

Universidad Nacional de Ingeniería

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
Y MANUFACTURERA**



“ Estudio Técnico Experimental de la Extracción y Refinación del Aceite a partir de la Semilla de Maracuyá ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

MARTHA E. VELASQUEZ MELGAREJO

JESUS F. VALDIVIA DOMINGUEZ

LIMA • PERU • 1985

A FRANCISCA:

QUIEN, CON TODO SU AMOR MATERNAL, SUPO
INFUNDIRME LA FUERZA Y VITALIDAD QUE
NECESITE PARA LA CULMINACION DE UN AN
SIADO SUEÑO.

¡COMO UN HOMENAJE A TI, MADRE!

TU HIJA

FLORA

"MI ETERNO AGRADECIMIENTO A MARTHA, MI MADRE, QUIEN CON EJEMPLAR SACRIFICIO, ME HA FORJADO UN DERROTERO FIRME EN LA VIDA"

A MIS QUERIDOS HERMANOS, COMO MUESTRA DE GRATITUD, COMPRENSION Y AFECTO, AL HABER CONTRIBUIDO EN LA CULMINACION DE MI CARRERA PROFESIONAL.

A MIS QUERIDOS TIOS:

MERCEDES Y QUIRINO MELGAREJO CORAL, MI PROFUNDO RECONOCIMIENTO PORQUE EN TODO MOMENTO ME BRINDARON SU APOYO Y ALICIENTE.

MARTHA EDELMIRA

Agradecemos infinitamente al Ing. MANUEL YABAR DAVILA GARCIA, quien en forma altruista contribuyó a profundizar nuestros conocimientos, para cristalizar el proyecto trazado.

Nuestra gratitud y reconocimiento por el aporte brindado en la ejecución de esta Tesis a la Asesora Ing. JULIA SALINAS GARCIA.

AGRADECIMIENTOS

Manifestamos nuestro reconocimiento a todas aquellas personas e Instituciones, que con su valiosa colaboración han hecho posible la realización de esta Investigación.

- 1) Ing. Manuel HIGUERAS ROGGERO, Asesor Gerencia General, CAR
GILL PERU S.A.
- 2) Ing. Adolfo CHANG WAY, Gerente de Producción, AGRO INDUSTRIAS
"EL SOL" S.A.
- 3) Ing. Carlos ROGGERO, Jefe de Producción, OLEOTECNICA S.A.
- 4) Ing. Benjamín CHOY, Jefe de Laboratorio de Aceites y Grasas,
COPSA
- 5) Ing. David ORTIZ, Jefe de Planta Jabón, COPSA.
- 6) Ing. Charles MORIN, Departamento de Producción Agropecuaria,
FOPEX
- 7) Quím. Evelina DAVILA DE ORELLANA, Laboratorio de Investigación Aplicada, UNI.
- 8) Técnico Mecánico, Daniel VERA, Laboratorio de Procesos Industriales, UNI.
- 9) Universidad Nacional Agraria, Facultad de Industrias Alimentarias. Programa de Frutales Nativos. La Molina

- 10) Ministerio de Agricultura, Oficina Sectorial de Estadística
- 11) Instituto Nacional de Estadística
- 12) Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas
Técnicas.

INDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCION	
1. SINTESIS GLOBAL DEL PROYECTO	1
2. HISTORIA DEL FRUTO DE MARACUYA	5
2.1. Generalidades	5
2.2. Grado de Incorporación en el Medio	8
2.3. Empleo del Fruto en el País	13
3. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA	16
3.1. Constitución y Estado Físico de la Semilla de Maracuyá	16
3.2. Cantidad de Materia Prima Disponible	16
4. TECNOLOGIA DEL PROCESO	18
4.1. Aspectos Generales de Aceites Comestibles	18
4.1.1. Estructura y Composición	18
4.1.1.1. Clases de Acidos Grasos	20
4.1.2. Clasificación de los Aceites	26
4.1.3. Propiedades Físicas y Químicas de los Aceites	27
4.1.3.1. Propiedades Físicas	27
4.1.3.2. Propiedades Químicas	32
4.1.3.3. Reacciones de los Acidos Grasos y Grasas	37

	Pág.
4.2. Etapas del Proceso de Extracción del Aceite	42
4.2.1. Preparación de las Semillas Oleaginosas	42
4.2.1.1. Lavado	42
4.2.1.2. Secado	43
4.2.1.3. Tamizado	43
4.2.1.4. Almacenaje	45
4.2.1.5. Molienda	48
4.2.1.6. Tratamiento Térmico	50
4.2.2. Extracción Mecánica	51
4.2.2.1. Prensado Discontinuo	51
4.2.2.2. Prensado Continuo	56
4.2.3. Extracción por Solventes	60
4.2.3.1. Tipos de Extracción por Solv.	62
4.2.3.2. Extracción por Solventes en el Laboratorio	63
4.2.3.3. Selección del Solvente Adecuado	64
4.3. Etapas del Proceso de Refinación del Aceite	70
4.3.1. Desgomado	70
4.3.2. Neutralización	71
4.3.3. Decoloración	72
4.3.4. Winterización	76
4.3.5. Deodorización	77
4.4. Cromatografía de Gases del Aceite	78

	Pág.
5. METODOS DE CONTROL	80
5.1. En la Materia Prima	80
5.1.1. Contenido de Humedad	80
5.1.2. Contenido de Grasa	82
5.2. En el Aceite Crudo Obtenido	83
5.2.1. Índice de Acidez	83
5.2.2. Índice de Iodo	84
5.2.3. Índice de Peróxido	86
5.2.4. Índice de Saponificación	87
5.2.5. Índice de Refracción	88
5.2.6. Determinación del Color	89
5.2.7. Determinación de la Densidad	89
5.2.8. Cromatografía de Gases	90
5.3. En el Aceite Refinado	90
5.3.1. Prueba de Neutralización	90
5.3.2. Prueba de Decoloración	92
5.3.3. Prueba de Deodorización	95
5.4. Control Organoléptico	95
6. DISEÑO A NIVEL DE PLANTA PILOTO	97
6.1. Descripción del Proceso	97
6.2. Operaciones de la Planta	100
6.2.1. Balance de Materia	100
6.2.1.1. Lavado	100
6.2.1.2. Secado	101

	Pág.
6.2.1.3. Extracción Mecánica	101
6.2.1.4. Extracción Química	102
6.2.1.5. Filtro Prensa	103
6.2.1.6. Almacén de Aceite Crudo	103
6.2.1.7. Neutralizado	103
6.2.1.8. Decoloración	105
6.2.1.9. Deodorizado	106
6.2.1.10. Almacén de Aceite Refinado	106
6.2.2. Balance de Energía	106
6.2.2.1. Secador	107
6.2.2.2. Precocinador	108
6.2.2.3. Extractor Sólido-Líquido	110
6.2.2.4. Neutralizador	112
6.2.2.5. Decoloración	113
6.2.2.6. Deodorizado	114
6.2.2.7. Caldero	114
6.2.2.8. Generador	117
6.3. Elección de la Maquinaria a Utilizar	118
6.3.1. En la Preparación de la Semilla	118
6.3.1.1. Recepción	118
6.3.1.2. Lavado	118
6.3.1.3. Secado	119
6.3.1.4. Molienda	122
6.3.2. En la Extracción del Aceite	123

	Pág.
6.3.2.1. Extracción Mecánica	123
6.3.2.2. Extracción Química	123
6.3.3. En la Refinación del Aceite	126
6.3.3.1. Neutralizado	126
6.3.3.2. Secado al Vacío	128
6.3.3.3. Decolorado	128
6.3.3.4. Deodorizado	129
6.4. Diseño de Equipos	130
6.4.1. Secador	130
6.4.2. Extractor	138
6.4.3. Evaporador	138
6.4.4. Condensador de Hexano	139
6.4.5. Neutralizador	140
6.4.6. Tanques	141
6.4.6.1. Almacenamiento de Aceite Crudo	141
6.4.6.2. Almacenamiento de Aceite Refinado	141
6.4.6.3. Hexano	141
6.4.6.4. Abastecedor de Agua	142
6.4.6.5. Agua Blanda	143
6.4.6.6. Combustible	143
7. ESTIMACION DE COSTOS	144
7.1. Costo del Secador	144
7.2. Costo del Extractor	146
7.3. Costo del Evaporador y Condensador	146

	Pág.
7.4. Costo del Neutralizador	146
7.5. Costo del Caldero	148
7.6. Costo de Tanques	148
7.6.1. Tanque de Aceite Crudo	148
7.6.2. Tanque de Aceite Refinado	150
7.6.3. Tanque de Hexano	150
7.6.4. Tanque de Agua Blanda	150
7.6.5. Tanque de Combustible	151
8. ANALISIS DE RESULTADOS	152
9. CONCLUSIONES	156
10. BIBLIOGRAFIA	157
11. ANEXOS	
1. Utilización de Aceite Crudo Vegetal de las Plantas a Nivel Nacional (1980-1984)	161
2. Variación Porcentual de la Utilización de Aceite Vegetal	162
3. Características Físico-Químicas del Aceite de Maracuyá	163
4. Contenido de Nutrientos en Bebidas Preparadas	164
5. Análisis de Nutrientos en Bebidas Preparadas	165
6. Factores Esenciales de Composición y Calidad en Aceites Comestibles	166
7. Extracción por Prensado. Muestra 2.	167

	Pág.
8. Extracción por Prensado. Muestra 3	168
9. Selección del Solvente	169
10. Contenido de Humedad	170
11. Contenido de Grasa	171
12. Índice de Acidez	172
13. Índice de Iodo	173
14. Índice de Peróxido	174
15. Índice de Saponificación	175
16. Soluciones de NaOH	176
17. Índices de Costo para Construcción Engineering News Record	177
18. Recipiente Standard de Acero Enchaquetado Costo de Compra - 1980	178

INDICE DE CUADROS Y GRAFICAS

CUADRO N°	Pág.
1. Diferencias Principales entre el Maracuyá Amarillo y el Púrpura	7
2. Rendimiento de Fruta por Hectárea	10
3. Producción de Maracuyá a Nivel Nacional	11
4. Composición Promedio del Jugo de Maracuyá por 100 grs.	14
5. Característica de los Acidos Grasos Insaturados	24
6. Punto de Fusión de Algunas Grasas y Aceites	31
7. Índice de Refracción de Algunos Aceites y Grasas	31
8. Índice de Iodo y Saponificación de Algunas Grasas y Aceites Naturales	34
9. Índice de Peróxido de Algunas Grasas y Aceites	34
10. Contenido de Materia Insaponificable de Algunas Grasas y Aceites	35
11. Extracción por Prensado Discontinuo	57
12. Selección del Solvente Realizado en el Laboratorio	68
13. Contenido de Humedad en la Materia Prima	80
14. Contenido de Grasa	83
15. Índice de Acidez	84
16. Índice de Iodo	85
17. Índice de Peróxido	86
18. Índice de Saponificación	88
19. Cromatografía de Gases del Aceite de Maracuyá	90

20. Decoloración del Aceite de Maracuyá	93
21. Secado de la Semilla de Maracuyá	132
22. Humedad e Intensidad de Desección	134

GRAFICA N°

1. Producción de Maracuyá a Nivel Nacional	12
2. Porcentaje de Aceite Extraído por Prensado vs Tiempo	58
3. Velocidad de Extracción vs Tiempo	59
4. Cromatografía de Gases del Aceite de Maracuyá	91
5. Color Residual vs Porcentaje de Adsorbente Usado	94
6. Peso Total de Semilla vs Tiempo	133
7. Intensidad de la Desección vs Contenido de Humedad en Base Seca	135
8. Intensidad de la Desección vs Tiempo	136
9. Costo Base del Secador vs Flujo de Calor	145
10. Costo Base del Evaporador y Condensador vs Capacidad	147
11. Costo Base del Caldero vs Flujo Másico	149

INTRODUCCION

Actualmente en nuestro país se está tomando auge la Industrialización del Maracuyá (*Passifora Edulis*), dado el bajo costo de la materia prima y el alto poder nutritivo que posee dicha fruta.

Es muy importante partir de esta premisa porque es propósito de nuestro PROYECTO, contribuir al desarrollo industrial del Perú, ya que tiene un fuerte déficit en la producción de aceites y grasas vegetales.

Se hace necesario mencionar que la producción nacional de materia prima o insumos semi-procesados no satisface los requerimientos de las plantas procesadoras, es por esta razón, que se importa prioritariamente el frijol y el aceite crudo de soya. Derivándose las constantes alzas de los precios que inciden en la demanda del mercado, haciendo posible que el consumo de aceites y grasas vegetales se mantenga casi estacionario, pese al incremento poblacional. Es así como a partir de 1980, la utilización de aceites vegetales siguió un ritmo ascendente hasta 1983; y ya en 1984 se puede visualizar un notable descenso del orden del 30.67% con respecto al año anterior. Anexo N°1 y 2.

La producción de Aceite de Maracuyá se podrá efectivizar

con la participación directa del Gobierno, Incentivando en forma eficiente el cultivo de dicha planta; desarrollándose planes a corto plazo para así disminuir en parte las importaciones que se hacen de Aceite Crudo. En este aspecto, la Universidad Nacional Agraria a través del Programa de Frutales Nativos, brinda su invaluable aporte al abarcar el estudio profundo del fruto de maracuyá, desde tiempos que se introdujo al país. Constituyendo una fuente importante del tema desarrollado.

Dejamos a vuestra consideración el trabajo que hemos realizado, cuyo objetivo principal es coadyuvar de alguna manera al Desarrollo Tecnológico Nacional, en lo referente a la Industria de Aceites y Grasas Comestibles.

Las Autoras

1. SINTESIS GLOBAL DEL PROYECTO

El estudio realizado en la presente tesis, está orientado al aprovechamiento de la Semilla de Maracuyá, que actualmente es considerado como residuo industrial en las fábricas de néctares y jugos de Maracuyá, con la finalidad de producir ACEITE COMESTIBLE, habiéndose llevado a cabo todos los procesos que involucran la Extracción y Refinación del Aceite obtenido a partir de esta semilla.

La materia prima fue cedida gracias a la gentileza de CARGILL S.A., la cual a través de AGRO INDUSTRIAS "EL SOL" procesa de 50-60 TM/día de Maracuyá; en forma de néctares que son destinados a exportación.

Esta semilla constituye de un 20 a 25% de la fruta fresca, conteniendo hasta 25% de humedad; y según resultados experimentales posee más de 25% de Aceite crudo.

La preparación de la semilla se realizó, mediante las operaciones de Lavado, Secado, Tamizado y Molienda. El Aceite Crudo es extraído siguiendo dos procedimientos consecutivos: el Mecánico y el Químico; siendo el rendimiento máximo por prensado entre 15-18%, y el cake sometido a extracción por solventes contiene de 8 a 10% de Aceite.

Las características del Aceite Crudo según los análisis realizados son:

Indice de Acidez	1.7%	-	5%
Indice Iodo	120	-	130
Indice de Saponif.	190	-	193
Indice de Peróxido	5.1	-	7.8
Indice de Refracción	1.4643-		1.474
Color : Rojo			3.2
Amarillo			31

La composición de los Acidos Grasos, como resultado de la Cromatografía de Gases es el siguiente:

Acido Oleico	17.36%
Acido Linoleico	66.25%
Acido Esteárico	3.5%
Acido Anárquico	1.05%
Acido Mirístico	0.13%
Acido Palmítico	11.41%
Acido Palmitoleico	0.2%

La Refinación se inicia teniendo en cuenta el índice de acidez (expresado en % de Acido Oleico) que presenta el aceite crudo, ya que nos va a determinar la cantidad de soda cáustica empleada para neutralizar; logrando bajar la acidez entre 0.13 - 0.3%. En la Decoloración se adicionó al aceite

neutralizado hasta 3% de tierra activada (Natrill), obteniendo una disminución del color: 3.2 Rojo y 31 Amarillo a 1.2 Rojo y 11 Amarillo.

Siguiendo el procedimiento de Winterización recomendado por A.O.C.S. (American Oil Chemists Society), se pudo observar la ausencia de glicéridos saturados de alto peso molecular; de tal manera que iniciamos la Deodorización para eliminar todos los ácidos grasos volátiles, a condiciones de altas temperaturas y bajas presiones; obteniéndose finalmente el aceite refinado con características que cumplen los Estándares fijados para un aceite comestible por las normas técnicas vigentes (ITINTEC). Anexo N° 3.

Indice de Acidez	0.21%
Indice de Peróxido	1.1
Indice de Iodo	123
Indice de Saponif.	191
Indice de Refracción	1.4643
Color : Rojo	1.2
Amarillo	11

Partiendo de los resultados experimentales se ha diseñado una Planta Piloto, que procesará 15 TM/día de materia prima, obteniéndose 922.35 TM/Año; de aceite crudo con un margen de hasta 5% de acidez expresado en porcentaje de ácido

oleico. La producción de aceite refinado será de 834.9TM/Año habiéndose considerado que la Planta trabajará 330 días al año, en dos turnos de 8 horas diarias.

El calor suministrado a los diferentes procesos seguidos será abastecido por un caldero, que opera con una potencia de 60.333 HP., generando 660.92 Kg/hr de vapor.

La estimación de los costos, según los diseños realizados en este proyecto, son:

Secador	16,398\$
Extractor	7,666\$
Evaporador y Condensador	2,300\$
Neutralizador	2,751\$
Caldero	22,148\$
Tanque:	
Aceite Crudo	3,876\$
Aceite Refinado	5,111\$
Hexano	9,372\$
Agua Blanda	4,600\$
Combustible	4,046\$

2. HISTORIA DEL FRUTO DE MARACUYA

2.1. Generalidades

El Fruto en estudio pertenece a la familia Passifloraceae que comprende varios géneros y aproximadamente 40,000 especies en su mayoría se agrupan en Passiflora (1). Las dos especies más importantes que se tiene en nuestro medio son: Passiflora Edulis Sims o Maracuyá Púrpura y Passiflora Edulis Flavicarpa llamado también Maracuyá Amarillo.

El Maracuyá es conocido con diferentes nombres: en Panamá, Costa Rica, Brasil y Perú se le conoce con el mismo nombre; en Hawai como Lilikoi; en Colombia y Venezuela como Parchita. Siendo considerado el Brasil como el país de origen.

El Maracuyá Amarillo prefiere los climas cálidos y sub-tropicales, pero se adapta bien a los climas templados. Empero existen otras variedades de mejor adaptación para los climas templados y fríos (2).

