PRODUCCION DE SULFATO DE NICOTINA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

PRODUCCION DE SULFATO DE NICOTINA

ALEXANDER WELLER SAMAYOA

Trabajo de investigación presentado para

optar al grado académico de

Licenciatura en Ingeniería Química

Guatemala

1991

Vo. Bo. :

(f) _____

Ingeniero Oscar Gil Girón
Asesor

(f) _____

Ingeniero Oscar Gil Girón

(f) _____

Ingeniero Eduardo Calderón

(f) _____

Ingeniero Arturo Estrada

Fecha de aprobación: 19 de Octubre de 1991

A Dios y
a mis padres

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS

LISTA DE TABLAS

I. INTRODUCCION

El propósito de este trabajo es determinar la factibilidad técnica y económica de construir en Guatemala una planta productora de Sulfato de Nicotina utilizando el desperdicio de vena de tabaco producido por la Tabacalera Centro Americana S.A. (TACASA), y que actualmente es desechada provocando una contaminación del medio ambiente.

El Sulfato de Nicotina es un alcaloide con propiedades insecticidas que puede ser utilizado por la agricultura nacional o bien destinarse a la exportación, ya que es reconocido desde antaño por sus efectos insecticidas contra insectos chupadores de cuerpo blando.

Para efectuar este estudio de factibilidad, se evaluó, primeramente, la disponibilidad de materia prima, la concentración de nicotina en la vena del tabaco guatemalteco, el volumen de consumo de insecticidas a nivel nacional y el método de producción más adecuado.

Con los datos anteriores fue determinada la capacidad de la planta, a la vez se realizó un diseño del equipo necesario para la elaboración del producto final.

Para conocer la factibilidad económica fueron evaluados los costos de instalación y funcionamiento de la planta, con lo que se llegó a calcular la tasa interna de retorno del proyecto, obteniendo con esto las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Existen dos justificaciones básica para el desarrollo de este trabajo. La primera es utilizar una materia prima que en la actualidad no es aprovechada de manera integra por la Tabacalera Centroamericana S.A..

La segunda es dotar a la agricultura nacional e internacional de un insecticida orgánico de buena calidad a un precio más económico que los insecticidas tradicionales, evitando con esto una fuga de divisas, a la vez de ayudar a conservar el medio ambiente, dadas las característica de rápida degradación que experimenta la molécula de sulfato de nicotina.

II. OBJETIVOS

En la actualidad, la Tabacalera Centroamerican S.A., produce diariamente, 4600 kg de vena de tabaco. Este producto representa para ellos un desperdicio, el cual debe ser transportado a un basurero cercano, donde es desechado. Este proceso es para la fábrica un gasto diario en concepto de transporte y tiempo, además de producir una contaminación por desechos sólidos.

El objetivo de este trabajo es llegar a conocer la factibilidad económica de instalar en Guatemala una planta productora de sulfato de nicotina a partir de la vena de tabaco. De esta manera se estará aprovechando de una forma integra, una materia prima que en la actualidad solo representa un desperdicio molesto a TACASA.

Al mismo tiempo se eliminará la contaminación que representa la vena de tabaco ya que se destinará esta para su consumo como materia orgánica por la agricultura y se producirá un insecticida natural de alta calidad.

El sulfato de nicotina es un insecticida orgánico, cuya principal caracteristica es su corto período de residencia en las plantas tratadas Esta caracteristica lo convierte en

la actualidad, en un insecticidad codiciado en el campo de los vegetales de exportación, donde las normas de calidad exigen cada día productos sanos y libres de residuos de químicos.

Con la producción de este insecticida, se pretende proporcionar al agricultor un insecticida efectivo que tenga un precio inferior a los insecticidas importados.

Otra finalidad de este proyecto es diseñar una planta que posea tecnología adecuada al medio y cuyo equipo pueda ser construido a nivel nacional y pueda ser operada por personal guatemalteco.

III. GENERALIDADES

A. Reseña histórica

Las plantas han evolucionado desde hace más de 400 millones de años creando diferentes clases de defensas contra sus enemigos naturales. Una de estas defensas es la creación de repelentes insecticidas.

Desde antano algunos de estos insecticidas han sido extraídos por el hombre y utilizados como insecticidas de contacto. La principal ventaja de estos productos es que los insectos no desarrollan inmunidad contra el veneno tan rápidamente como sucede en el caso de los insecticidas sintéticos.

En la actualidad muchos insecticidas orgánicos siguen siendo utilizados, tal es el caso de la NICOTINA, que es un alcaloide presente, principalmente en las plantas de tabaco (Nicotiana tabacum y Nicotiana rustica), en concentraciones que varían de 0.5 a 10 %, dependiendo del clima.

Las plantas de tabaco fueron introducidas al viejo mundo en el siglo XVI, y Walter Raleigh puso de moda el

hábito de fumar en 1585.

Una publicación francesa recomendó, en 1763, el uso del polvo fino de tabaco disuelto en agua con cal, para controlar los insectos en plantas, sin dañar sus follajes.

Fue hasta 1809 cuando la presencia de un veneno volátil en los tejidos del tabaco fue descubierto. En 1828 este alcaloides fue nombrado NICOTINA. Pictet y Rotshy, lo sintetizaro a nivel de laboratorio en 1904 (Cremlyn, 1982).

B. Otros alcaloides

Junto a la nicotina existen, por lo menos, otros 12 alcaloides en el tabaco, siendo los más importante la nornicotina, la anabasina y la nicotirina. La concentración de estos alcaloides no suman más de 3% del total de alcaloides presentes en el tabaco.

La estructura de la NICOTINA y los otros alcaloides son las siguientes:

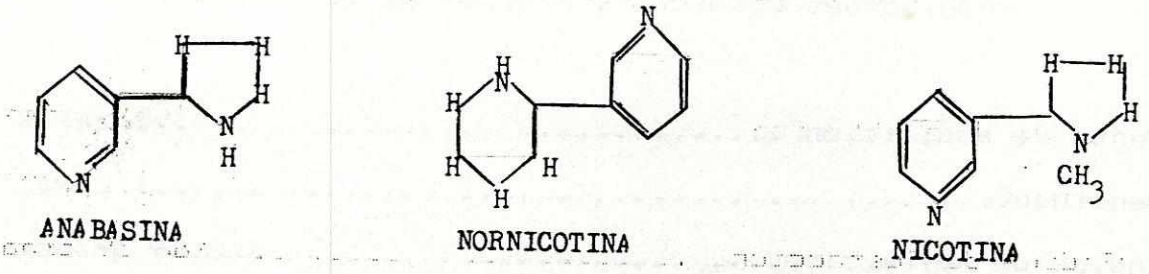


FIGURA 1. Estructura molecular de Anabasina, Nornicotina y Nicotina (Metcalf, 1960).

La similitud en la configuración de estas moléculas les proporciona una toxicidad similar a la de la nicotina. (Metcalf, 1960)

C. Propiedades de la Nicotina

La NICOTINA pura es un líquido aceitoso, sin color ni olor de características muy hidroscópicas y de sabor amargo. Sus principales características químicas y físicas son resumidas en la siguiente tabla:

TABLA 3.1

Propiedades Químicas y Físicas de la Nicotina

Punto de ebullición .....247 C

Densidad.....1.00925

Indice de Refracción.....-166.39 grados

Presión de Vapor a 25 C.....0.0425 mm Hg

Longitud de absorbancia máxima.....260 nanómetros

Absorbancia molar en agua.....3020

Acidez (solución 0.05 M).....10.2

(Indice Merck, 1985)

Debido a su naturaleza básica, la NICOTINA, reacciona facilmente con ácidos para formas sales simples y dobles, como es el caso de el dihidrocloruro de nicotina ($C_{10}H_{14}N_2$ 2HCl), el sulfato de nicotina (($C_{10}H_{14}N_2$)$_2$ H_2SO_4 o la sal doble de cloruro de zinc monohidratada ($C_{10}H_{16}Cl_4N$ Zn - H_2O).

D. Tipos de insecticidas

Existen básicamente dos tipos de insecticidas: sistémicos y de contacto. Los insecticidas sistémicos son aquellos que una vez aplicados a las plantas, se distribuyen

dentro de sus tejidos utilizando la sávila como medio de transporte. Cuando un insecto se alimenta de la planta, el veneno es absorbido atacando el cuerpo del insecto.

Los insecticidas de contacto son aplicados a las plantas y luego absorbidos por los insectos, ya sea al momento de la fumigación o cuando el insecto se alimenta de la parte de la planta donde se encuentra el insecticida.

Se ha demostrado que la cutícula de los insectos posee una gran facilidad de absorber los insecticidas de contacto, a tal grado que resulta similar el efecto de un insecticida ingerido que aplicado de forma cutánea (Cremlyn, 1982).

E. Nicotina como insecticida

El sistema nervioso es característico de mamíferos e insectos. El medio ambiente externo transmite información al sistema nervioso por medio de impulsos eléctricos a lo largo de una amplia red de neuronas (conocidas como axón) que, finalmente, llegan al cerebro.

La transmisión del impulso nervioso es un proceso eléctrico, en el cual la corriente es transportada por iones. Al existir una excitación del medio ambiente, se forma una unión en el axón conocida como sinapsis. Los im-

pulsos nerviosos son transmitidos a la sinapsis por medio de un transmisor químico conocido como acetilcolina.

La nicotina bloquea la sinapsis asociada con los nervios motores, provocando así contracciones espasmódicas, convulciones y, finalmente, la muerte.

La nicotina actúa de la misma forma como la acetilcolina, con la diferencia de que está no es susceptible a la hidrólisis enzimática.

Esta propiedad de la nicotina de tomar el papel de la aceticolina es debidoa la similitud en las dimenciones de las moléculas. (Cremlyn, 1982). Esto lo observamos en la figura 2:

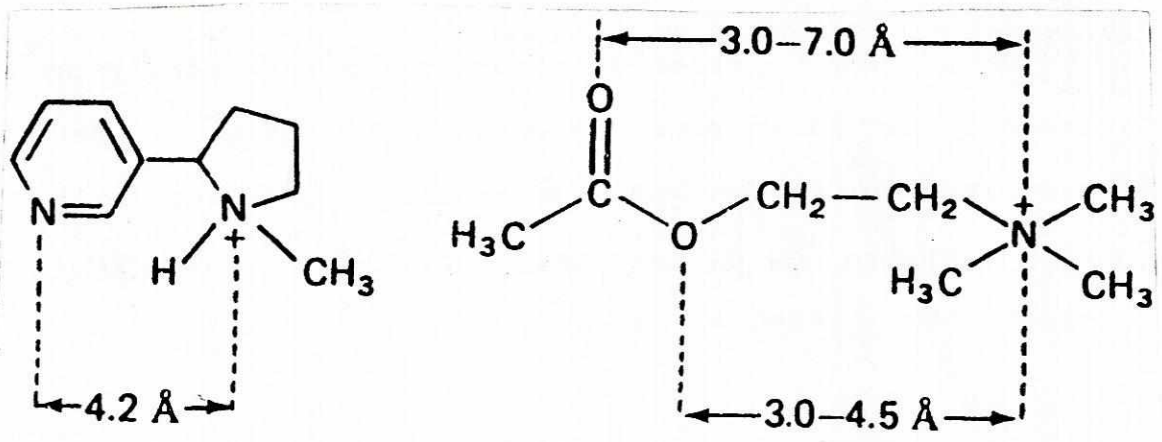


FIGURA 2. Dimención molecular de la nicotina y la acetilcolina (Cremlyn, 1982).

