \text{ cal.} \end{aligned}$$

- b) Calor sensible con el ácido 60% HNO_3 , de 18°C á 160°C :

$$\begin{aligned} q &= M \cdot cp \cdot dt \\ &= 63 \times 0.64 \times 142 \\ &= 5,700 \text{ cal.} \end{aligned}$$

- c) Calor latente del ácido 60% HNO_3 : 7,280 cal.

2. No existe, por lo tanto su valor será 0 .

3. a) Calor de solución del ácido : 4,160 cal.

b) dH del Nitrato á 18°C : 22,600 cal

Calor total que entra : 53,240 Cal.

Calor que sale :

1. a) Sensible con el Nitrato de Amonio, de 18° á 216°C :

$$q = M \cdot cp \cdot dt$$

$$= 80 \times 31.8 \times 198$$

$$= 502,000 \text{ cal.}$$

b) Calor latente de fusión del nitrato : 1,460 cal.

2. a) Por radiación y otros : 0

b) Calor que nos queda con el agua evaporada y que usaremos para calentar aire á 400°F por medio de un banco de tubos : dH'

Total calor que sale : 503,460 / dH' cal.

De donde :

$$53,240 = 503,460 / dH'$$

$$dH' = 450,220 \text{ cal.}$$

$$= 450.22 \text{ kilo-cal. por cada mol de}$$

Nitrato de Amonio producido .

El Nitrato de Amonio así producido, tiene las siguientes características :

Pmolecular : 80.05

Sp. gr. : 1.72 á 15°C

Punto de fusión : 169.6 °C

Humedad : 0.4 % como máximo ; 3% de agente cubrien^{te}

Capítulo VIII . ESTUDIO ECONOMICO .

En este capítulo, que es en realidad el que trata sobre las posibilidades de esta industria, se ha querido incluir el mayor detalle posible para así darle la exactitud que un proyecto industrial exige.

Sin embargo la falta de datos precisos para tal estudio, ha hecho que aproximemos a nuestra realidad cotizaciones de otros países y de no mucho tiempo atrás .

1.- Costo de instalación .-

A. Inmueble : -

Terreno :

Dimensiones , 150 mts. x 175 mts. = 26,250 m².

Características, normal, plano, cerca de alambre .

Precio unitario, Cinco soles (S/. 5.00) por m².

Costo total , 131,250 soles .

Edificios :

Oficina Central (Lab., Secc. Técnica, Secc. Legal, etc.) , 1/3
de su valor total S/. 41,440.00

Almacenes de Productos y Mat, prima 403,416.00

Oficina (Lab., control técnico en la Planta) 55,560.00

Planta de elaboración 1820,000.00

Servicios del Personal 22,400.00

Pistas, piscinas 750,000.00

Son S/. 3'092,816.00

A continuación la descripción y el presupuesto de los

edificios :

Oficina (Laboratorio y Secc. Técnica de Control en la Planta) :

	Cant.	P.unit.	Costo t.
- Excavación de zanjas ml.	40	4.00	80.00
- Cimentación de concreto .80 x .40 , m ³ .	12.80	80.00	1,024.00
- Sobrecimientos, m ³	12.80	190.00	2,432.00
- Falso piso 3", m ² .	10000	25.00	2,500.00
<u>Muros</u>			
- de ladrillo .25 de cabeza , m ² .	120.00	45.00	5,400.00
<u>Revestimiento</u>			
- terrajeo frotachado cemento y arena 1:5 m ² .	285.00	11.00	3,135.00
- yeso en cielo raso m ² .	100.00	11.00	1,100.00
- Cobertura de ladrillo pastelero , m ² .	100.00	17.00	1,700.00
<u>Estructura de concreto</u>			
- Columnas y dinteles estimado ...			1,500.00
<u>Techos</u>			
- Aligerados, m ² .	100.00	80.00	8,000.00
<u>Pisos</u>			
- asfálticos, m ² .	100.00	30.00	3,000.00
<u>Zócalos</u>			
- asfálticos, ml.	56.00	5.00	280.00
- mayólica , m ² .	21.00	80.00	1,680.00