La planta es una enredadera vigorosa, perenne y de rápido desarrollo. El fruto es una baya esférica, o voide o elipsoidal que puede alcanzar hasta 10 cm de

largo y 8 cm de ancho y que a la madurez adquiere una coloración amarillo canario o ligeramente anaranjado. La fruta se deshidrata y arruga al transcurrir los días desde la cosecha hasta que llega al público, lo que le dá una apariencia poco agradable.

Las semillas; que son planas, ovoides, de color pardo y de 100 a 200 por fruto se hallan rodeadas de un anillo amarillento que contiene jugo de sabor ácido agradable aromático, de color amarillo anaranjado o grados intermedios entre estos dos colores (3).

El Maracuyá Amarillo crece a temperaturas que van desde los 21°C hasta 32°C. La enredadera crece continuamente si se presentan las temperaturas óptimas; las lluvias abundantes y uniformes suelen ser las ideales con sus respectivos drenajes para evitar emposamientos de agua. El maracuyá resiste el ataque de nematodos, la salinidad y la sequía (4).

A continuación resumiremos las principales diferencias entre el maracuyá amarillo y el púrpura.

CUADRO N° 1.-

DIFERENCIAS PRINCIPALES ENTRE EL MARACUYA AMARILLO Y EL PURPURA

<u>MARACUYA PURPURA</u>	
<u>Cultivo</u>	: Enredadera poco vigorosa, que se adapta a las zonas altas y frías, siendo más susceptible de ataque de plagas y enfermedades.
<u>Fruta</u>	: Fruta pequeña (5cms) de color púrpura, con semillas de color negruzco.
<u>Sabor y Uso</u>	: Acido, de sabor agradable. Sirve para elaborar jugos, néctares, jaleas, etc.
<u>Producción:</u>	28,500 a 57,000 kgs por año, por hectárea.
<u>MARACUYA AMARILLO</u>	
<u>Cultivo</u>	: Enredadera más vigorosa y se adapta mejor a las zonas bajas subtropicales y de buena resistencia a plagas y enfermedades.
<u>Fruta</u>	: Fruta más grande (de 8 a 10 cms) de color amarillo canario, cáscara gruesa, con semillas de color amarillo.
<u>Sabor y Uso</u>	: Acido, sabor menos agradable. Sirve para elaborar néctares y jaleas.
<u>Producción:</u>	Vida productiva más larga que la púrpura. 5,700 a 11,500 kgs por año y por hectárea.

FUENTE: Cornejo Barreda, (1965)
Pruthi (1963)

2.2. Grado de Incorporación en el Medio

En 1880 la especie *Passiflora edulis sims*, fue introducida en Australia a las Islas Hawai donde se le conoció con el nombre de Lilikoi, debido a que en el distrito de Lilikoi se le cultivó por primera vez. Sin embargo algunos investigadores, afirman que fue introducida a Australia desde los trópicos de América. Se dice que es oriunda del Brazil, de donde fue introducida en 1936 a Florida (5).

La especie *Passiflora edulis flavicarpa*, también oriunda del Brazil llegó a Trinidad y de este país a Florida.

Estas variedades se cultivan también en Sud Africa, Nueva Zelandia y en la India, donde han adquirido gran importancia. En Venezuela se cultiva en mayor escala el maracuyá amarillo.

En 1957 fue introducida al Perú por primera vez, el maracuyá amarillo, desde Hawai, por el Ing. Víctor Revilla, quien lo sembró en la Instalación Experimental Agrícola "La Molina" habiendo subsistido las plantas por más de 12 años (6). Recién en el año 1964 se inició la primera plantación comercial en el Valle de Chan

chamayo, y fomentada en Pucallpa, Tingo María, Satipo, Apurímac y otros lugares de nuestra Selva (2). Habiéndose iniciado también la explotación de esta especie en el Valle de Chíncha y en la actualidad se están realizando estudios de mejoramiento de variedades que se adapta a diferentes climas y se produzca durante todo el año.

El maracuyá demuestra grandes posibilidades para su cultivo en huertas comerciales, pues produce altos rendimientos económicos a corto plazo, siendo de fácil cosecha. Inicia su producción entre los 9 a 14 meses de edad, dependiendo del clima de la zona donde se le cultiva y de la conducción del cultivo en buenas condiciones; la vida comercial de una plantación puede llegar a 6 años y en algunos casos ser mayor. Ver Cuadro N° 2.

La situación del cultivo hasta el año 1984, según datos estadísticos (7) del Ministerio de Agricultura (O.S.E.) es la siguiente: Ver cuadro N°3, Gráfica N° 1.

CUADRO N° 2

RENDIMIENTOS DE FRUTA POR HECTAREA

Años de Plantación	No Frutos por Planta	Peso Promedio por Fruto(kg)	Rendimiento Total de Fruta Aprovechable	
			TM/Ha/Año	Jabas/Ha/Año (15kg)
1er. año	70	0.080	12.73	851
2do. año	85	0.080	15.48	1033
3er. año	75	0.080	13.68	912
4to. año	55	0.080	10.07 (1)	672
5to. año	65	0.080	11.88	791
6to. año	50	0.080	9.12	603
Total	400		72.96	4867

FUENTE : Boletín N°13 "Frutales Nativos", U.N.A.

(1) La aplicación de la Poda motiva la disminución del Rendimiento.

Cuadro N° 3

PRODUCCION DEL MARACUYA A NIVEL NACIONAL

Año	Superficie (Has)	Rendimiento (Kg/Ha)	Producción (T.M.)
1971	144	6780	976
1973	157	6920	1086
1976	202	7220	1458
1977	226	7758	1753
1979	306	7925	2427
(&) 1982	644	9120	5873
(&) 1983	901	11880	10632
(&) 1984	1470	15480	22756

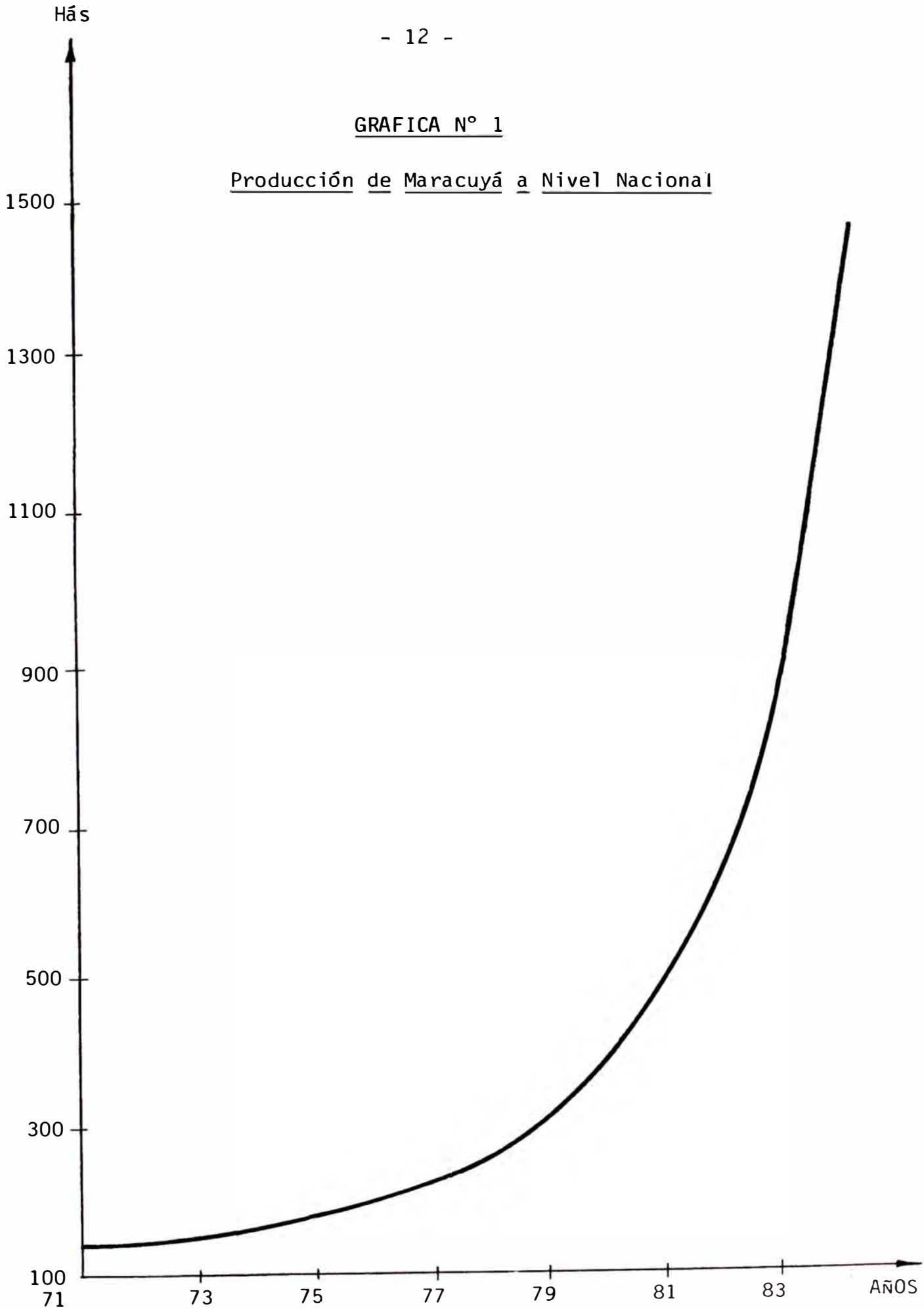
FUENTE: Programas Frutales Nativos U.N.A.

Oficina Sectorial de Estadística, Ministerio
de Agricultura

(&) Datos Proyectados.

GRAFICA N° 1

Producción de Maracuyá a Nivel Nacional



2.3. Empleo del Fruto en el Perú

El maracuyá se le utiliza en el mercado nacional para elaborar néctares enlatados, jaleas, mermeladas y jugo concentrado, siendo en esta última forma exportado a los mercados extranjeros.

Parte de la producción en el Perú está siendo industrializado por las fábricas INDAISA en la Selva, FRUTOS DEL PAIS S.A. en Lima; y AGRO INDUSTRIAS "El Sol" en Lima en forma de néctares para el abastecimiento del Mercado Nacional e Internacional.

El sabor del jugo debe ser característico, aromático y fragancioso. Es preferible que tenga alta acidez, ya que esto favorecerá la dilución en la preparación de néctares. El jugo de óptima calidad debe poseer un color dorado característico. Estas condiciones se obtienen con frutas de adecuada madurez y buenas condiciones de limpieza.

La composición aproximada del jugo ha sido determinada en la siguiente forma:

Cuadro N° 4

COMPOSICION PROMEDIO DEL JUGO DE MARACUYA POR 100 GRAMOS

Agua	82 grs
Azúcares Reductores	7 grs
Azúcares Totales	10 grs
Fibra Cruda	0.2 grs
Proteína	0.8 grs
Grasa	0.6 grs
Calcio	5 mgs
Fósforo	18 mgs
Fierro	0.3 mgs
Vitamina C	12
Vitamina A	570 I.U.
Calorías	78
Sólidos solubles(Por Refractómetro)	15
pH	3.0
Acido Titulable (Como ácido cítrico)	4.0

FUENTE: Hurtado Pascual, 1968.

La pulpa, néctar y jarabe, se obtiene a partir del jugo refinado, y son preparados añadiendo azúcar y ácido al jugo extraído y diluido. La diferencia entre néctar y jarabe está dada por la cantidad de azúcar y

ácido.

El néctar de maracuyá es una combinación de jugo y azúcar diluida en proporciones adecuadas, como para producir una bebida agradable; la combinación de jugo a azúcar es de 100 partes a 55-65 partes respectivamente, siendo diluida una parte de la mezcla con 4 a 4.5 partes de agua. Para lograr un equilibrio adecuado de sabor se le agrega ácido cítrico, citrato de sodio y aceites esenciales con derivadas de algas para controlar la viscosidad y apariencia.

La jalea está preparada con el jugo de la fruta extraída por ebullición, el cual después de filtrado se le agrega azúcar y se le concentra hasta obtener su gelatinización al enfriarse.

La mermelada, en cambio, está formada por una jalea clara, en la cual se encuentra en suspensión trozos de fruta ó de corteza, es decir consiste en tejidos de frutas embebidos por un gel adecuado de azúcar, pectina y ácido.

En los Anexos 4 y 5, se puede visualizar la calidad del jugo de Maracuyá, comparado con otras bebidas. Observándose que es muy rica en vitamina A y vitamina B₅.

3. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

3.1. Constitución y Estado Físico de la Semilla de Maracuyá

En el fruto hay de 20 a 25% de semillas pequeñas, rodeadas por la pulpa de consistencia gelatinosa, algo ácida y aromática; que va a ser utilizada como materia prima con una humedad admisible menor al 10%. Presenta una coloración pardo oscuro, son de forma plana y ovoide.

Las semillas se mantienen en atmósferas con poco contenido de oxígeno para evitar su alteración; ya que tienden a oxidarse con facilidad en otras condiciones, deteriorándose la calidad del producto a obtener.

La materia prima se procesará con un contenido de humedad de 6%, que según los análisis realizados con tiene un 25% de aceite. Para facilitar el proceso de extracción es necesario partir las semillas a un tamaño adecuado.

3.2. Cantidad de Materia Prima Disponible

Después de haber realizado una investigación exhaustiva del grado de incorporación del maracuyá a ni

vel nacional y tener conocimiento de la existencia de varias fábricas que procesan cantidades importantes de este fruto en forma de néctares; hemos tomado como base para la realización de este proyecto, la utilización de los residuos industriales que tiene una planta de jugos de maracuyá ubicada en los alrededores de Lima. Esta, es alimentada diariamente con 50 TM de fruto a procesar.

La cantidad de materia prima (Desechos de una fábrica) disponible para la planta piloto en estudio es de 15 TM/día, y está conformada por semillas húmedas y cascarillas.

Enfocando la disponibilidad de materia prima en el país; según el Cuadro N° 3 se tiene que para 1984 la producción fue de 22,756 TM de fruta lo que significa 5,527 TM de pepa seca conteniendo 6% de humedad; y la cantidad de aceite crudo a extraer sería 1307 TM, si se procesara toda la semilla de maracuyá producida.

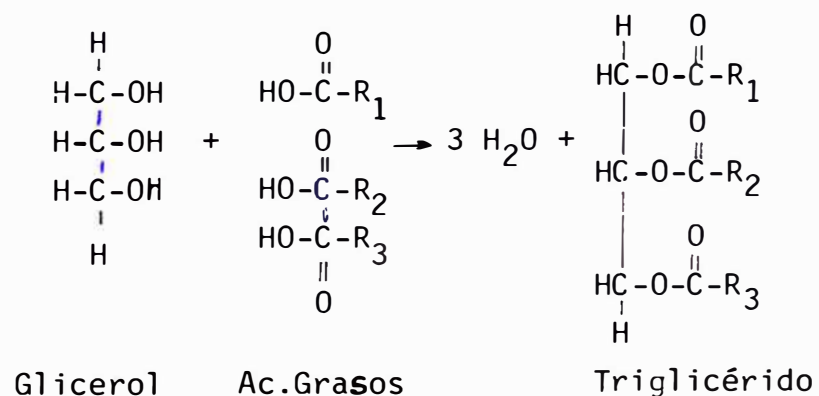
4. TECNOLOGIA DEL PROCESO

4.1. Aspectos Generales de Aceites Comestibles (Anexo N°6)

4.1.1. Estructura y Composición

Los aceites y grasas son sustancias de o rigen vegetal y animal, que están constituidos de ésteres de propanotriol, glicerol o glicerina y ácidos grasos conocidos como Triglicéridos. Se usa el término grasa cuando se hace referencia a sustancias sólidas a temperatura ambiental, y aceites se refiere a triglicéridos líquidos en las mismas condiciones.

Un triglicérido puede considerarse formado por la condensación de una molécula de glicerol con 3 de ácidos grasos, para dar 3 moléculas de Agua y Una de Triglicérido.



Los ácidos grasos constituyen de 94-96% del peso total de las moléculas que conforman el aceite.

Todas las grasas y aceites comerciales contienen pequeñas cantidades de varias sustancias de composición y propiedades diferentes de los glicéridos. Algunas de éstas son totalmente separadas en el proceso de refinación del aceite bruto y de ahí que no aparezcan en la mayor parte de los productos manufacturados. Varias de ellas resisten la refinación y como no tienen sabor, olor o color pronunciados son inertes desde el punto de vista químico, no tienen la menor importancia; ya que su presencia, aunque no deseable, tampoco es perjudicial, sobre todo teniendo en cuenta los usos a los que se destinan la mayor parte de los aceites. Entre estas sustancias las más importantes son: Los Fosfátidos, los Esteroles, los alcoholes grasos superiores, los pigmentos carotenoides, los tocoferoles, las vitaminas (A y D) y algunos minerales como el P, Cu, Fe y Mn(8).

En lo que se refiere a la alimentación humana, las grasas son las principales fuentes

de energía en la dieta, pues son productos más alimenticios y concentrados; suministrando unas 9 kcal/gr de energía, en comparación con las 4 kcal que proporciona las proteínas y los hidratos de carbono. Por otro lado, las grasas hacen los alimentos más apetecibles y también demoran la digestión de los alimentos evitando la sensación de hambre después de las comidas(8). Paralelamente a su contribución energética los lípidos son componentes importantes de las membranas celulares que en algunos casos están integradas con un 40% de lípidos (9). Los ácidos grasos esenciales deben estar presentes para asegurar los procesos regulares de las membranas que permiten ajustar su permeabilidad.

4.1.1.1. Clases de Acidos Grasos

- A. Saturados.- Son aquellos en los que los átomos de carbono están unidos a no menos de dos átomos de hidrógeno. Los puntos de fusión aumentan con la longitud de la cadena y con la saturación. Es por esto que a mayor cantidad de ácidos grasos saturados existe mayor posibilidad de

tener grasas en lugar de aceite (8).

Entre los más importantes se encuentran el mirístico, palmítico y esteárico:

- i) Ac. Mirístico.- Es un componente menor (2% ó menos) de muchos aceites de semillas y frutas. Es el principal componente de las grasas de semillas de la familia de las MIRISTICÉAS. Los ácidos grasos con un peso molecular menor del mirístico no se consideran como constituyentes de semillas más comunes.

- ii) Ac. Palmítico.- Es el más ampliamente distribuído de los ácidos grasos saturados, se encuentra prácticamente todas las grasas vegetales y animales, en cantidades de por lo menos un 6 a 8% y es el principal constituyente de la manteca de cerdo, sebo, aceite de palma, manteca de cacao y otras mantecas

vegetales.

iii)Ac. Esteárico.- Se halla también ampliamente distribuido. Existen en los aceites vegetales en proporciones del 1 a 3%.