En el caso de los insectos la forma de acción de la nicotina aún no es entendida plenamente. Estudios realizados indican que la nicotina penetra en el cuerpo del insecto en su forma ionizada, atacando la ganglia del sistema nervioso provocando asi la muerte del insecto.

F. Otros insecticidas orgánicos

Como mencionamos al inicio de esta sección, existen otras plantas que, al igual que el tabaco, generan sustancias insecticidas en sus tejidos. Los casos más conocidos son:

1. Insecticidas Piretroide. El piretro es un insecticida de contacto obtenido de las cabezas florales de Crysanthemum cinerariaefolium y se ha usado como insecticida desde la antigüedad.

Las variedades que crecen en los altiplanos de Kenya producen las proporciones más altas de ingrediente activo. La extracción del piretro, como insecticida, data de 1850.

El piretro es utilizado actualmente para combatir plagas de insectos caseros, agrícolas e industriales, donde ha demostrado una gran efectividad.

Este insecticida se obtiene a partir de flores secas de crisantemo, por medio de la extracción de kerosina o dicloruro de etileno y el extracto se concentra por destilación al vacío.

2. Insecticida Rotenoides. Esta clase de insecticidas se obtiene en las raíces de Derris elliptica (provenientes de India Oriental y Malasia) y en una especie de Lonchocarpus (Sudamérica). Por mucho tiempo el derris ha sido utilizado como insecticida; de esta manera en 1848 fue recomendado para el control de orugas.

Este insecticida puede ser extraído de las raíces molidas de la planta mediante eter o tetracloruro de carbono. Actualmente se usa principalmente en horticultura para combatir áfidos, orugas y araña roja.

G. Toxicidad de insecticidas orgánicos

Merril Darley de Columbus Ohio, realizó un estudio para conocer la toxicidad existente entre los tres insecticidas orgánicos más comunes. Este estudio se realizó en dos clases de afidos presentes en pepinos. Los resultados son los siguientes:

Tabla 3.2

Toxicidad de insecticidas orgánicos

Veneno utilizado	Concentración	Número afidos	% Muertes
PIRETRO	1:200	3046	99.5
NICOTINA	1:200	3358	99.6
ROTENOIDE	1:200	2500	97.3

Este estudio no puede ser tomado como un estudio profundo sobre las caracteristicas de estos tres insecticidas, ya que sólo evalúa una clase de insecto y en ciertas condiciones pero nos muestra que la nicotina tiene efectos similares a los otros dos insecticidas. (Journal of Economic Entomology, 1931)

H. Sulfato de nicotina

La utilizacion de la NICOTINA como insecticida de contacto ya ha sido discutida en los incisos anteriores. El gran problema que presenta la nicotina pura es su reducido tiempo de permanencia en la planta.

La forma más eficaz de combatir este problema es convertir a la nicotina en una molécula más estable. Esto se puede lograr haciendo reaccionar la molécula de nicotina con ácido y obtener la sal respectiva.

Utilizando ácido sulfúruico se obtiene el SULFATO DE NICOTINA, según la siguiente reacción:

$$C_{10}H_{14}N_2 \quad + \quad H_2SO_4 \text{ ---------- } (C_{10}H_{14}N_2)_2\ H_2SO_4$$

El SULFATO DE NICOTINA, es una molécula más estable a los efectos de la luz y que se conserva más tiempo presente en los tejidos aplicados. Debido a su menor actividad el SULFATO DE NICOTINA representa un riesgo menor a los animales de sangre caliente.

El SULFATO DE NICOTINA puede ser mezclado con adherentes, lo que sirve de doble propósito: primero, el adherente reduce la tensión superficial de la mezcla, logrando con esto un mejor esparcimiento del producto; y segundo, debido a que la mayoría de los adherentes estan compuestos por jabón, el aumento en la alcalinidad del producto facilita la liberación del ion nicotínico al momento de ser ingerido por el insecto.

I. Nicotina en el tabaco.

Para determinar la concentración de nicotina en el tabaco existen varios métodos. El método recomendado por la AOAC (Organización Americana de Quimica Analitica), aprovecha la absorción de luz ultravioleta de la molécula de nicotina, así como su solubilidad en medio alcalino.

En este metodo se coloca tabaco en un balón de destilación, y se le agrega una solución de hidróxido de sodio y sal. Con esta mezcla se realiza una destilación por arrastre de vapor. El destilado es recogido en medio ácido.

Este es analizado en un espectrofotómetro utilizando un espectro ultravioleta. La descripción de este método es descrita en el apéndice.

La concentracion de nicotina en tabaco varía según la parte de la planta analizada. La máxima concentración suele encontrarse en la vena de la hoja donde puede llegar hasta un 10% dependiendo la variedad de tabaco y el clima cultivo de este (Chemical Abstracts, 1949).

J. Extracción Líquida.

La extracción líquida, llamada algunas veces extracción con disolventes, es la separación de los componentes de una solución líquida por contacto con otro líquido insoluble.

Si las sustancias que componen la solución original se distribuyen de manera distinta entre las dos fases líquidas, se puede lograr cierto grado de separación, que puede incrementrase mediante el uso de etapas de extracción.

La extracción líquida puede se utilizada cuando se desea separar una mezcla cuyos componentes poseen puntos de ebullición similares o cuando existe un azeotropo en la mezcla, lo que imposibilita el uso de una destilación normal.

K. Destilación por arrastre de vapor.

La destilación por arrastre de vapor es una codestilación de agua con alguna otra substancia. Es particularmente útil al tratar de recuperar compuestos que poseen un punto de ebullición elevado y alta viscosidad.

Al destilar una mezcla (siendo agua una de las sustancias),la temperatura de ebullición se alcanzará cuando la suma de las presiones de vapor sea igual a la presión atmosférica. Esta temperatura será inferior a la temperatura de ebullición del componente más volatil. Esto significa que la destilación por arrastre de vapor a presión atmosférica lleva a la separación del componente de mayor temperatura de ebullición a una temperatura inferior a los 100 C.

L. Alternativas tecnológicas.

1. Extracción de nicotina del tabaco. Los principales métodos de extracción de nicotina del tabaco son: extracción con agua o solvente, extracción directa y destilación por arrastre de vapor.

La extracción con agua, es talvez el método de extracción más antiguo y simple. Consiste en poner en contacto el tabaco con agua aprovechando la solubilidad que la nicotina tiene en ésta. La principal desventaja de este método, es la baja transferencia de nicotina hacia la fase acuosa, lo que posteriormente dificulta su concentración a nivel comercial.

Otros solventes orgánicos también pueden ser utilizados para extraer la nicotina del tabaco, pero al igual que en el caso del agua, se presentan bajas eficiencias de extracción, además de aumentar el costo de la operación.

La extracción directa consiste en comprimir plantas frescas de tabaco, mediante una prensa de rodillos similar a la utilizada en el proceso de la caña de azúcar y clarificar posteriormente el líquido extraído.

Este proceso da un extracto que contiene 0.5 % de nicotina en agua, pero solamente pueden ser utilizadas plantas frescas.

La extración mediante destilación por arrastre de vapor, es la más recomendada por la bibliografía y consiste en humedecer el tabaco con una solución álcali y luego realizar una destilación por arrastre de vapor. Con este método se puede llegar a recuperary obtener una solución con 0.6 % de nicotina en agua.

2. Extracción de Nicotina de la Fase Acuosa. De la extracción de nicotina del tabaco se obtienen una concentracion de 0.6 % en nicotina. La nicotina es completamente miscible en agua por debajo de los 60 C y arriba de los 210 C.

A 100 C y en concentraciones de 6 % a 80 %, la nicotina disuelta en agua forma dos capas, que consisten de nicotina disuelta en agua y agua disuelta en nicotina. En concentraciones por debajo de los 6 % de nicotina en agua, las soluciones son completamente misibles.

C.R. Smith estudió la separación de este sistema utilizando desde destilación simple hasta columnas de fraccionamiento.

Es ási como encontró que la nicotina en concentraciones de 2.5 gramos por 100 cc de agua bajo presiones atmosféricas forma una mezcla azeotrópica que destila invariable con cualquier equipo de destilación.

A esta concentración la nicotina disminuye el punto de ebullición del agua levemente (0.012 C). Partiendo de agua pura, existe un incremento en la presión de vapor hasta alcanzar una concentración de 2.5 gramos de nicotina en 100 gramos de agua. Luego la presión disminuye hasta llegar a los 6 gramos donde se mantiene constante.

Es aceptado que la forma tan irregular de este sistema, es debido a la formación de hidratos en la solución. Por debajo de los 60 C la nicotina se encuentra en forma de

hidratos que son solubles en agua a cualquier proporcion. Arriba de los 60 C se trabaja con nicotina pura que cuenta con una solubilidad limitada. Por este motivo la destilación de la mezcla no es utilizada en este proceso.

A nivel industrial la nicotina puede ser recuperada del medio acuoso mediante una reacción recta con ácido sulfúrico. Esta solución es concentrada posteriormente por destilación simple.

Es tambien posible utilizar una extracción mediante un solvente orgánico. Al extraer la nicotina de soluciones acuosas con solventes inmisibles se está removiendo la nicotina no hidratada, hasta que el equilibrio es alcanzado entre la nicotina hidratada, los solventes y la nicotina no hidratada. (Industrial & Engineering Chemistry, 1942)

Otra posibilidad es realizar una extracción líquido-líquido utilizando un solvente orgánico. La kerosina es el solvente utilizado comúnmente para este sistema debido a su bajo costo y por dar un coeficiente elevado de extracción. Para elevar la eficiencia de extracción se suele mantener la temperatura de la extracción superior a los 60 C.

M. Aumento de eficiencia de destilación.

En la Escuela de Ciencias Biológicas de México, se estudió la influencia de agregar hidróxido de calcio al tabaco que iba a ser destilado. Se estudió la eficiencia de extracción variando el pH entre 7 y 12.3 de la solución a extraer.

Los resultados indican que la máxima eficiencia de extracción de nicotina se logra al mantener el pH entre 11 y 12 (esto es agregando de 3 a 3.5 % de CaO en peso de tabaco) (Chemical Abstracts, 1947).

Al agregar Cloruro de Sodio a la solución a destilar se logra obtener una concentración mayor de nicotina en el destilado, ya que la sal disminuye la presión de vapor de la nicotina (Chemical Abstracts, 1951).

IV. RESULTADOS

A. Alternativa tecnológica seleccionada

Como se mencionó en la sección anterior, existen varias alternativas para producir sulfato de nicotina. El proceso a utilizar fue elegido considerando dos factores: factibilidad de la tecnología requerida y eficiencia de extracción del método.

De esta manera, para el proceso de extracción de nicotina del tabaco se utilizará destilación por arrastre de vapor. Mientras que para la extracción de la nicotina del medio acuoso se llevará a cabo una extracción líquido-líquido utilizando kerosina como solvente. La nicotina presente en la kerosina se hará reaccionar con ácido sulfúrico para obtener sulfato de nicotina al 40 %.

B. Diseño del proceso.

1. Proceso Inicial El tabaco a utilizar es recibido un día antes de ser procesado. Ese día es pesado y picado en el molino de cuchillas y es depositado en los tanque de destilación donde se le agrega la solución alcalina y sal, luego se deja en reposo por lo menos cuatro horas para per-

mitir que exista una buena humedificación del tabaco. Finalmente empeza la destilación del primer lote.

