

Estudio Sobre un Proceso para la Obtención de un Extracto de Capomo Soluble

TESIS

que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

presenta

KETTY MEADE Y GARCIA DE LEON

ante la Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química Berzelius

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS

MEXICO, D. F.

1956



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

W.R.

**ESTUDIO SOBRE UN PROCESO PARA
LA OBTENCION DE UN EXTRACTO
DE CAPOMO SOLUBLE**

KETTY MEADE Y GARCIA DE LEON

MEXICO, D. F.

1956

Para mis padres.

RECONOCIMIENTO

Deseo expresar mi reconocimiento a la Dirección y Técnicos del Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas, por la asistencia y facilidades que me fueron brindadas para la realización del presente trabajo.

A la Oficina de Investigaciones Industriales del Banco de México, S. A., por el apoyo otorgado a través de su Sección de Educación y Becas.

SUMARIO

INTRODUCCION.

CAPITULO I.

Generalidades.

A) Materia Prima.

B) Proceso.

CAPITULO II.

Experimentación.

CAPITULO III.

Cálculos de Diseño.

CAPITULO IV.

Estimación de Costos.

CAPITULO V.

Conclusiones.

CAPITULO VI.

Bibliografía Especial.

Bibliografía General.

INTRODUCCION

En la República Mexicana existe una gran variedad de plantas que representa indudablemente una riqueza nacional. De entre las innumerables especies que crecen en el país, pocas han sido objeto de explotación industrial. La mayor parte no ha sido estudiada desde el punto de vista de su aprovechamiento industrial o se cuenta con relativamente pocos datos científicos y económicos como para permitir su explotación racional.

Uno de los ejemplos que pueden citarse a este respecto es el capomo; su aprovechamiento se ha limitado a los usos que le dan los naturales de las regiones en las que crece, sin que a la fecha se sepa de algún desarrollo industrial que específicamente utilice a esta materia prima.

El objeto de este trabajo es presentar un estudio preliminar sobre las posibilidades de aprovechamiento de la semilla de este árbol, en la preparación de un extracto seco que posee características similares a las que se observan en productos comerciales sustitutos del café, que no contienen cafeína.

Estos productos han venido adquiriendo un interés creciente en los mercados de Europa y Norteamérica. En México se expenden en el comercio varios tipos de sustitutos de café de diversos orígenes, así como café soluble descafeinado.

En este estudio se presenta una exposición somera de las principales operaciones unitarias de un proceso que utiliza al capomo como materia prima.

Independientemente del mérito o ventajas que la semilla del capomo pudiera ofrecer como para hacer posible o recomendable el establecimiento de una planta comercial, la presente tesis se

ha avocado al cálculo económico y diseño de una "planta modelo", con fines exclusivamente académicos. Los datos que aquí se presentan no constituyen, por tanto, una recomendación o sugerencia para la promoción industrial del capomo, ya que su valor real, en términos de mercado, no ha sido comprobado.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

A) Materia Prima.

El capomo (*Brosimum alicastrum*), perteneciente a la familia de las Moraceae, crece en las zonas de clima cálido y húmedo de México, Centroamérica y las Antillas. Es un árbol que alcanza hasta 30 m. de altura y 1 m. de diámetro; tiene una corteza gris agrietada que se desprende del árbol por sí sola (1); sus hojas son oval-oblongas, lisas, alternas, enteras, acuminadas o agudas y cortamente pecioladas (2). Florece unisexualmente durante el otoño. Es, por lo general, monoico.

El fruto, como de 2 cm. de diámetro, es un aquenio globoso amarillo naranja. El pericarpio se descompone a poco de caer la fruta al suelo, y deja en libertad a la semilla (3), cubierta por dos envolturas papiráceas y formada por dos cotiledones gruesos y leuculentos, con la radícula encorvada sobre uno de ellos.

Por medio de una incisión se obtiene del tronco un jugo lechoso que se usa como adulterante del chicle.

Es un árbol muy apreciado en las regiones en que abunda, debido a que sus frutos sirven como alimento a los naturales en diferentes guisos, como pasteles, tortas y atole; además, se prepara con la semilla tostada y molida una infusión cuyo aroma recuerda al del café. Por otra parte, sus hojas y frutos se usan ampliamente como forraje para el ganado (4).

En la actualidad, el capomo no es objeto de ningún cultivo específico y se encuentra en México formando bosques llamados capomales en las regiones de Colima, Chiapas, Jalisco, Oaxaca, Sinaloa, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

Un análisis químico de la semilla se encuentra en la tesis de "Investigación Analítica Sobre la Semilla de Capomo": (9)

	Por ciento
1. Proteína	11.00
2. Lípidos	1.10
3. Materia mineral	4.13
4. Fibra cruda	4.55
5. Azúcares totales	3.37
6. Reductores totales	71.29

B) Proceso.

El procedimiento completo para obtener del capomo tostado un extracto soluble en agua, requirió el estudio de diferentes operaciones unitarias. Estas operaciones serán tratadas en el transcurso del texto con énfasis en el estudio de la extracción de los sólidos solubles del capomo tostado, operación que constituye la parte importante del estudio.

1. Torrelación

La primera operación que se realiza con la semilla que ha sido previamente seleccionada, es el tostado o torrelación, que consiste en someter el material a la acción del calor en presencia del aire, con el fin de que adquiera ciertas características deseables que lo aproximen orgánicamente al café. En este caso, al igual que en el café y otros productos similares, el tratamiento trae consigo el desarrollo de ciertos aromas y sabor que lo tornan agradable al gusto.

Es por esto que el tostado adquiere gran importancia, ya que de él depende la calidad del producto final y sus características de aroma y sabor.

Durante esta operación se efectúan muy diversos cambios en el capomo, algunos de ellos son fáciles de apreciar, tales como el aumento de volumen, oscurecimiento de color exterior e interior, etc. Además, se presentan otros fenómenos más complejos, como pérdida parcial del agua, desprendimiento de gases, caramelización y transformación de otros componentes, que no pueden apreciarse a simple vista.

Las variables principales que se requiere fijar en esta operación son:

- a) Temperatura de operación.
- b) Tiempo de tostado.

Generalmente estas variables pueden fijarse de acuerdo con pruebas organolépticas diseñados ex-profeso y el contenido de los sólidos solubles en infusiones obtenidas de cada muestra.

2. Molienda

La eficiencia del proceso de extracción depende esencialmente del empleo de un tamaño adecuado de partícula. Se debe tratar de encontrar un tamaño tal que permita la mayor rapidez en la extracción (mayor eficiencia a mayor superficie del contacto del material) y el mejor drenado de licor a través de la cama formada por el material, pues generalmente se dificulta con el uso de partículas muy finas.

Para fijar el tipo de molino se deben efectuar pruebas en cada uno de ellos, determinando posteriormente la granulometría, la facilidad para la percolación y la posible degradación que presentan las diferentes muestras. De esta experimentación se puede deducir el tipo de molienda y de molino más adecuados.

3. Extracción

Se ha puesto el máximo interés en esta operación, ya que la resolución de este problema constituye el aspecto más crítico en el desarrollo del proceso.

Es factible efectuar la extracción de un material en corriente paralela o en contracorriente. En casos como el que se estudia, en los cuales el extracto que se obtiene es el material de valor, el sistema más práctico es el de contracorriente, puesto que permite el contacto de soluciones diluidas con materiales ricos y de soluciones concentradas con materiales cada vez más agotados. Además del licor resultante es más homogéneo en cuanto a su contenido de sólidos, lo que favorece la uniformidad del proceso.

Una vez fijado el sistema de extracción, hay que tomar en cuenta que el mismo puede efectuarse en forma intermitente y en forma continua.

En vista de que la construcción, operación, eficiencia mecánica y mantenimiento de un equipo intermitente en una planta pequeña, son mucho más sencillos, será ésta la forma de extracción adecuada para el caso.

Las variables que se requiere fijar en un sistema intermitente de extracción en contracorriente, son:

a) El tamaño de partícula.

Ya se explicó al hablar de la molienda cuáles son las especificaciones que deberá llenar el tamaño de partícula escogido, tomando en cuenta principalmente la facilidad de drenado del licor.

b) Temperatura óptima de extracción.

En general la solubilidad de un material aumenta con la temperatura, mejorando la velocidad de extracción, pero al mismo tiempo una temperatura demasiado elevada ocasiona pérdidas de materias volátiles, degradación del material soluble y extracción de sustancias indeseables.

c) Relación en peso del solvente al material.

La cantidad de agua necesaria para la mejor eficiencia de la extracción debe determinarse, puesto que si se emplea en exceso, el licor se obtiene muy diluido, y en cambio, si se trata con poca agua será indispensable efectuar muchas extracciones para dejar el material prácticamente agotado.

d) Tiempo óptimo de contacto.

Después de un determinado tiempo de contacto, el agua ha disuelto una cantidad tal de sólidos que su concentración alcanza el equilibrio con la de los sólidos solubles no disueltos que se encuentran en la materia prima. Es por lo tanto necesario conocer cuándo se logra prácticamente este equilibrio, ya que a partir de este momento la concentración no aumenta en grado apreciable.

Una manera de encontrar esta variable consiste en determinar la cantidad de sólidos solubilizados durante diferentes tiempos de contacto y llevar estos valores a una gráfica.

e) Número de pasos.

En vista de que el sistema de extracción que se estudia es el intermitente, es necesario conocer el número de extracciones o pasos a que se debe sujetar el material para dejarlo prácticamente agotado.

Esta prueba se realiza fijando previamente las demás variables y sometiendo el material a sucesivas extracciones con determinación de sólidos solubles en cada licor y construyendo la gráfica de valores, para con ella determinar el número de extracciones convenientes.

f) Ciclo α contracorriente.

Mediante el estudio exhaustivo de la operación de extracción α contracorriente se logra determinar la forma más adecuada para diseñar el proceso industrial correspondiente, incluyendo la utilización eficiente de la batería de extracción.

En el estudio del ciclo α contracorriente se trabaja mediante la fijación de las condiciones anteriores, y de su operación se consiguen datos sobre el volumen, densidad y concentración del licor producido y el peso, humedad y sólidos remanentes del residuo.

4. Sedimentación y decantación

La extracción de materiales sólidos con solventes presenta generalmente el problema de que el licor obtenido contiene una cantidad de insolubles que es necesario eliminar.

En el caso del capomo el licor de extracción arrastra finos de rápida sedimentación, con lo que se evita el uso de aparatos adicionales para llevar a cabo la clarificación de dicho licor.

La sedimentación consiste en permitir que las partículas sólidas, por su propio peso, caigan al fondo del recipiente en que está contenida la suspensión, la que deberá estar prácticamente inmóvil con este fin.