B. Insaturados.- Son aquéllos en los que su cadena contiene dobles enlaces. La reactividad de este tipo de ácidos grasos está dada por la posición y el número de dobles enlaces; y con la yuxtaposición de estos últimos con un grupo metileno, le da una mayor reactividad. Los ácidos grasos conjugados son más reactivos, reacción que se aprecia en la polimerización. Los más comunes que se encuentran en los aceites tenemos en el cuadro N°5; y entre los más importantes se encuentran el Palmitoleico, Oleico, Linoleico y Linolénico.

i) Ac.Palmitoleico.- Se presenta

en muchos aceites vegetales incluyendo Palma, Algodón, Soya, Maní, entre otros. Es el 9:10 Hexadecanoico (16 átomos de carbono, un doble enlace).

ii) Ac. Oleico.- 9:10 Octadecanoico (18 átomos de carbono y un doble enlace). Es el ácido graso más ampliamente distribuido. Se encuentra más o menos en proporción en todos los aceites y grasas. Es el principal componente de aceites vegetales líquidos alcanzando alrededor del 70% y en muchos aceites es el más importante, como tenemos aceite de oliva, palma, maní, etc.

iii) Aceite Linoleico.- 9:10,12:13 Octadecanoico (18 átomos de carbono y 2 enlaces dobles). En los aceites vegetales poco insaturados este ácido está subordinado en canti

Cuadro N° 5

CARACTERISTICA DE LOS ACIDOS GRASOS INSATURADOS

Acido Graso	Punto de Fusión del Acido °C	Punto de Fusión del Triglicérido °C
Oleico	16.3	5.5
Erúxico	33.4	3.0
Linoleico	- 6.5	-13.3
Linolénico	-12.8	-24.2
Ricinoleico	5.5	----
Eleostéarico cis	49	---
Eleostéarico trans	72	---
Palmitoleico	---	---

Fuente: Bailey, 1961.

dad al oleico, pero en los más insaturados, tales como el de soya, linaza, hay más linoleico que oleico. Suponiendo claro que tiene la forma cis-cis.

iv) Ac.Linolénico.- 9:10,12:13,15:
16 Octadecatrieno
noico (18 átomos de carbono y 3
dobles enlaces). Se encuentra
en cantidades variables en alguno
nos de los aceites vegetales
más insaturados. Este ácido
graso así como otros fuertemente
insaturados tienen la particularidad
de poseer una marcada
tendencia a la reversión del sabor
a consecuencia de una ligera
oxidación, originando rancidez
en el aceite. Motivo por
el cual no son deseables para
fines alimenticios; aunque en
el caso del aceite de soya se usa
con aquel fin, ya que estos
aceites generalmente se saturan
parcialmente por hidrogenación
selectiva. Entre los aceites
que poseen este ácido se encuentran:
el aceite de linaza, higuerilla,
soya, cañamo, etc. (8).

4.1.2. Clasificación de los Aceites

4.1.2.1. Aceites Secantes

Aquellas sustancias líquidas que mediante la acción del oxígeno del aire se convierten en material seco, duro y resinosos. Consta de Triglicéridos de grado relativamente alto de insaturación. Son usados en la elaboración de pinturas y barnices. Ejm. El aceite de linaza, madera, adormidera, cáñamo, girasol, nueces, etc. Su ácido característico es el linoleico y el ácido linolénico. Su índice de Iodo es superior a 130.

4.1.2.2. Aceites Semisecantes

Forman películas con gran lentitud, se secan en el aire con relativa facilidad, pero llegan a descomponerse antes de secarse. Tenemos el Aceite de Algodón, maíz, sésamo, colza, soya, etc. Su ácido característico es el ácido linoleico combinado con la glice-

rina. Su índice de Iodo varía entre 90 y 130.

4.1.2.3. Aceites no Secantes

No se secan en el aire, ni forman películas duras, antes de secarse se descomponen enranciándose. Tenemos aceite de olivo, ricino, pepitas de uvas, almendra, etc. Su ácido característico en grandes cantidades es el oleico en forma de glicéridos. Su índice de Iodo es menor a 90.

4.1.3. Propiedades Físicas y Químicas de los Aceites

4.1.3.1. Propiedades Físicas

Están ligadas íntimamente a las de sus ácidos grasos por ser los componentes principales de las grasas.

A. Viscosidad.- La viscosidad alta, es una característica que poseen los aceites debido a que están constituidos por glicéridos de cadenas largas

gas. La viscosidad de los aceites disminuye ligeramente con un aumento de su grado de insaturación; así mismo los que tienen un menor peso molecular son menos viscosos que aquellos de grado de saturación equivalente, y por tanto contiene ácidos de elevado peso molecular. Como la viscosidad del aceite se ve afectada por su grado de insaturación, ésta puede aumentar ligeramente por Hidrogenación (10).

B. Propiedades Espectrales de Color.- Los ácidos grasos puros y sus glicéridos son incoloros y por tanto no tienen propiedades espectrales en el rango visible. El color está dado por la presencia de pigmentos solubles en grasas, tales como carotenoides, clorofila y en algunos casos productos de la oxidación y polimerización de los ácidos grasos (11).

El color característico de la mayor parte de las grasas y los aceites, es una mezcla de amarillo y rojo, y esto es debido a la presencia de ca-

rotenoide incluyendo el color azul, verde y castaño (12). Este último color se atribuye a la descomposición de constituyentes no grasos, particularmente proteínas.

El color es muy importante ya que se le vincula íntimamente con el comercio de grasas, aceites vegetales y animales; y su apariencia le dá un índice de la calidad del aceite, de tal forma que si tenemos un color oscuro, sería más costoso su proceso de decoloración para darle un color claro aceptable, ya que es difícil eliminar los pigmentos carotenoides.

C. Punto de Fusión.- El P. F. de los ácidos grasos aumenta con la longitud de la cadena y disminuye con un aumento de la insaturación.(8) Ver Cuadro N°6.

D. Índice de Refracción.- Aumenta con el PM y con el grado de insaturación. Es una característica muy útil para

clasificar rápidamente aceites de identidad desconocida o para observar los progresos de una hidrogenación selectiva. En el Cuadro N°7 tenemos algunos I.R. más comunes.

- E. Olor y Sabor.- Esta característica generalmente se debe a la presencia de sustancias no grasas, como por ejemplo productos de oxidación, que le dan un olor y sabor desagradable. Tendrá que hacerse una deodorización para ser usado como aceite comestible quedando neutro y libre de malos olores.
- F. Solubilidad.- Las grasas no son solubles en agua y son muy solubles en éter etílico, hidratos de carbono, benceno, bisulfuro de carbono y solventes halogenados.
- G. Densidad.- Los ácidos grasos y glicéridos aumentan su densidad al disminuir su peso molecular y al aumentar su grado de insaturación.

Cuadro N°6

PUNTO DE FUSION DE ALGUNAS GRASAS Y ACEITES

Aceite o Grasa	Punto de Fusión °C
Nuez de Coco	23 - 26
Palma	27 - 43
Palmiste	24 - 24
Mantequilla	28 - 35
Sebo (de Buey)	43 - 46

Cuadro N° 7

INDICE DE REFRACCION DE ALGUNOS ACEITES O GRASAS

Aceite o Grasa	Indice de Refracción a 40°C
Algodón	1.4643 - 1.4679
Maní	1.4600 - 1.4643
Girasol	1.4663 - 1.4680
Soya	1.4675 - 1.4736
Oliva	1.4600 - 1.4633
Palma	1.4531 - 1.458
Colza	1.4605 - 1.465
Ajonjolí	1.465 - 1.469.

FUENTE: Mehlenbacher 1970.

H. Untuosidad.- Es la capacidad que tienen las grasas para formar películas lubricantes, es por esto, que la mantequilla hace que sea más fácil de comer el pan (13).

4.1.3.2. Propiedades Químicas

A. Índice de Acidez.- El índice de acidez determina el porcentaje de ácidos grasos libres presentes en una grasa. La acidez de las grasas y aceites es consecuencia de su degradación por hidrólisis que origina grupos carboxilos libres de los ácidos grasos liberados. Este incremento de acidez constituye un factor de la rancidez, dado que los ácidos de cadena corta, liberados como quedan imparten olor rancio característico (14). Según las normas de ITINTEC, la acidez máxima permitida es de 0.35% expresado en ácido oleico en un aceite refinado.

B. Índice de Iodo.- Representa el ver-

dadero grado de insaturación de las grasas o ácidos grasos (8). Da a conocer las propiedades secantes y polimerizantes de aceites tales como el de linaza y soya. En el cuadro N°8 se muestran algunos ejemplos de índice de iodo y saponificación.

C. Índice de Peróxido.- Es una medida de su contenido de oxígeno activo, expresado en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra. También es una medida de la rancidez oxidativa. El índice de peróxido es considerado aceptable mientras el aceite se encuentra en el período inicial de oxidación, llamado período de inducción. En el cuadro N° 9 se tienen ejemplos de índice de peróxido de algunas grasas.

D. Índice de Saponificación.- Significa la hidrólisis de un éster para dar el correspondiente alcohol y ácido o sal. El índice de saponifi-

Cuadro N° 8

INDICES DE IODO Y SAPONIFICACION DE ALGUNAS GRASAS
Y ACEITES NATURALES

Grasa de	I.S.	I.I.
Maíz	187 - 193	103 - 128
Algodón	189 - 198	99 - 113
Palma	195 - 205	44 - 54
Ricino	176 - 187	81 - 91
Girasol	188 - 194	125 - 136
Cerdo	190 - 202	52 - 77
Cacao	190 - 200	29 - 38
Pescado	180 - 200	180 - 205
Soya	189 - 195	120 - 141
Colza	170 - 180	97 - 108

FUENTE: Mehlenbacher 1970
Valencia 1977

Cuadro N° 9

INDICE DE PEROXIDO DE ALGUNAS GRASAS Y ACEITES

Grasa o Aceite	I. P.(m.e. O ₂ /kg de grasa)
Mantequilla	7.3
Manteca de Cerdo	5.7
Semilla de Algodón	31.9

FUENTE: Mehlenbacher 1970

Cuadro N° 10

CONTENIDO DE MATERIA INSAPONIFICABLE DE ALGUNAS
GRASAS Y ACEITES

Aceite o Grasa	M. Ins. %
Maíz	0.8 - 2.0
Semilla de Algodón	menos de 1.5
Olivo	0.7 - 1.0
Palma	0.3 - 1.0
Maní	0.2 - 0.8
Girasol	0.3 - 1.3
Pescado	1.2 - 1.5
Soya	menos de 1.5
Colza	menos de 1.5

FUENTE: Mehlenbacher 1970
Valencia 1977

cación llamado también número de saponificación, es una medida de la cantidad de álcali requerida para saponificar un determinado peso de triglicérido (12). La importancia de esta determinación reside en la relación existente entre el índice

de saponificación y la longitud de cadena de los ácidos grasos del triglicérido (8).

E. Materias Insaponificables.- Son aquellas sustancias que se encuentran frecuentemente disueltas en aceites y grasas que no pueden saponificarse por álcalis cáusticos, pero que son solubles en disolventes corrientes de las grasas. Se incluyen los más altos alcoholes alifáticos y esteroides, pigmentos e hidrocarburos. En el cuadro N° 10 tenemos ejemplo del contenido de materia insaponificable de algunos aceites y grasas. Por estar el material insaponificable formado principalmente por alcoholes mayores o esteroides, resinas, mucílagos, etc. (material indeseable) es que son eliminadas en el proceso de refinación hasta niveles bajos (8).

4.1.3.3. Reacciones de los Acidos Grasos y Grasas:

Las reacciones químicas de los ácidos grasos y grasas tienen especial importancia, porque se emplean en los procesos industriales al elaborar los productos oleaginosos.

A diferencia de muchos productos comestibles, los aceites no se deterioran notablemente por acción de las bacterias; sino que más bien la mayor parte de los daños sufridos por las grasas en el almacenamiento son debidos a la oxidación por el oxígeno atmosférico (15).

Las principales reacciones son las siguientes:

A. Hidrólisis.- Los aceites se hidrolizan en ácidos grasos libres y glicerol en presencia de agua o vapor de agua (11).

La reacción es reversible de

manera que si no se separan los cuerpos reaccionantes y los productos de la reacción, del medio en que éste se realiza, se llega a un equilibrio que depende de la concentración de los primeros. Esta reacción es catalizada por los ácidos, compuestos que forman jabones y otras sustancias (8).

Los procesos de hidrólisis continuos son los más utilizados, lo grándose la obtención de ácidos grasos al 95% y soluciones glicerinas al 15-18% (16).

B. Esterificación.- Es una reacción inversa a la hidrólisis o sea la producción de ésteres de ácidos grasos.

En los aceites cuyo contenido de ácidos grasos es del orden de 6.7%, el proceso de recombinación-esterificación no es económico, ya que en la práctica es difícil redu-

cir la acidez a menos de 1% y por tanto es necesario luego neutralizar con álcali.

C. Hidrogenación.- Es una reacción de reducción donde se adiciona hidrógeno a la molécula insaturada de los triglicéridos en presencia de un catalizador con el fin de obtener la grasa más estable y más dura. Se necesita una presión super atmosférica para aumentar la solubilidad del hidrógeno en la grasa líquida y que el catalizador (sólido de Níquel) se encuentre finamente dividido (8).

A nivel industrial se hace necesario una hidrogenación selectiva, tratando de reducir la insaturación a niveles de saturación adecuada. Con la hidrogenación se logra la saturación de la grasa, es decir transformarla de estado líquido a sólido dándole mayor estabilidad.

- D. Halogenación.- Consiste en adicionar Cl_2 , Br ó I a la molécula insaturada de la grasa, permitiendo separar a los insaturados de los saturados, ya que los halógenos se adhieren a los dobles enlaces.
- E. Polimerización.- Esta reacción está profundamente influida por la naturaleza con que se ha esterificado el aceite, ya que cuando están involucrados ésteres de ácidos conjugados la polimerización se lleva a cabo mucho más rápido. Este método consiste en calentar los ácidos grasos a altas temperaturas.
- F. Oxidación del Aceite.- La oxidación prolongada de una grasa provoca una rancidez que está acompañada con la presencia de sabores y olores desagradables, es decir es causante de grandes perjuicios en grasas y aceites comestibles.

Según las teorías modernas,

el oxígeno ataca relativamente pocos puntos; después de esto la reacción prosigue substitutivamente por un mecanismo con radicales libres activados (8).

a) Antioxidantes.- Son sustancias que al añadirlas en cantidades pequeñas inhiben ó suprimen la autoxidación. Protegen también a otras sustancias de naturaleza insaturada, que se encuentran en los alimentos como la vitamina A.

a.1.Clasificación.- Los antioxidantes pueden ser:

- i) Naturales.- Los Tocoferoles, Tocotineroles, vitamina A y E.
- ii) Sintéticos.- Butil - Hidróxi-Tolueno, Butil - Hidróxi-Anisol, Galato de Propilo, Octilo y Dodecilo.

a.2.Requisitos.- Debe satisfacer lo siguiente:

- i) Ser inocuos para el organismo humano.
- ii) Ser efectivos en cantidades extremadamente pequeñas.
- iii) No deben afectar el olor, sabor ni modificar las características físicas de los alimentos.
- iv) Ser solubles en las sustancias que van a proteger para favorecer la dispersión (17).

4.2. Etapas del Proceso de Extracción del Aceite

4.2.1. Preparación de las Semillas Oleaginosas

4.2.1.1. Lavado. Las semillas traídas de la fábrica abastecedora, se encuentran mezcladas con cascarillas y cubiertas de unas membranas dando un aspecto gelatinoso. Estas son sometidas a la operación de lavado en forma manual, adicionando chorros de agua fría para separar la cáscara de las pepas; ob

servando que esta operación se simplifica dado que por diferencia de pesos se depositan las semillas en el fondo del recipiente.

4.2.1.2. Secado.- Una vez lavadas las semillas encontrándose húmedas; se colocaron extendidas sobre tableros rectangulares de tal manera que eran cubiertas tanto por la parte inferior y parte superior por papeles absorbentes en un ambiente aireado, a condiciones normales de presión y temperatura. Esto se realizó por el lapso de 15 días y para evitar la oxidación por acción de la luz; removiéndose periódicamente las pepas para obtener un secado uniforme.

4.2.1.3. Tamizado.- Es un método basado sólo en el tamaño de las partículas, consiste de una plancha perforada ó malla - que puede ser metálica ó de material de plástico (13). Esta malla posee un movimiento vibratorio el cual hace que pasen por los huecos las partícu-

las de un tamaño determinado y se que-
den los de mayor dimensión. Este es
un método de limpieza en seco, que
presenta la ventaja de ser relativa-
mente barato y conveniente ya que la
superficie queda seca.

Las limpiadoras más comunes con-
sisten de una zaranda de posición al-
go inclinada dotada de movimiento vi-
bratorio realizando la primera separa-
ción por tamaño. Obtenido así por di-
ferencia la separación de los tamaños
mayores y menores de las semillas; se
someten éstas a la acción de un venti-
lador que separa las partículas ó pe-
lículas ligeras y finalmente se dejan
caer las semillas y pedazos de cáscara
del mismo tamaño sobre una superfi-
cie liza e inclinada cuyo choque hace
rebotar a distintas distancias la cáscara y la almendra.

La semilla de Maracuyá fue some-
tida a la acción de una zaranda vibra-
toria eléctrica marca: ROTAP TESTING

SIEVE-SHAICER-CLEVELAND, OHIO, U.S.A. con acondicionamiento de tarices números 5, 6, 8 colocados en el mismo orden para facilitar la separación de las semillas que deben pasar hasta la última malla (N°8) quedándose encima las pepas mezcladas con películas ligeras, se aplicó una corriente de aire con velocidad controlada para separar dichas películas. Fig. N° 1.

4.2.1.4. Almacenaje.- En el almacenaje de las semillas, la humedad ejerce un papel preponderante ya que existen niveles más o menos críticos de humedad para la proliferación tanto de mohos como bacterias, y las enzimas actúan de igual forma en un substracto acuoso.