2. Destilación. Al tabaco que se encuentra en el tanque de destilación se le suministrará vapor a un ritmo de 15 kg de vapor a 80 psi/ hora. La destilación se llevará a cabo durante 90 minutos. El vapor inyectado sirve, primeramente para calentar los 775 Kg de agua añadidos a la solución alcalina (82 kg vapor), El resto del vapor se utiliza para la destilación por arrastre de vapor (1250 kg vapor).

3. Lavado y Secado del Tabaco. Luego de terminar la destilación por arrastre de vapor, se descargan los solidos por la parte inferior del tanque de destilación. Estos se almacenarán en una tolva que los dosificará a un transportador de banda. Esta banda tiene una longitud de 7 metros, 5 de los cuales contarán con regaderas los que eliminaran la sal del tabaco. Estapermite el paso de líquidos a traves de ella.

El paso siguiente será reducir la humedad del tabaco, mediante una prensa de rodillos. Esta prensa eliminará 600 kg de agua por tanda proporcionando tabaco con una humedad del 25 %. Los procesos de lavado y prensado tomarán 45 min cada uno.

El secador reducirá la humedad del tabaco de 25% a 20% . El tabaco será alimentado a un ritmo de 12 kg por minuto, secando asi los tres lotes en 8 horas de trabajo.

4. Condensación. La destilación produce aproximadamente 13 litros de destilado por minuto (3.3 gpm), los cuales son condensados en un intercambiador de concha y tubos.

Este proceso se realiza durante los 90 minutos que dura la destilación. Como líquido refrigerante se utiliza agua, la cual es enfriada en una torre de enfriamiento atmosférica. Esta torre enfría 19 galones de agua por minuto, de 40 a 29 C. El volumen del agua perdida en la torre, por evaporación, es de 50 galones por lote.

5. Calentador de Kerosina. Este calentador utiliza 120 kg de vapor provenientes de la destilación para calentar la kerosina necesaria para el proceso de extracción líquido-líquido.

6. Extracción líquido-líquido. En la primera etapa de extracción se recibe el agua con nicotina proveniente del condensador a una temperatura de condensación de 95 C. A este condensado se le agregan 1250 kg de kerosina. Estos flujos son agitados mediente un agitador de helice, durante

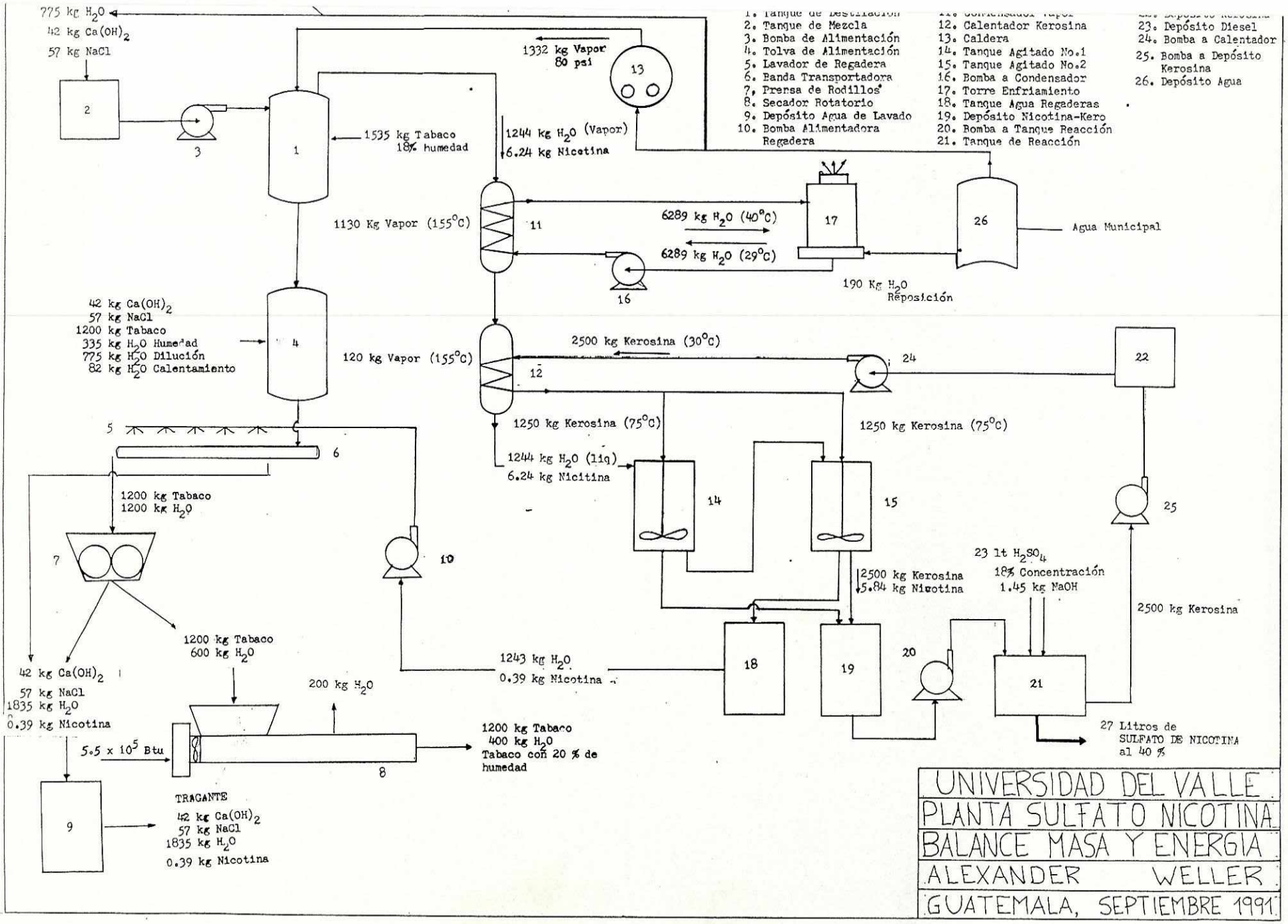
15 minutos.

Al finalizar la agitación, la fase acuosa (agua - nicotina), es decantada a la siguiente etapa de extracción, mientras que la fase orgánica (kerosina - nicotina), se deposita en un tanque de extracto.

En la segunda etapa de extracción, son agregados nuevamente 1250 kg de kerosina a la fase acuosa, y durante 15 minutos son agitados. Luego de la agitación, la fase acuosa es decantada y llevada a un tanque de recepción, donde es utilizada para el lavado del tabaco. La fase orgánica es mezclada con el extracto de la primera etapa.

7. Extracción con Acido. La fase orgánica (kerosina - nicotina), será puesta en contacto con ácido sulfúrico, mediante una bomba centrífuga, la cual los llevará a la sección de precipitación. Luego de 30 minutos de reposo, las fases pueden ser separadas.

El producto terminado es neutralizado con soda cáustica, mientras que la kerosina es bombeada a un depósito para ser recirculada.



UNIVERSIDAD DEL VALLE

PLANTA SULFATO NICOTINA

BALANCE MASA Y ENERGIA

ALEXANDER WELLER

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 1991

C. Capacidad.

La capacidad de produccion de la planta fue determinada tomando como referencia la producción diaria de vena de tabaco producida por la Tabacalera Centroamericana S.A. (TACASA). Estos datos fueron proporcinados por el Ingeniero Carlos Samayoa del departamento de tabacos.

La tabacalera produce diariamente 4600 kg vena de tabaco con un 18 % de humedad durante los meses de Febrero a Agosto (aproximadamente 210 días), lo que da un volumen anual de proceso de 966000 kg.

Dado el volumen de tabaco a procesar, la planta fue diseñada para trabajar 3 lotes diarios, de 1535 kg cada uno. Los tres lotes diarios se trabajarán en 8 horas .

Con este volumen de materia prima se obtiene 17010 litros de SULFATO DE NICOTINA al 40 % anualmente. Se debe recordar que la capacidad instalada de la planta no se logra alcanzar en su totalidad y la producción esta definida por el ciclo de vida de la planta.

D. Localización de Planta

Para decidir la mejor ubicación de la planta, fueron tomados en cuenta tres factores: disponibilidad de materia prima, distancia al mercado de venta y facilidad de mano de obra. Boca del Monte es la población que cuenta con las mejores caracteristicas para cubrir estas necesidades.

La Tabacalera Centro Americana S.A. se encuentra situdada en esta población, por lo que los costos de transporte de materia prima favorecen el costo del proceso. Por el volumen de vena de tabaco procesada, un camión pequeño puede realizar este trabajo en un viaje.

La capital de Guatemala es el principal punto de distribución de productos hacia los cuatro puntos cardinales del país. Por el acelerado crecimiento de la capital, Boca del Monte puede ser considerado dentro de los límites urbanos de la capital, ya que se encuentra a pocos minutos del centro de la ciudad, contando con una carretera que se mantiene en òptimas condiciones durante todo el año.

Aunque Boca del Monte se encuentra tan cercano a la capital, tiene la ventaja de contar con abundante mano de obra calificada, pero a un costo inferior que en la capital.

E. Vida útil de la planta.

La vida útil de este proyecto se asume de 15 años, desde el momento en que se ponga en marcha la planta. Esto es porque el proceso no trabaja con materiales que den un desgaste acelerado del equipo. Por otro lado, la situación inestable del país y los posibles cambios de tecnología en el proceso no permiten una planificación de un proyecto de mayor duración.

F. Ciclo de Vida.

Dadas las caracteristicas del proceso, se puede asumir que es posible alcanzar una eficiencia del 96 % al séptimo año de operación. El ciclo de vida de la planta es de 15 años y el volumen de producción vendrá dado por la siguiente tabla:

TABLA 4.1

Ciclo de vida del proyecto

AÑO	EFICIENCIA	VOLUMEN DE PRODUCCION (litros / año)
1	60	10206
2	65	11056

AÑO	EFICIENCIA	VOLUMEN DE PRODUCCION
3	75	12757
4	85	14458
5	90	15309
6	95	16159
7	96	16329
8	96	16329
9	96	16329
10	96	16329
11	96	16329
12	94	15989
13	90	15309
14	85	14458
15	85	14458

El volumen de producción de tabaco para abono es siempre el mismo, ya que ésta no depende de la eficiencia de la planta.

G. Diseño de la planta.

1. Terreno. El área requerida para montar esta planta y gozar de espacio suficiente es de 2500 metros cuadrados. En estos 2500 metros se edificarán la planta de producción y

las oficinas. Según el Señor Carlos García, de Ventas Inmobiliaria CORSESA, estimo que un terreno industrial puede encontrarse a un precio de $ 7.00 / metro cuadrado, con facilidades como teléfono, energía eléctrica y agua municipal. El costo del terreno es: US $ 17500

2. Oficinas. Es necesario contar con 200 metros cuadrados de oficinas, para poder edificar tres oficinas individuales, una sala de conferencias, un laboratorio y una sala de recepción. Para estimar el costo por metro cuadrado de construcción fue consultado el Arquitecto Carlos Ogarrio, quien considera que la construcción de oficinas de un nivel es de US $300 / metro cuadrado. Siendo la inversión total de: US $ 8000

3. Bodegas. En este sector se ubicará toda la maquinaria que por su naturaleza necesite protección contra la intemperie. Para esto son necesarios 1000 metros cuadrados. El arquitecto Ogarrio estima que el costo de construcción de bodega es de US $200 por metro cuadrado, lo que incluye una estructura metálica con techo de lámina, suelo de cemento y paredes de block. La inversión es de: US $ 20000

H. Especificación de Equipo.

Esta planta está dimensionada para procesar diariamente 1535 kg de tabaco por lote, realizando tres lotes al día.