<u>Carpintería</u>	Cant.	P.unit.	Costo t.
		S/.	S/.
- 5 postigos		300.00	1,500.00
- carpintería metálica, m ² .	9.00	150.00	1,350.00
<u>Cerrajería</u>			
- Chapas, u.	5	150.00	750.00
<u>Pintura</u>			
- al agua, m ² .	385.00	6.00	2,310.00
<u>Instalaciones</u>			
- sanitarias			1,800.00
- eléctricas, empotradas			2,200.00
- aparatos higiénicos			2,000.00
- vidrios			800.00
		Son S/.	<hr/> 45,541.00
22% Leyes Sociales y otros			<hr/> 10,019.00
		Son S/.	<hr/> 55,560.00

Almacenes :

- Excavación de zanjas 1.00 x .50 , ml.	64	4.00	256.00
- Excavación de zapatas m ³ .	8	15.00	120.00
- Cimientos de concreto ciclópeo 1:10,40% piedra río , m ³ .	32	80.00	2,560.00
- Sobrecimientos , 1:8,20% piedra	30	190.00	5,700.00
<u>Falso piso</u>			
- concreto 6", m ² .	240	25.00	6,000.00

	cant.	P.unit.	Costo t.
<u>Muros</u>		S/.	S/.
- ladrillo .25 , m ² .	240	25.00	6,000.00
- encalado, m ² .	448	45.00	10,080.00
<u>Estructura de concreto</u>			
- concreto 1:2:4 acero estructural f'c 140 kg/cm ² , m ³ .	8	450.00	3,600.00
- zapatas y columnas, m ³ .	3	800.00	2,400.00
- tijerales de fierro, u.	40	1000.00	4,000.00
<u>Techos</u>			
- eternit coarrugado .95 x 3.05 , u.	240	60.00	14,400.00
<u>Puertas</u>			
- de cortina , u	2	2400.00	4,800.00
<u>Instalaciones</u>			
- eléctricas, 3 puntos	3	100.00	300.00
		Son S/.	55,112.00
Leyes Sociales y otros 22%			12,124.00
		Son S/.	67,236.00
Por los seis almacenes serán		S/.	403,416.00

Planta de Elaboración :

- estructura de acero
- paredes de ladrillo
- techo de eternit
- tijerales de acero, etc.etc.

Estimado en S/. 1,000.00 / m².

Servicios del Personal :

- 1 ducha , 1 inodoro y 1 laboratorio por cada 10 personas .
- Paredes de ladrillo
- pintura al agua
- pisos asfálticos
- techo : aligerado
- Revestimientos de yeso
- Instalaciones eléctricas empotradas

Estimado en S/. 400.00/ m².

Pistas :

- de cemento , 6 mts. ancho a S/ 400.00 el metro cuadrado y
1,800 mts². en t otal ,.....S/. 720,000.00

Piscina :

- de concreto 10x10x4 (mts.)

Estimado en 30,000.00

B.- Muebles y enseres de Oficina y Laboratorio :

- Muebles S/. 28,000.00
- Equipo de Lab..... 100,000.00

Son S/. 128,000.00

C.- Costo de Maquinaria y Equipo industrial instalado :

Item	Nnid.	Aparato	Costo \$
1	1	Calentador de Amoníaco	6,000.00
2	1	Super-calentador de NH ₃	7,500.00
3	2	Tanques pesadores de NH ₃	25,000.00
4	1	Tanque de carga para ácido	1,500.00
5	1	Pre-calentador de ácido	6,000.00
6	1	Calentador de ácido	26,000.00
7	1	Reactor tubular relleno	2080 .00
8	1	Separador centrífugo	1,040.00
9	1	Banco de tubos de vapor	140.00
10	2	Balanzas automáticas	1,600.00
11	4	Transportadores de "lecho de agua" Sandvik	44,000.00
12	4	Transportadores á los granuladores	3,600.00
13	2	Granuladores (1 sólo unid.) con motores y demás accesorios	5,934.00
14	2	Elevadores de Cagilones	2,600.00
15	1	Criba vibradora doble fondo	1,025.00
16	1	Transportador de faja	900.00
17	1	Balanza para 300.00 kilos	210.00
18	1	Mezclador cilíndrico rotativo	1,500.00
19	2	Tolvas	1,000.00
20	1	Faja transportadora de caucho	1,000.00
21	1	Transportador de gusano	1,000.00