En numerosas semillas oleaginosas, el grado de humedad crítica corresponde, con mucha aproximación a aquel en el cual están en equilibrio dichas semillas con el aire, con un 74 a 75% de humedad relativa (19). Esta humedad es a su vez, a la que em

FIGURA N° 1

ZARANDA VIBRATORIA ELECTRICA PARA
TAMIZADO



piezan a formarse la mayor parte de los mohos que se conoce que contribuyen a la alteración. Es así, como el factor crítico en la alteración de las semillas, no es el grado de humedad de las mismas sino la humedad del aire que se encuentra en los intersticios de dichas semillas cuando están almacenadas. Es así como la temperatura y la humedad relativa ambiental, son los principales factores físicos, de gran importancia en el almacenaje de las semillas. Se menciona tres propiedades (20), que determinan en gran parte su comportamiento frente a los factores ya mencionados:

- i) La baja conductividad térmica
- ii) La capacidad de absorción de agua.
- iii) La naturaleza porosa de la semilla.

El bajo calor específico de la semilla impide que el calentamiento que se origina casi siempre en la zona más húmeda de la masa, se disipe fácilmente a través de la ruma de semillas.

Es por esto que la temperatura de la misma, en una zona reducida se incrementa produciéndose lo que se llama "calentamiento espontáneo", la cual origina un rápido deterioro de los granos o semillas en el almacenamiento, que se manifiesta por su calcinación.

4.2.1.5. Molienda.- La mayoría de las semillas oleaginosas deben transformarse en partículas pequeñas con el fin de facilitar la extracción del aceite, ya sea por extracción mecánica o por acción de solventes (10).

Esta rotura de las semillas facilita la extracción con solventes debido al rompimiento ejercido por la trituración como por la disminución de las distancias que deben recorrer el aceite y el disolvente, dentro y fuera de la semilla. El factor que regula la velocidad de extracción es por la resistencia interna de las partículas, a la difusión molecular del aceite y el disolvente es decir, se

gún, ésta, cuanto más pequeña sea la partícula mayor será la cantidad de aceite extraído. Empero, se tendrá en cuenta otros factores, tales como la resistencia mecánica de las partículas y los que opone la masa de ellos al paso del disolvente. Por lo cual, no se suelen triturar las semillas destinadas a la extracción con disolvente hasta el grosor mínimo(8).

Generalmente, la molienda se hace en molinos de cilindros, discos moledores o muelles de molino con el fin de convertir las semillas en partículas escamosas uniformes o de cualquier otras formas que convenga para su prensado (10).

Esta operación la hemos realizado en un molino casero, obteniendo partículas que no pasaron la malla 40, con la finalidad de romper las paredes de las semillas para facilitar la salida del aceite.

4.2.1.6. Tratamiento Térmico.- Las semillas o leguminosas dan más fácilmente su aceite por prensado cuando han sido sometidas previamente a un proceso de cocción; en el cual los efectos que se consiguen son los siguientes:

- Coagular las proteínas de las paredes de las células oleaginosas y hacerlas permeables al flujo del aceite.
- Se favorece la reunión de las gotas pequeñas de aceite en otras mayores, las cuales pueden fluir más fácilmente.
- Disminuir la afinidad entre el aceite y la superficie de los sólidos, con el fin de conseguir el máximo rendimiento en el prensado.
- Disminuir la viscosidad por acción de la temperatura.
- Insolubilización de los fosfátidos y otras impurezas indeseables.
- Destrucción de microorganismos(3).

El cocimiento de las semillas se efectúa en cocinadores calentadores a vapor, en cantidades apropiadas; pasando de aquí a los moldeadores que pueden ser de distintas formas (por lo general en forma de planchas-cake) y rápidamente pasan a la prensa antes que puedan perder el calor necesario (21)

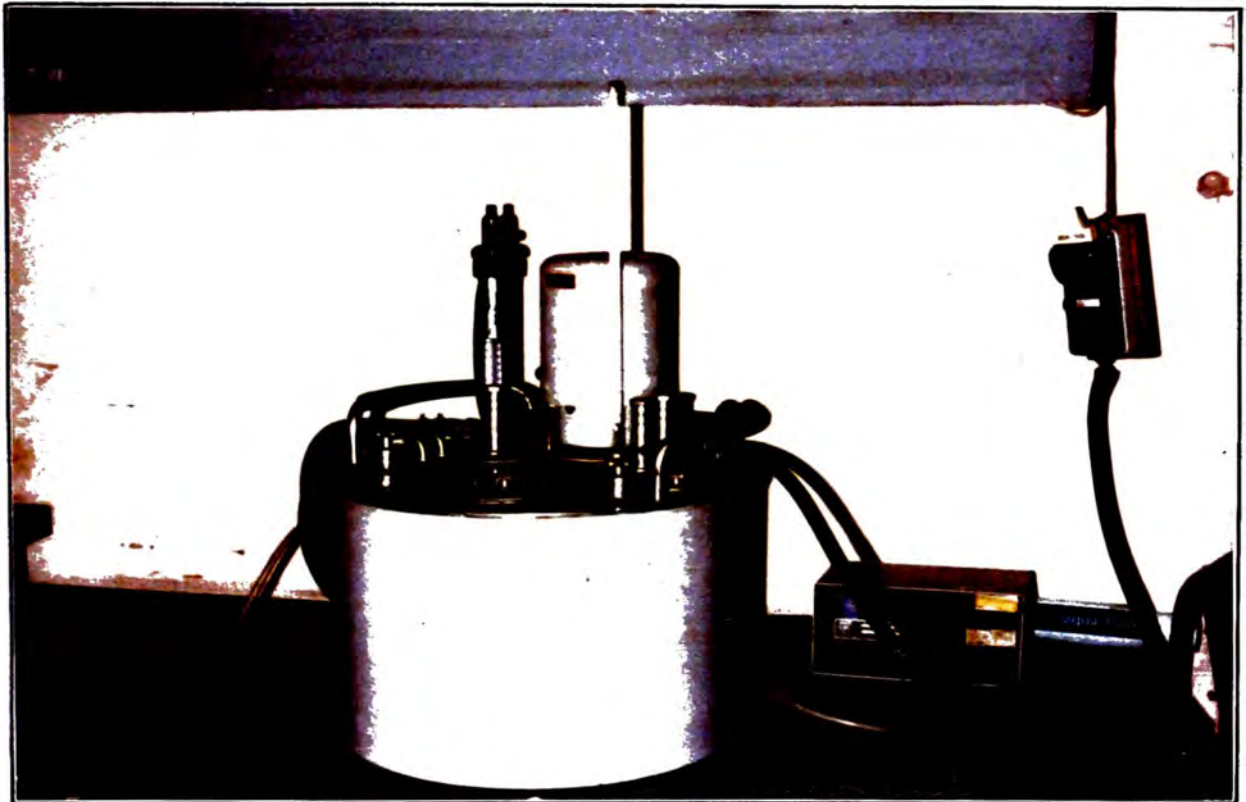
La humedad óptima de las semillas cocidas varía ampliamente según las distintas clases de éstas y el método de prensado que se emplea (22).

El tratamiento térmico seguido a la semilla de Maracuyá se realizó en un equipo de calentamiento indirecto, con el agua a 100°C y la semilla en un rango de 52-60°C, para facilitar la extracción. Fig. N°2.

4.2.2. Extracción Mecánica

4.2.2.1. Prensado Discontinuo.- Se basa en la aplicación de la presión sobre una

Fig. N°2.- EQUIPO PARA TRATAMIENTO TERMICO



masa de productos oleaginosos confinados en bolsas, telas, mallas, cubas u otros medios adecuados.

A. Tipos de Prensas.- Se da a conocer algunos aparatos mecánicos de este tipo, con el fin de formarse una idea cabal:

a) Prensas de Platos.- En los que la pulpa a exprimir se coloca en el interior de filtros de algodón o telas, las cuales se sitúan entre los platos de presión acanalados montados en pilas verticales (23).

b) Prensas de Jaula.- Están compuestas por un cilindro finamente perforado, con un plato de presión interno que se puede mover hacia adelante y atrás hidráulicamente dentro del cilindro (23).

El rendimiento en la obtención de aceite mediante este sistema, depende del grado

de humedad de la semilla, método de cocción y composición química de la misma para una carga determinada, acondicionada y lista para prensar. El rendimiento en aceite depende de la velocidad a la que se aplica la presión, el máximo de éste alcanzado, tiempo de drenaje el aceite a la presión total y temperatura o viscosidad del mismo.

B. Experiencia Realizada

Las semillas, con el tratamiento térmico adecuado, son colocadas en un dispositivo de extrusión diseñado especialmente para acondicionarlo a una prensa hidráulica. Este trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Procesos de la Facultad de Ingeniería Química de la UNI, en la prensa marca J. Wickert & sohne landau-PFALZ cuya presión máxima es 600 kg/cm^2 , fig. N°3.

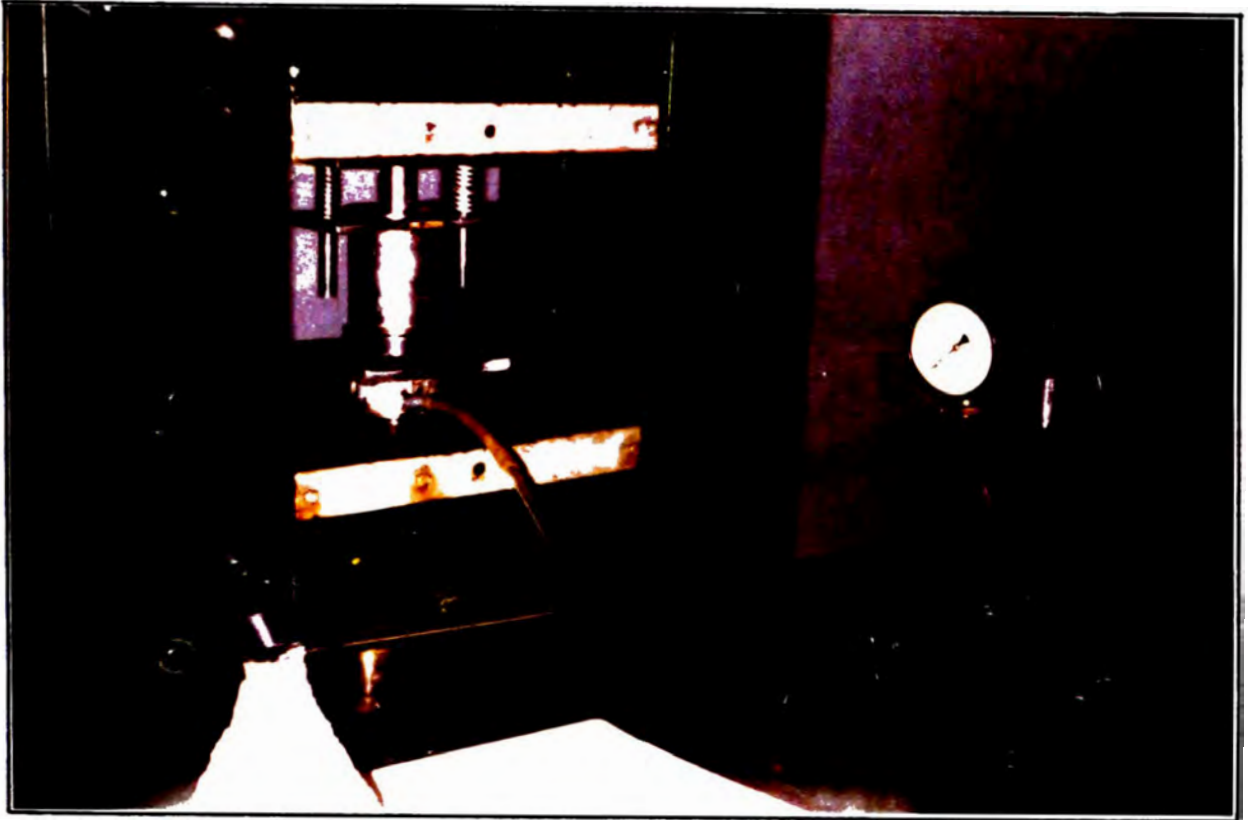


Fig. N°3.- PRENSA HIDRAULICA CON DISPOSITIVO DE EXTRUSION



Las cargas al dispositivo extrusor de la prensa fue de 200 gr c/u, con un rendimiento máximo entre 15-18% de aceite extraído. Ver Cuadro N°11. La presión mínima a la cual aparece las primeras gotas de aceite es 30 kg/cm^2 y siendo la presión máxima en el rango de $80-90 \text{ kg/cm}^2$, con un tiempo de extrusión de 1-30 minutos cada vez. Gráf. 2 y 3, Anexo 7 y 8.

4.2.2.2. Prensado Continuo

El aparato empleado se conoce con el nombre de expeller, el cual realiza simultáneamente todas las operaciones que en el prensado discontinuo se hacen en diferentes unidades. Los expeller cocinan su propia carga dándole una temperatura y porcentaje de humedad adecuada (21). Se introduce las semillas oleaginosas en un cilindro de paredes gruesas en cuyo interior hay un tornillo pulimentado y

CUADRO N°11

EXTRACCION POR PRENSADO

Muestra N°1 : 200 grs

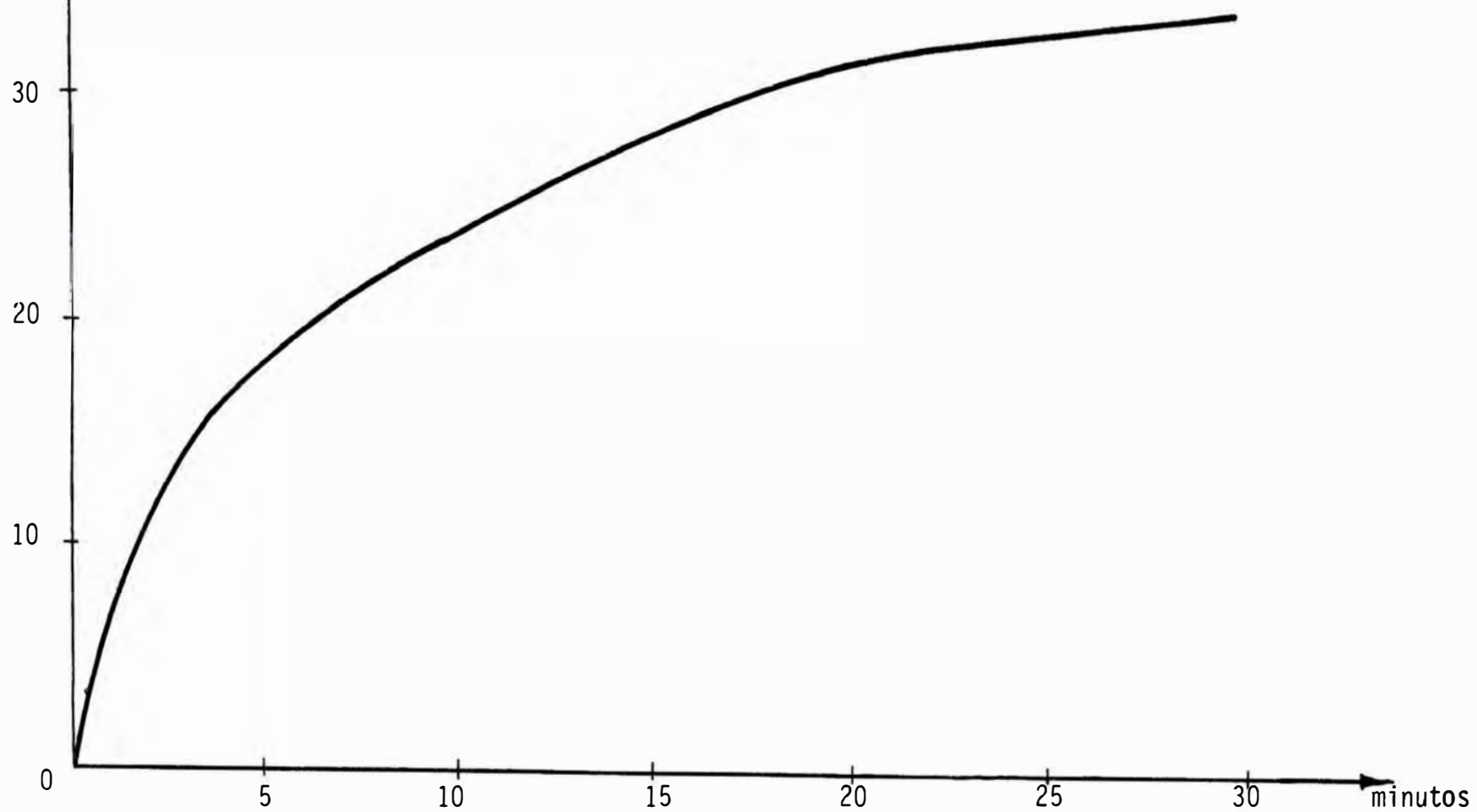
P = 80 kg/cm²

Tiempo (mín)	Rendim. Aceite (ml)	Aceite (% en peso)	Velocidad (ml/min)
5	18	8.2	3.6
10	24	10.9	2.4
15	28	12.7	1.87
20	31	14.1	1.55
25	32	14.5	1.28
30	33	15.0	1.1

%
Aceite
Extraído

GRAFICA N° 2

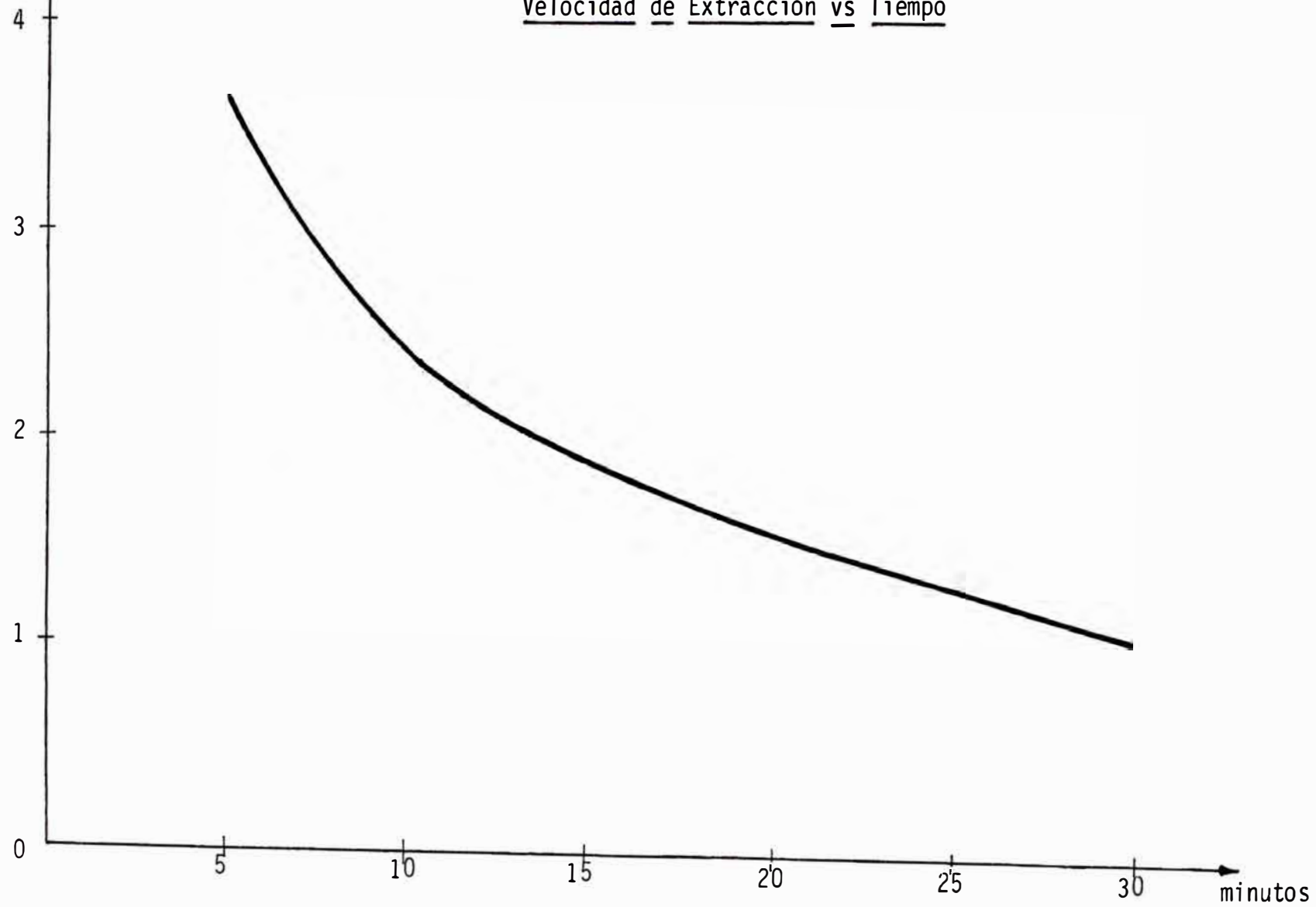
% Aceite Extraído Prensado vs Tiempo



Velocidad
(ml/min)

GRAFICA N° 3

Velocidad de Extracción vs Tiempo



giratorio con un paso de rosca decre
ciente gradualmente; de esta forma las
semillas que son atrapadas entre el
tornillo y la parte interior del cuer-
po del cilindro pasan a través de un á
rea de flujo cada vez menor, sufriendo
consecuentemente una fuerza de compre-
sión cada vez mayor. Las paredes del
cilindro tienen perforaciones o ramas
muy pequeñas recubiertas con rejillas
ajustables, a través de los cuales flu-
ye el licor extraído de las tortas(23).