El material de construcción fue escogido dadas las caracteristicas de los flujos utilizados y condiciones de operación.

1. Sección de Destilación.

1.1. Tanque Destilación. Se utilizarán tres tanque para realizar la destilación por arrastre de vapor. Cada uno deberá contar con un volumen de 7 metros cúbicos, y estar construido de lámina negra de 1/8 de espesor con refuerzos. Tendrá en la parte inferior una descarga cónica para facilitar su vaciado. Sus dimensiones son: Diámetro 2 metros, altura 1.6 metros. Tolva de 1.6 altura y descarga de 40 centímetros. El costo de los tanques es de:

US $ 3600

1.2. Tolva de alimentación. Esta tolva de alimentación recibirá la mezcla proveniente de los tanques de destilación y dosificará la mezcla al lavador de banda.

El volumen necesario de la tolva es de 7 metros cúbicos, construida de hierro negro. El costo de esta tolva es de:

US $ 1200

1.3. Tanque de Mezcla. Será utilizado para realizar la mezcla de agua, cal y sal que es utilizada en el proceso de destilación. Debido a la naturaleza de los productos, el tanque será de lamina negra de 1/8" de espesor. El volumen de este tanque será de 1000 galones.

US $ 400

1.4. Bomba de Alimentación al Tanque de Destilación. Esta bomba alimentará al tanque de destilación la solución de agua, sal y cal. La bomba deberá alimentar 20 gpm y 40 psi utilizando un motor de 3/4 hp.

US $ 300

1.5. Molino. Este será un molino de cuchilla y martillos que llevará el tabaco a un tamaño no mayor de 2 centímetros. La capacidad del molino debe ser de 15qq/hora. El motor para esta tarea debe ser de 3 hp.

US $ 800

2. Sección de Lavado y Secado.

2.1. Lavadores de Spray. Estos lavadores consistirán de

un transpotador de banda de 7 metros de largo y 50 centímetros de ancho, el cual tendrá 5 metros de regaderas, que servirán para lavar del tabaco los residuos de sal y cal. El tabaco tendrá un tiempo de contacto de 5 minutos con el agua. Esta banda contará con un motor de 2 hp.

US $ 2000

2.2. Prensa de Rodillos. En esta prensa se reducirá la humedad del tabaco ganada en la destilación y en el lavado mediante un proceso de compresión. En esta prensa se introducirátabaco con 50 % de humedad y se obtendra' tabaco con 25 % de humedad, eliminando 600 kg de agua del tabaco por lote.

Esta prensa será de tres rodillos de 35 centímetros de diámetros y un ancho de 1.20 metros, teniendo una separación entre los rodillos de 5 centímetros. Este rodillo necesitará un motor de 5 hp. El material de construcción será de hierro negro.

US $ 3000

2.3. Secador Rotatorio. Este secador rotatorio reducirá la humedad del tabaco de 25 % a 20 %, que es una humedad a la cual el tabaco podrá ser comercializado como abono. Este secador rotatorio trabajará 8 horas diarias teniendo una alimentación de 225 Kg/hora de tabaco húmedo con 25 %. Este

secador utilizará 5.5 x 10^5 Btu/lote para lo que utilizará un quemador de diesel que calentará aire atmosférico el cual sera impulsado mediente un ventilador centrifugo con motor de 2 hp. Este equipo tendrá un diámetro de 80 centimertros y un largo de 7 metros y será construido de hierro negro.

US $ 4500

2.4. Tanque tratamiento agua lavado. Este tanque será utilizado para retener las aguas utilizadas en el lavado del tabaco, la cuales contendrán cal y sal. El volumen requerido es de 2000 galones con lo que se podrá almacenar el agua de los tres lotes. El material adecuado es lámina negra de 1/8".

US $ 800

2.5. Tanque agua de lavado. En este tanque se almacenará el agua que se obtiene de las extracciones líquido-líquido y que es utilizado para lavar el tabaco de la destilación. El tanque tiene un volumen para contener 1000 galbnes. Construido en hierro negro de 1/8".

US $ 400

2.6. Bomba para lavadores. Esta bomba proveerá agua a los lavadores de regadera para la banda de transporte. Esta bomba llevará 10 gpm a una presión de 35 psi, para lo cual utilizará un motor de 3/4 hp.

US $ 300

3. Condensador y enfriamiento de agua.

3.1. Condensador vapor. Este condensador absorverá el calor de evaporación proveniente de la destilación por arrastre de vapor.La temperatura de entrada del vapor será de 155 C y dejará el condensador a 98 C. Su capacidad de condensación es de 3.3 gpm.

El agua de enfriamiento entrará a 27 C y dejará el condensador a 43 C. El tipo de intercambiador utilizado será de concha y tubos, requiriendo un área de intercambio de 150 pies cuadrados. El coeficiente de transferencia de calor se estima en: U = 125 Btu/(h)(F)(pie cuadrado). Se utilizarán 52 tubos de cobre de 3/4 de pulgada en arreglo triangular separados 1 pulgada, y un largo de 16 pies en dos pasos, utilizando una carcaza de 10 pulgads. Serán necesarios 10 deflectores de 25 %. El material de construcción de la carcaza será hierro negro mientras que los tubos seran de cobre.

US $ 4000

3.2. Torre Enfriamiento. Esta torre de enfriamiento atmosferica, servirá para reducir la temperatura del agua de enfriamiento proveniente del condensador con las siguentes características:

Temperatura agua entrada: 104 F Temperatura agua salida: 85 F

Temperatura de bulbo húmedo: 69.8 F Volumen de agua: 19 gpm

Relación aire/agua: 1.1

Altura: 3.5 metros Base: 1.5 x 1.5 metros

La estructura de la torre será de madera tratada contra la humedad. La torre perderá un 3 % por concepto de evaporación.

US $ 2500

3.3. Bombeo al condensador. Esta bomba llevará agua al condensador a un ritmo de 20 gpm y una presión de 50 psi.Utilizando para esto un motor de 1.5 Hp.

US $ 350

4. Sección de extracción Líquido-Líquido

4.1. Tanques de Extracción Líquido-Líquido. Estos tanque recibirán el flujo de kerosina, agua y nicotina. Para provocar una mejor extracción, los tanques serán agitados por una hélice de 40 centimetros de diámetro y tres aspas, y será impulsado por un motor de 1.5 hp. El volumen de los tanques será de 1200 galones. El material de construcción será lámina de hierro negro de 1/8".

US $ 1200

4.2. Calentador de Kerosina. Este intercambiador utilizará vapor proveniente de la destilación para calentar la kerosina que será inyectada a los tanque de extracción líquido-líquido. Este calentador será de concha y tubos y calentará la kerosina de 30 C a 75 C utilizando para este propósito 80 kg de vapor/hora, que se condensará de 155 C a 96 C.

Para este trabajo será necesario un área de intercambio de calor de 40 pies cuatrados con una coeficiente de transferencia de calor de U = 70 Btu/(h)(F)pie cuadrado y 1 tubos de cobre de 8 pies de largo y 3/4 de pulgada de diámetro, arreglados de forma triangular de una pulgada. Una caracaza de 10 pulgadas de diámetro se utilizará para este propósito y será construido de hierro negro.

US $ 3000

4.3. Tanque para reciclar Kerosina. Este tanque almacenará la kerosina que se utiliza en las secciones de extracción líquido-líquido. El material a utilizar es lamina de hierro negro de 1/8. El volumen a almacenar será de 2000 galones para poder almacenar toda la kerosina del proceso.

US $ 800

4.4. Bomba para kerosina. Esta bomba llevará la kerosina a través del calentador hacia los tanques de extracción. Esta bomba será centrífuga y tendrá una capacidad de bombeo de 20 gpm a 50 psi.

US $ 450

4.5. Tanque para recepción de mezcla nicotina-kerosina. El tanque recibirá el flujo que proviene de los tanques de extracción (kerosina-nicotina). Tendrá una capacidad de 2000 galones para poder guardar el líquido de tres tandas.

US $ 800

5. Sección de reacción y neutralización.

5.1. Tanque de Contacto. En este tanque se llevará a cabo el contacto entre la kerosina y el ácido sulfúrico. Será de forma rectangulary se manejará 1200 galones.

Las dimensiones del tanque serán: 1.5 metros frente, 1 metro alto y 2.9 metros profundidad. El material de construcción será hierro negro recubierto de recina epóxica.

US $ 1200

5.2. Bombeo kerosina. Esta bomba llevará la kerosina de la etapa de extracción al depósito de kerosina. El volumen a manejar de esta bomba será de 20 gpm y 40 psi utilizando un motor de 3/4 hp.

US $ 450

6. Servicios Auxiliares

6.1. Caldera. El requerimiento de vapor de la planta es básicamente el necesario para realizar la destilación por arrastre de vapor que requiere 100 bhp. El combustible que la caldera utiliza es diésel.