La clarificación por sedimentación se puede llevar a cabo en tanques estacionarios, en los cuales, una vez alimentada la suspensión, ésta permanece en reposo durante cierto tiempo, y finalmente se decanta el licor sobrenadante. También se puede lograr en tanques continuos, donde el licor clarificado se separa por la parte superior, en tanto que por la inferior sale el residuo asentado. Es muy frecuente el uso de una serie de tanques de este tipo que se van alimentando sucesivamente para lograr, además de una máxima eficiencia en la sedimentación, una separación de las partículas suspendidas en diversos grupos, según sus tamaños.

5. Concentración

El licor procedente del sistema de extracción requiere una concentración previa al secado, ya que en las condiciones de dilución en que se obtiene, se haría necesario el empleo de un secador de gran capacidad, operándose además el aparato en condiciones económicamente desfavorables.

La concentración consiste en la eliminación parcial del solvente, con el fin de enriquecer el soluto en el licor que se está tratando. Sin embargo, esta operación presenta algunos problemas cuando el soluto tiene características que impiden usar una simple evaporación a la temperatura aproximada de evaporación del solvente. Tal es el caso de sustancias sensibles al calor, como la mayoría de los productos alimenticios.

6. Secado

El secado es una operación unitaria de gran interés, que ha sido objeto de muchos estudios. El secado en sí, es la eliminación total o parcial del solvente en un soluto. El sistema de secado varía de acuerdo con el material a que se va a someter, en relación con las características de producto final.

El licor de capomo es un material termosensible, por lo que para llevar a cabo la operación se requiere un secado de tipo especial en aparatos al vacío, que pueden ser secadores de tambor, de charola, etc.; o bien secadores instantáneos o por aspersión. Estos aparatos, como su nombre lo indica, secan instantáneamente, por lo que el contacto entre el material y el medio de calentamiento dura unos segundos, y por ello en estos aparatos se puede operar a elevadas temperaturas sin modificar substancialmente las características del producto.

Se ha considerado que los secadores por aspersión son los más adecuados para el caso presente, ya que se obtiene un producto homogéneo, de fácil disolución, de muy buena presentación para el comercio y que no requiere ningún tratamiento posterior para su envase.

En este tipo de aparatos el medio transmisor del calor suele ser el aire previamente calentado o gases provenientes de una combustión y en algunos casos la mezcla de ambos.

Los problemas que presentan estas operaciones unitarias serán tratados en el siguiente capítulo.

CAPITULO II

EXPERIMENTACION

Este capítulo se puede dividir en cinco partes, cada una de las cuales contendrá la parte experimental realizada sobre una de las operaciones principales.

1. Tostado

La semilla se tostó en tres tipos de tostadores que se han nombrado de charola, cilíndrico horizontal y cilíndrico vertical. Para el calentamiento se usó gas butano-propano.

El tostador de charola usado es un recipiente de porcelana, similar a una cápsula de laboratorio, en el cual se colocó la muestra que en el curso de esta experimentación se agitó manualmente.

El tostador cilíndrico horizontal consta de un tambor horizontal cruzado por un eje central también horizontal, sobre el cual gira todo el cilindro por medio de una manivela.

El tostador cilíndrico vertical presenta una base de mucho mayor superficie que el área lateral. Para su agitación cuenta con unas aspas unidas a un eje central vertical, el cual acciona con una manivela.

En cada uno de los tostadores se efectuaron pruebas tostando muestras a diferentes tiempos y variando ligeramente la temperatura entre los márgenes a que se tuesta normalmente el café.

Con estas muestras se hicieron intusiones y se eligieron las mejores condiciones, con base en pruebas organolépticas realizadas por un grupo probador.

La serie de experimentos efectuada permitió sacar las conclusiones siguientes respecto al tostado de la semilla del capomo:

a) El tipo de tostador más adecuado correspondió al equipo cuya superficie de calentamiento está siempre en contacto con la fuente calorífica.

b) Se observó que una fuerte succión de los gases de tostado, sin tener un recuperador de sustancias volátiles, ocasiona pérdidas de sabor y aroma. Por este motivo se evitó el uso de equipo de succión.

c) Se escogió una temperatura de 215-225°C para efectuar la operación, en vista de que a temperaturas similares se tuesta normalmente el café, y se encontró que las muestras resultantes eran satisfactorias.

d) Se obtuvieron mejores resultados en las pruebas organolépticas realizadas cuando se precalentó el aparato a la temperatura de operación, adicionando después la carga.

e) El tiempo de operación a la temperatura fijada dentro de las condiciones de experimento, fué de 22 a 25 minutos aproximadamente. Este tiempo habrá de variar de acuerdo con la humedad inicial de la semilla, que es generalmente de 6 a 9 por ciento, y las características del equipo.

f) La volatilización aumenta con el tiempo de tostado para una misma temperatura, según se puede ver en la gráfica 1 T.

g) Se encontró que no debe alcanzarse el punto de tostado que corresponda a la máxima obtención de sólidos solubles, porque el sabor de las infusiones obtenidas se vuelve amargo, lo que indica una restricción en la eficiencia de esta operación.

Se notó que es preferible tostar hasta obtener un porcentaje de sólidos solubles de 23 a 25 por ciento respecto al producto tostado.

La gráfica correspondiente al cambio de solubilidad con respecto al tiempo de tostado es la 2 T.

Las condiciones que se usaron para tostar las diferentes muestras requeridas en el presente estudio fueron:

a) Tostador cilíndrico vertical, con agitación provocada por aspas unidas a un eje central.

b) Temperatura de operación 215-225°C.

c) Tiempo de tostado, 22 a 25 minutos.

2. Molienda

Una de las dificultades en la molienda del grano de capomo reside en la excesiva facilidad de pulverización del mismo, la que a su vez dificulta la operación siguiente de extracción de licor.

Por lo tanto, la experimentación se orientó en el sentido de encontrar un tipo de molino que diera una molienda más unilorme con la menor cantidad posible de finos que pasan la malla No. 40 U. S. (0.0122 pulg. = 0.417 mm.).

Se emplearon tres tipos de molinos para estas pruebas:

a) Molino de cuchillas. Un análisis del tamizado de un producto molido en un aparato de este tipo se encuentra en la Tabla No. 1.

b) Molino de martillos flotantes. La molienda obtenida en este aparato se descartó, debido a que a simple vista se observó una gran cantidad de finos en el producto.

c) Molino de discos. En este aparato se efectuaron dos clases de pruebas:

1.—Se usó una muestra tostada semejante a las empleadas en los otros dos tipos de molinos. El análisis granulométrico se encuentra en la Tabla No. 2.

2.—Se pusieron en contacto muestras tostadas con agua en proporción de 4 partes de capomo por 1 de agua, durante 16 horas, a fin de que se humectaran hasta un 18 a 20%, y con el producto así tratado se procedió a la molienda. Los resultados aparecen en la Tabla No. 3.

Del análisis somero de las tablas anteriores se desprende que la molienda más conveniente es la húmeda en molino de discos, ya que se logra una muestra mucho más homogénea en tamaño de partícula, además de que los finos se reducen a pequeñas cantidades.

Las muestras para este estudio, previamente humedecidas, se molieron en un molino de discos Sprout Waldrom, con una separación entre discos de 4.762 mm.

TABLA No. 1**Molienda seca efectuada en un molino de cuchillas.**

Malla U. S. Standard.	Retención por ciento.
No. 4	63.44
No. 10	19.41
No. 20	10.15
No. 40	3.14
Pasó No. 40	3.53

TABLA No. 2**Molienda seca efectuada en un molino de discos.**

Malla U. S. Standard.	Retención por ciento.
No. 4	38.84
No. 10	33.17
No. 20	11.48
No. 40	3.84
Pasó No. 40	12.05

TABLA No. 3**Molienda de producto con 20% de humedad, efectuada en un molino de discos.**

Malla U. S. Standard.	Retención por ciento.
No. 4	40.63
No. 10	39.06
No. 20	12.81
No. 40	3.44
Pasó No. 40	2.50

3. Extracción

a) El tamaño de partícula se seleccionó tomando en cuenta la dificultad con la que se efectúa el drenado del licor, ya que uno de los problemas del proceso es que la semilla tostada es muy suave y los finos producidos en la molienda dificultan la extracción, debido a que con el agua caliente forman una capa de consistencia gelatinosa y compacta. El tamaño de partícula fina presenta la máxima superficie de contacto con el solvente y es el más conveniente para la extracción, no así para el drenado del licor. Por lo tanto es necesario para el caso que se estudia, evitar la presencia de partículas menores de 0.42 mm. (maila No. 40 U. S.)

b) Temperatura.

La temperatura de extracción se fijó en 80-90°C, en vista de que corresponde a la que se usa para extraer el café tostado, y se encontró satisfactoria para el capomo, pues se desarrolla mejor el aroma y se obtiene una buena disolución.

c) Relación solvente: material.

Para encontrar la mejor relación solvente-material se efectuaron extracciones en diferentes muestras, utilizando relaciones de agua:mineral de 4:1, 5:1, 6:1 y 7:1. En la gráfica 4E se encuentran consignados los valores que se obtuvieron en dicha experimentación.

De la curva se deduce que la relación más adecuada es 5:1.

d) Tiempo óptimo de contacto.

En este caso se realizaron pruebas similares a las de relación solvente:material, llegándose a obtener, al poner los valores en forma de gráfica la curva 2E. De esta curva se deduce que el mejor tiempo de contacto es 2 horas.

e) Número de pasos.

La prueba consiste en hacer extracciones sucesivas sobre un mismo material, determinando los sólidos solubles en cada extracción y llevando estos valores a una gráfica. De ella (gráfica 3E) se colige que el número de pasos consecutivos convenientes, usando agua para cada extracción, es 4. Sin embargo, como en el proceso que se estudia el material estará sujeto a extracciones con licores de diferentes concentraciones y finalmente a la acción del agua, se pensó utilizar 5 pasos.

f) Ciclo a contracorriente.

Habiendo lijado las condiciones de extracción se inició un ciclo a contracorriente, utilizando las siguientes condiciones:

Molino de discos Sprout Waldrom, con separación de 4.76 mm. entre los discos.

Temperatura de extracción 80-90°C.

Relación solvente:materia, 5:1 en peso.

Tiempo de contacto, 2 horas.

Número de pasos, 5.

