

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



## APORTACION AL ESTUDIO DE EXTRACCION DE COLORANTE ALIMENTICIO DEL ACHIOTE

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
PRESENTA  
**VICTOR DANIEL BAÑUELOS MORALES**  
MEXICO, D. F. 1982



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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## I N D I C E G E N E R A L

	INTRODUCCION	1
1.	ESTUDIO DEL PRODUCTO	3
2.	DISEÑO DEL PROCESO	64
3.	DIBUJOS Y PLANOS	130
4.	MANUALES (CRITERIOS OPERACIONALES)	151
5.	FACTIBILIDAD ECONOMICA	158
6.	PLAUSIBILIDAD	209
	CONCLUSIONES	214
	BIBLIOGRAFIA	216

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

El empleo de colorantes por el ser humano se remonta a sus orígenes y - va aunado a su desarrollo, sin embargo a raíz de la obtención del primer colorante sintético en 1856, este campo industrial ha tenido un amplio desarrollo, una de cuyas áreas más importantes han sido los alimentos. Esto último suscitó polémicas en torno al carácter ético de emplear aditivos para adulterar la imagen de los productos alimenticios, pero se ha demostrado la enorme influencia que tienen las propiedades organolépticas en la psicología del hombre y, por lo tanto, la calidad benéfica de usar sustancias que las realcen siempre y cuando no se trate de engañar al consumidor y no dañen la salud del mismo, como ocurrió a principios de este siglo. Para evitar estas situaciones anómalas se realizaron investigaciones que culminaron con la regularización de estos compuestos por medio de la Pure Food and Drugs Act de 1907 y posteriormente la Federal Food, Drug and Cosmetic de 1938, así como regulaciones gubernamentales; sin embargo los avances científicos y tecnológicos, y los estudios recientes realizados en la década de los setentas han mostrado un enorme carácter potencial de efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratológicos de varias sustancias colorantes que actualmente se emplean, tal es el caso de la tartrazina (FDC amarillo No. 5) que causa reacciones alérgicas en los pacientes sensitivos a la aspirina y ocasiona un comportamiento hipercinético en los niños.<sup>1,2</sup>

Lo anterior ha ocasionado la prohibición de algunos colorantes sintéticos en varios países, a la vez que un retorno al empleo de compuestos colorantes vegetales (carotenos). En particular Europa está realizando nuevas investigaciones en torno a esta área.

En México se cuenta con un enorme potencial en plantas que poseen estas materias colorantes (por ejemplo: zempazúchitl, achiote, alfalfa, etc., por mencionar algunas) y cuyo uso es de tipo regional, casi sin existir alguna industria que aproveche su riqueza en toda su capacidad. Es por esto que el presente estudio trata de ver la posible utilización industrial y racional de estos productos, tomando como ejemplo el achiote pero esperando que los resultados que se obtengan respecto a su factibilidad económica, se pueden generalizar a los demás productos vegetales con que cuenta nuestro país.

Por lo tanto, se puede concluir que los objetivos que motivan esta investigación son:

- 1) La posibilidad de elaborar un mejor producto, inocuo a la salud y de menor precio que los ya existentes.
- 2) La obtención de un estudio que proporcione la mínima información -- requerida para la futura elaboración de un proyecto.
- 3) La necesidad de incrementar el valor de una materia prima.
- 4) La conveniencia de extender la vida de un producto perecedero.

El estudio que se creará es de naturaleza técnico-económica que trata de proporcionar elementos objetivos de juicio, así como técnicas de análisis que puedan servir para la planeación adecuada de una industria, pero con un carácter preliminar correspondiente a la etapa pre-industrial de formulación y evaluación de proyectos. No se trata de crear bases ni establecer criterios para formar una empresa a partir del achiote, sino de dar información obtenida por medio de investigación bibliográfica, de campo y experimental, a la vez de presentar el diseño de un proceso y sus posibilidades de realización, de tal forma que sirva de antecedente para la planeación de un proyecto en caso de ser factible y no esperar la prohibición de los colorantes sintéticos para tomar medidas correctivas, sino ir creando una tecnología propia que preceda las posibles modificaciones reglamentarias que sucederán.

Se seleccionó el achiote como muestra representativa de los diversos -- productos vegetales existentes en el país, capaces de proporcionar sustancias colorantes. Hay que hacer hincapié en el juicio preliminar que predomina a lo largo de toda la obra, debido a las limitaciones de tipo práctico y económico con -- que se realizó.

## ESTUDIO DEL PRODUCTO

### 1.1 CARACTERISTICAS GENERALES.

#### 1.1.1 HISTORIA.

El achiote es una planta originaria de las áreas tropicales de México, de donde se extendió a América tropical y posteriormente se aclimató a -- países asiáticos de clima semejante.

Su nombre más común en México es achiote, nombre dado por las tri-- bus nahuatlecas y que procede de las palabras "achtli" - semilla, "izot" ---- brillar y "tl" - sufijo formativo y que significa "semilla brillante". El se ñor F. Feraz menciona que además de la etimología descrita puede venir de -- "atl" - agua más "chía" - grasa, significando entonces "semilla que engrasa - al agua". Otros nombres con los que se denomina son achioti, achiotero, ---- achiotillo ó achotillo, changuarica, pumuaca, kuxul, onotto, annatto, achuste, cacicuto, rocou ó rocu, rocon, rouson, orellan, orléan, orenotto, terra ore-- llana, arnotto, bixa ó bija, etc.

Los náhuatls lo utilizaban para teñir telas, paredes, muebles, plu-- mas vistosas y sus propios cuerpos, desconociéndose si lo cultivaban ó única-- mente recolectaban las plantas silvestres existentes.

Francisco Hernández, historiador y médico de Felipe II, considera-- ba que servía como febrífugo, astringente, antidisentérico, diurético, afro-- disiac y contra las quemaduras y la erisipela. El europeo Rochefort, en -- 1658, menciona que los indígenas del caribe lo usaban como colorante ornamen-- tal sobre su piel.

Los autores antiguos y escritores sobre cosas de la Nueva España lo conocían como achiotl y de él mencionan diversas características. P. Sahagún describe someramente esta planta y le atribuye poder curativo sobre la sarna.

Fr. Francisco Ximénez narra, en forma original, las propiedades de-- esta planta y le atribuye funciones curativas como febrífugo, desinflamante, - diurético, gran poder digestivo, etc., además de su uso como colorante y orna-- mental, su descripción es bastante amplia y detallada. P. Clavijero lo men-- ciona y Alcedo lo describe morfológicamente en forma escueta. Galindo y Vi-- lla, en 1926, dice que se desconoce su etimología y menciona que de su fruto-- se hace una bebida refrigerante y una pasta roja empleada para teñir.<sup>28</sup>

Hasta tiempos cercanos, las tribus del río Amazonas lo usaban como colorante para artesanías y para protección cutánea contra las radiaciones -- solares y los mosquitos. Algunos indígenas sudamericanos preparaban una bebida y la parte colorante era un ingrediente para guisos.

En nuestro país, actualmente se emplea como condimento para la cocina, principalmente en Yucatán, y se realizan investigaciones para proporcionar un color más intenso en la cría de aves y otros usos.

#### 1.1.2 TAXONOMIA.

El achiote es una planta que pertenece a la familia de las bixáceas y cuyo nombre botánico es *Bixa orellana* Linn. Es un arbusto que mide entre 2 y 5 m alcanzando en ocasiones alturas de 6 y 8 m, dependiendo de la región en que se cultiva y de su edad. Sus hojas son alternas, pecioladas, cordadas, agudas y lisas, midiendo hasta 20 cm de largo. Existen dos tipos diferentes de plantas, uno está caracterizado por su tallo verde, flores blancas y frutos verdes; el otro posee un tallo rojo con flores de color rosado y frutos rojos. Este último es el más común y sus flores hermafroditas forman bellos y numerosos racimos (ilustración 1.1 y 1.2).

Los frutos son cápsulas cubiertas de espinas blandas de forma redonda o alargada con terminación en punta, de aproximadamente 5 cm de largo lo cual puede variar. Están formadas por dos valvas, que al madurar se abren y en cuyo interior se encuentran las semillas en número que fluctúa entre 20 y 40, de forma triangular y apretadas, cuyo tamaño es muy pequeño. Estas semillas poseen tegumentos carnosos de color rojo o anaranjado, de la importancia comercial de esta pulpa se hablará más tarde (ilustración 1.3 y 1.4).

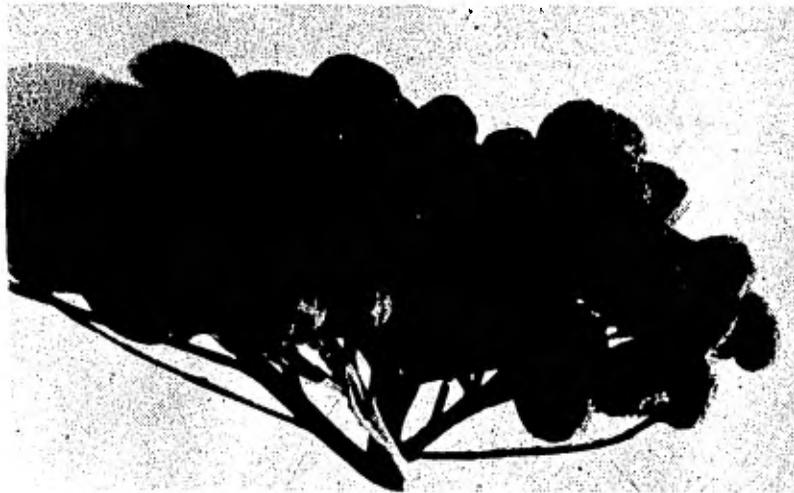
#### 1.1.3 CULTIVO Y COSECHA.

El achiote se cultiva en climas cálidos y suelos húmedos, pudiéndose cultivar desde los 50 m sobre el nivel del mar hasta altitudes de 1250 m -- siempre y cuando se este provisto de una buena distribución pluvial. Crece en cualquier terreno que no sea pantanoso, pero alcanza sus mejor desarrollo en las vegas de los ríos y en los suelos aluviales permeables, y la temperatura adecuada para su desarrollo debe variar entre 21 y 27°C. Este arbusto puede ser cosechado en tierras agotadas por el cultivo del café.

El terreno debe ser preparado abriendo hoyos de 50 x 50 x 50 cm y-



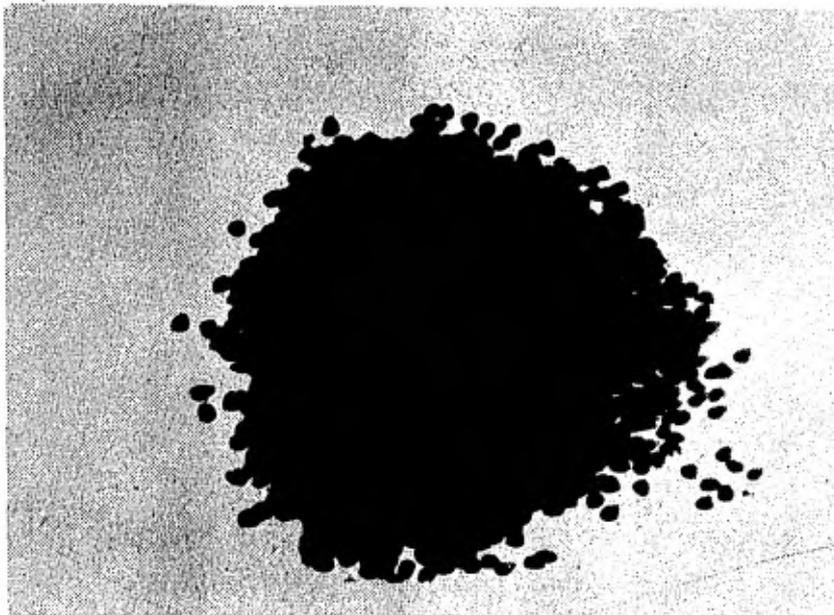
**ILUSTRACION 1.1 ESQUEMA BOTANICO DEL ACHIOTE.**



**ILUSTRACION 1.2 RACIMOS DE FRUTOS DEL ACHIOTE.**



**ILUSTRACION 1.3 FRUTOS Y SEMILLAS DEL ACHIOTE.**



**ILUSTRACION 1.4 SEMILLAS DEL ACHIOTE.**

preparándolos con abono.

La Bixa orellana L. se propaga por semillas, en almácigos, provenientes de cosechas maduras y frescas. Las semillas se humedecen para ablandar la superficie externa y facilitar la germinación, a continuación se cava a una profundidad de 2.5 cm y se deposita la semilla, con una distancia de 10 cm entre cada semilla y de 25 cm entre surcos. El almácigo se establece en un lugar fresco y sombreado; el crecimiento de la planta es rápido y en 4 meses miden de 15 a 30 cm de alto y son trasplantadas al terreno definitivo, empleándose días lluviosos y nublados para esta acción. La distancia entre los arbustos varía con respecto al suelo, en colinas de tierras pobres es de 1.80 m y en las tierras ricas de los bajos es de 3.5 a 5 m.

Otra forma consiste en poner 3 ó 4 semillas en el lugar definitivo y cuando las plantas alcanzan una altura de 25.5 cm se arrancan las débiles y se dejan las vigorosas.<sup>20</sup>

Las labores de cultivo están reducidas a una limpieza y poda periódica del árbol, de 2 a 4 cortes en la época lluviosa, no requiriendo mayor cuidado. Estas plantas florecen en febrero y agosto, obteniéndose dos cosechas por año.

La primera cosecha del achiote comienza desde los quince meses, existiendo aproximadamente un rendimiento de 112 kilogramos por hectárea, el cual va aumentando en los años subsecuentes alcanzando su mejor producción al cabo de tres o cuatro años.

La cosecha de los frutos se realiza cuando poseen un color rojizo y las cápsulas empiezan a abrirse. Son cortadas con instrumentos punzantes entre el primer nodo y el manojó de frutos, de esta forma es posible colectar una segunda cosecha en el mismo año.

Los frutos obtenidos se colocan en esteras o telas, se secan al sol, se protegen de la lluvia y de la humedad. De cuatro a diez días son suficientes para completar el secado y que las valvas se abran totalmente; las cápsulas se colocan en sacos y son golpeadas con un bastón para libertar las semillas. Posteriormente se separan las semillas de las cápsulas vacías por medio de un tamiz de 1/4 in. Las semillas se pueden volver a clasificar por un tamiz o un medio mecánico para eliminar la basura y desechos que contienen. En caso de ser trilladas el color de las semillas puede estropearse por lo que hay que tener cuidado.

Una vez extraídas las semillas se depositan en barricas o sacos, los cuales deben ser impermeabilizados para evitar que el producto se enmohezca, se fermente y permitir que conserven el color. Su envío debe ser rápido tratando que las semillas posean un color brillante, una vez secas su color es marrón, dado que el contenido de color es destruido por la luz y almacenaje prolongado.

#### 1.4.4 PRODUCCION.

El rendimiento anual de semillas secas por árbol es variable dependiendo del clima, suelo, etc., pero su valor medio es estimado entre 4.5 y 5.0 Kg. De acuerdo al número de árboles por hectárea y otros factores, un rendimiento de 350 a 700 Kg de semilla por hectárea puede ser esperado. --- Otros valores que han sido reportados en kilogramos por hectárea, son:

India	- 600
Colombia	- 2 000. Un rendimiento individual de 4,5 a 9.0 Kg en árboles de tres años de edad.
Indonesia	- Producción individual de 1.0 a 2.9 Kg en árboles con cuatro años de edad.
Kenya	- 1 100 a 2 200

Otros países que lo cultivan, pero de los cuales se desconocen datos, son: Bolivia, Brasil, Ceylán, República Dominicana, Ecuador, Guayana, Jamaica, Perú, Filipinas, Java y México. En menor escala se produce en ciertas partes del Africa, como Angola y Tanzania, y se ha hecho el intento de adaptarlo a Nigeria, El Salvador y Hawai, con resultados satisfactorios.

La semilla del achiote es exportada de Jamaica, Ecuador, Brasil y países colindantes, también de la India y Java. Los países que la importan son: Inglaterra, Estados Unidos, Dinamarca, Nueva Zelandia, Países Bajos y otros países que poseen enormes industrias de productos lácteos.

En México el rendimiento de semillas es de 112 Kg por hectárea en el primer año de cultivo y los estados donde crece en forma de planta silvestre son: Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Guerrero e inclusive se llegan a -- mencionar los estados de Sinaloa y Morelos como zonas de cultivo. Desafortunadamente no existen datos sobre una producción organizada de esta planta en el país y las investigaciones realizadas en este campo se pueden considerar-

nulas.

### 1.1.5 COMPOSICION, PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

La composición química reportada por Aviña Suárez<sup>2</sup> es:

Humedad	13.000%
Glucosa	8.547%
Cenizas	7.972%
Nitrogéno	2.952%
Albuminoides	18.450%
Celulosa y no Clasificados	<u>49.079%</u>
	100.000%

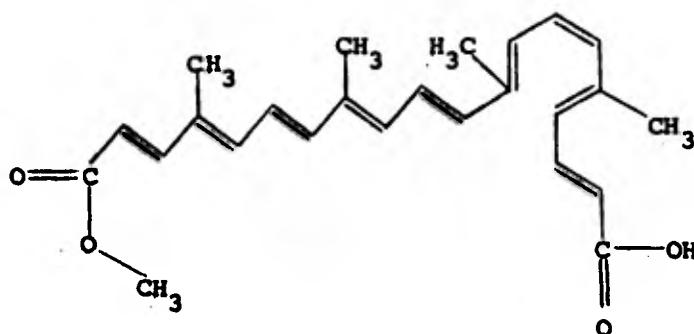
El pigmentador que empleó el mencionado autor fue sometido a un análisis bromatológico y los resultados obtenidos fueron:

Humedad	8.20%
Cenizas	1.95%
Proteínas	9.25%
Extracto étereo	8.30%
Fibra cruda	1.62%
Extracto no Nitrogenado	<u>70.68%</u>
	100.00%
Humedad	8.20%
Materia Seca	91.80%

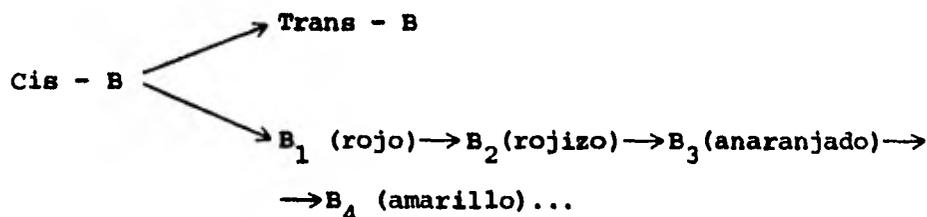
El contenido de colorante en el achiote es de 5 a 8%, alcanzando en ciertos cultivos hasta un 19% del peso total de semilla empleada con 0% de humedad.

El colorante de achiote está formado principalmente por dos sustancias: la bixina y la orellina. La primera está presente de un 70 a 80% en la masa del pigmento, consiste de cristales violeta de brillo metálico con punto de fusión de 189°C ó cristales rombicoides de color rojo pardusco, de punto de fusión de 195.5 a 198°C, insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos

como cloroformo, piridina, quinoleína, nitrobenzol, etc., el aceite de maíz - lo disuelve rápidamente a 120°C y las sales formadas por hidróxidos alcalinos son solubles en agua; con ácido sulfúrico concentrado da una solución azul -- brillante y en posterior dilución con agua forma un precipitado verde, lo -- cual sirve como prueba para detectar la bixina. Su fórmula ha sido causa de polémicas pero actualmente se reconoce como  $C_{25}H_{30}O_4$  y que corresponde al monometil éster de un ácido dicarboxílico poliéxico y cuya estructura es:



Esta fórmula se determinó por descomposiciones térmicas y por oxidación con permanganato de potasio. Las radiaciones solares, el calor, los oxidantes, los ácidos y álcalis la descomponen, así una solución preparada con este pigmento ve decrecer su intensidad de color en las primeras 48 horas formándose un isómero estable y cinco productos de degradación.<sup>22</sup> Iversen y Lam sugirieron que el calor transforma la bixina (B) de la siguiente manera:<sup>14</sup>



y proponen que la transformación se debe a cambios en uno o más dobles enlaces, lo cual se ha comprobado por análisis espectrofotométrico.

Por su parte Diemair, Janecke y Heusser<sup>7</sup> han logrado aislar, aparte de la bixina, varios pigmentos después de la saponificación de la bixina y su separación, los cuales son identificados por cromatografía en hidróxido de calcio. Estos se enuncian a continuación, proporcionando su absorción máxima

(m $\mu$ ) en hexano:

1. Anaranjado: 454 - 5, 487
2. Anaranjado rosa: 453, 486
3. Rojo rosa: 452, 471 - 2
4. Anaranjado: 451
5. Anaranjado café: 420, 444
6. Amarillo: 375, 400, 425

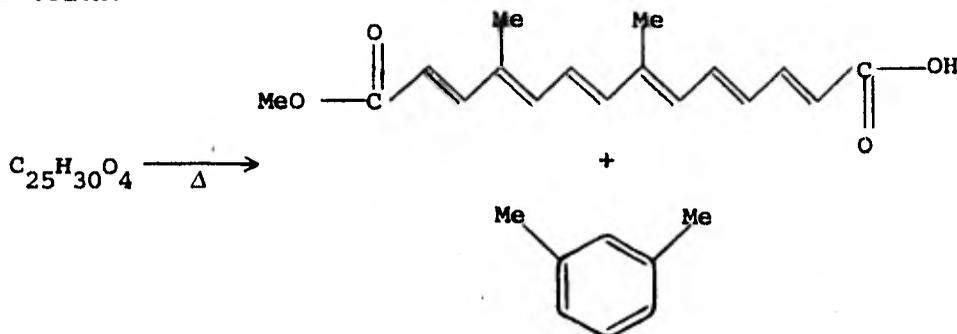
Los cuatro primeros se distinguen por su intensidad y tonalidad, - el sexto se considera que puede ser  $\delta$ - caroteno. Todos presentan las reacciones de los carotenos y su contenido de fierro, en las extracciones con solventes orgánicos, es alto.

La bixina e isómeros se determinan espectrofotométricamente en cloroformo, a 500 y 470 m $\mu$ , teniendo una absorción máxima a 501 y 470 m $\mu$ , cuyos valores son 282.6 y 314.6 respectivamente.

La orellina forma cristales de color amarillo, solubles en agua y cuyo poder de tinte es menor que la bixina. Allen y Kerndt sugieren que este pigmento deriva de la oxidación de la bixina por lo que también la denominan xantobixina, pero no proporcionan su constitución química. Osteraas y Olsen<sup>24</sup> han preparado una tinta amarilla soluble en agua que es transparente y no penetra el papel, resistente al calor y a la acción oxidante de los peróxidos, estable a la luz ultravioleta y que no cambia de color al ser calentada a --- 100°C en ausencia o presencia de peróxidos en períodos que van de tres minutos a una hora, y que únicamente pierde color al ser expuesta a la luz solar bajo techo por doce semanas; consideran que este pigmento amarillo es un producto de degradación. Ellos determinaron un alto contenido de tinta amarilla en semillas con ocho años de almacenamiento, en contraste con las semillas -- frescas, por lo que piensan que la cantidad de este pigmento se incrementa -- con el tiempo además de la diferencia que se puede atribuir a las variaciones genéticas y climatológicas.

McKeown sugiere que la bixina es inestable y forma esta sustancia amarilla (orellina) y meta-xileno durante la extracción térmica, ya que el -- espectro de absorción muestra poco contenido de este pigmento antes de reali-

zar la extracción:



Todo lo anterior ha sido demostrado por las bandas de los espectros de absorción. Estos pigmentos amarillos del achiote se determinan en una absorción máxima a 403 - 428 m $\mu$ .

Hasta la fecha existe duda de si el colorante de achiote puede ser fuente de vitamina A, existiendo varios trabajos sobre este tema. Euler fué el primero en investigar y su reporte fue negativo. Palmer en una monografía menciona que la bixina no pertenece al grupo de pigmentos carotenoides. Cook y Axtmayer<sup>4</sup> consideran que la actividad vitamínica reside en la orellina y sus investigaciones sobre ratas libres de vitamina A en su alimentación mostraron un crecimiento de estas ocasionado por la orellina suministrada, por lo cual concluyen que el achiote es una fuente de vitamina A, desconociendo si se trataba de ésta como tal, caroteno, un pigmento carotenoides o una sustancia con esta función en los organismos animales. Fonseca Ribeiro se refiere a la reacción de Carr y Price, que es positiva para el extracto cloroformico de achiote, como prueba de la existencia de caroteno sin especificar de qué sustancia se trata. Villela<sup>35</sup> menciona que el trabajo de Ribeiro es incompleto dado que no menciona las concentraciones empleadas en sus pruebas con el tricloroacetato de antimonio al 30%; respecto al trabajo de Cook y Axtmayer dice que no se realizó ningún ensayo curativo o preventivo de avitaminosis, así como no indican el estado de los animales y que las pruebas basadas en el aumento de peso no estandarizado de ratas son de poca valía. El por su parte trató de determinar esta cuestión empleando la separación de carotenos y pigmentos de las semillas de achiote por una mezcla de solventes no miscibles ("Entmischung") y por análisis cromatográfico de Trwett (adsorbentes de carbonato de calcio y óxido de aluminio). Sus resultados fueron negativos para las xantofilas y sus ésteres, no habiéndose encontrado cantidades apreciables de carotenos, y determinando únicamente bixina y otros pigmentos-

derivados de ésta. Se debe de mencionar que Villela no informa el tipo de semillas empleadas ni sus características (edad, humedad, clima, etc.) y recordar que Cook y Axtmayer indican que es la orellina la fuente vitamínica, la cual es un producto de oxidación y degradación de la bixina, y que su valor cuantitativo se incrementa con el tiempo.

Squibb, Guzmán y Scrimshaw<sup>31</sup> realizaron pruebas con ratas USDA agotadas en vitamina A, empleando tortas forrajeras de achiote, las cuales mostraron resultados cuantitativos con respecto a la absorción de semilla de achiote, carotenoides y riboflavina, mencionando que aunque los carotenoides fueron bien absorbidos, el elevado contenido de suero de carotina indica que no todos ellos tienen actividad vitamínica A, lo cual se midió químicamente.

Santamaría, Martínez y Asenjo<sup>29</sup> obtuvieron un residuo rojo anaranjado que contenía de 1 000 a 2 000 U. I. de vitamina A por gramo, esta sustancia se obtuvo por extracción con fracciones de éter de petróleo (p. eb. 30-60°C) y una evaporación entre 45 y 50°C; el espectro de absorción no mostró la presencia de bixina. Posteriormente el residuo se disolvió con una solución de éter de petróleo con 3% de acetona y se sometió a un cromatograma en una columna de óxido de magnesio y tierra de diatomeas (1:3), después se añadió metanol y se pudo recuperar la actividad de la vitamina A de esta fracción metanólica.

No obstante el desacuerdo existente sobre este tema, varios investigadores han estudiado diversos carotenoides en el achiote<sup>2</sup> como los siguientes:  $\beta$ -2 apocaroteno, cantaxantina, isozeaxantina, diacetato de isozeaxantina, zeaxantina, fisaleína, capsantina, violaxantina y metil bixina. Lawrence y Hogg<sup>18</sup> mencionan que el aceite de achiote es una fuente rica de sesquiterpenos como ishwaran, selina -4(15), 11 - dieno, caryofileno, valencino, coeno,  $\alpha$  - terpinol, etc. De la misma forma Harborne<sup>11</sup> menciona que posee flavonoides y sus bisulfatos, ácido illágico y proantho-cianidinas, e inclusive Schneider, Caron y Hinman<sup>30</sup> mencionan que existe ácido tomentósico en el extracto de achiote.

Para el análisis y detección de material colorante del achiote se emplea extracción con solventes, cromatografía de capa fina y en papel. El Instituto de Productos Tropicales<sup>13</sup> ha desarrollado un método cuantitativo basado en la observación del pigmento rojo en las semillas frescas del achiote,

lo que representa un 90 a 95% de bixina. Por su parte Monge<sup>22</sup> menciona que el total de pigmentos se pueden determinar de la siguiente manera: preparar una solución del colorante con cloroformo, determinar la absorción a los 404- y 500 m $\mu$ , sumar estos valores y disminuir la corrección referida a la relación de absorciones a 404 y 500 m $\mu$  multiplicada por la absorción a 500 m $\mu$ . La relación de las absorciones a 404 y 500 m $\mu$  es 0.256. El contenido total de pigmentos se expresa como contenido total de bixina, tomandola como una medida de la calidad del producto, esto se basa en que la bixina e isómeros se determinan en un rango de 470 a 500 m $\mu$  en cloroformo y los pigmentos amarillos en una absorción máxima a 403 - 428 m $\mu$ , existiendo una corrección por la absorción de bixina en esta longitud de onda:

$$A_{TP} = A_{500} + A_{404} - 0.256 A_{500}$$

$$\text{Pigmentos Totales} = (A_{TP}/A_{501B}) (V/1\ 000) (100/P)$$

$A_{500}$  - Absorción a 500 m $\mu$

$A_{404}$  - Absorción a 404 m $\mu$

V - Volúmen en el que se prepara la muestra, ml

0.256 - Factor de corrección

$A_{501B}$  - Absorción de bixina a 501 m $\mu$  y cuyo valor es 282.6

P - Peso de la muestra, gramos

Los pigmentos totales se expresan en gramos por 100 gramos de los mismos, es decir, gramos por ciento.

## 1.2 USOS Y APLICACIONES.

Las aplicaciones que tiene el colorante del achiote son numerosas. En un principio fué empleado en cosméticos y como tintura de textiles, cuero, lacas, madera, marfil, huesos, etc., en vista de que tiñe directamente, por ejemplo el algodón, la lana y la seda con tonos rojo anaranjados resistentes a ácidos, cloro, jabones, etc., pero que son inestables a la luz y que actualmente han sido reemplazados de estos usos por pigmentos sintéticos.

Los indígenas del Amazonas lo emplean para colorear alfarería y como protección cutánea contra radiaciones solares e insectos; algunos autores le atribuyen propiedades curativas aún contra la lepra, pero no existe ningún

trabajo documentado sobre estos usos.

En América Latina y en México es usado como condimento para el --- arroz, estofado, guisos típicos de carne, etc., por su grato sabor y vivo color, además de las propiedades digestivas que se le atribuyen.

En las Filipinas se emplea como cera de pisos, tinte para maderas, laca para latón, aceite para pelo, cera para zapatos cafés y de color semejante y esmalte de uñas. Tanchico y West<sup>33</sup> proporcionan las formulaciones para fabricar estas sustancias, de las cuales se escogió el esmalte de uñas como muestra:

Celuloide, g	50
Amil-acetato, cc	450
Acetona, cc	450
Acetona saturada con achiote, cc	1

el celuloide es disuelto en el acetato amílico y posteriormente se agrega la acetona y la acetona saturada con el colorante, esta última se obtiene mezclando 0.5 g de colorante de achiote con 20 cc de acetona, el color obtenido por este esmalte es rojo oscuro, el cual es removido con acetona.

En Europa y Estados Unidos se emplea este pigmento como colorante de productos lácteos y de margarina. Además en el último se usa en helados, aceites comestibles, dulces y productos de panadería; la margarina es blanca por lo que se le agrega un colorante amarillo o anaranjado, soluble en grasas y que sea inodoro, insípido, inocuo a la salud e insoluble en agua, esto último con el fin de que las gotitas de agua que aparezcan sean incoloras. De aquí la importancia del pigmento de achiote para ser empleado como colorante de la margarina y el queso, usándose para este último norbixina extraída en forma alcalina o las sales de potasio de la bixina (se sugiere usar de ----- 10 - 15 ml de colorante de achiote, 1% en peso, por cada 100 l de leche empleada en producir quesos u otros alimentos). Cuando el color presentado por la leche es inadecuado, este pigmento se agrega para impartirle una mayor coloración, pudiendo hacerse diversas mezclas para que el producto lácteo sea uniforme.

Friedel<sup>9</sup> menciona que el pigmento alcalino extraído debe ajustarse a un pH de 6.6 a 7.4 y combinarle con aceite sulfonado o partículas grasosas, la mezcla obtenida de esta forma, sea sólida o líquida, se adiciona a la leche, crema, mantequilla, queso o margarina, antes o durante su preparación.

Si el pH de estos productos es básico se reduce con ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido cítrico o ácido láctico, lo que preserva el producto y mantiene el color. Cuando la solución de colorante tiene un pH superior a 6.6 se mezcla con partículas coloidales como proteínas de leche, para reducir su alcalinidad y obtener un color natural, también se pueden usar microorganismos para obtener cierto grado de acidez.

También se ha investigado sus usos farmacéuticos, encontrándose -- que se puede emplear como antiespasmódico, tranquilizante, etc., estos resultados fueron obtenidos por Hartgerink.<sup>12</sup>

Aviña<sup>2</sup> investigó el empleo del achiote como pigmentador de aves -- usando 20 g por cada kilogramo de alimento y se encontró que los pollos de -- experimentación incrementaban su color amarillo-naranja aproximadamente de -- 5 a 6 veces con respecto a las aves testigo, dependiendo de la edad en que -- se les proporcionó dicho colorante, por lo que recomienda el empleo de pig-- mentos en concentrados secos, estables, accesibles y que no alteren la formu-- lación del alimento de estos animales. A su vez menciona que el trabajo de -- Squibb, Mendez y Scrimshaw indica que la harina de achiote posee propiedades pigmentadoras cuando se agrega al alimento de aves; la harina de achiote es el producto obtenido después de la extracción de la bixina.

Por su parte Landagora<sup>17</sup> encontró que las semillas de achiote, como complemento alimenticio, intensifican el color rojo-anaranjado de las yemas de los huevos, el cual persiste tanto en los frescos como en los cocinados e incrementa la producción de huevos. Sin embargo en sus experimentaciones se encontró que el achiote molido y añadido con el agua a las aves no -- adicionaba color a las yemas.

El colorante de achiote también se emplea sin riesgo para colorear ciertas bebidas suaves, mezclas ingeribles y productos de cosmetología.<sup>8</sup>

Otras aplicaciones para lo que se puede utilizar el achiote son -- las que a continuación se describen: como antidisentérico y febrífugo, con -- una pasta formada con las semillas del achiote. Las hojas picadas y macera--

das con poca agua crean un compuesto gomoso de propiedades diuréticas y anti-gonorreicas. De las ramas se obtiene una goma semejante a la arábica y de su corteza una fibra que puede emplearse para cordelería.<sup>20</sup> Como se puede observar los usos potenciales de esta planta son enormes, por lo cual es conveniente el estudio de sus diversas aplicaciones.

### 1.3 METODOS DE OBTENCION.

Antiguamente las semillas eran colocadas en vasijas, donde se les agregaba agua hirviendo, a continuación una agitación violenta era empleada para desprender el colorante; una vez reposada la solución y después de criada para separar impurezas, el líquido obtenido se dejaba fermentar 7 ó más días; una vez depositado el colorante, el líquido que sobrenada es decantado y el residuo es colocado en recipientes al ambiente para que se evapore la humedad, ó bien sometiéndose a una evaporación suave en recipientes de cobre. El producto así obtenido tiene una consistencia de mastiche que puede empaquetarse en panes de 900 a 1 300 g con hojas de caña ó de plátano, se puede secar más y formar tortas de 360 a 450 g ó secar por completo y moldear tortas de pasta dura. Su color exterior es pardo, pero en su interior presenta un color rojizo ó amarillento, que depende del contenido de pigmentos.

Una modificación moderna del método anterior consiste en empapar las semillas en agua caliente por varias horas, agitar y filtrar en una criba. El filtrado se deja reposar y asentar, posteriormente la capa inferior es separada y centrifugada con aire seco. Un horno al vacío que contenga cloruro de calcio en su parte superior es empleado para realizar el secado final. Para su purificación el pigmento es molido y disuelto en una solución caliente de etanol, por la que se pasa una corriente gaseosa de amoníaco que forma el bixinato de amonio, se filtra y la bixina precipita por la presencia de un ácido y de enfriamiento. Los cristales de bixina posteriormente son filtrados, secados y recristalizados en ácido acético. A veces conviene acidificar el agua de extracción con ácido acético o vinagre al 4%.

La bixina también se obtiene mojando las semillas en agua con un pH de 7.5 y a 60°C, seguido por un tratamiento con agua a pH de 4.0; el tiempo de tratamiento depende de las condiciones, así una mezcla a 30°C y pH de 13 requiere de 10 a 30 minutos, seguido de una suspensión en tres volúmenes de agua de pH entre 3 y 8, y un secado al vacío a 60°C.<sup>32</sup>

Para la obtención de colorante de uso alimenticio se puede proceder a una extracción directa de las semillas con cloroformo en su punto de ebullición por 24 horas. El extracto obtenido es vaciado fuera de las semillas y el exceso de solvente retirado por destilación al vacío; posteriormente la solución se evapora y el residuo se trata con éter de petróleo ( $C_5-C_6$ ) para eliminar los restos aceitosos que puedan quedar. Los cristales rojos obtenidos presentan un punto de fusión de  $165^{\circ}C$ . Para la extracción es necesario contar con recipientes enchaquetados que contengan agitadores y controlar todas las etapas de producción en vista de la inestabilidad de la bixina, razón por la cual Europa y Estados Unidos importan la semilla y llevan a cabo su propio proceso en lugar de comprar el colorante ya procesado.

Monge<sup>22</sup> realizó la extracción de la bixina con cloroformo a  $40^{\circ}C$  y con agitación, el extracto fué filtrado y concentrado al vacío a una temperatura menor de  $40^{\circ}C$ , notando que la formación de cristales violeta aumenta con la evaporación. A su vez probó con diferentes formas de extracción encontrando que el tiempo requerido por las semillas secas es seis veces menor que las frescas, es decir doce horas, que la temperatura ( $65^{\circ}C$ ) facilita la operación y que los colorantes no sufren cambios. El mencionado autor recomienda el método de Soxhlet conjuntamente con el de percolación para las semillas frescas y para las secas la extracción en caliente en tipo Butt. Su pérdida de solvente fué de 18% empleando una relación solvente-semilla de 1:1, realizando siete lavadas con solvente fresco ( $35^{\circ}C$ ) con 40 minutos de agitación por lavada y 20 minutos de tiempo por vaciar. Obtuvo bixina en un alto grado de pureza y una cantidad grande de materia colorante.

A partir de 100 g de semillas de achiote, en Israel se obtuvo un concentrado de 5.3 g, con 2.2 g de bixina, por la doble extracción con 150 ml de éter de petróleo (p. eb.  $60-80^{\circ}C$ ), añadiendo posteriormente 1.5 l de metanol al 85%, conteniendo 1.35 g de potasa y 0.05 g de Santoquin. El metanol fue evaporado al vacío obteniéndose las cantidades ya mencionadas.<sup>25</sup>

Moriez-Smith<sup>23</sup> trataron 500 g de semilla seca con 1 000 cc de etanol al 95% y de cloroformo (1:1), con agitación y calentamiento a ebullición ( $<100^{\circ}C$ ) con reflujo durante media hora, seguido de enfriamiento a  $30^{\circ}C$  y decantación. La operación es realizada tres veces, desechándose la materia insoluble; el líquido decantado destiló a  $<80^{\circ}C$  para separar el etanol y el cloroformo. El residuo se mezcló con 175 cc de éter de petróleo, dejándose-

reposar toda la noche y después decantándolo, a continuación el residuo es lavado con 100 cc de éter de petróleo. Esas extracciones de éter de petróleo se filtraron y destilaron al vacío a una temperatura menor de 80°C, obteniéndose 16.4 g de un líquido anaranjado rojizo, con olor a frutas, libre de los isómeros de bixina.

El residuo se disolvió en una mezcla de igual volumen e hirviente de cloroformo y etanol al 95%, se filtró y el filtrado obtenido es enfriado a temperatura ambiente, el residuo de esta filtración se seco recuperándose 9.4 g de cristales violeta, cis-bixina, de punto de fusión de 195.9°C. El filtrado es destilado en las anteriores condiciones obteniéndose 3.7 g de trans-bixina como sólido resinoso, de color oscuro y oloroso.

En el estudio de actividad vitamínica de este colorante, Cook y Axtmayer obtuvieron un polvo rojo a partir de la extracción de semillas frescas con alcohol frío de un 80 a 90% de pureza, seguido de una evaporación que proporcionó el material colorido resinoso y húmedo, casi libre de bixina.<sup>4</sup>

Por su parte Marcus realizó una extracción con hidrocarburos de bajo punto de ebullición y con NaOH al 1%, el pigmento se disuelve como bixinato de sodio que es precipitado con ácido clorhídrico, filtrado y secado. Después es lavado con solventes de petróleo y mezclado con carbonato ácido de sodio, seguido de una disolución con agua caliente y una filtración. El colorante resultante es estable.<sup>19</sup>

Habaj propone el empleo de una solución acuosa de NaOH, para obtener un producto más estable y económico.<sup>10</sup> Este procedimiento consiste en tratar 15 Kg de semillas frescas con 100 Kg de solución de hidróxido de sodio al 3.5%, calentar la mezcla a 68 ó 70°C y agitar de 60 a 70 minutos; el extracto obtenido se decanta y filtra. El residuo de las semillas es tratado por segunda ocasión con 15 l de sosa al 1% y la mezcla se decantó y filtró, ambas extracciones fueron diluidas con agua y la solución obtenida es empleada como colorante del queso.

Como ya se había mencionado Osteraas y Olsen prepararon una tinta, su método consistió en extraer colorante de un gramo de semillas de achiote con 100 ml de hidróxido de amonio, 1.0 M, a temperatura ambiente; el extracto se centrifugó y la solución fue decantada, desechando la porción sólida.-

A continuación el líquido es acidificado con ácido clorhídrico 6.0 M y vuelto a centrifugar. El fluido de la capa superior es desechado y el precipitado disuelto con hidróxido de amonio 10.0 M y centrifugado. Enseguida el líquido es decantado y los sólidos son desechados, se acidifica la solución -- con ácido clorhídrico, seguido de una redisolución en hidróxido de amonio -- hasta que la mezcla no manche el papel y no posea pigmentos diferentes al -- amarillo. Una vez obtenido el colorante amarillo se acidifica y centrifuga, desechando el líquido. Se adiciona glicerol en una cantidad igual al precipitado y, por último, se agrega una porción suficiente de hidróxido de amonio 10.0 M para fluidizar la pasta. Una tinta amarilla es obtenida de esta forma, con un alto contenido en sólidos y buenas propiedades de flujo, soluble en agua y cuyas propiedades han sido mencionadas anteriormente.

A su vez Kocher<sup>16</sup> sugiere que las semillas de achiote se traten -- con propilenglicol, conteniendo un 3% en peso de hidróxido de potasio, en -- una relación de una parte de sólidos con cuatro partes de solución; calentar la mezcla a 104°C con agitación hasta agotar la materia colorante y el líquido obtenido enfriarlo a 70°C, seguido de una filtración.

Una vez realizada la extracción los pasos subsecuentes de operación son:



Se puede observar que todos los métodos están basados en la operación de extracción, diferenciándose en los tipos de disolventes empleados, - lo cual depende del uso específico que tendrá el colorante, de la pureza que se quiera tener e inclusive del tipo de sustancia que se pretende que predomine.

Con respecto a la estabilización de la bixina, se puede decir que varias de las técnicas de obtención descritas no poseen este problema, sin embargo para aquellas que lo tienen Tadamasa<sup>32</sup> propone mantener la bixina en una solución alcohólica con un pH de 4.5 durante una hora, logrando que la - sustancia mencionada alcance su forma estable con un rendimiento de 69/70.

#### 1.4 REGLAMENTACIONES TECNICAS Y COMERCIALES.

Antes de mencionar las normas oficiales que rigen el empleo de extracto de achiote como colorante, se cree conveniente mostrar el cambio que ha existido con los colorantes amarillos en la década de 1964 a 1974, lo cual se presenta en el cuadro 1.1 con las sustancias y países más representativos. Como puede observarse esta área industrial ha experimentado constantes modificaciones según se han ido realizando nuevas pruebas toxicológicas con los compuestos que forman parte de ella; asimismo es necesario notar la aprobación de la tartrazina por todos los países siendo que existen datos no comprobados de que esta sustancia es dañina a la salud y con la cual se están practicando nuevas investigaciones.<sup>3</sup>

Con respecto al extracto de achiote, la "Food and Drug Administration"<sup>8</sup> establece normas para su empleo en solución acuosa alcalina o combinada con propilenglicol ó alcohol etílico, pudiendo agregarse a grasas o aceites vegetales comestibles, estando su uso restringido únicamente por la práctica comercial, no requiriendo certificación, aunque las etiquetas deben informar de su adición. Para su utilización en drogas se le puede emplear con los diluyentes aprobados por las especificaciones de las mezclas ingeribles o de cosméticos.

En México, el "Reglamento de Aditivos Para Alimentos"<sup>26</sup> en sus artículos 11 y 12 establece el empleo de los siguientes colorantes amarillos:

Achiote o Annatto: Semilla de Bixa orellana L. (Materia colorante: bixina).

Carotenoides: (Materia colorante que se encuentra en numerosos organismos vegetales y animales).

Caramelo.

Otros de menor importancia y diferente coloración.

Así como las sustancias sintéticas: Amarillo número 5 (Tartrazina) y Amarillo número 6 (Sunset FCF). El mismo reglamento en su artículo 13 aclara que los colorantes empleados deben encontrarse libres de sustancias impropias al organismo humano, debiendo conformar las siguientes especificaciones:

COLORANTES AMARILLOS	CANADA		FRANCIA		ALEMANIA		JAPON		ESTADOS UNIDOS	
	64	74	64	74	64	74	64	74	64	74
Curcumina	-	⊕	+	+	-	⊕	-	⊕	-	⊕
Riboflavina	-	⊕	-	-	+	+	-	⊕	-	⊕
Tartrazina	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Amarillo Naftol S	+	⊖	-	-	-	-	+	⊖	-	-
Amarillo AB	-	-	-	-	-	-	+	⊖	-	-

+ Permitido

- No permitido

⊕ Permitido (modificación con respecto a 1964).

⊖ No permitido (modificación con respecto a 1964).

CUADRO 1.1 CONTROL DE COLORANTES AMARILLOS PARA ALIMENTOS EN ALGUNOS PAISES.

Fuente: Ver Bibliografía, referencia 3.3.

Plomo: no más de 0.001% (como Pb).

Arsénico: no más de 0.00014% (como  $As_2O_5$ ).

Otros metales pesados: solo huellas por precipitación de sus sulfuros.

Cuando se usan los disolventes permitidos, su residuo en el extracto debe corresponder a las limitaciones existentes para el solvente correspondiente.

El "Reglamento de Productos Derivados de la Leche y Sustitutos de Ellos"<sup>27</sup> establece claramente el empleo del achiote ó annatto, a la vez que otras sustancias previamente aprobadas por la SSA, como colorante de cremas, quesos, mantequillas, helados y sustitutos de estos, así como margarinas y oleomargarinas, pudiendo emplearse solo ó como componente de mezclas de colorantes, requiriendo únicamente su notificación en la etiqueta comercial. El mismo criterio impera en su adición a bebidas suaves y productos comestibles. Para productos farmacéuticos requiere certificación por parte de la SSA.

## 1.5 PARTE EXPERIMENTAL.

### 1.5.1 OBJETIVOS.

Los objetivos que se persiguen al realizar este estudio experimental son:

- 1) Discernir las variables que afectan el proceso seleccionado - por medio de diferenciación entre ellas.
- 2) Obtener un modelo matemático que relacione las variables que influyen en el proceso con el rendimiento del colorante.
- 3) Establecer las condiciones de operación del proceso.
- 4) Determinar ciertas propiedades físico-químicas.

El cumplimiento de estos fines proporciona los datos necesarios para seleccionar y diseñar el equipo requerido para realizar el proceso, así como establecer las variables de control y sus posibles modificaciones para mejorar el rendimiento del producto.

### 1.5.2 SELECCION DEL PROCESO.

En base a la información obtenida en la sección 1.3, los métodos -

de obtención de un colorante del achiote se clasificarán de acuerdo al solvente empleado en:

<u>Método</u>	<u>Solvente Empleado</u>
A	Agua
B	Modificación del método A
C	Cloroformo
D	Modificación del método C
E	Eter-petróleo
F	Etanol-cloroformo
G	Alcohol frío
H	Hidrocarburos y sosa
I	Hidróxido de sodio
J	Hidróxido de amonio
K	Propilenglicol-potasa

En vista de que el tratar de seleccionar alguno de los métodos descritos anteriormente por comparación experimental requiere un uso amplio de recursos y dadas las restricciones con que se realizó este trabajo, se optó por escoger el procedimiento de obtención en función a un análisis de decisiones, de acuerdo al método propuesto por Kepner y Tregore, el cual consiste en establecer claramente los objetivos perseguidos, jerarquizarlos según la importancia que se les atribuye, desarrollar las alternativas y evaluarlas frente a las metas propuestas, de tal forma que la decisión escogida sea la mejor de acuerdo a la persona que efectúa el análisis.

Esta técnica se aplicó en nuestro caso estableciendo como objetivo obligatorio el obtener un colorante alimenticio inocuo a la salud, y como metas deseadas aquellas características subjetivas que son anheladas ---- en cuanto a proceso e inversión y a las cuales se les adjudicó un peso relativo comprendido entre 1 y 10, recibiendo el número 10 los objetivos más deseados y modificando los valores en base a la importancia relativa dada a -- cada uno de ellos. A continuación se examinó cada método y aquellos que satisficieron el objetivo obligatorio fueron evaluados utilizando una escala - del 1 al 10 frente a cada uno de los fines deseados, para lo cual se empleó la información bibliográfica recopilada en este capítulo y la comparación mutua entre los métodos; posteriormente se multiplicarón estas calificaciones-- por el correspondiente peso asignado a cada objetivo obteniendo de esta for

ma las respectivas calificaciones ponderadas, las cuales se adicionan para determinar la cuantía total de las metas deseadas de cada alternativa, seleccionándose aquella que proporciona el mayor valor y que conserva un equilibrio entre los fines esperados.<sup>15</sup>

Todo lo anterior se ilustra en el cuadro 1.2 con los que reportaron resultados más satisfactorios, aclarándose que con todos ellos se realizó el mismo tipo de estudio.

El método escogido fue el I en base a los datos del cuadro 1.2, el cual consiste en la extracción con solución de hidróxido de sodio y cuyo diagrama de bloques se ilustra con los correspondientes a los procedimientos -- ilustrados en el análisis de decisión, así como con el proceso que emplea -- etanol-cloroformo, en las figuras 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5, respectivamente.

De la figura 1.3 se observa que el método seleccionado se basa en una extracción, decantación y filtración, operaciones que se pueden realizar dos ó más veces, y en vista de que la lixiviación constituye la base del proceso, se hará sobre esta etapa el enfoque de la investigación experimental planeada.

### 1.5.3 DISEÑO DEL EXPERIMENTO.

Para la elección de las variables de la extracción se tomaron en cuenta todas aquellas que pudieran intervenir en la operación, empleando la información existente para establecer el rango de experimentación. Estas -- son:

<u>Clave</u>	<u>Variable</u>
A	Relación solvente-semilla
B	Concentración del solvente
C	Temperatura de operación
D	Tiempo de operación
E	Agitación
	Tamaño de la semilla
	Humedad de la semilla
	Tipo de semilla
	Presión de operación

OBJETIVOS		METODO D			METODO E			METODO I			METODO K		
OBLIGATORIOS		Información	P	NP	Información	P	NP	Información	P	NP	Información	P	NP
1. Obtener un colorante de usos alimenticios, inocuo a la salud.		Obtención de bixina casi pura.	✓		Colorante con 40% de bixina.	✓		Colorante para productos lácteos.	✓		Colorante para comestibles.	✓	
DESEADOS	Peso	Información	C	CP	Información	C	CP	Información	C	CP	Información	C	CP
1. Calidad adecuada.	10	Para comestibles, alta pureza.	10	100	Para comestibles, buena pureza.	8	80	Para productos lácteos principalmente.	7	70	Para comestibles.	7	70
2. Rendimiento elevado.	10	Del 8 al 19% de bixina.	10	100	Aproximadamente 5.3% de bixina.	9	90	Desconocido.	5	50	Desconocido.	5	50
3. Aprovechamiento de insumos.	9	Asequibles.	9	81	Asequibles, pero en menor grado que los métodos D y K.	8	72	Muy asequibles.	10	90	Asequibles.	9	81
4. Seguridad.	9	Manejo de sustancias volátiles, combustibles y tóxicas.	7	63	Igual que el método D.	7	63	Manejo de sustancias tóxicas.	10	90	Igual que el método D.	7	63
5. Costos.	8	Regulares.	8	64	Regulares.	8	64	Reducidos.	10	80	Regulares.	8	64
6. Volúmen pequeño de materias.	7	Variable, dependiendo del equipo.	7	49	1.0 g de semilla a 1.5 ml de solvente.	8	56	1.0 parte de semilla a 6.67 partes de solvente.	9	63	1.0 Parte de semilla a 4.0 partes de solvente.	10	70
7. Poca cantidad de equipo.	7	De 3-4 equipos básicos.	9	63	De 2-3 equipos básicos.	10	70	De 3-4 equipos básicos.	9	63	De 3-5 equipos básicos.	9	63
8. Materias baratas.	6	Baratas.	9	54	Regulares.	7	42	Económicas.	10	60	Regulares.	7	42
9. Mantenimiento.	5	Periódico, por personal capacitado.	8	40	Periódico, sin alto grado de capacitación.	10	50	Igual que el método E.	10	50	Igual que el método D.	8	40
10. Energía.	5	Regular consumo.	8	40	Regular consumo.	8	40	Poco consumo.	10	50	Alto consumo.	6	30
11. Capital inicial.	4	Regular.	8	32	Pequeño.	10	40	Regular.	8	32	Relativamente pequeño.	10	40
12. Transportes.	3	Bombas y Transportadores.	9	27	Igual que el método D.	9	27	Bombas principalmente.	10	30	Igual que el método D.	9	27
13. Poca personal.	3	Poco número de obreros.	10	30	Mayor que el método D.	8	24	Igual que el método D.	10	30	Igual que el método E.	8	24
14. Poca espacio requerido.	2	Pequeño, dado el número de equipos.	10	20	Igual que el método D.	10	20	Igual que el método D.	10	20	Mayor que el método D.	8	16
15. Tiempo de operación por etapa.	2	Aproximadamente 12 horas.	7	14	Desconocido, pero probablemente pequeño.	5	10	De 1 a 3 horas.	10	20	Desconocido.	5	10
16. Personal capacitado (Obreros).	1	Con experiencia en manejo de equipo.	8	8	No se requiere experiencia, sino adiestramiento.	10	10	Igual que el método E.	10	10	Igual que el método E.	10	10
TOTAL DE OBJETIVOS DESEADOS:			785		758			808			700		

C L A V E :

P - Pasa                      C - Calificación  
 NP- No Pasa                CP- Calificación Ponderada.

CUADRO 1.2 ANALISIS DE DECISION PARA SELECCIONAR EL METODO DE OBTENCION DEL COLORANTE.

La evaluación de los objetivos deseados fue de carácter subjetivo, basándose en la comparación entre los métodos para determinar su calificación, principalmente cuando no se contaba con datos específicos.