Item	Unidades	Aparato	Costo \$.
22	1	Tanque de acero inoxidable	750.00
23	1	Sistema de recirculación	380.00
24	2	Filtros de aire	1,000.00
25	3	Condensadores	1,725.00
26	3	Balanzas	1,500.00
27	1	Molino secundario, con motor	3,500.00
28	2	Ventiladores de aire	300.00
29	1	Caldero automático "Steam Pack" Model S de 120HP, 150 psi, controles y accesorios ...	7,000.00
		Fletes e instalación 30%	2,100.00
30	1	Tanque elevado de fierro, bomba, sist. automático	750.00
31	1	Ablandador de agua (Ze)	375.00
32	1	Torre de enfriamiento de agua; madera ...	440.00
33	1	Equipo completo para aire acondicionado "Kathabar"	17,205.00
34	1	Tanque de almacenamiento de combustible	750.00
35		Instalación de redes de fuerza motriz y alumbrado	1,750.00
36		Equipo e instalaciones contra incendios	2,500.00
37		Conexiones de agua y desagüe	350.00
38		Instalación completa de un pozo para agua potable	5,000.00
39		Instrumentos de control 10%,	19,413.00
40		Bombas y motores :	
	2	-centrifuga acero inox. 0.5 HP	610.00

Item	Unidades	Aparato	Costo \$
		Bombas y motores (cont.)	
	4	Centrifugas acero inox. 3HP	3,000.00
	3	de fierro fundido 0.5HP	381.00
	6	de fierro fundido 2HP	1,230.00
	6	de fierro fundido 0.5 HP	762.00
		Son	212,400.00

Y, al cambio de S/. 19.00 por dólar, son S/. 4'035,600.00

Más derechos de fletes e instalaciones y

derechos ineludibles25%..... 1'008,900.00

Son S/. 5'044,500.00

TOTAL COSTO DE INSTALACION : S/. 8'265,316.00

2. Costo de Producción .-

A. De materias primas y auxiliares :

Base : 24 horas ... 225 toneladas cortas ... 204.3 Tm.

Amoníaco :	42.0960 Tm	S/. u 800.00	S/. 33,668.80
A.nítrico:	156.0720 "	1,325.00	206,798.40
A.cubriente	6.1200 "	400.00	2,448.00
Combustible:	6,624 PC	2.00/103PC	13.25
Vapor :	90,000 libras	0.03/kg.	1,222.00
Eléctricidad:	4,880 KW-H	0.04	195.20

		S/. u.	S/. Total
Agua	1'308,000 G.	0.37/103G.	483.00
Lubricantes			25.00
Laboratorio			50.00
Sacos	2,043	7.00	14,301.00
			<hr/>
		Son S/.	259,204.55

B.- Mano de obra :

1) Mano de obra directa :

Por turno .

1 capataz

6 obreros

2 obreros para el caldero

1 obrero auxiliar

Jornal promedio S/. 25.00

En los tres turnos : 30 x 25.00 = S/. 750.00 al día

2) Mano de obra indirecta :

	S/.al mês	S/. al año
1 Superintendente	4,000.00	52,000.00
3 Jefes de Guardia	7,500.00	97,500.00
1 Jefe de mantenimiento	2,500.00	32,500.00
1 Jefe de reparaciones	2,000.00	26,000.00
1 Jefe de Laboratorio	2,000.00	26,000.00
<hr/>		

Son S/. 234,000.00

Gastos del Personal obrero :