Los expeller ahorran mucha ma
no de obra respecto a las prensas hi
draúlicas y elimina por completo el u
so de telas filtrantes. Se adaptan a
una amplia gama de materias y dan ma
yor rendimiento de aceite; generalmen-
te operan con presiones de 20,000 a
40,000 lb/pulg² y la potencia varía en
tre 50-150 Kwt/Tn, siendo éste un in
conveniente por su alto costo.

4.2.3. Extracción por Solventes

Este método es el más eficaz en la obten-

ción de aceite y de mayores ventajas en la manipulación de semillas con bajos contenidos de aceite. Aquí, la extracción puede alcanzar un rendimiento de 99.5 a 99.9%, con lo que la torta quedaría con un aceite residual de 0.1 a 0.5 %, no siendo significativo (22).

Además de mayor rendimiento en aceite, la extracción con disolventes tiene la ventaja sobre la expresión mecánica de realizarse de modo casi totalmente automático, por lo cual los costos de mano de obra son muy bajos como contrapartida presenta los inconvenientes de necesitar un equipo relativamente costoso, que sólo hace económica la operación, tratándose de instalaciones comparativamente mayores y no estar éstas adaptadas, hoy día, a toda clase de semillas (8).

Lo que hay que considerar en este proceso es el equilibrio que se tiende a alcanzar durante la operación, y la velocidad de la misma, en función de los diversos factores que pueden afectar a uno y a otra. Siendo los factores que influyen en el equilibrio: la naturaleza del soluto, y la del solvente, la Presión y la Temperatura.

Durante la extracción sólido-líquido, tienen lugar 3 fenómenos (24), sucesivamente desde que se inicia el contacto con el solvente hasta que se alcanza el equilibrio:

- El cambio de fase del soluto
- La difusión del soluto en el disolvente contenido en los poros del sólido (semilla oleaginosa); y
- El paso del soluto desde la superficie de los sólidos a la masa de la disolución.

4.2.3.1. Tipos de Extracción por Solventes

- A. Por Inmersión.- Consiste en mantener la materia oleaginosa en maceración con el solvente y puede efectuarse en frío o en caliente.
- B. Por Percolación.- Consiste en verter el solvente sobre la materia oleaginosa y dejarlo percolar por gravedad hasta extraer todo el aceite.
- C. Por Gases Condensados.- Consiste en

inyectar el solvente en forma de vapor por la parte superior del extractor, el cual al ponerse en contacto con la materia oleaginosa se condensa y es en este momento del cambio de estado, cuando el solvente posee su mayor capacidad para extraer el aceite; ya que el solvente quedará en solución saturada muy rica en aceite. Es por esta razón que este método ha sido preconizado como el de máxima eficacia (25).

4.2.3.2. Extracción por Solventes en el Laboratorio

Se pesan de 5 a 20 grs. de semilla partida y es colocada en un dedal de extracción. Este es introducido en el Soxhlet correspondiente, previamente instalado con su equipo condensador a reflujo sifoneador y balón; al que se le agrega 150 ml de solvente adecuado para la experiencia. Seguidamente se prende la cocinilla eléctrica y asciende a la parte superior del cuerpo

el solvente al ser calentado. Allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra; regresando posteriormente al matraz por sifón, arrastrando consigo la grasa. El ciclo es cerrado y las extracciones se harán hasta que el solvente que sale de la parte media sea totalmente incoloro libre de aceite. Fig. N°4.

El solvente se recuperará por medio de destilación dejando en el balón de extracción una pequeña cantidad de solvente juntamente con el aceite al que se hace evaporar libremente hasta la desaparición del olor del solvente usado.

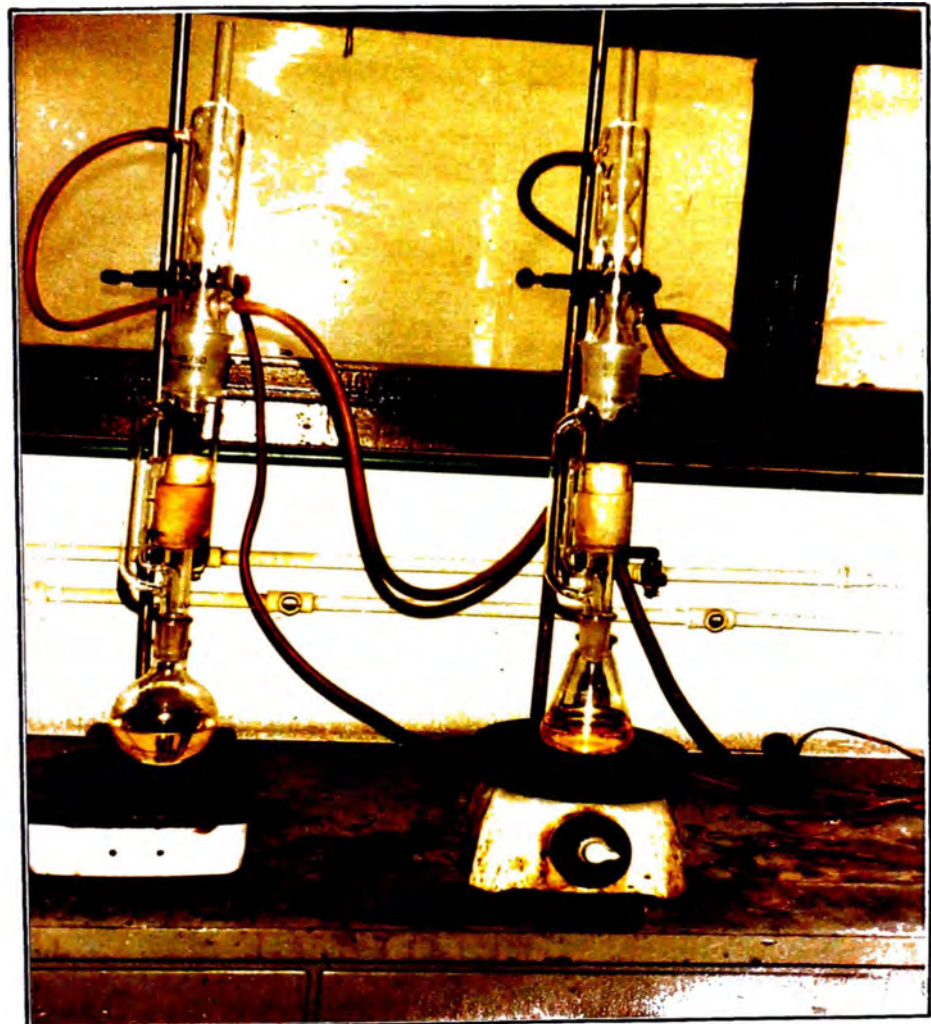
4.2.3.3. Selección del Solvente Adecuado

A. Características.- Las que debe reunir un buen solvente son:

- i) No producir perjuicios a las personas, por incendio, explosión o envenenamiento.
- ii) No dañar los aparatos.



Fig. N° 4.- EXTRACCION POR SOLVENTES EN EL LABORATORIO



- iii) Poseer selectividad de modo que disuelva bien los glicéridos, separándolos de cualquier compuesto extraño.
- iv) Fácil de recuperar sin dejar malos olores residuales, y ser soluble en agua
- v) Fácil adquisición en el mercado con constancia de composición y precio conveniente.

La primera y principal exigencia es difícil que quede satisfecha, es decir que el solvente no sea inflamable. No obstante esta dificultad aparece prácticamente eliminada con el uso hoy en día de aparatos cerrados herméticamente que permiten trabajar hasta con productos inflamables sin correr el riesgo de incendios ó explosiones (26).

B. Tipos.- Los solventes más empleados para la extracción de aceites según la A.S.T.M. son las siguientes (8):

- i) Fracciones ligeras parafínicas, tipo pentano con un punto de ebulli-

ción comprendido entre 30 a 35°C.

ii) Tipo hexano con punto de ebullición entre 63.3 a 69.5°C.; este solvente es el más empleado en la extracción de aceite, pues prácticamente no deja residuos de nitrógeno, azufre ó hidrocarburos no saturados y su estabilidad es suficiente como para volverlo a emplear en una nueva operación de extracción.

iii) El tricloroetileno se le ha usado también, y tiene la ventaja de no ser inflamable, ser estable y de gran poder extractivo; pero, tiene el inconveniente de que actúa como veneno en la hidrogenación catalítica.

iv) Se ha utilizado también el alcohol isopropílico y el alcohol etílico para extraer el aceite de algodón a nivel de laboratorio.

C. Selección del Solvente realizado en el Laboratorio. Se ha trabajado con varios solventes, obteniendo los siguientes resultados:

CUADRO N°12

N° Muestra	Solvente	% Aceite Extraído
1	Alcohol Etílico	11.18
2	" Isopropílico	20.31
3	Eter Etílico	24.86
4	Eter de Petróleo	25.76
5	Hexano	25.26

Anexo N° 9

Observamos en el cuadro anterior que el solvente más adecuado para la extracción de este tipo de aceite sería el éter de petróleo, porque tiene el mayor rendimiento entre todas las muestras tomadas para este análisis; sin embargo, se trata de un solvente con costos muy elevados dada la naturaleza del producto.

En nuestro caso específico, se ha elegido el Hexano químicamente puro como solvente adecuado, debido a que es el producto más comercializado y usa

do por todas las fábricas productoras de aceites comestibles como es el Aceite de Semilla de Semilla de Maracuyá, siendo sus características:

HEXANO

Rango de Ebullición 66.1-68.6°C

Densidad (gr/ml) 0.668

Residuo después de la Evaporación 0.0004%

Compuestos sulfurosos .. 0.0004%

Fabricado por: INDUQUIMICA S.R.L.

Con el cual se obtuvo un aceite libre de impurezas y de excelente color.

Debiéndose elegir el solvente más adecuado para obtener la mejor calidad del aceite, la elección debe caer sobre el Hexano o el Benceno, dado que hoy todos los aceites vegetales van destinados a la alimentación humana, lo que exige que el producto sea lo más puro posible (27).

4.3. Etapas del Proceso de Refinación del Aceite

La refinación se lleva a cabo con el propósito de eliminar los siguientes constituyentes que están presentes en los aceites crudos:

- i) Materias suspendidas y disueltas coloidalmente (asentamiento, desgomado, lavado ácido).
- ii) Acidos grasos libres (Neutralización)
- iii) Color (Blanqueado)
- iv) Olor (deodorización)
- v) Glicéridos saturados: Estearinas (Winterización)

En algunas industrias sólo utilizan uno o dos de estos procesos; en otros, como por ejemplo en la producción de aceite para ensalada pueden emplearse todos los procesos antes mencionados (11).

4.3.1. Desgomado

Cuya finalidad es eliminar las gomas, resinas, materias proteínicas e hidratos de carbono, fosfatos de las grasas, mucílagos y agua.

El desgomado mediante ácido, consiste en un tratamiento de las grasas crudas con peque

ñas cantidades de ácido sulfúrico concentrado a temperaturas bajas o moderadas, pero se requiere cuidados y experiencia en esta técnica para obtener resultados satisfactorios. Comercialmente se usa ácido fosfórico y agua. El método se usa principalmente en aceite gomosos para ciertos propósitos técnicos.

4.3.2. Neutralización

Este proceso se utiliza para eliminar los ácidos grasos libres presentes en el aceite y a su vez compuestos como fosfátidos, gomas, mucílagos que son arrastrados por la solución jabonosa; industrialmente se realiza utilizando soda cáustica ó lechada de cal, para tener una completa eliminación de los ácidos grasos libres que se transforman en jabones. La neutralización puede ser continua o discontinua dependiendo ésta del tamaño y capacidad de la planta refinadora; existiendo dos fuentes de pérdidas en este proceso: la Emulsificación y la Sobresaponificación.

Lo ideal en este proceso es que todas las impurezas en su forma original o derivadas es

tén en solución en la fase acuosa, pero cuando esto no se logra, cualquier impureza insoluble en la fase acuosa deberá estar suspendida en ella o absorbida en la materia insoluble en esta fase (22).

4.3.3. Decoloración

Es la eliminación de la materia colorante indeseable tales como los carótenos, incluyendo las fracciones y Xantofil, clorofila y gosipol; otros como la antocianina en el aceite "rojo" de algodón (8).

Las semillas oleaginosas que se almacenan por períodos de tiempo prolongados en condiciones desfavorables de temperatura y humedad expuestas también a la oxidación del aire dan grasas más oscuras que las obtenidas de semillas frescas, debido a la deterioración de la grasa misma ó a la formación de ácidos grasos oxigenados.

La decoloración se puede efectuar de las siguientes formas:

- Mediante la adsorción con tierras blanquean-

tes o carbones activados, los cuales retienen las sustancias colorantes.

- Por acción química en donde las sustancias colorantes son destruidas por oxidación o cambiadas a compuestos incoloros.
- Mediante la hidrogenación
- Por medio del calor y el proceso de deodorización.
- Por oxidación con aire.

De estos métodos mencionados el más importante es el que se realiza por adsorción.

Los adsorbentes más usados son: arcillas naturales o activadas mediante tratamiento ácido, silicatos de aluminio hidratados y carbones activados. Estos compuestos no sólo adsorben los componentes colorantes, sino también otras sustancias coloidales suspendidas tales como gomas, resinas y ciertos productos de degradación.

Freundlich (1926, mencionado por Bailey) relaciona la adsorción respecto a la concentración residual del soluto, a una temperatura dada con la siguiente expresión donde:

$$(x/M) = K \cdot C^n$$

X = Cantidad de sustancia adsorbida (color eliminado en unidad de color)

M = Cantidad adsorbente

C = Cantidad de sustancia residual (color que permanece)

K = Constante de adsorción (materia adsorbente a concentración = 1)

n = Exponente de absorción

Esta ecuación también se puede escribir en forma logarítmica:

$$\text{Log } (X/M) = \text{Log } K + n \text{ Log } C$$

Graficada a escala logarítmica nos representa una isoterma de adsorción que es una línea recta, con una pendiente "n" y que cuando C sea igual a 1, X/M será igual a K.

Los valores de K y "n" pueden calcularse experimentalmente en cada adsorbente, graficando la reducción del color por unidad de adsorbente en contra del color residual en una gráfica con escala logarítmica (X/M) y C pueden expresarse en cualquier unidad conveniente y el valor numérico de K dependa de ellas (22).

Desde un punto de vista práctico se puede considerar a K como la medida general de la actividad o poder decolorante del adsorbente, mientras que es una indicación de la característica particular de adsorción. Si dos adsorbentes tienen capacidades diferentes para la adsorción de color, pero adsorben de la misma manera características, esto es, si tienen diferentes valores de K pero el mismo valor de n , las cantidades relativas adsorbentes necesarias para un grado de decoloración dado están en proporción inversa a K .

El valor de n determina el grado de decoloración en el cual el adsorbente manifiesta su mayor efecto relativo. Si n es alto, el adsorbente es relativamente efectivo en la eliminación de las primeras funciones de color del aceite, pero es también relativamente ineficaz como agente para efectuar una buena decoloración. Si n es bajo, ocurre todo lo contrario (8).

Los adsorbentes, además de actuar como decolorantes en las grasas y aceites, también retienen materia coloidal, trazas de jabón de la

neutralización, y adsorben sabor y color o cambian algunas de estas sustancias haciendo más fácil su eliminación por deodorización (22).

Los aceites se decoloran no sólo para propósitos comestibles; para la manufactura de jabones blancos es necesario usar grasas completamente blanqueadas, también los aceites secantes que se usan en pinturas blancas y de colores claros deben ser en lo posible incoloros (22).

4.3.4. Winterización

El proceso consiste en enfriar el aceite por un período de tiempo y llevarlo a un filtro prensa de baja presión y a temperaturas que permanezcan dos grados debajo de aquellas a las que el aceite se enturbia (28).

En este proceso se eliminan los glicéridos de punto de fusión elevado (sólidos y ceras), y logrando separar también la estearina.