C A R G A :  
Semilla seca de achiote  
Cloroformo

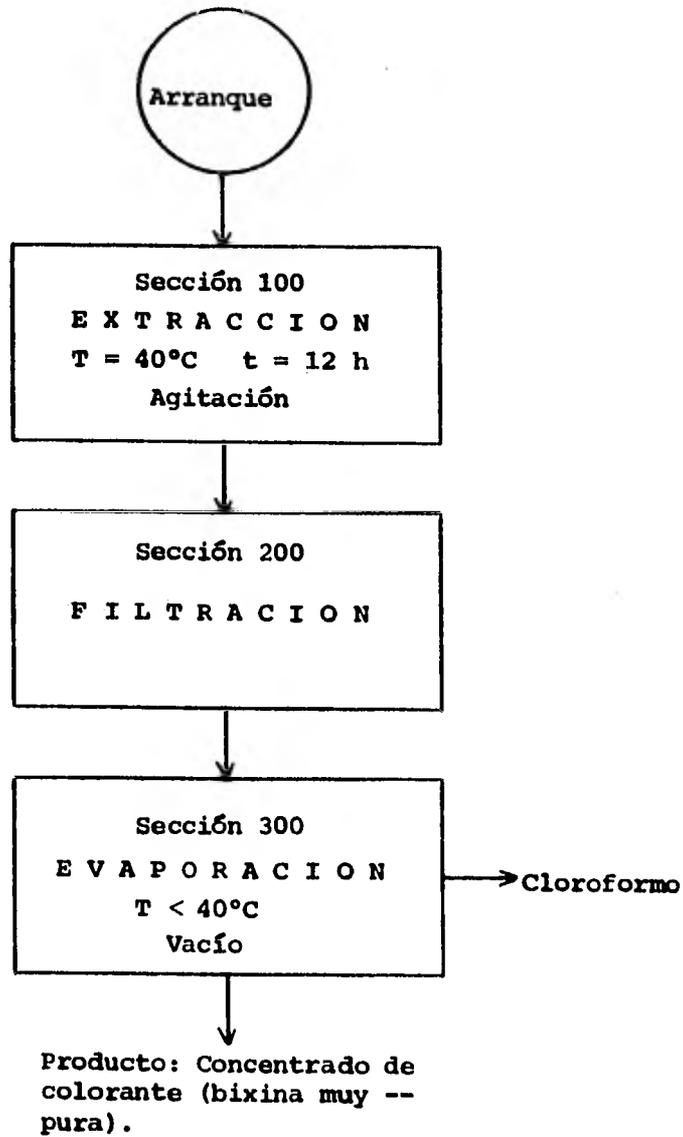


FIGURA 1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DE COLORANTE DE ACHIOTE.  
(EXTRACCION CON CLOROFORMO).

## C A R G A :

100 g de semilla de achiote

150 ml éter de petróleo (p. eb. 60-80°C)

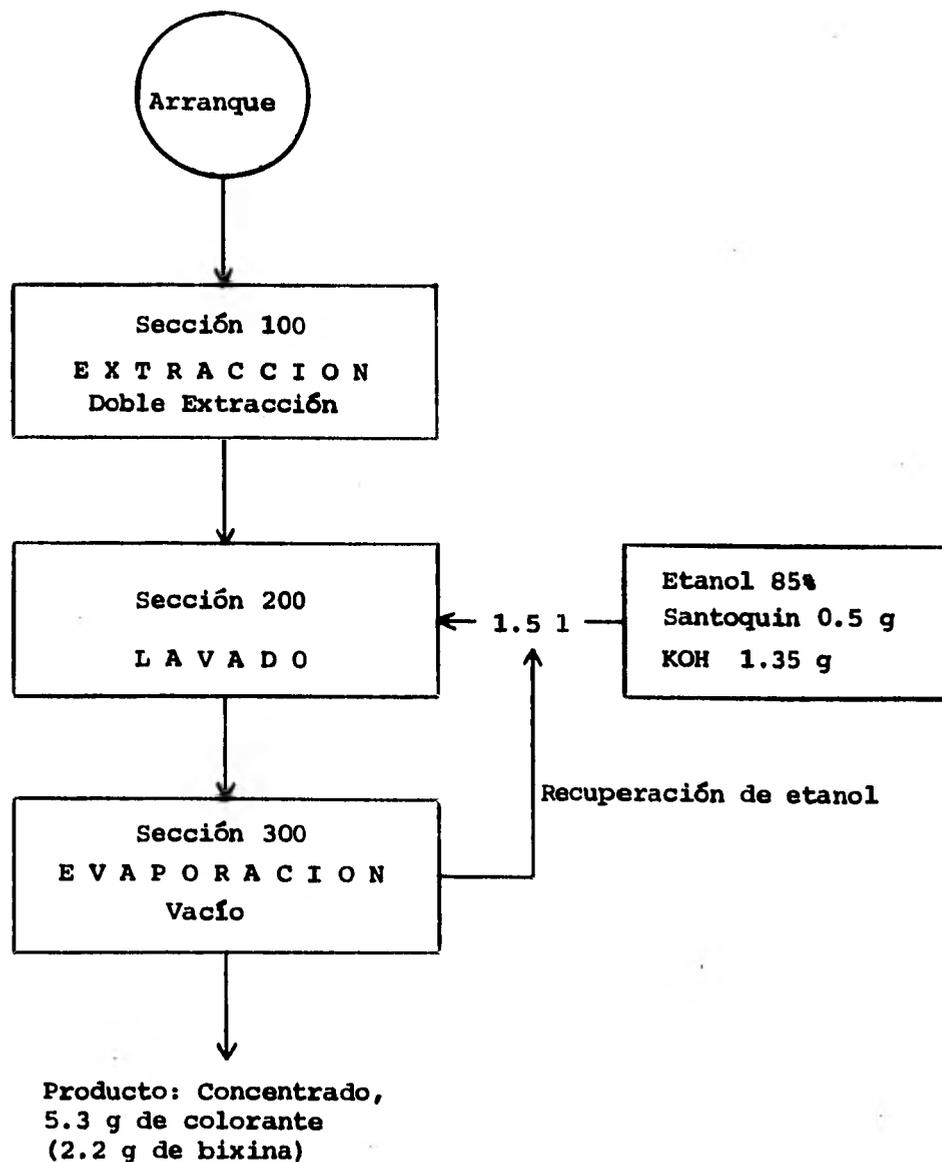


FIGURA 1.2 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DE COLORANTE DE ACHIOTE.  
(EXTRACCION CON ETER DE PETROLEO).

C A R G A :  
 150 g de semilla fresca  
 1 000 g de NaOH al 3.5%

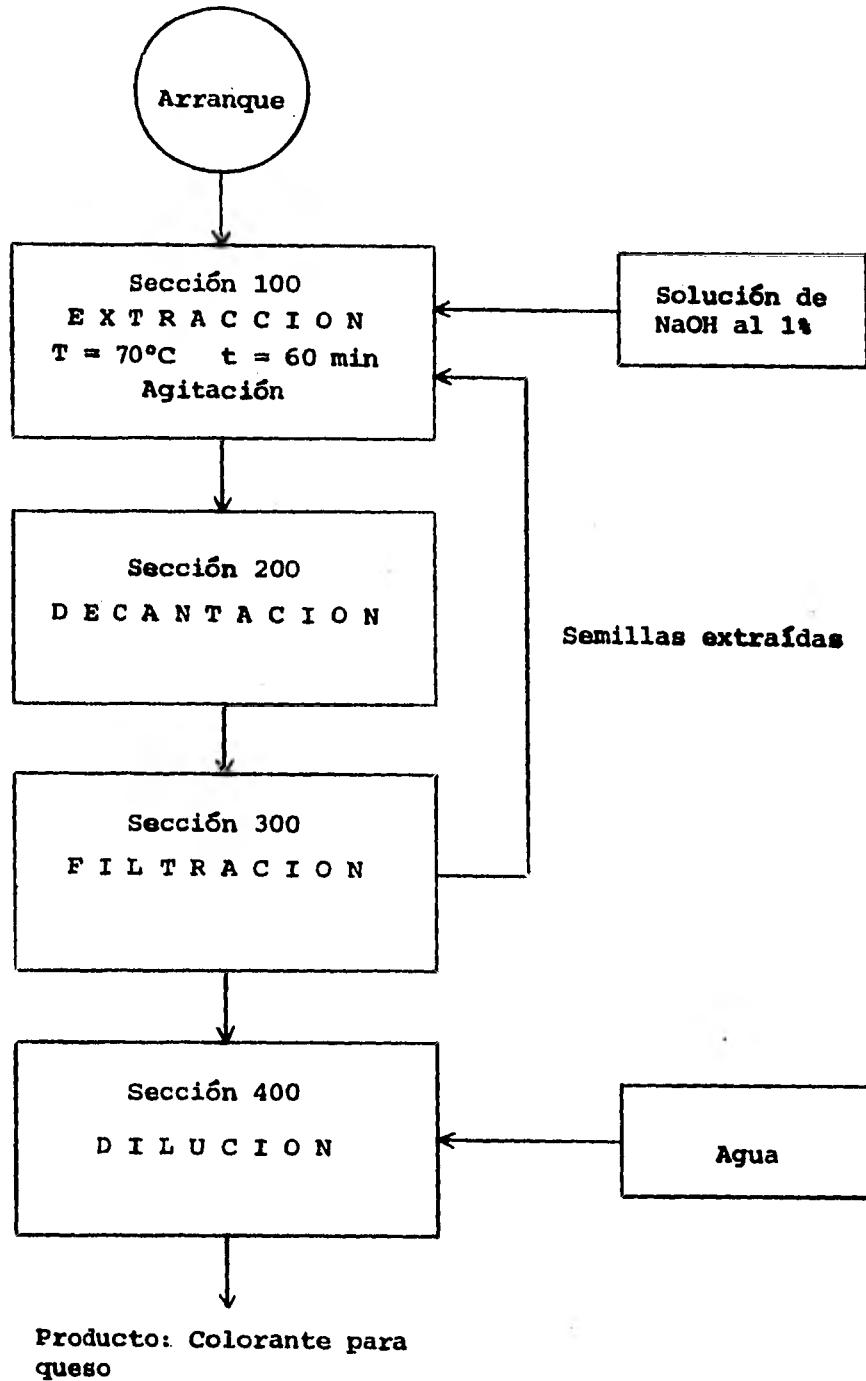


FIGURA 1.3 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DE COLORANTE DE ACHIOTE.  
 (EXTRACCION ALCALINA CON SOSA).

C A R G A :

100 g de semilla de achiote

400 g de propilenglicol (3% KOH)

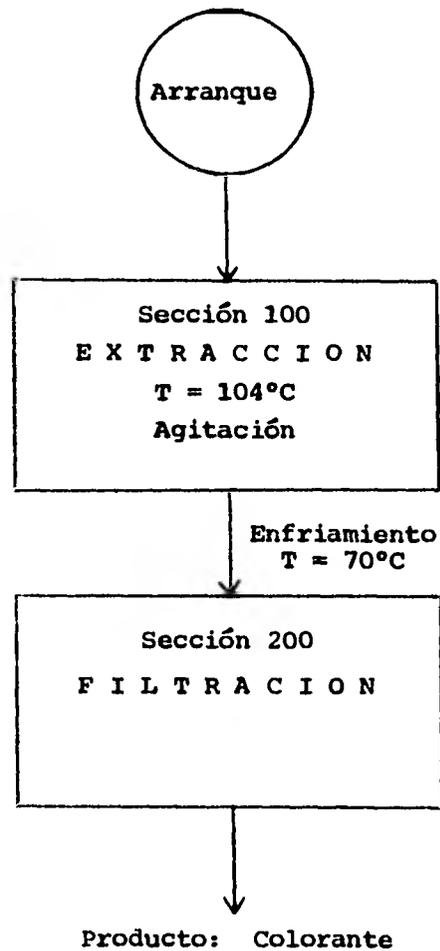


FIGURA 1.4 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DE COLORANTE DE ACHIOTE.  
(EXTRACCION CON PROPILENGLICOL-POTASA).

## C A R G A :

500 g de semilla seca  
500 cc de etanol al 95%  
500 cc de cloroformo

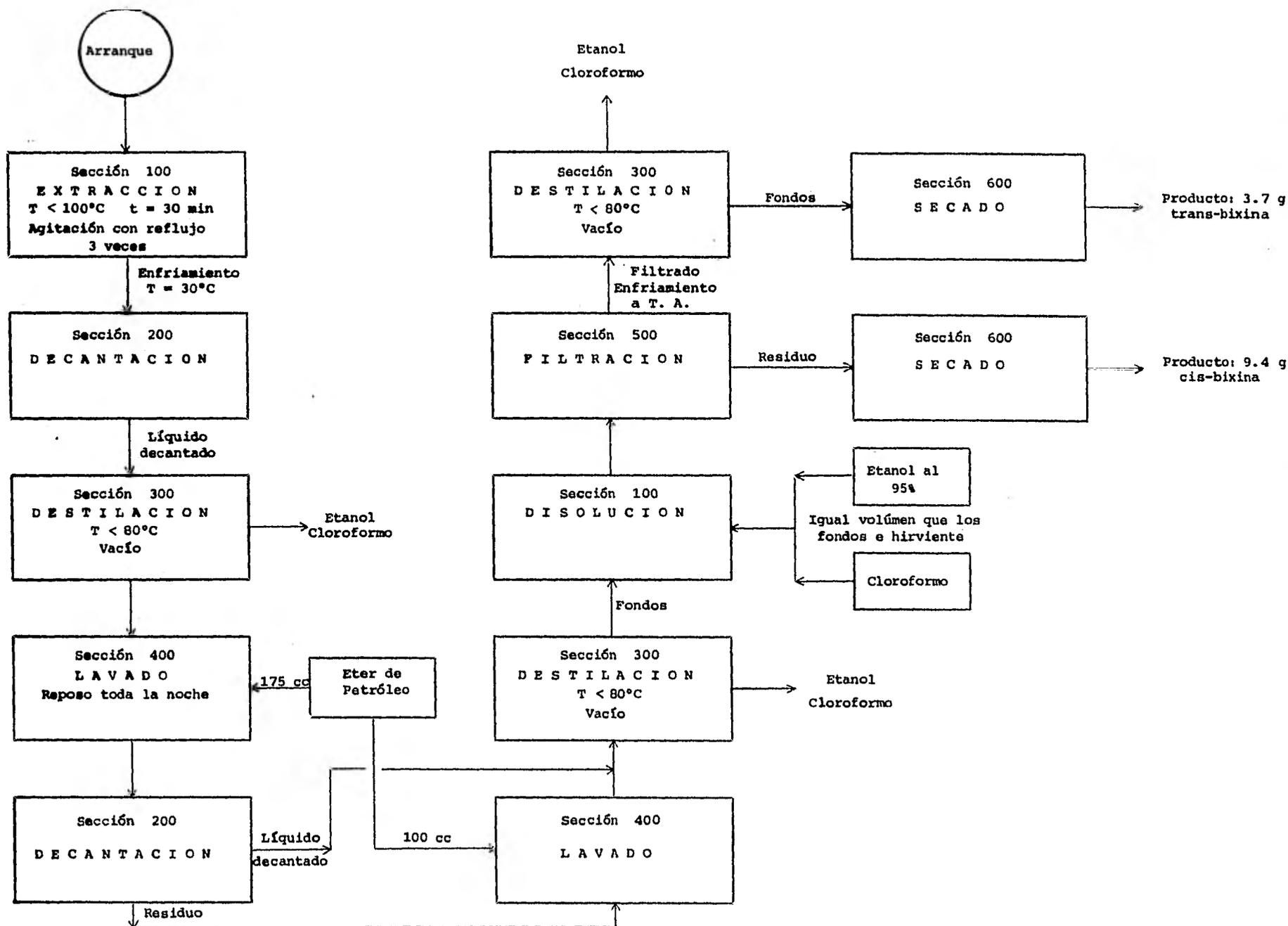


FIGURA 1.5 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DE COLORANTE DE ACHIOTE.  
(EXTRACCION CON ETANOL Y CLOROFORMO).

La anterior clasificación está ordenada de acuerdo a la importancia que se le concedió a cada variable.

Dado que un experimento con las variables enunciadas anteriormente involucraría un número excesivo de observaciones, lo que constituiría una limitación de tipo práctica y económica, es necesario realizar un estudio preliminar que elimine factores superfluos, que es lo que a continuación se describe.

La presión de operación se evaluará en forma indirecta con la temperatura, dada su estrecha relación. A su vez se piensa que el uso de una presión elevada ó de vacío no compensaría el rendimiento que pudiera existir con los costos que acarrearían dichos equipos.

El tipo de semilla depende del cultivo, el terreno, el clima y las técnicas de cosechar esta planta, por lo que el contenido de colorante es algo inherente a la planta que no puede ser modificado al procesar las semillas, por lo tanto, este factor no se valorará .

La humedad de la semilla se relaciona con la permeabilidad y difusión del solvente a través del sólido, pero esta variable se puede involucrar con las referidas a la relación solvente-semilla y el tamaño del sólido, razón por la que no se tratará en forma independiente y únicamente se tomará en cuenta de creerse necesario y sólo como indicio del grado de madurez de la semilla.

El tiempo de operación es un factor importante en el proceso, por lo que se evaluará por una corrida aparte.

Aun cuando se han descartado tres factores y otro se analizará de diferente forma, quedan cinco variables que al ser estudiadas por un método factorial ocasionarían un mínimo de 32 observaciones. Es por esta razón que se aplicará un análisis de réplicas fraccionales, el cual consiste en mezclar los efectos entre sí por lo cual el número de experimentaciones se va reduciendo a la mitad, a un cuarto, etc., del número original de ellas.

El análisis de réplicas fraccionales consiste en seleccionar un efecto (una interacción de orden superior), denominado contraste de definición, y dividir el conjunto de experimentaciones en dos bloques en base a dicho contraste. Así un bloque estará formando por las observaciones que --

tengan un número par de letras semejante con el contraste de definición, --- mientras que el otro estará reunido por observaciones de letras impares. - Por ejemplo si el contraste de definición es ABCE, las observaciones bc y -- abd estarán en el bloque de pares, mientras que la abc y abcd se localizarán en el de impares. Para un cuarto de réplica se procede a escoger otro con-- traste de definición y se divide cada bloque obtenido en otros dos siguiendo el criterio de pares-impares del nuevo contraste, encontrándose de esta for-- ma cuatro conjuntos de observaciones.<sup>6, 21</sup>

Por este tipo de análisis solo es posible estimar el efecto combi-- nado, la suma o resta de los efectos aleados, por lo tanto, posee ciertas -- limitaciones que son: no poder estimar interacciones de orden superior (gene-- ralmente despreciables), suponer que un efecto es significativo no siendolo-- y creer que un efecto no influye, resultando que si es importante. No obs-- tante lo anterior, la reducción de tamaño y del costo de una réplica fraccio-- nal compensa con creces la pérdida de información ocasionada por la aleación y las dificultades inherentes a la estimación del error experimental.

Para el desarrollo del experimento que nos interesa se seleccionó-- como contraste de definición la interacción ABCEF, procediéndose a realizar-- 1/2 réplica fraccional con el bloque I del cuadro 1.3, donde se muestran los bloques obtenidos. Las letras minúsculas que aparecen en cada observación - indican que la variable que representan se está ensayando a un nivel alto, - mientras que su ausencia muestra el nivel bajo de la variable mencionada. - También se podría emplear un cuadro de signos como el del cuadro 1.4, donde-- los símbolos (-) y (+) señalan el nivel bajo y alto de la variable experimen-- tada, respectivamente.

Los valores de los niveles de las variables de experimentación se-- muestran a continuación:

<u>Clave</u>	<u>Variáble</u>	<u>Nivel</u> <u>Bajo</u>	<u>Nivel</u> <u>Alto</u>	
A	Relación semilla-solvente	1:10	1:25	g semilla/ml solvente
B	Concentración del solvente	0.1	1.0	normalidad
C	Temperatura de operación	30	80	°centígrados
	Agitación	375	750	revoluciones por minuto
	Tamaño de la semilla	Entera	Rota	_____

REPLICAS FRACCIONALES (1/2 REPLICA)  
 CONTRASTE DE DEFINICION: A B C E F

BLOQUE I (PARES)		BLOQUE II (IMPARES)	
1	af	a	f
ab	bf	b	abf
ac	cf	c	acf
bc	abcf	abc	bcf
ae	ef	e	aef
be	abef	abe	bef
ce	acef	ace	cef
abce	bcef	bce	abcef

CUADRO 1.3 BLOQUES DE EXPERIMENTACION (1/2 REPLICA FRACCIONAL).

EFEECTO	T	A	B	C	E	F
(1)	-	-	-	-	-	-
a	-	+	-	-	-	-
b	-	-	+	-	-	-
ab	-	+	+	-	-	-
c	-	-	-	+	-	-
ac	-	+	-	+	-	-
bc	-	-	+	+	-	-
abc	-	+	+	+	-	-
e	-	-	-	-	+	-
ae	-	+	-	-	+	-
de	-	-	+	-	+	-
abe	-	+	+	-	+	-
ce	-	-	-	+	+	-
ace	-	+	-	+	+	-
bce	-	-	+	+	+	-
abce	-	+	+	+	+	-
f	-	-	-	-	-	+
af	-	+	-	-	-	+
bf	-	-	+	-	-	+
abf	-	+	+	-	-	+
cf	-	-	-	+	-	+
acf	-	+	-	+	-	+
bcf	-	-	+	+	-	+
abcf	-	+	+	+	-	+
ef	-	-	-	-	+	+
aef	-	+	-	-	+	+
bef	-	-	+	-	+	+
abef	-	+	+	-	+	+
cef	-	-	-	+	+	+
acef	-	+	-	+	+	+
bcef	-	-	+	+	+	+
abcef	-	+	+	+	+	+

CUADRO 1.4 TABLA DE SIGNOS PARA EL BLOQUE I.

La evaluación del error experimental se hará con el total de las sumas de cuadrados correspondientes a interacciones que se pueden atribuir a error, debido a su poca significancia en el proceso.

Los datos obtenidos por este diseño permiten determinar cuales variables son importantes en el proceso, así como tratar de optimizarlas para poder establecer las condiciones de operación. Para evaluar el factor de tiempo se procederá a hacer una corrida manteniendo los demás factores constantes, y emplear estos resultados junto con los obtenidos por la réplica fraccional para lograr establecer una regresión múltiple entre rendimiento y las variables.

La última parte del experimento comprende el estudio de ciertas propiedades como densidad, viscosidad, etc. del solvente y de la solución obtenida, siguiendo los métodos normales para su evaluación.

#### 1.5.4 VARIACIONES AL DISEÑO.

Dado que la realización del experimento descrito en la sección precedente no muestra concordancia entre los datos obtenidos, se procedió a hacer una réplica del experimento sin tomar en cuenta al factor correspondiente al tamaño de semilla, por razones que posteriormente se describen. El hecho de poseer dos réplicas del experimento favorece el grado de confiabilidad del análisis de varianza de los datos, al poseer 7 grados de libertad para el error (sin considerar los experimentos del factor F) y una mejor estimación de la significación de las variables.

Asimismo se procedió a realizar una serie de pruebas en las cuales un factor se modificó manteniendo los demás constantes para observar su variación y poder establecer regresiones lineales con el rendimiento, a la vez que se obtiene mayor información para la creación de la regresión múltiple.

#### 1.5.5 ANALISIS DE DATOS.

Para determinar cuales variables influyen en el proceso se procede a realizar un análisis de varianza. El modelo del cual se parte es:

$$\begin{aligned} \mu_{ijklmn} = & \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \epsilon_m + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\beta)_{ik} + \dots + \\ & + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + (\beta\gamma\delta)_{jkl} + \dots + (\alpha\beta\gamma\delta\epsilon)_{ijklm} + \rho_n + \\ & + \epsilon'_{ijklmn} \end{aligned}$$

- $\mu_{ijklmn}$  - Rendimiento en el nivel  $i, j, k, l, m$  y  $n$
- $\mu$  - Media de todos los ensayos
- $\alpha_i$  - Valor medio de todos los ensayos del efecto A al nivel  $i$ , medido a partir del valor medio de todos los ensayos
- $\beta_j$  - Valor medio de todos los ensayos del efecto B al nivel  $j$ , medido desde el valor medio de todos los ensayos
- $(\alpha\beta)_{ij}$  - Valor medio de todos los ensayos de los efectos A y B a los niveles  $i$  y  $j$ , medidos desde el valor medio de todos los ensayos, y así sucesivamente para los efectos  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ , e interacciones
- $\rho_n$  - Valor medio de todos los ensayos del efecto de réplica al nivel  $n$
- $\epsilon'_{ijklmn}$  - Valores de variables aleatorias independientes con distribución normal cero y varianza común  $\sigma^2$

Como el experimento se realiza a dos niveles se tiene:  $i = 0, 1, \dots, j = 0, 1, \dots, m = 0, 1$  y  $n = 1, 2, \dots, r$ , con las restricciones impuestas de:

$$\sum \alpha_i = \sum \beta_j = \dots = \sum (\alpha\beta)_{ij} = \sum (\alpha\beta)_{ij} = \dots = \sum \rho_n = 0$$

El objetivo de este análisis es probar si la diferencia entre los rendimientos para cada nivel de cada variable es significativo, es decir, - contrastar las hipótesis nulas de:

$$\begin{aligned} - \alpha_0 = \alpha_1 = 0, - \beta_0 = \beta_1 = 0, \dots, - (\alpha\beta)_{00} = (\alpha\beta)_{10} = \\ = (\alpha\beta)_{01} = - (\alpha\beta)_{11} = 0, \text{ etc.} \end{aligned}$$

El hecho de que algunos efectos posean signo negativo es visualizado al consultar una tabla completa de signos para un experimento factorial  $2^n$ .

Para determinar si la hipótesis nula es cierta, el análisis se basa en una prueba de significación por comparación de estimaciones de  $\sigma^2$ , - una correspondiente a cada efecto y sus interacciones y la otra que mida el error experimental:

$$F = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_w^2}$$

$\sigma_B^2$  - Varianza de cada efecto, así como de cada interacción

$\sigma_w^2$  - Varianza del error experimental

Las cuales pueden ser estimadas por la siguiente expresión:

$$s^2 = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}$$

La hipótesis se rechaza si  $F_\alpha$  es menor al valor de  $F$ , lo cual -- implica que el efecto que se está evaluando es significativo al nivel  $\alpha$ .  $F_\alpha$  se encuentra tabulada para varios grados de libertad en cualquier texto de estadística.

Para determinar la suma de cuadrados de cada efecto e interacciones se puede aplicar el método de Yates, como si el experimento fuera un factorial:

$$2^n - p$$

$n$  - Número de variables estudiadas

$p$  - Exponente de la réplica fraccional realizada ( $1/2^p$ ), que en este caso es uno

Este método consiste en formar un cuadro cuya primera columna describe la condición experimental estudiada, para una media réplica fraccional el orden se establece considerando que una variable no existe, expresada dentro de un paréntesis, y colocando los efectos en orden: primero el efecto -- tomado en sus niveles bajos expresado por el símbolo 1 y posteriormente el -- correspondiente al efecto  $a$ , los demás efectos se obtienen del producto de -- cada efecto nuevo por los ya enunciados, así el siguiente correspondería a --  $1 \times b$ ,  $a \times b$ ,  $1 \times c$ , etc.; la segunda columna contiene la observación total -- de las réplicas, después siguen  $(n - p)$  columnas para realizar cálculos, se -- guida de la del efecto medio, suma de cuadrados, efecto medido y el alias. -- El cuadro se divide en dos partes y las  $(n - p)$  se llenan de la siguiente --

forma: en la primera columna la mitad superior se obtiene sumando algebraicamente pares sucesivos de totales de tratamientos y en la mitad inferior se registran las diferencias algebraicas de pares sucesivos, las demás columnas se obtienen después haciendo operaciones idénticas a las entradas de la columna (1), ó sea, la suma de los dos primeros renglones de la columna 2 se coloca en el primer renglón de la parte superior de la columna (1) y su diferencia en el primer renglón de la parte inferior de la misma columna hasta agotar todos los pares y llenar ésta. De igual forma se procede con la columna (2) a partir de los datos de la columna (1) y así sucesivamente. La última columna de las  $(n - p)$  se divide entre el número de condiciones experimentales para obtener el efecto medio y se eleva al cuadrado dividiéndolo entre  $r \cdot 2^{n - p}$  para hallar la suma de cuadrados de cada efecto e interacciones. Las últimas columnas indican que efectos e interacciones se hallan apareados para su evaluación.

La suma de cuadrados de la réplica se obtiene por las siguientes expresiones:

$$SSR = \frac{1}{n'} \sum T^2 \dots n - C$$

$$C = \frac{(T_{\dots})^2}{r \cdot n'}$$

$n'$  - Número de observaciones por réplica

$T_{\dots n}$  - Suma de los totales de cada réplica

$T_{\dots}$  - Suma de todas las observaciones

$r$  - Número de réplicas realizadas

La suma de cuadrados del error experimental se encuentra restando la suma de cuadrados del total, de las sumas de cuadrados de cada efecto e interacciones, así como de la réplica; la suma de cuadrados del total se halla por la suma del cuadrado de todas las observaciones menos un factor de corrección (C).

A continuación se realiza un cuadro de análisis de varianza que -- contiene el origen de variación, sus grados de libertad, la suma de cuadrados obtenida anteriormente y el cuadrado medio, que es la relación entre la suma de cuadrados y los grados de libertad (estimación de la varianza), la --

Última columna indica el valor F que proviene de dividir cada cuadrado medio hallado entre el cuadrado medio del error, el cual se compara con  $F_{\alpha}$  para los grados de libertad de cada variación y los del error experimental. Para que alguna variable o fuente de variación sea significativa es necesario que  $F > F_{\alpha}$ .<sup>6,21</sup>

Para tratar de determinar las condiciones óptimas se empleará el método descrito por el autor Davies<sup>5</sup>, el cual emplea un experimento  $2^n$  para obtener los datos necesarios. Parte del establecimiento de un modelo matemático, que para este caso es:

$$\mu = \beta_0 x_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{44} x_4^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3$$

$\mu$  - Rendimiento obtenido

$x_i$  - Variable estudiada

$\beta_i$  - Coeficiente de variación del rendimiento con respecto a la variable  $x_i$

$x_i x_j$  - Interacción entre variables

$x_i^2$  - Efecto cuadrático de la variable de estudio

Este modelo describe el contorno de una superficie geométrica en un espacio de  $n$  dimensiones con un diseño factorial  $2^n$  y el objetivo es determinar el cambio de rendimiento con respecto a una variable o interacción entre varias, lo cual permite ver la tendencia de un mayor rendimiento dentro de los límites de la variable. Este método nos permite establecer ensayos dentro de los cuales podemos determinar las condiciones óptimas, pero de ninguna forma nos proporciona dichos valores exactos con una serie de datos.

Para determinar esos ensayos se ha encontrado que la estimación del cambio y la varianza están dados por las siguientes expresiones matemáticas:

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

$$V(b) = \frac{\sigma^2}{\sum x^2}$$

antes de hallar dichos valores es conveniente realizar un cuadro en el cual se ordenen los ensayos realizados, el valor de cada variable (denotado por  $-1$  ó  $+1$ , dependiendo del nivel en que se experimentó) e interacciones, y por último, el valor medio del rendimiento para una condición experimental dada, así la condición a está compuesta por  $x_1 = 1$ ,  $x_2 = x_3 = x_4 = -1$  y las interacciones son el producto de estas dos:  $x_1x_2 = -1$ ,  $x_2x_3 = 1$ . Para este cuadro se eliminará la variable del tamaño de semilla.

Posteriormente se establecen las estimaciones de los coeficientes de variación y sus alias, es decir, como se realiza un experimento  $2^n$  cada valor obtenido estima dos variaciones, pero en nuestro caso únicamente se tomarán en cuenta las de primer grado. La estimación de  $b_0$  se hace por la suma de todos los rendimientos dividido entre el número de observaciones.

Por último, se realiza un cuadro que contenga las variables estudiadas y en cuyo primer renglón se describe el nivel base que es el valor medio de los valores ensayados (se puede considerar que es el valor 0 a partir del cual se establecen los valores mínimo y máximo del experimento), el segundo renglón indica el cambio de la variable a partir del nivel base, el siguiente contiene los cambios de variación del rendimiento por unidad de cambio de la variable, a continuación se escribe el producto de la unidad de cambio -- por la pendiente estimada que es la variación en el rendimiento en el intervalo de la variable a partir del nivel base, en el quinto renglón se establece un cambio en el rendimiento por una variación fijada de una variable, cuya relación con respecto al renglón (4) es tomada como base para modificar las demás variables, que tiene que ser menor a la unidad de cambio, en los siguientes renglones se escriben los posibles ensayos que hay que realizar para fijar las condiciones de optimización, las cuales se obtienen por la suma algebraica del valor del renglón (5) al nivel base; fundamentándose en estos valores se prepara un nuevo experimento que nos aproxime a los datos buscados, al realizarse dos ensayos al azar con las condiciones que nos proporciona este cuadro y que muestran los posibles límites sobre los cuales se -- planea la nueva corrida de experiencias. Procediendo de esta manera se llegará a una serie de valores de las variables en las cuales su cambio no sea realizable físicamente, obteniendo así las condiciones óptimas.

Para determinar una regresión entre el rendimiento y las variables estudiadas, se supondrá el siguiente modelo matemático lineal:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \epsilon$$

Y - Estimación media del rendimiento

$\beta_i$  - Parámetros de la línea de regresión de Y sobre x

$x_i$  - Variables del proceso

$\epsilon$  - Error entre el rendimiento observado y el real

Se aplicará el método de mínimos cuadrados, cuyo objetivo es hacer mínimo el error  $\epsilon$ , tal que la sumatoria de ellos sea tan cercana a cero como sea posible; para evitar que errores positivos y negativos se compensen anulando la suma, se procede a hacer que la suma de cuadrados de los errores sea lo más pequeña:

$$(y_i - y) = e$$

$$\Sigma [y_i - (b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5)]^2$$

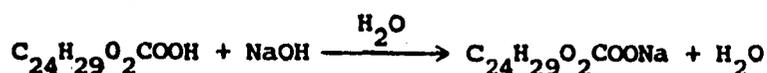
Las  $b_i$  son estimaciones de los parámetros  $\beta_i$ . A continuación se procede a derivar la anterior función con respecto a cada parámetro y hacerla igual a cero (condición de un mínimo relativo). Las ecuaciones obtenidas después de simplificaciones, denominadas ecuaciones mínimo cuadráticas ó normales, son:

$$\begin{aligned} \Sigma Y &= b_0 n + b_1 \Sigma x_1 + b_2 \Sigma x_2 + b_3 \Sigma x_3 + b_4 \Sigma x_4 + b_5 \Sigma x_5 \\ \Sigma x_1 Y &= b_0 \Sigma x_1 + b_1 \Sigma x_1^2 + b_2 \Sigma x_1 x_2 + b_3 \Sigma x_1 x_3 + b_4 \Sigma x_1 x_4 + b_5 \Sigma x_1 x_5 \\ \Sigma x_2 Y &= b_0 \Sigma x_2 + b_1 \Sigma x_1 x_2 + b_2 \Sigma x_2^2 + b_3 \Sigma x_2 x_3 + b_4 \Sigma x_2 x_4 + b_5 \Sigma x_2 x_5 \\ \Sigma x_3 Y &= b_0 \Sigma x_3 + b_1 \Sigma x_1 x_3 + b_2 \Sigma x_2 x_3 + b_3 \Sigma x_3^2 + b_4 \Sigma x_3 x_4 + b_5 \Sigma x_3 x_5 \\ \Sigma x_4 Y &= b_0 \Sigma x_4 + b_1 \Sigma x_1 x_4 + b_2 \Sigma x_2 x_4 + b_3 \Sigma x_3 x_4 + b_4 \Sigma x_4^2 + b_5 \Sigma x_4 x_5 \\ \Sigma x_5 Y &= b_0 \Sigma x_5 + b_1 \Sigma x_1 x_5 + b_2 \Sigma x_2 x_5 + b_3 \Sigma x_3 x_5 + b_4 \Sigma x_4 x_5 + b_5 \Sigma x_5^2 \end{aligned}$$

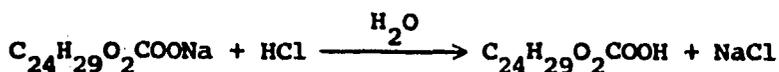
Se han suprimido los índices de las anteriores sumatorias para --- una mayor claridad. Para resolver este sistema de ecuaciones existen diversos métodos, en este caso se aplicó una modificación del método de Gauss; -- con la resolución de este sistema se encuentran los factores  $b_i$ , lo cual nos

puede servir para predecir un rendimiento dadas ciertas condiciones. No se va a evaluar la varianza ni los límites de variación, dado el número de variables que se maneja, y que no tiene valor práctico el empleo de estos valores por las razones expuestas en la sub-sección 1.5.7.<sup>5,21</sup>

Para determinar el rendimiento de la materia colorante extraída se procedió a realizar medidas gravimétricas empleando el siguiente método: la bixina, insoluble en agua en medio alcalino, es extraída de la semilla de achiote por una reacción química:



obteniéndose de esta forma bixinato de sodio que es soluble en el agua, medio en el cual se extrae, posteriormente se cristaliza la bixina por adición de HCl



la cual precipita en solución acuosa ácida y que por medio de una filtración es separada para poderla cuantificar por pesada directa (ilustración 1.5).

#### 1.5.6 RESULTADOS.

Los resultados obtenidos se reportan en peso en gramos de materia colorante por 20 g de semilla y en % en peso, equivalente al peso en gramos de materia colorante por 100 g de semilla. Los correspondientes a la primera parte se ilustran en la réplica 1 de los cuadros 1.5 y 1.6, en los cuales se separaron los datos de las observaciones hechas con semilla rota dada la enorme diferencia que existió entre los resultados alcanzados. Así se puede observar que ciertos efectos reportan valores del 25.45% y 57.35% de colorante en peso con semilla rota, mientras que la variación con otros efectos se encuentra entre 3% y 15% de colorante, la razón es que en las pruebas con semilla rota existió un gran arrastre de materia insoluble que ocasionó obturación del papel filtro evitando la filtración de la solución y favoreciendo su evaporación, lo que tuvo como consecuencia la precipitación y captura del NaCl en el papel filtro y una enorme variación en el dato final (estos valores erróneos se denotan por el símbolo E) que no permitía un adecuado análisis de varianza, por lo que se procedió a realizar una réplica que no inclu-



**ILUSTRACION 1.5 MUESTRAS DEL PRODUCTO OBTENIDO.**

CONDICION EXPERIMENTAL	REPLICA 1		REPLICA 2		T O T A L	
	PESO (g)	% PESO	PESO (g)	% PESO	PESO (g)	% PESO
1	0.78	3.90	0.81	4.05	1.59	7.95
ab	0.64	3.20	0.81	4.05	1.45	7.25
ac	1.38	6.90	2.81	14.05 E	4.19	20.95
bc	2.13	10.65 E	5.67	28.35	7.80	39.00
ae	0.90	4.50	0.92	4.60	1.82	9.10
be	1.19	5.95	0.93	4.65	2.12	10.60
ce	1.90	9.50	1.88	9.40	3.78	18.90
abce	1.59	7.95	2.53	12.65 E	4.12	20.60
T O T A L	10.51	52.55	16.36	81.80	26.87	134.35

CUADRO 1.5 RESULTADOS DE LAS VARIABLES ABCE.

CONDICION EXPERIMENTAL	REPLICA 1	
	PESO (g)	% PESO
af	0.76	3.80
bf	3.53	17.65 E
cf	3.81	19.05 E
abcf	11.47	57.35 E
ef	1.44	7.20
abef	1.82	9.10
acef	3.10	15.50 E
bcef	5.09	25.45 E
T O T A L	31.02	155.10

CUADRO 1.6 RESULTADOS DE LAS VARIABLES ABCEF.

yera ese factor, ya que no obstante que un exámen preliminar mostraba que posiblemente el efecto F y las interacciones EF y CF eran significativas con el error descrito, no lo serían al grado de ser costeables los gastos por equipo, operación y mantenimiento que requeriría la adición de una molienda previa a la extracción y una rigurosa filtración posterior por dicho proceso seleccionado.

El cuadro 1.7 muestra la serie de pruebas en que una variable se modificó y las demás se mantuvieron constantes para observar la variación de la primera y poder establecer regresiones parciales, lo cual no fue posible por los cambios en los datos ocasionados por las variaciones muestrales inherentes al experimento, pero que permiten una adecuada estimación de la regresión total que posteriormente se mostrará. Se considera que para crear una regresión para cada variable se requiere un mínimo de tres observaciones por condición experimental para poder estimar una media por cada punto, con lo cual se reducen las mencionadas variaciones.

La obtención de la suma de cuadrados para determinar la significación de cada efecto, así como el análisis de varianza de estos, se muestran en los cuadros 1.8 y 1.9, respectivamente.

La segunda parte del estudio experimental comprende la optimización de las variables lo cual se observa en los cuadros 1.10, 1.11 y 1.12 con las variables involucradas en el análisis de varianza; no obstante que solo existe una variable significativa, el estudio se realizó con todas las experimentadas en la primera parte para mostrar la metodología seleccionada.

En el cuadro 1.10 se incluyen las observaciones realizadas en el orden de su ensayo, siendo el rendimiento del % en peso un valor medio de las réplicas 1 y 2; el cuadro 1.11 muestra la estimación de los coeficientes de cada variable y principales interacciones entre ellas. Por último, el cuadro 1.12 muestra el análisis realizado para determinar los ensayos que tendrían que hacerse para hallar los posibles valores óptimos de las variables.

El cuadro 1.13 describe el sistema de ecuaciones obtenidas para determinar un modelo matemático que pueda servir para predecir resultados y el cuadro 1.14 la estimación de los parámetros de variación del mencionado modelo matemático.

VARIABLE	RELACION (g sem/ml solv)		CONCENTRACION (N)		TEMPERATURA (°C)		AGITACION (rpm)		TIEMPO (min)	
Relación (g sem/ml solv)	-		1:15		1:20		1:15		1:12.5	
Concentración (N)	1.00		-		0.50		1.00		1.00	
Temperatura (°C)	35		20		-		50		25	
Agitación (rpm)	687.5		750.0		687.5		-		812.5	
Tiempo (min)	60		50		40		60		-	
MUESTRA	VARIACION	% PESO	VARIACION	% PESO	VARIACION	% PESO	VARIACION	% PESO	VARIACION	% PESO
1	1:10	4.05	0.05	5.07	25	5.00	500	4.65	30	5.15
2	1:15	4.95	0.10	4.73	50	6.10	625	5.10	45	4.85
3	1:20	4.30	0.25	4.40	75	8.00	750	5.20	60	4.35
4	1:25	4.30	0.50	5.53	85	15.60 E	875	5.35	90	5.55
5	1:30	5.30	0.75	5.53	-	-	-	-	120	4.55
6	-	-	1.00	6.07	-	-	-	-	-	-

CUADRO 1.7 RESULTADOS DE LA MODIFICACION DE CADA VARIABLE.

$$C = \frac{(134.35)^2}{2.8} = 1128.12$$

$$SSR = \frac{1}{8} (5.255^2 + 81.80^2) - 1128.12 = 53.47$$

$$SST = (3.90^2 + 3.20^2 + \dots + 12.65^2) - 1128.12 = 592.56$$

CONDICION EXPERIMENTAL	OBSERVACION % PESO	(1)	(2)	(3)	EFFECTO MEDIO COL. (3)/8	SUMA DE CUADRADOS COL. (3) <sup>2</sup> / 16	EFFECTO MEDIDO	ALIAS
1	7.95	17.05	34.90	134.35	16.79	1128.12	-	-
a(e)	9.10	17.85	99.45	18.55	2.32	21.51	A	BCE
b(e)	10.60	39.85	2.20	-20.55	-2.57	26.39	B	ACE
ab	7.25	59.60	16.35	-24.95	-3.12	38.91	AB	CE
c(e)	18.90	-1.15	-0.80	-64.55	-8.07	260.42	C	ABE
ac	20.95	3.35	-19.75	-14.15	-1.77	12.51	AC	BE
bc	39.00	-2.05	-4.50	18.95	2.37	22.44	BC	AE
abc(e)	20.60	18.40	-20.45	15.95	1.99	15.90	ABC	E
SUMA TOTAL DE CUADRADOS						398.08		

CUADRO 1.8 DETERMINACION DE LA SUMA DE CUADRADOS.  
METODO DE YATES.

ORIGEN DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F
REPLICAS	1	53.47	53.47	2.65
Efecto principal				
A	1	21.51	21.51	1.07
B	1	26.39	26.39	1.31
C	1	260.42	260.42	12.93
E	1	15.90	15.90	0.79
Interacción de dos factores				
AB, CE	1	38.91	38.91	1.93
AC, BE	1	12.51	12.51	0.62
BC, AC	1	22.44	22.44	1.11
ERROR	7	141.01	20.14	
TOTAL	15	592.56		

$$F_{0.05,7} = 12.20$$

$$F_{0.01,7} = 8.07$$

\* Muy significativo.

CUADRO 1.9 ANALISIS DE VARIANZA.

ENSAYO	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	RENDIMIENTO % PESO
1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	5.30
2	1	-1	-1	1	-1	-1	1	4.55
3	-1	-1	-1	-1	1	1	1	3.98
4	-1	-1	1	1	1	-1	-1	9.45
5	-1	1	1	-1	-1	-1	1	19.50
6	1	1	1	1	1	1	1	10.30
7	1	1	-1	-1	1	-1	-1	3.63
8	1	-1	1	-1	-1	1	-1	10.48

CUADRO 1.10 RESULTADOS PARA DETERMINAR LOS ENSAYOS DE OPTIMIZACION.

$$b = \Sigma yx / \Sigma x^2 = \Sigma xy / 8$$

$$v(b) = \sigma^2 / \Sigma x^2 = \sigma^2 / 8$$

$$b_0 \longrightarrow \beta_0 (+ \beta_{11} + \beta_{22} + \beta_{33} + \beta_{44}) = 8.40$$

$$b_1 \longrightarrow \beta_1 (+ \beta_{234}) = -1.16$$

$$b_2 \longrightarrow \beta_2 (+ \beta_{134}) = 1.28$$

$$b_3 \longrightarrow \beta_3 (+ \beta_{124}) = 4.03$$

$$b_4 \longrightarrow \beta_4 (+ \beta_{123}) = -1.00$$

$$b_{12} \longrightarrow \beta_{12} (+ \beta_{34}) = -1.56$$

$$b_{13} \longrightarrow \beta_{13} (+ \beta_{24}) = -0.88$$

$$b_{23} \longrightarrow \beta_{23} (+ \beta_{14}) = 1.18$$

CUADRO 1.11 DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE VARIACION.

	$x_1$ g SEM./ml SOLV	$x_2$ N	$x_3$ °C	$x_4$ rpm
(1) Nivel base	1:17.5	0.55	55	562.5
(2) Unidad de cambio	7.5	0.45	25	187.5
(3) Pendiente estimada b (Cambio en el rendimiento por unidad de cambio)	-1.16	1.28	4.03	- 1.0
(4) Unidad de cambio x b	-8.70	0.58	100.75	-187.5
(5) Variación en el nivel por cambio de 15°C en la temperatura	-1.30	0.09	15.00	- 27.9
(5) Posibles ensayos	1:16.2	0.64	70.00	534.6
	1:14.9	0.73	85.00	506.7
	1:13.6	0.82	100.00	478.8
	1:12.3	0.91	115.00	450.9

CUADRO 1.12 ANALISIS DE POSIBLES ENSAYOS DE OPTIMIZACION.

Ecuaciones Mínimo Cuadráticas

$$\begin{aligned}
 200.83 &= 38.00 b_0 + 11.80 b_1 + 25.95 b_2 + 1\,420.00 b_3 + 25\,062.50 b_4 + 2\,205.00 b_5 \\
 60.42 &= 11.80 b_0 + 4.28 b_1 + 8.23 b_2 + 450.25 b_3 + 7\,528.13 b_4 + 693.75 b_5 \\
 141.25 &= 25.95 b_0 + 8.23 b_1 + 23.72 b_2 + 972.00 b_3 + 17\,806.25 b_4 + 1\,545.50 b_5 \\
 8\,843.35 &= 1\,420.00 b_0 + 450.25 b_1 + 972.00 b_2 + 65\,900.00 b_3 + 931\,250.00 b_4 + 130\,125.00 b_5 \\
 134\,819.38 &= 25\,062.50 b_0 + 7\,528.13 b_1 + 17\,806.25 b_2 + 931\,250.00 b_3 + 17\,488\,281.25 b_4 + 1\,371\,562.50 b_5 \\
 11\,926.75 &= 2\,205.00 b_0 + 693.75 b_1 + 1\,545.50 b_2 + 130\,125.00 b_3 + 1\,371\,562.50 b_4 + 135\,225.00 b_5
 \end{aligned}$$

Ecuaciones Mínimo Cuadráticas Ajustadas

$$\begin{aligned}
 2\,008.30 &= 3\,800.00 b_0 + 1\,180.00 b_1 + 2\,595.00 b_2 + 14\,200.00 b_3 + 250\,625.00 b_4 + 22\,050.00 b_5 \\
 604.20 &= 1\,180.00 b_0 + 428.00 b_1 + 823.00 b_2 + 4\,502.50 b_3 + 75\,281.30 b_4 + 6\,937.50 b_5 \\
 1\,412.50 &= 2\,595.00 b_0 + 823.00 b_1 + 2\,372.00 b_2 + 9\,720.00 b_3 + 178\,062.50 b_4 + 15\,455.00 b_5 \\
 8\,843.35 &= 14\,200.00 b_0 + 4\,502.50 b_1 + 9\,720.00 b_2 + 65\,900.00 b_3 + 931\,250.00 b_4 + 130\,125.00 b_5 \\
 134\,819.38 &= 250\,625.00 b_0 + 75\,281.30 b_1 + 178\,062.50 b_2 + 931\,250.00 b_3 + 17\,488\,281.25 b_4 + 1\,371\,562.50 b_5 \\
 11\,926.75 &= 22\,050.00 b_0 + 6\,937.50 b_1 + 15\,455.00 b_2 + 130\,125.00 b_3 + 1\,371\,562.50 b_4 + 135\,225.00 b_5
 \end{aligned}$$

CUADRO 1.13 SISTEMA DE ECUACIONES MINIMO CUADRATICAS EN BASE AL MODELO PROPUESTO DE REGRESION LINEAL.

3 800.00	1 180.00	2 595.00	14 200.00	250 625.00	22 050.00	2 008.30	2 008.30	296 458.30
1 180.00	428.00	823.00	4 502.50	75 281.30	6 937.50	604.20	604.20	89 756.50
2 595.00	823.00	2 372.00	9 720.00	178 062.50	15 455.00	1 412.50	1 412.50	210 440.00
14 200.00	4 502.50	9 720.00	65 900.00	931 250.00	130 125.00	8 843.35	8 843.35	1 164 540.85
250 625.00	75 281.30	178 062.50	931 250.00	17 488 281.25	1 371 562.50	134 819.38	134 819.38	20 429 881.93
22 050.00	6 937.50	15 455.00	130 125.00	1 371 562.50	135 225.00	11 926.75	11 926.75	1 693 281.75
61.64	19.14	42.10	230.35	4 065.67	357.70	32.58	4 809.19	16.2221 x 10 <sup>-3</sup>
	7.85	2.19	11.92	- 322.21	11.60	- 2.47	- 291.81	127.3494 x 10 <sup>-3</sup>
		24.39	- 0.16	311.76	14.80	1.90	353.13	41.0031 x 10 <sup>-3</sup>
			112.68	- 12.30	422.47	12.14	534.96	8.8747 x 10 <sup>-3</sup>
				870.31	- 90.09	1.29	781.06	1.1490 x 10 <sup>-3</sup>
					423.78	11.18	435.11	2.3597 x 10 <sup>-3</sup>

$z_0$

$z_1$

$z_2$

$z_3$

$z_4$

$z_5$

$$z_5 = 26.3814 \times 10^{-3}$$

$$z_4 = 4.2130 \times 10^{-3}$$

$$z_3 = 9.3105 \times 10^{-3}$$

$$z_2 = 8.1022 \times 10^{-3}$$

$$z_1 = -197.0450 \times 10^{-3}$$

$$z_0 = 118.4273 \times 10^{-3}$$

$$z_5 = 26.3814 \times 10^{-3}$$

$$z_4 = 4.2130 \times 10^{-3}$$

$$z_3 = 9.3105 \times 10^{-3}$$

$$z_2 = 81.0220 \times 10^{-3}$$

$$z_1 = -1 970.4500 \times 10^{-3}$$

$$z_0 = 1 184.2730 \times 10^{-3}$$

$$100 y = 118.4273 - 197.0450 x_1 + 8.1022 x_2 + 0.9311 x_3 + 0.4213 x_4 + 2.6381 x_5$$

$$100 y = 118.43 - 197.05 V + 8.10 C + 0.93 T + 0.42 N + 2.64 t$$

CUADRO 1.14 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE VARIACION DEL MODELO PROPUESTO DE REGRESION LINEAL.  
(MODIFICACION DEL METODO DE GAUSS).

La última parte trata de la determinación experimental de ciertas propiedades como densidad y viscosidad para el solvente y la solución obtenida, así como la determinación práctica de la curva de equilibrio a las condiciones seleccionadas de operación. Esto se muestra en las gráficas 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5.

#### 1.5.7 CONCLUSIONES.

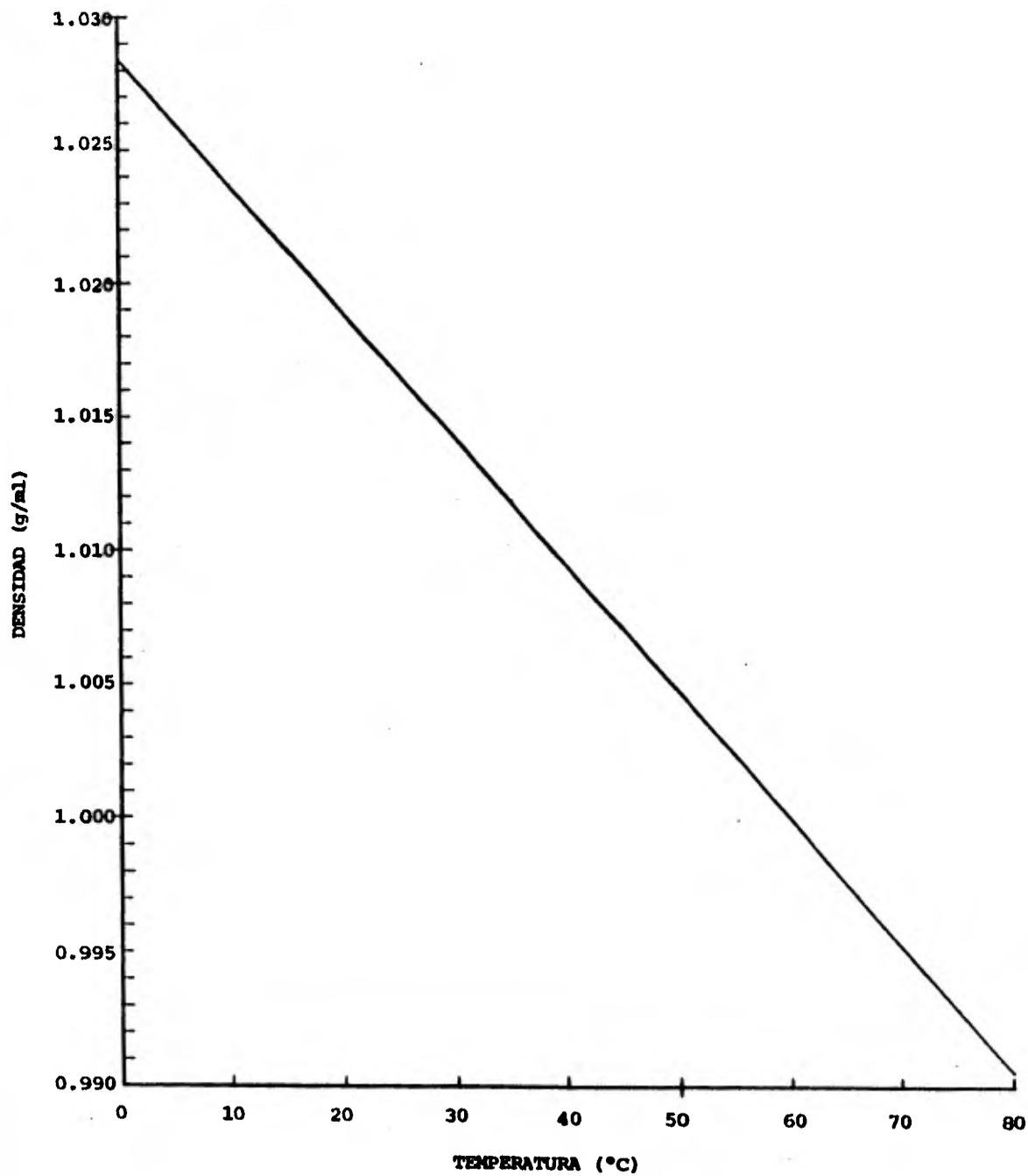
Del análisis de varianza del cuadro 1.9 se deduce que únicamente existe una variable muy significativa que es la temperatura, esto no implica que las otras variables y sus interacciones no afecten el proceso, sino que dentro del rango de valores experimentados su influencia es despreciable con respecto a la que ocasiona la temperatura.