TABLA No. 4

**Condiciones y resultados obtenidos en el proceso
de extracción a contracorriente.**

	Corrida	Corrida	Corrida	Promedio
Carga de capomo tostado (18% humedad) por tanque (g)	563	582	625	590
Carga de capomo tostado por tanque (g)	499	458	542	500
Agua de extracción por tanque y por operación (ml)	2500	2500	2500	2500
Volumen del licor obtenido por ciclo y por operación (ml)	1435	1565	1434	1478
Relación del volumen del licor al agua de extracción (%)	57.40	62.60	57.36	59.12
Densidad del licor de ciclo a 15.6°C	1.030	1.029	1.031	1.030
Peso del licor de ciclo por operación (g)	1478.1	1610.4	1478.5	1522.3
Concentración (g/100 ml)	7.96	7.65	8.21	7.94
Concentración (% en peso)	7.73	7.43	7.96	7.71
Peso del residuo húmedo (g)	1454	1468	1560	1494
Peso del residuo seco (g)	397.4	338.5	407.1	381.0
Humedad del residuo (%)	72.74	76.94	73.91	74.50
Relación del peso del residuo seco al peso de capomo tostado inicial (%)	79.63	76.87	75.10	76.20
Sólidos solubles remanentes en el residuo (%)	5.08	5.46	4.16	4.90

g) Obtención teórica del número de pasos requeridos para la extracción del material en las condiciones descritas.

Se ha introducido este punto con el fin de comparar el número teórico de extracciones necesarias y los resultados experimentales obtenidos durante el desarrollo de este trabajo.

Las deducciones de las fórmulas utilizadas se encuentran en la página 115 del Encyclopedia of Chemical Technology, volumen 6 (1951) de R. Kirk y A. Othmer.

$$a = W_1/w.$$

$$a^m = (s_0/s_m) (1-S_1/W_1).$$

a = valor considerado constante, de la relación entre el peso del licor que se introduce al ciclo y el peso del licor que queda en el residuo.

m = número de pasos teóricos.

s_0 = Sólidos solubles que se pueden extraer.

s_m = Sólidos solubles remanentes en el residuo.

S_1 = Sólidos solubles extraídos.

W_1 = Peso del licor obtenido en el ciclo.

W' = Peso del licor que entra al ciclo.

w = Peso del licor que queda en el residuo.

Los valores que se aplicaron se incluyen en la Tabla No. 4.

$$s_0 = 141.85 \text{ g.}$$

$$s_m = 24.50 \text{ g.}$$

$$S_1 = 117.35 \text{ g.}$$

$$W_1 = 1,522.3 \text{ g.}$$

$$W' = 2,493.5 \text{ g.}$$

$$w = 1,494.381 = 1113.0 \text{ g.}$$

Sustituyendo estos valores en las fórmulas se obtiene:

$$a = 2.24.$$

$$m = 2.08.$$

Este resultado teórico de 2.08 extracciones difiere el que se encontró prácticamente, 5 pasos, debido a las características específicas del material que se está tratando, es decir, del capomo.

4. Concentración

La experimentación sobre este punto se realizó en el Rotovap, un aparato a escala de laboratorio para efectuar evaporaciones al vacío.

Este evaporador de vidrio consta de las partes siguientes:

El recipiente en el cual se efectúa la evaporación propiamente dicha, está conectado con juntas estermiladas a una unión que sirve de polea para comunicarle al recipiente evaporador la rotación producida por un motor. La alimentación se recibe por un ducto que penetra en la boca del recipiente. Este ducto se comunica a través de la unión, con un embudo de separación que sirve de tanque de alimentación. El recipiente evaporador está parcialmente sumergido en un baño cuya temperatura se puede regular.

El vapor procedente del recipiente evaporador atraviesa la unión y va a un condensador que a su vez está conectado al vacío.

Esencialmente la operación consistió en alimentar el licor diluido continuamente y a una velocidad regulada, al recipiente de evaporación que se encontraba como ya se dijo, girando parcialmente sumergido en un baño de agua a una temperatura de 70°C, y separando regularmente el licor concentrado del recipiente evaporador.

El vacío con el cual se trabajó fué de 125 mm. de Hg. Esta experimentación sirvió para conocer objetivamente las dificultades que se pueden presentar en el uso de un evaporador de vacío en escala industrial.

En estas condiciones se observó que no se producía espuma sino cuando el licor diluido se alimentaba a una velocidad superior a aquella que se buscó mantener constante. No se observó una alteración notable del color. Asimismo, se aprovechó la cooperación anterior para obtener las gráficas de concentración y viscosidad adjuntas.

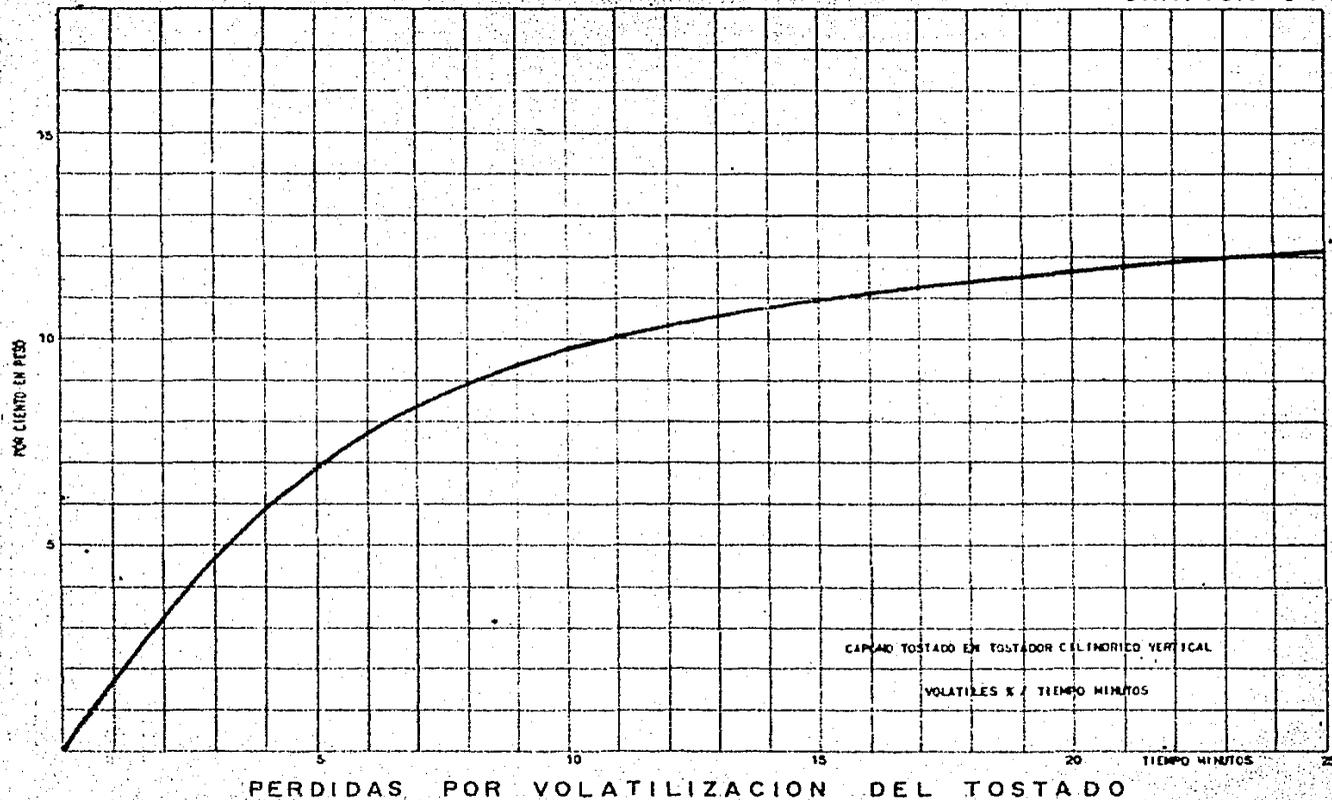
5. Secado

El licor se introdujo al secador de aspersión de escala laboratorio con el objeto de conocer el aspecto del producto final. La temperatura de salida de los gases fué de 70-72°C. El producto resultó con 2% de humedad.

El secador de aspersión usado consta de un horno para el calentamiento de la mezcla de aire y gases de combustión que se suministran a la cámara de secado propiamente dicha. Los gases, que son el agente transmisor del calor, tienen en realidad una circulación forzada, pues se mueven por medio de un ventilador que los obliga a pasar por el ducto que une el horno con la cámara y por el ducto de salida de la cámara que los conduce a un separador en el cual quedan las partículas secas, y los gases se eliminan a la atmósfera.

La alimentación del licor se lleva a cabo continuamente sobre un disco atomizador movido por una turbina que a su vez recibe el movimiento por medio de aire comprimido. En el fondo de la cámara hay unas paletas que ayudan a conducir el polvo seco.