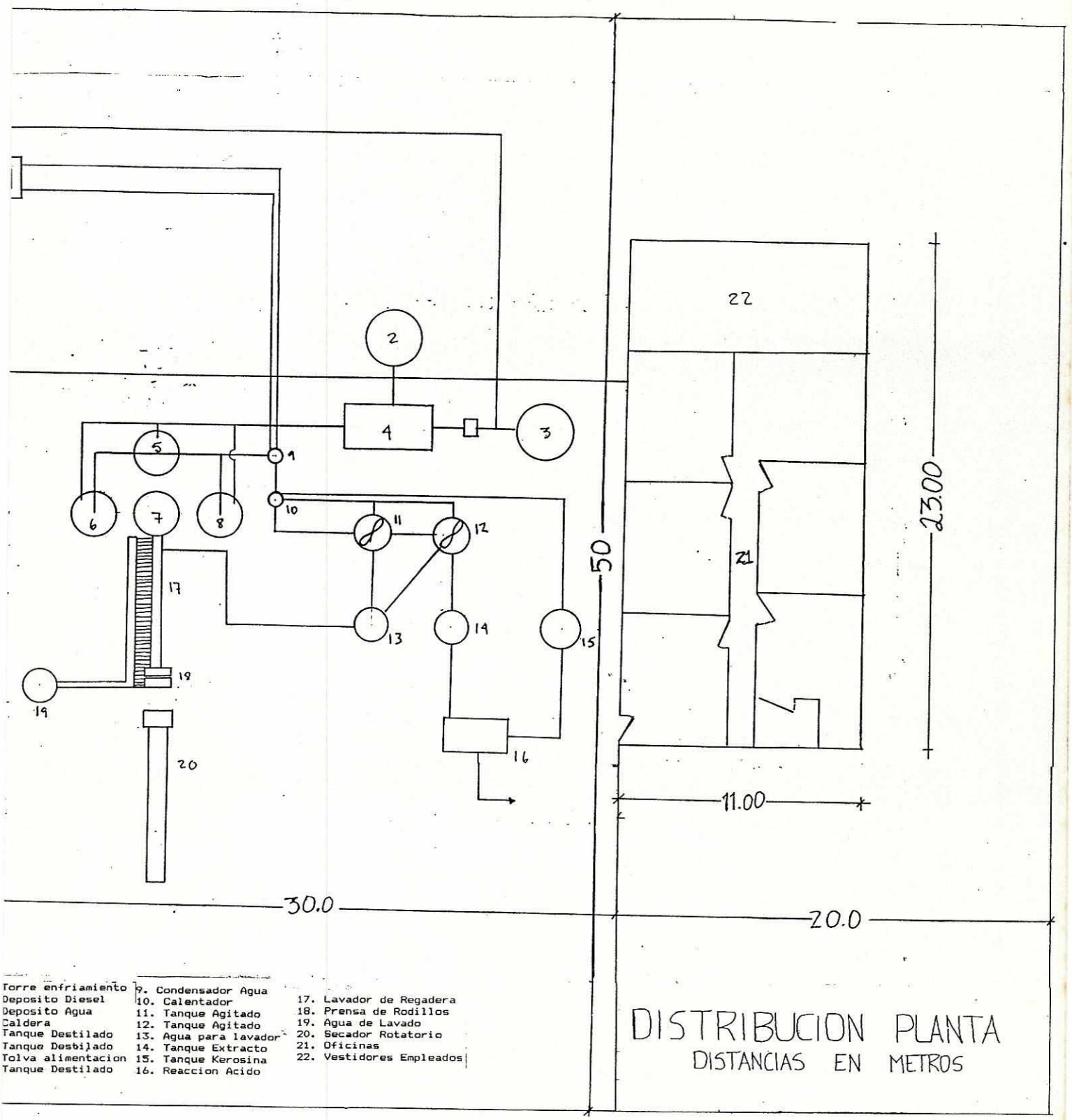
US $ 28000

6.2. Tanque depósito de diésel. Este tanque será bajo tierra. Su volumen será de 5000 galones, para poder operar la planta durante 15 días. El material de construcción será de lámina de hierro negro de 1/8.

US $ 2400

6.3. Depósito de Agua. Almacenará agua para cuatro días de operación. El volumen a almacenar será de 5000 galones. Este tanque se construirá en lámina de hierro negro de 1/8.

US $ 2000



Torre enfriamiento
Deposito Diesel
Deposito Agua
Caldera
Tanque Destilado
Tanque Destilado
Tolva alimentacion
Tanque Destilado

9. Condensador Agua
10. Calentador
11. Tanque Agitado
12. Tanque Agitado
13. Agua para lavador
14. Tanque Extracto
15. Tanque Kerosina
16. Reaccion Acido

17. Lavador de Regadera
18. Prensa de Rodillos
19. Agua de Lavado
20. Secador Rotatorio
21. Oficinas
22. Vestidores Empleados

DISTRIBUCION PLANTA

DISTANCIAS EN METROS

I. Evaluación económica.

La evaluación económica en este tipo de proyectos es básica para poder definir si la inversión a realizar es o no factible. Para realizar ésta se debe definir primeramente la inversión inicial del proyecto, la cual incluirá el costo completo de la planta, la puesta en marcha y el capital de trabajo.

Seguidamente es necesario evaluar el costo de producción y los gastos de operación que se llevarán durante la vida útil del proyecto y fijar el precio unitario de venta del producto y el volumen de producción.

Con estos factores definidos será posible conocer el valor presente neto y la tasa interna de retorno, lo que dará una base para estimar la factibilidad del proyecto.

1. Inversión del proyecto.

1.1. Costo del equipo. En la sección D se dieron las especificaciones del equipo necesario para realizar el proceso. A continuación se presenta el costo del equipo por sección:

TABLA 4.2.

Costo del equipo

A. SECCION DESTILADO	US $ 6300
B. SECCION LAVADO Y SECADO	US $ 11000
C. SECCION CONDENSA	US $ 6850
D. SECCION EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO	US $ 6250
E. SECCION REACCION CON ACIDO	US $ 1650
F. SECCION DE SERVICIOS AUXILIARES	US $ 32400
TOTAL EQUIPO	US $ 64450

1.2. Costo de Instalación de Equipo. Para calcular el costo de instalación del equipo, se consultó al ingeniero Oscar Gil. El ingeniero Gil sugirió los siguientes porcentajes sobre el valor del equipo sin instalar.

Tabla 4.2.

Costo de instalación del equipo

A. AGUA Y OBRA ELECTRICA	10 %
B. INGENIERIA DE DISEÑO	5 %
C. INGENIERIA DEL PROYECTO	15 %
D. INSTALACION DE EQUIPO	20 %

E. INSTRUMENTACION	5 %
PORCENTAJE SOBRE COSTO DE EQUIPO	55 %

El costo del equipo sin instalar es de US $ 64450, por lo que el costo de instalación será:

US $ 35447

1.3. Terreno y Edificios. El área y el costo de edificación de la planta fueron definidos en la sección C de resultado. A continuación se resume la inversión de este rubro:

Tabla 4.4.

Terreno y edificios

A. TERRENO	US $ 17500
B. OFICINAS	US $ 8000
C. BODEGA	US $ 20000
TOTAL EDIFICACION	US $ 45500

1.4. Puesta en Marcha. El capital de puesta en marcha es utilizado para cubrir la mano de obra, energía consumida, materia prima y cualquier otro gasto incurrido en el período de prueba de la planta. Este costo se estima como el 10 % del costo de la planta.

US $ 10000

1.5. Capital de Trabajo. El capital de trabajo se estima como el 25 % de los gastos anuales de la planta. Este efectivo es utilizado para cancelar sueldos de personal, mantener inventario de materia prima, tener efectivo de caja y cualquier otro gasto necesario para manejar la planta durante un año.

US $ 31500

2. Costos de producción. En esta sección se analizan los costos que se incurren al operar la planta durante un año.

2.1. Materia Prima. La materia prima necesaria para el proceso viene dada en la siguiente tabla.

Tabla 4.5.

Materia Prima

Materia Prima	Cantidad/Año	Precio Unidad	TOTAL
Cal	26460 kg	US $ 0.0462/kg	US $ 1224
Sal	35910 kg	US $ 0.1234/kg	US $ 4432
Acido Sulfú	2608 kg	US $ 0.2000/kg	US $ 522
Soda Caustica	945 kg	US $ 0.8000/kg	US $ 756
COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA			US $ 6934

2.2. Mano de obra directa. La mano de obra directa esta compuesta por las personas que intervienen directamente en la sección de producción. Al total de los salarios se le debe agregar un porcentaje de cargas sociales que se pueden resumir en la siguiente tabla.

Tabla 4.6.

Cargas Sociales

I.G.S.S. Patronal.....10.5 % sobre sueldo

Indemnización ..... 1 mes anual

Aguinaldo .....1 mes anual

Compensación ..... 1 mes anual

Las cargas sociales actualmente son del 35.5 % sobre el salario del empleado. La mano de obra directa viene distribuida de la siguiente manera.

Tabla 4.7.

Mano de obra directa

CARGO	No EMPLEADOS	SALARIO MENSUAL
DESTILACION	2	US $ 260
SECADO Y EMPAQUE	2	US $ 260
EXTRACCION LIQUIDO	2	US $ 260
REACCION Y EMPAQUE	2	US $ 260
CALDERA Y TORRE	1	US $ 130
MANO DE OBRA MENSUAL		US $ 1170
Cargas Sociales (35.5 %)		US $ 415
MANO DE OBRA DIRECTA ANUAL		US $ 19024

2.3. Material de empaque. Para el caso de esta planta, el material de empaque está constituido por los sacos necesarios para empacar el tabaco y por los recipientes para comercializar el sulfato de nicotina.

El número de sacos a utilizar anualmente será de 22216, con un costo aproximado de $ 0.20 c/u. El número de envaces para el sulfato de nicotina varía dependiendo del volumen de producción alcanzado anualmente. El costo del envase es de $ 0.3.

3. Gastos de operación. Los gastos de operación son aquellos gastos que no están directamente relacionados con la producción, como son:

3.1. Mano de obra indirecta. La mano de obra indirecta está constituida por personas que no interviene directamente en el proceso de producción, pero si en labores de supervición, mantenimiento, suministros, y análisis de calidad. Las personas necesarias se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4.8.

Mano de obra indirecta

CARGO	No EMPLEADOS	SALARIO MENSUAL
INGENIERO DE PLANTA	1	US $ 1000
INGENIERO AUXILIAR	1	US $ 500
VENDEDOR	1	US $ 500
SECRETARIA	2	US $ 340
SEGURIDAD	2	US $ 260
LABORATORIO	1	US $ 200
BODEGUERO	1	US $ 130
MANO DE OBRA INDIRECTA MENSUAL		US $ 2930
Cargas Sociales (35.5 %)		US $ 1040
TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA ANUAL		US $ 47641

3.2. Diésel de caldera. Este diésel es quemado en la caldera para avastecer 4000 kg de vapor al dia en el proceso de destilación.

3.3. Diésel del secador. El secador utiliza un quemador de diesel para evaporar 600 kg/agua al día, presentes en el

tabaco que se prepara como abono.

3.4. Agua. En el proceso se consumen 2000 galones de agua al día, que se utilizarán para disolver la solución alcali, reponer el agua evaporada de la torre de enfriamiento y el agua que se utilizará como vapor en el proceso de destilación; además del agua necesaria en los servicios de la oficina y planta.

3.5. Energía Electrica. El consumo de energía eléctrica es la utilizada para activar los motores electricos del proceso y para la iluminación de la planta. El consumo diario es de 149 Kw.

En la siguiente tabla se resume el costo anual de estos servicios:

Tabla 4.9.

Servicios auxiliares

SERVICIO	CONSUMO ANUAL	COSTO ANUAL
DIESEL CALDERA	23000 gal	US $ 26910
DIESEL SECADOR	2800 gal	US $ 3276
AGUA	1450 m^3	US $ 580
ENERGIA ELECTRICA	38000 Kw	US $ 3040

TOTAL CONSUMO ANUAL US $ 33806

3.6. Seguro. Este gasto es aplicado a todo aquello que pueda sufrir deterioro en caso de existir un siniestro. (terremoro, incendio, robo, etc.).

La prima de seguros para estas ramas es del 5 % sobre valor de equipo instalado y construcción. Este porsentaje disminuira con el transcurso del tiempo por depreciacion.

3.7. Laboratorio. Corresponde al laboratorio el control de calidad del producto fabricado.El control de calidad consiste en rectificar la concentración del sulfato de nicotina para lo cual es necesario realizar lecturas en el espectrofotómetro. Este gasto se estima en US $ 300 / anuales.

3.8. Mantenimiento. Esta partida es utilizada para mantener en buen estado el equipo de la planta. Incluye el cambio de piezas desgastadas, servicios preventivos y reparaciones necesarias. A esta partida se le asignan US $ 4000 / anuales.

3.9. Depreciación. Las leyes de Guatemala permiten incluir en la declaración del impuesto sobre la renta una depreciación anual de mobiliario y equipo . En este caso se utilizó una depreciación lineal durante 10 años. El monto anual por depreciación es de US $ 12789.

4. Precio de venta.

4.1. Insecticida. Para establecer el precio de venta del SULFATO DE NICOTINA fueron investigados los precios de venta de insecticidas con características similares, ya que desafortunadamente en Guatemala no se comercializa la nicotina. Siendo estos:

-DECIS. Insecticida piretroide sintético y se aplica en una dilución en agua a 1:600. Su precio es de US $ 26 / litro.