Este resultado es confirmado con la estimación de los coeficientes de variación en el cuadro 1.11, en el que se observa que la temperatura posee un valor que triplica al más cercano.

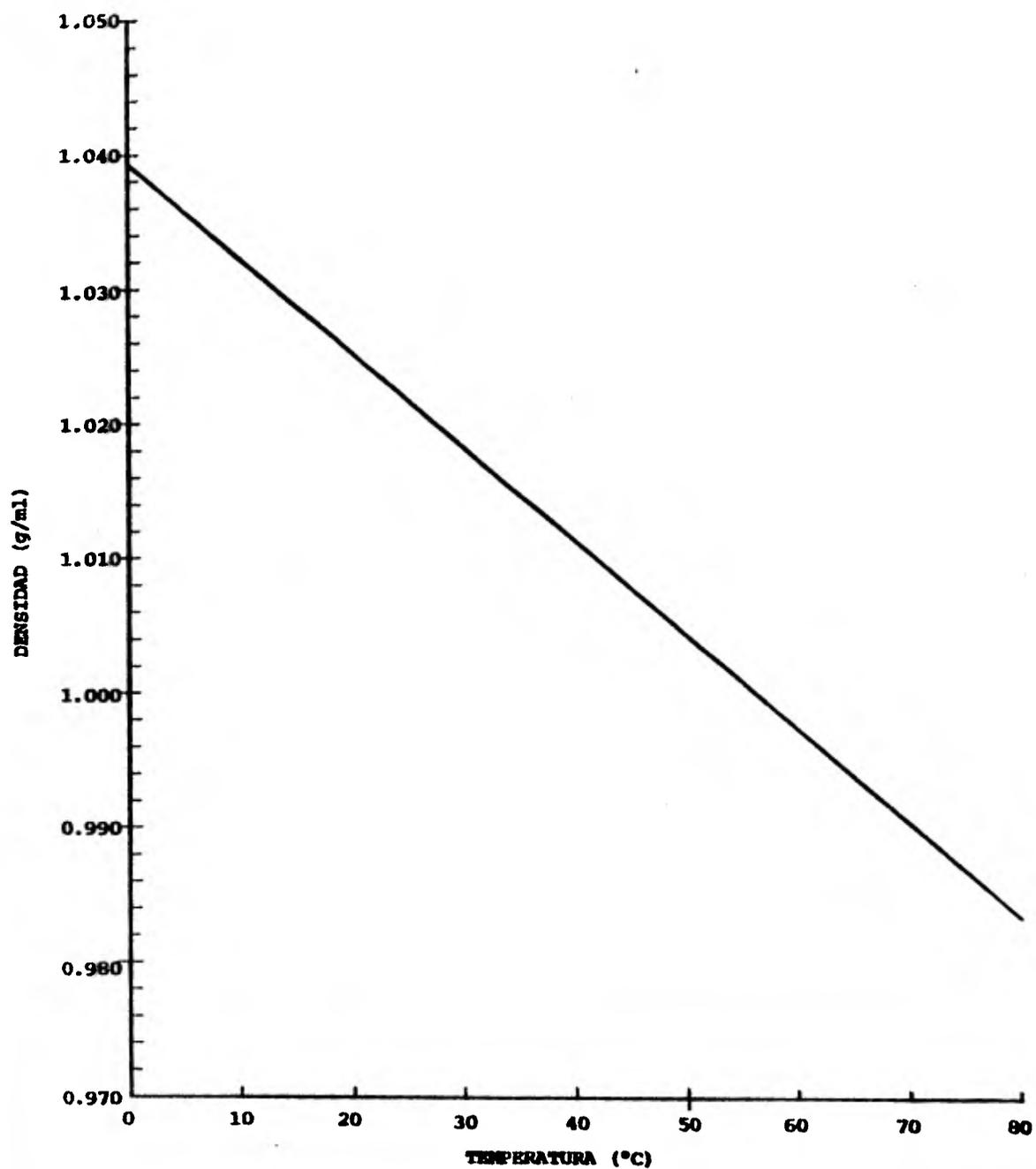
Dentro del análisis realizado en esta parte (cuadro 1.12) se aprecia que dos variables muestran decrementos en sus valores para la determinación del punto óptimo, mientras que las otras dos incrementan el propio, sin embargo fuera de la temperatura los cambios mostrados por las otras tres variables son tan pequeños y la variación del rendimiento es tan insignificante que la realización de los ensayos mostrados en el cuadro 1.12 no aportaría mayor información a la ya recopilada, además de que se excederían los límites impuestos a este estudio experimental. Este último criterio se empleó con los datos del cuadro 1.7 en el que se prefirió realizar una regresión que involucrara todas las variables, en lugar de hacer pruebas adicionales para establecer regresiones para cada variable.

De todo lo anterior se puede concluir:

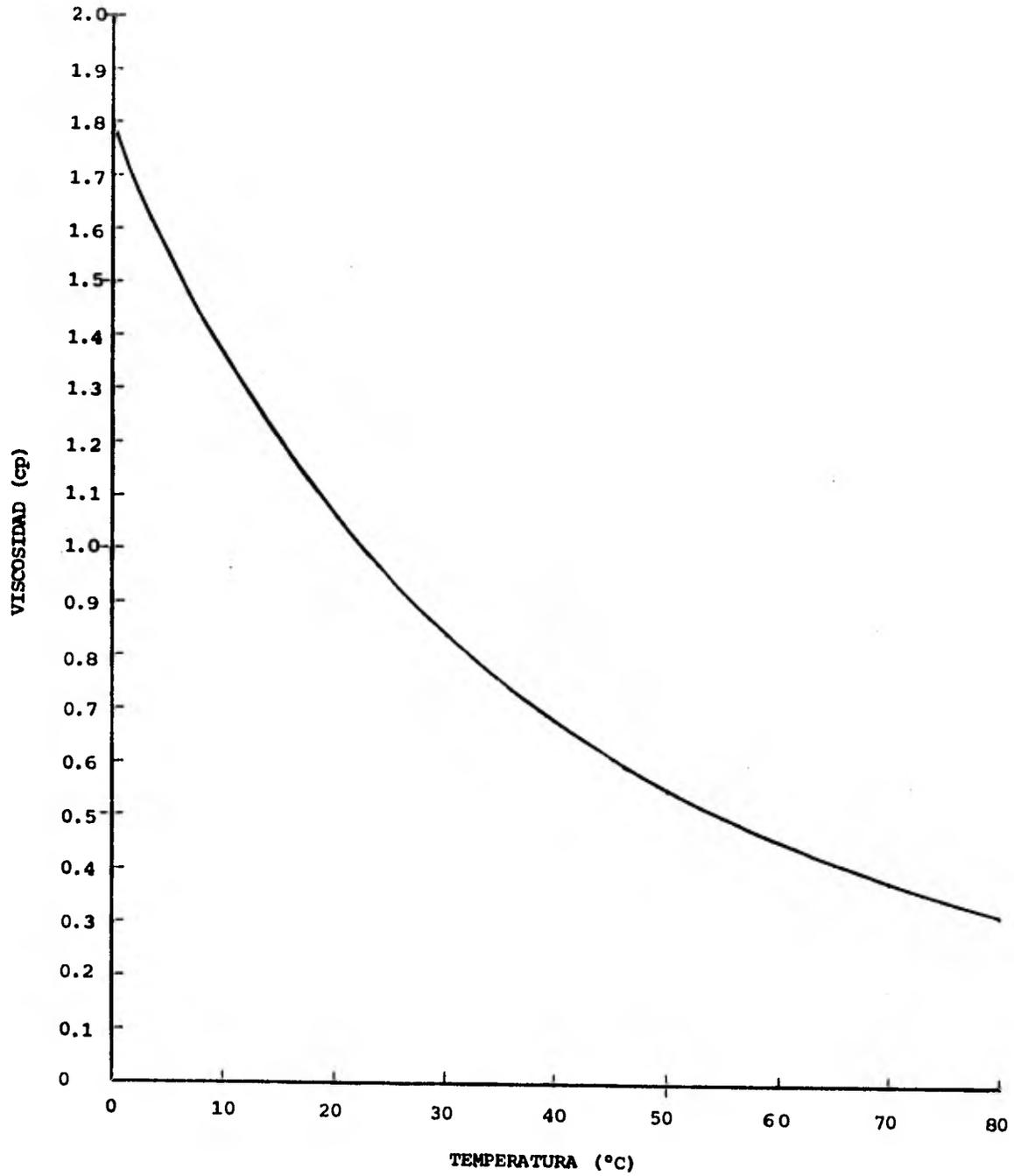
- 1) Que la materia colorante se encuentra en la parte superficial de la semilla, no siendo necesaria una molienda para una adecuada extracción.
- 2) La temperatura es la principal variable que controla el proceso.
- 3) Las demás variables no influyen significativamente en la operación, dentro del rango en que se exploraron.



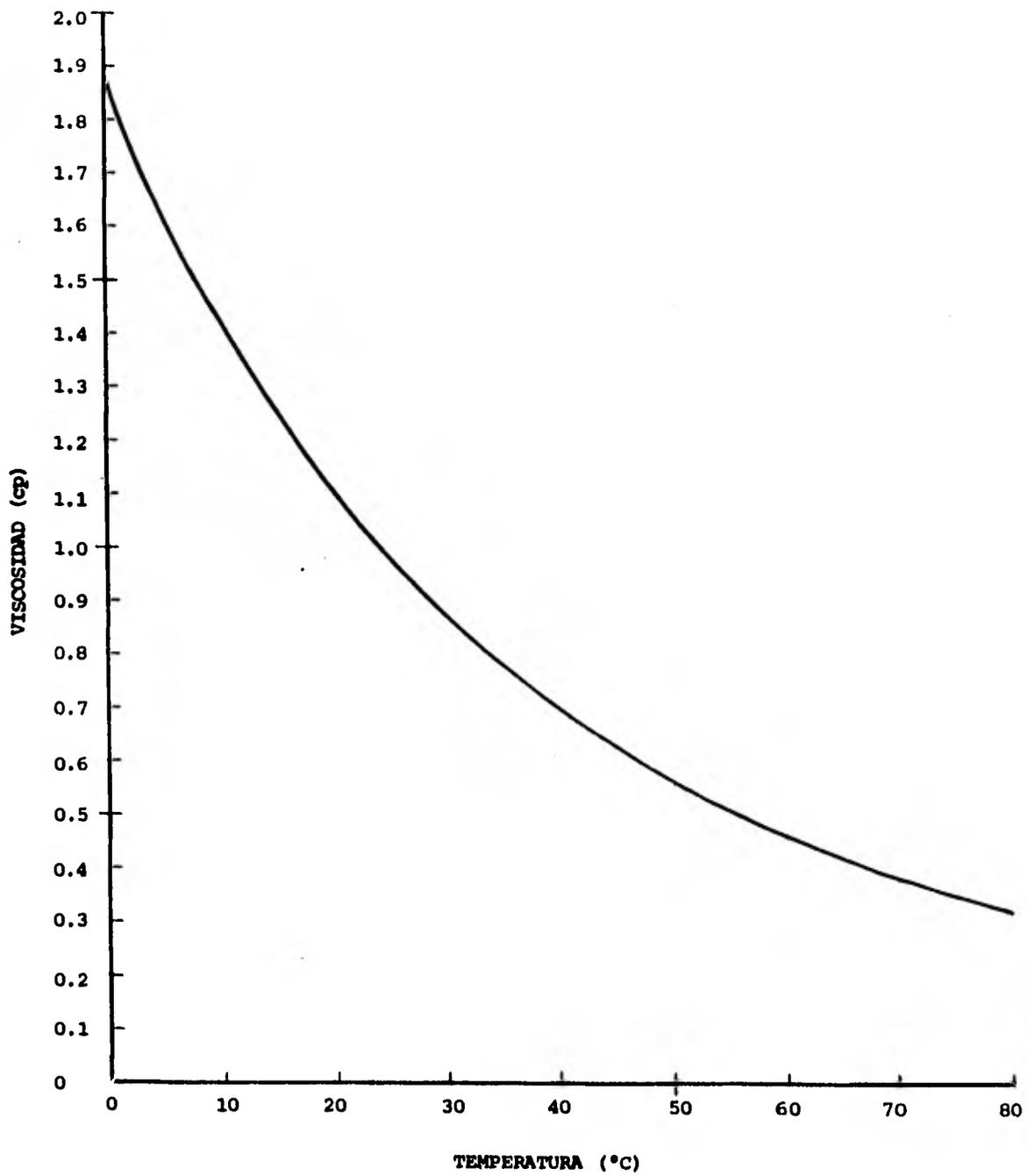
GRAFICA 1.1 DENSIDAD VS TEMPERATURA PARA UNA SOLUCION 0.5 N DE HIDROXIDO DE SODIO.



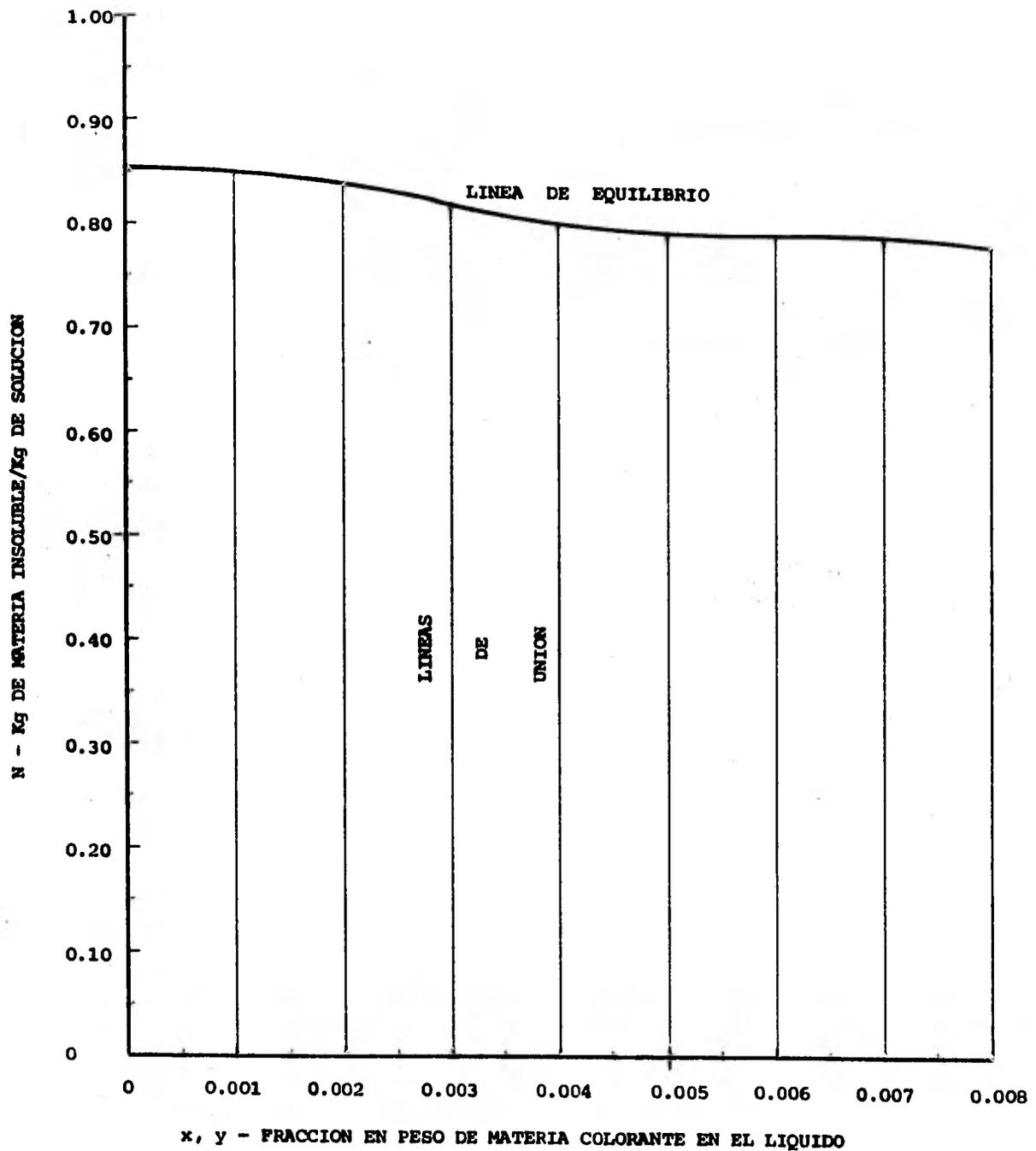
GRAFICA 1.2 DENSIDAD VS TEMPERATURA PARA EL EXTRACTO ALCALINO DE ACHIOTE OBTENIDO EN LAS CONDICIONES DE OPERACION.



GRAFICA 1.3 VISCOSIDAD VS TEMPERATURA PARA UNA SOLUCION 0.5 N DE HIDROXIDO DE SODIO.



GRAFICA 1.4 VISCOSIDAD VS TEMPERATURA PARA EL EXTRACTO ALCALINO DE ACHIOTE  
OBTENIDO EN LAS CONDICIONES DE OPERACION.



GRAFICA 1.5 CURVA DE EQUILIBRIO EXPERIMENTAL PARA LA EXTRACCION ALCALINA DE MATERIA COLORANTE DEL ACHIOTE, EN CONDICIONES DE OPERACION.

4) El valor medio de rendimiento de materia colorante fué de ---  
5.29% en peso.

5) Las condiciones de operación seleccionadas son:

Relación semilla-solvente	1:10 Kg/lt
Concentración del solvente	0.5 N
Temperatura	75°C
Agitación	500 rpm
Tiempo	60 min

El valor de la relación semilla-solvente se tomó considerando que el estudio de optimización indica que en una disminución de este valor se -- encuentra el punto óptimo, además de que una relación mayor ocasionaría que el equipo tuviera dimensiones mayores sin aprovechamiento alguno.

La concentración se fijó en 0.5 N dado el análisis del cuadro de -- optimización.

La temperatura se tomó en 75°C, ya que no obstante que un incremen -- to de esta variable influye en el rendimiento, un valor superior al fijado -- traería como consecuencia evaporación de la solución ocasionando los proble -- mas inherentes a un sistema de tres fases y una posible incrustación del -- NaCl en las paredes del recipiente.

El valor de la agitación se consideró en 500 rpm para proporcionar un mayor contacto entre el sólido y la solución, a la vez que se mantiene ho -- mogeneidad en la concentración del fluido; por la misma razón se fijó el --- tiempo en 60 min dado que el sistema que se empleará no requiere de un mayor tiempo de operación.

6) El modelo matemático obtenido fué:

$$100 y = 118.43 - 3.94 V + 8.10 C + 0.93 T + 0.42 N + 2.64 t$$

y - Rendimiento de materia colorante, % en peso

V - Volúmen del solvente, lt por Kg de semilla ( $10 \leq V \leq 30$ )

C - Concentración del solvente, N ( $0.05 \leq C \leq 1.00$ )

T - Temperatura, °C ( $10 \leq T \leq 85$ )

N - Agitación, rpm ( $250 \leq N \leq 1\ 000$ )

t - Tiempo de operación, min ( $15 \leq t \leq 120$ )

La anterior expresión matemática sirve para estimar un posible rendimiento de materia colorante para unas condiciones de operación dadas, pero su confiabilidad es muy limitada en vista de que el contenido de sustancias-colorantes es algo intrínseco de la semilla que no puede ser modificado por las características del proceso. No obstante las restricciones de la ecuación, la aproximación que nos proporciona es muy útil como orientación de las condiciones que debe poseer el equipo de extracción.

Los paréntesis escritos anteriormente indican los límites de las variables para los cuales se estableció la regresión múltiple.

## DISEÑO DEL PROCESO

### 2.1 INTRODUCCION.

Dentro de este capítulo se mostrarán los criterios empleados para seleccionar el equipo requerido por el proceso, así como el diseño de los más importantes en forma general, no adentrándose en los correspondientes a servicios, mencionándose únicamente algunas recomendaciones que ofrecen ciertos autores. -- Se hará hincapie en el equipo correspondiente a la extracción de la materia colorante que constituye la base del sistema que se está estudiando.

Las condiciones de diseño se tomarán igual a las de operación para la realización del diseño de equipo, salvo en ciertos casos en los que se aclarará, para una mayor simplificación y sencillez del proceso.

Para un mayor ordenamiento de los cálculos realizados, se decidió clasificarlos en base al transporte de las propiedades.

Los dibujos y planos correspondientes al equipo fundamental, así como su localización, se encuentran en el capítulo tercero del presente trabajo.

### 2.2 SELECCION Y DISEÑO DE EQUIPO.

#### 2.2.1 TRANSFERENCIA DE MASA.

En esta categoría quedan involucradas dos operaciones: lixiviación y decantación. Sin embargo es la primera la que forma el núcleo del proceso y, -- por lo tanto, sobre esta se enfocará la atención.

La lixiviación se puede definir como la operación unitaria cuya función es separar un soluto o solutos contenidos en un sólido por medio del contacto de un solvente líquido preferencial.

Existen varios equipos para realizar dicha actividad y están en función de la naturaleza de los sólidos y del tipo de operación deseada, siendo una clasificación conveniente la propuesta por McCabe y Smith<sup>5</sup> en base al tipo de lecho, que a continuación se describe:

1. Lixiviación por percolación a través de lechos estacionarios de sólidos. Empleada con sólidos de tamaño intermedio que son colocados en tanques que cuentan con un falso fondo perforado, el cual sirve para sostenerlos y permitir que el licor lixiviado pueda fluir a una cañería recolectora que sale del fondo del recipiente. El procedimiento para realizar esta operación consiste en que una vez lleno el tanque con los sólidos, se añada solvente suficiente para --

sumergirlos de tal forma que su masa se empape un cierto período de tiempo, en ese lapso el líquido puede ser circulado por bombeo; se puede emplear uno o varios tanques, en este último caso el grupo de recipientes se denomina batería de extracción, los cuales cuando son operados con presión para facilitar el paso del solvente a través de los lechos reciben el nombre de batería de difusión.

2. Lixiviación en lecho móvil. Usada para lixiviar sólidos que se mueven a través de un solvente con muy poca agitación, en operaciones continuas que combinan el flujo paralelo con el de serie. Los extractores Bollman y Hildebrandt constituyen un ejemplo de este tipo de equipos.

3. Lixiviación de sólidos dispersos. Para sólidos que forman lechos impermeables y que es necesario dispersar en el solvente por medio de agitación. Algunos de los aparatos que realizan esta operación son el espesador Dorr, los extractores Kennedy, Allis-Chalmers, Bonotto, Rotocel, etc. Su operación es continua con flujo en contracorriente.

Los esquemas de los extractores mencionados y algunas de sus características se muestran en las siguientes hojas. Existen otros equipos además de los indicados que pueden ser empleados como los tanques Pachuca, extractores Blaw Knox, etc., y una descripción completa de sus peculiaridades se encuentra en el trabajo de Cofield<sup>1</sup>, a la vez que en ciertos textos se describen los detalles de algunos en especial.<sup>5,6,8</sup>

Es conveniente aclarar que los anteriores aparatos generalmente operan a gran escala siendo los más pequeños de una capacidad de 50 Ton por día, lo que ha creado el diseño de sistemas a pequeño rango como los extractores Ford, Detrex e Iowa. Por esta razón y dado que la mayoría de los extractores son relativamente sofisticados, con costos elevados, se decidió usar tanques sencillos provistos de agitadores, de tal manera que pudiera utilizarse el sistema Shanks.

El sistema Shanks permite obtener una solución más concentrada de soluto, empleando un esquema en contracorriente sin movimiento físico de los sólidos, como enseguida se explica.

1. Considerar en la figura 2.8 que los tanques 1, 2, 3 están en operación con líquido de lixiviado, el 1 con el más fresco y sólidos más agotados, y el 3 con la solución más concentrada y los sólidos más frescos.

2. Se separa la solución concentrada del tanque 3 y se transfiere el líquido del recipiente 2 al 3 y del 1 al 2, mientras se agrega nuevo sólido al -

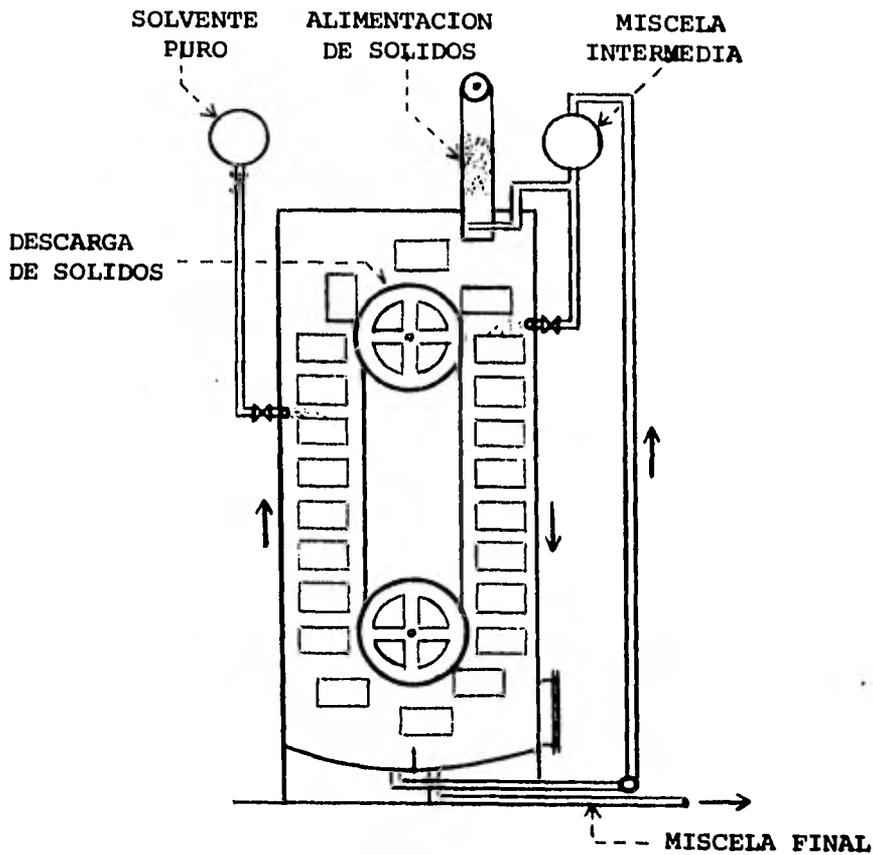


FIGURA 2.1 EXTRACTOR BOLLMAN.

Consiste en una carcasa hermética que posee cangilones, los cuales son cargados en la parte derecha del equipo con los sólidos, donde son rociados en forma paralela por miscela proveniente de la sección izquierda del equipo, en esta zona los sólidos ya extraídos son regados en contracorriente -- por el solvente y posteriormente se retiran los agotados. Su capacidad es de 50 a 500 Tn por día y se emplea para la extracción de la harina de soya. Algunas de las ventajas de este equipo son: baja retención de solución por los sólidos, costos por potencia bajos, la miscela final está muy clarificada, etc.

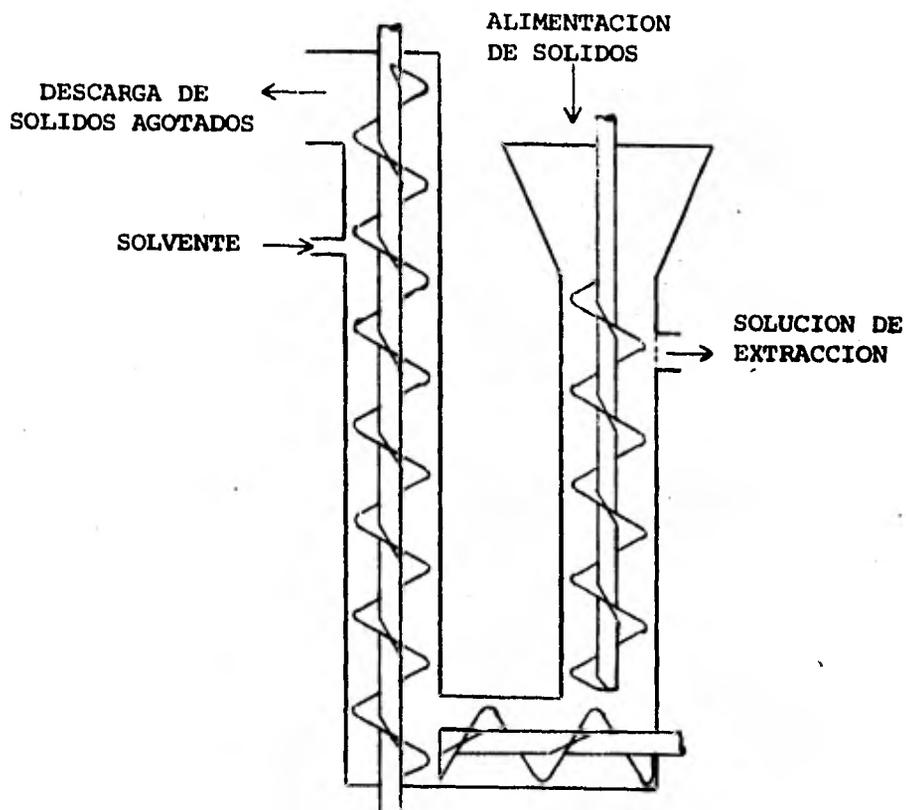


FIGURA 2.2 EXTRACTOR HILDEBRANDT.

Posee tres transportadores de tornillos sin fin en una carcasa en forma de U, que giran a velocidades diferentes para comprimir los sólidos en la sección horizontal. Los sólidos se alimentan por la parte superior derecha y fluyen en contracorriente con el solvente.

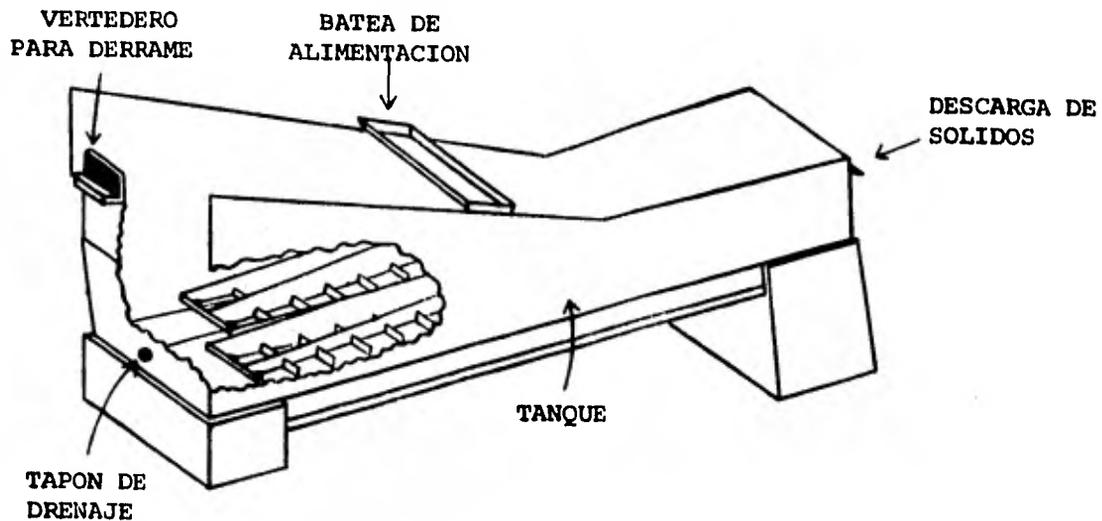


FIGURA 2.3 CLASIFICADOR DORR.

Está constituido de un tanque con fondo inclinado y parcialmente lleno con solvente, con rastrillos que arrastran a los sólidos hacia la parte superior donde son descargados. La solución se obtiene en el extremo hondo del tanque en concentración uniforme debido a la agitación que ejerce el movimiento alternativo y circular ascendente de los rastrillos. Es usado para lixiviar sólidos gruesos o lavarlos.

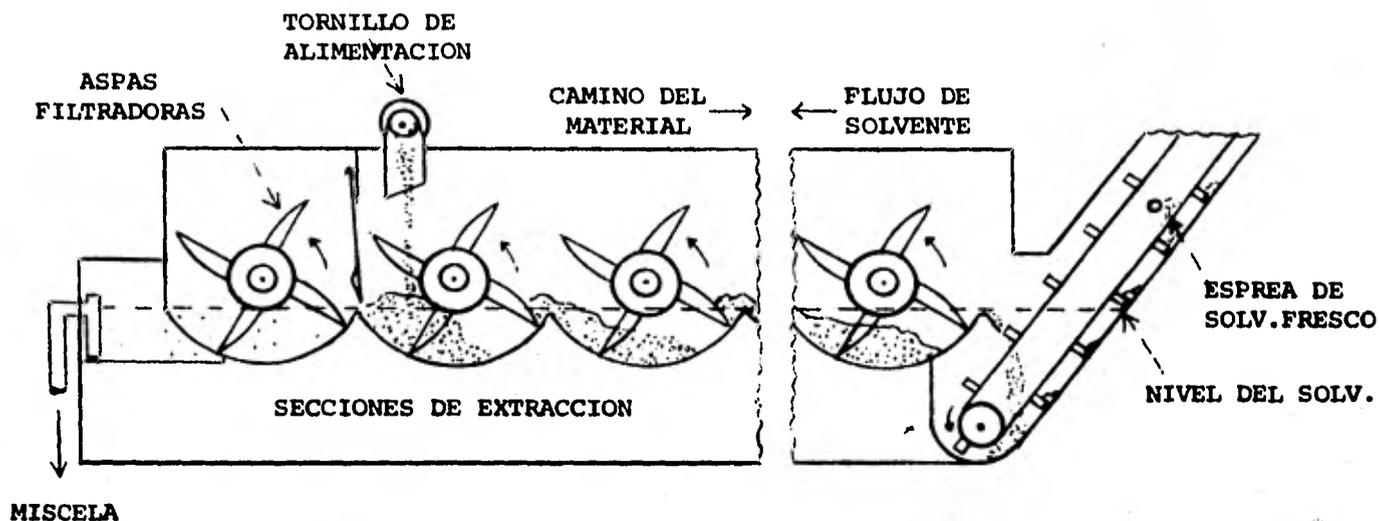


FIGURA 2.4 EXTRACTOR KENNEDY.

Los sólidos se lixivian en contracorriente con el solvente en una serie de bateas donde se empujan de una a otra por paletas perforadas que permiten el drenaje de los sólidos entre etapas; los sólidos son raspados de cada paleta. Se emplea para semillas oleaginosas y otras operaciones de lixiviación.

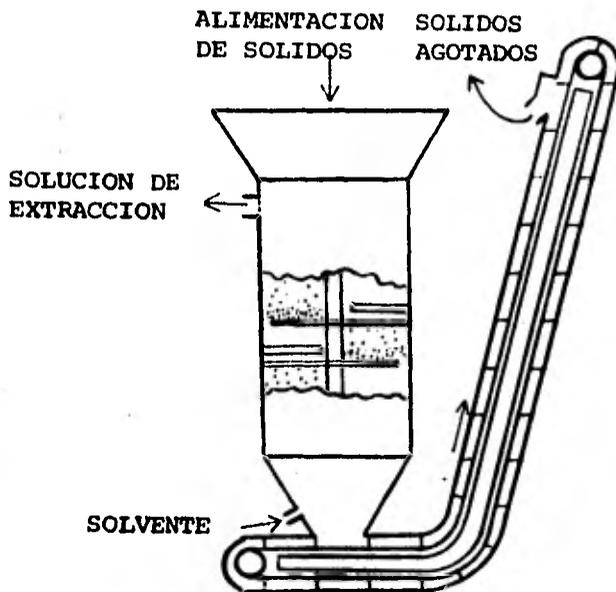


FIGURA 2.5 EXTRACTOR ALLIS - CHALMERS.

Formado por un cilindro vertical que está dividido en compartimientos por medio de platos horizontales, los cuales poseen dos hendeduras diametralmente opuestas a través de las cuales circula el solvente en contracorriente y se permite el paso de los sólidos de un plato a su inmediato inferior apenas se incrementa su contenido. A su vez está provisto de un baffle cuya función es "raspar" los sólidos, o sea, permitir un buen contacto entre las fases presentes. Los sólidos agotados caen a un transportador donde son drenados por gravedad y del cual finalmente se extraen, mientras que la solución de extracción es obtenida en la parte superior.

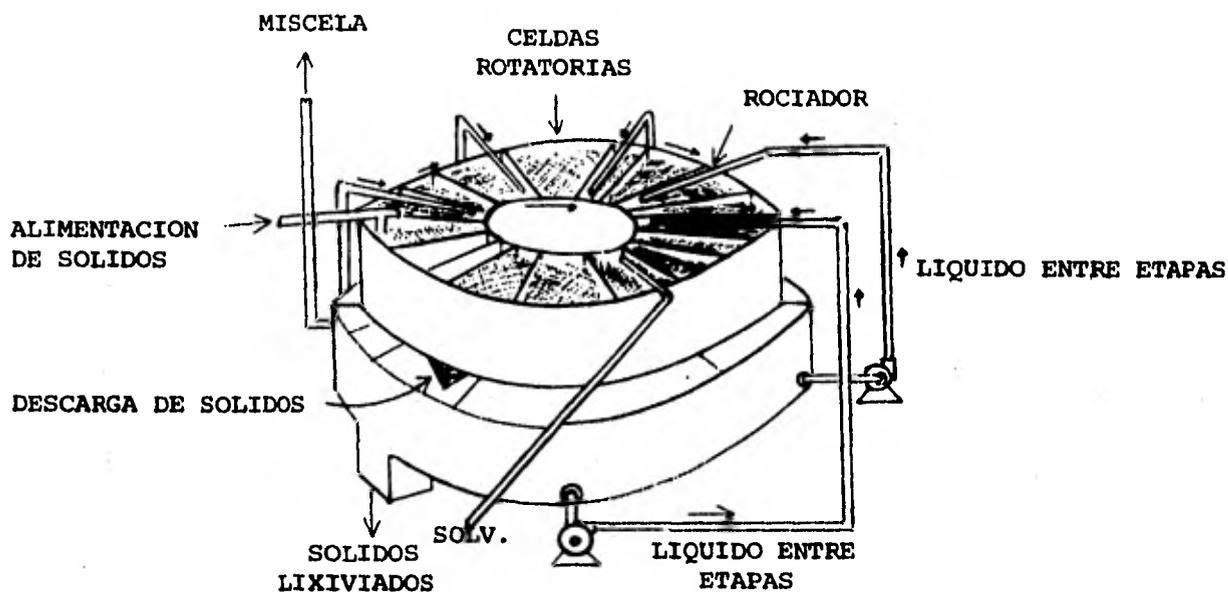


FIGURA 2.6 ROTOCEL.

Consta de un rotor circular con celdas y de un fondo articulado en pantalla para sostener sólidos, las células están contenidas en un tanque fijo y dividido. Al girar el rotor las celdas son cargadas por los sólidos y posteriormente pasan por rociadores que las bañan de solventes, el cual percola -- por la carga de la pantalla soporte hacia el compartimiento del tanque inferior a partir del cual es bombeado al siguiente rociador.

Una vez completada la revolución del rotor los sólidos son descargados a uno de los espacios del recipiente fijo del cual se extraen; la operación -- se realiza a contracorriente donde la solución concentrada se toma de las semillas más recientes.

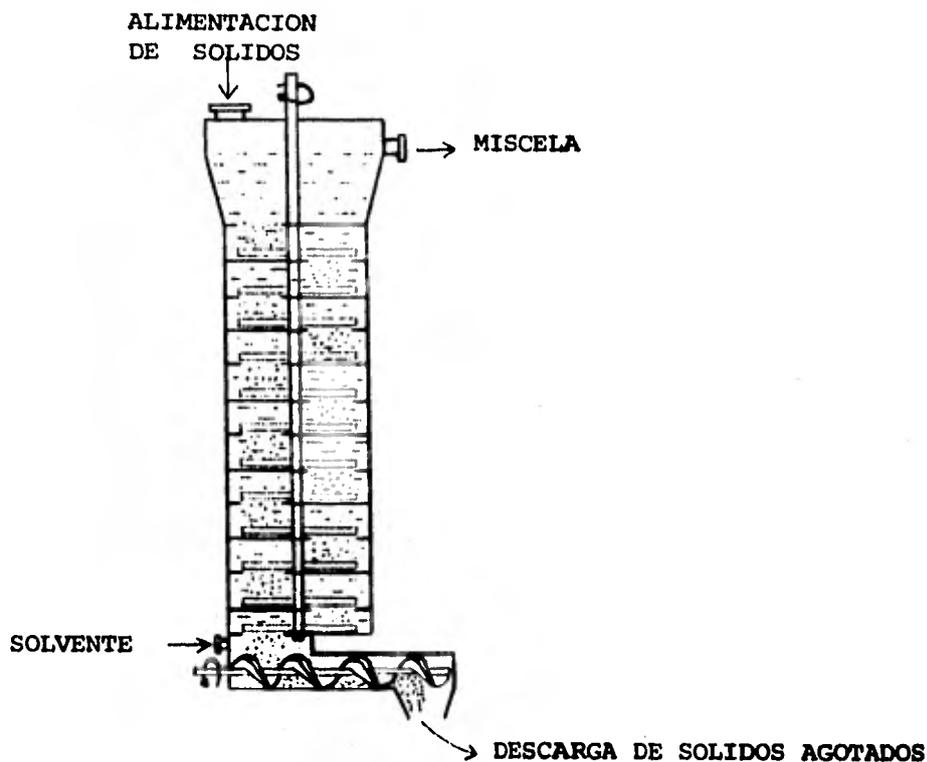


FIGURA 2.7 EXTRACTOR BONOTTO.

Consiste en una modificación del extractor Allis-Chalmers y está formado por una columna con compartimientos separados por platos horizontales y equidistantes. Cada plato posee una hendidura que está desplazada  $180^\circ$  con respecto a la del plato superior e inferior, de manera que los sólidos pasen de una sección a la inmediata inferior hasta ser descargados del equipo por un transportador de tornillo. El sistema opera contracorriente y en la parte superior de cada plato se localiza un baffle que sirve para quitar y favorecer el contacto de los sólidos con el solvente.

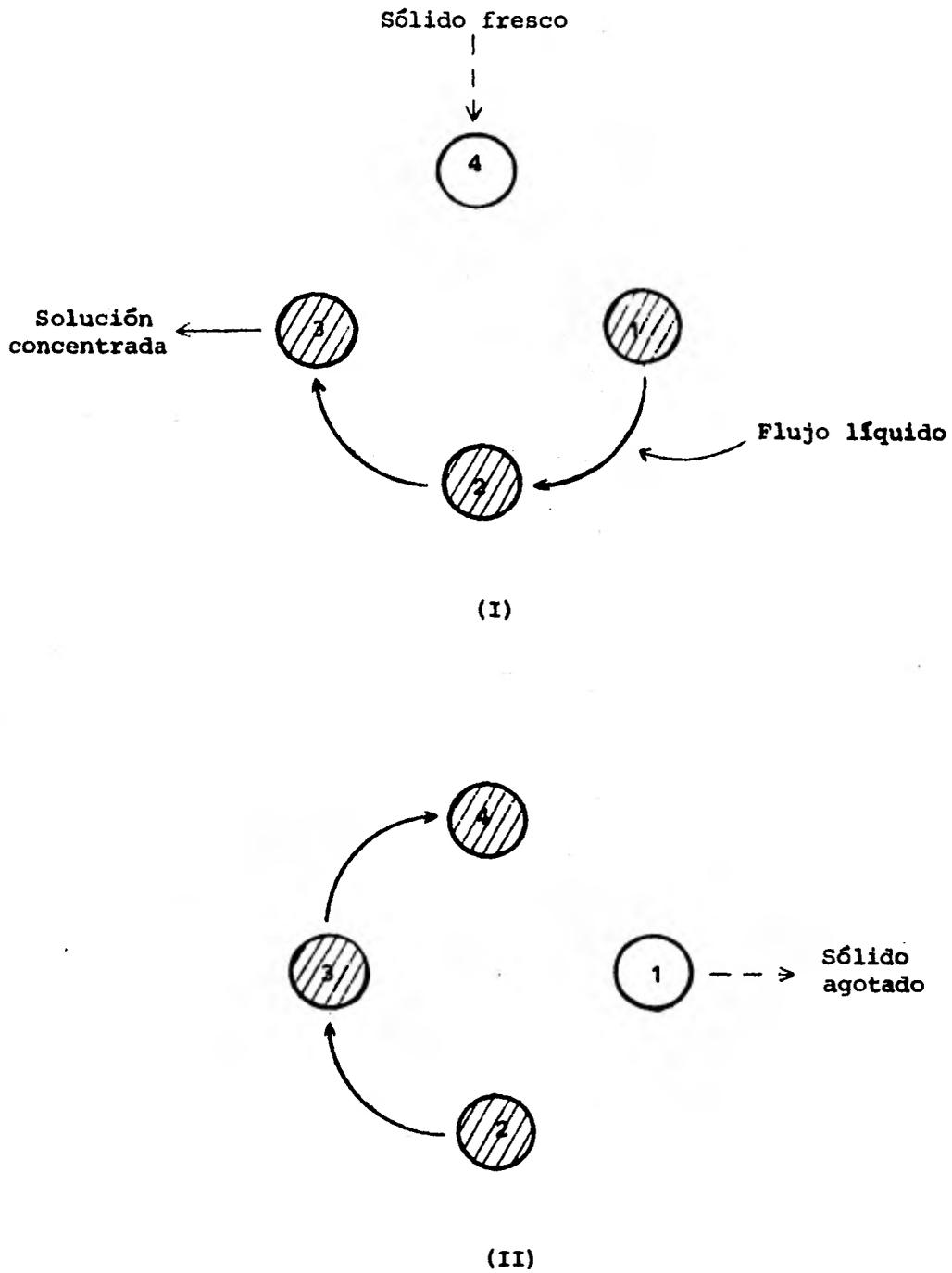


FIGURA 2.8 OPERACION DEL SISTEMA SHANKS.

tanque 4.

3. A continuación se descarta el sólido agotado del tanque 1, mientras la solución del tanque 3 es transferida al 4, la del 2 al 3 y posteriormente se agrega nuevo solvente al recipiente 2. Se vuelven a operar los tanques en igualdad de condiciones que el punto 1, modificándose únicamente la numeración de los recipientes.

4. Se repite la operación en forma análoga.

#### DETERMINACION DEL NUMERO DE ETAPAS DE LIXIVIACION.

Antes de describir el método de cálculo para determinar el número de etapas de lixiviación, es conveniente hablar de la eficiencia de dichas etapas, la cual es función del tiempo de contacto entre el sólido y la solución, y de la velocidad de difusión del soluto hacia la solución a través del sólido. Se pueden considerar cuatro casos de difusión existentes en la lixiviación, que a continuación se describen:<sup>5</sup>

1. Sólido impermeable e inerte al disolvente; el proceso se reduce a la igualación de concentraciones en la masa del extracto y en la película situada sobre la superficie del sólido, requiriéndose un tiempo pequeño de contacto para el equilibrio. En este caso la eficiencia se puede considerar uno.

2. Materia soluble uniformemente distribuida en el interior de un sólido permeable; la velocidad de difusión del soluto hacia la interfase es el factor controlante del proceso, el cual se acelera con la división fina del sólido.

3. Sólido impermeable y soluto distribuido en pequeñas partículas; la velocidad de extracción es muy lenta dada la pequeña fracción superficial del soluto, siendo conveniente una molienda adecuada del sólido.

4. Solute contenido en el interior de células vegetales; la difusión se realiza a través de ósmosis, por lo que es recomendable emplear partículas relativamente grandes y elevados tiempos de contacto. La difusión en el sólido es la mayor, suponiéndose que la concentración en la interfase es igual a la de la masa de la solución.

La eficiencia de Murphree ( $\eta_M$ ) para una etapa de lixiviación está dada por las expresiones:

$$\eta_M = \frac{x_0 - \bar{x}}{x_0 - x_1} = 1 - \frac{\bar{x} - x_1}{x_0 - x_1} = 1 - \varphi(\beta) = 1 - \varphi \left[ \frac{D'_v t}{r_p^2} \right]$$

$x_0$  - Concentración inicial del soluto en el sólido

$x_1$  - Concentración de soluto en la solución que está en el interior -- del sólido

$\bar{x}$  - Concentración media de soluto en la solución contenida dentro del sólido en el instante  $t$

$\beta$  - Grupo de difusión

$D'_v$  - Difusividad volumétrica del soluto a través de la solución estacionaria contenida en el sólido,  $m^2/h$

$t$  - Tiempo, h

$r_p$  - Semiespesor de la partícula, m

Para la determinación de la  $\varphi(\beta)$  existen gráficas que proporcionan estos valores como la figura 10.6 del texto de McCabe - Smith<sup>5</sup>. La diferencia  $(x_0 - \bar{x})$  es la variación real de concentración producida en la etapa y  $(x_0 - x_1)$  es la variación que se produciría en el equilibrio.

Una forma alternativa para evitar la determinación de la eficiencia de etapas consiste en emplear datos experimentales de equilibrio obtenidos a las -- condiciones de operación escogidas (curva "práctica" de equilibrio), que llevan involucrado el rendimiento de etapa en sus valores. Para emplear este criterio se utilizaron las suposiciones de que el soluto se encuentra distribuido uniformemente en el sólido y en la solución que lo extrae, que la composición del soluto en la solución extraída es igual a la de la solución retenida por el sólido agotado (líneas de unión verticales en el trazo de unión a la curva de equilibrio) y que el tiempo de contacto fue suficiente para alcanzar un equilibrio. - De esto se desprende que el empleo de la curva de equilibrio obtenida experimentalmente (gráfica 1.5) nos permite la determinación del número de etapas reales requeridas.

#### METODO DE CALCULO.

Existen diversos métodos de cálculo de etapas de lixiviación pudiendo clasificarse en tres grupos: algebraicos, analíticos y gráficos. El primero de ellos se basa en un balance de materia global y posteriormente ir realizando balances parciales de materia para cada etapa, usando una de las corrientes termi-

nales como base de cálculo. Los métodos analíticos están basados en las ideas de McCabe-Smith y permiten la determinación del número de etapas con el conocimiento de las concentraciones de la solución y considerando que la retención de solución por el sólido es constante a través de todas las unidades. Los métodos gráficos pueden realizarse mediante un diagrama ternario ó bien una modificación del método de Ponchon-Savarit, los cuales facilitan enormemente el cálculo y proporcionan las composiciones en las etapas intermedias.<sup>3,5,6,8</sup>

En nuestro caso se aplicará el método gráfico de Ponchon-Savarit, el cual se basa en las posteriores ecuaciones. La figura 2.9 ilustra el esquema empleado para realizar los cálculos, así como la nomenclatura usada donde C se refiere al soluto, B a la materia insoluble y A a la solución de extracción. Este método requiere que el proceso sea continuo ó que se opere con un sistema Shanks con gran número de ciclos, ninguno de los cuales constituye el caso en estudio pero se consideró que la aplicación de este método de cálculo proporciona una buena estimación del número de unidades necesarias, dada la forma en que se usaron los datos experimentales y que se puede observar en la realización de los cálculos. Esto podría ocasionar que la solución extraída del sistema fuera más rica de soluto que la esperada, lo cual no constituya ningún problema ya que una posterior dilución en el tanque de almacenamiento sería la respuesta; el caso contrario si sería grave, pero no existe ninguna posibilidad de que así suceda.

Las ecuaciones para la realización gráfica son:

$$F + R_{N_P+1} = R_1 + E_{N_P} = M \dots (1)$$

$$F y_F + R_{N_P+1} x_{N_P+1} = R_1 x_1 + E_{N_P} y_{N_P} = M y_M \dots (2)$$

$$N_M = \frac{B}{F + R_{N_P+1}} \dots (3)$$

$$y_M = \frac{F y_F + R_{N_P+1} x_{N_P+1}}{F + R_{N_P+1}} \dots (4)$$

$$F - R_1 = E_{N_P} - R_{N_P+1} = \Delta R \dots (5)$$

SOLIDOS A LIXIVIAR

B Kg B

F Kg (A+C)

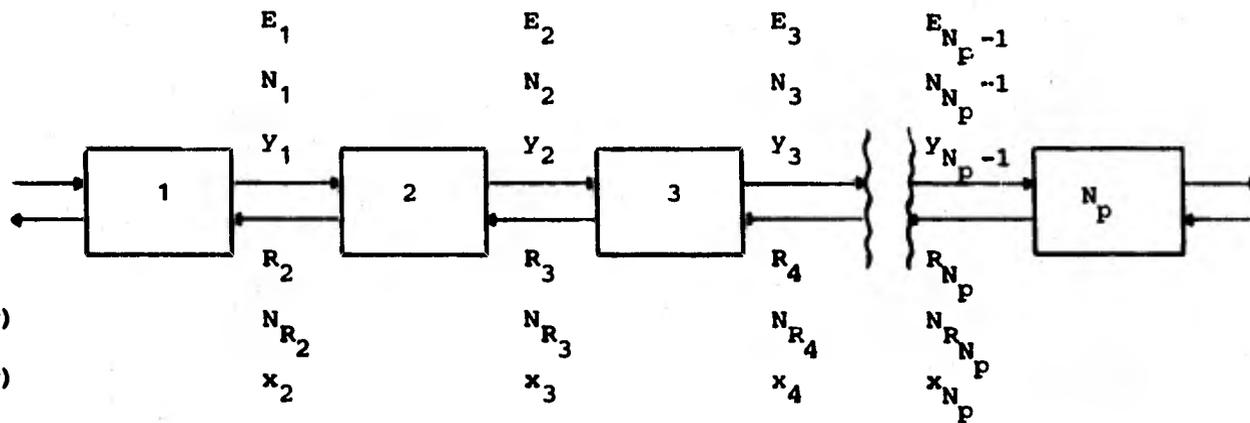
$N_F$  Kg B/Kg (A+C)

$Y_F$  Kg C/Kg (A+C)

$R_1$  Kg (A+C)

$N_{R_1}$  Kg B/Kg (A+C)

$x_1$  Kg C/Kg (A+C)



SOLIDO LIXIVIADO

B Kg B

$E_{N_p}$  Kg (A+C)

$N_{N_p}$  Kg B/Kg (A+C)

$Y_{N_p}$  Kg C/Kg (A+C)

$R_{N_p+1}$  Kg (A+C)

$N_{N_p+1}$  Kg B/Kg (A+C)

$x_{N_p+1}$  Kg C/Kg (A+C)

SOLUCION CONCENTRADA DE LIXIVIACION

SOLVENTE LIXIVIANTE

FIGURA 2.9 LIXIVIACION EN ETAPAS MULTIPLES EN CONTRACORRIENTE.

Las dos primeras ecuaciones indican los balances de materia para la mezcla solvente-soluto y para el solvente, respectivamente; en ellas M representa la mezcla hipotética libre de B obtenida mezclando los sólidos al lixiviar y el solvente lixivante. Las coordenadas de este punto hipotético están dadas por las expresiones (3) y (4). La ecuación (5) simboliza la diferencia constante de flujo ( $\Delta R$ ) entre cada etapa.

La determinación de unidades se realiza graficando la relación masa de sólido insoluble a soluto-solvente contra la concentración de soluto en solución (x) y en mezcla (y) en una base libre de B. En esta gráfica se traza la curva de equilibrio "práctica" del sistema. La secuencia con que se procede es:

1. Localizar los afluentes F y  $R_{N+1}$  en la gráfica, así como los efluentes  $R_1$  y  $E_{N_p}$ , este último sobre la curva de equilibrio.
2. Encontrar el punto M por intersección de las líneas  $E_{N_p} R_1$  y  $FR_{N+1}$ , en base a la regla de la adición gráfica que nos dice que la composición de la mezcla resultante de la adición de dos mezclas cae sobre una línea recta entre las composiciones de las dos mezclas originales.
3. Hallar el punto  $\Delta R$  por intersección de las líneas prolongadas  $FR_1$  y  $E_{N_p} R_{N+1}$ , el cual servirá de pivote para la determinación de cada etapa.
4. Dado que los efluentes de cada etapa se unen mediante las líneas de unión, el punto  $E_1$  se localiza por la línea de unión que conecta al punto  $R_1$ .
5. La intersección de la línea  $E_1 \Delta R$  con el eje de las abscisas nos proporciona el punto  $R_2$ , el cual conecta con  $E_2$  por su línea de unión.
6. Se repite el proceso hasta llegar al punto  $R_{N+1}$ . La construcción escalonada establece el número de etapas reales, el cual debe ser un número entero en caso de aplicarse datos prácticos de equilibrio.