GRAFICA 1 T

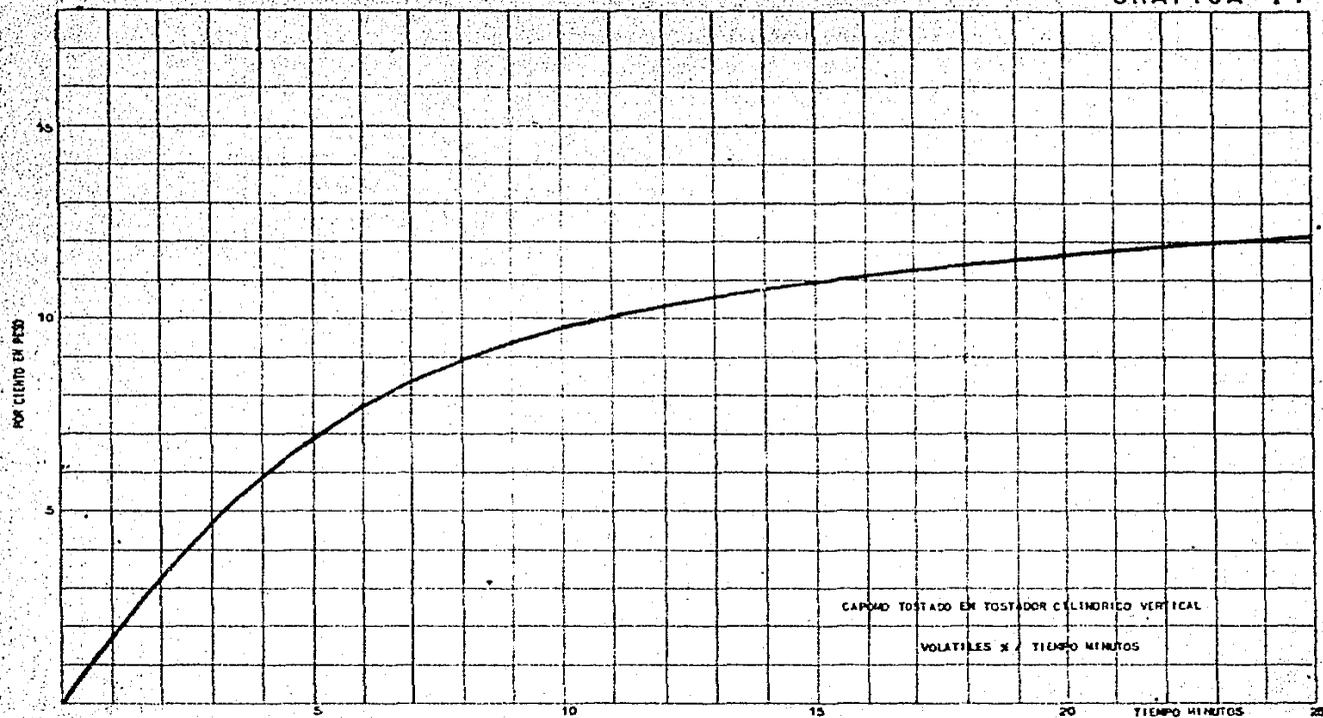


CAPASO TOSTADO EN TOSTADOR CILINDRICO VERTICAL

VOLATILES X / TIEMPO MINUTOS

PERDIDAS POR VOLATILIZACION DEL TOSTADO

GRAFICA 1 T



CAPMO TOSTADO EN TOSTADOR CILINDRICO VERTICAL

VOLATILES x / TIEMPO MINUTOS

PERDIDAS POR VOLATILIZACION DEL TOSTADO

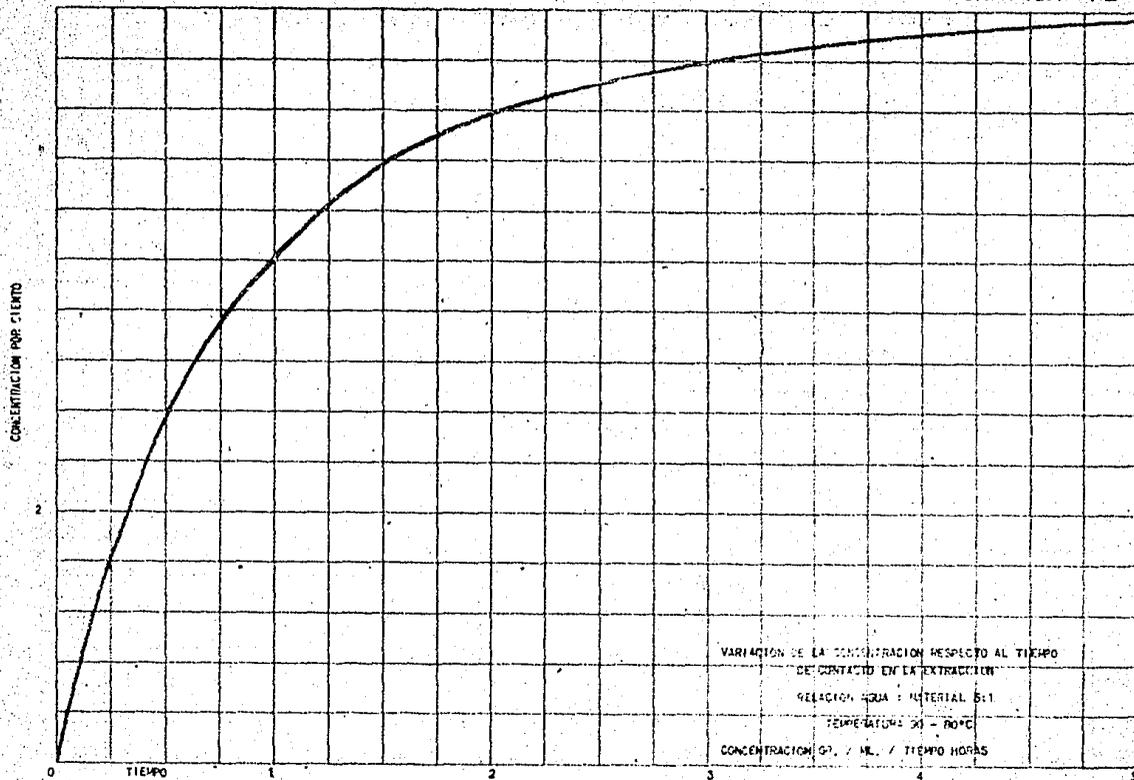
GRAFICA 2 T



CAPOMO TOSTADO EN TOSTADOR CILINDRICO VERTICAL
SOLUBILIDAD % TIEMPO MINUTOS

VARIACION DE LA SOLUBILIDAD CON EL TIEMPO DEL TOSTADO

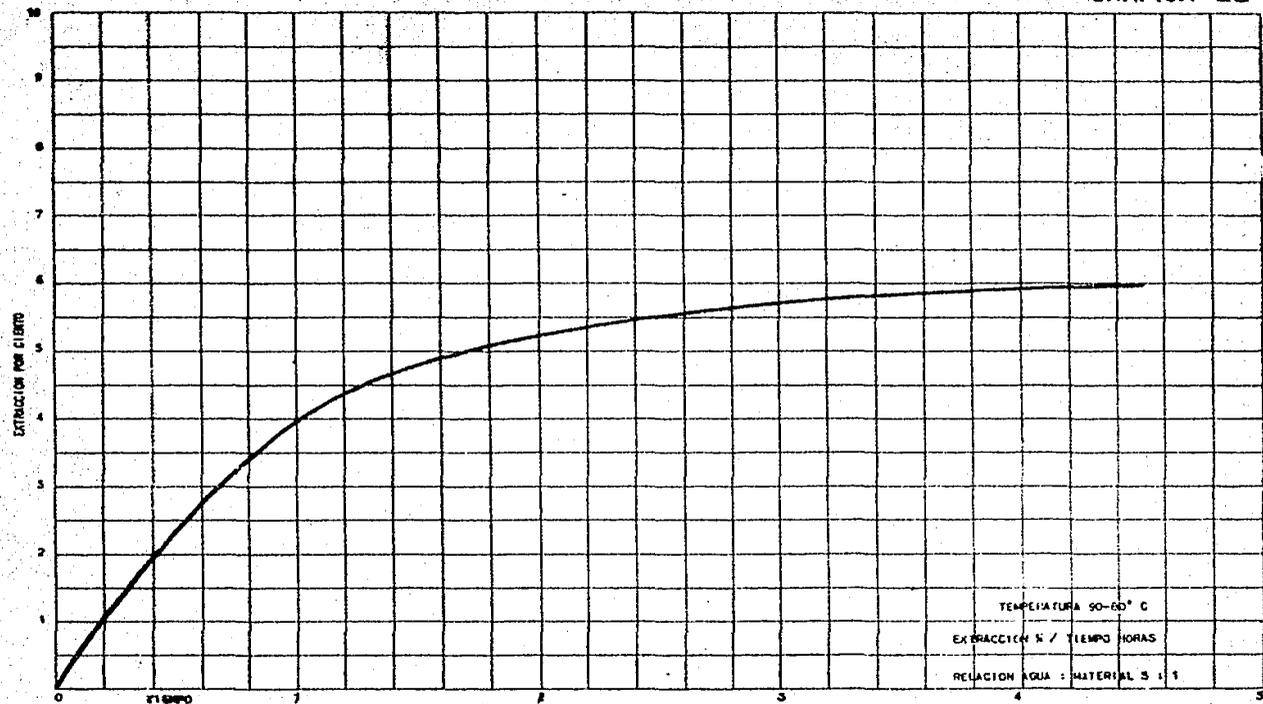
GRAFICA 1 E



VARIACION DE LA CONCENTRACION RESPECTO AL TIEMPO
DE CONTACTO EN LA EXTRACCION
RELACION AGUA : MATERIAL 5:1
TEMPERATURA 50 - 60°C
CONCENTRACION 0.1 / ML. / TIEMPO HORAS