En la actualidad casi todo el aceite sometido a este proceso, es el algodón. Los de soya, maíz, girasol y oliva no necesitan ser tra

tados, ya que permanecen líquidos a temperaturas bajas (8).

4.3.5. Deodorización

Es un proceso en el cual se eliminan las sustancias odorosas volátiles y los ácidos grasos libres que imparten olores fuertes y son de bajo peso molecular. El método más usado es el de destilación por arrastre de vapor por ser los triglicéridos de cadena corta más volátiles que los de cadena larga. Es así como el vapor arrastra todos los ácidos grasos volátiles y los ésteres, quedando el aceite después de esta operación sin sabor ni olor (21).

El equipo empleado es conocido como torre de destilación ó deodorizador, donde el aceite es introducido a la torre, el cual es ubicado en bandejas con la finalidad de aumentar la superficies en contacto, luego se le inyecta vaporesa temperaturas mayores de 200°C. Mientras más rápido sea, mejor, para evitar polimerización. El vapor va arrastrando los compuestos volátiles conforme aumenta la temperatura. Los componentes volátiles salen con el vapor que

los arrastra. Es necesario evitar la hidrólisis, polimerización, formación de ácidos grasos libres. Luego el aceite deodorizado es transportado mediante una bomba y almacenado en tanques de enfriamiento (22).

A temperaturas mayores de 200°C hay las posibilidades siguientes:

- Algún reacomodo molecular de los glicéridos.
- Mayor daño por oxidación, si por alguna razón hay fuga de aire; y
- Ligera descomposición que origina productos detectables por el gusto (28).

La eficiencia de la eliminación de componentes volátiles depende del volumen de vapor en relación al volumen de la grasa y en la teoría es inmaterial considerar si el volumen de vapor se pasa a través de la grasa en un período de tiempo largo o corto, siempre y cuando la temperatura se mantenga constante (28).

4.4. Cromatografía de Gases del Aceite

El método consiste en inyectar la sustancia volá-

til en una columna que contiene un sólido inerte que sirve como soporte al líquido absorbente. La base para la separación de los componentes de la sustancia volátil estriba en la diferencia de coeficientes de partición de los componentes al ser eluidos por un gas inerte como el helio a través de la columna. Los componentes de la mezcla previamente esterificados se eluyen con el gas y se resuelven en la columna, cuando dichos componentes individuales alcanzan el extremo de salida de la columna, se detectan y se miden por un procedimiento adecuado. La célula de salida se conecta a un registrador de forma que se obtiene un gráfico en el transcurso del análisis formado por una serie de picos. La identificación de cada componente va asociado al tiempo de retención en la columna de modo que se determina una distinción cualitativa entre los distintos ésteres a lo largo del eje de las abscisas del gráfico. Las alturas de los picos a las áreas definidas por los mismos, proporcionan una determinación cuantitativa de los componentes aislados (12).

Es un método comúnmente utilizado en la actualidad para determinar el porcentaje de ácidos grasos constituyentes de un triglicérido.

La selección del gas portador puede influir tanto en la separación como en la velocidad del análisis (31).

5. MÉTODOS DE CONTROL

5.1. En la Materia Prima

5.1.1. Contenido de Humedad

El objetivo de este método es conocer la cantidad de agua que tiene la semilla. Para lo cual se pesaron varias muestras en Lunas de Re_ loj, previamente taradas, siendo colocadas en la estufa a una temperatura de 100°C hasta obtener el peso constante. Ver Fig. N°5.

A continuación mencionamos algunos resultados obtenidos:

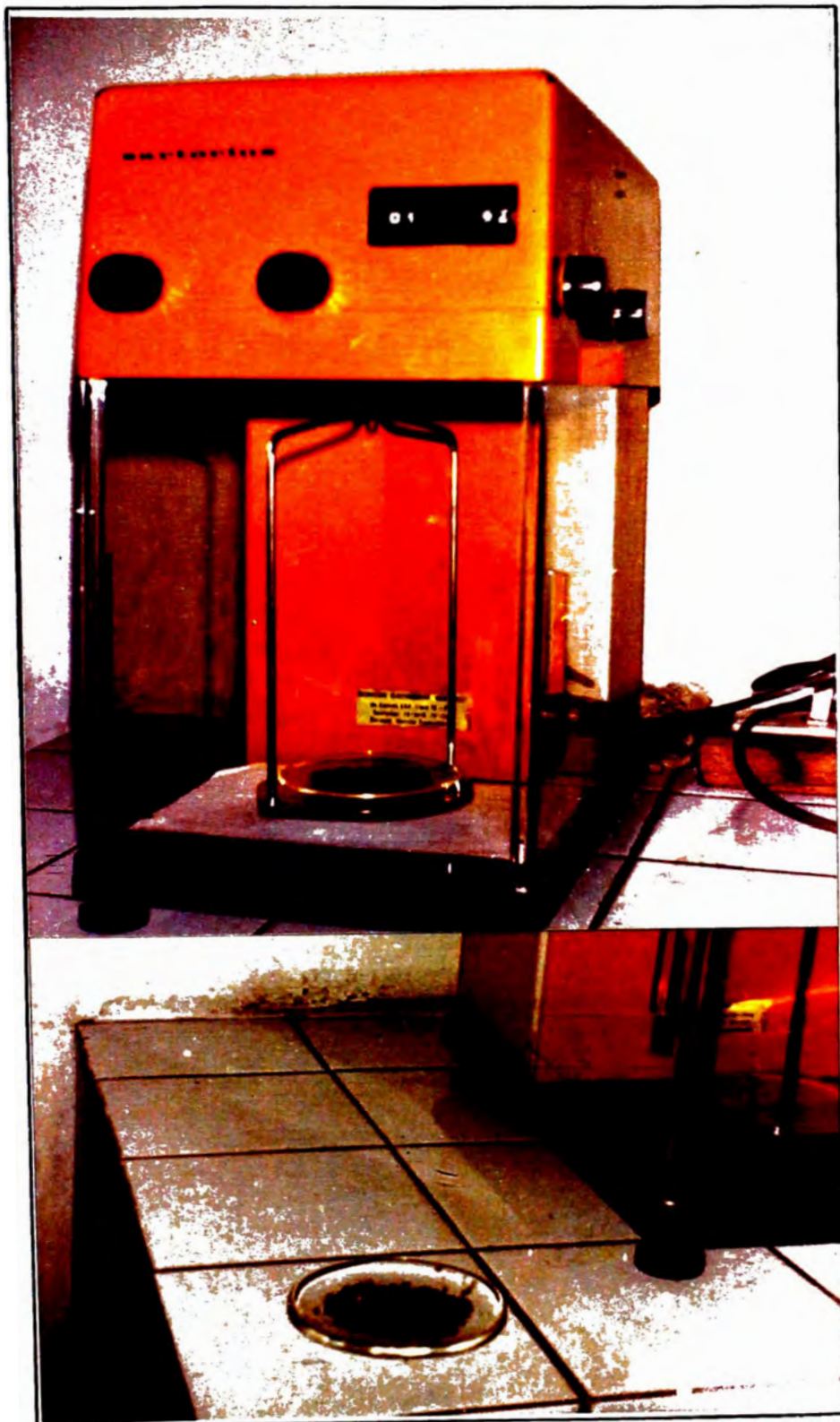
Cuadro N° 13

N°de Muestra	Detalle	% de Humedad
1	Pepa entera	9.80
2	Pepa entera	9.55
3	Semilla Partida	4.60
4	Semilla Partida	5.49
5	Semilla Partida	8.69

Anexo N°10

FIGURA N° 5

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD



Como los análisis se realizaron en diferentes fechas, se puede observar en el cuadro dado, que: a medida que transcurre el tiempo, la humedad va aumentando, además, la pepa entera absorbe agua en menos proporción que la semilla partida. A pesar de esta particularidad, la materia prima utilizada se encuentra en el rango aceptable de almacenamiento comercial. Luego damos rangos de humedad aceptable de las semillas:

<u>Tipo se semilla</u>	<u>% de Humedad</u>
Soya	13.0
Linaza	10.5
Algodón	10.0
Girasol	9.5
Palma	8.0
Maracuyá	< 10.0

5.1.2. Contenido de Grasa

En este análisis se determinó la cantidad de grasa que posee la semilla de Maracuyá, utilizando como solvente Hexano; tomándose varias muestras.

Cuadro N°14

N° de Muestra	% de Aceite Extraído
1	24.97
2	24.86
3	25.92
4	25.29
	$\bar{x} = 25.26$

Anexo N° 11

Del cuadro anterior se puede observar que el porcentaje de grasa de nuestras semillas se encuentra en el rango de 25%.

5.2. En el Aceite Crudo Obtenido

5.2.1. Indice de Acidez

Está indicado como el contenido de ácidos grasos libres de un aceite vegetal, expresado en ácido oleico por 100 gramos de muestra.

El método seguido es el recomendado por la AOCS 1960; para lo cual pesamos de 15 a 20

gramos de aceite crudo en un erlenmeyer. Se a dicionan de 75 a 100 ml de alcohol neutralizado caliente, agitándose hasta que la mezcla se homogenice; se titula con KOH 0.1 N usando como indicador unas gotas de fenoltaleína. Se anota el gasto.

Cuadro N° 15

N° de Muestra	% de Acido Oleico
1	5.2
2	3.8
3	2.5
4	1.8

Anexo N° 12

5.2.2. Indice de Iodo

Es una medida de la insaturación de los aceites y grasas, y se expresa como el número de gramos de Yodo adsorbidos por 100 gramos de muestra.

El método seguido es Wij's AOCs de 1969; empezamos pesando 0.29 grs de aceite crudo en

un vasito de 1 ml y se colocan en un erlenmeyer de índice de Iodo. Se adiciona 20 ml de tetracloruro de carbono y se agita hasta disolver la muestra; con una pipeta volumétrica se agrega 25 ml de la solución de Wij's, previamente la tapa de los erlenmeyers se mojan con IK. Se deja en reposo la muestra durante media hora. Al cabo de 1/2 hora se agrega 20 ml de IK al 10% y 100 ml de agua destilada. Se titula la solución de tiosulfato de sodio 0.1 N y se continúa agitando hasta que el color amarillo haya casi desaparecido; luego se añade gotas del indicador de almidón y se continúa la titulación hasta que el color azul desaparezca. Paralelamente se sigue un blanco.

Cuadro N°16

N° de Muestra	Indice de Iodo
1	122.5
2	124
3	123
4	123.2

Anexo N° 13

5.2.3. Indice de Peróxido

Es una medida de su contenido en oxígeno activo, expresado en términos de miliequivalentes de peróxidos, por kilogramo de grasa o aceite.

Se emplea el Método de la AOCS 1960; que consiste en pesar 0.5 ± 0.05 grs de muestra en un erlenmeyer con tapa esmerilada, se adiciona 30 ml de la solución ácido acético-cloroformo (Proporción 3:2) y se disuelve la muestra en la solución (agitar). Se aumenta 1 ml de yoduro de potasio y se agita exactamente por 1 minuto. Se adiciona gotas de la solución de almidón, antes 30 ml de agua destilada; y se titula con la solución de tiosulfato de sodio 0.01 N hasta que el color azul oscuro desaparezca.

Cuadro N°17

N° de Muestra	Indice de Peróxido
1	6.32
2	5.25
3	5.1
4	7.7

5.2.4. Índice de Saponificación

Se define como el número de miligramos de KOH necesarios para saponificar 1 gr de grasa. Nos da la medida de los ácidos grasos producidos durante la hidrólisis alcalina de una mezcla de grasa natural.

El método es el de la AOCS 1960; se pesan 2 grs. de muestra en un matraz erlenmeyer de 250 ml previamente tarado; luego se añade 25 ml de KOH 0.5 N en solución alcohólica medidos en bureta y se calienta a ebullición en baño maría durante 30 a 60 minutos, con refrigerante a reflujo. Luego se añade 1 ml de fenoltaleína y se valora en caliente con ácido clorhídrico 0.5 N hasta la desaparición de la coloración rosada.

Paralelamente se sigue un blanco, usándose cantidades iguales de reactivos y se procede de la misma forma.

Cuadro N° 18

N° de Muestra	Índice de Saponificación
1	191
2	193
3	192.5

Anexo N° 15

5.2.5. Índice de Refracción

Sirve para clasificar los aceites y grasas que no han sido estudiados y para observar los avances de una hidrogenación catalítica. Este índice aumenta con el incremento del peso molecular de los ácidos grasos y con el grado de insaturación del aceite ó grasa (11).

El I.R. mide la relación del seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso de longitud de onda determinada que pasa del aire al aceite.

Sobre el refractómetro se colocan 3 gotas de aceite y se realiza el cálculo por lectura directa después del ajuste micrométrico co

rrespondiente.

El I.R. para el aceite de Maracuyá está en el rango de 1.4643 y 1.474.

5.2.6. Determinación del Color

Se utilizó el Colorímetro Lovibond de la Cía OLEOTECNICA S.A., cuyos resultados obtenidos son: Rojo 3.2 y Amarillo 31.

5.2.7. Determinación de la Densidad

La densidad es la relación entre el peso y el volumen de una sustancia. En la práctica este término se indica en relación al agua, y se denomina gravedad específica.

Se usó un picnómetro de 25 ml determinándose la relación del peso de la unidad de volumen de la muestra a 20°C y el peso de la unidad de volumen de la muestra a 20°C y el peso de la unidad de volumen de agua bidestilada a 20°C. La densidad del aceite crudo de Maracuyá es 0.909 gr/cc.

5.2.8. Cromatografía de Gases

Se utilizó el Cromatógrafo de Gases marca PERKIN-ELMER Part N° 332-1910, de la Cía. Oleaginoso del Perú S.A. (COPSA), ver Gráf. 4. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro N° 19

Tipo de Acido	Contenido en %
Oleico	17.36
Linoleico	66.25
Esteárico	3.5
Aráquico	1.05
Mirístico	0.13
Palmítico	11.41
Palmitoleico	0.2

5.3. En el Aceite Refinado

5.3.1. Prueba de Neutralización

Se colocan 200 grs. de aceite crudo en un erlenmeyer de 300 ml, calentándolo en baño maría hasta una temperatura máxima de 60°C. La

agitación se hace en forma moderada hasta antes de añadir la soda cáustica respectiva. Previo análisis de los ácidos grasos libres, la solución de soda utilizada fue de 20°Be (Densidad = 1.162) Anexo N°16 que corresponde a una concentración de 14.37% en peso de soda (21). El calentamiento se realiza durante 15 minutos por lo menos, y la soda es adicionada rápidamente, efectuando una agitación también rápida. Luego se detiene la agitación y se deja en reposo unos minutos para favorecer la sedimentación del precipitado, el cual es separado en una pera de decantación. Finalmente se procede a determinar la acidez del aceite neutralizado, consiguiendo se bajarla hasta un 0.23%.

5.3.2. Prueba de Decoloración

Al aceite neutralizado se le adiciona hasta un 3% de tierra activada (NATRIL) en condiciones de vacío y a una temperatura de 80°C, manteniendo la mezcla en constante agitación por espacio de 15 minutos para luego ser filtrado y determinar el color del aceite obtenido. El resultado del colorímetro es: 1.2 Rojo y 11 Amarillo. Gráfica N°5. Cuadro N° 20.

Cuadro N° 20

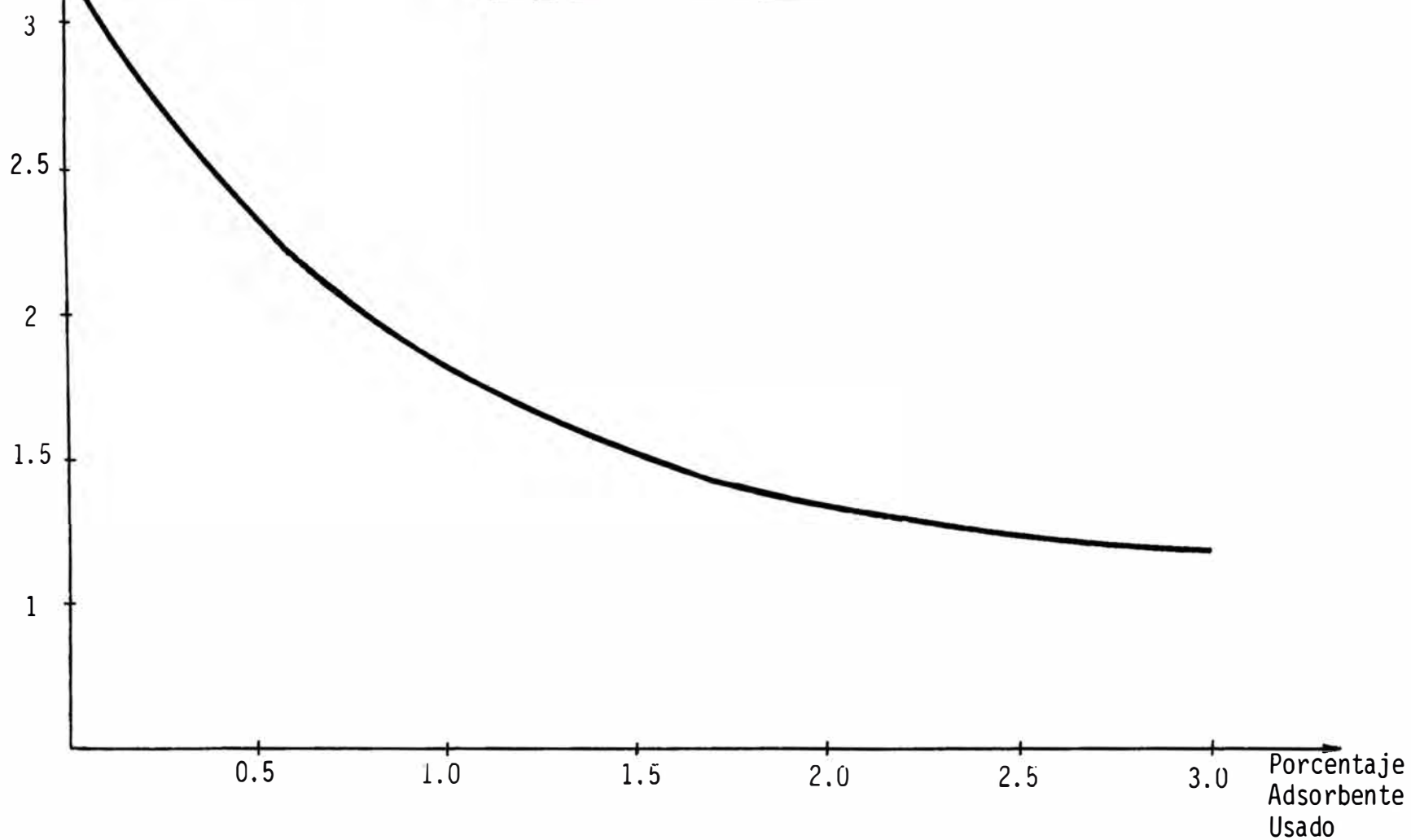
DECOLORACION DEL ACEITE DE MARACUYA

Adsorbente (Natril) (%)	Color Adsorbido Por Tierra Blanqueada	Color Residual del Aceite
0.0	0.00	3.2
0.5	0.90	2.30
1.0	1.40	1.80
1.5	1.70	1.50
2.0	1.90	1.30
2.5	1.95	1.25
3.0	2.00	1.2