Todo lo anterior se ilustra en las gráficas 2.1 y 2.2, la cual es un gráfico de  $x$  contra  $y$  que ofrece una mayor claridad.

#### CALCULOS.

Los cálculos previos para la determinación gráfica de etapas se muestran a continuación. En ellos se emplearon los siguientes valores obtenidos experimentalmente:

6.00% peso de materia colorante contenido por los sólidos.

1.30% peso de materia colorante retenida por los sólidos agotados, base libre de insolubles.

1.50% peso de materia insoluble arrastrada por la solución de lixiviación, base libre de soluto.

Estos datos se obtuvieron agotando la materia colorante obtenida en los sólidos por extracciones sucesivas a las condiciones de operación, los demás datos empleados en estos cálculos son experimentales y se encuentran reportados en la sección 1.5 del presente trabajo.

Base de Cálculo: 1.0 Kg de semilla de achiote.

Sólidos a Lixiviar.

1.0 Kg de sólidos (semilla de achiote).

6.0% de materia colorante.

$F = (1.00) (0.06) = 0.06$  Kg de materia colorante

$B = 1.00 - 0.06 = 0.94$  Kg de materia insoluble

$$N_F = \frac{0.94}{0.06} = 15.66667 \frac{\text{Kg de materia insoluble}}{\text{Kg de solución}}$$

$$y_F = \frac{0.06}{0.06} = 1.00 \frac{\text{Kg de materia colorante}}{\text{Kg de solución}}$$

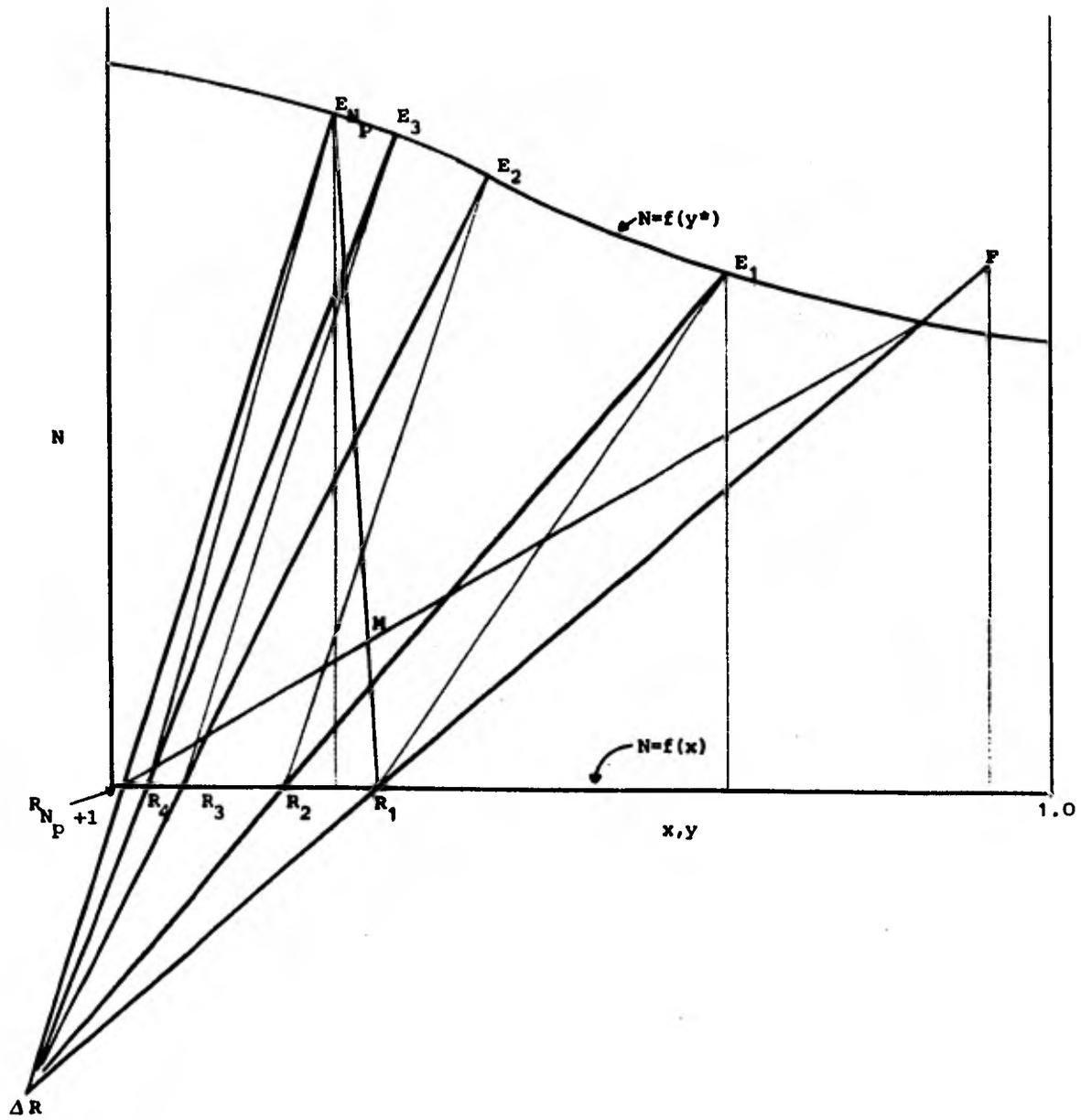
Solvente Lixiviante.

10.0 l de solución 0.5 N de NaOH a 75°C.

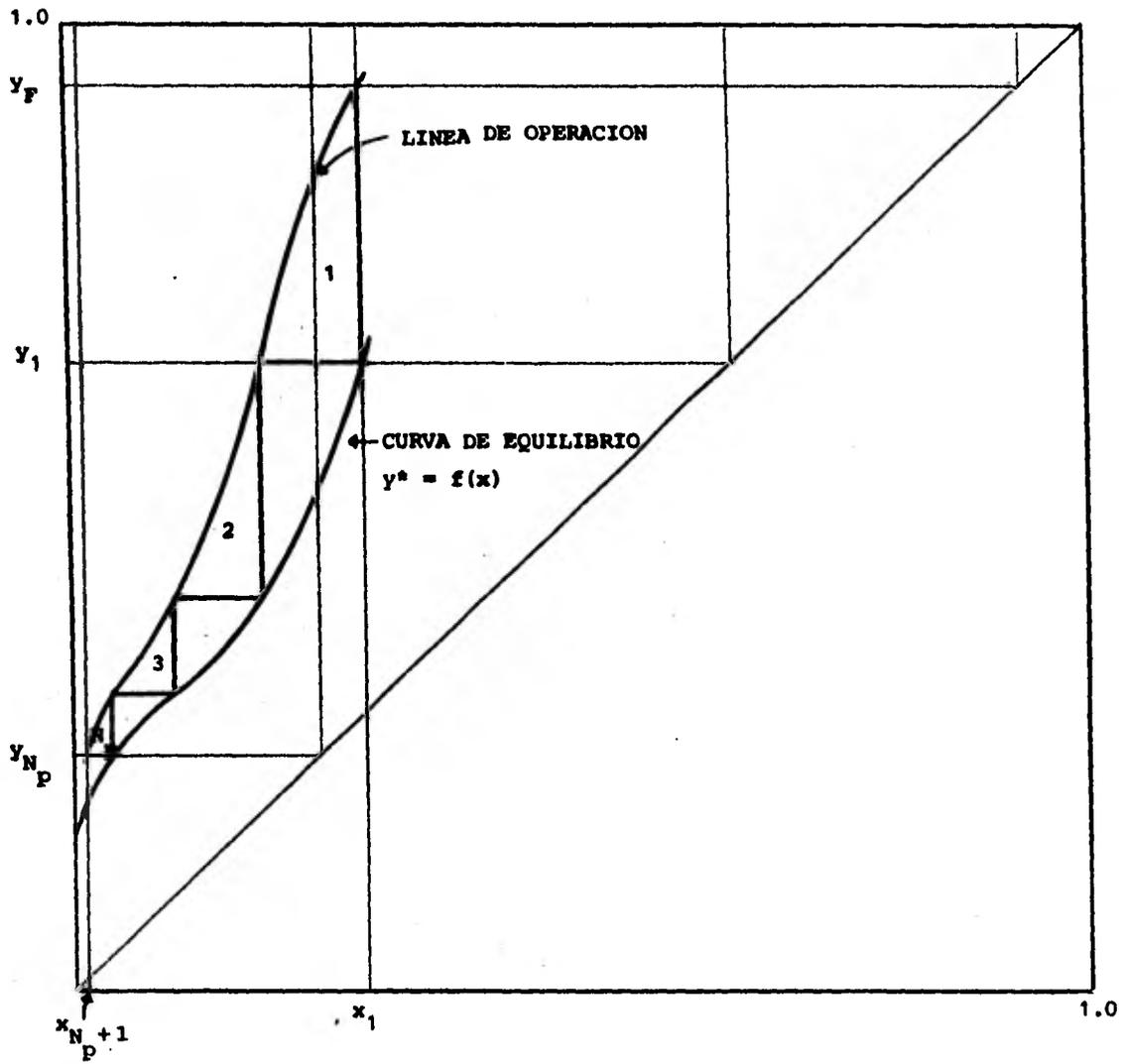
Densidad de la solución a 75°C = 0.9930 Kg/l

$$R_{N_p+1} = (10.0) (0.9930) = 9.930 \text{ Kg de solvente}$$

$$N_{N_p+1} = \frac{0}{9.930} = 0 \frac{\text{Kg de materia insoluble}}{\text{Kg de solución}}$$



GRAFICA 2.1 DETERMINACION DEL NUMERO DE ETAPAS DE LIXIVIACION EN UN GRAFICO DE  $N$  VS  $x,y$ .



GRAFICA 2.2 DETERMINACION DEL NUMERO DE ETAPAS EN UN GRAFICO DE  $y$  VS  $x$

$$x_{N_p+1} = \frac{0}{9.930} = 0 \frac{\text{Kg de materia colorante}}{\text{Kg de solución}}$$

Sólido Lixiviado.

1.3% de materia colorante extraída.

$$B = (0.94) (1.00 - 0.015) = 0.92590 \text{ Kg de materia insoluble}$$

$$C = (0.06) (0.013) = 0.00078 \text{ Kg de materia colorante}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{0.92590}{0.00078} = 1187.05 \frac{\text{Kg de materia insoluble}}{\text{Kg de materia colorante}} = \frac{N_{N_p}}{Y_{N_p}}$$

De la gráfica 1.5, los datos de equilibrio se pueden ordenar (para mezclas diluídas) de la siguiente manera:

$N \times 10$	8.38	8.46	8.52	8.53	8.54
$y^* \times 10^3$	2.00	1.50	1.00	0.75	0.50
$N/y^* \times 10^{-2}$	4.15	5.64	8.52	11.37	17.08

Por interpolación para  $N/y^* = 1187.05$

$$N_{N_p} = 0.8531 \frac{\text{Kg de materia insoluble}}{\text{Kg de solución}}$$

$$E_{N_p} = \frac{0.92590}{0.85310} = 1.08534 \text{ Kg de solución}$$

$$Y_{N_p} = \frac{0.00078}{1.08534} = 0.00072 \frac{\text{Kg de materia colorante}}{\text{Kg de solución}}$$

Solución Concentrada de Lixiviación.

1.5% de arrastre de sólidos insolubles.

$$C = 0.06 - 0.00078 = 0.05922 \text{ Kg de materia colorante}$$

$$B = (0.9400) (0.015) = 0.01410 \text{ Kg de materia insoluble}$$

$$A = 9.93000 - (1.08534 - 0.00078) = 8.84544 \text{ Kg de solvente}$$

$$R_1 = 8.84544 + 0.05922 = 8.90466 \text{ Kg de solución}$$

$$N_{R_1} = \frac{0.01410}{8.90466} = 0.00158 = 0 \frac{\text{Kg de materia insoluble}}{\text{Kg de solución}}$$

$$x_1 = \frac{0.05922}{8.90466} = 0,00665 \frac{\text{Kg de materia colorante}}{\text{Kg de solución}}$$

Los datos obtenidos se localizaron en la gráfica 2.3 y a partir de --- esta se determinó que dos unidades son requeridas para el proceso y dado que se emplea el sistema Shanks, se añadió una más para poder lograr esta operación.

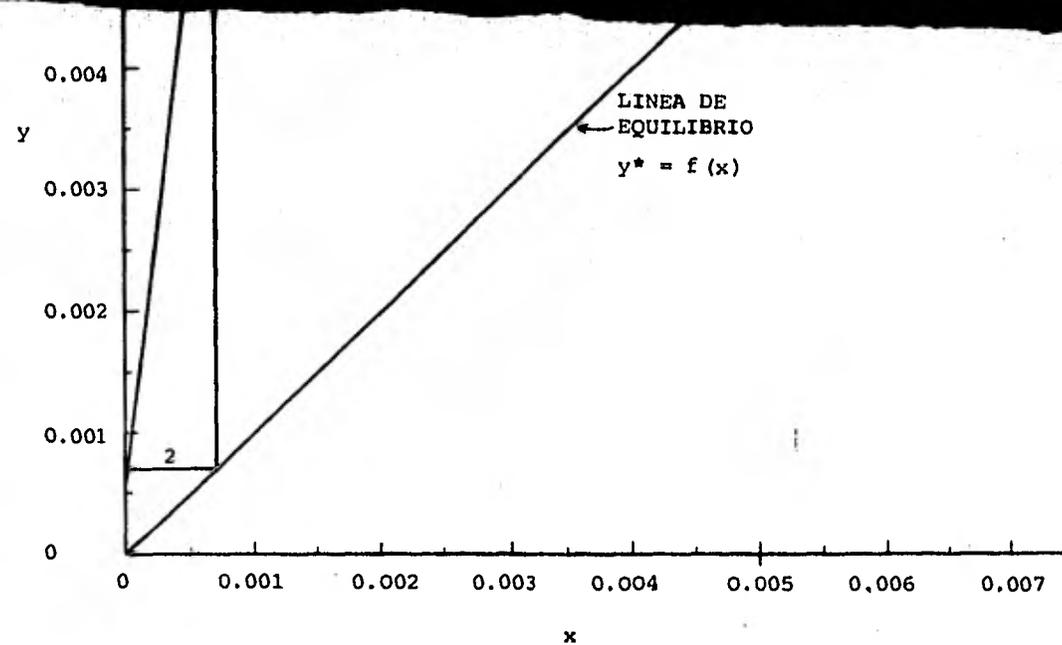
Una posible forma en que podrían sincronizarse los recipientes de lixiviación se muestra en el cuadro 2.1, en el cual los tiempos atribuidos a cada -- paso llevan un margen de tal manera que permitan el funcionamiento adecuado del sistema, además de que facilitan que al día siguiente la secuencia sea repetitiva operando el tanque 1 con los pasos del tanque 2, éste con los del 3 y el 3 -- con los del 1. Asimismo el empleo de tres unidades hace posible una futura expansión incrementando su capacidad ó bien el tiempo de laboración, a la vez que es posible sacar cualquiera de ellas de funcionamiento para un mantenimiento sin disminuir la producción. Todo lo anterior constituye las ventajas del sistema - Shanks para este proceso, así como obtener la extracción con 0.67% en peso de ma-teria colorante, perdiéndose únicamente 1.30% en peso del total contenido en las semillas.

#### DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DEL EQUIPO DE LIXIVIACION.

Estos recipientes se aprovecharan a la vez para hacer la decantación, - la que dadas las características de los sólidos tiende a realizarse rápidamente, no obstante lo cual se seleccionó un tiempo mínimo de 60 minutos para esta ope--ración. Asimismo para evitar el posible arrastre de semillas y desechos sólidos al cuerpo de la bomba, que causarían trastornos, se decidió colocar filtros tipo canasta antes de la succión de dichos equipos.

Para favorecer la decantación el fondo de los tanques poseerá forma -- cónica, lo que a su vez facilitará la descarga de los sólidos agotados por medio de una válvula que tendrá un ramal inclinado a 45°, con respecto al vástago de - la válvula, y que permite el previo escurrimiento de la solución retenida por los sólidos, antes del desalojo de estos. El cabezal superior tendrá forma elíptica con el fin de que su espesor sea menor del que poseería si su forma fuera planar, resultando más económico a la vez que sirve para prevenir sobre presiones en el cuerpo del recipiente debido a un posible exceso de presión de vapor de la solu-





GRAFICA 2.3 DETERMINACION DEL NUMERO DE ETAPAS REALES REQUERIDAS DE LIXIVIACION PARA EL PROCESO.

HORA                      EXTRACTOR 1                      EXTRACTOR 2                      EXTRACTOR 3

8:00			Carga con solvente.
8:30			Calentamiento del sol--- vente.
9:00	Carga con semillas.		Inicio de la operación - de extracción a las con- diciones de operación.
9:30	Carga con solución del tanque 2.	Descarga de la solu--- ción al tanque 1.	
10:00	Calentamiento de la so- lución.		Inicio de la decanta--- ción.
10:30	Inicio de la operación de extracción a las -- condiciones de opera-- ción.	Descarga de sólidos - agotados.	
11:00		Carga con semillas.	
11:30	Inicio de la decanta-- ción.	Carga con solución del tanque 3.	Descarga de la solución al tanque 2.
12:00		Inicio de la operación de extracción a las -- condiciones de opera-- ción.	Descarga de sólidos ago- tados.
12:30	Descarga de la solu--- ción al tanque final.		
13:00	Carga con solvente.	Inicio de la decanta-- ción.	
13:30	Calentamiento del sol- vente.		
14:00	Inicio de la operación de extracción a las -- condiciones de opera-- ción.	Descarga de la solu--- ción al tanque final.	
14:30			
15:00	Inicio de la decanta-- ción.		

CUADRO 2.1 SECUENCIA DE OPERACION DE LAS UNIDADES DE LIXIVIACION.

ción.

La evaluación de las dimensiones de los recipientes se muestra a continuación:

Volúmen del solvente: (70.00 Kg de semilla) (10.00 lt de solvente/1.00 Kg de semilla) =  
= 700.00 lt

Volúmen ocupado por los sólidos: (70.00 Kg de semilla) (1.4286 Kg de semilla/1.00 lt volúmen ocupado) =  
= 100.00 lt

Volúmen mínimo requerido: 800.00 lt

Volúmen propuesto: 1 000.00 lt

Las dimensiones de la parte inferior del recipiente, en base a recomendaciones del Perry<sup>6</sup>, son:

Diámetro mayor (d): 1.000 m

Diámetro menor ( $d_1$ ): 0.100 m

Altura ( $h_1$ ): 0.250 m

Angulo de inclinación ( $\alpha$ ): 29.05°

$$V_1 = \frac{\pi h_1}{3} (r^2 + r_1^2 + r r_1)$$

$$V_1 = \frac{\pi (0.250)}{3} [0.500^2 + 0.050^2 + (0.500) (0.050)]$$

$$V_1 = 0.073 \text{ m}^3$$

La altura del cilindro ( $h_2$ ) se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$h_2 = \frac{(V - V_1)}{r^2 \pi} = \frac{(1.000 - 0.073)}{(0.500)^2 \pi}$$

$$h_2 = 1.180 \text{ m}$$

Por lo tanto, se tomará una altura de 1.200 m

$$V_2 = \pi r^2 h_2 = \pi (0.500)^2 (1.200)$$

$$V_2 = 0.942 \text{ m}^3$$

Las dimensiones del recipiente serán:

$$V = V_1 + V_2 = (0.073 + 0.942)$$

$$V = 1.015 \text{ m}^3$$

$$h = h_1 + h_2 = (0.250 + 1.200)$$

$$h = 1.450 \text{ m}$$

$$d = 1.000 \text{ m}$$

$$d_1 = 0.100 \text{ m}$$

$$\alpha = 29.05^\circ$$

$$\text{Altura de la semilla decantada } (h_s) = \frac{(0.100 - 0.073)}{(0.500)^2 \pi} + 0.250$$

$$h_s = 0.284 \text{ m}$$

$$\text{Altura del líquido } (z_1) = \frac{(0.800 - 0.073)}{(0.500)^2 \pi} + 0.250$$

$$z_1 = 1.176 \text{ m}$$

#### SELECCION DEL MATERIAL DE CONSTRUCCION DEL RECIPIENTE.

De los diversos materiales propuestos para el manejo de NaOH a las --- condiciones de operación seleccionadas, se decidió escoger el acero al carbón basándose principalmente en su resistencia a la corrosión, así como en los costos, y dado que satisface los requerimientos pedidos. Las características del material seleccionado son:<sup>6</sup>

Composición nominal

(% de elementos base): 0.45 Mn, 0.25 Si, 0.20 C, 0.040 P, 0.050 S, variable para el Fe.

Clasificación;	AISI - SAE 1020
Tipo:	Recocido
Resistencia a la de- formación (0.2% com- pensación):	$2.672 \times 10^7 \text{ Kgf/m}^2$
Resistencia a la -- tensión:	$4.570 \times 10^7 \text{ Kgf/m}^2$
Elongación en 5.08 cm:	30%
Dureza:	130° Brinell
Densidad:	$4.550 \text{ Kg/m}^3$
Módulo de tensión -- elástica:	$2.109 \times 10^{10} \text{ Kgf/m}^2$
Factor de corrosión:	0.051 cm/año

Otros materiales de construcción que pueden emplearse son: hierro va--  
ciado, acero inoxidable 18-8, acero inoxidable 18-8 Mo, monel 10, níquel 12, du-  
rimet 20, cobre, bronce, acero inoxidable 304 ó 316, resinas epóxicas ó fenóli--  
cas, etc. Aunque las últimas son más baratas su resistencia a la corrosión no -  
es adecuada para el tipo de solución empleada en el proceso, de ahí que no se --  
hayan tomado en cuenta.

Los materiales no metálicos de empaques que son aceptables para este -  
sistema son: asbesto blanco (comprimido ó tejido), asbesto (comprimido y ahula--  
do, tejido y ahulado), teflón, etc., además de los correspondientes empaques me-  
tálicos.

El tipo de juntas que van a utilizarse son a tope doble, que no poseen  
ninguna limitación en cuanto a su uso.

#### DETERMINACION DEL ESPESOR DE LOS RECIPIENTES.

##### METODO DE CALCULO.

1. La expresión empleada para evaluar el espesor ( $t'$ ) de cubiertas ci  
líndricas es:<sup>7</sup>

$$t' = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C$$

P = Presión de diseño, lb/in<sup>2</sup> manométricas

R = Radio interior de la cubierta, in

S = Esfuerzo admisible de trabajo, lb/in<sup>2</sup>

E = Eficiencia de la junta como fracción

C = Tolerancia por corrosión, in

#### CALCULOS.

De tablas <sup>6,7</sup> se obtuvieron los siguientes datos para las características del sistema:

$$S = 13\,500.00 \text{ lbf/in}^2 \text{ (949.10 Kgf/cm}^2\text{)}$$

$$E = 0.80$$

$$C = 0.131 \text{ in (0.333 cm)}$$

$$P = P_v = 5.60 \text{ lbf/in}^2 \text{ (0.39 Kgf/cm}^2\text{)}$$

Los recipientes van a operar a presión atmosférica pero para el diseño se considera que la presión manométrica existente es igual a la presión de vapor de la solución a la temperatura de operación.

$$t' = \frac{(5.60) (0.5 \times 39.37)}{(13\,500.00) (0.80) - 0.60 (5.60)} + 0.131$$

$$t' = 0.141 \text{ in (3.59 mm)}$$

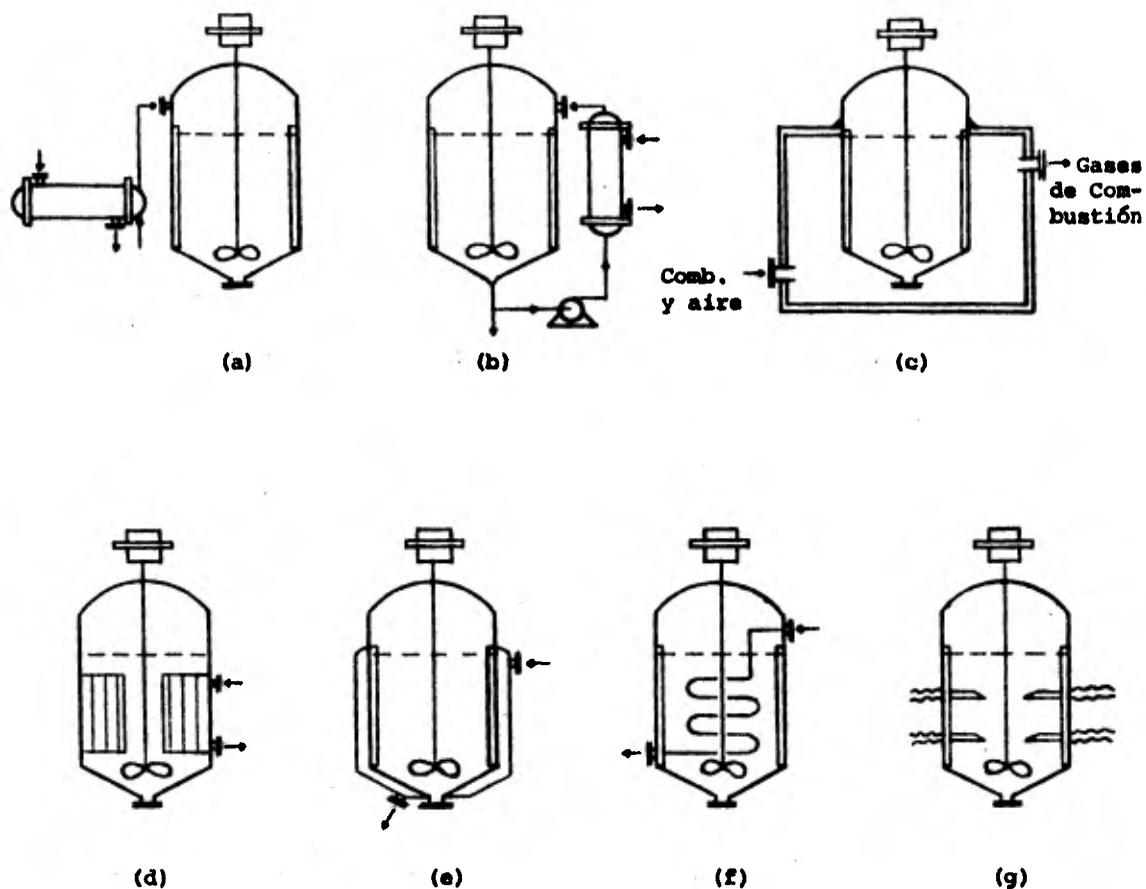
Por lo tanto el espesor práctico de la placa será de 3/16 in (0.188 in).

La determinación del grosor de los cabezales no se realizó ya que generalmente son inferiores al valor obtenido considerando la presión circunferencial. Asimismo no se tomaron en cuenta los esfuerzos ocasionados por el viento debido a la pequeña altura de los recipientes, y dado que la presión manométrica en la chaqueta es menor a la considerada en el recipiente, por lo que el grueso determinado para la cubierta es aplicable a los cabezales y a la chaqueta.

#### 2.2.2 TRANSFERENCIA DE CALOR.

##### SELECCION DEL MEDIO CALENTAMIENTO DE LA SOLUCION DE EXTRACCION.

Se dispone de varios medios para calentar la solución que extraerá la materia colorante, los cuales se enuncian a continuación y se ilustran en la figura 2.10:



- a) Con intercambiador de calor externo para el solvente.  
 b) Con intercambiador de calor externo para la mezcla.  
 c) Con horno.  
 d) Con tubos internos.  
 e) Con chaqueta.  
 f) Con serpentín.  
 g) Con resistencias eléctricas.

FIGURA 2.10 MEDIOS CALEFACTORES EN TANQUES INTERMITENTES AGITADOS.

- A. Intercambiador de calor externo para el solvente,
- B. Intercambiador de calor externo para la mezcla solución-sólido.
- C. Con horno en el tanque de lixiviación.
- D. Tubos internos en el tanque de lixiviación.
- E. Enchaquetamiento del tanque de lixiviación.
- F. Serpentes internos en el tanque de lixiviación.
- G. Resistencias eléctricas en el tanque de lixiviación.

Exceptuando los equipos correspondientes a los índices C y G, los demás se tomarán en cuenta con vapor como medio de calefacción.

En el cuadro 2.2 se mencionan las ventajas y desventajas que presenta cada medio calefactor, enunciados en esta subsección, para el tipo de operación que se desea. Se puede apreciar que los equipos E y F son los que ofrecen mayor adaptabilidad para el proceso que se está diseñando, seleccionándose el enchaquetado por poseer menores costos y dado que el área de transferencia de calor es reducida para las condiciones de operación que se manejan. El material de la chaqueta será idéntico al del recipiente, dadas las características del vapor que se necesita, y para lograr una mayor eficiencia en la construcción del equipo y en su funcionamiento.

Se considera que la temperatura del medio ambiente tiene un valor entre 20-25°C, el cual se empleará para los cálculos subsecuentes.

#### DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL MEDIO DE CALENTAMIENTO.

##### METODO DE CALCULO.

Para evaluar la temperatura y la cantidad de vapor requerido, así como el tiempo de calentamiento, se emplearán principalmente los criterios y correlaciones que describe el autor Kern para procesos por lotes de aplicaciones adicionales.<sup>4</sup> En base a estos se estableció el siguiente orden de cálculo:

1. Requerimiento calorífico (Q), Kcal.

$$Q = Mcp \Delta T$$

M - Peso de un lote de líquido, Kg

MEDIO CALEFACTOR	A	B	C	D
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Gran versatilidad.</li> <li>2) Posibilidad de manejar varios rangos de temperatura, previo diseño.</li> <li>3) Facilidad de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Uniformidad en la mezcla de fases.</li> <li>2) Uniformidad en la transferencia de calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Posibilidad de manejar cualquier rango de temperatura.</li> <li>2) Uniformidad en la temperatura de la solución de extracción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Evita la necesidad de manparas en el tanque de extracción.</li> <li>2) Uniformidad en la temperatura de la solución de extracción.</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) El rango de temperatura no es recomendable para el uso de este equipo.</li> <li>2) Pérdidas de calor en el tanque de lixiviación.</li> <li>3) El sistema no mostraría uniformidad en la temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Necesidad de equipo de bombeo adicional.</li> <li>2) Costos mayores por bombeo.</li> <li>3) Dificultad en el manejo de un fluido-sólido a través del cambiador de calor.</li> <li>4) Posibilidad de obstrucción en los tubos.</li> <li>5) Necesidad de equipo adicional, con sus respectivos costos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Dificil mantenimiento.</li> <li>2) Costos altos por los equipos y materiales empleados.</li> <li>3) Baja seguridad por el tipo de instalación.</li> <li>4) No se compensa el costo de materia prima en el horno con la temperatura requerida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Incremento del volumen del recipiente de agitación.</li> <li>2) Dificil mantenimiento.</li> <li>3) Se incrementan los costos por materiales y construcción de los tubos internos.</li> </ul>

CUADRO 2.2 ANALISIS DE LOS MEDIOS DE CALENTAMIENTO.

(PRIMERA PARTE).

MEDIO CALEFACTOR	E	F	G
VENTAJAS	1) Posibilidad de manejar - cualquier rango de temperatura. 2) Uniformidad en la temperatura de la solución de extracción. 3) Facilidad de mantenimiento.	1) Posibilidad de manejar - cualquier rango de temperatura. 2) Uniformidad en la temperatura de la solución de extracción.	1) Eliminación de riesgos de combustión. 2) Uniformidad en la temperatura de la solución de extracción. 3) Adaptación al control y regulación automática.
DESVENTAJAS	1) Problemas por la presencia de condensado y mala homogeneidad en la mezcla, creando zonas deficientes de transferencia de calor. 2) Area reducida de transferencia de calor.	1) Dificil construcción. 2) Dificil mantenimiento. 3) Los costos son mayores.	1) Costos elevados por consumo de energía eléctrica. 2) Constante mantenimiento. 3) Indice de seguridad inferior a los demás.

CUADRO 2.2 ANALISIS DE LOS MEDIOS DE CALENTAMIENTO.

(SEGUNDA PARTE).

$c_p$  - Capacidad calorífica media de la solución, Kcal/(Kg.°C)

$\Delta T$  - Diferencia de temperatura, °C

2. Vapor requerido (m), Kg.

$$m = \frac{Q}{\lambda}$$

$\lambda$  - Calor latente de evaporación, Kcal/Kg

3. Determinar el coeficiente de transmisión de calor para el recipiente ( $h_j$ ), Kcal/(m<sup>2</sup>.h.°C).

McCabe reporta la siguiente expresión para tanques cilíndricos encaquetados:<sup>5</sup>

$$h_j = 0.40 \frac{k}{d_t} \left[ \frac{d_I^2 N' \rho'}{\mu'} \right]^{2/3} \left[ \frac{c_p \mu'}{k} \right]^{1/3} \left[ \frac{\mu'}{\mu_w} \right]^{0.14}$$

$d_t$  - Diámetro interno del tanque, m

$d_I$  - Diámetro del agitador, m

$k$  - Conductividad térmica del líquido, Kcal/(m.h.°C)

$N'$  - Velocidad del agitador, rph

$\rho'$  - Densidad del líquido, Kg/m<sup>3</sup>

$\mu'$  - Viscosidad del líquido a su temperatura global, Kg/(m.h)

$\mu_w$  - Viscosidad del líquido a la temperatura de la chaqueta, Kg/(m.h)

4. Evaluar el coeficiente de transmisión de calor para el recipiente ( $h_{oi}$ ), referido al diámetro interior, Kcal/(m<sup>2</sup>.h.°C).

Se evalúa en tablas o aplicando la expresión del punto anterior empleando el diámetro externo del tanque.

5. Estimar el coeficiente total de transferencia de calor limpio ( $U_C$ ), Kcal/(m<sup>2</sup>.h.°C).

$$U_C = \frac{1}{(1/h_j + 1/h_{oi})}$$

6. Determinar el factor de obstrucción para el recipiente ( $R_d$ ) en tablas (por ejemplo la tabla 12 del Kern), (h.m<sup>2</sup>.°C)/Kcal.

Una regla heurística para recipientes enchaquetados con vapor fluyendo por la chaqueta, nos dice que el factor de obstrucción real ( $R'_d$ ) es diez veces mayor que el reportado en tablas.

$$R'_d = 10 R_d$$

7. Calcular el coeficiente total de transmisión de calor ( $U_D$ ), Kcal/  
/(m<sup>2</sup>·h·°C).

$$U_D = \frac{1}{1/U_C + R_d}$$

8. Estimar el área de transferencia de calor ( $A$ ), en base al diámetro interno y la configuración geométrica, m<sup>2</sup>.

$$A = \pi d_t h'$$

$h'$  - Altura de la chaqueta a partir de un nivel de 0.250 m, m

9. Determinar el tiempo necesario ( $\theta$ ) para calentar la solución a la temperatura de operación, h.<sup>4</sup>

$$\theta = \frac{Mcp}{U_D A} \ln \left[ \frac{T_{vap} - t_1}{T_{vap} - t_2} \right]$$

$t_1$  - Temperatura inicial del lote, °C

$t_2$  - Temperatura final del lote, °C

$T_{vap}$  - Temperatura de saturación del vapor, °C

Una vez alcanzada la temperatura final del lote no se considera necesario seguir suministrando más cantidad de vapor, dado que las pérdidas de calor son despreciables y el tiempo de operación es pequeño.

#### CALCULOS.

El fluido calefactor que se empleará es vapor y dadas las condiciones del proceso se aconseja emplearlo saturado a una presión de 17.0 psia (1.174 -- Kgf/cm<sup>2</sup> abs.) y cuyas características son:<sup>2</sup>

$$T_{vap} = 219.44 \text{ °F} = 104.13 \text{ °C}$$

$$\lambda = 965.6 \text{ Btu/lb} = 536.0 \text{ Kcal/Kg}$$

Los datos de  $\mu'$ ,  $\rho'$ ,  $k$ , etc., corresponden a la solución 0.5N de --- NaOH y son valores requeridos a la temperatura media indicada a continuación y - que corresponden al intervalo de temperaturas en que se maneja el fluido:<sup>4,6</sup>

$$T_{\text{prom}} = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\rho' = 1.0048 \text{ g/cc} = 1\ 004.80 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu' = 0.65 \text{ cp} = 2.34 \text{ Kg/(m h)}$$

$$cp = 0.9540 \text{ Kcal/(Kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

$$k = 0.3697 \text{ Btu/(h}\cdot\text{ft}\cdot^{\circ}\text{F)} = 0.550 \text{ Kcal/(h}\cdot\text{m}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

$$1. \quad Q = (0.700 \times 1\ 004.80) (0.954) (75.0 - 25.0)$$

$$Q = 33\ 550. \text{ Kcal}$$

$$2. \quad m = \frac{33\ 550.}{536.}$$

$$m = 63.0 \text{ Kg}$$

$$3. \quad \left[ \frac{\mu'}{\mu_w} \right]^{0.14} = 1.00 \text{ para soluciones acuosas diluidas.}$$

$$h_j = \frac{(0.40) (0.55)}{(1.00)} \left[ \frac{(0.30)^2 (500.00 \times 60.00) (1\ 004.80)}{(2.34)} \right]^{2/3}$$

$$\left[ \frac{(0.954) (2.340)}{(0.550)} \right]^{1/3} (1.00)$$

$$h_j = 3\ 873.0 \text{ Kcal/(m}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

4. Para el vapor de agua en la chaqueta se recomienda un valor de

$$h_i = h_o = h_{oi} = 1\ 500.0 \text{ Btu/(ft}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C)}.$$

$$h_{oi} = 1\ 500.0 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F}} \left[ \frac{4.88 \text{ Kcal/(m}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C)}}{1.00 \text{ Btu/(ft}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C)}} \right]$$

$$h_{oi} = 7\ 320.0 \text{ Kcal/(m}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F)}$$

$$5. \quad U_c = \frac{1.0}{(1/3\ 873. + 1/7\ 320.)}$$

$$U_c = 2\ 533.0 \text{ Kcal/(m}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

6. Para estos sistemas solución acuosa-vapor, se aconseja emplear un factor de obstrucción de  $0.005 \text{ ft}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F/Btu}$ .

$$\frac{1}{R_d} = \frac{1.000}{0.005} \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}} \left[ \frac{4.88 \text{ Kcal}/(\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C})}{1.00 \text{ Btu}/(\text{ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F})} \right]$$

$$R_d = 0.001 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}/\text{Kcal}$$

Dado que este factor de obstrucción se tomó de un caso analógico presentado por Kern<sup>4</sup>, se decidió no considerar la regla heurística mencionada -- anteriormente.

$$7. \quad U_D = \frac{1.0}{(1/2 \ 533. + 0.001)}$$

$$U_D = 705.0 \text{ Kcal}/(\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C})$$

$$8. \quad A = \pi (1.00) (1.00)$$

$$A = 3.14 \text{ m}^2$$

$$9. \quad \theta = \frac{(0.70 \times 1 \ 004.8) (0.954)}{(705.0) (3.14)} \ln \left[ \frac{104.0 - 25.0}{104.0 - 75.0} \right]$$

$$\theta = 0.30 \text{ h} - 18.0 \text{ min}$$

#### EVALUACION DE LA CAIDA DE PRESION DEL VAPOR DE CALENTAMIENTO.

##### METODO DE CALCULO.<sup>4</sup>

1. Determinar el diámetro equivalente ( $d'_e$ ), m.

$$d'_e = \frac{4 \times \text{área de flujo}}{\text{perímetro húmedo}} = \frac{4 \pi (d_2^2 - d_1^2)}{4 \pi (d_2 + d_1)} = (d_2 - d_1)$$

$d_1$  - Diámetro exterior del recipiente, m

$d_2$  - Diámetro interno de la chaqueta, m

2. Evaluar el área de flujo ( $a_a$ ),  $\text{m}^2$ .

$$a_a = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$$

3. Obtener la masa - velocidad ( $G_a$ ),  $\text{Kg}/(\text{m}^2 \text{ h})$ .

$$G_a = \frac{m}{a_a \theta}$$

4. Determinar el número de Reynolds ( $N'_{Re}$ ).

$$N'_{Re} = \frac{d'_e G_a}{\mu_1}$$

$\mu_1$  - Viscosidad del vapor, Kg/(m·h)

5. Estimar el factor de fricción (f) de la ecuación de Fanning para flujo turbulento.

$$f = 0.00140 + \frac{0.125}{N_{Re}^{0.32}}$$

6. Evaluar la caída de presión ( $\Delta F_a$ ) a través del recipiente, ----  
m·Kgf/kg.

$$\Delta F_a = \frac{4fG_a^2 L}{2g \rho_1^2 d_e'$$

L - Longitud de la chaqueta, m

7. Obtener las pérdidas de entrada y salida a la chaqueta ( $\Delta F_1$ ), --  
que se consideran igual a una cabeza de velocidad, m·Kgf/Kg.

$$v = \frac{G_a}{\rho_1}$$

$$\Delta F_1 = \frac{v^2}{2g}$$

v - Velocidad del vapor, m/seg

8. Caída de Presión total ( $\Delta P_a$ ), Kg/m<sup>2</sup>.

$$\Delta P_a = (\Delta F_a + \Delta F_1) \rho_1$$

$\rho_1$  - Densidad del vapor, Kg/m<sup>3</sup>

CALCULOS.

Las características del vapor saturado que se emplea, son:

$$P = 17.0 \text{ psia}$$

$$T = 104.0^\circ\text{C}$$

$$\mu = 131.824 \times 10^{-6} \text{ poises}$$

$$\rho_1 = 0.685 \text{ Kg/m}^3$$

$$1. \quad d'_e = 1.100 - 1.010$$

$$d'_e = 0.090 \text{ m}$$

$$2. \quad a_a = \frac{\pi}{4} (1.100^2 - 1.010^2)$$

$$a_a = 0.149 \text{ m}^2$$

$$3. \quad G_a = \frac{63.00}{(0.149) (18/60)}$$

$$G_a = 1\,408.00 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

$$4. \quad N'_{Re} = \frac{(0.090) (1\,408.00)}{(131.824 \times 10^{-6} \times 360.)}$$

$$N'_{Re} = 2.67 \times 10^3$$

$$5. \quad f = 0.00140 + \frac{0.125}{(2.67 \times 10^3)^{0.32}}$$

$$f = 0.01141$$

$$6. \quad \Delta F_a = \frac{4 \cdot (1.14 \times 10^{-2}) (1\,408.00)^2 (1.00)}{2 \cdot (9.81 \times 12.96 \times 10^6) (0.685)^2 (0.090)}$$

$$\Delta F_a = 0.008 \text{ Kg} \cdot \text{m}/\text{Kg}$$

$$7. \quad V = \frac{1\,408.00}{0.685}$$

$$V = 2\,055.47 \text{ m/h}$$

$$\Delta F_1 = \frac{(2\,055.47)^2}{2 \cdot (9.81 \times 12.96 \times 10^6)}$$

$$\Delta F_1 = 0.017 \text{ Kg} \cdot \text{m}/\text{Kg}$$

$$8. \quad \Delta P_a = (0.008 + 0.017) (0.685)$$

$$\Delta P_a = 0.017 \text{ Kg} \cdot \text{f}/\text{m}^2$$

La máxima caída de presión admisible es  $0.0702 \text{ Kg} \cdot \text{f}/\text{m}^2$  ( $1.00 \text{ lb} \cdot \text{f}/\text{in}^2$ ), - por lo que no existe ningún problema de operación.

#### DETERMINACION DEL ESPESOR DE AISLANTE EN EL RECIPIENTE.

El aislante que se seleccionó fue lana mineral para baja temperatura, cuyas cualidades por las que se escogió se describen a continuación:<sup>7</sup>

**Características:** Mantas semi-rígidas, en bloques y forros; resistencia moderada a la compresión y a la tensión, resistencia regular al agua y moderada al vapor.

**Composición:** Fibras de lana mineral adheridas.

**Ventajas:** Fácil de colocar a temperaturas atmosféricas y bajo costo.

**Desventajas:** Requiere tratamiento con vapor; depende de barrera al vapor para su servicio a bajas temperaturas.

**Límite de**

**Temperatura:** Mínimo de 65°C y máximo de 121°C.

**Conductividad:** 0.040 Kcal/(h·m<sup>2</sup>·°C/m).

**Densidad:** 224.280 Kg/m<sup>3</sup>.

Para determinar el espesor se tomará únicamente el área de la chaqueta como área de transferencia de calor y se evaluará su dimensión durante la etapa de calentamiento, considerando que el valor obtenido es aplicable al resto del recipiente.

#### METODO DE CALCULO.

1. En base a la ecuación de Fourier y para superficies cilíndricas, determinar el radio del recipiente con aislante ( $R_2$ ), m.

$$R_2 = R_1 \exp \left[ \frac{2 \pi L k}{q} (T_0 - T) \right]$$

$R_1$  - Radio interior de la chaqueta, m

$L$  - Longitud de la chaqueta, m

$k$  - Conductividad térmica del aislante, Kcal/(h·m<sup>2</sup>·°C/m)

$q$  - Calor existente, Kcal/h

$T_0$  - Temperatura en la pared del recipiente, °C

$T$  - Temperatura en la superficie exterior del aislante, °C

2. Evaluar el espesor del aislante ( $e$ ), cm.

$$e = (R_2 - R_1) 100$$

CALCULOS.

$$1. \quad R_2 = 0.550 \exp \left[ \frac{2 \pi (1.000) (0.40)}{111 \ 833.333} (104.0 - 25.0) \right]$$

$$R_2 = 5.51 \times 10^{-1} \text{ m}$$

$$2. \quad e = (5.51 \times 10^{-1} - 5.50 \times 10^{-1}) 100$$

$$e = 1.00 \times 10^{-1} \text{ cm}$$

El resultado obtenido no significa que no se requiera aislamiento, sino que dadas las condiciones de operación del proceso este sería demasiado pequeño, pero tomando en cuenta la seguridad del personal que opera en estos equipos y para evitar pérdidas de calor se pondrá una capa de aislante de 1.0 cm de espesor en toda la superficie del recipiente y en las líneas del vapor.

Para la instalación de este aislante se recomienda limpiar perfectamente la superficie, emplear alambre para asegurar las mantas en su lugar, aplicar directamente una capa de plástico aislante ó cemento acabado (combinación de granulos de lana mineral, fibras de asbesto, arcillas y materiales inhibidores de corrosión), que puede ser seguido por una malla metálica sobre la que se usa --- plástico a prueba de intemperismo ó cemento instantáneo (por ejemplo asfalto fibrado rebajado). Para el sostenimiento del aislante se pueden usar pernos de -- anclaje. Este tipo de aislamiento sirve a la vez como barrera de vapor, la cual se requiere para aislar a bajas temperaturas; otros materiales que pueden ser -- utilizados con este fin son hojas de aluminio laminadas entre papel Kraftt, terminados con adhesivo a prueba de vapor, así como corcho seguido de capas de asfalto, etc. Los fabricantes deben proporcionar las instrucciones y requerimientos necesarios para instalar sus productos.

### 2.2.3 TRANSFERENCIA DE MOMENTUM.

Dentro de esta subsección se involucrarán dos operaciones importantes en el proceso, la primera es la agitación de la solución en las etapas de lixiviación y la segunda corresponde al transporte de fluidos.

#### DETERMINACION DE LAS CARACTERISTAS DEL EQUIPO DE LIXIVIACION.

Algunas de las características que deben poseer los recipientes de -- lixiviación para un adecuado funcionamiento en su mezclado, serán enunciados a continuación.<sup>3,6</sup>

Para evitar la formación de remolinos, así como la penetración del -- aire debido a estos, se acostumbra emplear placas deflectoras ó mamparas, requiriéndose únicamente cuatro para estas unidades, colocadas diametralmente opuestas y simétricas, cuyas medidas serán:

Longitud ( $h_m$ ) = 1.00 m (a partir de una altura de 0.300 m con respecto al nivel del recipiente)

Ancho (w) = 0.10 m

El impulsor que se seleccionó es un agitador de hélice, de flujo ----- axial, dadas las siguientes razones:

- 1) Se emplea para líquidos poco viscosos ( $\mu < 5.0$  cp).
- 2) Se usan para intensas corrientes verticales, por ejemplo cuando se han de mantener en suspensión partículas sólidas pesadas.
- 3) Se recomienda este impulsor para recipientes pequeños ( $d_t < 1.830$  m).
- 4) Su diámetro rara vez es mayor de 0.450 m, independientemente del tamaño del tanque.

Estos agitadores impulsan el líquido hacia el fondo del recipiente donde la corriente se extiende radialmente en todas direcciones hacia las paredes, fluye sobre las mismas hacia arriba y retorna hacia la succión de la hélice desde la parte superior, proporcionando una adecuada mezcla (figura 2.11)<sup>5</sup>.

Existen algunas recomendaciones empíricas<sup>3,5</sup> para los recipientes con agitación, por ejemplo:

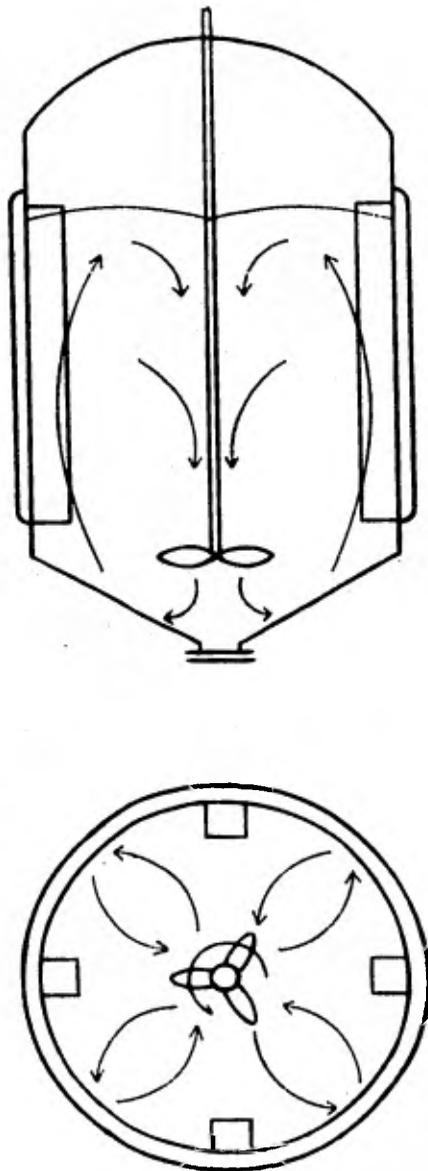


FIGURA 2.11 TIPO DE FLUJO EN UN TANQUE CON REFLECTORES Y AGITADOR DE HELICE MARINA DE 3 PASOS.

- 1) En un tanque cilíndrico vertical la altura del líquido debe ser igual ó algo mayor del diámetro del tanque.
- 2) El ancho de las placas reflectoras debe ser el 10% del diámetro del recipiente.
- 3) El impulsor se coloca a una distancia aproximadamente igual al diámetro del impulsor sobre el fondo del tanque.

Y otras más que se aplicaron en el presente diseño, en base a las cuales se determinaron las características del agitador:

Tipo de impulsor: Hélice marina de 3 pasos

Paso: 0.300 m

Diámetro ( $d_I$ ): 0.300 m

Elevación del  
impulsor ( $z_I$ ): 0.300 m

Los factores de forma del equipo, necesarios para determinar la potencia del impulsor son:

$$S_1 = \frac{d}{d_I} = \frac{1.000}{0.300} = 3.333$$

$$S_2 = \frac{z_I}{d_I} = \frac{0.300}{0.300} = 1.000$$

$$S_3 = \frac{d_I}{d_I} = \frac{0.300}{0.300} = 1.000$$

$$S_4 = \frac{z_I}{d_I} = \frac{1.176}{0.300} = 3.920$$

$$S_5 = \frac{w}{d} = \frac{0.100}{1.000} = 0.100$$

$$S_6 = \frac{z_I}{d} = \frac{1.176}{1.000} = 1.176$$

## DETERMINACION DE LA POTENCIA DEL AGITADOR.

## METODO DE CALCULO.

Para calcular la potencia necesaria para formar una suspensión de sólidos, únicamente existen correlaciones para impulsor tipo turbina y con varias restricciones.<sup>5</sup> Es por esto que se considera el método de cálculo de potencia para agitar un líquido, dado que este es el fluido que nos interesa mantener en movimiento y en forma uniforme con respecto a su concentración, y no el de llevar los sólidos a cierta altura. No obstante se tomará la potencia en un 10% mayor al valor calculado por los posibles esfuerzos que pueda ocasionar la presencia de otra fase.

La secuencia de cálculo se ilustra a continuación:

1. Determinar  $\rho$  y  $\mu$  a la temperatura de operación.
2. Evaluar el número de Reynolds ( $N_{Re}$ ).

$$N_{Re} = \frac{N d_I^2 \rho}{\mu}$$

- $N$  - Velocidad del agitador, rps  
 $\rho$  - Densidad del fluido, g/cc  
 $d_I$  - Diámetro del impulsor, cm  
 $\mu$  - Viscosidad del fluido, g/(cm·seg)

3. Determinar el número de potencia ( $N_{Po}$ ), en base a las características del tipo de impulsor y reflectores (figura 20.26 del Foust<sup>3</sup>).
4. Evaluar la potencia (P), hp.

$$P = \frac{N_{Po} N^3 d_I^5 \rho}{g_c}$$

- $g_c$  - Constante dimensional, 9.81 g.m/(gf·seg<sup>2</sup>)

5. Estimar la potencia al freno (P') del agitador, bhp.

$$P' = \frac{P}{e}$$

- $e$  - Eficiencia del agitador, % como fracción

## CALCULOS

$$1. \quad \rho_{75^{\circ}\text{C}} = 0.9870 \text{ g/cc}$$

$$\mu_{75^{\circ}\text{C}} = 0.35 \text{ cp}$$

$$2. \quad N_{\text{Re}} = \frac{(500./60.) (0.9870) (30.00)^2}{(0.35 \times 0.01)}$$

$$N_{\text{Re}} = 2.12 \times 10^6$$

3. Para  $N_{\text{Re}} = 2.00 \times 10^6$  y la curva 5 (en base a los factores de forma del recipiente):

$$N_{\text{Po}} = 0.30$$

$$4. \quad P = \frac{(0.30) (500./60.)^3 (30.00)^5 (0.9870)}{(980.67)}$$

$$P = 4.25 \times 10^6 \frac{\text{gf}\cdot\text{cm}}{\text{seg}} \left[ \frac{1.32 \times 10^{-7} \text{ hp}}{1.00 \text{ gf}\cdot\text{cm}/\text{seg}} \right]$$

$$P = 0.56 \text{ hp}$$

$$P_{\text{R}} = (0.56) (1.10)$$

$$P_{\text{R}} = 0.62 \text{ hp}$$

5. Suponiendo una eficiencia del 50% en el agitador:

$$P' = \frac{0.62}{0.50}$$

$$P' = 1.24 \text{ bhp}$$

Por lo que el equipo que se escogerá deberá tener una potencia nominal de 1.25 hp. En caso de que la eficiencia del sistema mecánico sea diferente de la considerada, se seleccionará la maquinaria que proporcione la potencia superior inmediata a la determinada.

## TRANSPORTE DE FLUIDOS.

Respecto al transporte de fluidos existen tres que son manejados en el sistema: solución de NaOH, solución de materia colorante y agua. En primer lu--

gar se determinará el material de construcción de la tubería, posteriormente el diámetro que poseerá y, por último, la potencia requerida por las bombas para mover dichos fluidos.

#### DETERMINACION DEL MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA TUBERIA.

Para el manejo de soluciones de NaOH se recomiendan los siguientes materiales:<sup>6</sup> acero al carbón, acero al 13% de cromo, acero austenítico 18-8, aceros de altas aleaciones, aleaciones a base de níquel, fierro fundido con silicio, -- metal monel, etc. En base a que el fluido se encuentra diluido y tomando en consideración los costos se seleccionó acero al carbón del tipo ASTM A53 ó ASTM -- A106.