VARIACION DE LA CONCENTRACION RESPECTO AL TIEMPO DE CONTACTO

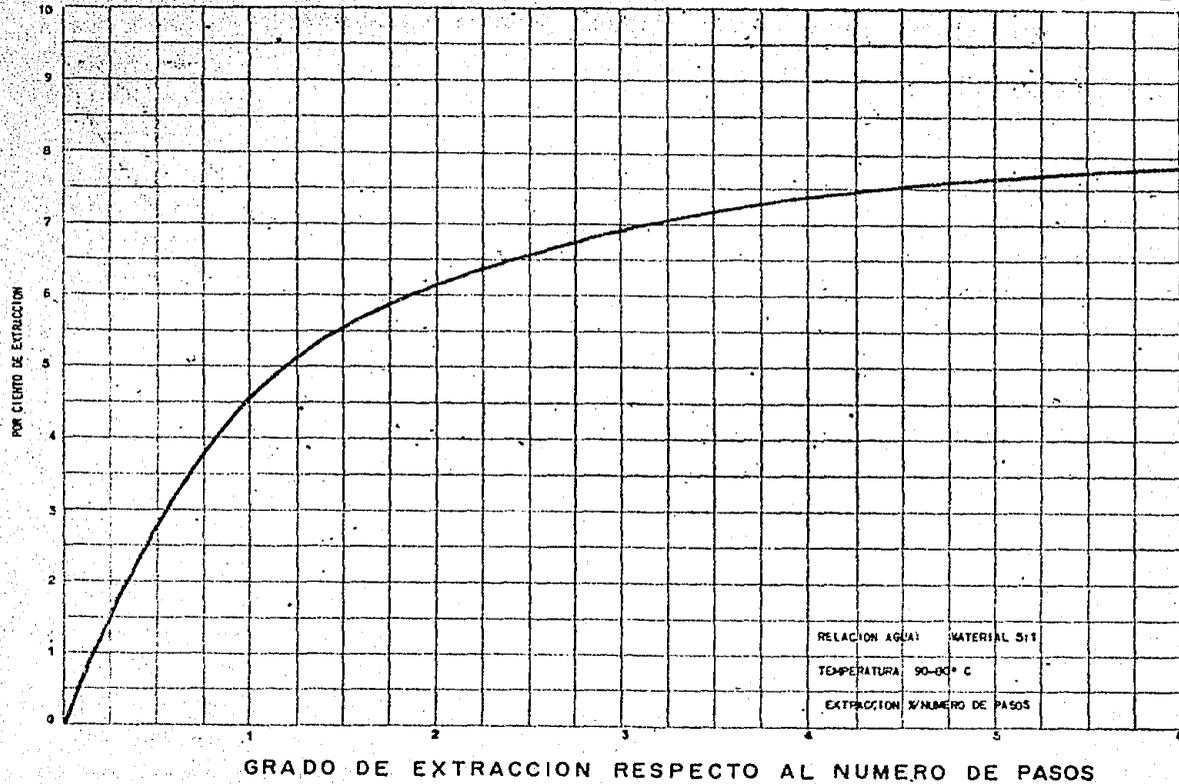
GRAFICA 2E



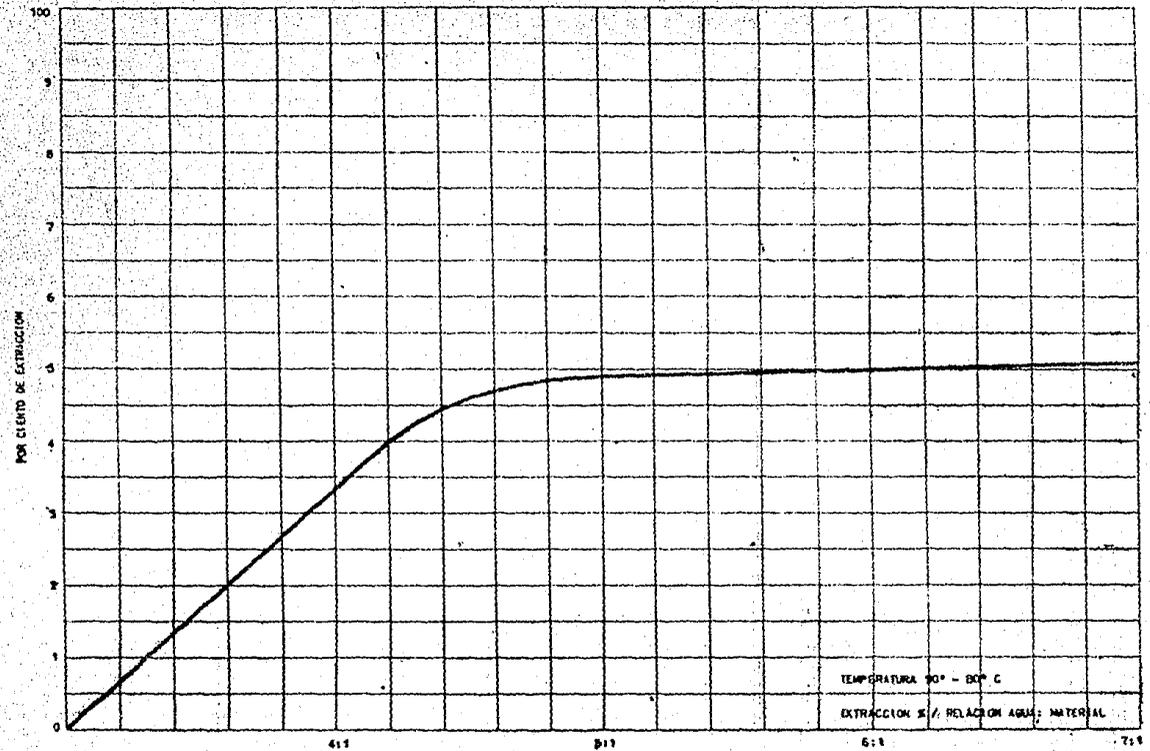
GRADO DE EXTRACCION RESPECTO AL TIEMPO DE CONTACTO

TEMPERATURA 50-60° C
 EXTRACCION N / TIEMPO HORAS
 RELACION AGUA : MATERIAL 3 : 1

GRAFICA 3 E

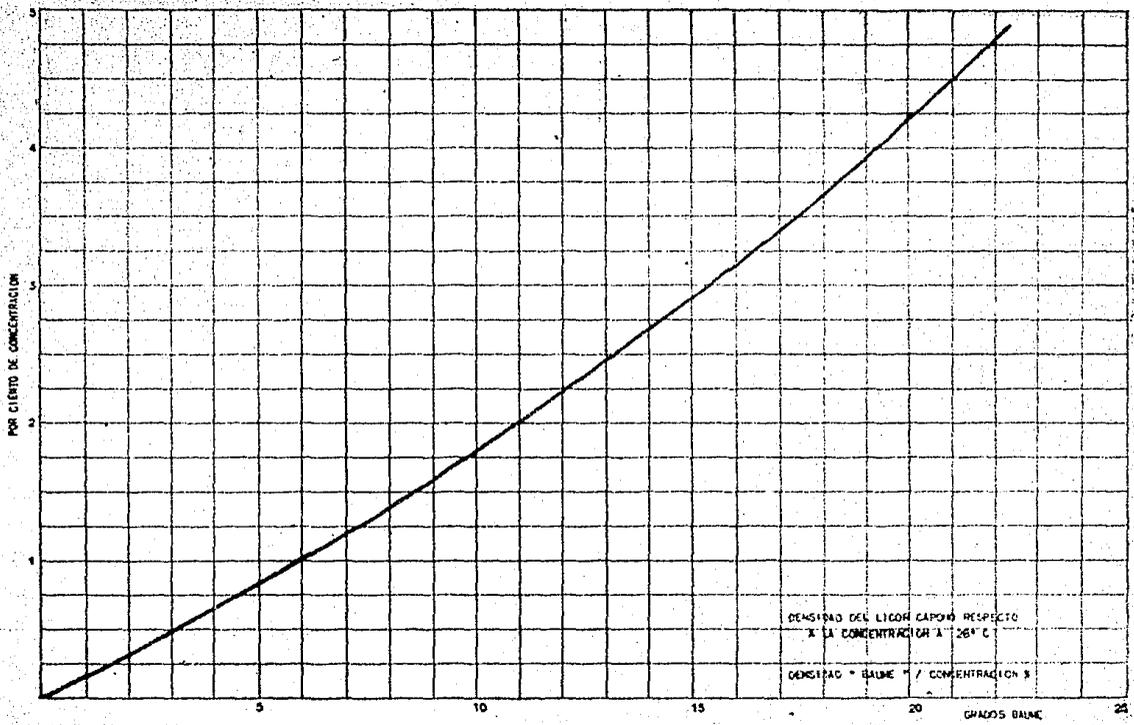


GRAFICA 4 E

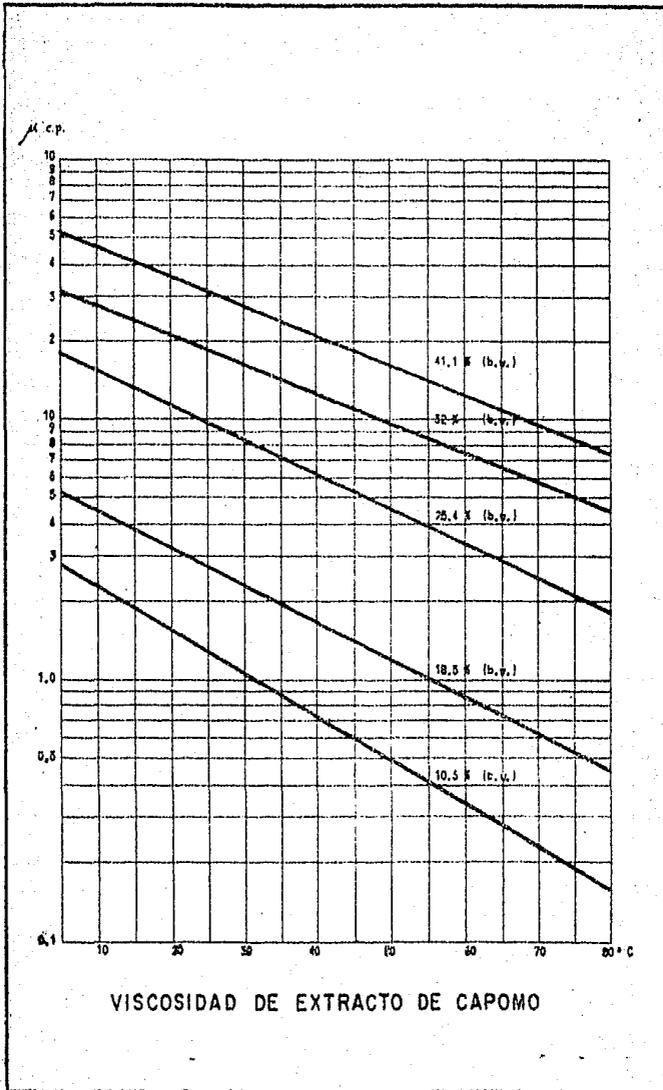


GRADO DE EXTRACCION RESPECTO A LA RELACION H₂O: MATERIAL

GRAFICA 15



DENSIDAD DE EXTRACTO DE CAPOMO



CAPITULO III

CALCULO DE DISEÑO

Lo primero que hay que hacer para poder efectuar los cálculos de diseño, es fijar la capacidad de la planta. En este caso se tratará de una planta piloto semicomercial, es decir, una instalación que suministre datos de operación para el diseño de una planta comercial y elabore suficiente cantidad de producto que permita su venta en condiciones favorables y en competencia con productos similares en el mercado, a fin de llevar a cabo simultáneamente un estudio del mercado potencial. Sin embargo, en este caso, se ha planeado la posibilidad de aumentar la capacidad del equipo con las menores modificaciones posibles.

El equipo trabajará únicamente un turno para permitir expandir su capacidad si es necesario.

Se ha considerado a priori que el tratamiento de una tonelada diaria es suficiente para obtener los datos que se requieren para el diseño de una planta industrial. Esta materia prima produce un rendimiento aproximado de 200 Kg. diarios de producto terminado.

Por lo tanto, para los cálculos de diseño y selección de equipo que se propone usar se tomó en cuenta una capacidad inicial de 200 Kg. diarios de producto seco con 2% de humedad.

Capacidad del Equipo

1.—Tostador.

Este aparato estará en uso durante 8 horas, por lo que deberá tener una capacidad.

$$C = \frac{1000}{8} \parallel 125 \text{ Kg/h.}$$

Hay que tener en cuenta los diez minutos empleados para carga y descarga. En vista de que la operación dura de 22 a 25 minutos, la carga total diaria se puede tostar en 17 operaciones de 60 Kg. cada una.

2.—Tanques humidificadores.

Como es necesario humectar la semilla tostada con agua durante 16 horas antes de la molienda, se propone usar dos tanques alternativamente. Estos tanques pueden ser rectangulares y de poca altura para permitir una agitación ocasional con un rastrillo o paleta.

Una de las paredes del tanque sirve de compuerta para descargar la semilla en la tolva de alimentación del molino. En la construcción de estos tanques se puede usar lámina de aluminio 3S de 3.175 mm. (1/8") de espesor.

El volumen de la carga que recibe cada tanque es de:

$$V = \frac{P}{D} = \frac{880}{0.5} = 1760 \text{ dm}^3.$$

Para el cálculo de las dimensiones de los tanques se usó un volumen de 2000 dm³, o sea 2 m³.

3.—Molino.

Este aparato tendrá capacidad para moler los 880 Kg. de cacahos tostados diariamente, en 8 horas de trabajo.

$$\text{Capacidad} = \frac{880}{8} = 110 \text{ Kg/h.}$$

Para esta capacidad se puede seleccionar un molino canadiense "Ontario", que requiere un motor de 2 HP.

4.—Tolva almacén de molinda.