-AMBUSH. Insecticida piretroide producido por la ICI de Inglaterra se aplica en agua a 1:600. Su precio es de US $ 35 / litro.

Estos insectidas son producidos en el exterior por compañias que tienen una reputación excelente, lograda por años de trabajo en el campo de la investigación. Sinembargo, el insecticida que se espera producir en esta planta tendá la misma calidad que estos.

Para ofrecer al consumidos un producto de precio atractivo se considera que US $ 20/lt es un precio adecuado para lanzar el producto al mercado.

4.2. Abono. La venta del abono es una ganancia adicional que no está relacionada directamente con la producción de sulfato de nicotina pero su venta registra un ingreso considerable.

El precio de venta esta limitado por abonos similares como lo es la brosa. El precio actual de 1 qq de brosa es de US $ 1.20. Se estima que el precio del abono de tabaco se puede vender a US $ 1 dada su caracteristica similar a la brosa.

5. Análisis Económico. Con todos los datos recabados en esta sección es posible realizar un estudio económico del proyecto que nos indicara la rentabilidad del proyecto.

Para conocer esto es necesario calcular el flujo neto anual de efectivo, que es la ganancia o pérdida que se obtiene luego de un año de operaciones.

Para calcular el flujo neto se consideran los ingresos de capital por concepto de ventas y se le descuentan el costo de producción y el costo de operación. La resta nos dará la utilidad antes del impuesto sobre la renta.

El impuesto sobre la renta es el impuesto que se debe pagar al fisco por las ganancia obtenidas en un año de operaciones. Luego de deducir el impuesto sobre la renta, se obtienen la utilidad neta del proyecto.

A la utilidad neta se le debe sumar lo que se conoce como escudo fiscal, que es la cantidad de dinero que se reportó como depreciación en los costos de operación.

Esta operación sólo se realiza durante los primeros 10 años de vida del proyecto, ya que es el período en el que el gobierno de Guatemala autoriza este manejo de fondos.

Finalmente se obtiene el flujo neto de efectivo. Dado que la vida del proyecto es de 15 años se obtiene un flujo de efectivo por año. Debido al cambio de valor del dinero en el tiempo, es necesario poner estos flujos de efectivo a un mismo nivel. Para esto se utilizará el Valor Presente Neto (VPN), tomando una tasa de descuento del 16 %, que es el interes al cual actualmente prestan dinero los bancos a nivel internacional.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es otra herramienta que se utilizará para evaluar el proyecto. La TIR es la tasa de interes a la que descontados los flujos de efectivo dan un valor presente neto igual a cero.

El valor presente neto utilizando una tasa del 16 % es de:

US $ (+) 481484

mientras que la Tasa Interna de Retorno calculada dio un interes de:

Tasa de Interes de 52%

A continuación se muestra un resumen de Flujo Neto Anual de Efectivo, junto con el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno calculados para la vida del proyecto. En el apéndice C se encuentra en forma detallada el calculo del Flujo Neto Anual.

Tabla 4.10

Flujo neto anual y valor presente neto

Tasa de interes 16 %

AÑO	FLUJO NETO ANUAL	FACTOR DE DESCUENTO	FLUJO FONDOS DESCONTADOS
INVERCION	-186.90	1.000	-186.90
1	72.81	0.862	62.76
2	83.98	0.743	62.40
3	106.19	0.640	67.96
4	102.78	0.552	56.74
5	139.45	0.476	66.38
6	150.51	0.410	61.71
7	152.68	0.353	53.90
8	152.61	0.305	46.55
9	152.49	0.263	40.11
10	152.33	0.226	34.43
11	147.77	0.195	28.82
12	143.35	0.168	24.59
13	134.48	0.145	19.50
14	123.39	0.125	15.42
15	123.34	0.107	13.20
RESCATE	150.00	0.093	13.95
			(+) 481.484

El valor presente neto es de (+) US $ 481.484

Tabla 4.11.

Tasa interna de retorno

Tasa de interes al 52 %

AÑO	FLUJO NETO ANUAL	FACTOR DE DESCUENTO	FLUJO FONDOS DESCONTADOS
INVERCION	-186.90	1.000	-186.90
1	72.81	0.657	47.90
2	83.98	0.432	36.35
3	106.19	0.284	30.24
4	102.78	0.187	19.26
5	139.45	0.123	17.19
6	150.51	0.081	12.20
7	152.68	0.053	8.14
8	152.61	0.035	5.36
9	152.49	0.023	3.52
10	152.33	0.015	2.31
11	147.77	0.009	1.48
12	143.35	0.006	0.94
13	134.48	0.004	0.58
14	123.39	0.002	0.35
15	123.34	0.001	0.23
RESCATE	150.00	0.001	0.18
			(-) 0.669

LA DIVICION ENTRE EL FLUJO NETO DESCONTADO Y LA INVERSION DA

186.226 / 186.897 = 0.9964

V. DISCUSIONES

Para realizar la extracción de nicotina del tabaco existen varios métodos, pero la destilación por arrastre de vapor ofrece una mayor eficiencia de extracción, a la vez de no requerir equipo complicados para el proceso.

La destilación por arrastre de vapor es efectiva debido a la solubilidad que tiene la nicotina en agua. La eficiencia del proceso es superior a la simple extracción con agua, ya que el vapor se introduce entre el tejido del tabaco, extrayendo la nicotina directamente.

La nicotina extraída del tabaco se encuentra luego de la destilación en una concentración de 0.6 %. Esta concentración tan baja es porque se necesitan grandes cantidades de vapor para realizar una extracción aceptable.

Para poder llevar esta solución a una concentración comercial, no es posible utilizar una destilación simple debido a la presencia del azeotropo en la mezcla. La reacción directa con ácido sulfúrico tiene la desventaja de tener un alto costo de producción, ya que luego de la reacción con el ácido, la concentracion se debe llevar a

cabo mediente destilación, lo que consume una gran cantidad de energía debido a la baja concentración de sulfato de nicotina en la solución.

La extracción líquido-líquido tiene la ventaja que el solvente utilizado es recuperado del proceso, lo que reduce los costos de producción. Además es posible obtener una alta reauperación de nicotina del agua ya que el sistema favorece al equilibrio nicotina-kerosina a temperaturas elevadas.

La necesidad de trabajar con liquidos a temperaturas entre los 60 y 90 C, es uno de los principales problemas del método. Para mantener la mezcla en esos rangos de temperatura, el vapor de la destilación es solamente condensado y se le agrega kerosina a 75 C lo que facilita una buena extracción.

El tiempo necesario para alcanzar el equilibrio del sistema es una variable de mucha importancia, ya que si no se alcanza el equilibrio del sistema se estará perdiendo producto en la fase acuosa. El tiempo utilizado en el diseño de la planta fue de 15 minutos, el cual es sugerido por la bibliografía y con el que fue experimentado a nivel laboratorio.

El sulfato de nicotina se obtiene al hacer reaccionar la nicotina presente en la kerosina con ácido sulfúrico. Esta reacción se lleva a cabo con una eficiencia del 100 % ya que no es posible la reacción entre el ácido y la kerosina, por lo que la recuperación de la nicotina es total.

El proceso da inicio al poner en contacto al tabaco y la solución alcalina, luego de lo cual se empieza a inyectar vapor. La cantidad de agua a evaporar es de 1250 kg. Para evaporar esta cantidad de agua son necesarios 1332 Kg de vapor.

Si esta labor se desea realizar en una hora, sería necesaria una caldera de 95 bhp. Por este motivo se decidió realizar la destilación en 90 minutos con lo cual el vapor necesario lo puede generar una caldera de 65 bHp.

El vapor generado en la destilación es condensado mediante dos intercambiadores de calor. El primero condensa el vapor utilizando agua de enfriamiento y el segundo utiliza la energía del vapor sobrante para calentar la kerosina necesaria en el proceso de extracción líquido-líquido.

Al terminar la destilación, los sólidos presentes en el tanque de destilación son extraídos por la parte inferior del tanque. Debido a que el tabaco se destinará para abono agricola, es necesario eliminarle cualquier residuo de sal, que es dañina a las plantas. Es por este motívo que estos sólidos son transportados por la banda donde son lavados.

La posibilidad de secar el tabaco y utilizarlo como combustible sólido en la caldera fue consultado al el Ingeniero Carlos Samayoa, del departamento de tabacos TACASA, quien informó que el tabaco seco contiene una energía de calorífica de 3600 Btu/lb. de productos seco, pero tiene la desventaja de producir demasiada ceniza, lo que dificulta su uso como combustible. Si no existiera este problema la planta llegaria a ser autosuficiente energeticamente, dado el gran volumen de tabaco utilizado. Dado esto seria interesante estudiar el diseno de una caldera de solidos que se adapte a las condiciones de este proceso.

El proceso de extracción líquido - líquido, se realiza en dos etapas. Con esto se pretende reducir la cantidad de nicotina que se desechen como desecho para evitar problemas de contaminación.

El material de construcción elegido es el hierro negro debido a que los líquidos que se utilizan no poseen caracteristicas corrosivas y no se realizan operaciones a presión o temperaturas elevadas.

El grosor escogido de lámina es de 1/8", ya que no existen fuerzas considerables que ameriten el uso de lámina de mayor calibre. Solamente los tanque de destilación utilizan refuerzos debido a la presión a que se someten estos resipientes. El tanque de reacción con ácido sulfúrico sí tiene un recubrimiento con resina epóxica, aunque la concentración es diluida.

La resina epóxica fue estudiada como otra alternativa para la construcción de los tanques para agua, pero los precios son más elevados que los construidos de hierros negro.

La pricipal limitante de la planta es la poca disponibilidad de materia prima en el mercado. La producción de tabaco es durante los meses de febrero a agosto, por lo que la planta permanece paralizada 5 meses. Otro problema es la disponibilidad de mano de obra ya que luego de la epoca de producción se debe despedir al menos las personas que trabajan en producción para reducir gastos.

En caso de contar con más materia prima la planta puede aumentar su capacidad de producción simplemente aumentando el número de turnos al día o almacenando la materia prima y trabajar durante más días al año.

Para evaluar el costo el equipo fueron consultados varios talleres locales, a quienes se les proporcionaron las especificaciones de cada equipo con lo cual se obtuvo un presupuesto.

El costo de instalación del equipo es bastante bajo en comparación a factores propuestos en la literatura, pero esto es debido principalmente a el precio de la mano de obra en Guatemala; y a lo simple de construcción del equipo que consiste básicamente en tanques.

Respecto de la evaluación, se puede observar la alta rentabilidad del proyeto. Esto es debido al bajo costo de la materia prima y el alto precio de los insecticidas similares lo que permite aplicar un precio de venta elevado.

El valor presente neto al final del proyecto es de US $ 481,484 con una inversión inicial de US $ 186,897 lo que nos da una buena perspectiva del proyecto. La tasa interna de retorno es de 52%.

El interes del VPN fue tomado de 16% debido a que esta es la tasa de prestamo que se puede conseguir a nivel internacional (Septiembre 1991), y que es donde es posible conseguir prestamos para proyectos de desarrollo.

Ninguno de estos métodos puede evaluar el riesgo que corre una compañia al realizar una inversión de este tipo. Actualmente se pueden obtener intereses del 30 % en bancos del sistema, donde el riesgo a una devaluación está siempre presente. Este proyecto ofrece 30 % más de intereses, de lo un banco del sistema.