Salario Dominical	52 x 750	S/.	39,000.00
Vacaciones (15 días al año)	15x750		11,250.00
Gratificaciones (15 días al año)			11,250.00
Indeminizaciones (15 días al año)			11,250.00
Un salario por el 1° de Mayo			750.00
Seguro Social 6% sobre 270,000			16,200.00
Seguro contra accidentes 2.6 %			7,020.00
			<hr/>
		Son S/.	98,720.00

Gastos de Administración y distribución :

	S/. al mes	S/. al año	
1 Gerente	10,000.00	130,000.00	
1 Abogado, Asesor legal	4,000.00	52,000.00	
1 Secretaria	1500.00	19,500.00	
1 Contador	4,000.00	52,000.00	
1 Cajero	1,800.00	23,400.00	
1 Jefe de almacén	1,200.00	15,600.00	
1 Jefe de compras	2,000.00	26,000.00	
1 Jefe de planillas	1200.00	15,600.00	
2 Auxiliares	1,600.00	20,800.00	
4 Choferes	2,480.00	31,000.00	
1 Portero	500.00	6,500.00	
Utiles de escritorio		1,500.00	
		<hr/>	
		Son S/.	393,900.00

Gastos de Ventas :

	S/. al mes	S/. al año
1 Gerente de ventas	5,000.00	65,000.00
1 Auxiliar	1,500.00	19,500.00
1 Despachador	2,000.00	26,000.00
2 Vendedores	4,600.00	59,800.00
Propaganda Comercial		120,000.00
Embalajes		35,000.00
Gasolina y aceite		8,000.00
		<hr/>
	Son S/.	333,300.00

Capital Requerido .-

Capital fijo :

Terrenos , edificios , Maquinaria e instalación , moviliario
y equipo de laboratorio , material rodante S/. 8'265,316.00

Capital de movimiento :

Calculado para tres (3) meses de trabajo .-

Materia prima y auxiliares	S/.	22'034,560.00
Mano de obra y mantenimiento		143,679.00
Gastos de administración		104,974.00
Gastos de Ventas		83,325.00
		<hr/>
	Son S/.	22'283,215.00

TOTAL CAPITAL DE INVERSION : S/. 30'548,531.00

Costo de Producción .-

- Por sueldos y jornales, Gastos del Personal, Gastos de Admi -
nistración, Gastos de Ventas, al día se tiene :

S/. 3,695.00

- Y tenemos visto que el costo al día por materia prima, auxi -
liares, etc. etc. , alcanza á S/. 259,204.55

- Agregamos el 0.5% del total por imprevistos , y tendremos
un total de S/. 276,044.53 por día.

Por tonelada métrica se tendrá :

$$276,044.53 : 204.3 = S/. 1,353.00$$

Precio de venta : 1,450.00 soles por tonelada métrica de
Nitrato de Amonio .

Nota: Este mismo producto importado de los Estados Unidos de N.A.
cuesta \$ 88.00 la tonelada es decir S/. 1,700.00

Utilidad bruta probable : 1,450.00 - 1,353.00 = S/. 97.00
por tonelada métrica de Nitrato de Amonio producida.

Amortizaciones :

- Edificios 2% durante 70 años .

- Maquinaria 6% durante 20 años .

Usamos la fórmula para amortizaciones :

$$a) \text{ Edificios : } \quad a = \frac{Ar (1 / r)^n}{(1 / r)^n - 1}$$

donde : $A =$ monto total de la obra

$r =$ el porcentaje

$n =$ el N° de años

$$a = \frac{3092816 \times 0.02 (1.02)^{70}}{(1.02)^{70} - 1}$$

resolviendo se halla ,

$$a = 59,000.00 \text{ soles}$$

b) Maquinaria :

$$A = 5044500$$

$$r = 0.06$$

$$n = 20$$

por lo que haciendo uso de la fórmula anterior, y resolviendo para los nuevos valores se obtiene :

$$a' = 348,000.00 \text{ soles}$$

$$\text{Sumando : } 59,000.00 + 348,000.00 = 407,000.00$$

De donde por tonelada se tendrá :

$$\frac{407,000}{350 \times 204.3} = 5.7 \text{ soles .}$$

UTILIDAD NETA PROBABLE :

Utilidad neta = utilidad bruta - amortizaciones

o sea que : $97.00 - 5.7 = S/. 91.30$ por tonelada métrica.