Esta tolva es necesaria, en vista de que lo que se extrae en 24 horas se ha molido únicamente en 8. Su capacidad es igual a la de los tanques humidificadores y se puede hacer cilíndrica, con fondo cónico provisto de compuertas para la salida del material. Se recomienda construirlo de aluminio 3S de 3.175 mm. de espesor, de 1.60 m. de altura y 0.80 m. de diámetro.

5.—Batería de extracción.

La batería de extracción deberá operarse las 24 horas. Para ello se deberá introducir al sistema material nuevo cada 4 horas, por lo tanto, los tanques serán de la sexta parte de la capacidad total de la batería.

Balance General de Materiales de la Batería de Extracción

Se pueden preparar balances de material de diferentes tipos; sin embargo, se ha tratado de incluir aquí un balance que abarque todas las posibilidades. Los cálculos se han efectuado relacionándolos a los 5 pasos que lleva cada material en la extracción. Los datos empleados provienen de la tabla No. 4.

Materia prima	{ Capomo 84.7%	Batería de extracción	Extracto	{ Sólidos (7.71 %)
	{ Agua 15.3%			{ Agua (92.29 %)
Agua de extracción	5/1	5 pasos	Residuo	{ Sólidos (25.50 %)
				{ Agua (74.50 %)

Capacidad de capomo tostado y molido diario:

Pérdidas por volatilización 12%

$$1000 \cdot 0.12 (1000) = 880 \text{ Kg.}$$

Carga por unidad y por día de operación:

$$\frac{880}{6} = 146.7 \text{ Kg.}$$

Balance de materiales para una carga por ciclo de operación:

ENTRADA

Capomo (146.7 x 5)	733.5 Kg.
Agua del capomo (146.7 x 5 x 0.18)	132.0 Kg.
Agua de extracción agregada	3667.5 Kg.
	<hr/>
	4533.0 Kg.

SALIDA

Extracto obtenido $3667.5 \times .5912 = 2168.0$ l.	
Peso del extracto obtenido	2233.0 Kg.
Peso del residuo húmedo	2300.0 Kg.
Salidas del extracto ($2233 \times .0771$) =	172.0 Kg.
Agua del Extracto ($2233 \times .9229$) =	2061.0 Kg.
Residuo seco ($2300 \times .2550$)	587.0
Agua del residuo ($2300 \times .7450$)	1713.0
	<hr/>
	4533.0 Kg.

Se recomienda usar tanques cilindricos verticales construidos con acero clad 304 provistos de un falso fondo con malla de 0.417 mm. de abertura, sostenida por otra malla de 2.54 cm. de abertura. Deberán contar con un serpentín y llave de purga para el vapor de calentamiento y una salida con válvula de globo para el licor; estos aditamentos se colocarán bajo el falso fondo. Para descargar el material agotado se desmontará el falso fondo permitiendo que el residuo caiga dentro de tambores de fácil manejo.

Cálculo de las dimensiones del tanque extractor:

1.—Volumen de un cilindro $V = \pi r^2 h$.

2.—Area de un cilindro $A = (2\pi r) (h + r)$

Despejando de (1) $h = \frac{V}{\pi r^2}$

Derivando con respecto al radio:

$$\frac{dA}{dr} = \frac{-2V}{r^2} + 4\pi r = 0$$

$$\frac{2V}{r^2} = 4\pi r$$

$$r = \frac{(0.96)^{1/3}}{23.14} = 0.54 \text{ m.}$$

$$h = \frac{0.96}{3.14 (0.55)^2} = 1.02 \text{ m.}$$

Se dejarán 10 cm. de exceso bajo el falso fondo y 3 cm. sobre el nivel del volumen calculado, por lo que las dimensiones reales serán:

$$H = 1.15 \text{ m.}$$

$$D = 1.10 \text{ m.}$$

6.—Dos tanques de asentamiento.

El licor que se obtiene en la batería de extracción arrastra algunos finos fácilmente sedimentables, por lo que los tanques pueden ser al mismo tiempo asentadores y alimentadores del sistema que se emplea para concentrar el licor. Para que puedan utilizarse en esta forma, basta con usarlos alternativamente y que la línea de salida del licor se encuentre por encima de la de entrada. En su parte inferior, además, se puede poner una línea de purga de 10 cm. de diámetro para los sólidos acumulados.

Su capacidad será de 8 horas de extracción por tanque para tener siempre licor que alimentar al sistema de concentración.

Volumen de un tanque:

Volumen de licor por 8 horas.

$$\text{Volumen de licor por 8 horas} = \frac{2168 \times 2}{5} = 878 \text{ l.}$$

El tanque se puede construir cilíndrico de acero clad 304 de 3.175 mm. ($1/8''$).

La capacidad se ha fijado en 0.90 m³ y las dimensiones de D = 0.70 m. H = 1.30 m.

7.—Cambiador de calor.

Para efectuar el calentamiento del agua que va a entrar al ciclo, es necesario utilizar un cambiador de calor del tipo más sencillo. Su cálculo se detalla a continuación.

La cantidad de calor, es la necesaria para calentar el agua de 59°F a 200°F en un tiempo de una hora.

$$Q = W C_p (\Delta T)$$

Q = cantidad de calor en BTU/h.

$$W = 1650 \text{ lb/h.}$$

$$C_p = 1 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F.}$$

$$\Delta t = 200 - 59 = 141^\circ\text{F.}$$

$$Q = 1650 \times 141 = 232,650 \text{ BTU/h.}$$

El coeficiente de transmisión de calor (U), empleado en el cálculo se tomó de la página 481 del Chemical Engineering Handbook de J. Perry.

$$U = 300 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F.}$$

Las temperaturas de entrada y salida son:

$$T_1 = 212^\circ\text{F.}$$

$$t_1 = 59^\circ\text{F.}$$

$$T_2 = 212^\circ\text{F.}$$

$$t_2 = 200^\circ\text{F.}$$

Con las cuales se obtiene:

$$\Delta t_m(\log) = 55.5^\circ\text{F.}$$

De la fórmula

$$Q = UA \Delta t_m.$$

$$A = 16.56 \text{ pie}^2.$$

El tubo más usado para este tipo de cambiadores es el de 15.845 mm. de diámetro externo de 14 BGW; este tubo tiene una superficie media por pie de longitud de 0.142 pie². El gasto a una velocidad de 1 pie/seg. es de 258/lb/h., de lo anterior se puede obtener el número de tubos:

$$\text{No. tubos} = \frac{\text{Gasto total}}{\text{Gasto por tubo}} = 12.8$$

$$\text{No. tubos} = 13$$

$$\text{Longitud de los tubos} = \frac{16.56}{0.142 \times 13} = 7.97 \text{ pies.}$$

L = 7.97 pies = 2.43 m.

No. de pasos: 2.

Longitud de cada paso: 1.25 m.

8.—Evaporador.

El uso de este aparato es indispensable en vista de que el secado de una solución con 7.71% de sólidos es económicamente imposible. Sin embargo, la evaporación deberá llevarse a cabo únicamente hasta alcanzar los límites para un costo económico en el secado (15% de sólidos en la alimentación), en vista de que el material sufre mayores deterioros durante la concentración que durante este último proceso. Esto se debe a que en la evaporación el material está sujeto a condiciones desfavorables por mayor tiempo que durante el secado, aun cuando en éste las condiciones de operación sean más drásticas, son instantáneas.

Para conocer el área requerida para el evaporador se precisa calcular la cantidad de agua que se va a evaporar.

$$\Delta W = \frac{W_0 (1 - C_0)}{C_f}$$

ΔW = agua por evaporador.

W_0 = licor que se alimenta al aparato = 756 lb/h.

C_0 = concentración inicial = 7.71%.

C_f = concentración final = 15%.

$$\Delta W = 367.4 \text{ lb/h.}$$

Con este dato se puede calcular la cantidad de calor necesaria para la evaporación de 367.4 lb/h de agua que se alimentan a 59°F.

La temperatura de ebullición de la solución es de 80°F. en las condiciones de operación del aparato escogido, o sea, con una presión de 25.4 mm. de Hg.

De un balance de la cantidad de calor necesaria, se tiene:

$$Q = W_0 C_{p0} (t_1 - t_2) + \Delta W \lambda$$

W_0 = 756 lb/h.

C_{p0} = 0.923 BTU/lb·°F.

t_1 = 80°F.

t_2 = 59°F.

ΔW = 367.4 lb/h.

$$\lambda \text{ a } 80^{\circ}\text{F} = 948.58 \text{ BTU/lb.}$$

$$Q = 363,162 \text{ BTU/h.}$$

Se calculará para $Q = 363,200 \text{ BTU/h.}$

El coeficiente global de transmisión de calor (U) se obtuvo de la gráfica de la figura 465 de la página 508 del libro "Operaciones Básicas de la Ingeniería Química", de G. G. Brown, editado por Manuel Marín y Cía. en 1956.

$$U = 110 \text{ BTU/lb}^{\circ}\text{F.}$$

T_1 = temperatura del amoníaco usado como medio de calentamiento 108°F.

T_2 = temperatura de ebullición de la solución 80°F.

$$\Delta T = 28^{\circ}\text{F.}$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula general de transmisión de calor:

$$A = \frac{Q}{U\Delta t} = 118.0 \text{ pies}^2$$

El evaporador que se ha seleccionado trabaja a base de compresión de amoníaco y transmisión del calor latente de evaporación de este gas a la solución que se va a concentrar, asimismo, la condensación del agua evaporada se consigue por el sistema inverso.

El aparato que se piensa usar presenta un área de evaporación 130 pies² y un área de condensación de 136 pies², dispuesto en tubos verticales, con el amoníaco que es de medio transmisor de calor, en el interior de los tubos, en tanto que la solución y el condensado caen cada uno al fondo de una cámara y se retiran.

El ciclo del amoníaco incluye la condensación del gas amoníaco que transmite latente a la solución, con lo cual ésta se evapora.

El amoníaco licuado pasa por la tubería que forma el condensador de superficie y, con el calor latente que libera el agua, se gasifica, pasa después al compresor y a un enfriador que le quita el calor debido al sobrecalentamiento que haya sufrido durante la compresión. De allí vuelve a entrar a la cámara de evaporación para reiniciar el ciclo.

Este aparato consta también de un sistema de eyectores para obtener el vacío con el cual se trabaja.

9.—Tanque de almacén de licor concentrado.

Su capacidad será la de dos turnos de concentración. El licor proveniente del evaporador, con 15% de sólidos, tiene un volumen de 1080 l. por turno, por lo que bastará con que el tanque posea capacidad para 2165 l.

Se construirá de acero clad 304, de 4.762 mm. de espesor y de $H = 1.70$ m, $D = 0.90$ m.

10.—Secador.