El valor de salvamento aplicado al último año de operaciones es de US $ 150,000. Este valor incluye el valor de la tierra que a lo largo de los 16 años se asumió puede llegar 5 veces su valor inicial. Ademas incluye las ganancias que se obtienen con la venta del equipo que las construcciones.

En la evaluación económica realizada no se incluyeron aumentos a los costos variable, ya que es difícil predecir el aumento de estos servicios debido a la inestabilidad en que se encuentra la economía mundial. La manera que se tratarían estos aumentos al momento de existir, sería aumentando el precio al producto para así poder mantener las condiciones del estudio.

IX. CONCLUSIONES

Luego de realizar el estudio de factibilidad, se concluye que es económicamente rentable construir y operar una planta de sulfato de nicotina en Guatemala, bajo las condiciones de diseño presentadas en este informe.

Como en todo estudio de factibilidad, se deben asumir ciertos parámetros para tener una base de partida, tales como el precio de venta del producto y el volumen de ventas anuales, los cuales son inciertos. Pero la alta rentabilidad económica que muestra el proyecto compensa el riesgo de la inversión.

La capacidad de producción de la planta fue elegida, partiendo del volumen de vena de tabaco desechada por la Tabacalera Centro Americana S.A., dividiendo el proceso en tres lotes diarios, con lo que se puede llegar a producir 17010 kg de sulfato de nicotina al año. La máxima eficiencia de la planta es alcanzada luego del sexto año de operaciones llegando a un 96 %.

La mejor ubicación de este proyecto es en Boca Del Monte, Villa Canales, ya que se reducen los costos de transporte, existe mano de obra disponible y se encuentra

cercano a la capital.

El método de producción a utilizar es una destilación por arrastre de vapor y luego una extracción líquida y, finalmente, una reacción con ácido. Este método fue elegido por su simplicidad y la facilidad de construcción del equipo.

Se considera que es posible instalar esta planta con una inversión inicial de US $ 186,897, podiendo obtener una ganancia de US $ 481,484 al finalizar el proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

Presentar el estudio a las tabacaleras como una posibilidad de aprovechar íntegramente los desperdicios de la producción de cigarrillos, a la vez de evitar la contaminación del medio ambiente.

Es recomendable estudiar a fondo el tiempo que el sistema kerosina-nicotina-agua tarda en alcanzar el equilibrio ya que ésta es una de las variables principales del proceso.

Se deben buscar otras posibles fuente de materia prima, ya que la planta cuenta con una capacidad de producción mucho mayor. Se reconienda estudiar la factibilidad de establecer una plantacion de tabaco para cubrir esta deficiencia.

Estudiar la posibilidad de exportar el producto terminado hacia países en donde un insecticida orgánico de rápida degradación como el sulfato de nicotina puede se vendido a un mejor precio que a nivel local dadas sus caracteristicas protectoras del medio ambiente.

Realizar un estudio para conocer el precio de una caldera de sólidos que utilice el tabaco como combustible.

BIBLIOGRAFIA

Badgett, C.O. _Ternary System Nicotina-Water-Kerosine.
1951 Industrial and Engineering Chemistry.

Claffey, J.B. and C.O. Badgett. Nicotine Extraccion from
1950 water with kerosine. Industrial and En
ginnering Chemistry.

Cremlyn, R. Plagicidas Modernos y su acción bioquími-
1962 ca, Editorial Limusa, McGraw-hill

Darley, M. Comparación entre tres insecticidas or-
1931 gánicos, Jounal of Economic Enthomology

Griffin, E. Nicotine Sulfate from Nicotiana Rustica
1952 Industrial and Engineering Chemistry

Hans F.K. Volatility of nicotine during distilatio
1947 from water. Chemical Abstracts

Hope . P.H. Influence of Calcium Hydroxide concen-
1947 tration on the yield of nicotine sulfate
Chemical Abstracts

McCabe, W., Smith and Harriot. Unit Operation of Che-
1985 mical engineering. McGraw-Hill

Metcalf, R. Organic Insecticides. McGraw-Hill
1962

Naude, C.P. Production of nicotine sulfate from South
1949 African Waste Tobaco. Chemical Abstracts

The Merck Index, 10 th ed. N.J., Merck & Co., Inc 1983

APENDICE A

Concentración de nicotina en el tabaco

El conocer la concentración denicotina en el tabaco guatemalteco, es la variable más importante para el diseño de este proyecto, ya que de este depende la capacidad de producción de la planta, asi como las ganancias econónicas que se puedan obtener.

Para determinar la concentración de nicotina en el tabaco, fue utilizado el método propuesto por la AOAC, que consiste de los siguiente pasos:

1. Estandarización. Se debe hacer una solución de nicotina en medio ácido, diluyendo 0.2 ml de nicotina en un litro de ácido clorhídrico 0.05 N., y realizar una dilución 1:1000. Con esta solución se determina la absorbancia A, en 259 nm. La absortividad molar vendrá dada por $a = A / (c \times b)$, siendo"c" la concentración de nicotina expresada en gramos/litro y "b" el recorrido optico.

2. Destilación. Se pesan 5 gramos de tabaco y se agregan al balón de destilación. A este se agregan 50 ml de una solucion alcali (300 gr NaOH, 700 ml agua y NaCl hasta saturar) y se procede a realizar una destilación por arrastre de vapor. El destilado es colectado en un balón volumétrico de 1 litro que contiene 25 ml de ácido clorhídrico (1 + 4).

3. Determinación. El destilado es analizado en un espectrofotómetro de luz ultravioleta a 236, 259 y 282 nm. Con estos valores se obtiene un valor corregido de la absorbancia que viene dado por: $A = 1.059 \times [A_{259} - 0.5 (A_{236} + A_{282})]$. La concentración de nicotina en gramos por litro en la solución viene dado por :

$$c = A / (a \times b)$$

donde "a" y "b" tienen los mismos valores que en la primera ecuación. El % de nicotina en el tabaco se obtienede:

% nicotina = c x volumen destilado (lt) x 100 / gramos muestra.

Para conocer la concentración de nicotina en el tabaco guatemalteco, se realizó un análisis que dió los siguientes resultados:

Tabla A.1.

Concentración de nicotina en el tabaco guatemalteco

ABSORTIVIDAD	33.013
ABSORBANCIA 259 nm	0.820
ABSORBANCIA 236 nm	0.235
ABSORBANCIA 282 nm	0.060
ABSORBANCIA CORREGIDA	0.712
CONCENTRACION EN SOLUCION (gr/lt)	0.021
% DE NICOTINA EN TABACO	0.866

Los valores utilizados fueron obtenidos de la gráfica obtenida por el espectrofotómetro Lamda 5, y se muestran a continuación.

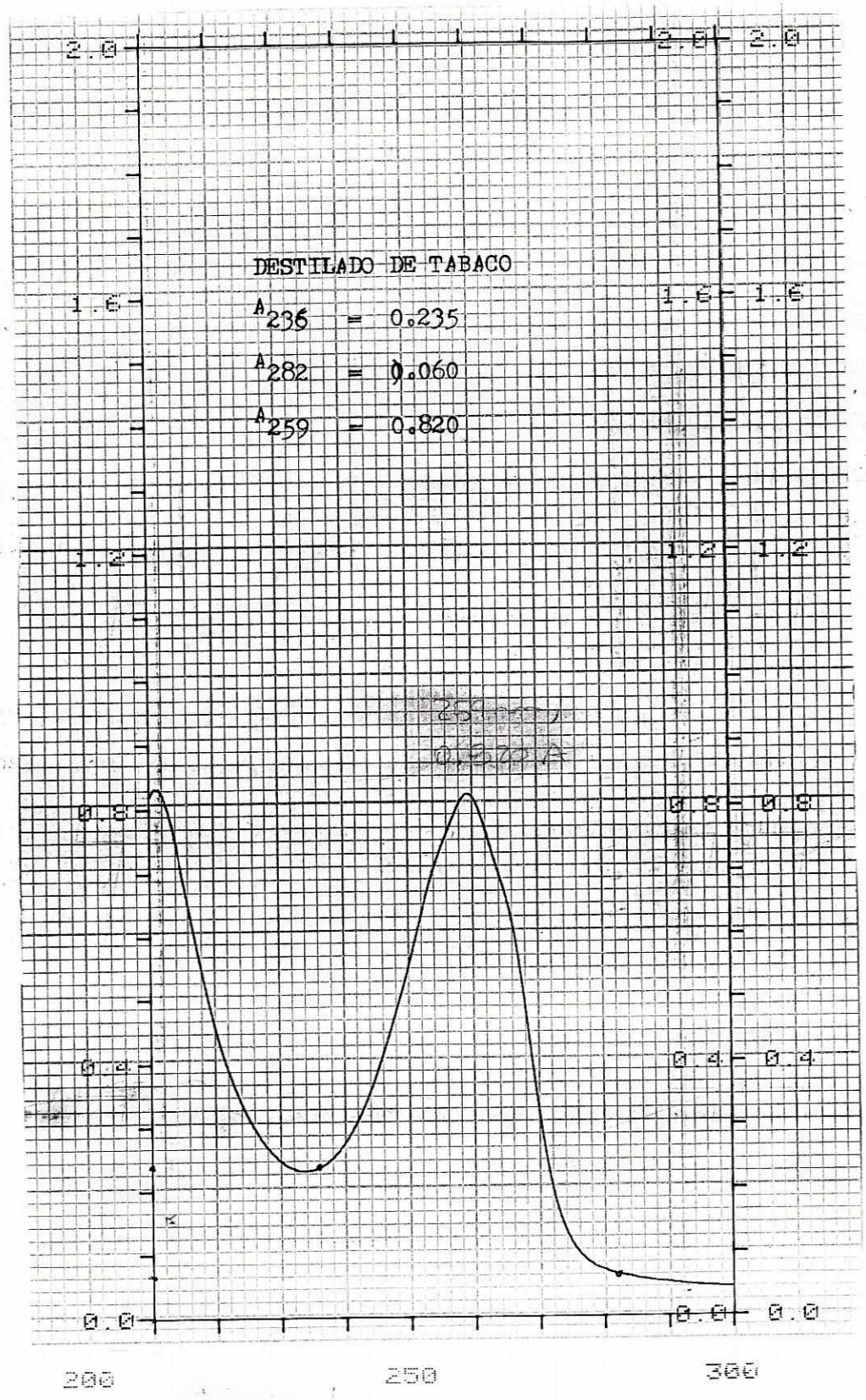


Figura 3. Espectro obtenido del Destilado de Tabaco captado en medio ácido.

APENDICE B

SISTEMA NICOTINA - AGUA - KEROSINA

El equilibrio del sistema nicotina-agua-kerosina, ha sido evaluado por J.B. Claffey, quien estudio los efectos de la concentración y la temperatura en la distribución de este sistema.

Claffey preparó soluciones de nicotina con una concentración desde 1.0 gramos hasta 793.8 gramos por litro de solución. Así mismo hizo variar la temperatura de 5 a 98 °C.

Para realizar este experimento introdujo en un Erlenmeyer de 250 ml, 50 ml de la solución de nicotina a estudiar y 50 ml de kerosina.

Estas soluciones fueron tapadas herméticamente y permanecieron en un baño térmico durante 24 horas, donde se les suministró agitación constante.