Dado que la solución de materia colorante posee propiedades muy semejantes al solvente, su tubería será construída con el mismo material al igual que la tubería de agua, lo cual permite uniformidad en todo el proceso y facilitará el mantenimiento que se requiera. En el caso de que el agua empleada sea -- destilada se recomienda acero al 5% ó 13% de cromo (ASTM A217).

#### DETERMINACION DEL DIAMETRO DE TUBERIA.

Algunos autores ofrecen indicaciones para determinar el diámetro de la tubería en base a la velocidad del fluido, la caída de presión ó bien el costo de tubería. El criterio que se empleará en estos cálculos será el de pérdida de presión y velocidad económica.

#### METODO DE CALCULO.

1. Determinar el gasto volúmetrico ( $G_v$ ) en base al tiempo seleccionado de carga ó descarga del fluido,  $m^3/\text{seg}$ .

$$G_v = \frac{m}{\theta \rho}$$

m - Masa del fluido transportado, Kg

$\rho$  - Densidad del fluido,  $\text{Kg}/m^3$

$\theta$  - Tiempo de carga ó descarga del fluido, seg

2. Suponer un diámetro de tubería ( $d$ ) y en base a la velocidad recomendada ( $v_{op}$ ) para esta dimensión, y de la densidad del fluido, - evaluar el flujo volumétrico ( $G'_v$ ),  $m^3/\text{seg}$ .

$$(d, \rho) \longrightarrow v_{op}, A_T$$

$$G'_v = A_T v_{op}$$

$$A_T \text{ - Area transversal de la tubería, } m^2$$

Si  $G'_v \approx G_v$  se continúa la secuencia de cálculo, en caso contrario se procede a repetir el paso 2.

3. Se evalúa la caída de presión del sistema ( $\Delta P$ ) y se compara con las sugerencias propuestas a este respecto:<sup>7</sup>

$$1\ 405.710 \text{ Kgf}/m^2/30.5 \text{ m en la descarga de la bomba}$$

$$0.152 \text{ Kgf m}/30.5 \text{ m en la succión de la bomba}$$

Si el valor obtenido excede enormemente a los anteriores datos se repiten los cálculos a partir del inciso 2, hasta que sea posible operar dentro de los límites permisibles.

La forma en que se determina la caída de presión del sistema se ilustra en la evaluación de la potencia requerida por las bombas y aquí únicamente se mostrará el valor obtenido en los cálculos que posteriormente se ilustran.

#### CALCULOS.

La tubería que se empleará será cédula 40, dado el aspecto comercial que posee y que satisface perfectamente los requerimientos del fluido.

La velocidad recomendada para la succión de la bomba corresponde a un tercio de la que debe poseer la descarga, siguiéndose este criterio para la selección del diámetro de la tubería de succión.

Líneas de Materia Colorante.

Descarga.

$$1. \quad G_v = \frac{(8.85 \times 70.00)}{(20.00 \times 60.) (987.10)}$$

$$G_V = 5.23 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$2. \quad d = 2.54 \text{ cm cd.40}$$

$$\rho = 987.1 \text{ Kg/m}^3$$

$$v_{op} = 0.868 \text{ m/seg}$$

$$A_T = 5.574 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$G'_V = (0.868) (5.574 \times 10^{-4})$$

$$G'_V = 4.84 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$3. \quad \Delta P_{100} = 1 \ 162. \text{ Kg/m}^2 / (30.5 \text{ m})$$

Este valor es inferior al recomendado por lo que el diámetro propuesto es el adecuado.

Succión.

$$1. \quad G'_V = 4.84 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$2. \quad v = \frac{0.868}{3.}$$

$$v = 0.289 \text{ m/seg}$$

$$A_T = \frac{4.84 \times 10^{-4}}{0.289}$$

$$A_T = 1.675 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d = \left[ \frac{4(1.675 \times 10^{-3})}{\pi} \right]^{1/2}$$

$$d = 4.618 \times 10^{-2} \text{ m} = 4.62 \text{ cm}$$

Por lo que se escogió una tubería de 3.81 cm cd. 40, que es más económica y que proporciona las siguientes características para el fluido:

$$A_T = 1.314 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v = 0.368 \text{ m/seg}$$

$$G'_V = 4.84 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$3. \quad \Delta P_{100} = \frac{142. \text{ Kg/m}^2 / (30.5 \text{ m})}{(987.10 \text{ Kg/m}^3)}$$

$$\Delta P_{100} = 0.144 \text{ Kg} \cdot \text{m} / \text{Kg} / (30.5 \text{ m})$$

Líneas de Solución de NaOH.

Descarga.

$$1. \quad G_v = \frac{(0.01 \times 70.)}{(20.00 \times 60.)}$$

$$G_v = 5.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$2. \quad d = 2.54 \text{ cm cd. 40}$$

$$\rho = 1016.6 \text{ Kg/m}^3$$

$$v_{op} = 0.859 \text{ m/seg}$$

$$A_T = 5.574 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$G'_v = (0.859) (5.574 \times 10^{-4})$$

$$G'_v = 4.79 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$3. \quad \Delta P_{100} = 1278. \text{ Kg/m}^2 / (30.5 \text{ m})$$

Succión.

$$1. \quad G'_v = 4.79 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$2. \quad v = \frac{0.859}{3.}$$

$$v = 0.286 \text{ m/seg}$$

$$A_T = \frac{4.79 \times 10^{-4}}{0.286}$$

$$A_T = 1.675 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d = \left[ \frac{4. (1.675 \times 10^{-3})}{\pi} \right]^{1/2}$$

$$d = 4.618 \times 10^{-2} \text{ m} = 4.62 \text{ cm}$$

Se selecciona una tubería de 3.81 cm cd. 40.

$$A_T = 1.314 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v = 0.365 \text{ m/seg}$$

$$G'_V = 4.79 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$3. \quad \Delta P_{100} = \frac{167. \text{ Kg/m}^2 / (30.5 \text{ m})}{(1 \text{ 016.60 Kg/m}^3)}$$

$$\Delta P_{100} = 0.164 \text{ Kg}\cdot\text{m/Kg}/(30.5 \text{ m})$$

En vista de la similitud de resultados se escogió un diámetro de --- 2.54 cm para las líneas de proceso provenientes de la descarga de bombas, así como de 3.81 cm en aquellas que unen la succión de las bombas con los recipientes.

La velocidad aconsejable para el vapor saturado (0-15 psig) es de -- 4 000 - 6 000 ft/min, con una caída de presión que no exceda de 0.5% de la -- presión en la tubería por 30.5 m, lo cual de ninguna manera constituye una regla.

La filtración es una operación de transferencia de masa pero se decidió considerarla en esta sección debido al tipo de equipo seleccionado y a -- que se van a localizar como accesorios de la tubería. Para la clase de proceso estudiado se sugiere emplear filtros sparkler ó de tipo prensa, sin embargo los flujos que se manejan no hacen recomendable estos equipos por los costos que poseen, además de las erogaciones por bombeo que se ocasionarían en -- vista de que la caída de presión que tienen es alta. Por estas razones se escogió filtros canasta ó de cartucho los cuales consisten en un conjunto de discos metálicos de 8 a 25 cm de diámetro colocados en forma vertical con espacios angostos entre ellos y cubiertos por una carcasa; el líquido que entra -- fluye a través de los discos hasta una abertura central y sale por la parte -- superior del cuerpo, mientras que los sólidos son retenidos entre los espacios de las placas y descargados periódicamente por el fondo de la carcasa por un peine limpiador que poseen.<sup>5</sup>

#### DETERMINACION DE LA POTENCIA DE LAS BOMBAS.

El tipo de bombas que se usarán son centrífugas con impulsor abierto, esta selección se basó en la simplicidad de estos equipos, su bajo costo inicial, pequeño mantenimiento y flexibilidad de aplicación. El impulsor abierto evita una posible obstrucción por sólidos que arrastra el fluido.<sup>3</sup>

## METODO DE CALCULO.

Dado que algunas bombas descargan a dos líneas se tomará la de longitud mayor para el cálculo de estos equipos, satisfaciendo de esta forma las necesidades del proceso.

Para la realización de estos cálculos se tomó como nivel base la succión de las bombas, asimismo se despreció el término  $v^2/(2 \cdot \alpha \cdot g_c)$  dado la insignificancia de su valor con respecto a los otros.

- Determinar la caída de presión por 30.5 m (100 ft) de tubería - ( $\Delta P_{100}$ ),  $\text{Kg}/\text{m}^2$ , auxiliándose con los nomogramas que proporciona Crane<sup>2</sup>, requiriéndose los siguientes datos para su aplicación:

$G_v$  - Gasto volumétrico,  $\text{m}^3/\text{seg}$  (gpm)

$\rho$  - Densidad del fluido,  $\text{Kg}/\text{l}$  ( $\text{lb}/\text{ft}^3$ )

$\mu$  - Viscosidad del fluido, cp

$d$  - Diámetro nominal de la tubería, cm (in)

- Calcular la longitud total de tubería ( $\Sigma L_T$ ), m. Se puede emplear el siguiente cuadro para la evaluación de la longitud equivalente de los accesorios ( $\Sigma L_T'$ ), m.

ACCESORIOS	No.	L/D	L	$L_T$
$\Sigma L_T'$ :				

Los valores L/D son proporcionados por diversos textos.<sup>2,3</sup>

$$\Sigma L_T = \Sigma L_T' + \Sigma L_{TR}$$

$\Sigma L_{TR}$  - Longitud de tubería recta, m

- Evaluar las pérdidas de presión en todo el sistema ( $\Sigma F_T$ ),  $\text{Kg}/\text{m}^2$ .

$$\Sigma F = \Delta P_{100} \left[ \frac{\Sigma L_T}{30.5} \right]$$

4. Estimar el trabajo requerido por la bomba ( $W'_f$ ) en base a un balance de energía del sistema, Kgf·m/Kg. Esto se puede facilitar mediante el desarrollo del cuadro que a continuación se muestra, el cual incluye los diversos efectos que intervienen en este tipo de cálculos:

	AYUDA	CONTRA	EFFECTO NETO
$P/\rho$			
$zg/g_c$			
$\Sigma F/\rho$			
	$W'_f:$		

SUCCION	P Ayuda	(-)
	z Ayuda	(-)
DESCARGA	P Contra	(+)
	z Contra	(+)

Los signos del último cuadro sirven como orientación para la realización de los cálculos.

El efecto neto es la suma algebraica de cada término, excepto en las pérdidas de presión las cuales siempre se adicionan. El trabajo del sistema está dado por la adición de los efectos netos.

5. Calcular la potencia real de la bombas (P), hp.

$$P = W'_f (G_v \rho)$$

6. Evaluar la potencia al freno de las bombas (P'), bhp.

$$P' = \frac{P}{e}$$

e - Eficiencia de la bomba, % como fracción

7. Estimar la cabeza positiva de succión (NPSH), Kgf·m/Kg

$$NPSH = \frac{P_s - P_v}{\rho} = \left[ \frac{P_1}{\rho} + z_1 \frac{g}{g_c} - \frac{\Sigma F_1}{\rho} \right] - \frac{P_v}{\rho}$$

$P_s$  - Presión de succión de la bomba, Kgf/m<sup>2</sup>

$P_v$  - Presión de vapor del fluido, Kgf/m<sup>2</sup>

- $\rho$  - Densidad del fluido, Kg/m<sup>3</sup>  
 $P_1$  - Presión en el recipiente, Kgf/m<sup>2</sup>  
 $z_1$  - Altura del líquido con respecto al nivel, m  
 $\Sigma F_1$  - Pérdidas por fricción previas a la succión, Kgf/m<sup>2</sup>

CALCULOS.

Para una mayor claridad las unidades de los valores que se obtengan se escribieran en el sistema métrico decimal y en el sistema inglés, encerrando se dentro de un paréntesis las correspondientes a este último.

Para las Bombas de los Extractores.

- $G_v = 4.84 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$  (7.67 gpm)  
 $\rho = 987.10 \text{ Kg/m}^3$  (61.62 lb/ft<sup>3</sup>)  
 $\mu = 0.35 \text{ cp}$

Descarga.

$$\begin{aligned}
 d &= 2.54 \text{ cm (1" cd.40)} \\
 v &= 0.868 \text{ m/seg (2.85 ft/seg)} \\
 N_{Re} &= 65\ 200 \\
 f &= 0.0255 \\
 \Delta P_{100} &= 1\ 162. \text{ Kgf/m}^2 \text{ (1.652 lbf/in}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

Succión.

$$\begin{aligned}
 d &= 3.81 \text{ cm (1 1/2" cd.40)} \\
 v &= 0.368 \text{ m/seg (1.21 ft/seg)} \\
 N_{Re} &= 42\ 500 \\
 f &= 0.0260 \\
 \Delta P_{100} &= 142. \text{ Kgf/m}^2 \text{ (0.202 lbf/in}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

- Ver el cuadro 2.3

- Descarga.

$$\begin{aligned}
 \Sigma F_2 &= 1\ 162. \left[ \frac{72.23}{30.50} \right] \\
 \Sigma F_2 &= 2\ 751.85 \text{ Kgf/m}^2 \text{ (3.910 lbf/in}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ACCESORIOS	S U C C I O N				D E S C A R G A			
	No.	L/D	L(ft)	$L_T$ (ft)	No.	L/D	L(ft)	$L_T$ (ft)
Codos de 90°	3	30	4.00	12.00	14	30	2.60	36.40
T flujo a lo largo	1	20	2.70	2.70	1	20	1.75	1.75
T flujo a través de la rama	1	60	8.00	8.00	3	60	5.25	15.75
Filtros canasta	1	1000	134.20	134.20	1	1000	87.40	87.40
Válvulas de compuerta abiertas	2	13	1.75	3.50	3	13	1.15	3.45
Válvulas de retención abiertas	-	-	-	-	1	-	6.10	6.10
				$\Sigma L_T$ :	160.40'	(48.92m)	$\Sigma L_T$ :	150.85' (45.98m)
				$\Sigma L_{TR}$ :	17.05'	(5.45m)	$\Sigma L_{TR}$ :	86.07' (26.25m)
				$\Sigma L_T$ :	177.45'	(54.37m)	$\Sigma L_T$ :	236.92' (72.23m)

CUADRO 2.3 DETERMINACION DE LA LONGITUD TOTAL DE TUBERIA PARA LAS BOMBAS DE LOS EXTRACTORES.

Succión.

$$\Sigma F_1 = 142. \left[ \frac{54.37}{30.50} \right]$$

$$\Sigma F_1 = 253.13 \text{ Kg/m}^2 \text{ (0.360 lbf/in}^2\text{)}$$

$$\Sigma F_T = 253.13 + 2\,751.85$$

$$\Sigma F_T = 3\,004.98 \text{ Kg/m}^2 \text{ (4.269 lbf/in}^2\text{)}$$

4.

	A Y U D A	C O N T R A	E F E C T O N E T O
$P/\rho$	$-\frac{7\,950.00}{987.10}$	$\frac{7\,950.00}{987.10}$	0
$zg/g_c$	$-\frac{(1.88)(9.81)}{9.81}$	$\frac{(1.90)(9.81)}{9.81}$	0.02
$\Sigma F/\rho$	3 004.98/987.10		3.04
			$W'_f: 3.06$

$$W'_f = 3.06 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{Kg}} \left[ 10.04 \frac{\text{lbf} \cdot \text{ft}}{\text{lb}} \right]$$

$$5. \quad P = (3.06) (4.84 \times 10^{-4} \times 987.10) \left[ \frac{1.32 \times 10^{-2} \text{ hp}}{1.00 \text{ Kg} \cdot \text{m}/\text{seg}} \right]$$

$$P = 0.019 \text{ hp}$$

6. Se considera un 50% de eficiencia de la bomba.

$$P' = \frac{0.019}{0.50}$$

$$P' = 0.038 \text{ bhp}$$

$$7. \quad P_v = 290.0 \text{ mm Hg} - 3\,942.00 \text{ Kg/m}^2 \text{ (5.60 lbf/in}^2\text{)}$$

$$\text{NPSH} = \left[ \frac{7\,950.00}{987.10} + \frac{1.88(9.81)}{9.81} - \frac{253.13}{987.10} \right] - \frac{3\,942.00}{987.10}$$

$$\text{NPSH} = 5.68 \text{ Kg} \cdot \text{m}/\text{Kg} \text{ (18.64 lbf} \cdot \text{ft}/\text{lb)}$$

Para las Bombas de los Tanques de NaOH.

$$1. \quad G_v = 4.79 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg} \text{ (7.59 gpm)}$$

$$\rho = 1\,016.60 \text{ Kg/m}^2 \text{ (63.47 lb/ft}^3\text{)}$$

$$\mu = 0.985 \text{ cp}$$

Descarga.

$$\begin{aligned} d &= 2.54 \text{ cm (1" cd.40)} \\ v &= 0.858 \text{ m/seg (2.81 ft/seg)} \\ N_{Re} &= 24\,700 \\ f &= 0.0280 \\ \Delta P_{100} &= 1\,278. \text{ Kgf/m}^2 \text{ (1.816 lbf/in}^2\text{)} \end{aligned}$$

Succión.

$$\begin{aligned} d &= 3.81 \text{ cm (1 1/2" cd.40)} \\ v &= 0.365 \text{ m/seg (1.20 ft/seg)} \\ N_{Re} &= 16\,500 \\ f &= 0.030 \\ \Delta P_{100} &= 167. \text{ Kgf/m}^2 \text{ (0.237 lbf/in}^2\text{)} \end{aligned}$$

2. Ver el cuadro 2.4

3. Descarga.

$$\begin{aligned} \Sigma F_2 &= 1\,278. \left[ \frac{46.06}{30.50} \right] \\ \Sigma F_2 &= 1\,930.00 \text{ Kgf/m}^2 \text{ (2.742 lbf/in}^2\text{)} \end{aligned}$$

Succión.

$$\begin{aligned} \Sigma F_1 &= 167. \left[ \frac{8.65}{30.50} \right] \\ \Sigma F_1 &= 47.36 \text{ Kgf/m}^2 \text{ (0.067 lbf/in}^2\text{)} \\ \Sigma F_T &= 47.36 + 1\,930.00 \\ \Sigma F_T &= 1\,977.36 \text{ Kgf/m}^2 \text{ (2.810 lbf/in}^2\text{)} \end{aligned}$$

4.

	A Y U D A	C O N T R A	E F E C T O N E T O
P/ρ	$-\frac{7\,950.00}{1\,016.60}$	$\frac{7\,950.00}{1\,016.60}$	0
zg/g <sub>c</sub>	$-\frac{(0.80)(9.81)}{9.81}$	$\frac{(2.15)(9.81)}{9.81}$	1.35
ΣF/ρ	1 977.36/1 016.60		1.95
			W <sub>f</sub> <sup>1</sup> : 3.30

ACCESORIOS	SUCCION				DESCARGA				
	No.	L/D	L(ft)	$L_T$ (ft)	No.	L/D	L(ft)	$L_T$ (ft)	
Codos de 90°	1	30	4.00	4.00	11	30	2.60	28.60	
T flujo a lo largo	1	20	2.70	2.70	4	20	1.75	7.00	
T flujo a través de la rama	1	60	8.00	8.00	1	60	5.25	5.25	
Válvulas de compuerta abiertas	2	13	1.75	3.50	3	13	1.15	3.45	
Válvulas de retención abiertas	-	-	-	-	1	-	6.10	6.10	
				$\Sigma L_T'$ :	18.20'	(5.55m)	$\Sigma L_T'$ :	50.40'	(15.36m)
				$\Sigma L_{TR}$ :	10.16'	(3.10m)	$\Sigma L_{TR}$ :	100.66'	(30.70m)
				$\Sigma L_T$ :	28.36'	(8.65m)	$\Sigma L_T$ :	151.06'	(46.06m)

CUADRO 2.4 DETERMINACION DE LA LONGITUD TOTAL DE TUBERIA PARA LAS BOMBAS DE LOS TANQUES DE NaOH.

$$W'_f = 3.30 \frac{\text{Kgf m}}{\text{Kg}} \left[ 10.83 \frac{\text{lb ft}}{\text{lb}} \right]$$

$$5. \quad P = (3.30) (4.79 \times 10^{-4} \times 1\,016.60) \left[ \frac{1.32 \times 10^{-2} \text{ hp}}{1.00 \text{ Kgf m/seg}} \right]$$

$$P = 0.021 \text{ hp}$$

6. Se considera un 50% de eficiencia de la bomba.

$$P' = \frac{0.021}{0.50}$$

$$P' = 0.042 \text{ bhp}$$

$$7. \quad P_v = 17.26 \text{ mm Hg} = 234.61 \text{ Kgf/m}^2 \text{ (0.33 lb/in}^2\text{)}$$

$$\text{NPSH} = \left[ \frac{7\,950.00}{1\,016.60} + \frac{0.080 \cdot (9.81)}{9.81} - \frac{47.36}{1\,016.60} \right] - \frac{234.61}{1\,016.60}$$

$$\text{NPSH} = 8.34 \text{ Kgf} \cdot \text{m/Kg} \text{ (27.31 lb} \cdot \text{ft/lb)}$$

Como se puede observar la energía requerida por los fluidos para su transferencia es casi igual y muy pequeña, por estas razones se seleccionaran bombas de potencia nominal de 1/2 hp que transmiten un trabajo superior al necesitado por los sistemas y, por lo tanto, satisfacen sus requerimientos. La evaluación de las otras bombas no se realizó dado que las cargas requeridas son inferiores a las ya valoradas y a que el equipo escogido cumple perfectamente sus demandas.

## 2.3 SERVICIOS AUXILIARES.<sup>7</sup>

### 2.3.1 SERVICIOS PRIMARIOS.

Los servicios primarios son aquellos indispensables para el funcionamiento de una planta y a continuación son descritos:

#### AGUA.

Esta sustancia es empleada para diversos fines, de los cuales dependen sus especificaciones y el tipo de tratamiento que requiere.

#### Agua de Proceso.

Este tipo de agua es empleada como medio extractor de la materia colorante y, por lo tanto, requiere un alto grado de pureza, para lo cual se puede usar el agua obtenida por evaporación ó realizar un tratamiento previo como el proceso cal-carbonato e intercambio iónico, dependiendo de su composición. -- También puede utilizarse el condensado no contaminado de vapor, pero en este -

sistema es demasiado pequeño para emplearse.

Para la elaboración del proceso se comprará solución de NaOH al 50% en peso y agua pura, ambas con un contenido despreciable de cationes y aniones, sin coloración ni sólidos en suspensión, ausente de bacterias patógenas y elementos nocivos a la salud; se combinan los dos líquidos en las proporciones requeridas para obtener la solución 0.5 N (aproximadamente 2% en peso) de NaOH necesaria para el sistema. La mezcla se realiza por bombeo y recirculación simultánea en los tanques de almacenamiento.

#### Agua de Alimentación de Calderas.

Este líquido debe estar desgasificado y el método que debe ser empleado para este fin dependerá del tipo de caldera y de las condiciones del agua disponible. A su vez este fluido contendrá un mínimo de calcio, sílice, magnesio, aceite, de manera que se prevenga la deposición de incrustaciones en las superficies de calefacción, la corrosión, la fragilización caústica y se produzca un vapor limpio sin arrastres.

#### Agua de Enfriamiento.

El sistema no requiere este tipo de líquido dado que no se necesita la condensación de ningún fluido, ni su enfriamiento.

#### Agua de Usos Sanitarios.

Es proporcionada por las delegaciones ó municipios donde se localice la planta y está libre de bacterias patógenas, siendo potable. Las presiones manométricas recomendadas para los sistemas de uso sanitario son de 1.4 a 2.1 Kgf/cm<sup>2</sup>, requiriéndose un tanque elevado de almacenamiento ó una cisterna, -- siendo preferible ésta última.

#### Agua Contra Incendio.

No se establecerá ningún sistema de agua contra incendio dado las -- fuertes erogaciones monetarias por concepto de equipo que ocasionaría, contándose con otros recursos para evitar los daños que motivarían estos siniestros.

#### Agua Para Servicios Varios.

Generalmente se emplea para limpieza de las áreas de trabajo no necesitando ningún tratamiento preliminar.

**COMBUSTIBLE.**

El combustible se va a emplear para generar vapor, generalmente se usan de dos tipos: gas natural y combustóleo. El primero es el más adecuado dado que se proporciona a través de gasoductos, no siendo necesario contar con recipientes para su almacenaje, sino únicamente establecer un contrato con la compañía estatal que lo proporciona para tender la línea que lo distribuya a la planta, así como su medidor correspondiente.

El combustóleo presenta enormes propiedades caloríficas, pero requiere de tanques de almacenamiento y el riesgo de un posible siniestro se ve incrementado por estos, de ahí la sugerencia de aprovechar gas natural.

**ENERGIA ELECTRICA.**

Para el establecimiento de la energía eléctrica se necesita elaborar un convenio con la empresa estatal que la proporciona, así como adaptarse a las normas que tengan sobre distribución de la fuerza eléctrica, voltajes, registros, etc.

Esta fuerza se requiere para accionar las bombas, los agitadores, alumbrado, instrumentos de tipo eléctrico, etc. La caseta de fuerza se localizará en el área de servicios.

Para el tipo de proceso estudiado se recomienda recibir un voltaje de 4 160 volts (aunque en ocasiones se tiene que aceptar de 13 100 volts) y reducirlo a 440 volts para el servicio a los motores que se emplean en las bombas y en los agitadores, y por último a 220/110 volts para el alumbrado y usos varios. Los anteriores valores generalmente son empleados pero son los fabricantes quienes en último caso establecen este tipo de especificaciones para sus equipos.

El medio de conducción se hace por cables en el interior de tuberías metálicas ó de tuberías metálicas aparentes si se trata de usos internos en edificios y estructuras.

Los motores que se recomiendan para agitadores (1/2 - 15 hp) son: jaula de ardilla (par normal), motor devanado y monofásico (par medio); para bombas centrífugas de hasta 1 000 hp se sugieren: jaula de ardilla (par normal), sincrónico y monofásico (par medio). Para mantener homogeneidad en la planta se cree conveniente emplear motores de jaula de ardilla, cuyas principales ventajas son:

- 1) Excelente por su robustez y economía.
- 2) Muy variable: bajo y alto par de arranque, así como bajo y alto deslizamiento.

El tipo de arrancadores que pueden ser usados son los magnéticos de voltaje completo o reducido.

El proceso no requiere ninguna protección especial por el manejo de sustancias, sino únicamente las exigidas por seguridad en cualquier planta.

#### VAPOR.

La cantidad de vapor que se necesita es muy pequeña y en forma intermitente, es por esta razón que se sugiere acudir a cualquier fabricante y comprar una de las "Calderas-Paquete" que poseen, las cuales indican el tipo de agua requerida, tratamiento previo de la misma y en general el equipo auxiliar necesario para la generación del vapor.

Las características del vapor, su cantidad y el lapso de tiempo necesitado se mostraron en la sub-sección 2.2.3 de este capítulo.

#### ALMACENAMIENTO Y MOVIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.

El almacenamiento de materias primas y productos constituye una de las operaciones esenciales de todas las plantas, su suministro interno y externo es lo que permite su subsistencia.

##### Almacenamiento Líquido.

Se usarán recipientes cilíndricos con techo cónico, medidor exterior de nivel, boca de acceso, entrada macho para limpieza, escalera marina y un venteo para mantener la presión atmosférica. Estos tanques se emplean para contener la solución de NaOH y de materia colorante, y sus dimensiones son: 2.00 m  $\phi$  x 2.25 m y 2.00 m  $\phi$  x 2.00 m respectivamente, de manera que permiten el almacenamiento de fluido por un tiempo aproximado de 10 días, al ser sus capacidades de 7 070 lt y 6 280 lt, operando en forma constante la planta. Se emplearán dos recipientes para cada solución contando con un total de cuatro tanques de proceso para las operaciones mencionadas.

Los insumos líquidos requeridos por el proceso serán provistos por los vendedores entre 20 - 30 días, previo convenio con los mismos, y de acuerdo a las necesidades de producción.

### Almacenamiento de Sólidos.

Las semillas deberán estar colocadas en sacos, puestos a la vez en tarimas, evitando que la luz solar caiga sobre ellas e impidiendo una atmósfera muy húmeda que pudiera causar trastornos en la materia colorante. Por lo tanto, el almacén deberá estar cubierto y tener las dimensiones adecuadas para guardar entre dos y tres m<sup>3</sup> de achiote, además de los envases de producto terminado (una capacidad de dos meses de producción), refacciones, accesorios, -- etc. La disposición de almacenaje se debe a que la semilla será surtida de -- dos a tres veces por mes estableciéndose un contrato con los distribuidores para determinar las fechas de entrega, contándose de esta manera con un espacio mayor para guardar otros materiales.

### Movimiento de Materias Primas y Productos.

Se establece un puente de embarques en caso de requerirse cargar alguna pipa con la solución de materia colorante, así como una posible descarga de solución de NaOH, para lo cual las líneas deben correr paralelas contando con válvulas de compuerta en el punto de embarque y mangueras para realizar -- las conexiones requeridas.

El almacén contará con un sistema de poleas y otros accesorios móviles ("diablos") para el acomodo de los materiales; la expedición de producto terminado será en envases de diferentes capacidades (sub-sección 5.4.1).

### 2.3.2 SERVICIOS SECUNDARIOS.

#### SERVICIOS DE MANTENIMIENTO.

Este departamento debe de contar con el equipo necesario para hacer reparaciones rápidas de bombas, equipo eléctrico, tuberías y accesorios, carpintería, etc., requiriendo herramientas y refacciones que serán indicadas por los fabricantes, al igual que las instrucciones de mantenimiento.

#### EDIFICIOS DE LA PLANTA.

##### Oficinas.

Para este tipo de edificio se tomará en cuenta el personal que labora en ellos, la interdependencia de los departamentos que existan, espacio y disposición del equipo de oficina para evitar ineficacia y molestias a los empleados, etc. Ultimamente se emplea la realización previa de un diagrama de -

flujo de trabajo a fin de diseñar estratégicamente patrones de recorrido y --- ubicación de los puestos de trabajo, escritorios y archivos, usando divisiones angulares para crear una sensación de separación, con agujeros decorativos que proporcionan visibilidad, ventilación y quietud, resultado del acondicionamiento a prueba de ruidos.

#### Vestidores y Baños.

Dado el número de personas que laboran se diseñan las dimensiones de esos edificios, siendo aconsejable una altura de 3.60 m para una adecuada ventilación, empleando separadores en los baños de regadera y una intensidad de - 2.5 bujías por m<sup>2</sup> para el alumbrado.

#### Comedor.

Deberá contar con instalación de parrillas que permitan el calentamiento de alimentos, sillas plegadizas, etc., así como de mesas para cuatro o más personas; el espacio requerido para las mesas se estima de 0.9 a 1.4 m<sup>2</sup> -- por persona.

Algunas plantas surten las comidas contando con gente para este propósito. Este no es nuestro caso pensando en un comedor como en el local en -- que el personal que trabaja puede ir a tomar sus alimentos previamente elaborados. La organización de la compañía determinará el tipo de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire con que este edificio contará.

#### Enfermería.

La función de esta estructura es tener el equipo necesario para proporcionar los primeros auxilios en caso de un accidente de trabajo y no dar -- un servicio médico normal. Por esta razón el espacio que ocupe será pequeño pero suficiente para realizar sus objetivos, estando bajo la responsabilidad de una persona competente en estos menesteres (sugiriéndose el supervisor de operación) y que cuente con el instrumental y medicamentos requeridos para dichos casos de urgencia.

#### Laboratorio.

Sus actividades serán la de controlar la calidad de materia prima empleada, productos en proceso y terminados, a su vez realizará investigaciones sobre nuevos usos de la semilla de achiote, aplicaciones adicionales de la materia colorante y asesoría técnica requerida por los clientes, etc.

Algunas firmas se especializan en la construcción de los bancos para laboratorio y equipo conexo, resultando más económico que el tratar de hacer un diseño de este edificio, realizando compras individuales.

Para el control de calidad se recomienda usar equipo semiautomatizado como espectrofotómetros, los cuales reducen el tiempo requerido para análisis y, por lo tanto, los gastos. Para la sección de investigación es conveniente que participe el encargado de la misma en su proyección, ya que esta área tendrá que ser versátil en cuanto a su distribución y operación.

Este edificio deberá contar con una buena ventilación y de ser posible con aire acondicionado, teniendo un correcto espaciamiento entre los lugares de trabajo y equipos existentes, con alumbrado de intensidad elevada (7-9-bujías por m<sup>2</sup>).

#### Almacén.

De este edificio se habló en la sub-sección 2.3.1 y únicamente hay que aclarar que poseerá una buena iluminación y ventilación, y que su planeación será cuidadosamente hecha para un adecuado manejo de los materiales que se localizan en su interior, facilitando el registro y control exactos de sus existencias.

#### CALZADAS DE LA PLANTA.

Las calzadas se diseñaron de forma que permitan el fácil acceso a todas las secciones de la planta por dos lados cuando menos. La avenida principal mide 3.0 m de ancho y abarca desde la entrada hasta el cruce del almacén y la zona de tanques, se sugiere para este camino el empleo de concreto reforzado como material de construcción. Las calzadas que circundan al almacén tienen una anchura de 1.5 y 2.0 m, lo que permite la carga y descarga de materiales por vehículos; las demás calles poseen 1.5 m lo que se considera suficiente para el paso de pequeños móviles como "diablos", transportes pequeños, etc.

#### SISTEMAS DE DRENAJE Y ELIMINACION DE DESECHOS.

En base a la zona donde se establezca la planta se considerará el sistema de drenaje, sin embargo dado el proceso que se maneja se cree conveniente localizar la línea principal abajo de la calzada primaria y diseñar los ramales tomando en cuenta esta consideración y las siguientes recomendaciones: la pendiente de las tuberías proporcionará una velocidad mínima de 0.76 m/seg, --

para evitar el asentamiento de sólidos; procurar que el recorrido de las líneas sea totalmente recto para poder realizar una limpieza periódica e impedir taponamientos; los ramales deben conectar a la línea principal por medio de registros; existencia de un registro, cuando menos en la línea principal, cada ---- 60.0 m aproximadamente; que la línea principal desemboque en el sistema de drenaje estatal ó municipal; etc.

Dado que no se manejan sustancias volátiles ni tóxicas, los registros deben construirse de ladrillo común ó de concreto, las rejillas y otros accesorios serán de hierro fundido lo mismo que las tuberías, en vista de que irán debajo de las calzadas pavimentadas.

#### Desagües Superficiales.

Estos sistemas se diseñan en base a la intensidad pluvial y el escurrimiento, tomando en cuenta el desagüe necesario en el caso de un posible incendio dado, por la capacidad de las mangueras contra este siniestro.

La intensidad se mide en mm de agua pluvial por hora y en el Valle de México se estima que es aproximadamente de 25.4, pero para el diseño se considerará de 56.0.

El escurrimiento es el porcentaje de precipitación pluvial que no es absorbido por el suelo y que viene a determinar el tamaño de las cañerías. Dado el tamaño pequeño de la planta se supondrá un escurrimiento de 100% ya que las áreas están pavimentadas y existen edificios techados adyacentes.

Las coladeras se colocarán en aquellos lugares cercanos a recipientes de operación ó almacenaje, y en aquellos requeridos por los conceptos enunciados anteriormente. Las coladeras que se emplearán serán de concreto con tapas de hierro fundido.

#### Desechos de Proceso.

Los desechos que podrían existir del proceso no son peligrosos y están tan diluidos que pueden descargarse al sistema de drenaje sin peligro de contaminación.

#### Desechos Sanitarios.

Pueden ser eliminados directamente en el sistema de drenaje ó bien emplear una fosa séptica; la primera forma es la más recomendable, con tubería

de hierro negro para estos drenajes sanitarios. El consumo de agua necesario para estos accesorios, con una presión manométrica de 1.05 a 1.41 Kgf/cm<sup>2</sup>, se describe a continuación y en él se debe basar el diseño de estas líneas:

Lavabo/llave	2.0 - 2.5 gal/uso
Inodoro	2.0 - 3.0 gal/uso
Mingitorio	0.5 - 0.75 gal/uso
Regadera	2.0 - 3.0 gpm
Bebedero	0.5 - 0.75 gal/(día persona)

#### Desechos Sólidos.

Los sólidos agotados obtenidos se podrán colocar en sacos ó en tam--bos para ser posteriormente descargados, no necesitándose ningún tratamiento --previo para su desalojo. Una opción más interesante y productiva sería inves--tigar la posibilidad de emplear estos desechos para obtener otros productos --útiles ó bien molerlos y usarlos como alimento avícola para incrementar la co--loración de estas aves y productos de las mismas.

#### AIRE PARA LA PLANTA.

El proceso no requiere aire para ningún servicio ó instrumento.

#### PROTECCION CONTRA INCENDIOS.

Como ya se mencionó anteriormente el proceso no contará con sistema--de agua contra incendio, pero poseerá extinguidores de 20 y 30 Kg colocados en aquellas zonas en las que pudiera existir dicho riesgo. A su vez las válvulas de operación se localizan de manera que se puedan operar ante la existencia --del fuego.

En los edificios habrá extinguidores portátiles para el caso de un -- posible incendio en estos lugares, además de establecerse un adiestramiento -- para el personal que labora en la planta de manera que pueda reaccionar ante -- estas contingencias.

El sistema de alarma estará bajo la responsabilidad del supervisor -- de operación, el cual deberá contar con una línea telefónica libre, para que -- cualquier persona pueda reportarle el inicio de algún siniestro.

Para eliminar el riesgo de pérdidas económicas debidas al fuego u -- otro desastre se establecerá un contrato con alguna compañía aseguradora, de --

forma que pueda obtenerse alguna indemnización en caso de un infortunio.

#### SEGURIDAD PARA LA PLANTA.

Los principales riesgos existentes en cualquier planta son: incendios y explosiones, higiénicos y mecánicos, por lo cual la seguridad se convierte en el factor más importante en su creación. Algunas consideraciones -- que deben hacerse en su planeación son:

- 1) División de la planta en unidades para evitar propagación de incendios y explosiones, obteniendo a la vez una operación eficiente y un adecuado mantenimiento.
- 2) Distribución adecuada del equipo y calzadas para impedir alguna condición insegura de trabajo, esto implica tener una separación mínima entre las unidades de proceso y máquinas empleadas.
- 3) Procurar que la sección de servicios se encuentre tan lejos como sea posible, ya que constituye uno de los núcleos más peligrosos de incendios ó explosiones.
- 4) Edificios alejados de las zonas de operación.
- 5) Que oficinas y almacenes se encuentren cercanos a los linderos de la planta ó que tengan fácil acceso a los caminos públicos.
- 6) Que cualquier persona dondequiera que se encuentre, cuente con dos rutas de escape en el caso de algún siniestro.
- 7) Tener zonas limpias para evitar acumulación de alguna sustancia inflamable ó tóxica.
- 8) Usar cartelones ó avisos en aquellas zonas en que pueda existir algún accidente por mala colocación de equipo ó material.

Algunos de los criterios anteriores vuelven a describirse en el siguiente capítulo para mostrar la relación que poseen con la distribución de la planta (figuras 3.4 y 3.5).

Para que la construcción sea segura, los proyectos mecánicos deberán realizarse de acuerdo a las Reglamentaciones Federales ó en base a los diversos manuales y códigos existentes para el diseño adecuado de equipo, tubería, etc., procediéndose de igual manera en la selección de los materiales empleados en su fabricación y en otras características propias de cada sección (tipo

de ventilación, alumbrado, etc.).

Respecto a seguridad personal se colocarán regaderas a presión para el caso de que algún trabajador sea salpicado ó bañado por alguna sustancia -- tóxica ó caliente.

Una medida de seguridad que impera en cualquier planta es evitar la admisión de cualquier persona ajena a la misma sin la autorización correspondiente, para lograr esto las zonas abiertas tendrán muros ó cercas con alambre de acero galvanizado de 2 a 3 m de altura; en el caso de emplear cercas los -- postes serán de tubo de acero galvanizado anclados en concreto.

## DIBUJOS Y PLANOS

### 3.1 INTRODUCCION.

Uno de los componentes más valiosos en la elaboración de un proceso lo constituyen los dibujos y planos del equipo empleado, así como su localización, dado que nos permiten una visualización del sistema en estudio proporcionando un medio de coordinación y transmisión de información a las personas involucradas en el proyecto, además de auxiliar en las funciones de operación y mantenimiento de la planta una vez arrancada. Su creación requiere la participación de los diseñadores del proceso, fabricantes de equipo y compañías constructoras.

Para la realización de los dibujos y planos que en este capítulo se muestran, se tomaron en cuenta las sugerencias propuestas por Rase y Barrow<sup>2</sup>, algunas de las cuales se describieron en el capítulo anterior, así como las notas y simbología mostradas en el texto de Giral, Barnés y Ramírez.<sup>1</sup>

### 3.2 DESCRIPCION.

Los planos y dibujos que generalmente se emplean en el desarrollo de un proceso son:

1. Diagrama de Cuadros ó Diagrama de Bloques.
2. Diagrama de Flujo de Proceso.
3. Diagrama de Ingeniería de Flujo o Diagrama de Tubería e Instrumentación.
4. Plano Maestro de Conjunto ó Arreglo General de Planta.
5. Planos Unitarios o Diagrama de Localización de Equipo.
6. Dibujos de Equipo.
7. Dibujos Isométricos de Tubería.
8. Diagramas Unifilares.
9. Planos Civiles y Arquitectónicos.
10. Diagramas de Cimentaciones.

Además de los mencionados, existen varios planos y dibujos que también son requeridos como los correspondientes a instrumentación, estructurales, de elevación, etc. Aquí únicamente se mostrarán los primeros siete planos enunciados, con el carácter que predomina en todo el trabajo.

### 3.2.1 DIAGRAMA DE CUADROS O DIAGRAMA DE BLOQUES.

Este esquema ilustra en forma simple las principales operaciones realizadas en el proceso, indicando algunas características ó resultados del mismo; como se puede observar en la figura 3.1 el sistema es muy sencillo, constando de tres operaciones que se realizan dos veces: la lixiviación y la decantación que se verifican en el mismo equipo y la correspondiente a filtración que se encuentra a través del sistema de transporte del fluido. Se indica a la vez la zona de almacenaje, la cual no se incluye en este tipo de diagramas, ni en los que a continuación se presentan y si se añadió fué para proporcionar una visión más general del proceso.

### 3.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.

Este diagrama muestra en forma global el equipo principal del proceso y algunas de sus características; no se encuentra a escala pero se trato de mantener la relación de dimensiones entre los recipientes para mayor claridad del dibujo. La nomenclatura que se emplea se encuentra indicada en este esquema (figura-3.2), asimismo se decidió omitir el balance de materiales que acompaña a estos -- diagramas en vista de que el proceso es intermitente y a que su inclusión podría ocasionar confusión.

### 3.2.3 DIAGRAMA DE INGENIERIA DE FLUJO O DIAGRAMA DE TUBERIA e INSTRUMENTACION.

Este esquema completa el anterior insertando los sistemas auxiliares empleados, la instrumentación requerida, los accesorios de tubería, etc. Generalmente se describe la nomenclatura de tuberías y válvulas en este diagrama, pero en el presente caso se prefirió realizarla en los dibujos isométricos para resaltar los aspectos más importantes de este esquema, a la vez que se pretende lograr una mayor nitidez, por estas mismas razones se excluyó la línea de recirculación de los tanques de NaOH.

A continuación se exponen ciertas características del equipo que se va a emplear y que se tomaron en cuenta para elaborar este plano.

Las bombas auxiliares son del tipo eléctrico, dado que el sistema no amerita el uso de una bomba de combustión interna en caso de una posible falla de corriente eléctrica, y la presión de vapor empleada por el proceso no sirve para -- utilizar este medio como fuerza para generar movimiento en el fluido.

## C A R G A

70 Kg de semilla extraída  
700 l de soluc. 0.5 N de NaOH

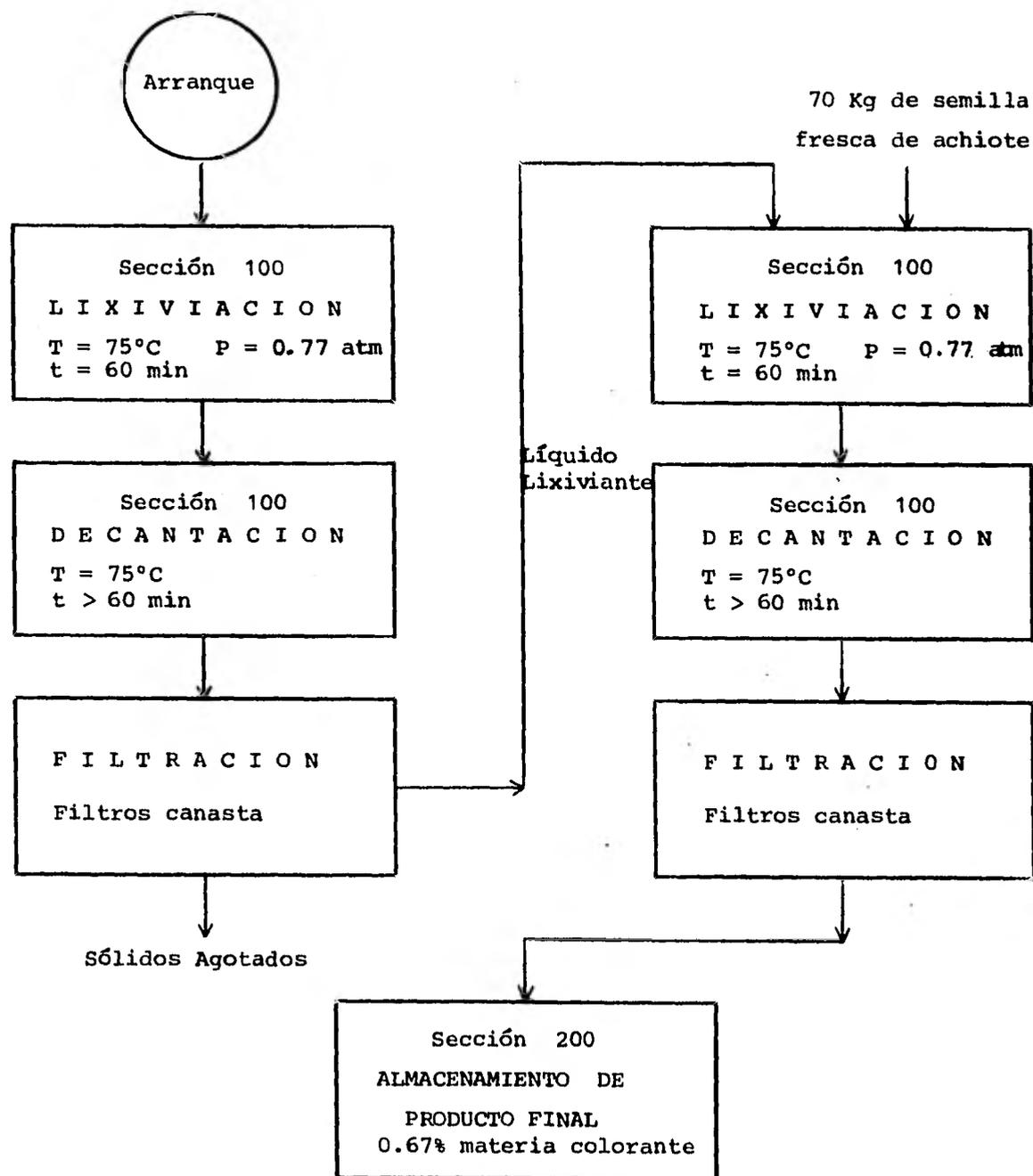


FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL PROCESO DE EXTRACCION ALCALINA DEL ACHIOTE.

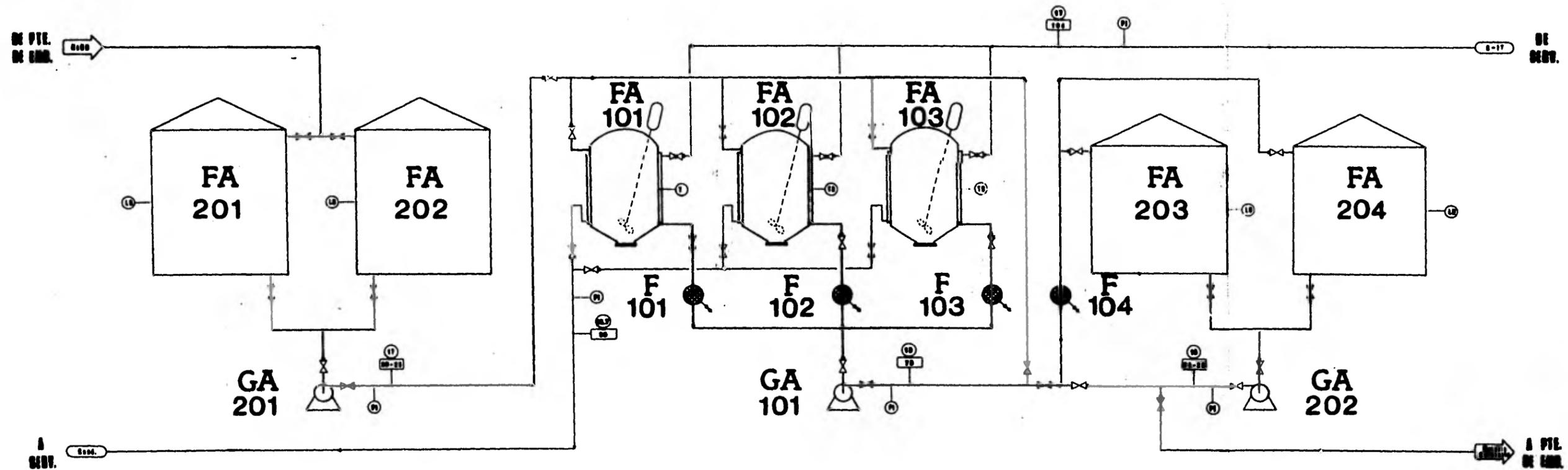
FA-101,2,3  
 Extractores  
 1.0m X 1.45m  
 Operación: 11.3 psia  
 75°C  
 Mat.: A. al C.

FA-201,2  
 Tanques de So-  
 lución de NaOH  
 2.0m X 2.25m  
 Mat.: A. al C.

FA-203,4  
 Tanques de Soluc.  
 de Mat. Colorante  
 2.0m X 2.0m  
 Mat.: A. al C.

GA-201  
 Bombas de So-  
 lución de NaOH  
 1/2 bhp  
 Mat.: Fe

GA-101  
 Bombas de Soluc.  
 de Mat. Colorante  
 1/2 bhp  
 Mat.: Fe



LEYENDAS:  
 ○ Presión, Psia  
 □ Temperatura, C

GA-202  
 Bombas de Recircula-  
 ción de Mat. Colorante  
 1/2 bhp  
 Mat.: Fe

F-101,2,3,4  
 Filtros  
 Canasta

FIG. 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA LA EXTRACCION ALCA-  
 LINA DEL ACHIOTE.

Unicamente los instrumentos registradores de temperatura de las unidades de lixiviación y del vapor se encuentran montados en un tablero en el cuarto de control, siendo empleados termopares de hierro-constantán como elementos primarios dado el rango y confiabilidad que poseen, y su bajo costo. Estos termopares se encuentran equidistantes en los extractores y todos se conectan eléctricamente a un registrador múltiple de temperatura.

Para cuantificar los flujos se usaran placas de orificio de bordes cuadrados o agudos, existiendo una distancia mínima de 2.5 cm. entre cada toma y la placa, la cual se coloca entre dos bridas de manera que su mantenimiento pueda ser realizado fácilmente.

Otros instrumentos empleados en el proceso son los indicadores de presión, para lo cual se deben realizar las tomas correspondientes para conectar los manómetros; los aparatos para medir flujo, presión y nivel (indicadores de mirilla) son locales, así como otros empleados.

Los accesorios superiores de los tanques de almacenamiento son válvulas de respiración y permiten mantener la presión atmosférica, a la vez que evitan el paso de sustancias extrañas a su contenido (agua pluvial, polvo, etc.).

Todas las válvulas son de compuerta del tipo manual con diámetro proporcional al de la tubería en que se localizan, las correspondientes al vapor son del tipo globo y se ilustran en el diagrama, lo mismo que las trampas de vapor de estas líneas.

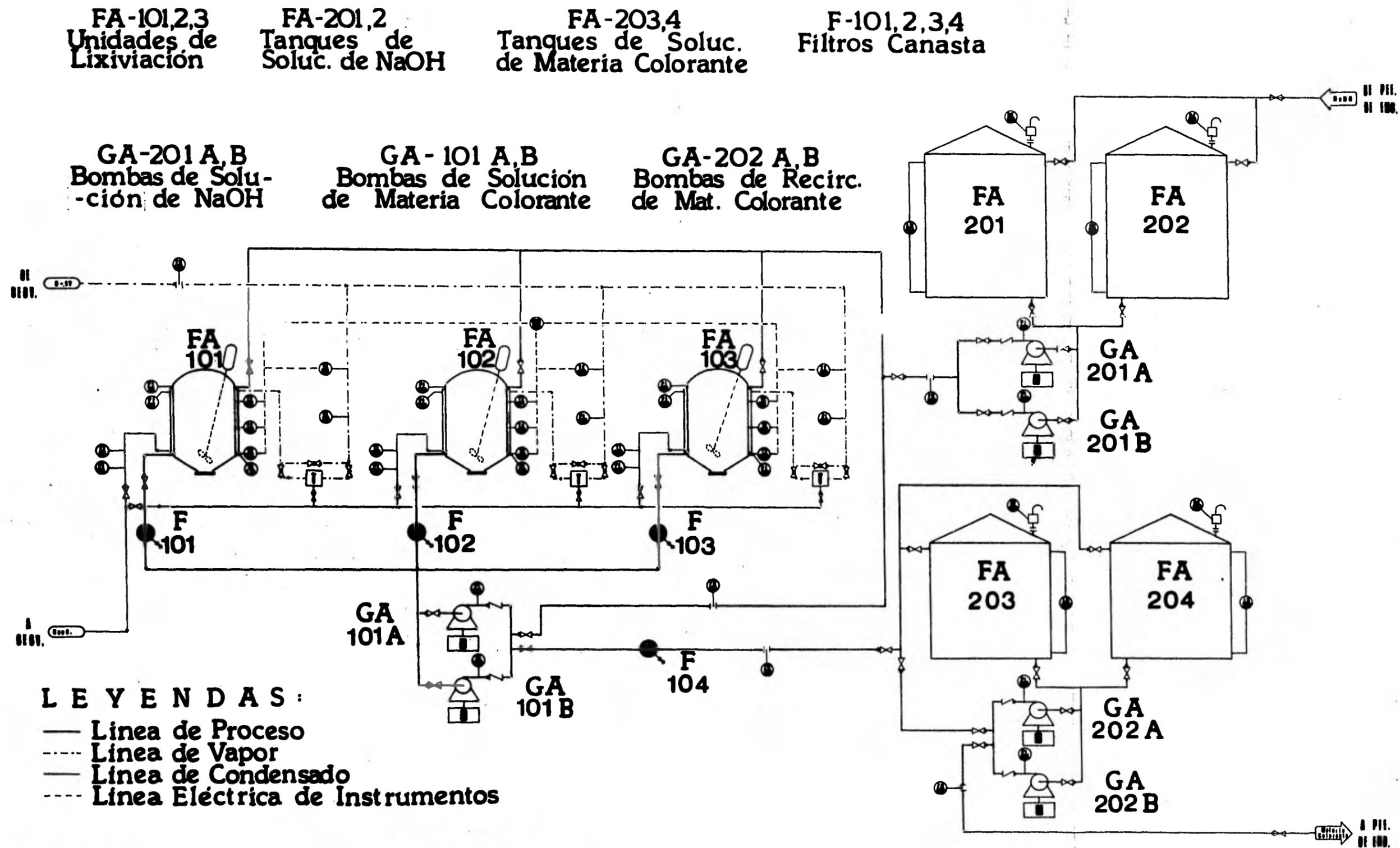
Los agitadores de los extractores son operados por motores eléctricos - como se aprecia en el plano.