Esta utilidad representa el $\frac{91.3 \times 204.3 \times 350}{30' 548,531} \times 100 = 21\%$

del capital invertido .

APENDICE

1. Distribución racional del Equipo .-

La Fábrica que se trata en el presente proyecto, por lo conocido de su maquinaria y reacciones químicas que envuelve, no requiere una mayor experiencia en el estudio de las materias primas, mano de obra y equipo.

Sin embargo, la parte previa a la construcción cual es el diseño y más que nada la correcta distribución de las diferentes secciones, necesitan un estudio minucioso cuya bondad se debe atribuir a la experiencia de la firma proyectista.

Las ventajas fundamentales que se obtienen con una buena distribución son las siguientes :

- a.- Mínimo costo de transporte de material;
- b.- Mínimo costo de área de producción;
- c.- Mínimo número de retrazos en la producción (demostrable con el "estudio del movimiento y del tiempo de la producción");
- d.- Evita cambios costosos é innecesarios;
- e.- Máximo control de producción; y
- f.- Mejor posibilidad de supervisión .

Todo el estudio de la distribución se sintetiza en los planos de la fábrica que en un proyecto estudiado deberán incluir, por lo menos :

- a.- Plano y elevaciones generales de conjunto de las instalaciones , en escala 1:100 ;

- b.- Diagrama de flujo de materiales a la misma escala, figurando todos los aparatos, tuberías, canales de líquidos, fuerza, sólidos, etc., en líneas convencionales diferenciadas entre sí, indicando la capacidad horaria de las secciones y aparatos;
- c.- Plano y elevación generales de cada sección. Escala 1:200 ;
- d.- Plano, elevación en todos los cortes necesarios para la instalación de cada aparato. Escala 1: 100 ;
- e.- Plano general de las estructuras con indicación de cargas estáticas unitarias, detalles de fijación de los aparatos y volúmen de las bases de concreto ;
- f.- Plano general de montaje y edificación ; y,
- g.- Relación general del equipo .

Aunque el presente trabajo incluye los diagramas de flujo, cualitativo y cuantitativo, como así también un plano de ubicación en escala 1:500, es de suponer que no es posible incluir todos los planos que hemos enunciado en los siete puntos anteriores, sin hacer estudios más avanzados, los cuales no pueden ser llevados a cabo, sino por especialistas, los mismos con que cuenta una Empresa Proyectista.

En cuanto a la relación del Equipo, no haría más que repetir una vez más lo que ya queda consignado en un capítulo anterior.

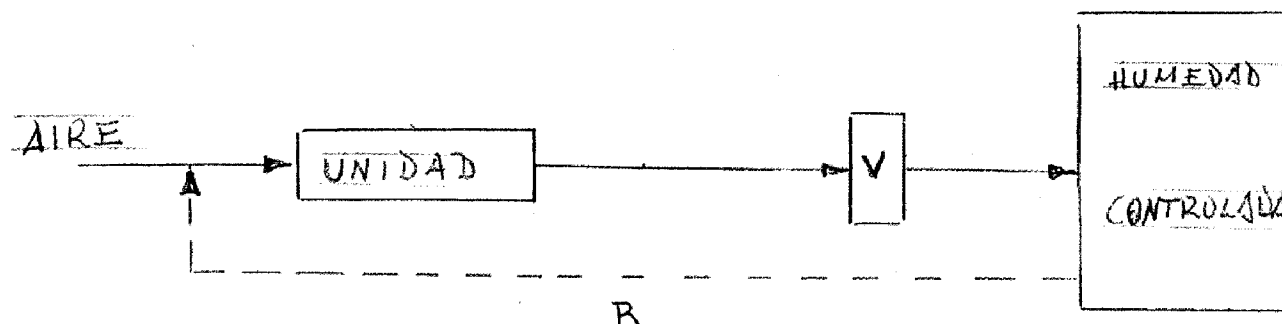
2. Aire Acondicionado .-

El uso de Aire Acondicionado en nuestra Planta es necesario además de en los almacenes de Producto terminado y en el Laboratorio, para la sección en la cual se efectúa el cernido del producto y donde se le adiciona el agente cubriente.