Luego de las 24 horas una muestra de la solución acuosa fue pipeteada y analizada la concentración de nicotina

presente. La concentración de nicotina presente en la fase de Kerosina fue calculada por diferencia.

Los resultados obtenidos se observan en la siguiente tabla, donde C es la concentración en gramos/litro de la nicotina en agua y C' la concentración de la nicotina en Kerosina.

TABLA No.A.2.

COEFICIENTES DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA

NICOTINA - AGUA -KEROSINA

	Concentracion inicial de Nicotina en agua(g/lt)					
Temp	1.01	2.45	4.99	7.45	9.87	20.00
5 C	3.40	....	3.30	....	....	3.40
20 C	1.60	1.60	1.40	....	1.40	1.40
35 C	0.80	0.75	0.69	0.69	0.7	0.72
50 C	0.51	0.42	0.41	0.40	0.41	0.41
65 C	0.26	0.30	0.30	0.27	0.31	0.27
80 C	0.25	0.33	0.30	0.32	0.34	0.25
98 C	0.25	0.23	0.21	0.18	0.18	0.17

(Industrial & Engineering Chemistry, 1950)

En la figura No. 3 se encuentran graficados la relación de C/C`contra el logaritmo de la concentración de la nicotina en la fase acuosa.

La relación de distribución es relativamente constante hasta alcanzar los 10 gramos/litro luego de lo cual crece, obteniendo un máximo entre 45 y 65% de nicotina, luego de lo cual vuelve a disminuir en concentraciones superiores.

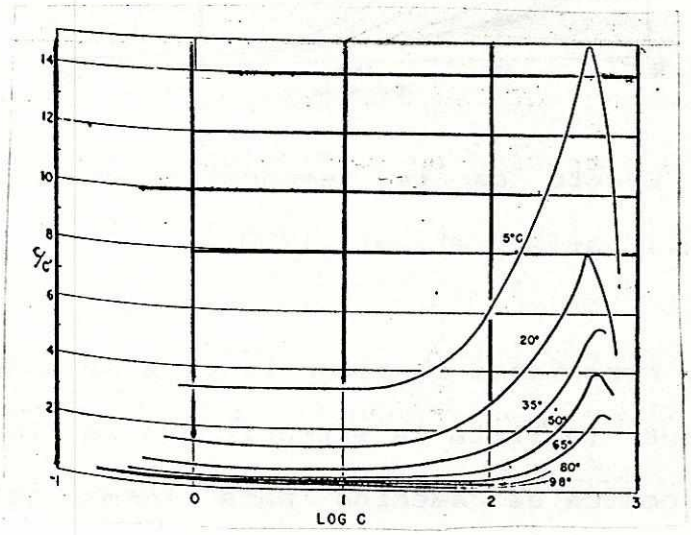


Figura 3 Efecto de la concentracin en el coeficiente de distribución.(Claffey, et. al., 1950)

En la figura No. 4 se muestra el efecto que tiene la temperatura en los coeficientes de distribución. Esta relación varía inversamente con la temperatura acercandose a un valor aproximado de 0.2 entre 80 y 85 C para la concentración inicial entre 0.1 y 40%.(Industrial and En-

gineering Chemistry, 1950)

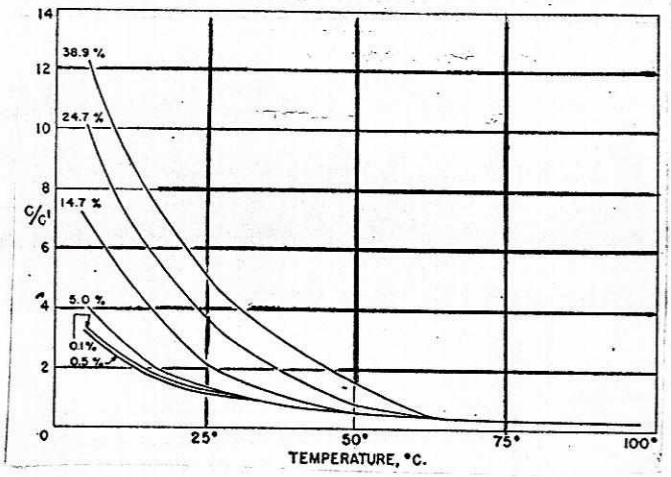


FIGURA 4. Efecto de la temperatura en el coeficiente de distribución.(Claffey, et. al.,1950)

Claffey recomienda mantener la tasa de extracción igual a 1 lo que facilita la extración en la siguiente etapa y reduce los costos de reacción para formar el sulfato de nicotina.

Respecto al tiempo que tarda el sistema para alcanzar el equilibrio, E.R. Deong, experimentó con este sistema y calculó que luego de 15 minutos el sistema habría alcanzado el equilibrio. (Industrial and Engineering Chemistry, 1928)

En la etapa final la nicotina se extrae de la kerosina al hacer reaccionar ésta con ácido sulfúrico. Debido a que la kerosina no reacciona con el ácido sulfúrico, la nicotina es recuperada en un 100% y puede ser separada luego de 30 min de reposo.

El sulfato de nicotina producido suele tener una concentración industrial del 40%. Dada la relación de flujos se suele agregar un excedente de ácido sulfúrico para garantizaana reacción de toda la nicotina.

El exceso de ácido sulfúrico agregado en el paso anterior, debe ser neutralizado para evitar problemas de corrosión con el producto terminado. Por esta razón se suele llevar industrialmente el producto hasta un pH de 6, utilizando para esto soda caustica.

APENDICE C

TABLA C.1.
VALOR PRESENTE NETO

VALORES EXPERSADOS EN MILES DE DOLARES
CAPACIDAD MAXIMA DE PRODUCCION DE INSECTICIDA 17010 LT

ANO	1	2	3	4	5
EFICIENCIA %	60	65	75	85	90
PRODUCCION SULFATO	10206	11056	12757	14458	15309
VENTA INSECTICIDA	204.120	221.130	255.150	289.170	306.180
VENTA ABONO	22.216	22.216	22.216	22.216	22.216
VENTAS TOTALES	226.336	243.346	277.366	311.386	328.396
COSTO DE PRODUCCION					
MATERIA PRIMA	6.934	6.934	6.934	6.934	6.934
MANO OBRA DIRECTA	19.024	19.024	19.024	19.024	19.024
ENVACES SULFATO	3.061	3.316	3.827	4.337	4.593
SACOS ABONO	4.443	4.443	4.443	4.443	4.443
TOTAL COSTO PRODUC	33.462	33.717	34.228	34.738	34.994
VENTAS BRUTAS	192.874	209.629	243.138	276.648	293.402
GASTOS OPERACION					
MANO OBRA INDIRECT	47.641	47.641	47.641	47.641	47.641
COMBUSTIBLE	30.186	30.186	30.186	30.186	30.186
ENERGIA ELECTRICA	3.040	3.040	3.040	3.040	3.040
AGUA	0.580	0.580	0.580	0.580	0.580
SEGUROS	6.394	6.074	5.770	5.482	5.207
LABORATORIO	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
MANTENIMIENTO	1.000	1.150	1.322	1.520	1.748
DEPRECIACION	12.789	12.789	12.789	12.789	12.789
TOTAL COSTOS OPERA	101.930	101.760	101.628	101.538	101.491
UTILIDAD ANTES ISR	90.944	107.869	141.510	175.110	191.911
ISR A PAGAR (34 %)	30.920	36.675	48.110	59.537	65.249
UTILIDAD NETA	60.023	71.193	93.396	115.572	126.661
(+) ESCUDO FISCAL	12.789	12.789	12.789	12.789	12.789
FLUJO NETO ANUAL	72.812	83.982	106.185	102.783	139.450

ANO	6	7	8	9	10
EFICIENCIA	95	96	96	96	96
VENTAS	16159	16329	16329	16329	16329
Venta Insecticida	323.190	326.592	326.592	326.592	326.592
Venta Abono	22.216	22.216	22.216	22.216	22.216
VENTA TOTAL	345.406	348.808	348.808	348.808	348.808
COSTO DE PRODUCCION					
MATERIA PRIMA	6.934	6.934	6.934	6.934	6.934
MANO OBRA DIRECTA	19.024	19.024	19.024	19.024	19.024
ENVACES	4.847	4.898	4.898	4.898	4.898
SACOS ABONO	4.443	4.443	4.443	4.443	4.443
TOTAL COSTO PRODUC	35.248	35.299	35.299	35.299	35.299
VENTAS BRUTAS	310.158	313.509	313.509	313.509	313.509
COSTOS OPERACION					
MANO OBRA INDIRECT	47.641	47.641	47.641	47.641	47.641
COMBUSTIBLE	30.186	30.186	30.186	30.186	30.186
ENERGIA ELECTRICA	3.040	3.040	3.040	3.040	3.040
AGUA	0.580	0.580	0.580	0.580	0.580
SEGUROS	4.947	4.700	4.465	4.241	4.029
LABORATORIO	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
MANTENIMIENTO	2.010	2.312	2.659	3.057	3.510
DEPRECIACION	12.787	12.787	12.787	12.787	12.787
TOTAL COSTOS OPERA	101.493	101.548	101.660	101.834	102.075
UTILIDAD ANTES ISR	208.665	211.961	211.849	211.675	211.434
ISR A PAGAR	70.946	72.000	72.028	71.969	71.887
UTILIDAD NETA	137.718	139.894	139.820	139.705	139.546
ESCUDO FISCAL	12.789	12.789	12.789	12.789	12.789
FLUJO NETO ANUAL	150.507	152.683	152.609	152.494	152.330

ANO	11	12	13	14	15
EFICIENCIA	96	94	90	85	85
VENTAS	16329	15989	15309	14458	14458
Venta Insecticida	326.592	319.788	306.180	289.170	289.170
Venta Abono	22.216	22.216	22.216	22.216	22.216
VENTA TOTAL	348.808	342.004	328.396	311.386	311.386
COSTO DE PRODUCCION					
MATERIA PRIMA	6.934	6.934	6.934	6.934	6.934
MANO OBRA DIRECTA	19.024	19.024	19.024	19.024	19.024
ENVACES	4.898	4.796	4.592	4.337	4.337
SACOS ABONO	4.443	4.443	4.443	4.443	4.443
TOTAL COSTO PRODUCC	35.299	35.197	34.993	34.738	34.738
VENTAS BRUTAS	313.509	306.807	293.403	276.648	276.648
COSTOS OPERACION					
MANO OBRA INDIRECTA	47.641	47.641	47.641	47.641	47.641
COMBUSTIBLE	30.186	30.186	30.186	30.186	30.186
ENERGIA ELECTRICA	3.040	3.040	3.040	3.040	3.040
AGUA	0.580	0.580	0.580	0.580	0.580
SEGUROS	3.828	3.636	3.455	3.282	3.118
LABORATORIO	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
MANTENIMIENTO	4.040	4.240	4.450	4.670	4.910
DEPRECIACION					
TOTAL COSTO OPERA.	89.615	89.613	89.652	89.699	89.775
UTILIDAD ANTES ISR	223.894	217.194	203.751	186.949	186.873
ISR A PAGAR	76.123	73.845	69.275	63.562	63.536
UTILIDAD NETA	147.770	143.348	134.475	123.386	123.336
ESCUDO FISCAL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FLUJO NETO ANUAL	147.770	143.348	134.475	123.386	123.336

VALOR DE SALVAMENTO US $ 150000