La salida del tubo de condensado de las unidades de extracción muestra una curvatura, la razón de esta es permitir que se forme un sello líquido que evite el escape del vapor antes de su condensación.

En este diagrama (figura 3.3) se vuelve a describir la nomenclatura del equipo pero se prescinde de sus características, dado que se anotaron en el esquema precedente (figura 3.2).

#### 3.2.4 PLANO MAESTRO DE CONJUNTO O ARREGLO GENERAL DE PLANTA.

Este dibujo hecho a escala se realizó arbitrariamente, considerando que-



**FIG.3.3 DIAGRAMA DE ING. DE FLUJO PARA LA EXTRACCION ALCALINA DE ACHIOTE.**

el terreno tendría la forma mostrada y que los vientos poseerían la dirección señalada. En él se consideró en primer lugar la seguridad, manteniendo la zona más peligrosa del proceso (servicios) tan alejada como se pudo de las áreas de movimiento humano y posteriormente tratando de establecer cierta funcionalidad como la división en manzanas de todas las secciones de que consta la planta, la colocación de almacenes cercanos a las carreteras, oficinas en forma independiente de la planta y de fácil comunicación con la misma, zona de mantenimiento cercana a la de procesos, servicios humanos (comedor y enfermería) alejados de las áreas de operación y vestidores cercanos a las mismas, un mínimo de dos rutas en todas las secciones que sirvan de escape en caso de un posible incendio, que las zonas de operación estuvieran cerca para evitar gastos por manejo de materiales o servicios, así como evitar cualquier interferencia (figura 3.4).

Las dimensiones de cada área se tomaron pensando en el tamaño del equipo, espacio requerido para almacenaje, gente que labora, etc., y cuyas características se mencionaron en el capítulo anterior.

Algunas particularidades que no se muestran en este esquema son que en la sección de tanques de almacenamiento debe existir un dique que evite derramamientos a otras zonas en el caso de fugas de los mismos, que el almacén estará bajo cubierta total ya que aquí se colocará la semilla que es necesaria para el sistema, que la caseta de fuerza estará en la sección de servicios, etc.

Dependiendo del terreno con que se cuente, este dibujo deberá modificarse considerando las características topográficas y climatológicas del mismo, facilidades existentes de carreteras y de servicios proporcionados por el estado (electricidad, agua, drenaje, gas, etc.), y otros, pero algunas de las sugerencias con que se construyó este plano pueden servir para la creación de uno nuevo.

### 3.2.5 PLANOS UNITARIOS o DIAGRAMAS DE LOCALIZACION DE EQUIPO.

Estos diagramas realizados a escala son semejantes al plano maestro de conjunto y en ellos se muestran las piezas de equipo mayor. Para su creación se tomó en cuenta las dimensiones de los recipientes y el espacio mínimo requerido entre estos para su adecuada operación y mantenimiento. En la figura 3.5 se ilustran los planos unitarios de las zonas de procesos y tanques, a la vez que se exponen las interconexiones entre el equipo de ambas áreas; los recipientes de almacenamiento de combustible, aceite, agua contra incendios, etc., se localizarán en la zona de servicios, ya que de esta sección dependen fundamentalmente.

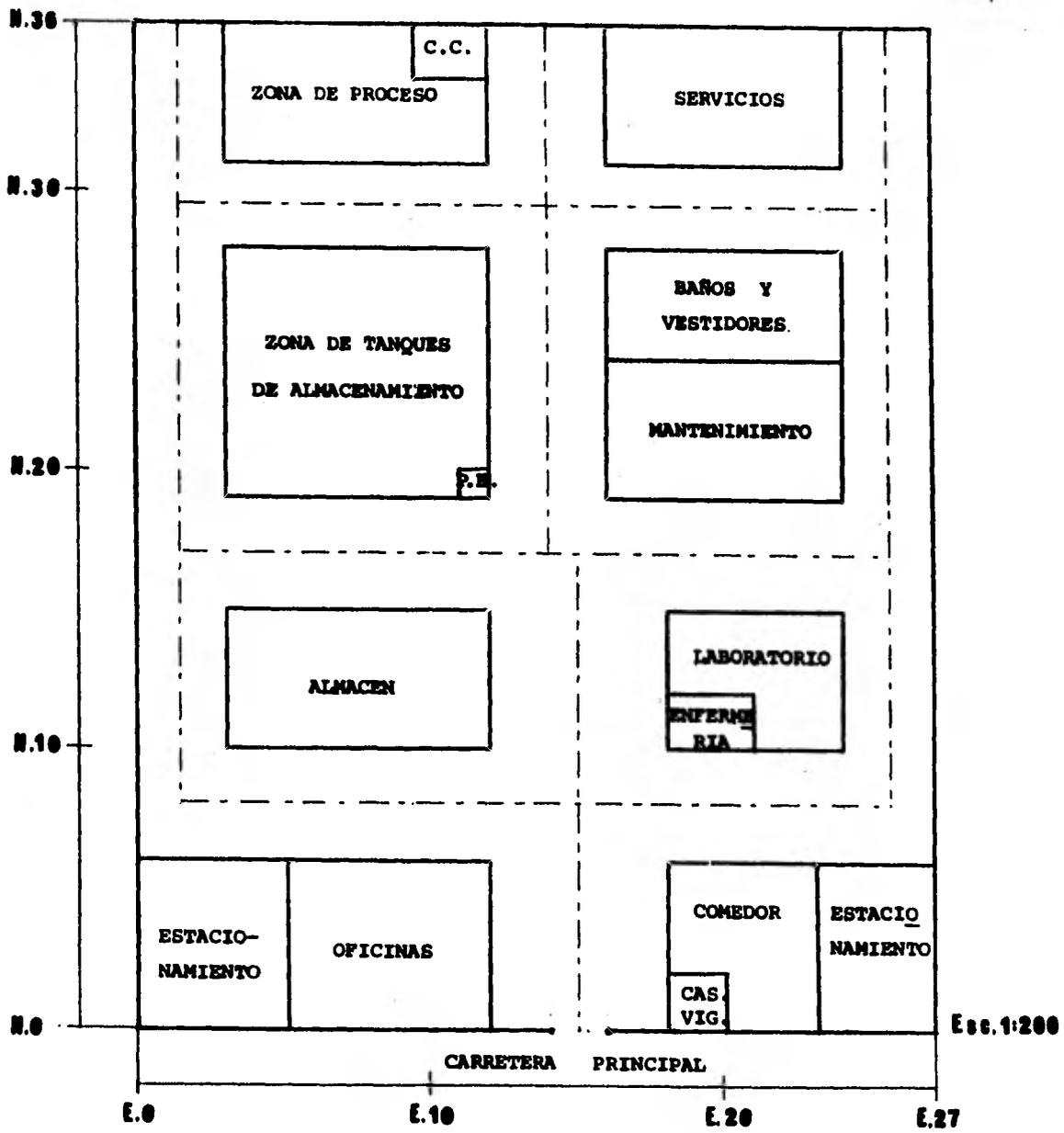
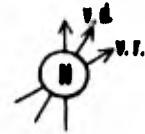
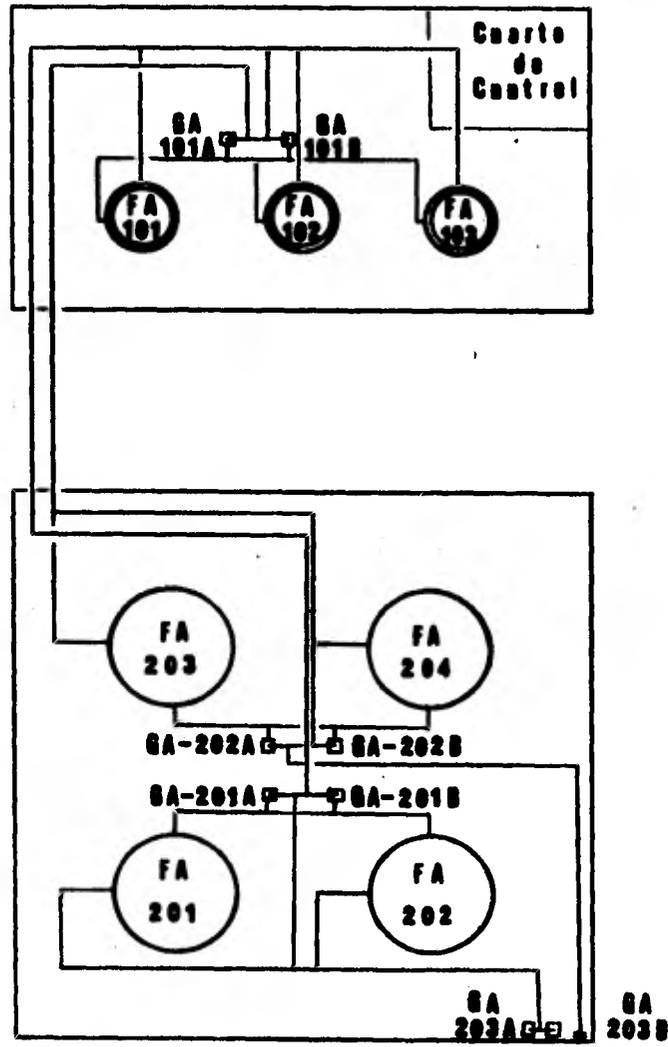


FIGURA 3.4 ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA DE EXTRACCION ALCALINA DE ACHIOTE.



Ecc. 1:100

FIGURA 3.5 PLANOS UNITARIOS DE LAS ZONAS DE PROCESO Y DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

### 3.2.6 DIBUJOS DE EQUIPO.

En estos se incluyen las peculiaridades principales de los recipientes de almacenamiento y de lixiviación, que constituyen el equipo básico del sistema, como son dimensiones, colocación de las toberas y su uso, cortes de sección, etc. La figura 3.6 describe el correspondiente a la unidad de extracción y en él se señalan las dimensiones de sus accesorios internos, no involucrándose los detalles mecánicos correspondientes a otras áreas de ingeniería. La elevación de estas unidades con respecto al nivel del piso es de 1.00 m a la tobera inferior para permitir un fácil desalojo de los sólidos agotados en tambos o sacos; la válvula que se emplea para este objetivo permite un escurrimiento de la solución que haya sido retenida evitando de esta forma pérdidas.

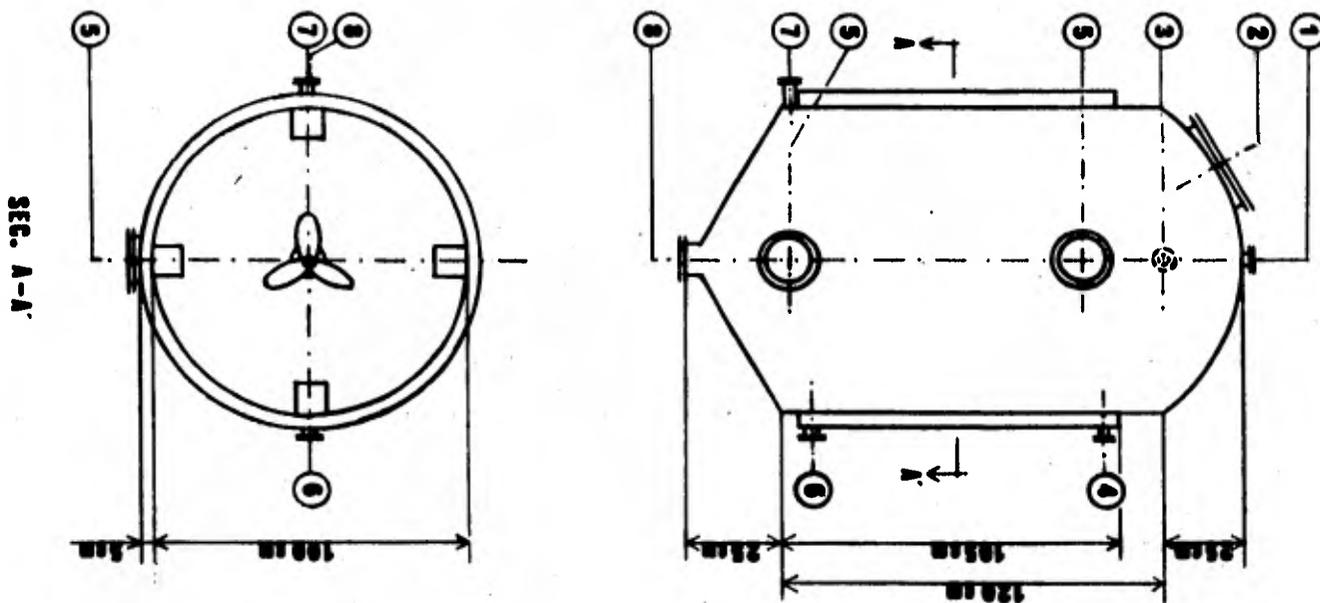
Las figuras 3.7 y 3.8 muestran los recipientes de almacenamiento de NaOH y de solución de materia colorante, en los cuales se indican sus particularidades. El fondo de estos tanques se encuentra a 0.30 m con respecto al suelo, lo que permite que el fluido entre directamente a la succión de las bombas que poseen.

Todos ellos se dibujaron suponiendo una visión sur de la zona de proceso y están realizados a escala.

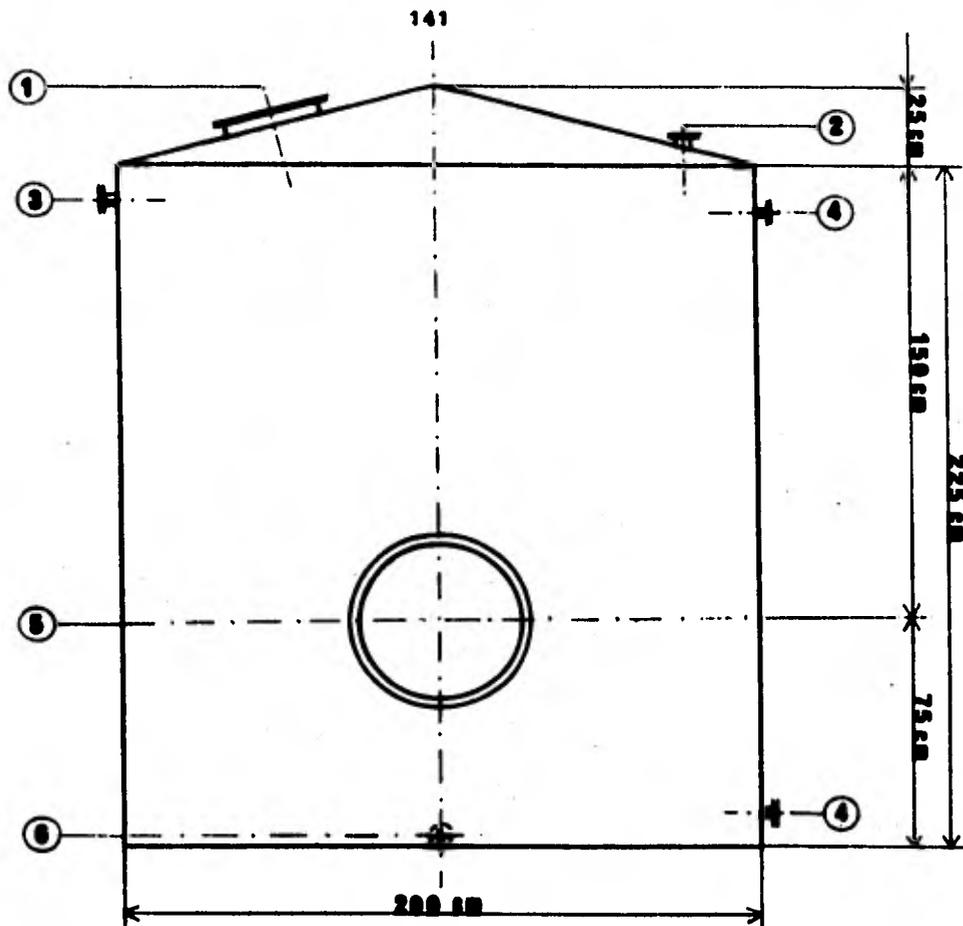
### 3.2.7 DIBUJOS ISOMETRICOS DE TUBERIA.

Estos dibujos permiten la proyección de las tuberías en tres dimensiones, facilitando la observación de sus trayectorias y accesorios que la componen. Los esquemas se realizaron por partes para una mayor claridad, encontrándose acotados en centímetros, así la figura 3.9 muestra la descarga de la solución lixivante de los extractores a sus respectivas bombas; la 3.10 ilustra la línea que proveniente de las bombas de los extractores conecta con los tanques de almacenamiento total; la línea que une la descarga de las bombas de los extractores con la que viene de las bombas de los recipientes de NaOH está descrita en la figura 3.11, la cual a su vez señala las conexiones a las unidades de lixiviación para cargarlas con solvente fresco o bien con solución lixivante; en las figuras 3.12 y 3.13 se esquematizan las líneas que enlazan al puente de embarques con los tanques de almacén de NaOH y de materia colorante, respectivamente; a su vez la 3.13 indica la forma en que se une con la línea que proviene de los extractores para recirculación de la solución ó bien realizar traspasos para ajustar las soluciones finales; por último, las descargas de los tanques de

FIGURA 3.6 DIBUJO DE LOS RECIPIENTES DE EXTRACCION.

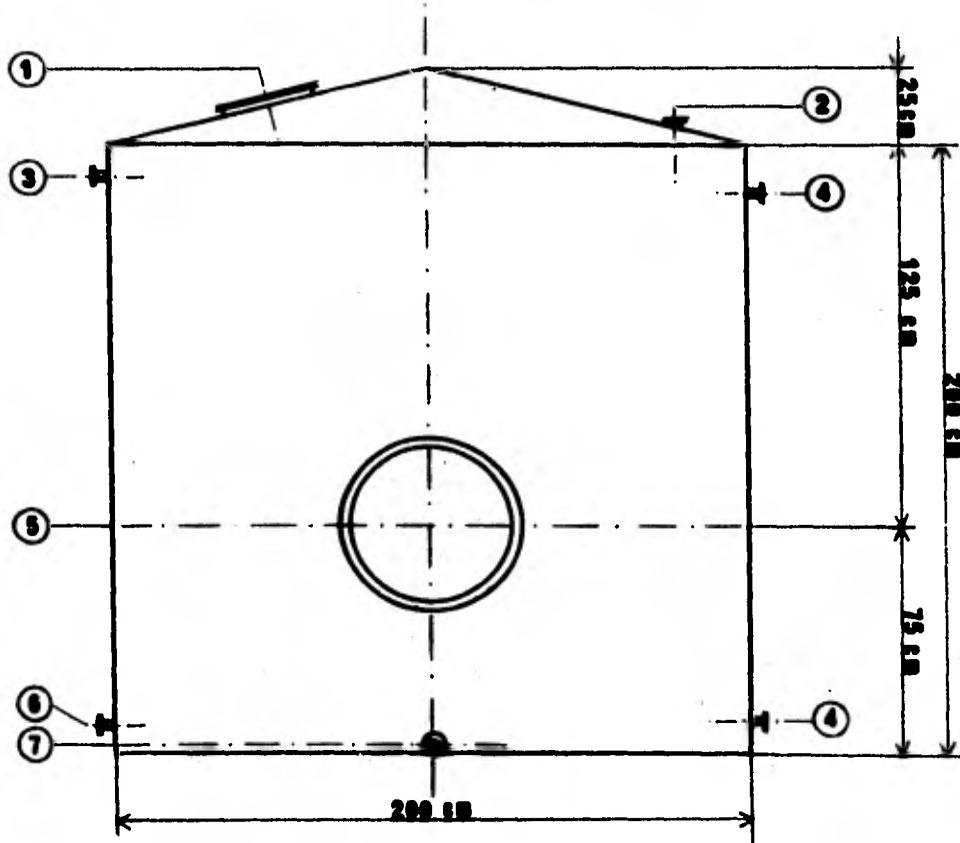


1	Entrada de la flecha del agitador	3.81 cm		1
2	Alimentación de sólidos	30.00 cm		1
3	Alimentación de solvente	2.54 cm		1
4	Entrada de vapor	2.54 cm		1
5	Mirilla	15.00 cm		2
6	Salida de condensado	3.81 cm		1
7	Salida de la solución	3.81 cm		1
8	Desalojo de sólidos	10.00 cm		1
Conexión No.	Servicio	Tamaño	Observaciones	Número Requer.



1	Entrada macho	30.00 cm		1
2	Conexión a válvula respiradora	3.81 cm		1
3	Entrada de líquido	2.54 cm		1
4	Conexiones a indicador de nivel	1.50 cm		2
5	Entrada macho	50.80 cm		1
6	Salida de líquido	3.81 cm		1
Conexión No.	Servicio	Tamaño	Observaciones	Número Requer.

FIGURA 3.7 DIBUJO DEL RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO DE NaOH.



1	Entrada macho	30.00 cm		1
2	Conexión a válvula respiradora	3.81 cm		1
3	Entrada de líquido	2.54 cm		1
4	Conexiones a indicador de nivel	1.50 cm		2
5	Entrada macho	50.80 cm		1
6	Conexión para llenado de envases	2.54 cm		1
7	Salida de líquido	3.81 cm		1
Conexión	Servicio	Tamaño	Observaciones	Número Requer.

FIGURA 3.8 DIBUJO DE RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO DE SOLUCION COLORANTE.

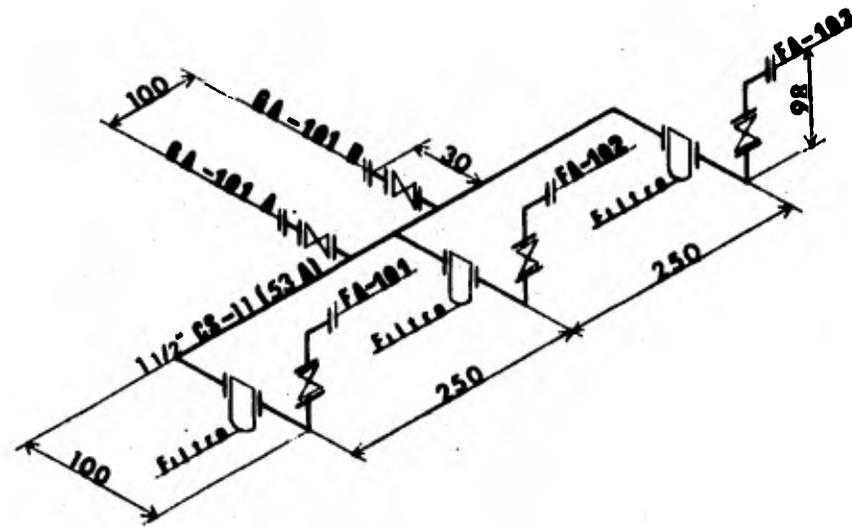


FIGURA 3.9 LINEA DE DESCARGA DE LOS EXTRACTORES A LAS BOMBAS.

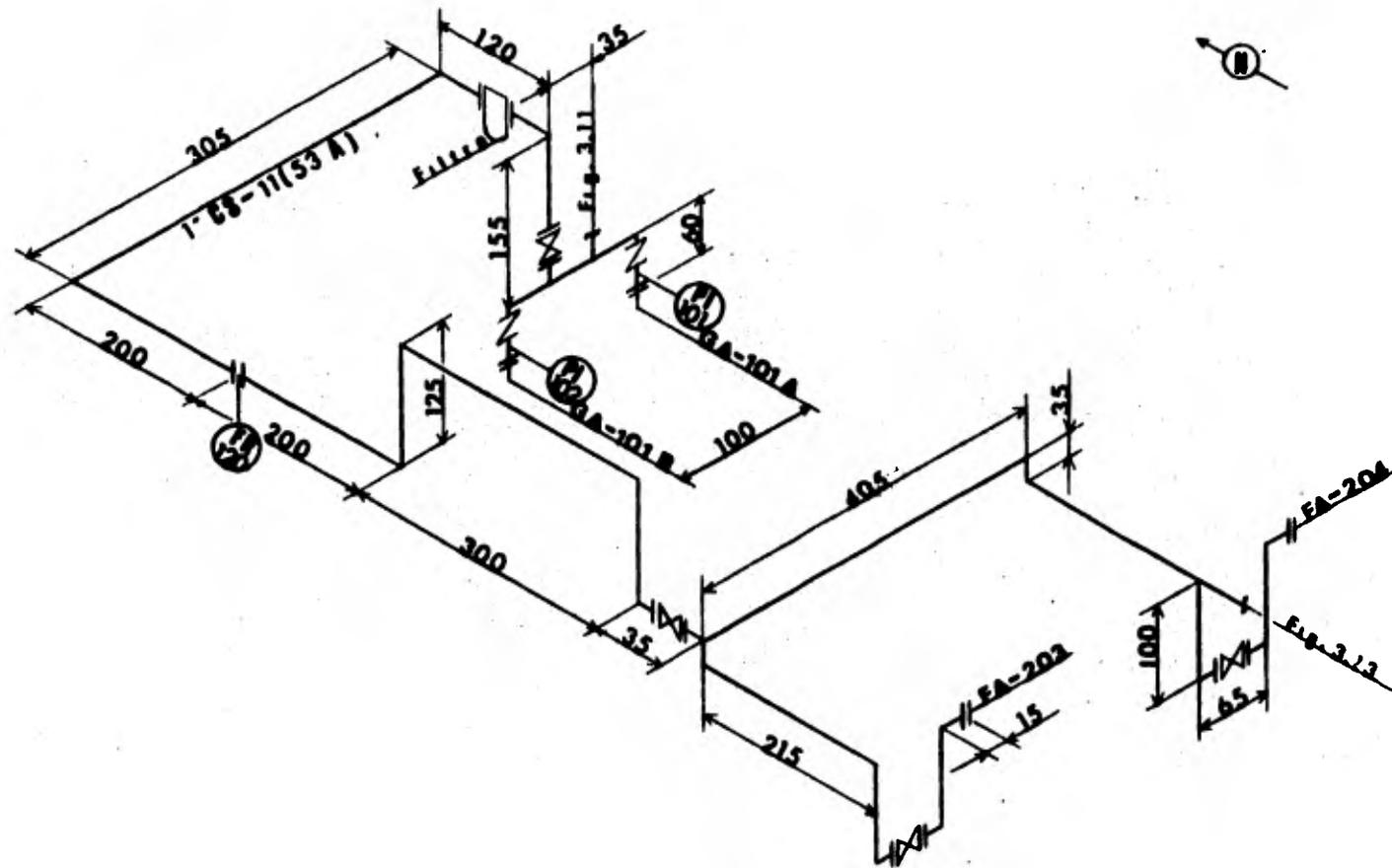


FIGURA 3.10. LINEA DE DESCARGA DE LAS BOMBAS DE LOS EXTRACTORES A LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA COLORANTE.

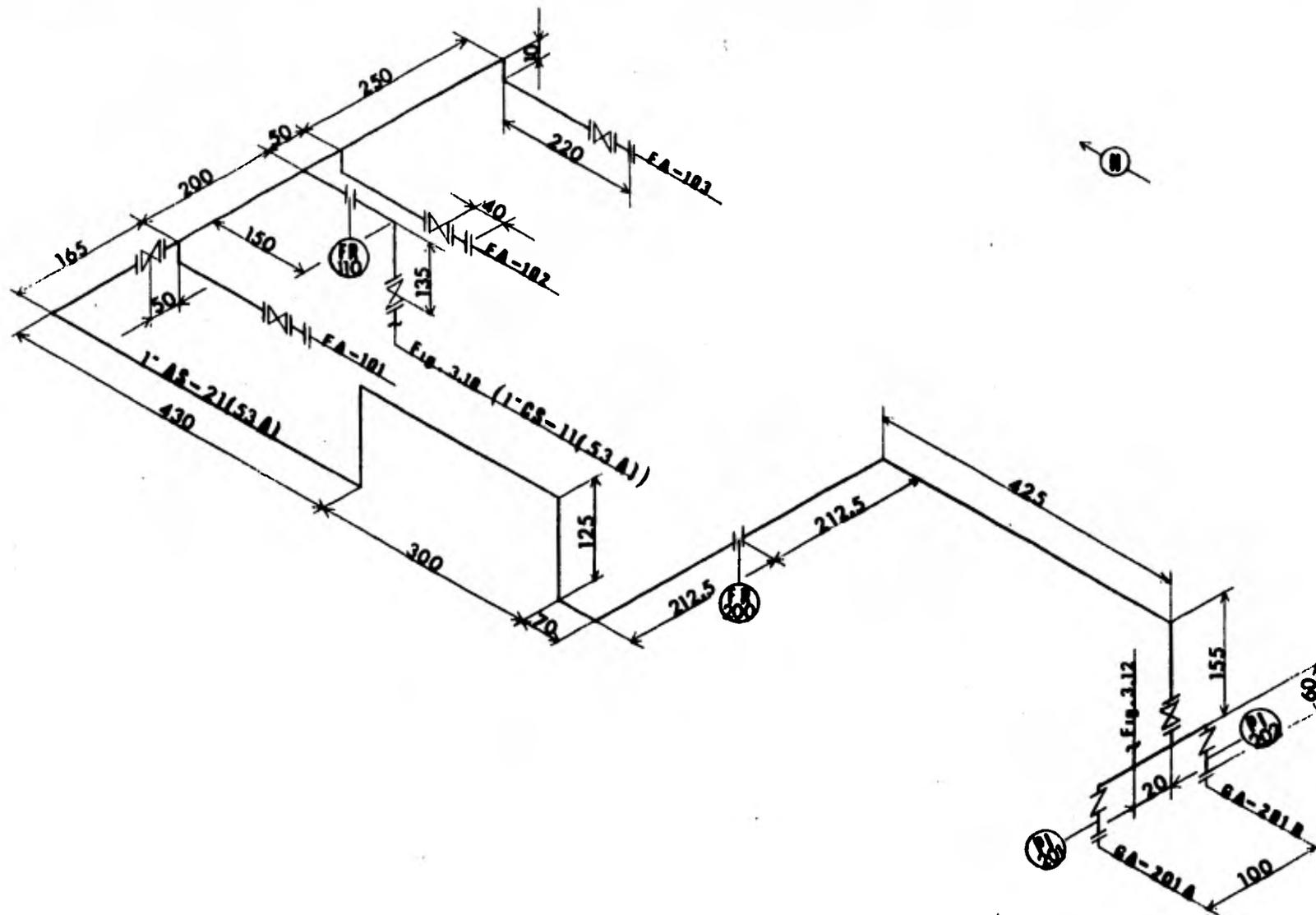


FIGURA 3.11 LINEA DE CARGA DE SOLVENTE E INTERCONEXION CON LA PROVENIENTE DE LAS BOMBAS DE LOS EXTRACTORES.

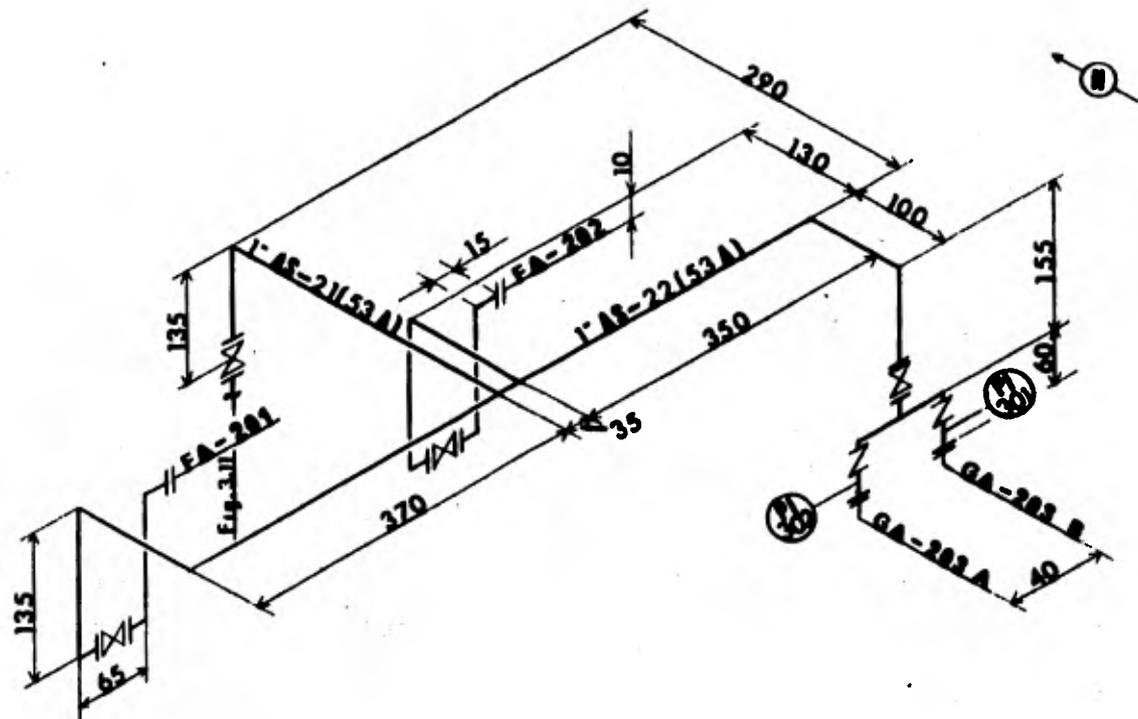


FIGURA 3.12 LINEA QUE CONECTA A LOS TANQUES DE NaOH CON EL PUENTE DE EMBARQUES.

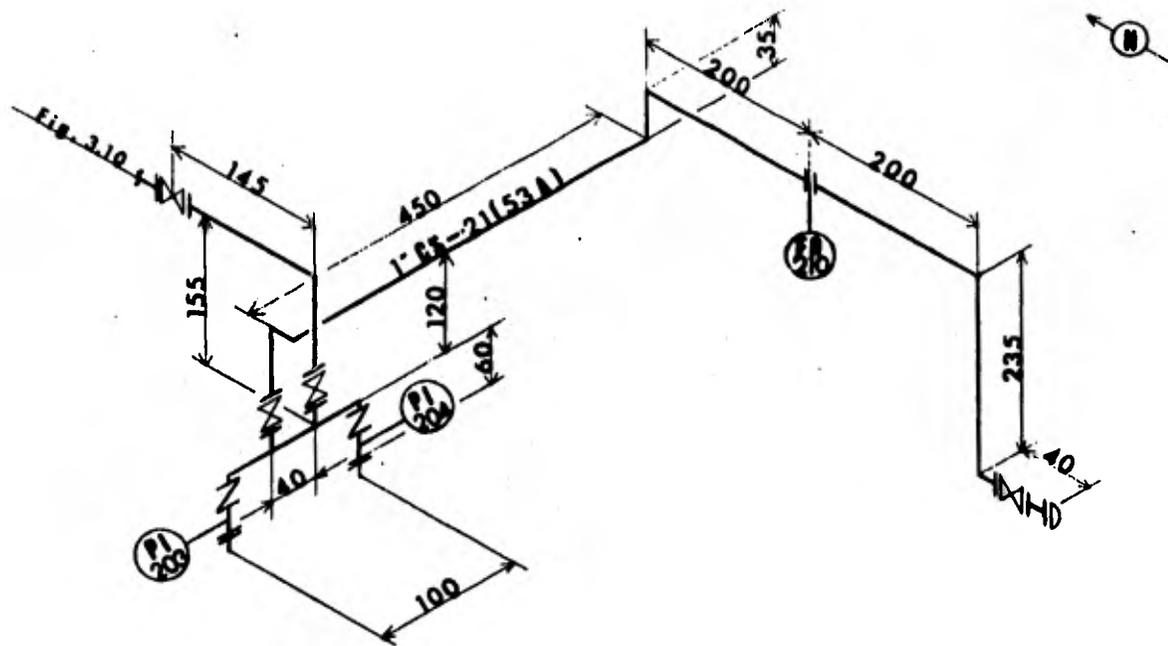


FIGURA 3.13 LINEA DE DESCARGA DE LOS TANQUES DE MATERIA COLORANTE CON EL PUENTE DE EMBARQUES E INTERCONEXION PARA RECIRCULACION.

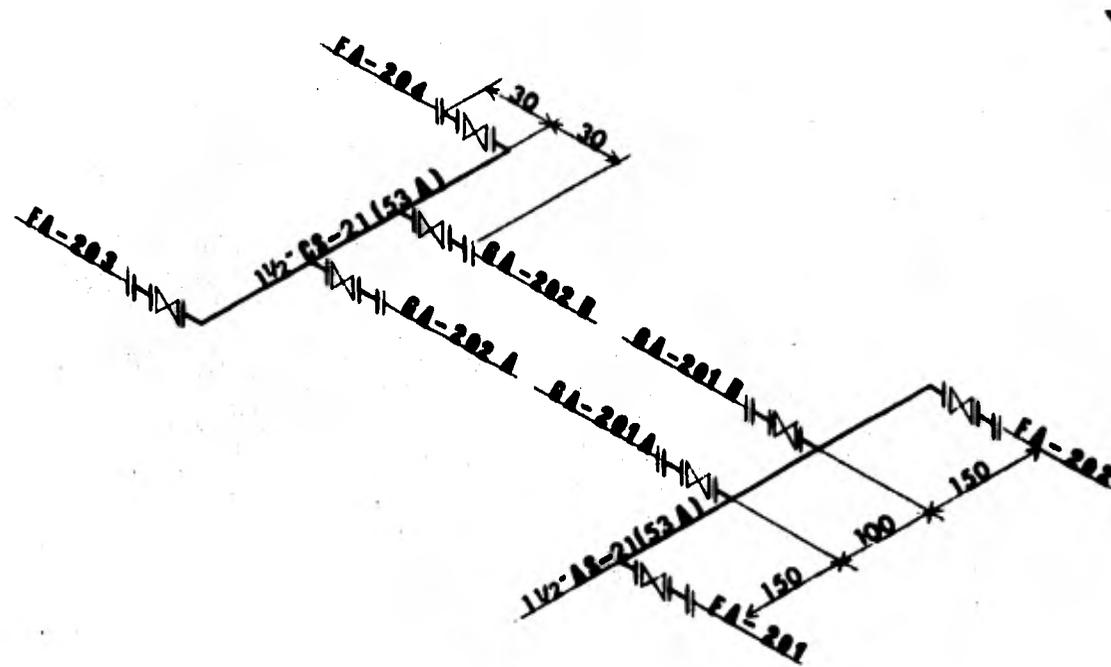


FIGURA 3.14 LINEAS DE DESCARGA DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO A SUS BOMBAS.

almacenamiento a sus bombas se localizan en la figura 3.14.

En estos planos se inscribe la nomenclatura de las tuberías de acuerdo con las normas enunciadas a continuación: la primera cifra indica el diámetro de las líneas expresado en pulgadas; las letras posteriores a ésta señalan la clase de fluido, empleándose las siglas AS y CS para significar solución alcalina y solución colorante, respectivamente; el siguiente número se refiere al área, considerando que el 1 denota la sección de proceso ó zona 100 y el 2 la correspondiente a almacenes ó zona 200; el segundo dígito marca el número de línea; por último, la especificación de la tubería se encuentra entre paréntesis y corresponde al código de la ASTM.

La nomenclatura de las válvulas se omitió en vista de que es más sencillo designarlas de acuerdo a su función, dado el pequeño número de estas, y el material de su construcción será análogo al de la tubería. Su unión a las líneas es por medio de bridas, al igual que ocurre con los accesorios y cambios de direcciones.

El nivel que se uso para el trazo de las líneas se basó en la succión de las bombas, la cual se encuentra a 0.30 m de altura con respecto al suelo.

Unicamente se ilustran las líneas de proceso no considerando las de servicio, ni las correspondientes contra incendios, drenajes, etc.

Los dibujos no se realizaron a escala pero se trato de mantener la relación entre todas las partes y asimismo no se describen los soportes de la tubería siendo conveniente aclarar que el ancho del rack de tubería corresponde a 2.0 y 1.0 m para permitir el transporte de materiales ó equipo por abajo de su superficie. La elevación de la cama de tuberías estará a 2.55 m en zonas de ope y a 3.80 m cuando atraviesen calzadas.

En los extremos del rack se localizarán las tuberías de vapor y condensación, en medio las de proceso y en el otro lado las de agua, la distancia entre cada una de ellas es de 0.30 m de manera que se encuentren equidistantes una de otra, permitiendo la futura instalación de nuevas líneas en caso de requerirse.

Otros dibujos importantes como los de elevación no se incluyeron, dado que se piensa que los mostrados proporcionan una visión general del equipo y su localización, que es el objetivo de este capítulo. Asimismo los correspondientes a sistemas eléctricos, servicios, etc., requieren la participación de gente espe

cializada en estos campos ó bien son proporcionados por los vendedores ó constructores, de ahí su ausencia en este estudio.

## MANUALES (CRITERIOS OPERACIONALES)

### 4.1 INTRODUCCION.

Para el adecuado funcionamiento de una industria es necesario que desde su origen se establezcan las bases ó fuentes de su administración, entendiéndose este concepto como "la planeación, organización, integración, dirección y control de las actividades de otros a fin de alcanzar los objetivos acordados"<sup>3</sup>. En el caso de una empresa que crea un nuevo producto es mayor la necesidad de contar con criterios que establezcan las funciones de la compañía, así como la información pertinente que proporcione los medios para la resolución de problemas técnicos o financieros que se presenten.

Uno de los recursos más empleados para proveer este tipo de información lo constituyen los manuales y esta es la razón de su inclusión en este trabajo. En este capítulo se describe a grosso modo aquellos documentos que se considera indispensables para la creación y adecuada operación de la planta, en base a las sugerencias propuestas por algunos autores y de experiencia propia.

El orden en que se mencionan se basa en la secuencia necesaria para la comprensión de la industria y no en una posible jerarquización.

### 4.2 MANUAL DE PROCESO.

Este manual deberá contener la información fundamental sobre el proceso, operación, mantenimiento y servicios de la planta, comprendiendo todos aquellos datos generales y técnicos necesarios para el desarrollo adecuado del proceso. Su revisión será periódica, ampliándose conforme surjan nuevos y más completos conocimientos.

Este documento contará con los siguientes puntos<sup>2</sup>:

**INTRODUCCION.** Propuesta del proceso, firmas que intervienen en su construcción y establecimiento del tipo de operación.

**DESCRIPCION DEL PROCESO.** Este inciso debe indicar en forma general la constitución del proceso, realizando una descripción detallada de las bases de diseño, ciclos de operación, consumo de materia prima e insumos, productos intermedios y finales obtenidos, rendimientos, asimismo debe de señalar los pasos que forman sus operaciones, el equipo e instrumentación requeridos y sus particularidades (dimensiones, capacidad, materiales de construcción, etc.), las condicio--

nes de operación y los requerimientos de servicios que se necesiten.

**CONTROL DE PROCESO.** Deberá de incluir la forma de operar cada equipo y el proceso como un todo (secuencia de paros, arranques, mantenimiento correctivo ó preventivo, etc.), indicando aquellos factores clave para la planta, la seguridad operacional que debe existir y las formas de llevar un registro sobre su funcionamiento. Se sugiere la elaboración de cuadros sinópticos que describan los problemas que se puedan presentar, los trastornos que ocasionan y las causas que los originan, y sus posibles soluciones.

**REQUERIMIENTOS DE CONTROL ANALITICO.** Indicación de efectuar un control analítico en el laboratorio de las características de la materia prima e insumos, de los productos intermedios y de los finales, señalando las técnicas de muestreo y análisis, sus riesgos, el equipo empleado y el establecimiento de especificaciones.

**MANTENIMIENTO.** Presentación de las normas generales para la conservación y cuidado del equipo, de la información de apoyo sobre herramientas, refacciones y técnicas requeridas por la planta, indicándose todos aquellos datos pertinentes para el adecuado funcionamiento de esta área.

**APENDICES.** En esta sección deberán incluirse los diagramas y planos, tanto los de diseño y construcción como los de la planta ya instalada que anexarán las modificaciones que se hayan tenido que realizar, cuadros sinópticos de problemas, tablas de condiciones de operación y propiedades físicas y químicas de las sustancias empleadas, especificaciones de materia prima, insumos y productos, balances de masa y energía, y en general toda la información necesaria para la operación del proceso.

#### 4.3 MANUAL DE SEGURIDAD.

Este informe deberá proporcionar los conocimientos necesarios al personal de producción para prevenir los accidentes de trabajo, promoviendo el desarrollo de la conciencia de seguridad en los trabajadores para que ellos sean los más interesados en evitar daños físicos y materiales. Se sugiere el siguiente temario:

**INTRODUCCION.** Definirá los conceptos de riesgo, riesgo de trabajo, acto inseguro, condición insegura y la relación que existe entre estos términos y las actividades de los trabajadores.

**PREVENCION DE ACCIDENTES.** En base a las disposiciones dadas anteriormente se indicará la importancia y necesidad de usar el equipo de seguridad en sus labores, así como el emplear las herramientas adecuadas a cada situación de trabajo. También es indispensable que el personal de producción posea un buen conocimiento acerca de la toxicidad de las sustancias empleadas, a la vez que el riesgo que ocasiona el manejo inadecuado del equipo y el no conocer la peligrosidad del área en que trabaja.

En este inciso deberá señalarse los motivos que frecuentemente originan accidentes, haciendo hincapié en los conceptos de acto y condición insegura. Asimismo se indicará la periodicidad de las inspecciones de seguridad en la planta, formas en que se realizarán y registrarán; en el caso posible de accidentes es conveniente fijar el tipo de informe que se elaborará para investigar sus causas y suprimirlas.

**HIGIENE INDUSTRIAL.** Descripción de las condiciones higiénicas mínimas que deben poseerse en la planta para permitir el adecuado desarrollo de las tareas de trabajo, para lo cual es necesario establecer y ejecutar programas de higiene en los cuales se promueva a participar activamente a los trabajadores para evitar situaciones insalubres como podrían ser la acumulación de desperdicios en las áreas de trabajo, el consumo de alimentos en las mismas, el mal uso de vestidores y baños, etc.

**INCENDIOS.** Señalamiento de las posibles fuentes de incendio, sus factores, medidas preventivas que deben imperar, información sobre luces o sonidos de alarma, teléfonos internos de emergencia, ubicación y manejo de los extinguidores existentes, etc. Es importante que el personal comprenda el riesgo que este tipo de siniestros puede ocasionar y sepa cual debe ser la acción que tiene que tomar, sea esta la de evacuación de la planta o bien combatir el incendio. Para lograr esto último es conveniente el establecimiento de responsabilidades de cada trabajador y un adecuado adiestramiento del mismo.

**PRIMEROS AUXILIOS.** Conocimiento por parte de los supervisores de las medidas de socorro que deben aplicarse a cualquier persona que sufre un accidente en áreas de trabajo, para lo cual es preciso que tenga noción de los recursos existentes en la enfermería y sepa emplearlos. El enfoque de este inciso será hacia los accidentes que pudieran suscitarse en la planta como son: electrocutados, fracturas, hemorragias, intoxicaciones y envenenamientos, quemaduras, traumatismos, etc., y saber en casos de gravedad cuales son las disposiciones exis--

tentes para la resolución de este tipo de problemas.

#### 4.4 MANUAL DE ORGANIZACION.

Es necesario que desde la formulación de un proyecto industrial se cuente con un organigrama tentativo que permita visualizar el personal requerido y el costo que implica para la empresa, y establezca las unidades funcionales que la componen y las relaciones que poseerán entre ellas. Este esquema debe ser susceptible de modificarse de acuerdo a los cambios en las necesidades de la empresa, y los recursos humanos y económicos con que se cuente.<sup>1</sup>

A la vez que se prepara la estructura de la organización es preciso revisar el tipo de sociedad y las formas de administración empresarial que van a ser preseleccionadas, dada la estrecha relación existente entre ambas clases de actividades.

El contenido de este informe comprenderá:

**POLITICAS.** Definición de los objetivos de la compañía y las directrices que poseerá para su propio impulso, siendo conveniente establecer los detalles de sus operaciones, con el fin de lograr una unidad de acción entre las diferentes labores que se realicen. Todo lo anterior constituirá la planeación de la industria mencionada.

**ESTABLECIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS.** Basicamente está formado por el organigrama de la empresa (figura 4.1) y como su nombre lo indica consiste en la creación de los componentes del sistema para la ejecución de sus objetivos.

**DELINEAMIENTO DE ESTRUCTURAS.** Estrechamente relacionado con el inciso anterior, éste profundiza en cuanto a la creación de un catálogo de las funciones y responsabilidades asignadas a cada una de las unidades de dirección, control y supervisión de la sociedad industrial que permitan operarla de manera eficiente.

Para lograr lo anterior es necesario poseer métodos para la recopilación y registro de datos, técnicas y documentación para el análisis de los mismos, diseño y control de formas, manuales de procedimientos, etc.

**ANALISIS DE PUESTOS.** Su objetivo es motivar al personal para el buen desempeño de sus cargos promoviendo su creatividad y desarrollo e integrándolo a la compañía. Por lo cual es necesario crear una descripción de puestos en los cuales establezcan sus funciones, responsabilidades, autoridad, dependencia, etc.,

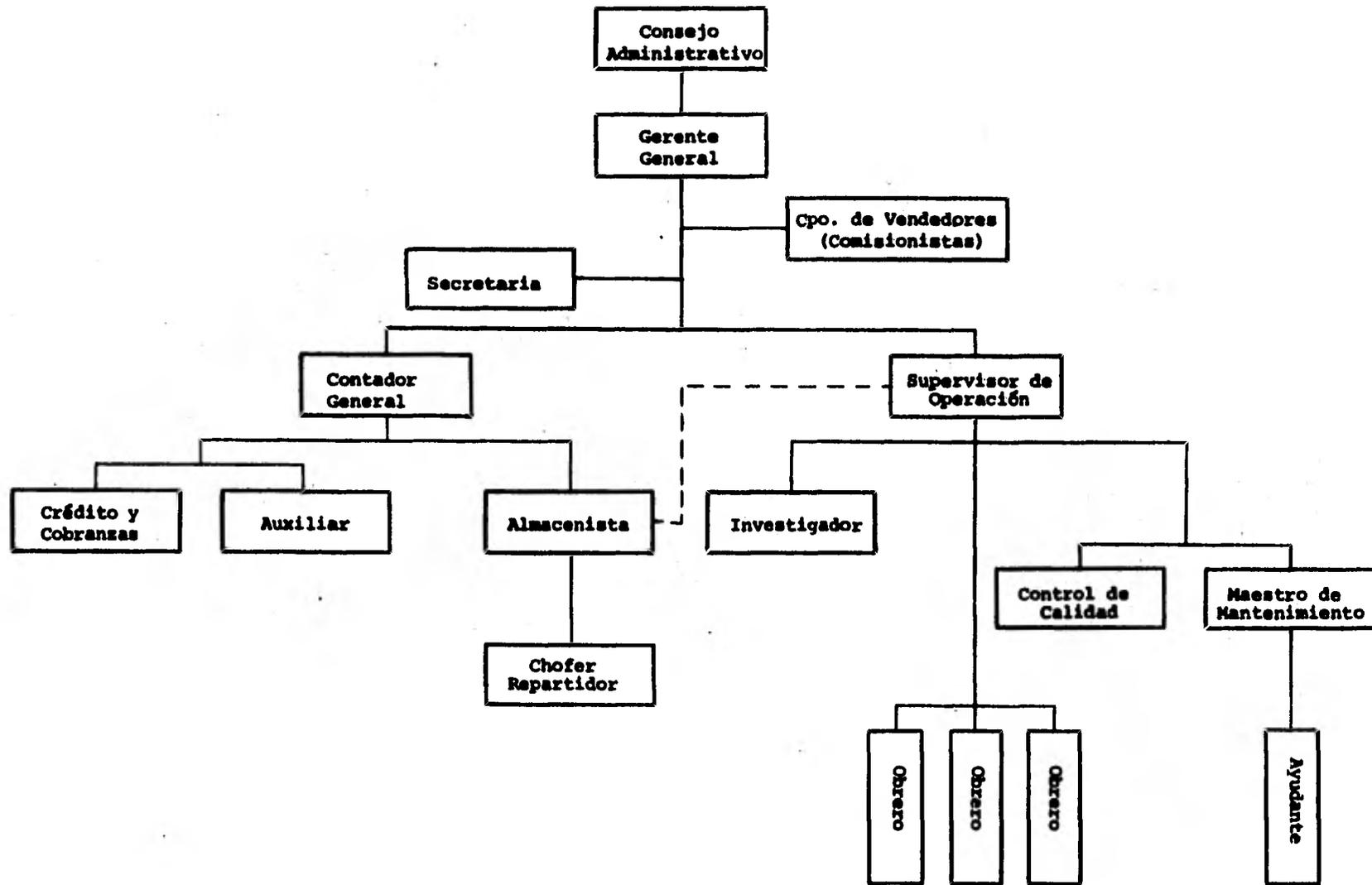


FIGURA 4.1 ORGANIGRAMA PRELIMINAR DE LA EMPRESA.

asimismo es conveniente contar con estándares de actuación y formas de evaluación de los empleados.

**FORMACION DE EQUIPOS DE TRABAJO.** Aunado al inciso anterior, este trata de instituir las bases de coordinación para un mejor aprovechamiento de los recursos materiales, económicos, técnicos y humanos, para lo cual es necesario la planeación y organización del trabajo en sus respectivas áreas, lo cual impide la existencia de duplicidad de mando, fuga de obligaciones, etc.

Como se puede observar este tipo de manual abarca aspectos que pertenecen a actividades diferentes de la organización, siendo quizás más conveniente contar con un Manual de Administración, considerando que este es el que realmente da forma y sentido a una industria.

#### 4.5 MANUALES AUXILIARES.

Además de los manuales descritos en las secciones anteriores que se estiman indispensables para el funcionamiento adecuado de la planta, existen otros que dependen de la complejidad u organización de la empresa ó bien de las necesidades que se presenten en el desarrollo de sus labores.

Algunos de estos instructivos que debe poseer una industria son: el Manual de Diseño de Proceso y el Manual de Diseño de la Planta, que son elaborados por las firmas consultoras o constructoras de la planta y cuyo contenido es similar al descrito en el Manual de Proceso de este capítulo, pero cuya profundidad es mayor abarcando aspectos como localización, problemas de contaminación, fecha de arranque, cálculos de equipo existente, información proporcionada por los fabricantes de equipo, etc.

Asimismo cada área de trabajo puede elaborar aquellos documentos que considere necesarios para una mayor funcionabilidad de sus tareas. Por ejemplo la zona de almacenes puede crear un Manual de Inventarios para contar con una metodología racional que permita a sus operarios un registro y control de sus recursos en forma óptima; de igual forma el área de mantenimiento podría tener un informe que indique el tipo de técnicas y herramientas que deben emplearse para la reparación de cada equipo ó bien que permita el establecimiento de responsabilidades de actividades e instrumentos ó que sirvan de capacitación. Como se puede observar el número de manuales puede ser enorme pero a la administración de la compañía corresponde reducirlos a un mínimo que satisfagan las necesidades existentes.

Existen otro tipo de instructivos que generalmente se emplean como son los de Procedimientos u Operaciones, enfocados a situaciones financieras, contables ó de evaluación de los recursos humanos, cuyas características dependen del tipo de administración que se vaya a emplear y de los objetivos que se tracen.

## FACTIBILIDAD ECONOMICA

### 5.1 INTRODUCCION.

Las industrias fracasan por no cumplir los objetivos fundamentales de toda empresa que son: sobrevivir, crecer y contribuir. La necesidad de que una compañía sea eficiente se debe cuestionar desde su origen ya que cambios posteriores pueden ocasionar fuertes erogaciones y hacer incosteables sus operaciones en determinadas circunstancias.

Entre las decisiones inadecuadas, ante la carencia de un estudio de -- fundamentación, que se toman en la creación de una industria figuran:

- a) Inconveniente planeación de la producción.
- b) Inapropiada selección y adaptación del proceso y de los equipos de producción.
- c) Inadecuada localización de las plantas.
- d) Uso incorrecto de recursos financieros.

Estas son las razones por las que en el presente trabajo se consideraran los aspectos técnico-económicos preliminares para tomar la decisión de si es conveniente ó no la posible realización de un proyecto sobre este material, dada la situación que impera en el país.

En este capítulo se decidió omitir la mayoría de los cálculos realizados para la obtención de los renglones que configuran los documentos, con el fin de que fueran concisos y poseyeran una mayor claridad. Asimismo se incluyen ciertas definiciones y notas con el objeto de mostrar la forma en que se emplearon conceptos contables y administrativos.