Color
Residual

GRAFICA N° 5

Color Residual vs % Adsorbente Usado



5.3.3. Prueba de Deodorización

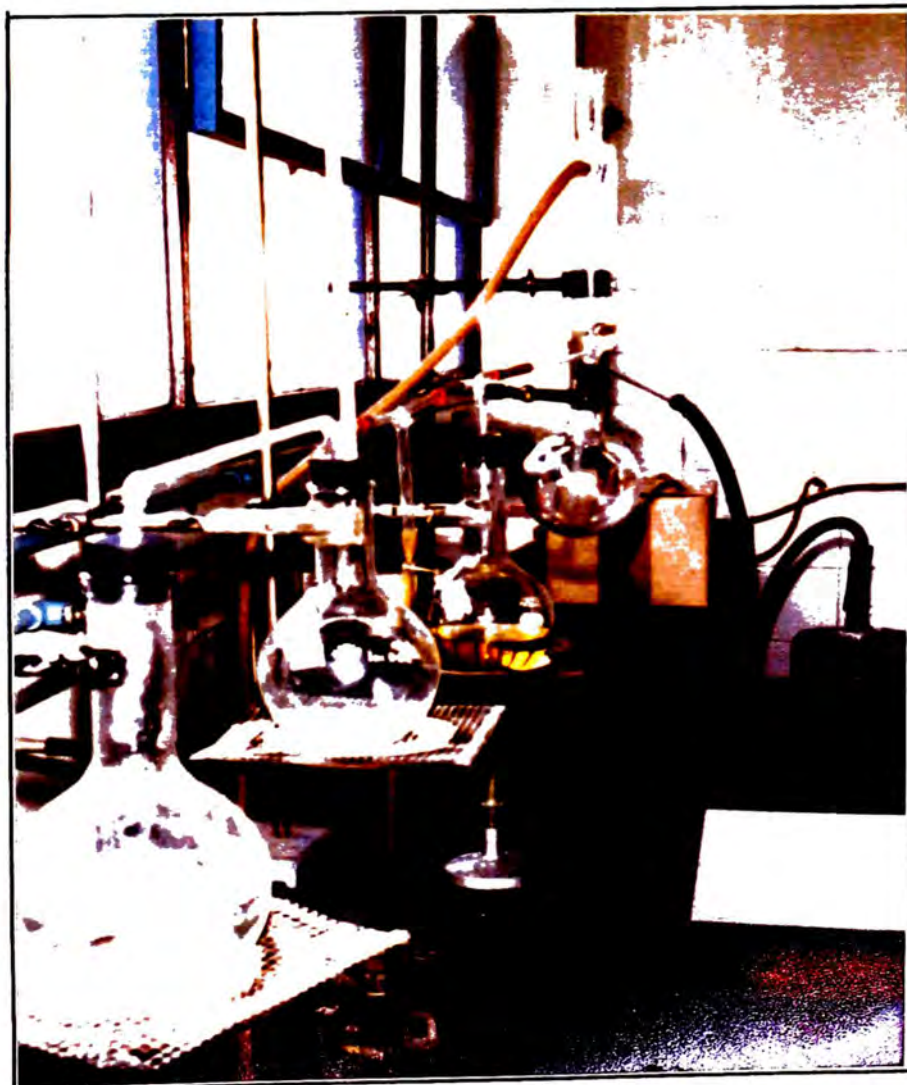
Se coloca el aceite decolorado en un balón de fondo redondo (3° balón). Ver fig. N°6. Los tres balones son calentados teniendo cuidado que estén sobre rejillas metálicas, de forma que no reciban el fuego directo. El primer balón contiene agua destilada y unos pedacitos de vidrio roto. El segundo balón tendrá un termómetro y recibirá el vapor saturado del primer balón. El tercer balón que contiene aceite se calienta hasta 105°C antes de hacer pasar el vapor recalentado; los otros dos balones son calentados a la misma hora, y se hará el vacío. Con el agua de condensación se encontrarán los A.G. volátiles. Esta operación dura 2 horas.

5.4. Control Organoléptico

El aceite de maracuyá refinado fue sometido a la prueba de degustación concluyéndose que tiene olor y sabor aceptable.



Fig. N° 6.- EQUIPO DE DEODORIZACION EN EL LABORATORIO



6. DISEÑO A NIVEL DE PLANTA PILOTO

6.1. Descripción del Proceso

La semilla ingresa a la Planta, directamente de un silo que tiene una capacidad de 20 TM, para luego ser alimentado a la sección de lavado; que consiste de un lavador por flotación cuyo fundamento es la diferencia de densidades. Las pepas con agua caen por gravedad a una faja transportadora tipo escurridor, para eliminar la humedad que traen consigo. De aquí con 27% de Humedad entra a un secador tipo túnel de faja a travesadora llevando el producto que sale con 6% de humedad. El calentamiento es indirecto. Se recepciona a un tamiz vibratorio con doble zaranda para caer después en un molino de rodillos, donde es triturada la semilla al tamaño deseado, formando una pasta que pasa a través de un gusano transportador al precocinador respectivo.

La pasta desprovista de humedad y caliente se alimenta al expeller, que posee su propio transportador. El aceite crudo obtenido mecánicamente es pasado por un filtro prensa para eliminar los sólidos en suspensión y luego ser almacenado en el tanque de aceite crudo.

La descarga proveniente del expeller pasa a través

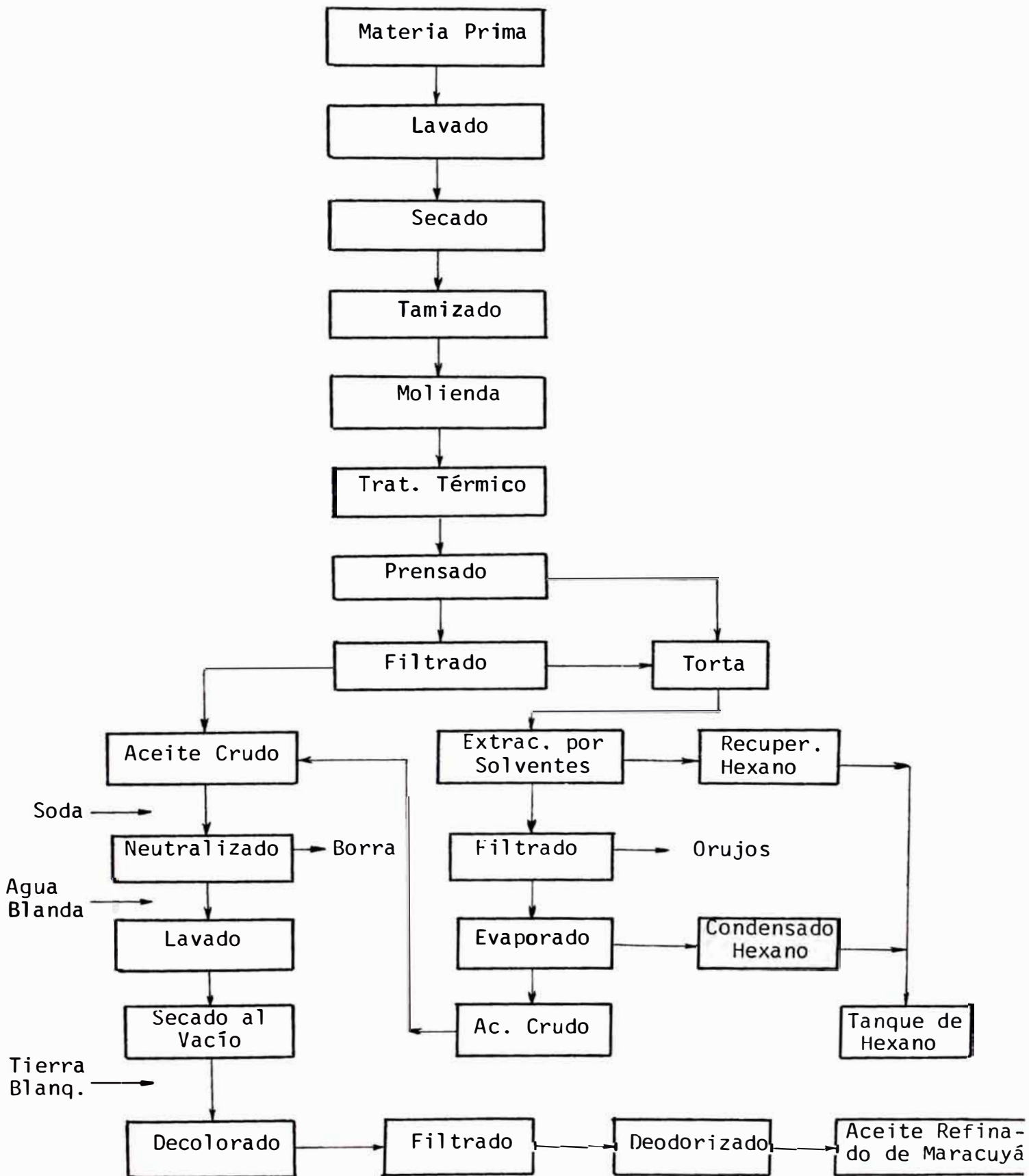
del extractor sólido-líquido mediante un sinusoide, en contracorriente con el solvente hexano, extrayendo el aceite. La miscela pasa a un filtro, luego es llevada a un evaporador o destilador, donde por diferencias de puntos de ebullición se separa el aceite del hexano, recibiendo este último en un condensador y almacenándose el aceite crudo.

La pasta agotada que trae consigo solvente, es tratada en un desolventizador, donde se recupera más hexano y los residuos son destinados para la fabricación de alimentos balanceados.

Del tanque de almacenamiento de aceite crudo, se alimenta al neutralizador juntamente con la cantidad de soda cáustica necesaria para reducir la acidez que posee el aceite. Esta mezcla es enviada a un separador centrífugo, en la que se elimina la borra y sublejía. El aceite neutro pasa a ser lavado con agua caliente para separar las trazas de soda cáustica presente; esta mezcla es llevada a otro separador del cual se obtiene aceite libre de impurezas jabonosas. Luego es conducido a un secador al vacío para extraer la humedad.

El aceite neutro y seco pasa después al tanque de decoloración, donde es calentado hasta 80°C con agita -

ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCION Y REFINACION DEL ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYA



ción constante, agregando tierra decolorante en el orden de un 3% en peso del aceite a decolorar. Esta operación es realizada en vacío por un tiempo determinado para que la mezcla se lleve a cabo íntimamente. De aquí pasa a través de un filtro prensa para recuperar la tierra activada, dejando el aceite listo para ser llevado al tanque de deodorización al vacío. De esta manera, obtenemos nuestro producto terminado apto para ser envasado.

6.2. Operaciones de la Planta

6.2.1. Balance de Materia

La Planta funcionará con una carga de 15 TM por día de semilla aglutinada con cascarilla; conteniendo 25% de humedad y 5% de cáscara.

6.2.1.1. Lavado: Se alimenta a la sección de Lavado, la carga que ingresa a la planta, realizándose esta operación con la finalidad de eliminar toda la cáscara que contiene.

$$\begin{aligned} \text{Cáscara eliminada} &= 15 \text{ TM} \times 0.05 = \\ &0.75\text{TM/día} \end{aligned}$$

Pepa Húmeda sin cáscara = $15 - 0.75 = 14.25$ TM/día

Pepa húmeda con 2% más de agua = $14.25 \times 1.02 = 14.535$ TM/día

6.2.1.2. Secado.- Entran al secador 14.535 TM/día de semilla húmeda con 27% de agua para reducir hasta 6%.

Agua Reducida = $14.535 \times 0.21 = 3.05$ TM/día

Semillas Secas (6% humedad) = $14.535 - 3.05 = 11.485$ TM/día

6.2.1.3. Extracción Mecánica: Luego de molida la semilla ingresa a la prensa extrayendo el 15% en peso de aceite.

A. Precocinador.- Recibe una carga de 11.485 TM/día de semilla triturada con 6% de humedad.

Agua eliminada 1.3% = 0.149 TM/día

Sale del Precocinador = 11.336 TM/día

B. Expellers.-

Aceite extraído = $11.336 \times 0.15 =$

$$= 1.7 \text{ TM/día}$$

$$\text{Pasta que queda} = 11.336 - 1.7 = 9.636 \text{ TM/día}$$

6.2.1.4. Extracción Química.- Es realizado en un extractor sólido-líquido.

A. Del Aceite.-

$$\text{Ac. Extraído} = 9.636 \times 0.118 = 1.137 \text{ TM/día}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasta que queda} &= 9.636 - 1.137 = \\ &= 8.5 \text{ TM/día} \end{aligned}$$

B. Del Hexano.- Se requerirá de solvente 3 kg/kg de soluto (29).

$$\text{Cant. de Hexano} = 3 \times 1,137 = 3,411 \text{ kg/día}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. necesario (en galones)} &= 3411 \cdot \frac{1}{0.66} \times \frac{1}{3.78} \\ &= 1,365.2 \text{ Gal/día} \end{aligned}$$

C. Porcentaje de Pérdida del Solvente

La cantidad de hexano que no se recupera es 0.5 kg de solvente por tonelada de sólido inerte (30).

$$\text{Pérdida de Hexano} = 0.5 \times 8.5 = 4.25 \text{ Kg/día}$$

$$\text{Porcentaje de Pérdida} = \frac{4.25 \times 100}{3,411} = 0.124\%$$

6.2.1.5. Filtro Prensa.- Se utiliza para eliminar las materias extrañas contenidas en el aceite extraído por prensado.

$$\text{Aceite Crudo del Prensado} = 1.7 \text{ TM/día}$$

$$\text{Materias Extrañas (2.5\%)} = 0.0425 \text{ TM/día}$$

$$\text{Ac. Crudo Filtrado} = 1.6575 \text{ TM/día}$$

6.2.1.6. Almacén de Aceite Crudo.- Tenemos el aceite obtenido por prensado ya filtrado y el aceite obtenido en el extractor, al cual le agregamos antioxidante en una proporción de 0.5 Kg/TM.

$$\begin{aligned} \text{Total de Ac. Crudo} &= 1.6575 + 1.137 \\ &= 2.7945 \text{ TM/día} \end{aligned}$$

$$\text{Cant. de Antioxid.} = 0.5 \times 2.7045 = 1.397 \text{ kg/día}$$

6.2.1.7. Neutralizado.- A este proceso se alimentan 2.7945 TM/día de aceite crudo

con un 5% en peso de ácidos grasos libres (% ác. oleíco).

A. Neutralizado con Soda

Cant. de ác. grasos libres =

$$2.7945 \times 0.05 = 0.1397$$

Aceite Neutro = $2.7945 - 0.1397 =$

$$2.6548 \text{ TM/día}$$

Sabiendo que una mol de ácido oleíco (PM = 282) reacciona con una mol de soda (PM = 40) podemos conocer la cantidad de soda.

$$\text{Soda} = 0.1397 \times \frac{40}{282} = 0.0198 \text{ TM/día}$$

Siendo la solución de soda de 20°

Be (densidad = 1.162) que corresponde a una concentración de 14.37

% en peso de soda. Entonces el re

querimiento de agua es:

$$\begin{aligned} \text{Cant. Agua con soda} &= \frac{85.63}{14.37} \times 0.0198 \\ &= 0.1179 \text{ TM/día} \end{aligned}$$

Total de Borra = $0.1397 + 0.0198 +$

$$0.1179 = 0.2774 \text{ TM/día}$$

B. Lavado.- El agua de lavado será un 30% en peso del aceite neutralizado.

$$\text{Agua de lavado} = 2.6548 \times 0.3 =$$

$$0.796 \text{ TM/día}$$

C. Secador al Vacío.- El aceite ya lavado se le separa del agua alcalina, quedando con una humedad de un 2% en peso, para luego ser secado al vacío.

$$\begin{aligned} \text{Agua que se elimina} &= 2.6548 \times 0.02 \\ &= 0.0531 \text{ TM/día} \end{aligned}$$

El consumo estimado del vapor de agua es 20 kg/TM.

6.2.1.8. Decoloración: Se alimenta 2.6017 TM/día de aceite neutralizado y seco.

A. Tierra Activada.- Se necesita un 3% de tierra colorante, obteniendo una merma de aceite debido a la oclusión de la tierra y medio filtrante en el orden de 1.5%.

Tierra Decolorante =

$$2.6017 \times 0.03 = 0.0781 \text{ TM/día}$$

B. Filtración

Aceite Ocluído = 2.6017×0.015

$$= 0.0390 \text{ TM/día}$$

Aceite Decolorado =

$$2.6017 - 0.039 = 2.5627 \text{ TM/día}$$

6.2.1.9. Deodorizado.- Se elimina el 1.3% de la carga que ingresa al deodorizador.

Materia Odorífera = 2.567×0.013

$$= 0.0333 \text{ TM/día}$$

Aceite Deodorizado =

$$2.5627 - 0.0333 = 2.5293 \text{ TM/día}$$

6.2.1.10. Almacén de Aceite Refinado.- Entran al tanque de almacenamiento de aceite refinado 2,5293 TM/día con sus respectivos estabilizantes.

6.2.2. Balance de Energía

Para el balance de energía tendremos en cuenta los requerimientos de vapor de la planta

que será suministrado por un caldero.