Como ya se explicó, se ha pensado que el sistema más conveniente para secar un extracto de capomo es utilizando un secador de aspersión con esprea de atomización. Este aparato trabaja de manera similar al que se describió como secador experimental.

La capacidad de un aparato secador se determina por la cantidad de agua que puede eliminar en la unidad de tiempo.

En este caso se requiere secar un licor que contiene 15% de sólidos y cuyo volumen por 8 h. de trabajo es de 1080 l.

A esta concentración la densidad del licor es de 1.29, por lo tanto:

$$\text{Peso} = 1080 \times 1.29 = \text{Kg. de licor.}$$

$$\text{Peso de los sólidos contenidos: } 1378 \times 0.15 = 206.70 \text{ Kg.}$$

$$\text{Peso del agua por eliminar} = 1378 - 206.7 = 1171.3 \text{ Kg.}$$

$$1171.3/8\text{h} = 146.41 \text{ Kg/h.}$$

Por lo tanto, la capacidad del aparato será de 150 Kg. de agua eliminada por hora, con lo que estará dentro del límite necesario.

Capacidad del Equipo Auxiliar

1.—Bombas.

Para mover los licores durante la extracción, así como para realizar la concentración y la alimentación en el secador se necesitan algunas bombas, cuyas características aproximadas se dan a continuación:

Gasto diario en la extracción:

Agua caliente (6)

$$750 \times 6 = 4500 \text{ l.}''$$

Licores finales (6)

$$750 \times 0.6 \times 6 = 2700 \text{ l.}$$

Licores de paso (24)

$$750 \times 24 = 18000 \text{ l.}$$

Total

$$252000 \text{ l.} = 6657.86 \text{ galones.}$$

Suponiendo que las bombas trabajan 10 minutos cada 2 horas, se tiene un gasto de 55.49 gal/min.

Para calcular la presión de trabajo se cuenta con los siguientes datos:

Tubería de 2" ϕ int = 2.1067 pulg. = 5.25 cm.

Longitud máxima de la tubería: 15 m.

4 codos de 90° de gran curvatura (4 x 3.5) x (5.25) = 73.5 cm.

1 válvula de globo de 2 pulg. 50 x 0.0525 = 2.63 m.

Longitud efectiva:

15 + 0.635 + 2.63 = 18.365 m.

Debido a las dimensiones de tanque, la velocidad de licor en él es pequeña y por lo tanto las pérdidas son despreciables.

Se piensa utilizar una bomba Fairbanks Morse que tiene un gasto de 58 gpm y una presión de carga de 100 pies o sean 30.48 m.

Cálculo de la potencia aproximada del motor, requerido por la bomba.

La solución de 10 g/100 ml. de concentración a 80°C tiene:

μ = 0.16 cp.

ρ = 1.01 = 63.05 lb/pie.

$$\text{Velocidad} = \frac{Q}{A} = \frac{58 \times 0.1337 \times 144}{60 \times 0.785 \times 2.067} = 5.57 \text{ pies/seg.}$$

$$\text{Re} = \frac{2.067 \times 5.57 \times 63.05}{12 \times 0.16 \times 0.000672} = 562616 = 5.63 \times 10^5$$

f = 0.0148

Como el número de Reynolds es superior a 2100 se puede utilizar la fórmula de Fanning.

$$P = F = \frac{4f v^2 Nef.}{2gd.}$$

en la cual,

r = presión en lb/pie².

ρ = peso específico en lb/pie³.

f = factor del número de Reynolds.

v = velocidad del licor en pie/seg.

$Nef.$ = longitud efectiva de la tubería.

g = gravedad en pie/seg².

D = diámetro en pies.

$$P = \frac{4 \times 0.0148 \times 5.57^2 \times 18.365 \times 3.048 \times 63.05 \times 12}{2 \times 32.2 \times 2.1067} = 5853.75 \text{ lb/pie}^4.$$

Diferencia de alturas 6.1 pie.

Trabajo = W .

$$W = X_2 - X_1 + \frac{V^2}{2g} + F.$$

W = 99.32 pie lb/lb.

Potencia = gasto de la bomba por trabajo.

W = q_p

$$q = \frac{58 \times 1337}{60} = 0.129 \text{ pie/seg.}$$

w = $0.129 \times 63.05 = 8.13 \text{ lb/seg.}$

p = $Ww = 99.32 \times 8.13 = 807.47 \text{ pie. lb/seg.}$

HP = 1.468.

Por ciento de eficiencia 50.

La potencia real del motor deberá ser de 3HP.

2.—Caldera.

Para calcular la caldera hay que tomar en cuenta las diferentes operaciones en que hay que utilizar vapor y las pérdidas por radiación y convección que hay en el equipo con el fin de usar una caldera y dimensiones adecuadas.

En el caso presente se requiere vapor en el calentamiento del agua que entra al ciclo y en la batería de extracción para mantener la temperatura a 80°C. Por lo tanto, el cálculo para la capacidad de la caldera se divide en dos partes:

a) Cálculo de la cantidad de calor necesaria para calentar el agua el 15°C a 93°C.

$$q_w = W c_{pw} (\Delta t).$$

W = 750 Kg. de agua.

$$c_{pw} = 1 \text{ Kcal/Kg. } ^\circ\text{C.}$$

$$q_w = 750 \times 78 = 58500 \text{ Kcal cada hora.}$$

$$\Delta t = (93 - 15) = 78^\circ\text{C.}$$

$$q_w = 232245 \text{ BTU cada hora.}$$

b) Pérdidas por convección y radiación.

1.—Radiación.

$$q_r = 0.172 A_1 \left[\epsilon_1 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \alpha_1 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ BTU/h.}$$

$$A_1, \text{ área del tanque en pies}^2 = 63.8 \text{ pies}^2.$$

$$\epsilon_1, \text{ emisividad del material a } 194^\circ\text{F} = 0.6.$$

$$\alpha_1, \text{ emisividad del material a } 68^\circ\text{F} = 0.57.$$

$$T_1, 90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F} = 654^\circ\text{R.}$$

$$T_2, 20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F} = 528^\circ\text{R.}$$

$$q_r = 0.173 \times 63.8 (0.6 \times 6.54^4 - 0.57 \times 5.28^4).$$

$$q_r = 7228 \text{ BTU/h.}$$

2.—Convección.

$$q_c = h A_1 (t_1 - t_2) \text{ Kcal/h.}$$

$$h = 0.358 \frac{(t_1 - t_2)^{0.25}}{D}$$

$$h = \text{h/m}^2/^\circ\text{C.}$$

$$A = \text{m}^2 = 5.90.$$

$$t_1 = 90^\circ\text{C.}$$

$$t_2 = 20^\circ\text{C.}$$

$$D = \text{diámetro del tanque } 100 \text{ cm.}$$

$$h = 0.305 \text{ h/m}^2/^\circ\text{C.}$$

$$q_c = 0.305 \times 5.90 \times 70 = 126 \text{ Kcal/h.}$$

$$q_c = 504 \text{ BTU/h.}$$

$$q_t = 1947 \text{ Kcal/h.}$$

$$q_t = 7732 \text{ BTU/h.}$$

c) Cantidad de calor total suponiendo que el calentamiento se efectúa en una hora:

$$Q_t = 6 q_t + q_w = 278637 \text{ BTU/h.}$$

Características de la caldera.

$$P = 30 \text{ psi. abs.}$$

$$T = 250^\circ\text{F.}$$

$$\Delta H = -1164 + 216.5 = 947.5 \text{ BTU/lb.}$$

$$\frac{947.5}{278637} = 297 \text{ lb/h.}$$

La capacidad de la caldera puede ser de 300 lb/h.

3.—Capacidad de la balanza semiautomática.

Se ha pensado envasar en frascos de 170 g., con lo que se requerirán 1219 frascos por tonelada de capomo que entra al proceso, así que se puede calcular un promedio de 1220 frascos.

El número de pesadas que se requiere hacer es por lo tanto de 1220 en 8 horas de trabajo, o sea, una balanza semiautomática que permita verificar entre 150 y 200 pesadas por hora.

CAPITULO IV

ESTIMACION DE COSTOS

Conviene, antes de iniciar este capítulo, recordar el hecho de que se trata de un estudio técnico económico preliminar para conocer la posibilidad del establecimiento de una planta semicomercial.

El análisis de costos que se presenta está basado parte en cotizaciones específicas y parte en datos obtenidos en literatura especializada.

En el estudio económico se consideraron los puntos siguientes:

A.—Capital de Inversión.

B.—Capital de Trabajo.

C.—Costo de Producción.

Las bases que se tomaron en cuenta para la estimación de costos presentada fueron:

Capacidad, 25 toneladas mensuales de capomo crudo.

Producción, 5,167 Kg. mensuales de extracto en polvo.

Localización probable, Guadalajara, Jalisco.

Tiempo de operación mensual, 25 días.

Tiempo de operación diario, 1 turno de 8 horas, excepto en la extracción que se trabajarán las 24 horas en 3 turnos.

Rendimiento, 20.67%, sobre materia prima.

A.—Capital de Inversión.

El capital de inversión o activo fijo comprende los costos de inmuebles, equipo, gastos de instalación e imprevistos.

a) Inmuebles.

El terreno necesario para la planta incluye biodegas de materia prima por seis meses y de producto, edificio de fabricación y oficinas, los que se pueden distribuir en una superficie de 470 m². Sin embargo, y considerando futuras ampliaciones, se puede pensar en adquirir 1000 m², para cuya adquisición se ha estimado un precio de \$ 20.00 el m².

Se consideró un precio promedio de \$ 250.00 por metro cuadrado, para la construcción de 500 m² de edificios que requiere la planta. Por lo que la inversión inicial por este concepto es de \$ 145,000.00

b) Equipo.

En este proceso se utilizan el equipo directo o de proceso consistente en los aparatos, tanques, bombas, etc., y el equipo auxiliar que está formado por las tuberías, instrumentos de medición, etc., y que generalmente se estiman como un porcentaje sobre el costo del equipo de proceso.

Los costos específicos del equipo de proceso según relación detallada en el Apéndice 1, importan un total de 762,585.00

Para el equipo auxiliar se ha estimado un costo del 10% del valor del equipo directo 76,260.00

Con esto la inversión correspondiente al costo neto del equipo será de 838,845.00

c) Gastos de Instalación.

Para este renglón se considera un 15% sobre la inversión del costo neto del equipo, lo que representa un valor de 125,830.00

d) Imprevistos.

Se calcula como el 5% de la inversión del costo neto del equipo o sea de 41,945.00

La suma de todos los costos anteriores forman el activo fijo, o sea la inversión requerida para instalar la planta y representa un total de \$ 1,151,620.00

B.—Capital de Trabajo.

Una vez montada una planta se requiere cierta cantidad de dinero para operarla. Esta suma corresponde al capital de trabajo o activo circulante. Para el caso presente se han tomado en cuenta los factores siguientes:

a) Reserva por Concepto de la Materia Prima Almacenada.