### 5.2 PERSPECTIVAS DE MERCADO.

En esta sección no se pretende hacer un estudio completo de mercado - ya que esta sola etapa abarcaría un trabajo muy extenso, sino proporcionar información que pueda servir de orientación.

Un estudio de mercado debe comprender dos etapas;

- 1) Recopilación de antecedentes.
- 2) Análisis, interpretación y proyección de las funciones de mercado.

### 5.2.1 RECOPIACION DE ANTECEDENTES.

En un estudio realizado por una dependencia técnico-gubernamental, -- mencionan que el extracto de achiote se emplea desde un nivel casero hasta en -- la gran industria, en forma individual ó como mezcla de colorantes en comidas, -- ciertos productos lácteos, sopas, aceites, barnices y cosméticos, teniéndose -- solo una idea de su consumo nacional aparente y que equivale a 1 000 Kg/año de -- dicho extracto. En fuentes oficiales que se consultaron para investigar las -- perspectivas de este producto, se encontró que no existen datos debido a que no -- hay una explotación racional del mismo.

En los cuadros 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4, así como la gráfica 5.1, se mues-- tran datos auxiliares que pueden proporcionar una idea del posible mercado para -- la sustancia que se está investigando. En el primero de ellos se observa que -- únicamente en los años de 1972 y 1973 se exportó el achiote como materia prima, -- no existiendo ningún dato de importación dado al poco empleo que se hace de -- este producto ya que la producción nacional es más que suficiente.

En el estudio que se mencionó al inicio de esta sección se investigó-- el precio en varias casas comerciales surtidoras de colorantes hallándose que -- no se vende la bixina como colorante concentrado en el país. Indagaciones di-- rectas posteriores señalan que existe una empresa denominada Industrias CUAMEX, -- S. A., que vende el colorante de achiote en dos formas: hidrosoluble y oléoso-- luble, el primero de características físicas similares al producto estudiado, -- y con precio de venta de \$ 120.00/lt y \$ 328.00/lt, respectivamente. El costo-- del compuesto investigado depende de varios factores pero en base al proceso de -- obtención que se está analizando se precisará más adelante, así como un precio -- de venta adecuado.

Las especificaciones del producto como características físicas y quí-- micas, pureza, usos, etc., se estudiaron en el primer capítulo de este trabajo, -- asimismo lo referente a política económica como regulaciones gubernamentales, -- subsidios, impuestos, etc., se mencionan posteriormente por lo que no es conve-- niente volverlos a analizar.

Dado que se trata de elaborar un proceso para crear extracto de ---- achiote no existe alguna limitación de tipo gubernamental ó legal (patente o re -- gistro de tecnología) que permita la comercialización del producto, pero por la -- misma razón sería conveniente la creación de un departamento de asesoría técni--

AÑO	PAIS	CANTIDAD (Kg B.)	VALOR (\$)
1972	E. U. A.	8	200.00
	Países Bajos	<u>237</u>	<u>5,320.00</u>
	T O T A L	245	5,520.00
-----			
1973	Países Bajos	<u>228</u>	<u>5,320.00</u>
	T O T A L	228	5,320.00

CUADRO 5.1 EXPORTACION DEL ACHIOTE.

Fuente: "Anuarios Estadísticos de Comercio Exterior". SIC.

T O T A L .

AÑO	CANTIDAD (Kg B.)	VALOR (\$)
1970	600 816	7 006 172
1971	88 795	1 327 483
1972	25 128	483 815
1973	117 745	1 175 910
1974	75 853	2 513 287
1975	68 764	6 336 976
1976	26 044	740 345
1977	3 508	401 213
1978	9 390	571 422

NOTA: Los datos reportados antes de 1975 corresponden al concepto de Colores de Origen Vegetal No Especificado, posteriormente como Materias Colorantes de Origen Vegetal.

CUADRO 5.2 EXPORTACION DE COLORANTES DE ORIGEN VEGETAL.

Fuente: "Anuarios Estadísticos de Comercio Exterior". SIC.

## T O T A L

AÑO	CANTIDAD (Kg B.)	VALOR (\$)
1970	8*	694
1971	5*	248
	27 700	771 285
1972	1*	39
	14 787	690 051
1973	51 553	2 608 038
1974	53 834	2 592 169
1975	- - - -	- - - - -
1976	- - - -	- - - - -
1977	50	5 288
1978	- - - -	- - - - -

NOTA: \* Correspondiente al producto de fracción arancelaria - - - - - 32.05.D.001:3(15985), los demás datos corresponden al producto de fracción arancelaria 32.05.D.002:4(19140), el que a partir de 1977 cambió a 32.05.A.048:4(19140)

CUADRO 5.3 IMPORTACION DE AMARILLO PARA ALIMENTOS.

Fuente: "Anuarios Estadísticos de Comercio Exterior". SIC.

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Producción	108.6	96.6	134.2	185.6	196.0	191.0	198.4	203.0	211.0	244.0
Importación	1.0	34.9	16.6	5.0	0.8	1.0	3.5	- - -	- - -	- - -
Exportación	5.5	3.6	12.1	25.2	21.9	31.0	31.0	46.0	45.0	37.0
Consumo Aparente	104.1	127.9	138.7	165.4	174.8	161.0	170.8	157.0	166.0	207.0
Incremento C.A. %	25.9	22.1	6.61	19.5	5.4	7.9	6.0	8.1	5.7	24.7
Capacidad Instalada	150.0	180.0	260.0	285.0	340.0	340.0	340.0	340.0	388.0	388.0

162

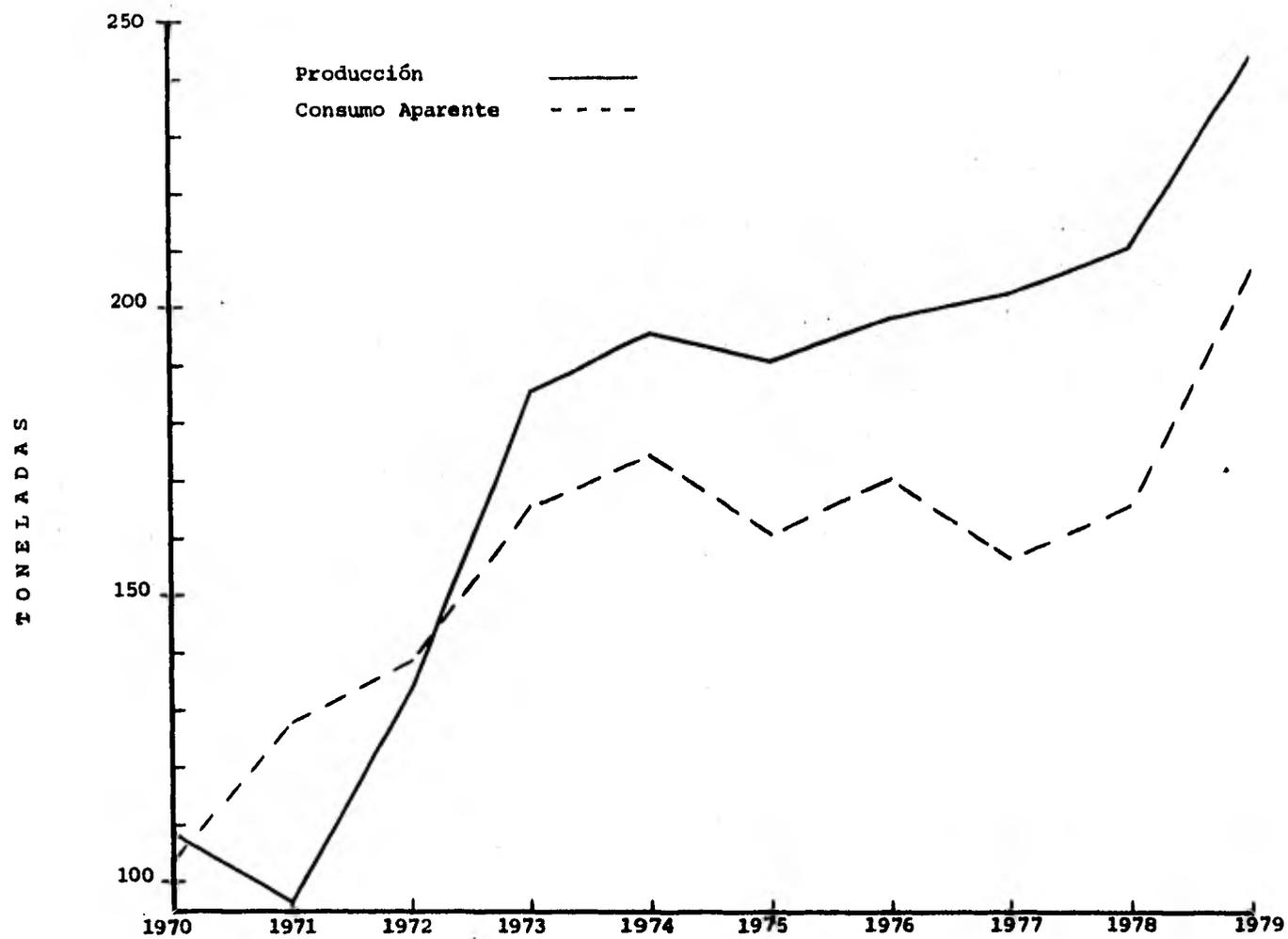
Los datos se reportan en toneladas.

NOTA: Los datos correspondientes a 1979 son preliminares.

Los anteriores valores consideran a los siguientes fabricantes: Pigmentos y Oxidos, S.A.  
y Warner Jenkinson, S. A. de C. V.

CUADRO 5.4 COLORANTES PARA ALIMENTOS.

Fuente: "Anuario de la Industria Química Mexicana. 1980". ANIQ.



GRAFICA 5.1 PRODUCCION Y CONSUMO APARENTE DE COLORANTES PARA ALIMENTOS.

ca que indicará la adaptación del nuevo producto a las peculiaridades y demanda de los consumidores.

Respecto a los competidores existen alrededor de 70 compañías que fabrican concentrados, jarabes y colorantes para alimentos, cuya localización y características se desglosan en el cuadro 5.5.

En el cuadro 5.6 se mencionan las principales industrias productoras de colorantes, algunas de las cuales abarcan varias áreas de aplicación y otras se concretan a una en especial como la Warner Jenkinson, S. A., que únicamente produce colorantes para alimentos. Las particularidades de la compañía de Pigmentos y Oxidos, S. A. se describen en el cuadro 5.7, lo mismo debía de realizarse con las demás empresas.

#### 5.2.2 ANALISIS, INTERPRETACION Y PROYECCION DE LAS FUNCIONES DE MERCADO.

De los cuadros precedentes se podría concluir que la industria de los colorantes alimenticios se encuentra limitada en una posible expansión económica debido al decremento de exportaciones que ha experimentado y a la aparente satisfacción de sus demandas dado que no existe una cantidad considerable de importación, pero estos datos pueden ser engañosos en vista de que no existen en ellos una especificación de tipos de colorantes (en el cuadro 5.2 no se detalla el uso de esos colorantes). Asimismo se puede observar un incremento en el consumo aparente que en el año de 1979 fue de un 24% lo cual es probable que haya sido el factor limitativo de las exportaciones, por otra parte se ha importado 108 662 Kg B., 79 581 Kg B. y 62 370 Kg B. de colorantes preparados a base del éster etílico del ácido  $\beta$ -8' apocarotenóico, cantaxantina y caroteno en los años de 1976, 1977 y 1978 para usos alimenticios, el último empleado como colorante amarillo y todos ellos de origen vegetal, a la vez la importación de colorantes amarillos sintéticos para varios usos suma varios miles de Kg B. anualmente con la consiguiente pérdida de divisas.

Los competidores existentes en este mercado son varios y cuentan con gran prestigio comercial, pero no hay que perder de vista que sus productos son sintéticos en su totalidad, como se puede apreciar en el cuadro 5.7 correspondiente a la compañía Pigmentos y Oxidos, S. A., ni tampoco hay que descartar las importaciones de colorantes realizadas con carotenos, lo cual únicamente reafirma la necesidad de crear empresas que empleen los productos vegetales existentes.

	A	B	C	D	E	F
<b>FABRICAS DE CONCENTRADOS, JARABES Y COLORANTES PARA ALIMENTOS</b>	68	2 825	890 849	72 046	2 197 161	648 952
D. F.	26	1 436	379 917	15 125	1 480 204	328 978
Jalisco	4	82	9 054	2 246	22 914	8 317
Edo. de México	11	610	205 703	6 984	462 782	204 591
Nuevo León	4	225	93 208	20 581	74 094	26 331
Puebla	3	22	6 307	86	17 546	11 985
Veracruz	6	296	173 112	25 988	105 841	55 443
Yucatán	5	25	965	195	1 733	760
Ags., Gro. y S.L.P.	3	24	5 805	522	7 969	1 409
B. C. y Colima	3	76	13 453	10	14 755	4 364
Camp., Tab. y Tamps.	3	29	3 325	309	9 323	6 774

Los datos económicos están proporcionados en millones de pesos.

**CLAVE:**

- A Número de establecimientos censados.
- B Personal ocupado total (promedio).
- C Total de activos.
- D Inversión fija bruta.
- E Producción bruta total.
- F Materias primas y auxiliares consumidas.

**CUADRO 5.5**

**LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE FABRICANTES DE CONCENTRADOS, JARABES Y COLORANTES PARA ALIMENTOS.**

**Fuente:**

"X Censo Industrial 1976". S.P.P.

Aceites y Esencias, S. A. \*  
 Anilinas Nacionales, S. A.  
 Argo, S. A.  
 Ciba - Geigy Mexicana, S. A. de C. V.  
 Colorquim, S. A. de C. V.  
 Deiman, S. A. de C. V. \*  
 H. Kohnstamm de México, S. A. de C. V. \*  
 Mexim, S. A.  
 Montan, S. A.  
 Multicolor Mexicana, S. A. \*  
 Pigmentos y Oxidos, S. A.  
 Química Hoechst de México, S. A.  
 Química Mexibras, S. A.  
 Warner Jenkinson, S. A. de C. V. \*

NOTA: \* Únicamente dedicados a producir colorantes para alimentos.

CUADRO 5.6 PRINCIPALES PRODUCTORES DE COLORANTES PARA ALIMENTOS EN MEXICO.

Fuentes: "Anuario de la Industria Química en 1977". ANIQ.  
 "Perfiles Químicos - Tecnológicos. 1981". Facultad de Química.  
 UNAM.

## PIGMENTOS Y OXIDOS, S. A.

Fecha del Diario  
Oficial:

7 de abril de 1975.

Productos  
Autorizados:

Acetil para toluidina; 3 nitro acetil para toluidina;  
1,5 dinitro amina; 4, 8 difenoxi antraquinona; 2 ---  
etoxi, 5 acetoamino fenil dietanol amina; para nitroa  
nilina; ac. toluen sulfónico; ac. sulfanílico; 1, 4 -  
dihidro-antraquinona; 2, 6 dicloro para nitroanilina;  
otros.

Materias Primas  
Principales:

Oxido de etileno; benceno; tolueno; amoníaco; metanol;  
dicloro etileno; ac. nítrico; fenol; anhídrido ftálico;  
anilina; para toluidina; otros.

Capacidad en esta  
fecha:

1 605 Tn

Capacidad total

1 605 Tn

Inversión en esta  
fecha:

14.1 Millones de pesos.

Localización :

San Nicolás de los Garza, N. L.

Observaciones y Estado  
de Obras:

En proyecto.

CUADRO 5.7

CARACTERISTICAS DE LA INDUSTRIA PIGMENTOS Y OXIDOS, S. A.  
(PRODUCTORA DE COLORANTES PARA ALIMENTOS).

Fuente:

"Anuario de la Industria Química Mexicana en 1977". ANIQ.

Los datos investigados no muestran alguna tendencia por lo que no fué posible establecer las ecuaciones de las líneas de proyección de mercado y sus fluctuaciones e interrelaciones entre las variables que influyen. No obstante lo anterior se aplicó el análisis de mínimos cuadrados al consumo aparente de colorantes para alimentos obteniéndose el siguiente modelo matemático:

$$y = 7.7982 x - 15\ 240$$

y - Consumo aparente, toneladas

x - Año en investigación

De acuerdo con esta expresión matemática se puede esperar que para 1985 y 1990 el consumo aparente sea de 235.0 y 278.1 Tm de colorantes alimenticios, respectivamente, pero dado que el factor de correlación de esta ecuación fue de 0.8379, con una desviación estandar de 12.54, el grado de confiabilidad de dicho modelo es limitado, como se puede observar al notar que para 1979 reporta un consumo aparente de 193 Tm mientras que el valor real fué de 207 Tm.

En vista de que el producto que nos interesa es un bien de consumo intermedio, es decir, que constituye un insumo de otro, su demanda depende de la demanda del bien final a cuya producción contribuye. Por lo tanto, para proyectar sus requerimientos es necesario determinar los bienes finales que se encuentran ligados a él y cuantas unidades se requieren por cada unidad de producto final, posteriormente se obtiene el pronóstico de la demanda utilizando la serie histórica de demanda del bien final durante un período representativo de comportamiento regular. El producto que se analiza casi no se utiliza actualmente en México, por lo que es necesario realizar la investigación sobre los compuestos que si se emplean y a los cuales fuera posible sustituir, pero estos estudios excederían los límites fijados en el presente trabajo. De similar manera se procedería para la determinación cuantitativa de la oferta.

Es por lo anterior que se piensa que una industria a partir del achio te poseería grandes perspectivas, primero porque la bixina es un producto con características muy versátiles en el campo de los colorantes alimenticios, en segundo lugar la posibilidad de exportarla a países que ya lo consumen (U.S.A. y Países Bajos, principalmente) y que cuentan con industrias propias de esta sustancia pero que se encuentran limitadas por no poder cultivar la materia prima. Y por último, la contingencia de una futura restricción de compuestos sinté

ticos que crearía un mercado que debería ser cubierto y en el que actualmente existe demanda. En México solo existen empresas que emplean el achiote a nivel casero ó de pequeña industria, como la Distribuidora Mérida, S. A. de C. V. que lo usa para producir un condimento y la ya mencionada Industria CUAMEX, S. A.

### 5.2.3 TAMAÑO DE PLANTA.

El tamaño de una planta industrial se entiende como la capacidad instalada de producción, pudiendo expresarse en función del producto generado ó del volumen de materia que entra al proceso, por unidad de tiempo. Los factores que influyen en esta selección son las características del mercado de consumo y abastecimiento, las economías de escala, los recursos financieros asequibles, las peculiaridades de la mano de obra, la tecnología de producción y la política económica; algunos de estos elementos se analizan en el capítulo 6 y los demás son consecuencia de un estudio de mercado que debe realizarse al investigar un nuevo proyecto ó alternativa de inversión.

Dado que este trabajo trata de un nuevo producto, aunado a la falta de información pertinente del mercado del cual forma parte, no fue posible establecer cual sería la demanda requerida. Pero por indagación directa con un posible comprador y con una persona encargada de analizar nuevos proyectos se llegó a la conclusión de que la capacidad de la nueva planta debería procesar 35 Tm de semilla de achiote por año. En base a esta sugerencia se diseñó el proceso y se estructuró la empresa que se describe en el presente estudio, la cual cuenta con flexibilidad para incrementar su producción.

### 5.3 DETERMINACION DE CAPITAL.

Para concretizar un proyecto industrial es necesario contar con una cierta cantidad de recursos que se agrupan en:

1. Inversión fija: recursos requeridos para la adquisición ó instalación de la planta.
2. Capital de trabajo: recursos requeridos para la operación de la planta.

La suma de estos renglones constituye la inversión de capital de un proyecto industrial.<sup>5</sup>

### 5.3.1 DETERMINACION DE LA INVERSION FIJA.

Para determinar la inversión fija existen diversos métodos de estimación dependiendo del nivel de exactitud requerida. Para los fines de este trabajo se empleó una cuantificación semidetallada basada en el costo del equipo, el cual se obtuvo de cotizaciones promedio proporcionadas por los fabricantes en el mes de septiembre de 1981, dadas las características de dicho equipo (cuadro 5.8).

Los demás componentes de la planta se evaluaron como un porcentaje -- equivalente del costo total del equipo de acuerdo a los criterios de ciertos -- autores,<sup>1,8</sup> lo cual permitió cuantificar el capital ó inversión fija requerida por el proceso (cuadro 5.9).

El cómputo del equipo mobiliario se realizó en forma independiente de lo expuesto anteriormente, considerando los requerimientos mínimos que deben poseer las oficinas, determinándose un valor de \$ 114,000.00.

### 5.3.2 DETERMINACION DEL CAPITAL DE TRABAJO.

Este concepto está integrado por inventarios de materia prima, productos en proceso y terminados, efectivo en caja, cuentas por cobrar y por pagar. Como la empresa es de nueva creación y de acuerdo a las necesidades económicas requeridas por el proceso en sus primeros meses de vida, se estimó que el valor del capital de trabajo debe de ser \$ 1 500 000.00, según se aprecia en el presupuesto de flujo de efectivo (cuadro 5.19).

### 5.3.3 DETERMINACION DE GASTOS DE FABRICACION, VENTAS Y ADMINISTRACION.

Para evaluar estos términos se decidió emplear la técnica contable de catálogo de cuentas, que consiste en la agrupación ordenada y sistemática de los conceptos (cuentas) que conforman las operaciones de la empresa. La principal ventaja de este método es que permite estructurar un sistema contable y reunir operaciones homogéneas facilitando su contabilización.<sup>2</sup>

El cuadro 5.10 muestra la aplicación del sistema de cuentas al proyecto estudiado. Para su elaboración se consideraron las sugerencias propuestas por personas vinculadas a esta rama de la contabilidad, previo examen de las características del proceso, evaluándose conceptos como ropa de trabajo, publicidad, muestras, teléfonos, etc., según sus criterios.

CANT.	E Q U I P O	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
3	Tanques agitados, enchaquetados de acero al carbón con capacidad de 1.0 m <sup>3</sup> (265 gal).	\$ 180 000.00	\$ 540 000.00
2	Tanques cilíndricos de almacenamiento de NaOH (2%), de acero al carbón con capacidad de 7.0m <sup>3</sup> (1,850 gal).	83 000.00	166 000.00
2	Tanques cilíndricos de almacenamiento de solución colorante, - de acero al carbón con capacidad de 6.0 m <sup>3</sup> (1,585 gal).	75 000.00	150 000.00
8	Bombas de fierro de ½ bhp, con capacidad mínima de 30.28 l/min (8.00 gpm).	3 000.00	24,000.00
			<u>24,000.00</u>
			\$ <u>880 000.00</u>

CUADRO 5.8 ESTIMACION DEL COSTO TOTAL DE EQUIPO.

C O N C E P T O	C O S T O
Costo total de equipo.	\$ 880 000.00
Instalación de equipo, el 30% del costo total de equipo.	264 000.00
Tubería, el 25%.	220 000.00
Instrumentación, el 5%.	44 000.00
Aislamiento, el 8%.	70 400.00
Instalaciones eléctricas, el 10%.	88 000.00
Edificios, el 30%.	264 000.00
Servicios, el 25%.	<u>220 000.00</u>
 Costo físico de la planta.	 \$ 2 050 400.00
Ingeniería y construcción, el 20% del costo físico de la planta.	 <u>410 480.00</u>
 Costo directo de la planta.	 \$ 2 460 080.00
Contingencias, el 5% del costo directo de la planta	<u>123 020.00</u>
 CAPITAL FIJO.	 \$ 2 583 500.00 =====

CUADRO 5.9 ESTIMACION DEL CAPITAL FIJO.

PROYECTO COLORANTE S. ACH.

CTA.	N O M B R E		GASTOS DE FABRICACION		GASTOS DE VENTA		GASTOS DE ADMINISTRACION	
			MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL
01	Amortización		F 9 209	110 510	--	--	--	--
02	Depreciación de Bienes Muebles		F 12 320	147 840	F 475	5 700	F 475	5 700
03	Rayas	Cédula	F 42 848	514 176	--	--	--	--
04	Sueldos	Cédula	F 41 000	492 000	F 38 000	456 000	F 94 000	1 128 000
05	Vacaciones	Cédula	F 1 238	20 856	F 792	9 504	F 1 959	23 508
06	Gratificaciones Extraordinarias (Aguinaldos)	Cédula	F 3 478	41 736	F 1 584	19 008	F 3 917	47 004
07	Comisiones al Personal	5% Sobre Ventas	--	--	V 94 648	1 135 778	--	--
08	Honorarios e Igualas		--	--	F 10 000	120 000	--	--
09	Cuotas al Seguro Social	Cédula	F 9 495	113 940	F 4 404	52 848	F 10 891	130 692
10	Impuesto 1% Educacional	Cédula	F 889	10 668	F 403	4 836	F 999	11 988
11	Previsión Social 5% p/Fondo Nacional de la Vivienda	Cédula	F 4 194	50 328	F 1 900	22 800	F 4 700	56 400
12	Servicios Médicos (Botiquines)		V 150	1 800	V 75	900	V 75	900
13	Ropa de Trabajo y Artículos de Protección		V 644	7 728	V 600	7 200	--	--
14	Entrenamiento y Capacitación de Personal		V 1 700	20 400	V 1 000	12 000	V 800	9 600
15	Donativos de Final de Ejercicio		--	--	--	--	V 300	3 600
16	Renta del Local		F 43 050	516 600	F 4 650	55 800	F 1 500	18 000
17	Arrendamiento de Muebles (Camioneta)		--	--	F 15 000	180 000	--	--
18	Gastos de Experimentación		V 1 800	21 600	--	--	--	--
19	Seguros sobre Inversiones de Activo Fijo		F 2 055	24 660	F 349	4 188	F 55	660
20	Fletes y Acarreos		--	--	V 2 660	31 920	--	--
21	Propaganda y Publicidad		--	--	V 2 300	27 600	--	--
22	Juntas de Trabajo		--	--	V 1 200	14 400	V 600	7 200
23	Papelera, Imprenta y Artículos de Oficina		V 2 730	32 760	V 5 500	66 000	V 4 100	49 200
24	Libros, Revistas y Folletos		--	--	V 200	2 400	V 300	3 600
25	Cuotas, Suscripciones y Publicaciones		V 800	9 600	--	--	--	--
26	Luz y Fuerza		F 500	6 000	F 150	1 800	F 150	1 800
27	Teléfonos		V 385	4 620	V 1 725	20 700	V 1 725	20 700
28	Correo y Telégrafo		--	--	V 600	7 200	V 500	6 000
29	Pasajes Locales (Mensajero)		--	--	--	--	V 250	3 000
30	Manejo y Empaque		--	--	V 6 820	81 840	--	--
31	Materiales, Herramientas y Refacciones		V 2 400	28 800	--	--	--	--
32	Pasajes y Gastos de Viaje		--	--	--	--	V 3 000	36 000
33	Servicio de Vigilancia		F 1 314	15 768	F 141	1 692	F 45	540
34	Servicio de Limpieza (Artículos de aseo y conservación)		V 3 300	39 600	F 454	5 448	F 454	5 448
		HOJA 1	185 999	2 231 990	195 630	2 347 562	130 795	1 569 540

PROYECTO COLORANTE S. ACH.

CTA.	N O M B R E	GASTOS DE FABRICACION		GASTOS DE VENTA		GASTOS DE ADMINISTRACION	
		MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL
35	Gastos Atención Clientes	--	--	V 2 000	24 000	--	--
36	Muestras	--	--	V 580	6 960	--	--
37	Agua	V 120	1 440	V 15	180	V 15	180
38	Reparaciones, Gastos de Mantenimiento	V 1 500	18 000	V 1 000	12 000	V 1 000	12 000
39	Gastos Equipo de Transporte (Camioneta de Reparto)	--	--	V 3 050	36 600	--	--
40	Gastos no Deducibles (Multas, Recargos, etc.)	V 1 600	19 200	--	--	V 2 500	30 000
41	Diversos	V 6 100	73 200	V 4 205	50 460	V 3 534	42 408
	HOJA 2	9 320	111 840	10 850	130 200	7 049	84 588
	GRAN TOTAL	195 319	2 343 830	206 480	2 477 762	137 844	1 654 128

Otros renglones como luz y fuerza, agua y similares se calcularon según los requerimientos de la planta. Asimismo el servicio de vigilancia y seguros se obtuvieron de estimaciones proporcionadas por compañías que ofrecen estos servicios, en base a las peculiaridades que se poseen (dimensiones del terreno, edificios, riesgo de la planta, etc.).

Con respecto a la amortización y depreciación se consideraron diez años de vida probable promedio de la planta y se uso el método lineal para su cuantificación anual.

La evaluación de los sueldos, rayas y demás rubros relacionados a estos conceptos se realizó tomando en cuenta las condiciones existentes en materia laboral, lo cual se aprecia en el cuadro 5.11. Su elaboración contempló las prestaciones exigidas por la ley como 15 días económicos de gratificación anual y otorgamiento de 6 días económicos de vacaciones por el primer año más un 25% de este valor como prima vacacional; para su contabilización se distribuyeron mensualmente en forma proporcional para integrar el total de percepción mensual para cada empleado y en base a este calcular las erogaciones correspondientes a impuestos y aportación patronal al IMSS; la integración de este último se observa en el cuadro 5.12 y se siguieron los lineamientos gubernamentales exigidos. En el cuadro 5.11 se aprecia la inclusión de letras para una mayor comprensión, así A, V y F se relacionan al tipo de operación que realiza el empleado, sea de administración, ventas ó fabricación; las letras de la última columna corresponden al grupo de salario.

Es necesario hacer notar que no todas las erogaciones que realiza la empresa son en forma proporcional, sin embargo con fines de cuantificación se consideró un ponderamiento mensual en esos casos, basado en la contabilización anual de las cuentas.

Asimismo la distribución de desembolsos por cuentas como seguros sobre inversiones, renta del local, etc., entre las tres operaciones se realizó considerando el terreno que ocupa cada una de ellas; por último, las letras colocadas a la izquierda de cada cantidad se refieren a su consideración como gastos fijos ó variables.

#### 5.4 PRESUPUESTOS.

El presupuesto como herramienta de la administración se define como -

PERSONAL TABULADOR DE SUELDOS E INDIRECTOS		SUELDOS	GRATIFI- CACION - PROM.MEN.	VAC. MAS PRIMA VAC. PROM.MENS.	TOTAL PERCEP. MENSUAL	1% MEN SUAL	5% MENSUAL	APORTACION PATRONAL IMSS
<b>ADMINISTRATIVO</b>								
GERENTE GENERAL	A	40 000	1 667	833	42 500	425	2 000	W 4 633
SECRETARIA	A	14 000	583	292	14 875	149	700	W 1 623
CONTADOR	A	25 000	1 042	521	26 563	266	1 250	W 2 897
AUXILIAR	A	15 000	625	313	15 938	159	750	W 1 738
<b>VENTAS</b>								
CREDITO Y COBRANZAS	V	15 000	625	313	15 938	159	750	W 1 738
ALMACENISTA	V	13 000	542	271	13 813	138	650	W 1 507
CHOFER REPARTIDOR	V	10 000	417	208	10 625	106	500	W 1 159
<b>OPERATIVO</b>								
SUPERVISOR	F	18 000	750	375	19 125	191	900	W 2 086
INVESTIGACIONES	F	13 000	542	271	13 813	138	650	W 1 507
CONTROL CALIDAD	F	10 000	417	208	10 625	106	500	W 1 159
OBRREROS: A	F	8 212	338	169	8 719	87	411	U 896
B	F	8 212	338	169	8 719	87	411	U 896
C	F	8 212	338	169	8 719	87	411	U 896
MANTENIMIENTO	F	10 000	417	208	10 625	106	500	W 1 159
AYUDANTE	F	8 212	338	169	8 719	87	411	U 896

CUADRO 5.11 DETERMINACION DE SUELDOS, SALARIOS E INDIRECTOS.

P U E S T O	Salario Diario Integrado	Aportación Patronal 9.375%	Porcentaje Riesgo: 15% de 3.75%	1% de Guarderías	Aportación Total Semanal	Promedio Mensual
Director General	1 397.25	916.25	55.02	97.81	1 069.08	4 633.00
Contador	873.30	573.11	34.39	61.13	668.63	2 897.00
Crédito y Cobranzas	532.99	343.87	20.63	36.68	401.18	1 738.00
Auxiliar	532.99	343.87	20.63	36.68	401.18	1 738.00
Secretaria	489.04	320.93	19.26	34.23	374.42	1 623.00
Almacenista	454.13	298.02	17.88	31.79	347.69	1 507.00
Control Calidad	349.32	229.24	13.75	24.45	267.44	1 159.00
Supervisor	628.77	412.63	24.76	44.01	481.40	2 086.00
Obreros	269.98	177.18	10.63	18.90	206.71	896.00

CUADRO 5.12 DETERMINACION DE LA APORTACION PATRONAL AL IMSS.

"la estimación programada en forma sistemática de las condiciones de operación y de los resultados a obtener por un organismo, en un período determinado".<sup>3</sup> - Su importancia radica en la utilidad que proporciona para la determinación de la factibilidad de un proyecto por medio de los presupuestos de ingresos, cuantificados con las cifras de volúmenes y precios de venta del producto obtenido, y de los presupuestos de egresos, calculados con las cantidades y precios de los insumos requeridos.

Dado que la elaboración de los presupuestos requiere del conocimiento del precio de venta de la sustancia fabricada, a continuación se expone la forma en que se obtuvo.

#### 5.4.1 DETERMINACION DEL COSTO DE MANUFACTURA Y DEL PRECIO DE VENTA.

En la evaluación del costo de manufactura se consideraron las cantidades anuales (248 días efectivos) de insumos requeridos para el nivel de producción seleccionado, cabe señalar que la concentración de la solución de NaOH es de 50% en peso y su adquisición se realizaría en tambos de 320 Kg, lo que facilita su almacenamiento y posterior dilución con el agua destilada a la concentración requerida (2% en peso).

En base a las características del producto y la presentación de sustancias similares se decidió ofrecer el colorante en envases de dos capacidades: un galón y medio galón, los recipientes son de polietileno de alta densidad y opacos, dada la alcalinidad y estabilidad de la solución.

Otros renglones que intervienen en el costo de manufactura se muestran en el cuadro 5.13, a la vez que los resultados obtenidos.

Para fijación del precio de venta se tomaron en cuenta las sugerencias de un posible comprador del producto, a la vez que se realizó un análisis para poder ofrecer un bien nuevo con valor competitivo en el mercado y atractivo desde el punto de vista de los inversionistas. El cuadro 5.14 muestra los rubros que deben conformar y cubrir el precio de venta, así como los beneficios que se esperan por unidad vendida en ambos tipos de presentación; el renglón de gastos de operación se obtuvo considerando un prorrateo por peso sobre costo de manufactura e incluye las comisiones correspondientes a los vendedores (5% sobre el precio de venta), el quinto y sexto renglones se relacionan con el impuesto sobre la renta y la participación a trabajadores (42% y 8% sobre la utilidad neta antes de impuestos) y, por último, la utilidad neta.

C O N C E P T O	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO ANUAL	
<b>Materias Primas:</b>				
Semilla de achiote	34.72 Tm	\$ 30,500/Tm	\$ 1,058,960	
Solución de sosa	13.89 Tm	8,000/Tm	111,120	
Agua destilada	338.10 m <sup>3</sup>	525/m <sup>3</sup>	<u>177,503</u>	\$ 1,347,583
<b>Envases:</b>				
1 Galón	39 928 env.	17/env.	\$ 678,776	
½ Galón	79 360 env.	10/env.	<u>793,600</u>	\$ 1,472,376
<b>Etiquetas:</b>				
1 Galón	39 928 etiq.	5/etiq.	\$ 199,640	
½ Galón	79 360 etiq.	3/etiq.	<u>238,080</u>	\$ <u>437,720</u>
	Costo de materias primas		\$ 3,257,679	
Más:	Costo de mano de obra		<u>1,006,176</u>	
	Costo primo		\$ 4,263,855	
Más:	Gastos indirectos de fabricación		<u>1,337,654</u>	
	Costo de fabricación		\$ 5,601,509	<u>*****</u>
Producto terminado: 79 608 gal				
Costo de manufactura promedio = $\frac{5\ 601\ 509}{79\ 608} = \$ 70.36/\text{gal}$				
Costo de manufactura en presentación de 1 galón = $\frac{3\ 691\ 413}{79\ 608} + 22 = \$ 68.37/\text{unidad}$				
Costo de manufactura en presentación ½ galón = $\frac{3\ 691\ 413}{2(79\ 608)} + 13 = \$ 36.18/\text{unidad}$				

CUADRO 5.13 DETERMINACION DEL PRECIO DE MANUFACTURA.

	1 GALON	½ GALON
Costo de Manufactura.	68.37	36.18
Gastos de Operación.	50.43	26.68
Costo Total.	118.80	62.86
Precio de Venta.	315.00	175.00
Impuesto Sobre la Renta.	82.40	47.10
Participación de Utilidades.	15.70	8.97
Utilidad Neta.	98.10	56.07

CUADRO 5.14 DETERMINACION DEL PRECIO DE VENTA.

#### 5.4.2 PRESUPUESTOS DE INGRESOS.

Estos documentos son importantes porque establecen los posibles medios para que se lleven a cabo las operaciones de la negociación. El presupuesto de ingresos está formado por los presupuestos de ventas y de otros ingresos, este último no existe y las únicas entradas que espera la compañía están constituidas por las ventas.

El presupuesto de ventas se calculó multiplicando los volúmenes mensuales de producción que se espera vender por los precios de venta correspondientes. En vista de que el producto es nuevo en el mercado se hizo una estimación subjetiva de las cantidades que se espera colocar en el primer año de vida de la compañía, conservándose al final del mismo una existencia de dos meses de producto terminado (cuadro 5.15).

#### 5.4.3 PRESUPUESTO DE EGRESOS.

Como su nombre lo indica se refiere a los desembolsos que tiene que realizar la empresa para su funcionamiento. Está integrado por presupuestos de producción, compras, inventarios, gastos de distribución y administrativos, inversiones fijas, otros egresos, etc.

En esta sub-sección únicamente se analizarán los tres primeros por constituir los principales gastos que se efectúan y ya que los demás presupuestos se derivan de estos ó están expresados en forma implícita en el cuadro 5.10 de cuentas, además de que se muestran en el presupuesto de flujo efectivo.

Para el presupuesto de producción se determinaron las unidades mensuales fabricadas del bien y se multiplicaron por los costos de manufactura, para cada presentación del producto, obteniéndose las erogaciones por concepto de materias primas. Para los gastos de mano de obra directa e indirectos de fabricación se aprovecharon las técnicas contables investigadas para establecer una producción mensual idéntica a los días laborados, en virtud de lo cual se puede provisionar proporcionalmente el gasto por efectuar, dado que aunque el egreso ó salida de efectivo no se realiza de igual forma ó en el mismo mes, si se verifica en el mismo período (cuadro 5.16). Este criterio se aplicó en aquellos documentos que contemplaran características similares.

El presupuesto de compras se refiere exclusivamente a las vinculadas con materias primas y se obtiene en base al presupuesto de producción, dado el-

## PROYECTO COLORANTE S. ACH.

PRESUPUESTO DE VENTAS.

M e s	Un Galón		Medio Galón		T O T A L
	Unidades	Importe	Unidades	Importe	
Enero	-	-	-	-	-
Febrero	513	161 595	680	119 000	280 595
Marzo	856	269 640	3 060	535 500	805 140
Abril	2 053	646 695	4 420	773 500	1 420 195
Mayo	3 422	1 077 930	6 120	1 071 000	2 148 930
Junio	3 422	1 077 930	6 460	1 130 500	2 208 430
Julio	3 764	1 185 660	7 140	1 249 500	2 435 160
Agosto	3 764	1 185 660	8 160	1 428 000	2 613 660
Septiembre	3 936	1 239 840	8 500	1 487 500	2 727 340
Octubre	4 106	1 293 390	8 500	1 487 500	2 780 890
Noviembre	4 278	1 347 570	8 700	1 522 500	2 870 070
Diciembre	4 110	1 294 650	6 460	1 130 500	2 425 150
<b>T O T A L E S:</b>	<b>34 224</b>	<b>10 780 560</b>	<b>68 200</b>	<b>11 935 000</b>	<b>22 715 560</b>

CUADRO 5.15 PRESUPUESTO DE VENTAS.

PROYECTO COLORANTE S.ACH.

PRESUPUESTO DE PRODUCCION.

M E S	Materia Prima Directa						T O T A L (\$)
	Un Unidades	Galón Costo	Medio Unidades	Galón Costo	Obra de mano directa (\$)	Gastos indirectos de fabricación (\$)	
Enero	3 220	125 347	6 400	137 369	83 848	107 875	454 439
Febrero	3 059	119 081	6 080	130 499	83 848	102 482	435 910
Marzo	3 703	144 149	7 360	157 974	83 848	124 057	510 028
Abril	3 220	125 347	6 400	137 369	83 848	107 875	454 439
Mayo	3 059	119 081	6 080	130 499	83 848	102 482	435 910
Junio	3 542	137 882	7 040	151 106	83 848	118 663	491 499
Julio	3 542	137 882	7 040	151 106	83 848	118 663	491 499
Agosto	3 542	137 882	7 040	151 106	83 848	118 663	491 499
Septiembre	3 220	125 347	6 400	137 369	83 848	107 875	454 439
Octubre	3 381	131 615	6 720	144 237	83 848	113 269	472 969
Noviembre	3 220	125 347	6 400	137 369	83 848	107 875	454 439
Diciembre	3 220	125 347	6 400	137 369	83 848	107 875	454 439
<b>T O T A L E S</b>	<b>39 928</b>	<b>1 554 307</b>	<b>79 360</b>	<b>1 703 372</b>	<b>1 006 176</b>	<b>1 337 654</b>	<b>5 601 509</b>

CUADRO 5.16 PRESUPUESTO DE PRODUCCION.

nivel de fabricación mensual, adicionando una cantidad extra de manera que siempre se cuente con existencia de materias primas en el almacén y se eviten paros por problemas de aprovisionamiento de los distribuidores ó fabricantes de insumos, procurando no poseer un inventario excesivo que ocasione erogaciones innecesarias (cuadro 5.17).

La diferencia entre el presupuesto de producción y el de ventas da como resultado el presupuesto de inventarios y se observa, como ya se mencionó, - que al final del ejercicio se cuenta con una existencia aproximada de dos meses de producción, lo cual proporciona flexibilidad a las operaciones comerciales - de la compañía (cuadro 5.18).

#### 5.4.4 PRESUPUESTO DE FLUJO DE EFECTIVO.

El flujo de efectivo se define como "el estudio, análisis y pronóstico de la secuencia pecuniaria, con referencia a sus fuentes y usos en una empresa, en período futuro determinado, con el objeto de planeación y control del dinero".<sup>3</sup> Su importancia estriba en que permite una coordinación entre cobros y pagos, de manera que la compañía establece las actividades que sean satisfactorias para sus operaciones, tales como inversiones requeridas, obtención de préstamos, circulación de dinero, etc.

Para la elaboración de este presupuesto se consideraron los documentos presentados en las sub-secciones 5.3.3, 5.4.2 y 5.4.3. Los ingresos se obtuvieron en base al presupuesto de ventas y estos valores llevan incluido el -- I.V.A., la distribución de los gastos a través de los meses fué realizada de -- acuerdo a las necesidades de la planta y a las formas de pago establecidas por el gobierno, los renglones correspondientes a energía eléctrica, comisiones a vendedores, seguros, materias primas, papelería, servicio de limpieza y vigilancia llevan englobado su correspondiente I.V.A. (cuadro 5.19).

#### 5.4.5 PUNTO DE EQUILIBRIO.

Para cualquier proyecto industrial es necesario determinar el nivel de producción al que debe trabajar la planta, para que sus ingresos sean iguales a sus egresos, es decir, el volumen de producción a partir del cual se pueden obtener utilidades para una combinación de los costos de insumos y precios de venta de los productos. Este concepto es denominado generalmente punto de equilibrio y por medio de él se puede medir la eficiencia de operación, además de proporcionar información para el análisis, planeación y control de los resul

PROYECTO COLORANTE S. ACH.

PRESUPUESTO DE COMPRAS.

C O N C E P T O	E N E R O		F E B R E R O		M A R Z O		A B R I L		M A Y O		J U N I O	
	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO
Semilla de Achiote	4 000	122 000	3 000	91 500	4 000	122 000	3 000	91 500	3 000	91 500	3 000	91 500
Solución de Sosa	1 600	12 800	960	7 680	1 280	10 240	1 280	10 240	960	7 680	1 280	10 240
Agua Destilada	35 000	18 375	25 000	13 125	30 000	15 750	30 000	15 750	25 000	13 125	30 000	15 750
Envases de 1 Galón	4 000	68 000	3 500	59 500	3 500	59 500	3 000	51 000	3 500	59 500	3 500	59 500
Envases de 1/2 Galón	7 000	70 000	7 000	70 000	7 000	70 000	6 500	65 000	6 500	65 000	7 000	70 000
Etiquetas de 1 Galón	4 000	20 000	3 500	17 500	3 500	17 500	3 500	17 500	3 500	17 500	3 500	17 500
Etiquetas de 1/2 Galón	7 000	21 000	7 000	21 000	7 000	21 000	7 000	21 000	7 000	21 000	7 000	21 000
<b>T O T A L E S</b>		<b>332 175</b>		<b>280 305</b>		<b>315 990</b>		<b>271 990</b>		<b>275 305</b>		<b>285 490</b>

CUADRO 5.17 PRESUPUESTO DE COMPRAS.

(PRIMERA PARTE).

PROYECTO COLORANTE S. ACH.

PRESUPUESTO DE COMPRAS.

CONCEPTO	JULIO		AGOSTO		SEPT.		OCT.		NOV.		DIC.		TOTALES	
	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO										
Semilla de Achiote	3 000	91 500	3 000	91 500	3 000	91 500	3 000	91 500	3 000	91 500	3 000	91 500	38 000	1 159 000
Solución de Sosa	1 280	10 240	1 280	10 240	960	7 680	1 280	10 240	960	7 680	1 280	10 240	14 400	115 200
Agua Destilada	30 000	15 750	30 000	15 750	30 000	15 750	25 000	13 125	30 000	15 750	25 000	13 125	345 000	181 125
Envases de 1 Galón	3 500	59 500	3 500	59 500	3 000	51 000	3 000	51 000	3 500	59 500	3 000	51 000	40 500	688 500
Envases de 1/2 Galón	7 000	70 000	7 000	70 000	6 500	65 000	6 500	65 000	6 500	65 000	6 500	65 000	81 000	810 000
Etiquetas de 1 Galón	3 500	17 500	3 500	17 500	3 000	15 000	3 000	15 000	3 500	17 500	3 000	15 000	41 000	205 000
Etiquetas de 1/2 Galón	7 000	21 000	7 000	21 000	6 500	19 500	6 500	19 500	6 500	19 500	6 500	19 500	82 000	246 000
<b>T O T A L E S</b>	<b>285 490</b>		<b>285 490</b>		<b>265 430</b>		<b>265 365</b>		<b>276 430</b>		<b>265 365</b>		<b>3 404 825</b>	

CUADRO 5.17 PRESUPUESTO DE COMPRAS.

(SEGUNDA PARTE),

## PROYECTO COLORANTE S. ACH".

PRESUPUESTO DE INVENTARIOS.

M e s	Un Galón		Medio Galón	
	Unidades	Importe	Unidades	Importe
Enero	3 220	220 151	6 400	231 552
Febrero	5 766	394 221	11 800	426 924
Marzo	8 613	588 871	16 100	582 498
Abril	9 780	668 659	18 080	654 134
Mayo	9 417	643 840	18 040	652 687
Junio	9 537	652 048	18 620	673 672
Julio	9 315	636 867	18 520	670 054
Agosto	9 093	620 688	17 400	629 532
Septiembre	8 377	572 735	15 300	553 554
Octubre	7 652	523 167	13 520	489 154
Noviembre	6 594	450 832	11 220	405 940
Diciembre	5 704	389 982	11 160	403 769
<b>T O T A L EN ALMACEN</b>	<b>5 704</b>	<b>389 982</b>	<b>11 160</b>	<b>403 769</b>

=====  
**CUADRO 5.18      PRESUPUESTO DE INVENTARIOS DE PRODUCTO TERMINADO.**

**PROYECTO COLORANTE S. ACH.**  
**PRESUPUESTO DE FLUJO DE EFECTIVO.**

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
DISPONIBILIDAD INICIAL	1 500 000	553 683	202 528	254 901	1 053 784	2 364 671
Más: Ingresos por Cobranzas	-	293 222	841 371	1 484 104	2 245 632	2 307 809
<b>TOTAL DISPONIBLE</b>	<b>1 500 000</b>	<b>846 905</b>	<b>1 043 899</b>	<b>1 739 005</b>	<b>3 299 416</b>	<b>4 672 480</b>
<b>EGRESOS</b>						
Sueldos y Salarios	199 713	199 713	199 713	199 713	199 713	199 713
Cuotas al IMSS			49 580		49 580	
I.S.P.T., 1% Educacional, 5% INFONAVIT		18 426	40 014	18 426	40 014	18 426
Gratificación (aguinaldo)						
Comisiones a Vendedores	-	-	15 433	44 283	78 111	118 191
Renta y Arrendamiento de Bienes	144 900	65 700	65 700	65 700	65 700	65 700
Energía Eléctrica y Teléfonos	4 219	5 979	4 219	5 979	4 219	5 979
Seguros	16 230					
Papelería	97 656				21 700	
Servicio de Vigilancia	1 650	1 650	1 650	1 650	1 650	1 650
Servicio de Limpieza	4 629	4 629	4 629	4 629	4 629	4 629
Materias Primas	365 393	308 336	347 589	299 189	302 836	314 039
I. V. A.	-	-	-	-	92 092	165 090
Honorarios	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Préstamos						
Diversos	101 927	29 944	50 471	35 652	64 501	39 599
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>946 317</b>	<b>644 377</b>	<b>788 998</b>	<b>685 221</b>	<b>934 745</b>	<b>943 016</b>
<b>SUPERAVIT - (DEFICIT)</b>	<b>553 683</b>	<b>202 528</b>	<b>254 901</b>	<b>1 053 784</b>	<b>2 364 671</b>	<b>3 729 464</b>

CUADRO 5.19 PRESUPUESTO DE FLUJO DE EFECTIVO.

(PRIMERA PARTE).

PROYECTO COLORANTE S. ACH.  
PRESUPUESTO DE FLUJO DE EFECTIVO.

	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DISPONIBILIDAD INICIAL	3 729 464	5 220 442	6 937 501	8 713 959	10 590 789	12 468 249
Más: Ingresos por Cobranzas	2 544 742	2 731 275	2 850 070	2 906 030	2 999 223	2 534 284
<b>TOTAL DISPONIBLE</b>	<b>6 274 206</b>	<b>7 951 717</b>	<b>9 787 571</b>	<b>11 619 989</b>	<b>13 590 012</b>	<b>15 002 533</b>
<b>EGRESOS</b>						
Sueldos y Salarios	199 713	199 713	199 713	199 713	199 713	199 713
Cuotas al IMSS	49 580		49 580		49 580	
I.S.P.T., 1% Educacional, 5% INFONAVIT	40 014	18 426	40 014	18 426	40 014	18 426
Gratificación (Aguinaldo)						89 089
Comisiones a Vendedores	121 464	133 934	143 751	150 004	152 949	157 854
Renta y Arrendamiento de Bienes	65 700	65 700	65 700	65 700	65 700	65 700
Energía Eléctrica y Teléfonos	4 219	5 979	4 219	5 979	4 219	5 979
Seguros	16 230					
Papelería		21 700		21 700		
Servicio de Vigilancia	1 650	1 650	1 650	1 650	1 650	1 650
Servicio de Limpieza	4 629	4 629	4 629	4 629	4 629	4 629
Materias Primas	314 039	314 039	291 973	291 902	304 073	291 902
I. V. A.	167 892	187 817	202 986	217 031	219 424	228 655
Honorarios	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Préstamos						80 000
Diversos	58 634	50 629	59 397	42 466	69 812	68 584
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>1 053 764</b>	<b>1 014 216</b>	<b>1 073 612</b>	<b>1 029 200</b>	<b>1 121 763</b>	<b>1 222 181</b>
<b>SUPERAVIT - (DEFICIT)</b>	<b>5 220 442</b>	<b>6 937 501</b>	<b>8 713 959</b>	<b>10 590 789</b>	<b>12 468 249</b>	<b>13 780 352</b>

CUADRO 5.19 PRESUPUESTO DE FLUJO DE EFECTIVO.

(SEGUNDA PARTE).

tados de un negocio.

El cuadro 5.20 representa la evaluación del punto de equilibrio mensual en base al método analítico, su presentación es en la forma usada comúnmente de gastos e ingresos para usos contables y administrativos; la gráfica 5.2 es la determinación de dicho punto en base al mismo concepto y en ella se encuentran señalados los diferentes componentes del costo total del producto.

El punto de equilibrio anual en términos unitarios es mostrado en el cuadro 5.21 para cada tipo de presentación, así como el método empleado en su fijación. Las gráficas 5.3 y 5.4 representan los puntos de equilibrio en forma visual para los productos de uno y de medio galón, respectivamente. Ambos tipos de evaluaciones se fundamentaron en el cuadro de cuentas de la sección 5.3.

#### 5.4.6 PROYECCIONES.

En esta sub-sección se trata de proyectar los resultados de operación que podrían esperarse en los próximos cinco años. Para su preparación se consideró el período inflacionario que existe en el país y el posible crecimiento que experimentarían la empresa.

En base a los datos reportados por el Banco de México, S. A.<sup>4</sup> y por medio de una regresión lineal se estimaron las siguientes tasas de inflación:

1982	32.3%	1985	43.3%
1983	35.9%	1986	47.0%
1984	39.6%	1987	50.7%

Mientras que el índice de crecimiento para productos químicos es de 10.8% para el período 1982-1985. El usar los anteriores valores no permitiría una evaluación veraz porque los datos empleados en la regresión corresponden a un intervalo de gran inflación, la cual en fechas recientes ha tendido a estabilizarse con lo que se espera que en un futuro reciente empiece a mantenerse constante. Por esta razón se decidió considerar un valor fijo de inflación e igual al 30%, a la vez que se atribuyó el índice de crecimiento reportado por el Banco de México.