Este aire se le acondiciona para una humedad absoluta de 46 granos por libra .

El acondicionamiento se lleva a cabo en una unidad " Kathabar " que consta de un lavador de aire (Air washer) modelo 1750-27 y del regenerador N° 90 , vertical.

Estas unidades han sido diseñadas para trabajar con un gasto de aire húmedo mucho mayor que las unidades rellenas individuales. Además por tener el regenerador de la solución utilizada separado, éste sirve para trabajar uno ó más de estos aparatos.



El ventilador se construye de acero galvanizado, y es accionado por un motor standard de 60 ciclos, conectado por medio de una faja.

La bomba para la solución Kathrene es de una sola etapa, conectada directamente a un motor de 60 ciclos.

Además del hidrómetro para el chequeo de la densidad de la solución, de los termómetros y manómetros en las líneas de la unidad, se precisan controles externos automáticos, un ventilador exterior para guiar el aire acondicionado y filtros para este aire y también serpentines de enfriamiento.

Nota.- Ver diseño de estas unidades .

3. Control de Laboratorio.-

El porcentaje de Nitrógeno contenido en el producto que se ha elaborado en la Planta, se determina de acuerdo a los métodos oficiales de análisis de la Asociación de Químicos y Agricultores de los Estados Unidos de N.A.

Estas especificaciones exigen un 33.5% de Nitrógeno en peso .

En cuanto al contenido de humedad, se hace la determinación por el procedimiento Karl Fischer y no debe exceder de un 0.4 % .

Dado que el método gravimétrico para determinar el contenido de agente cubriente en el producto, es muy lento y por lo tanto inadecuado para un control de fábrica, se procede a disolver un determinado peso de fertilizante en cierta cantidad de agua y luego por centrifugación se separa el cubriente y se le pesa .

De vez en cuando en forma periódica se chequean estos resultados así obtenidos, con un análisis gravimétrico. Lo usual es un 3% de este material .

En cuanto al tamaño de las partículas, se procede a efectuar un análisis de malla cada hora, muestreando de los sacos ya llenos y que se encuentran listos para cerrarlos.



BIBLIOGRAFIA

- Fixed Nitrogen , por H.A. Curtis
- Fixation of atmosferic Nitrogen, por F.A. Ernst
- Perú: Población y Agricultura , por Gonzales Tafur
- The Nature & Properties of Soils, por Lyon & Buckman
- Chemical Process Industries, por Shreve
- Elements of Chemical Engineerig , por Badger & McCabe
- Heat Transmiswion , por Mc Adams
- Chemical Process Principles , por Hougen and Watson
- Industrial Management, por Knowles & Thomson
- Chemical Engineering Handbook, J.H. Perry
- Manual del Ingeniero ,por Hutte
- Chemical Engineering Costs, por Zimmermann & Lavine
- Chemical Engineering Plant Desing, por Vilbrandt
- Industrias Químicas Inorgánicas tomo VI , de Lunge
- Enciclopedia de Química Industrial, Uylman
- Chemical Engineering Progress, April '54
- Industrial & Engineering Chemistry, Marzo '53
- Industrial & Engineering Chemistry, Abril '54
- Chemical Engineering , Mayo '54
- Patentes : N° 2,402,192 L Williams ET AL Junio-18-194
 N° 2,568,901 L A Stengel Set.-25-1951 .
- Anuario del Comercio Exterior del Perú .

COTIZANTES :

- The W.J.Fitzpatrick Co. U.S.A.
- Commercial Solvents Corporation U.S.A.

Sandvik Steel Belt Conveyors U.S.A.

Centrifix Corporation U.S.A.

Fansteel Metallurgical Corporation U.S.A.

Neisser et Co. Lima-Perú .

Arquitectos : Alberto Menache Edif. Nazarenas Lima-Perú .

Alejandro Romero " " "