En este caso se requiere que la materia prima necesaria para trabajar un año se adquiriera en un término aproximado de seis meses que es el tiempo de cosecha, con lo que se debe calcular un valor para este concepto equivalente al costo de 150 toneladas que tienen un precio de \$ 2,550.00 la tonelada puesta en fábrica y representa \$ 382,500.00

b) Reserva por Concepto de Producto Almacenado.

Se consideró una existencia de producto equivalente al obtenido durante un mes de trabajo, o sean 5.1675 toneladas a \$ 29,500.00 c/u. 152,441.00

c) Cuentas por Cobrar.

Este renglón se consideró como la producción de un mes vendido, a un precio de \$ 34,500.00 la tonelada 178,279.00

d) Efectivo.

Además se consideró una cantidad de dinero en efectivo correspondiente al costo de producción (sin incluir la materia prima) de un mes de trabajo 75,200.00

Estas cantidades forman un capital de trabajo total equivalente a \$ 788,842.00

La suma de activo fijo y activo circulante es \$ 1,940,040.00

C.—Costo de Producción.

a) Costo Directo.

1.—Materia prima: 25 toneladas a \$ 2,550.00 la tonelada puesta en fábrica	\$ 63,750.00
2.—Mano de obra según relación adjunta en el Apéndice No. 2 .	
3.—Combustible, 17,100 lt. mensuales de aceite Diesel a \$ 0.17 el litro	2,907.00
4.—Energía eléctrica, 900 KWH mensuales a \$ 0.14 el KWH	1,260.00
5.—Envases de vidrio con tapón metálico de rosca, con capacidad de 170 g. c/u, a \$ 75.00 el ciento	22,810.00
Suma de costos directos	\$ 99,525.00

b) Costos Indirectos.

1.—Supervisión y administración según relación adjunta en el Apéndice No. 2	17,940.00
2.—Amortización.	
a) Inmueble, estimado en 5% anual sobre su inversión	604.00
b) Equipo, estimado en 10% anual sobre su inversión	6,990.00
3.—Interés, estimado en 12% anual sobre activo fijo	11,516.00
4.—Seguros, estimado en 3% anual sobre activo fijo y activo circulante	5,820.00
5.—Mantenimiento.	
a) Edificio, estimado en el 1% anual sobre la inversión	418.00
b) Equipo, estimado en 3% sobre su inversión	1,798.00
6.—Misceláneos, estimado en 5% anual sobre el activo fijo	5,758.00
Suma de costos indirectos	\$ 50,844.00
Costo mensual de producción	\$ 150,369.00
Costo por tonelada de producto	\$ 29,099.00
Precio de fábrica (20% sobre costo) por tonelada	\$ 34,919.00

RENTABILIDAD

$$R = \frac{\text{Utilidad anual}}{\text{Capital total}}$$

Utilidad Anual:

$$\$ 34,919 - 29,099 = \$ 5,820.00$$

$$\$ 5,820 \times 62.01 = \$ 360,898.00$$

Capital Total:

$$\$ 1,940,040.00$$

$$\text{Rentabilidad} = \underline{\underline{15.60\%}}$$

Apéndice No. 1

COSTOS ESPECIFICOS DEL EQUIPO DIRECTO

1 tostador GWB Menado con cedazo de refrigeración, ventilador, conservador de aroma, calentamiento con aceite Diesel, motor eléctrico de C.A. 3 fases, 220/380 volts., 50 ciclos, 3 HP, 1400 RPM, motor eléctrico C.A. 3 fases, 220/380 volts, 50 ciclos, 2.5 HP, saca piedras neumáticas con motor de C.A. 3 fases 220/380 volts, 50 ciclos, 3 HP, 1400 RPM, capacidad 60 Kg. por operación	\$ 87,000.00
1 báscula con capacidad para una tonelada	1,000.00
1 molino de discos canadiense. Ontario con tolva de carga y descarga, dispositivo para el ajuste de los discos estriados de 15 cm. de diámetro, polea y motor de 2 HP 220 volts, 50 ciclos. Capacidad, 120-150 Kg/hora	4,900.00
1 grúa viajera consistente en una trave que corre sobre dos rieles de 15 m., provista de sistema de poleas, canasta y gancho para su manipulación. Capacidad de carga, 3 toneladas	5,000.00
6 tanques extractores cilíndricos de acero clad 304, según descripción anterior	62,000.00
2 tanques humidificantes de aluminio 3S, según descripción anterior	2,500.00

1 cambiador de calor de tubos de cobre con un área de transmisión de calor de 16.56 pies ²	5,280.00
2 tanques de asentamiento cilíndrico de acero clad 304, según descripción anterior	5,200.00
1 báscula con capacidad de 250 Kg.	5,000.00
1 tolva almacén de mollienda de aluminio 3S, igual a los tanques humidificadores	1,250.00
1 tanque almacén de licor concentrado construido de acero clad, según dimensiones dadas antes	2,000.00
1 evaporador Lo-temperature, Mojonner Bros. Co. de simple efecto operado con compresión de amoníaco, con 130 pies ² de área de evaporación y 136 pies ² de área de condensación, de acero inoxidable 302, equipado con compresor y con eyector de aire. Capacidad, 400 lb/h. de agua evaporada	263,000.00
1 secador de aspersión con esprea, provisto de horno de combustión, ventilador para la succión de gases y ductos. Capacidad, 150 l/h. de agua evaporada	273,000.00
1 balanza semiautomática con capacidad de pesada hasta de 1 Kg. y un número realizable de 200 operaciones por hora	5,000.00
5 bombas Fairbanks Morse de 58 gpm con presión de trabajo de 100 ft.	16,875.00
1 caldera General Automatic. Capacidad, 20 Hpb.	29,500.00
TOTAL	\$ 762,500.00

Apéndice No. 2

MANO DE OBRA DIRECTA

		Sueldo mensual	Total
		Pesos	Pesos
Tostador	1	550.00	550.00
Molino	1	500.00	500.00
Extractores	6	500.00	3,000.00
Evaporador	1	550.00	550.00
Secador	1	550.00	550.00
Envase	2	500.00	1,000.00
Bodega	3	500.00	1,500.00
Total	15 obreros		<u>7,650.00</u>
Salario + 15% prestaciones			<u>8,798.00</u>

SUPERVISION Y ADMINISTRACION

Director	1	4,500.00	4,500.00
Gle. de producción	1	3,500.00	3,500.00
Contador	1	1,000.00	1,000.00
Gle. de ventas	1	3,500.00	3,500.00
Oficinistas	2	800.00	1,600.00
Vendedores	2	750.00	1,500.00
Total	8 empleados		<u>15,600.00</u>
Salario + 15% prestaciones			<u>17,940.00</u>

CAPITULO V

CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo se llevó a cabo un estudio sobre el proceso para obtener el extracto en polvo de capomo soluble, empleándose para ello el tipo clásico de extracción intermitente en tanques y a contracorriente, semejante al que se puede utilizar en la preparación de café en polvo.

2. El trabajo experimental realizado permitió la determinación de las condiciones de operación necesarias para trabajar en la planta semicomercial descrita para la producción de extracto de capomo en polvo. Dichas condiciones se pueden resumir:

- a) Temperatura de tostado: 215-225°C.
- b) Tiempo de tostado: 22 a 25 min.
- c) Molienda húmeda (18%) en molino de discos.
- d) El tamaño de partícula para la extracción deberá ser mayor que 0.42 mm.
- e) La extracción requiere 5 pasos de 2 h. de contacto con una relación de solvente a material de 5 a 1 y a una temperatura de 80°C.
- f) El extracto obtenido en la operación anterior deberá ser sometido a una evaporación para alcanzar una concentración de 15% en un evaporador a 80°F y un vacío de 25 mm. de Hg.
- g) El licor concentrado se alimenta a un secador de aspersión para su secado.

3. El costo de producción del extracto de capomo en polvo obtenido para la planta de la capacidad especificada se ha calculado en la cantidad de \$ 29.10 por Kg.

4. La rentabilidad anual de la planta descrita, no obstante su pequeña capacidad se calculó en cerca del 20% sobre el capital total de inversión, que representa un porcentaje similar al promedio de la rentabilidad actual para la industria de transformación en México.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA ESPECIAL

- (1) Martínez, M. Prof., "Las Plantas Medicinales de México". 3a. Edición. Ediciones Bolas. México, 1944, pág. 57.
- (2) Miranda, F. Dr., "La Vegetación de Chiapas". Edición del Gobierno del Estado. 1a. Parte, pág. 198; 2a. Parte, pág. 141.
- (3) Calvino, M. Dr., "Plantas Forrajeras Tropicales y Subtropicales". Ediciones Agrícolas Trucco. México, 1952, pág. 244.
- (4) Matons, A., Diccionario de Agricultura, 1a. Edición. Publicaciones Herre-rías. México, 1943, pág. 559.
- (5) Kirk, R. and Othmer, A., Encyclopedia of Chemical Technology. The Interscience Encyclopedia, Inc. Nueva York, 1951. Vol. 6. pág. 115.
- (6) Brown, G. G., "Operaciones Básicas de la Ingeniería Química", Manuel Marín y Cía., Editores. Barcelona, 1956, págs. 117, 222, 295, 500, 508.
- (7) Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook". McGraw Hill Book Com-pany, Inc. Nueva York, 1950. págs. 838, 481, 484, 509, 1828.
- (8) Zimmerman, O.T. and Lavine, I., Chemical Engineering Costs. Indus-trial Research Service. Dover, 1950, págs. 35, 37, 323.
- (9) Meade, K., "Investigación Analítica Sobre la Semilla del Capomo". Te-sis. México, 1955.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- (1) "The How of Instant-Coffee Processing". Flow sheet. Food Engineering. Vol. 25, No. 11. Noviembre 1953, pág. 118.
- (2) "What Goes into a Modern Coffee Plant". Flowsheet. Food Engineering. Vol. 23, No. 10. Octubre 1951, pág. 134.
- (3) Winokur, W. C., "What Makes Good Soluble Coffee". Food Engineering. Vol. 25, No. 11. Noviembre 1953, pág. 76.
- (4) Kaufman, C.W., "Recent Advances in Coffee Technology". Food Technology. Vol. 5, No. 4. Abril 1951, pág. 154.
- (5) McAdams, W. H., "Heat Transmission". McGraw-Hill Book Company, Inc. Nueva York, 1954.
- (6) "Data of Methods for Cost Estimation". Collection of Articles from Chemical Engineering. McGraw-Hill Book Company, Inc. Nueva York, 1952.
- (7) Lange, N. A., "Handbook of Chemistry". Handbook Publishers, Inc. Sandusky, 1941.