El incremento del 30% se aplicó a los gastos indirectos de las operaciones de la compañía y al costo de la materia prima e insumos del producto vendido, agregando el aumento proporcional de estos últimos de acuerdo al acrecen-

CONCEPTO	PERIODO ANUAL		PROMEDIO MENSUAL	
	TOTAL	TOTAL	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES
Materias Primas y Materiales	2 463 928	205 327	-	205 327
Sueldos y Salarios-Producción	1 006 176	83 848	83 848	-
Gastos Indirectos de Fabricación	1 337 654	111 471	88 242	23 229
Gastos de Ventas	2 477 762	206 480	78 302	128 178
Gastos de Administración	1 654 128	137 844	119 145	18 699
<b>T O T A L E S</b>	<b>8 939 648</b>	<b>744 970</b>	<b>369 537</b>	<b>375 433</b>
Ventas Netas	21 579 782	1 798 315		

Contribución marginal (cm) = Ventas netas - Costos variables

$$cm = 1\,798\,315 - 375\,433$$

$$cm = 1\,422\,882$$

Porcentaje de contribución (pc) =  $\frac{\text{Costos variables}}{\text{Ventas netas}}$

$$pc = \frac{375\,433}{1\,798\,315}$$

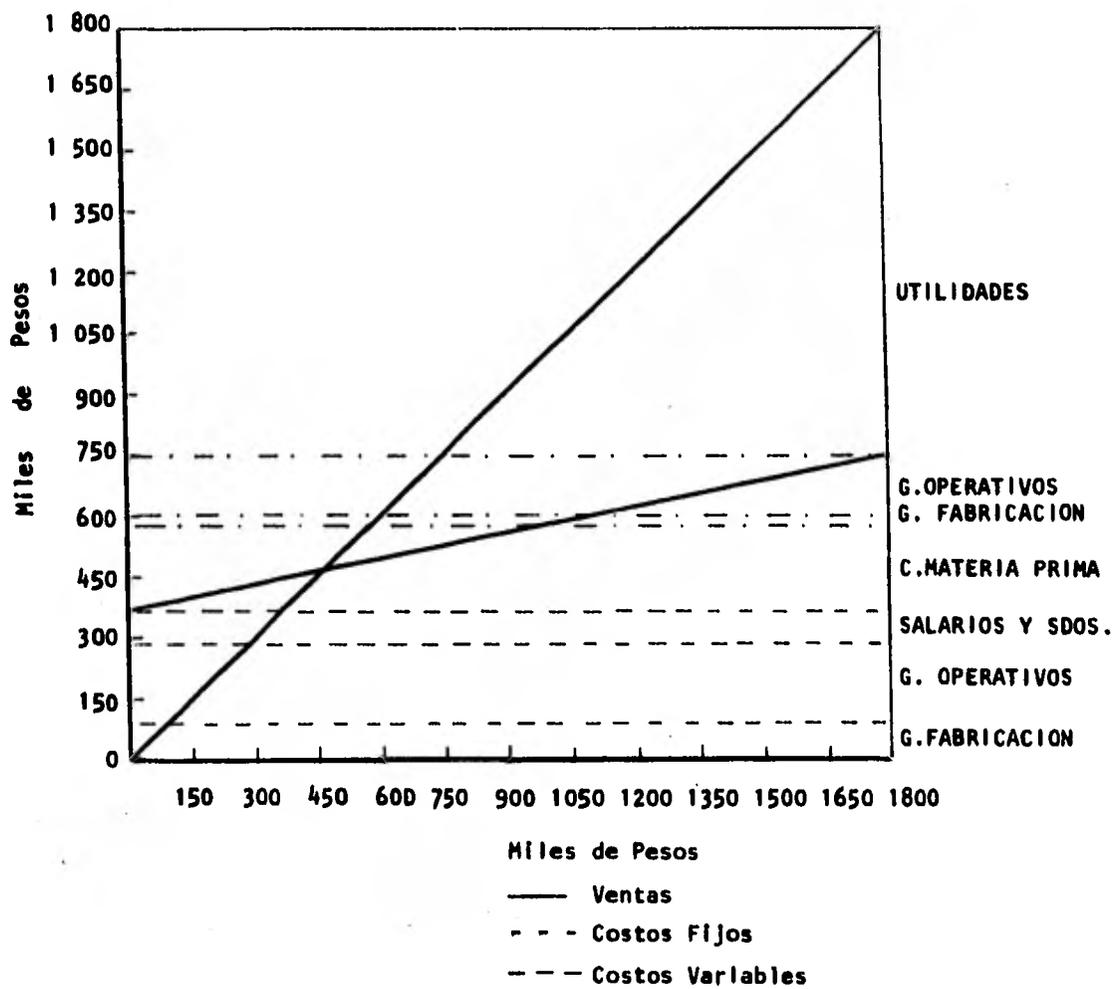
$$pc = 0.208769$$

Punto de Equilibrio (PE) =  $\frac{\text{Costos fijos}}{(1.0 - pc)}$

$$PE = \frac{369\,537}{(1.0 - 0.208769)}$$

$$PE = \$\,467\,041.$$

CUADRO 5.20 DETERMINACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO MENSUAL (METODO ANALITICO).



GRAFICA 5.2 DETERMINACION GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO MENSUAL . (METODO ANALITICO) .

C O N C E P T O	PERIODO ANUAL		T O T A L
	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES	
Materias Primas y Materiales	-	2 463 928	2 463 928
Sueldos y Salarios - Producción	1 006 176	-	1 006 176
Gastos Indirectos de Fabricación	1 058 906	278 748	1 337 654
Gastos de Ventas	939 624	1 538 138	2 477 762
Gastos de Administración	1 429 740	224 388	1 654 128
<b>T O T A L E S</b>	<b>4 434 446</b>	<b>4 505 202</b>	<b>8 939 648</b>

## Producto Anual

PRESENTACION	Vendido (Unidades)
Un galón	34 224
Medio galón	68 200
<b>T O T A L E S (gal)</b>	<b>68 324</b>

## Distribución de los Costos Fijos (cf).

Un galón	cf = 4 434 446	$\frac{34\ 224.}{68\ 324.}$	= \$ 2 221 247.
Medio galón	cf = 4 434 446	$\frac{68\ 200.}{2(68324)}$	= \$ 2 213 199.

## Distribución de los Costos Variables (cv).

Un galón	cv = $\frac{4\ 505\ 202.}{68\ 324.}$	= \$ 65.93/unidad
Medio galón	cv = $\frac{4\ 505\ 202.}{2.(68\ 324.)}$	= \$ 32.97/unidad

## Ecuaciones de Costo Total (ct = cf + cv).

Un galón            ct = 2 221 247. + 65.93x

Medio galón        ct = 2 213 199. + 32.97x

x - Número de unidades anuales vendidas

## Ecuaciones de Ventas Netas (v).

Un galón            v = 315.00x (1.0 - 0.05) = 299.25x

Medio galón        v = 175.00x (1.0 - 0.05) = 166.25x

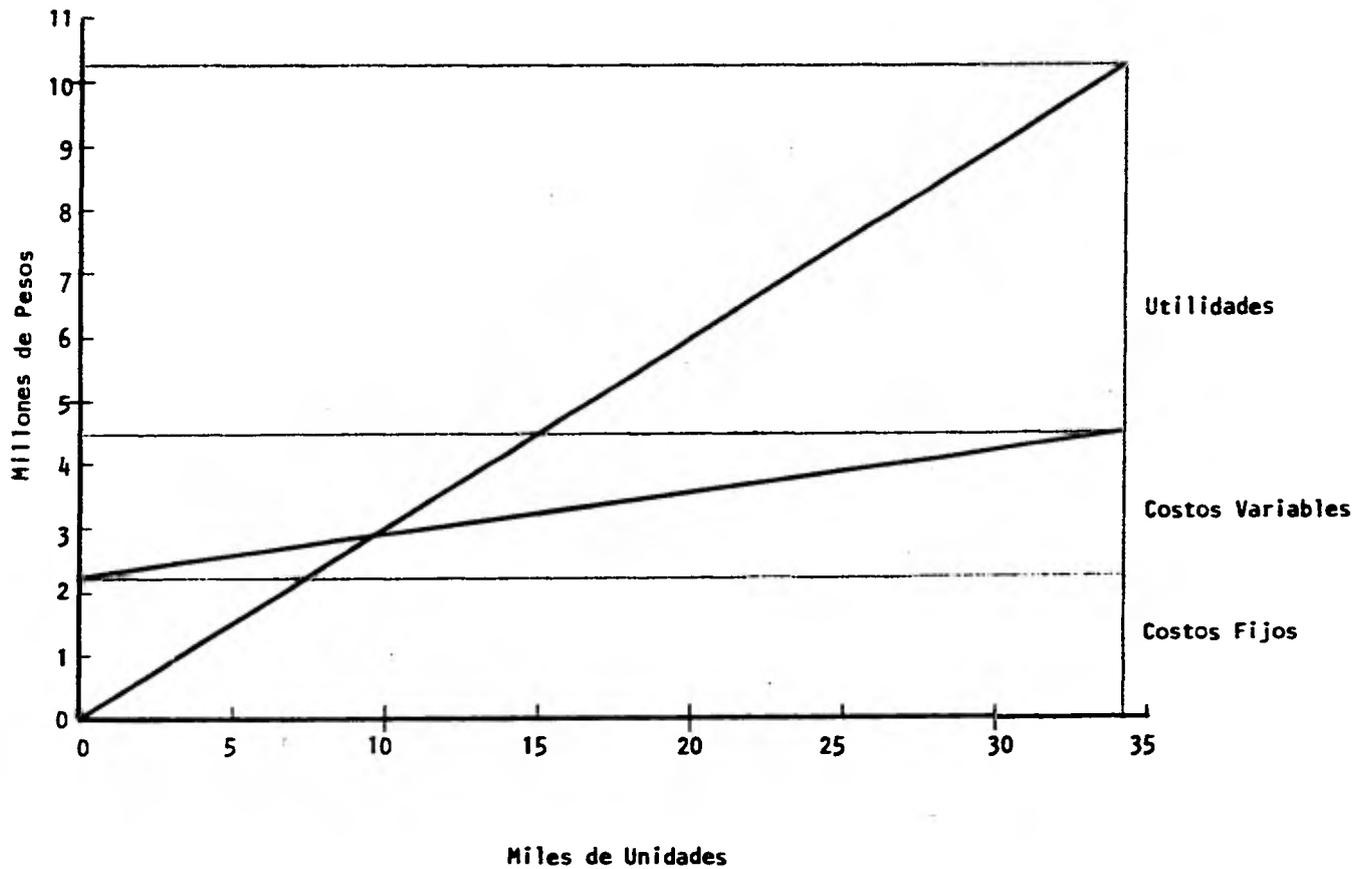
El 5% de cada peso corresponde a la comisión de los vendedores.

## Punto de Equilibrio (PE ; ct = v)

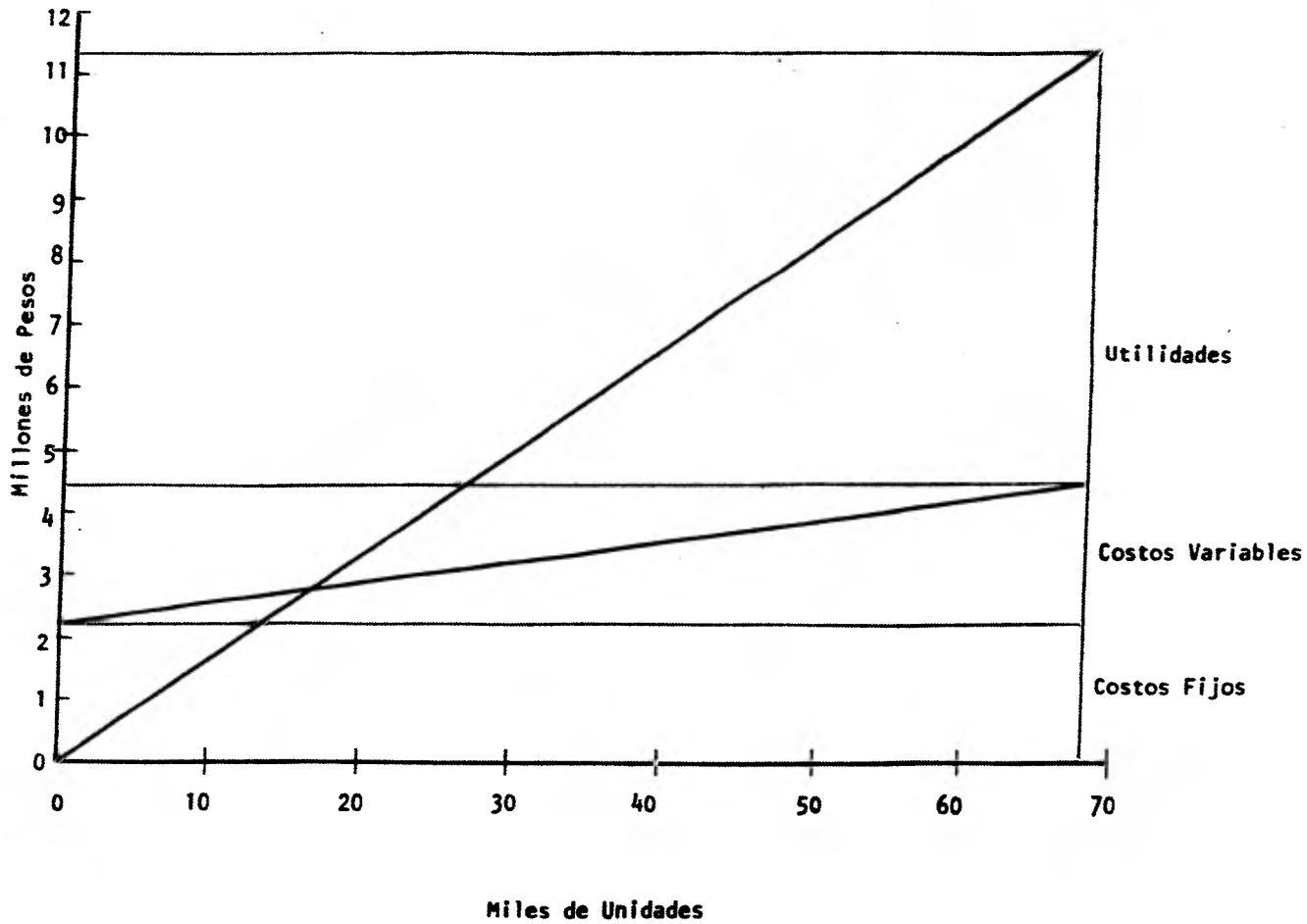
Un galón            PE : x =  $\frac{2\ 221\ 247}{(299.25 - 65.93)}$  = 9 520 unidades  
ct = v = \$ 2 848 880.

Medio galón        PE : x =  $\frac{2\ 213\ 199}{(166.25 - 32.97)}$  = 16 606 unidades  
ct = v = \$ 2 760 723.

CUADRO 5.21 DETERMINACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO ANUAL UNITARIO PARA CADA PRESENTACION DEL PRODUCTO.



GRAFICA 5.3 DETERMINACION GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO EN EL PRIMER AÑO DE PRODUCCION Y VENTA DEL PRODUCTO DE UN GALON.



GRAFICA 5.4 DETERMINACION GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO EN EL PRIMER AÑO DE PRODUCCION Y VENTA DEL PRODUCTO DE MEDIO GALON.

tamiento del nivel de producción, al precio de compra del año en cuestión. Con respecto a salarios y sueldos se elaboró una tabla de su incremento porcentual-anual, en base a las percepciones que reciben los empleados, lo que se tomó en cuenta para determinar el crecimiento de gastos por personal y prestaciones a los mismos (aguinaldo, vacaciones, IMSS, etc.):

\$ 40 000	10%	\$ 14 000	24%
\$ 25 000	15%	\$ 13 000	25%
\$ 18 000	20%	\$ 10 000	28%
\$ 15 000	23%	\$ 8 212	30%

Para el precio de venta se usó un promedio de los correspondientes a las unidades de presentación y se aumentó un 10% anual, y como ya se indicó se espera que la expectativa de crecimiento del volumen de ventas sea de 10.8% por año.

Todo lo anterior se encuentra englobado en el cuadro 5.22, así el --- concepto de gastos de ventas involucra el alza por erogaciones indirectas, personal y comisionistas (5% sobre ventas totales), mientras que la depreciación se mantuvo constante; de igual forma se procedió con los demás renglones, obteniéndose al final las utilidades netas esperadas en los mencionados años.

#### 5.5 FINANCIAMIENTO.

Para la realización de un proyecto es necesario contar con un estu--- dio de financiamiento del mismo, el cual debe incluir las fuentes de disponibilidad de los recursos económicos, los requisitos que se deben satisfacer para su adquisición y los destinos que se les darán. Este mismo documento deberá señalar la proporción de la inversión total que se integra con capital propio de la empresa y la que es financiada con recursos provenientes de fuentes externas, así como las fechas en que se requieren los fondos para la creación y operación de la planta.<sup>5</sup>

Dada la naturaleza del presente trabajo y para lograr una mayor simplificación del mismo, se considera que los recursos para el financiamiento del proyecto provienen de los socios que conformarán la nueva empresa. Sin embargo se cree interesante mencionar algunas de las tasas de interés existentes sobre el aprovisionamiento de fondos y que son del 30.0% al 37.0% cuando las fuentes son instituciones bancarias ó particulares, mientras que los factores de orga--

PROYECTO COLORANTE S. ACH.

PROYECCIONES DE LOS RESULTADOS DE OPERACION.

PERIODO ANUAL	1982	1983	1984	1985	1986	1987
INGRESOS TOTALES	22 715 560	27 686 101	33 743 683	41 126 924	50 125 141	61 092 703
Volúmen de ventas (galones)	68 324	75 703	83 879	92 938	102 975	114 096
Precio promedio de venta (\$/gal)	332.47	365.72	402.52	442.52	486.77	535.45
INGRESOS NETOS	21 579 782	26 301 796	32 056 499	39 070 578	47 618 884	58 038 068
Menos: Bonificaciones y descuentos	1 135 778	1 384 305	1 687 184	2 056 346	2 506 257	3 054 635
EGRESOS TOTALES	8 939 648	11 520 923	14 965 642	19 758 116	25 827 023	34 274 142
COSTO DE LO PRODUCIDO	4 807 758	6 476 137	8 787 972	12 001 243	16 485 145	22 740 856
GASTOS DE OPERACION	4 131 890	5 044 786	6 177 670	7 756 873	9 341 878	11 533 286
Gastos de Ventas	2 477 762	3 098 927	3 879 405	5 031 302	6 096 333	7 652 709
Gastos de Administración	1 654 128	1 945 859	2 298 265	2 725 571	3 245 545	3 880 577
UTILIDADES ANTES DE IMPUESTOS	12 640 134	14 780 873	17 090 857	19 312 462	21 791 861	23 763 926
Impuesto sobre la Renta	5 308 856	6 207 967	7 178 160	8 111 234	9 152 582	9 980 849
Participación de Utilidades	1 011 211	1 182 470	1 367 269	1 544 997	1 743 349	1 901 114
UTILIDADES NETAS	6 320 067	7 390 436	8 545 428	9 656 231	10 895 930	11 881 963

CUADRO 5.22 PROYECCIONES DE LOS RESULTADOS DE OPERACION.

nismos paraestatales como el Fogain, son del 14.0% al 21.0%; dentro de estos últimos existe el Fondo Nacional de Fomento Industrial (Fomin) que aporta recursos por asociación temporal con las empresas, pudiendo participar hasta con un 33.0% del capital social, hasta la consolidación de las firmas con la posterior venta de las acciones, dando preferencia a los dueños de la compañía.<sup>6</sup> Otra fuente importante de financiamiento lo constituye el mercado de capitales, a través de la venta de acciones y obligaciones financieras.

#### 5.6 ESTADOS FINANCIEROS PROFORMA.

Estos documentos permiten estimar y analizar la situación económica de la planta en sus primeros años de operación, en vista de que contienen la información financiera básica de cualquier empresa y, por lo tanto, permiten dirigir el curso de sus actividades. Los estados financieros usados para visualizar los resultados esperados, como consecuencia de la operación planeada de una empresa, son los siguientes:<sup>2,9</sup>

- a) Estado de resultados proforma (estado de pérdidas y ganancias).
- b) Estado de posición financiera proforma (balance general).
- c) Estado de origen y aplicación de recursos proforma.

##### 5.6.1 ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA.

Su utilidad radica en que muestra los resultados económicos esperados para el primero período de operación previsto y está basado en los presupuestos de ingresos y egresos determinados, y en las disposiciones gubernamentales existentes. El cuadro 5.23 muestra este estado financiero tanto en unidades monetarias como en porcentajes sobre las ventas netas, y en él se incluyó una disminución del 5% sobre las ventas brutas por descuentos, devoluciones, reemplazo de mercancía, etc.; los demás renglones agrupan las distintas erogaciones realizadas por la empresa en sus operaciones y obligaciones, las cuales son deducidas de las ventas netas para obtener finalmente las utilidades netas libres de impuestos.

##### 5.6.2 ESTADO DE POSICION PROFORMA.

Refleja la situación financiera previsible a una fecha determinada y se evalúa considerando los documentos presentados en anteriores secciones y del estado de resultados proforma. Los valores obtenidos se ilustran en el cuadro 5.24, donde el rubro de deudores diversos se refiere a un préstamo a comisionis

## PROYECTO COLORANTE S. ACH.

ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA.

C O N C E P T O S	V A L O R E S		%
Ventas totales	\$ 22 715 560		
Menos: bonificaciones y descuentos	<u>1 135 778</u>		
Ventas netas	21 579 782		100.0
Costo de lo vendido	<u>4 807 758</u>		<u>22.3</u>
Utilidad bruta	16 772 024		77.7
Gastos de operación			
Gastos de ventas	\$ 2 477 762		
Gastos de administración	<u>1 654 128</u>	<u>4 131 890</u>	<u>19.1</u>
Utilidad antes de I.S.R.	\$ 12 640 134		58.6
Impuesto sobre la renta	5 308 856		24.6
Participación de utilidades	<u>1 011 211</u>		<u>4.7</u>
Utilidad neta	\$ <u><u>6 320 067</u></u>		<u><u>29.3</u></u>

CUADRO 5.23 ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA.

PROYECTO COLORANTE S. ACH.  
ESTADO DE POSICION FINANCIERA PROFORMA.

A C T I V O			P A S I V O
<b>CIRCULANTE:</b>			
Bancos	13 780 352		Acreedores diversos 1 257 505
Deudores diversos	80 000		Impuesto por pagar 5 346 241
Almacén de materia prima	147 146		I.V.A. por pagar <u>186 886</u>
Almacén de producto terminado	<u>793 751</u> 940 897		
	14 801 249		SUMA DEL PASIVO 6 790 632
<b>FIJO:</b>			
Depósitos en garantía	79 200		<b>C A P I T A L</b>
Maquinaria y equipo industrial	1 478 400		Capital Social 4 197 500
Equipo de oficina	114 000		Utilidad del ejercicio <u>6 320 067</u>
<b>Menos:</b>			
Reserva para depreciación	<u>159 240</u> 1 433 160		
<b>DIFERIDOS:</b>			
Gastos de instalación	1 105 100		SUMA DEL CAPITAL <u>10 517 567</u>
<b>Menos:</b>			
Reserva para amortización	<u>110 510</u> 994 590		
<b>SUMA DEL ACTIVO</b>	<b>17 308 199</b> =====		<b>SUMA: PASIVO Y CAPITAL</b> 17 308 199 =====

tas sobre los ingresos correspondientes al mes de diciembre, los depósitos en garantía se encuentran relacionados con el resguardo exigido en la renta del local (un mes) y del arrendamiento de bienes (dos meses), el término acreedores diversos abarca las cuotas bimestrales de INFONAVIT e IMSS, así como las comisiones de vendedores y el pago de vacaciones del primer año, los impuestos a pagar involucran el abono bimensual de agua, 1% de educación, el I.S.R. anual y el I.S.P.T., proporcional del mes de diciembre y aguinaldos del personal.

### 5.6.3 ESTADO DE ORIGEN Y APLICACION DE RECURSOS PROFORMA.

Indica las fuentes de donde se obtuvieron los recursos económicos y el destino que se dió a los mismos durante un período fijo de operación, mediante la comparación de estados de posición financiera proforma de dos años consecutivos. Por esta última razón se omitió este documento en vista de que se tendría que especular demasiado con respecto al futuro.

### 5.7 ANALISIS Y EVALUACION DEL PROYECTO.

El objetivo de esta sección es determinar si el proceso investigado es factible económicamente de llevarse a cabo. Para este fin se emplearán proporciones y el método de tasa interna de rendimiento para realizar su análisis y evaluación, así como los diversos documentos presentados en este capítulo.

#### 5.7.1 PROPORCIONES.

Dada la naturaleza del presente estudio, resulta más significativo -- realizar comparaciones en forma de proporciones que de diferencias, y en vista que el número de razones que se pueden obtener es enorme se decidió utilizar -- aquellas que suministrarán datos significativos que pudieran ser interpretados, que es lo que a continuación se presenta.<sup>7,10</sup>

**PAGO INMEDIATO:** es la relación entre activo disponible y pasivo circulante; indica en forma general la capacidad y disponibilidad de la compañía para satisfacer sus obligaciones inmediatas considerando aquellas partidas fácilmente convertibles en efectivo, además del que pueda poseerse en bancos.

$$\text{Pago Inmediato} = \frac{\$ 13\ 860\ 352.}{\$ 6\ 790\ 632.}$$

$$\text{Pago Inmediato} = 2.04 \text{ veces}$$

**LIQUIDEZ:** la razón entre activo y pasivo circulante; señala la capacidad de la empresa para satisfacer su pasivo circulante.

$$\text{Liquidez} = \frac{\$ 14\ 810\ 249.}{\$ 6\ 790\ 632.}$$

$$\text{Liquidez} = 2.18 \text{ veces}$$

**SOLVENCIA:** la proporción entre capital contable y pasivo total; mide la cuantía relativa de las fuentes del activo, a la vez establece la posición de la compañía frente a sus acreedores y propietarios.

$$\text{Solvencia} = \frac{\$ 10\ 517\ 567.}{\$ 6\ 790\ 632.}$$

$$\text{Solvencia} = 1.55 \text{ veces}$$

**EQUIPAMIENTO:** la correspondencia de inversión en maquinaria y equipo, y el activo total; únicamente expresa el porcentaje que representan los bienes de capital con respecto al activo.

$$\text{Equipamiento} = \frac{\$ 1\ 592\ 400.}{\$ 17\ 308\ 199.} (100)$$

$$\text{Equipamiento} = 9.20\%$$

**OPERACION:** la relación entre los costos totales disminuidos de depreciaciones y amortizaciones, con respecto a las ventas netas; representa el costo de producir y comercializar el producto en base a los ingresos obtenidos.

$$\text{Operación} = \frac{\$ 8\ 669\ 898.}{\$ 21\ 579\ 782.} (100)$$

$$\text{Operación} = 40.18\%$$

**RENDIMIENTO SOBRE ACTIVO FIJO:** la proporción entre utilidad neta y activo fijo; como su nombre lo indica, señala el margen de utilidades con respecto a la inversión destinada al uso de la empresa.

$$\text{Rendimiento sobre Activo Fijo} = \frac{\$ 6\ 320\ 067.}{\$ 1\ 512\ 360.} (100)$$

$$\text{Rendimiento sobre Activo Fijo} = 417.89\%$$

**RENTABILIDAD SOBRE CAPITAL CONTABLE:** la razón entre utilidad neta y capital contable; mide el incremento de utilidad con respecto al capital empleado para crear las operaciones de la compañía.

$$\text{Rentabilidad sobre Capital Contable} = \frac{\$ 6\,320\,067.}{\$ 10\,517\,567.} (100)$$

$$\text{Rentabilidad sobre Capital Contable} = 60.09\%$$

**ROTACION DE INVENTARIOS:** la correspondencia entre el costo de artículos vendidos y el de inventarios; como expresión de la rotación de existencias de la empresa.

$$\text{Rotación de Inventarios} = \frac{\$ 4\,807\,758.}{\$ 940\,897.}$$

$$\text{Rotación de Inventarios} = 5.11 \text{ veces}$$

**VALOR AGREGADO:** es el porcentaje que representa el incremento de las materias primas en función del precio de venta, es decir, la diferencia entre el precio de venta y el costo de materia prima con respecto al primero; muestra el aumento que se ha generado en los insumos.

$$\text{Valor Agregado} = \left[ 1.0 - \frac{\$ 2\,796\,000.}{\$ 22\,715\,560.} \right] (100)$$

$$\text{Valor Agregado} = 87.69\%$$

**TIEMPO DE RECUPERACION:** es la relación entre el capital invertido, sin incluir el capital de trabajo, y la utilidad neta; indica el tiempo posible de la recuperación de la inversión.

$$\text{Tiempo de Recuperación} = \frac{\$ 2\,697\,500.}{\$ 6\,320\,067.}$$

$$\text{Tiempo de Recuperación} = 0.43 \text{ años}$$

#### 5.7.2 TASA INTERNA DE RENDIMIENTO.

La tasa interna de rendimiento (TIR) es un método para evaluar inversiones que toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo y que es denominado de diferentes maneras. Este procedimiento consiste en calcular la tasa efectiva de descuento (tasa de interés) que iguala el valor presente de los ingresos con el correspondiente valor presente de los egresos, es decir, equivale a igualar

lar el valor presente de los flujos futuros de efectivo con el desembolso inicial de la inversión, lo que se puede expresar de la siguiente forma algebraica:

$$D_0 = \left[ \frac{I_1}{(1+i)} + \frac{I_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{I_n}{(1+i)^n} \right] - \left[ \frac{E_1}{(1+i)} + \frac{E_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+i)^n} \right]$$

$$D_0 - \left[ \frac{I_1 - E_1}{(1+i)} + \frac{I_2 - E_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{I_n - E_n}{(1+i)^n} \right] = D_0 - [(I_1 - E_1) fvp_{1,i} + (I_2 - E_2) fvp_{2,i} + \dots + (I_n - E_n) fvp_{n,i}] = 0$$

$D_0$  - Inversión inicial al tiempo cero

$I_n$  - Ingreso de efectivo en el tiempo  $n$

$E_n$  - Egreso de efectivo en el tiempo  $n$

$i$  - Tasa de interés desconocida (rendimiento)

$fvp_{n,i}$  - Factor de valor presente de un peso en el tiempo  $n$ , a una tasa de interés  $i$

Las principales ventajas de esta técnica son: constituye un común denominador que permite comparar varios tipos de inversiones facilitando la clasificación de los proyectos, contempla el valor del tiempo en dinero y considera los flujos de efectivo en base a la vida de la inversión, al evaluar los componentes del estado de utilidades a medida que se registran las erogaciones e ingresos; a la vez posee desventajas al suponer que los ingresos de efectivo se reinvierten a la tasa de rendimiento calculada, así como la inseguridad de los mencionados flujos de efectivo pronosticados.<sup>5,10</sup>

Para cuantificar la tasa interna de rendimiento se decidió proceder - de dos maneras, en la primera considerar que el ingreso de efectivo es uniforme e igual al del primer año de vida de la empresa y en la otra contemplar ingresos de efectivo irregulares de acuerdo a las proyecciones realizadas en la subsección 5.4.6. En ambas formas se incluyó el capital de trabajo como parte de-

la inversión inicial dado que se trata de una nueva compañía que debe aportar - los recursos necesarios para constituirla, además de que cubre las salidas de - caja.

En el primer caso se calcula el "factor-inversión" ó "plazo de recupe- ración" y se determina posteriormente el interés que permite que el mencionado- "factor-inversión" sea igual al del valor presente acumulado de un peso al cabo de diez años ( $fvpa_{10,i}$ ).

$$\text{"Factor-Inversión" (fi)} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ingreso anual}}$$

$$fi = \frac{\$ 4\ 197\ 500.}{\$ 6\ 320\ 067.}$$

$$fi = 0.66415$$

$$fvpa_{n,i} = \frac{(1.+i)^n - 1.}{i(1.+i)^n}$$

$$fvpa_{10,i} = fi = 0.66415 \quad \text{cuando } i = 150.55\%$$

$$TIR = i = 150.55\%$$

El cuadro 5.25 muestra la determinación de la tasa interna de rendi- miento con los flujos de efectivo irregulares colocados en la segunda columna, - encerrándose entre paréntesis la inversión original y aquellos datos que se con- sideren negativos; las columnas tercera y quinta señalan los factores de valor- presente usados a diferentes tasas de descuento sobre bases de prueba y error, - es decir, buscando el interés que iguale a cero el valor presente de los ingre- sos con el de los egresos; la cuarta y sexta columna representan el valor ac- - tual de los flujos de efectivo y son el producto de estos últimos por el factor de valor presente al interés y en el año indicados.

Para elaborar este cuadro únicamente se tomaron los seis primeros --- años de vida, por la razón expuesta al final de este párrafo, y no los corres- pondientes diez de duración probable del proyecto empleados para su deprecia- - ción y amortización, la omisión del valor presente neto de estos últimos cuatro años representa un porcentaje inferior al 1.0% con respecto a la inversión ori- ginal, por lo que no afecta el resultado logrado. Asimismo se excluyó la depre- ciación de los flujos de efectivo ya que no obstante que suministra un ingreso

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	i:160% fvp <sub>n,i</sub>	VALOR PRESENTE NETO DE LA INVERSION	i:170% fvp <sub>n,i</sub>	VALOR PRESENTE NETO DE LA INVERSION
0	(4 197 500)	1.00000	(4 197 500)	1.00000	(4 197 500)
1	6 320 067	0.38462	2 430 824	0.37037	2 340 763
2	7 390 436	0.14793	1 093 267	0.13717	1 013 746
3	8 545 428	0.05690	486 235	0.05081	434 193
4	9 656 231	0.02188	211 278	0.01882	181 730
5	10 895 930	0.00842	91 744	0.00697	75 945
6	11 881 963	0.00324	38 498	0.00258	30 655
	50 492 555 =====		154 346 =====		(120 468) =====

Por interpolación: TIR = 165.62%

CUADRO 5.25

DETERMINACION DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO,

al reducir los pagos del impuesto sobre la renta, no representa una fuente directa de efectivo, y dado que su inclusión aumentaría la tasa descontada lo cual para los fines de esta evaluación no aportaría mayor información.

### 5.7.3 CONCLUSIONES.

Considerando lo expuesto en el presente capítulo podemos decir que en el proceso estudiado la inversión requerida es relativamente pequeña, recuperable en el primer año de operación, y que en la forma que se planeó (sin financiamiento institucional y con ventas-compras al contado) resulta atractiva a los inversionistas. Esto último se aprecia claramente al observar el poco requerimiento de maquinaria y equipo necesarios, aunado a la liquidez y pago inmediato de la compañía, lo cual permite disponer de más de \$ 2.00 para hacer el pago de cada \$ 1.00 de adeudos.

Con respecto a los gastos que tiene que efectuar la empresa todos son perfectamente recuperables, contando con una solvencia que implica que el equilibrio, calidad y resistencia del negocio estén subordinados a los intereses de los dueños sobre los de los posibles acreedores.

A la vez la rotación de inventarios señala que la inversión total en los mismos se ha transformado cinco veces en efectivo, lo cual muestra la eficiencia en el manejo y operación de la compañía. Lo anterior es apreciado en el punto de equilibrio que es bajo, proporcionando un buen margen de utilidades que se puede observar en los valores obtenidos de rendimiento sobre activo fijo y en la rentabilidad sobre capital contable, lo que se confirma en la evaluación realizada de la tasa interna de rendimiento, aún cuando algunos de sus datos podían considerarse burdos pero que aportan información adecuada para ser empleada como criterio de selección en toma de decisiones de inversiones de capital.

Estos últimos valores mostraron que la inversión sería bastante favorable, no requiriéndose cuantificar el costo de capital ("tasa promedio de utilidades que se necesita para inducir a los inversionistas a proporcionar a la empresa todas las formas de capital a largo plazo"<sup>10</sup>), en vista de que el interés determinado de tasa interna de rendimiento es superior al costo del financiamiento, aún en el caso de obtenerse de instituciones ó como capital líquido (relación de utilidades anticipadas y precio neto por acción).

Por lo tanto, se puede concluir que el proceso investigado es bastante factible de realizarse, produciendo utilidades sumamente satisfactorias.

## PLAUSIBILIDAD

### 6.1 INTRODUCCION.

Dada la situación económica que atraviesa el país ya no son satisfactorios los criterios financieros para la planeación industrial, sino que es vital que cualquier proyecto contemple las premisas del "Plan Nacional de Desarrollo Industrial". Por estas razones actualmente se está realizando el valor que tiene el realizar una evaluación de plausibilidad del proyecto previo al de factibilidad económica, sin restar ninguna importancia a este último.

Los criterios de plausibilidad o de interés social que serán empleados en este capítulo son aquellos proporcionados por el autor Giral en uno de sus manuales<sup>2</sup>, omitiéndose su ponderación cuantitativa pero conservando la consistencia y convergencia de sus puntos de vista.

A continuación se muestra la forma en que se escogió la localización de la planta y su inclusión en este capítulo se debe a que varios de los factores de plausibilidad dependen de la ubicación de la industria.

### 6.2 LOCALIZACION DE LA PLANTA.

La determinación del lugar donde ha de instalarse una planta se lleva a cabo en dos pasos: el primero consiste en determinar el área general de localización de la planta y el segundo en ubicar exactamente la instalación. Aquí únicamente se analizará la primera etapa.

La localización de una planta debe depender de los mercados de consumo y abastecimientos, aunado a las características de la materia prima y las de los productos. Otros factores que intervienen son: disponibilidad y peculiaridades de la mano de obra, facilidades de transporte, fuentes de suministro de agua, corriente eléctrica y combustibles, factibilidad de eliminación de desechos, disposiciones legales, fiscales o de política económica, servicios públicos diversos, condiciones climatológicas y actitud de la comunidad.<sup>1</sup>

Considerando lo anterior se preleleccionaron tres áreas correspondientes a las ciudades de Campeche, Mérida y la del Valle de México, las dos primeras por estar localizadas en el mercado de surtimiento de materia prima y la última por constituir el mercado potencial del producto.

Teniendo en cuenta los factores de localización ya mencionados, la se-

lección recayó en el Valle de México por las razones que a continuación se enuncian. El principal mercado de consumo se encuentra en el Valle de México, y en el centro y norte del país, si a esto asociamos las características del producto y las tarifas de transporte tendremos que el importe de traslado del producto se reduce significativamente al acercar la planta a los centros de consumo, no ocasionando gastos onerosos ni problemas el transporte de materia prima, esto último se debe a que su estado físico es sólido mientras que el del producto es líquido; a su vez el localizar la planta en el sureste del país causaría desembolsos por transporte de insumos e incrementación en los costos de instalación de la planta.

Asimismo la mano de obra que existe en el Valle de México es abundante y su nivel de capacitación es mayor que en las otras ciudades, no resultando importante la diferencia entre los niveles de sueldos y salarios en las regiones que se analizan. Respecto a las leyes de protección laboral, actitud de la comunidad, hábitos e idiosincracia de los trabajadores se puede decir que si no son iguales, son muy semejantes.

Las ciudades de Campeche y Mérida poseen todos los medios de transporte incluyendo el acceso al mar, el cual no se requiere para consumo de tipo interno, sus vías de comunicación son buenas pero limitadas a unas pocas mientras que las del Valle de México son múltiples y sus servicios de transportes son variados, pudiendo conectarse con cualquier ciudad del país con relativa facilidad.

Las condiciones climatológicas existentes en estas áreas no dificultan el proceso en ninguna de sus operaciones, por lo que no es necesario realizar un análisis sobre este factor.

La infraestructura del Valle de México permite contar con disponibilidad de energía eléctrica, combustibles, agua, servicios públicos diversos y poder eliminar los desechos. En las otras alternativas existen planes de construcción de una infraestructura industrial y en este aspecto, dada la política económica industrial del país, poseen la ventaja de ofrecer incentivos de tipo fiscal, mientras que la zona escogida no posee ninguno.

No obstante esto último la selección recayó en la zona ya mencionada por constituir el mercado de consumo y dado que la empresa proporciona un nuevo producto para el que es necesario crear prestigio y canales de distribución y co

mercialización, lo cual no sería posible salvo en condiciones desventajosas ó de riesgo, de ser localizada la planta en el sureste del país.

Otra alternativa que debería ser evaluada lo constituye la ciudad de Querétaro dada su cercanía al Valle de México y por contar con estímulos fiscales. Este análisis es pertinente que sea hecho por personas con experiencia en los problemas de comercialización de nuevos productos que puedan valorar las ventajas fiscales con las erogaciones económicas que tendrían que realizarse.

### 6.3 FACTORES TECNOLOGICOS.

El proceso de obtención seleccionado presenta varias ventajas tecnológicas sobre los otros métodos, como se mostró en el cuadro 1.2 del primer capítulo, y en esta sección se describen algunas otras.

Uno de los enormes beneficios de obtener un colorante alimenticio por este proceso consiste en el aprovechamiento de una materia prima natural, abundante y de costo relativamente barato, presentando la cualidad de constituir un sólido lo cual permite que su manejo sea sencillo y eficiente. A su vez el sistema involucra dos fases lo que proporciona una mayor flexibilidad en cuanto a su operación.

La calidad del producto es satisfactoria de acuerdo con estudios realizados anteriormente y que se mencionaron en el primer capítulo; respecto a desechos ó contaminaciones el proceso presenta condiciones inmejorables dado que sus residuos son sólidos, no tóxicos y de fácil eliminación, lo mismo puede decirse respecto a los insumos empleados.

En cuanto a la capacidad de la planta puede ser incrementada en más -- del 100% por turnos adicionales que se generen, disminuyendo en un gran porcentaje los costos de operación.

### 6.4 FACTORES POLITICOS.

Nuestro país cuenta con una política económica industrial que fomenta el desarrollo ó creación de nuevas industrias por medio de incentivos fiscales, siempre y cuando se mantengan dentro de los lineamientos expresados en su "Plan Nacional de Desarrollo Industrial", algunos de cuyos objetivos son: aumentar el empleo, estimular la inversión en actividades para el desarrollo del país, impulsar el crecimiento de la pequeña industria, etc., los cuales tienden a favorecer empresas con procesos como el que se está estudiando. Esto se debe a que dicho-

proceso se encuentra clasificado dentro de la categoría 1 con respecto a las metas sectoriales del mencionado plan ("1.1.3.1 Fabricación de productos químicos derivados de la explotación agrícola, pecuaria, etc.").

Los estímulos que ofrece el gobierno para esta categoría son del 20% de la inversión y del empleo creado por la misma, por medio de Certificados de Promoción Fiscal compensables contra cualquier impuesto federal, siempre que la planta no se localice en las zonas IIIA y IIIB. Por esta razón se sugirió en la sección 6.2 un análisis que pondere estos factores para la ubicación de la planta, dado que las ciudades de Campeche, Mérida y Querétaro están consideradas dentro de las metas regionales con prioridad IB (zonas de desarrollo urbano industrial), mientras que el Valle de México forma el área IIIA, de crecimiento controlado. Asimismo las empresas que se localicen en los municipios de la zona IB podrán recibir una bonificación del 15% sobre la facturación global de sus consumos de gas natural<sup>3</sup>.

Otro incentivo que se otorga es sobre la adquisición de bienes de capital nacionales y nuevos, con un 5% con respecto a la compra sin interesar la zona en que se encuentre la industria.

Como se observa existen condiciones idóneas para el establecimiento de nuevas actividades industriales, entre ellas la de un proceso de transformación de la semilla de achiote.

#### 6.5 FACTORES ECONOMICOS.

Estos factores proveen la información sobre la factibilidad económica de realizar el proyecto, su cuantificación y análisis se realizó en el capítulo 5. Aquí se exponen aquellos elementos significativos desde el punto de vista social.

Desarrollo de una nueva demanda en el mercado estimada en 21.6 millones de pesos para el primer año con una futura expansión al ampliar la comercialización del producto, integrando así una industria nacional con un coeficiente de elasticidad de la demanda de tipo elástico, dado el número de usos que puede poseer aunado a los bienes con que se encuentra relacionado.

El contenido de la inversión y los insumos de producción es 100% nacional, creándose 18 nuevos empleos. El valor agregado es de 87.7% en función del costo de materias primas como porcentaje del precio de venta y una rentabilidad de 150.6% sobre el capital de inversión.

## 6.6 FACTORES SOCIALES.

Desde el punto de vista social un proyecto tiene por objeto producir los beneficios esperados, justificar el empleo de los recursos escasos y procurar maximizar el aprovechamiento de estos últimos.

Considerando lo anterior se puede decir que el proceso emplea recursos naturales, humanos (trabajo), materiales (capital), lo cual produce renta, salarios e intereses, respectivamente. Esto redundará en una redistribución de ingresos con sus correspondientes utilidades.

Asimismo se realiza una pequeña aportación al desarrollo industrial nacional al tratar de crear una tecnología propia con características que contemplan el empleo de recursos peculiares y que posee efectos beneficiosos como generación de empleos, valor agregado a un recurso vegetal, posibilidad de desarrollo de otras empresas y algunos más que desde el punto de vista de la sociedad resultan atractivos.

Es conveniente destacar que el producto estudiado constituye en sí el mayor beneficio social dado que el principal objetivo de este trabajo fue buscar una sustancia inocua a la salud que reemplazará a aquellas que han mostrado efectos toxicológicos y, aún en el caso de que no existieran dichos compuestos, el hecho de introducir uno nuevo implica una mayor competencia con el consiguiente mejoramiento de calidad, disminución de precios, búsqueda de nuevas perspectivas técnicas ó económicas, etc., lo cual se expresa en un mejoramiento hacia los consumidores y, por lo tanto, la comunidad.

## C O N C L U S I O N E S

En la realización del presente estudio existieron restricciones que es conveniente mencionar y que son:

1. Obtención de resultados experimentales basados exclusivamente en la semilla proveniente de una región, siendo necesario analizar muestras de los diferentes cultivos existentes en el país, así como de diversas temporadas, para poder estimar con certeza las características del achiote y de la materia extraída.
2. No se realizaron pruebas de aplicación del producto obtenido en los bienes en que se emplearía, no pudiendo comparar su poder colorido con el de sustancias que actualmente se usan.
3. Falta de información pertinente del mercado en que se encuentra el colorante estudiado, con la consiguiente incertidumbre que esto provoca.

No obstante lo anterior, de lo expuesto en este trabajo se puede concluir:

1. En México existen condiciones adecuadas para la siembra de la semilla de achiote, siendo necesario fomentar una estructura organizada de su cultivo y recolección.
2. Se puede extraer un colorante amarillo de la semilla de achiote, la bixina, que es inocuo a la salud y, por lo tanto, se puede usar para productos alimenticios, como son los derivados lácteos.
3. El diseño de un proceso para la obtención de colorante muestra -- que las condiciones de operación son sencillas, no requiriéndose equipo ni materiales complejos, resultando muy simple lograr la extracción del compuesto mencionado.
4. Creación de una alternativa de inversión que promete resultados -

muy rentables, con el aprovechamiento de la política económica existente actualmente en el país.

5. Creación de una empresa que elaboraría un nuevo producto, ocasionando los beneficios sociales inherentes a esta situación.

6. Aprovechamiento de un recurso vegetal poco empleado, logrando incrementar su valor.

Es por esto que se cree necesario realizar nuevas investigaciones buscando enfoques novedosos y prácticos en torno al achiote, no solo en cuanto a sus usos como colorante sino estudiando otras aplicaciones y propiedades medicinales que se le atribuyen, de tal manera que se analice la posibilidad de crear una industria nacional que emplee este y otros bienes naturales, dado el enorme potencial técnico y económico que poseen.

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

### INTRODUCCION

1. Botma, Y., "Food Color Control in 21 Nations".  
Food Engineering, 46 (5), pp. 81-83, 1974.
2. Weissler, Alfred., "FDA Regulation of Food Colors".  
Food Technology, 29 (5), pp. 38-46, 1975.

### 1. ESTUDIO DEL PRODUCTO

1. "Achiote (Bixa orellana L.)". Vida Rural en México,  
8 (92), pp. 35-36, 1965.
2. Aviña S. P., Jorge E., "Acción de la Bixa Orellana -  
Como Pigmentador Sobre la Piel y los Tarsos en el --  
Pollo de Engorda". Tesis. UNAM., 1972.
3. Botma, Y., "Food Color Control in 21 Nations".  
Food Engineering 46, (5), pp. 81-83, 1974.
4. Cook, D. H.; Axtmayer, J., "A New Plant Source of --  
Vitamin A Activity". Science, 75, pp. 85-86, 1932.
5. Davies, Owen L., "Métodos Estadísticos Aplicados a la  
Investigación y a la Producción". 2a. Ed., Edit. --  
Aguilar, 1965.
6. Davies, Owen L., "The Design and Analysis of Industrial  
Experiments". 2a. Ed. Hafner Publishing Co., 1967.
7. Diemair, W.; Janecke, H.; Heusser, D., "Pigments of Bixa  
Orellana". Chemical Abstracts, 47, 2838d, 1952.
8. "Food and Drugs". Code of Federal Regulations. Revised  
as April 1, parts 1 to 99, 1978.

Liedel, J. H., "Cheese, Food-Fat Emulsions and Other -  
Milk Products". Chemical Abstracts, 53, P 4607a, 1955.

10. Habaj, B., "Preparation of an Annatto Seed Dye Used For Cheese". Chemical Abstracts, 71, P 79939K, 1969.
11. Harborne, J. B., "Flavonoid Bisulphates and Their Co-Occurences With Ellagic Acid in the Bixaceae, Frankenia ceae and Relate Families". Phitochemistry, 14, pp. -- 1331-1337, 1975.
12. Hartgerink, H. G., "Extract of Bixa Orellana Plant For-Use as Pharmaceutical". Chemical Abstracts, 58, P 4384d, 1962.
13. Ingram, J. S.; Francis, B. J., "The Annatto Tree (Bixa orellana L.). A Guide to its Occurrence, Cultivation, -Preparation and Uses". Tropical Science, 11 (2), pp. -- 97-102, 1969.
14. Iversen, S.; Lam, J., "Coloring Material in Annatto --- Butter Color". Chemical Abstracts, 47, 10146c, 1953.
15. Kepner, C. H.; Tregore, B. B., "El Directivo Racional". 1a. Ed., Edit. McGraw-Hill de México, S. A., 1970.
16. Kocher, R. B., "Edible Annatto Coloring Compositions For Food". Chemical Abstracts, 52, P 14023g, 1958.
17. Landagora, F. T., "Effect of Feeding Achiote Seed on Egg Yolk Pigmentation". Journal of Agriculture of University of Puerto Rico, 46, pp. 91-97, 1963.
18. Lawrence, B. M.; Hogg, J. W., "Ishwarane in Bixa Orellana Leaf Oil". Phytochemistry, 12, pp. 2995, 1973.
19. Marcus, F. K., "Fabrication of Oil and Water Sòluble -- Coloring From Annatto Seeds Used For Coloring of Marga--rine and Cheese". Chemical Abstracts, 60, P 2260b, 1963.
20. Márquez W., del Amo S., "INIREB Informa". Comunicado -- No. 11, 1977.
21. Miller, I.; Freund, J. E., "Probabilidad y Estadística - Para Ingenieros". 1a. Ed., Edit. Reverté, S. A., 1973.

22. Monge F., A., "Factibilidad Industrial del Achiote".  
Politécnica (Quito), 1 (1), pp. 39-46, 1967.
  
23. Moriez-Smith, M. A., "Carotenoid Recovery From Bixa -  
Orellana". Chemical Abstracts, 52, P 664b, 1957.
  
24. Osteraas, A. J.; Olsen, D. A., "The Preparation of Ink  
Based on an Annatto Extract". Chemistry an Industry,  
23, pp. 952, 1967.
  
25. Plantex LTD., "Vegetable Dyes From The Annatto Tree".  
Chemical Abstracts, 77, 21578z, 1971.
  
26. "Reglamento de Aditivos Para Alimentos".  
Diario Oficial de la Nación, 15 de febrero de 1958.
  
27. "Reglamento de Productos Derivados de la Leche y Sustit  
tutos de Ellos". Diario Oficial de la Nación, --  
27 de agosto de 1953.
  
28. Santamaría, F. G., "Diccionario de Mejianismos".  
1a. Ed., Edit. Porrúa, S. A., pp. 28-29, 1959.
  
29. Santamaría, L.; Martínez, M. L.; Asenjo, C. F.,  
"Nature of the Vitamin A Activity of Annatto Seed -  
(Bixa orellana L.)". Journal of Agriculture of -  
University of Puerto Rico, 49 (2), pp. 259-268, 1965.
  
30. Schneider, W. P.; Caron, E. L.; Hinmam, J. W.,  
"Ocurrence of Tomentosic Acid in Extracts of Bixa Ore-  
llana". Journal of Organic Chemistry, 30 (8), pp. -  
2856-2857, 1965.
  
31. Squibb, R. L.; Guzmán, M.; Scrimshaw, N. S.,  
"Carotene and Riboflavin Retention and Serum Vitamin -  
Levels in Vitamin A Depleted Rats Fed Four Forage --  
Meals, Achiote Meal and African Palm Oil". Turrialba,  
3 (3), pp. 91-94, 1953.
  
32. Tadamasa, H., "Bixin". Chemical Abstracts, 82, -  
P 110525a, 1974.

33. Tanchico, S. S.; West, A. P., "Philippine Annatto Dye as a Colorin Agent". The Philippine Journal of Science, 61 (4), pp, 429-433, 1936.
34. Ullmann., "Enciclopedia Química Industrial". Sec. VII, Vol. 12, pp. 456-458 - 463, Edit. Gustavo Gili, 1953.
35. Villela, G. G., "Sobre a Suposta Presenca de Caroteno nas Sementes de Urucum (Bixa orellana Linn)". Revista Brasileira de Biología, 2. (2), pp. 159-164, - 1942.

## 2. DISEÑO DEL PROCESO

1. Cofield, E. P., "Solvent Extraction of Oilseed". Chemical Engineering, 58 (1), pp. 127-140, 1951.
2. Crane, "Flow of Fluids, Through Valves, Fittings and - Pipe". Crane Co., 1976.
3. Foust, A. C.; Wenzel, L. A.; Clump, C. W.; Maus, L.; - Andersen, L. B., "Principios de Operaciones Unitarias". 1a. Ed., Edit. Continental, S. A., 1976.
4. Kern, Donald Q., "Procesos de Transferencia de Calor". 1a. Ed., Edit. Continental, S. A., 1978.
5. McCabe, W. L.; Smith, J. C., "Operaciones Básicas de - Ingeniería Química". Vol. I y II. 1a. Ed., Edit. --- Reverté, S. A., 1975.
6. Perry, R. H.; Chilton, C. H., "Chemical Engineers' --- Handbook". 5a. Ed., McGraw-Hill Book Co., 1973.
7. Rase, H. F.; Barrow, M. H., "Ingeniería de Proyectos Pa ra Plantas de Procesos". 1a. Ed., Edit. Continental, - S. A., 1979.
8. Treybal, Robert E., "Operaciones con Transferencia de Masa". 2a. Ed., Edit. Hispano-Americana, S. A., 1973.

## 3. DIBUJOS Y PLANOS

1. Giral, J.; Barnés, F.; Ramírez, A., "Ingeniería de Procesos". 2a. Ed., Edit. Alhambra Mexicana, S. A., 1979.
2. Rase, H. F.; Barrow, M. H., "Ingeniería de Proyectos - Para Plantas de Procesos". 1a. Ed., Edit. Continental, S. A., 1979.

## 4. MANUALES (CRITERIOS OPERACIONALES)

1. Espíndola M., Carlos, "Evaluación de Proyectos a Valor Presente". 1a. Ed., pp. 49-50, Ediciones Contables y Administrativas, S. A., 1979.
2. Giral B., José, "Manual Para Desarrollo, Transferencia y Adaptación de Tecnología Química Apropriada". 1a. Ed., pp. 31-39, Edit. UNAM, 1974.
3. MacKenzie R., Alec, "La Trampa del Tiempo". 7a. Impr., - pp. 97 - 138-142, Editora Técnica, S. A., 1980.

## 5. FACTIBILIDAD ECONOMICA

1. Aries, R. S.; Newton, R. D., "Chemical Engineering Cost Estimation". 1a. Ed., McGraw-Hill Book Co., 1955.
2. Del Río G., Cristóbal, "Costos I". 7a. Ed., Ediciones - Contables y Administrativas, S. A., 1978.
3. Del Río G., Cristóbal, "Técnica Presupuestal". 8a. Ed., Ediciones Contables y Administrativas, S. A., 1978.
4. "Encuesta en Industrias Grandes. Expectativas de Alto-Crecimiento". Exámen de la Situación Económica de México, 57 (665), pp. 197-213, abril de 1981.
5. Espíndola M., Carlos, "Evaluación de Proyectos a Valor-Presente". 1a. Ed., Ediciones Contables y Administrativas, S. A., 1979.
6. "Financiamiento: Nuevos Estímulos, Viejos Problemas". - Oficina, pp. 6-16, mayo de 1980.

7. Macías P., Roberto, "El Análisis de los Estados -  
Financieros". 12a. Ed., Ediciones Contables y Adminis-  
trativas, S. A., 1980.
8. Peters, M. S.; Timmerhaus, K. D., "Plant Design and -  
Economics for Chemical Engineers". 3a. Ed., McGraw ---  
Hill Book Co., 1980.
9. Prieto, Alejandro, "Principios de Contabilidad".  
13a. Ed., Edit. Banca y Comercio, S. A., 1966.
10. Rachlin, Robert, "Rendimiento Sobre Inversión". 1a. Ed.,  
Editora Técnica, S. A., 1978.

#### 6. PLAUSIBILIDAD

1. Espíndola M., Carlos, "Evaluación de Proyectos a Valor -  
Presente". 1a. Ed., pp. 28-34 - 61-63, Ediciones Conta-  
bles y Administrativas, S. A., 1979.
2. Giral B., José, "Manual Para Desarrollo, Transferencia y  
Adaptación de Tecnología Química Apropriada". 1a. Ed., -  
pp. 12-14, Edit. UNAM, 1974.
3. "Plan Nacional de Desarrollo Industrial". Transformación,  
septiembre de 1979.