6.2.2.1. Secador.- Se debe desecar 14.535 TM/día de semilla húmeda para obtener 11.485 TM/día de semilla con 6% de humedad y 3.05 TM/día de vapor de agua. El calentamiento máximo de la semilla no debe pasar de 60°C. Con la siguiente relación determinamos el calor necesario para secar, por hora de operación:

A. Calor necesario para secar la Semilla.- Q_s

Calor Gana	Calor Gana	Calor
do por el	do por la	Ganado
agua al e-	semilla se	+ por el
vaporar	ca	agua
		al eva
		porar.
		Salida

$$Q_s = m_1(C_1\Delta T + \Delta H) + m_2C_2\Delta T$$

donde:

$$m_1 = 190.6 \text{ kg} + 717.8 \times 0.06 =$$

233.668kg de Agua

$$m_2 = 717.8 \times 0.94 = 674.73 \text{ kg de semilla seca}$$

$$T = 50^{\circ} - 20^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$H_{50^{\circ}\text{C}} = 569.05 \text{ Kcal/kg (32)}$$

$$C_1 = 1 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_2 = 1,2 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando obtenemos:

$$Q_s = 164,269.09 \text{ Kcal/Hr}$$

B. Masa de Vapor Necesaria para Secar la Semilla. - M_v

Calor Cedido por el Vapor = Calor Ganado por la Semilla

$$M_v = \frac{Q_s}{\Delta H_{\text{vap}}}$$

$$M_v = \frac{164,269.09}{538.86} = 304.85 \text{ kg/Hr}$$

6.2.2.2. Precocinador. - Al precocinador ingresan 717.8 kg/hr de semilla molida, obteniendo 9.31 kg/hr de vapor de agua y 708.5 kg/hr de semilla seca. La temperatura de la semilla que ingresa es de 20°C y la de salida será de 70°C como máximo.

El calentamiento realizado es indirecto y es necesario obtener el vapor a utilizar; por tanto se debe calcular el calor requerido, para después hallar la cantidad de combustible usado.

Calor Requerido $Q' =$

$$m(C \Delta T + \Delta H_{70^{\circ}\text{C}}) + m'C' \Delta T$$

Siendo: $m = 9.3$ kg/hr de agua

$$m' = 708.5 \text{ kg/hr de semilla seca}$$

$$C = 1 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C' = 1.2 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando valores en la ecuación dada:

$$Q' = 9.3(1 \times 50 \times 557.5) + 708.5 \times 1.2 \times 50$$

$$Q' = 48,159.75 \text{ kcal/hr}$$

Asumiendo que la pérdida por transmisión de calor es del 15%, se tendrá:

$$Q'_1 = 48,159.75 \times 1.15 = 55,383.7 \text{ Kcal/hr}$$

El calor de vaporización(Q_v) será igual al calor requerido(Q_1'), y está dado a 100°C y 1 Atm.

$$M_v = \frac{Q_v}{H_{vap}} = \frac{55,383.7}{539.83} = 102.6 \text{ kg/hr}$$

Entonces el calor necesario para el flujo de vapor es:

$$Q'' = 102.6 \times 1 \times 80^\circ\text{C} = 8,208 \text{ Kcal/hr}$$

El calor total de calentamiento será:

Q_c

$$Q_c = 55,383.7 + 8,208 = 63,591.7 \text{ Kcal/hr}$$

6.2.2.3. Extractor Sólido-Líquido

A. El vapor considerado para separar el hexano del aceite extraído es suministrado como calor latente de vaporización, para que el solvente alcance su punto de ebullición.

$$\text{Calor Ganado por Hexano} = \text{Calor Latente Entregado por el Vapor}$$

El calor necesario del aceite extraído por solvente será: Q_A

$$Q_H = 213.187 \times 0.527 \times 50 = 5,617.47 \text{ Kcal/hr}$$

El calor de evaporación del Hexano:

$$\Delta H_E = 89.11 \text{ Kcal/kg}$$

$$Q_E = 213.187 \times 89.11 = 18,997.09 \text{ Kcal/hr}$$

El calor total que cede el vapor para separar el hexano: Q_T

$$Q_T = Q_A + Q_H + Q_E = 26,391.06 \text{ Kcal/hr}$$

La cantidad de vapor necesario será:

$$M_v = \frac{26,391.06}{538.86} = 48.97 \text{ Kg/hr}$$

B. Desolventizador o Secador de Pasta

Para recuperar el solvente adherido en la torta gastada, de proporción similar al aceite extraído o desplazado (27); es necesario condensarlo, pasándolo a través de un tornillo sin fin.

Aceite Desplazado = 1.137 TM/día

$$\text{Calor Perdido por el Vapor} = \text{Calor Ganado por el hexano}$$

$$M_v = \frac{71.062(89.11+0.527 \times 50)}{538.86}$$
$$= 15.23 \text{ kg/hr}$$

Siendo:

$$C_{p_H} = 0.527 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_H = 70 - 20 = 50^\circ\text{C}$$

$$m_H = 71.062 \text{ kg/hr}$$

$$\Delta H_v = 89.11 \text{ Kcal/kg}$$

6.2.2.4. Neutralizador

A. El aceite que ingresa al neutralizador a 20°C , es agitado mediante un mezclador, considerándose despreciable el incremento de temperatura, dado que la soda también ingresa a 20°C . Para facilitar la separación de la borra y completar la reacción será necesario elevar la temperatura hasta 60°C en el mezclador reactor.

Calor que Genera el serpentín de calentamiento = Calor ganado por Aceite + Agua + Borra

Calor que gana el aceite: Q_{AC}

$$\begin{aligned}Q_{Ac} &= 165.9 \times 0.5 (60-20) \\ &= 3,318 \text{ Kcal/hr}\end{aligned}$$

Calor que gana el Agua: Q_{Agua}

$$\begin{aligned}Q_{\text{Agua}} &= 7.37 \times 1 \times 40^\circ \\ &= 294.8 \text{ Kcal/hr}\end{aligned}$$

Calor que gana la borra: Q_{Borra}

$$\begin{aligned}Q_{\text{Borra}} &= 9.97 \times 05 \times 40^\circ \\ &= 199.4 \text{ Kcal/hr}\end{aligned}$$

Calor total generado: Q_{TG}

$$Q_{\text{TG}} = 3,812.2 \text{ Kcal/hr}$$

$$mv = \frac{3812.2}{538.86}$$

$$mv = 7.07 \text{ kg/hr}$$

B. Calor Necesario para el Agua de Lavado. - Q_{Lav}

El agua utilizada para lavar el aceite neutralizador entra a 20°C y se debe calentar hasta 80°C .

$$Q_{\text{Lav}} = 49.75 \times 1 \times 60^\circ$$

$$= 2,985 \text{ Kcal/hr}$$

Cantidad de vapor necesario en el calentamiento:

$$Q \text{ pierde vapor} = Q \text{ gana agua}$$

$$Mv = \frac{2,985}{538.86} = 5.54 \text{ kg/hr}$$

6.2.2.5. Decoloración

A. Calor necesario para calentar el

Aceite.- Q_{Dec}

Se decolora calentando el aceite hasta 80°C.

$$\begin{aligned} Q_{Dec} &= 162.6 \times 0.5 \times 20^\circ \\ &= 1,626 \text{ Kcal/hr} \end{aligned}$$

B. Vapor Necesario en el Tanque de Blanqueo.-

$$Mv = \frac{1,659}{568.86} = 3.018 \text{ kg/hr}$$

6.2.2.5. Deodorizado.- En esta operación, el a ceite se llevará hasta 105°C, para e

eliminar los componentes volátiles que le imparten olores fuertes al aceite.

Vapor necesario en la Sección de dedorizado:

$$\Delta H_{\text{vapor}} = 538.86 \text{ Kcal/kg a } T = 100^{\circ}\text{C}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

Efectuando el balance:

$$\Delta H_{\text{vapor}} M_v = M_v = M_{\text{Ac}} \times C_{\text{Ac}} \times T$$

$$M_v = \frac{158.085 \times 0.5 \times 25.0^{\circ}}{538.86} = 3.667 \text{ kg/hr}$$

El calor ganado por el aceite:

$$5,738.5 \text{ Kcal/hr}$$

6.2.2.7. Caldero

A. Consumo Total de Vapor en la Planta

$$M_v \text{ secador} = 304.85 \text{ kg/hr}$$

$$M_v \text{ Precocinador} = 102.60 \text{ kg/hr}$$

$$M_v \text{ Ext.Sól-Líq.} = 48.97 \text{ Kg/hr}$$

$$Mv \text{ Desolventiz.} = 15.23 \text{ kg/hr}$$

$$Mv \text{ Agua de Lav} = 5.54 \text{ kg/hr}$$

$$Mv \text{ Decolorado} = 3.018 \text{ kg/hr}$$

$$Mv \text{ Deodorizado} = 3.667 \text{ kg/hr}$$

$$Mv \text{ Neutralizado} = 7.07 \text{ kg/hr}$$

$$Mv \text{ Eyectores} = 10.47 \text{ Kg/hr}$$

Vapor requerido por la Planta Mv_{total}

$$= 501.42 \text{ kg/hr}$$

- B. Potencia del Caldero.- En caso de pérdidas ó fugas de vapor se asume un factor de seguridad del 31.8%
30. Entonces se tiene:

$$Mv_{Total \text{ Req}} = 501.417 \times 1.318$$

$$= 660.92 \text{ kg/hr}$$

Para que el caldero desarrolle una potencia de 1 HP debe producir 15.65 kg de vapor. Entonces:

$$P_{Caldero} = \frac{660.92}{15.65} = 42.23 \text{ HP}$$

Considerando una eficiencia del caldero del 70% :

$$P_{Caldero} = 60.33 \text{ HP}$$

C. Cálculo del Combustible para el Caldero.- Considerando que se trabaja a 100°C y 1.033 kg/cm^2 , la entalpía del agua de vaporización a 20°C es 20.03 Kcal/kg .

Habiendo estimado una eficiencia del 70% para el caldero.

$$H = H_v(100^{\circ}\text{C}) - H_{\text{agua}}(20^{\circ}\text{C})$$

$$H = 638.9 - 20.03 = 618.87 \text{ Kcal/kg}$$

El calor cedido por la combustión del petróleo es:

$$Q_{\text{comb}} = \frac{618.87 \times 660.92}{0.7}$$
$$= 584,319.37 \text{ Kcal/hr}$$

El poder calorífico del combustible es $10,345.1 \text{ Kcal/kg}$ para el caldero.

El combustible a utilizar será:

$$M_{\text{comb}} = \frac{584,319.37}{10,345.1} = 56.48 \text{ kg/hr}$$

La densidad del petróleo diésel #5 es 0.9433 Kg/lt

$$1 \text{ galón} = 3.78 \text{ lts}$$

El consumo en galones:

$$56.48 \times \frac{1}{0.9433} \times \frac{1}{3.78} = 15.84 \text{ Gal/hr}$$

Consumo diario de Combustible:

$$253.45 \text{ Cal/día}$$

6.2.2.8. Generador.- Como el caldero trabaja con una potencia de 60.33 Hp, que e quivale en Kw/hr.

$$60.33 \times 0.746 = 45.006 \text{ Kw/hr}$$

$$45.006 \text{ Kw/hr} \times 16 \text{ hrs.} = 720.1 \text{ Kw/día}$$

Se tiene que el generador utiliza com bustible diessel # 2 cuya densidad es 0.86 kg/lit. Un Kw consume 0.26 kg de combustible. El generador de la plan ta necesitará:

$$720.1 \text{ kw/día} \times 0.26 \text{ kg/Kw} = 187.226 \text{ kg/día}$$

Considerando una eficiencia del 70% del generador:

$$187.226 \times \frac{1}{0.70} \times \frac{1 \text{ lt}}{0.89 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3.78 \text{ lt}}$$

= 79.503 gal/día

El consumo de diessel # 2 para el ge
nerador es:

79.503 gal/día

6.3. Elección de la Maquinaria a Utilizar

6.3.1. En la Preparación de la Semilla

6.3.1.1. Recepción.- La materia prima se reci
be en un depósito de material noble,
construido con una inclinación de 30°
respecto a la base, en esta pared la-
teral se ubicará la compuerta de sali
da del material cuya densidad es 1000
kg/m³. Las dimensiones del silo en
metros es 4 x 2.5 x 1.5. Luego se
usa una balanza para controlar el flu
jo que ingresa al lavador.

6.3.1.2. Lavado.- El sistema de lavado para es
ta planta, habiéndose determinado
las características de la semilla; es
el de "Separación por Flotación", cu
yo fundamento es la diferencia de den

sidades entre las pepitas y la cascarilla adherida a ellas. Se precisan velocidades de flujo de agua del orden de 200-500 lt/min, es decir, un consumo de agua de 4000 a 10000 lt por tonelada de producto (23). Seguidamente se necesita una faja transportadora tipo escurridor. Fig. N° 7.

6.3.1.3. Secado.- Se usará un Secad Continuo, tipo Túnel con calentamiento indirecto, utilizando vapor de agua. Fig.N°8. Está compuesto de una tela metálica transportadora, llevando consigo el material húmedo con un determinado espesor, que al inicio de la alimentación será regulado por un estrujador de rodillos. El aire en contacto con el material ingresa en contracorriente. La velocidad del aire a través de estos secadores es muy pequeña y a menudo se mantiene por una chimenea de tiro natural (30).

Es necesario después un Tamiz vibratorio, que consiste en un marco

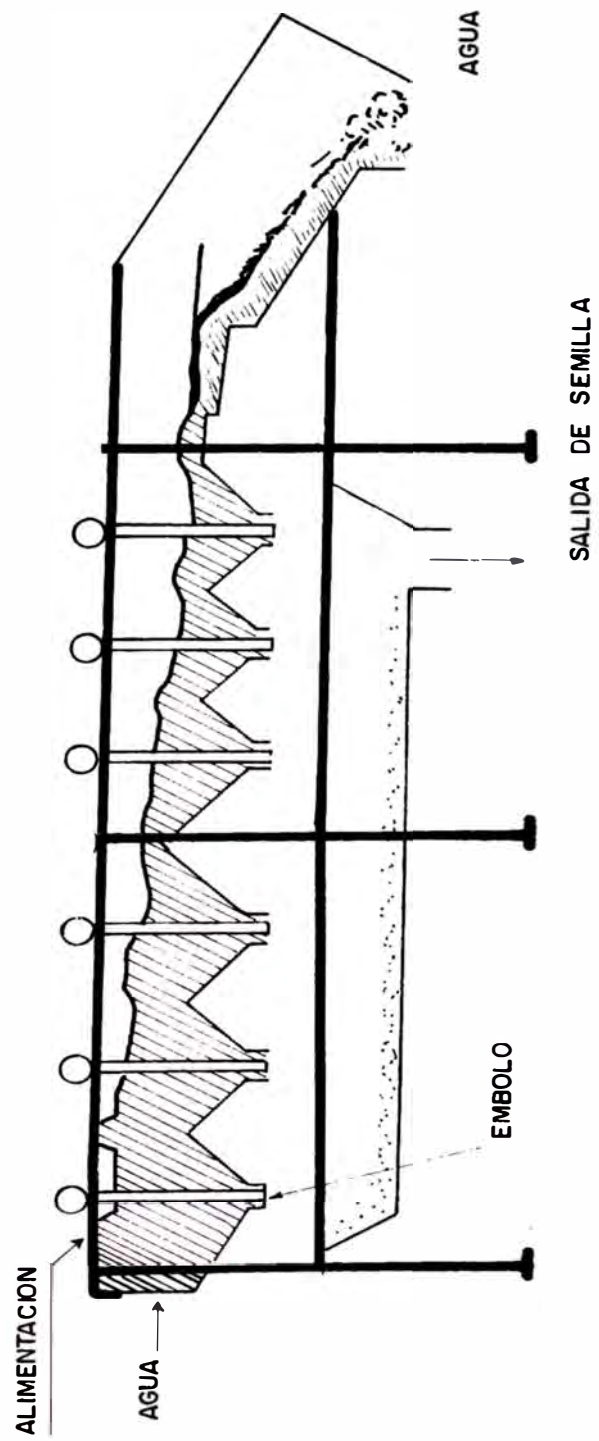


Fig. N°7. LAVADOR DE SEMILLAS

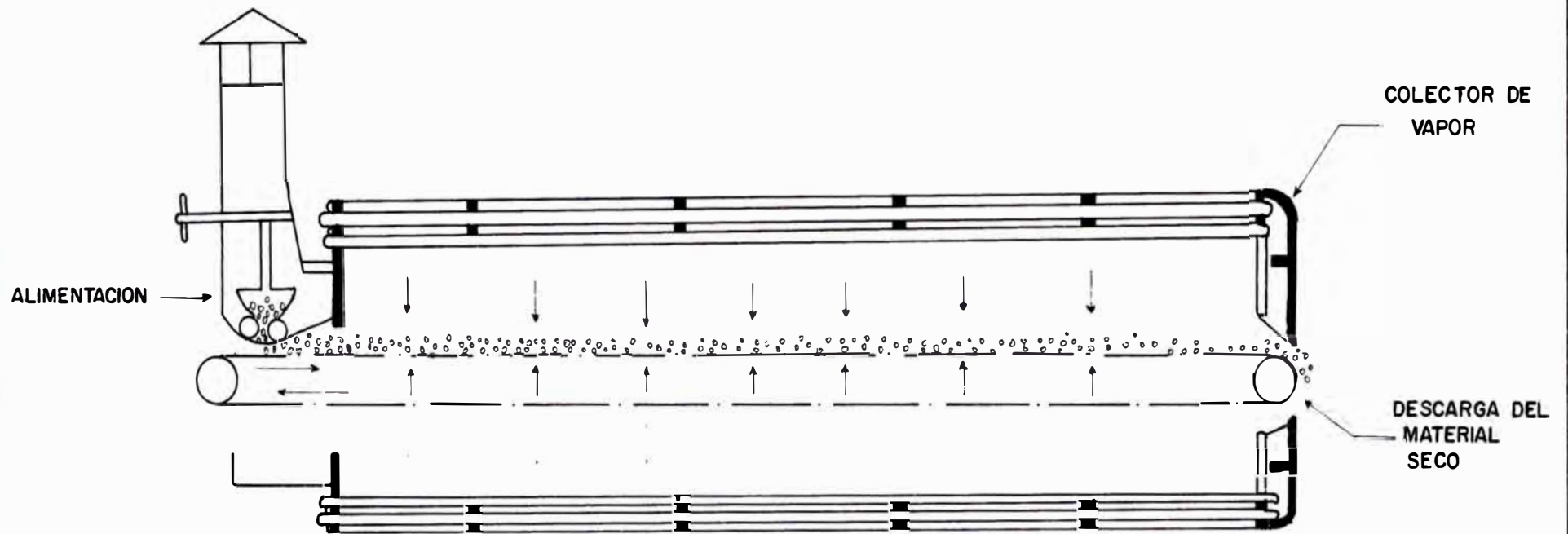


Fig. N°8 SECADOR INDIRECTO CON FAJA ATRAVESADORA

que soporta una rejilla de malla metálica. Pueden ser sacudidos mecánica ó electromagnéticamente, y el movimiento resultante arrastra los productos deseados, quedando encima la materia desechable. Estos tamices pueden ser de capas múltiples o series de tamices montados unos bajo de otros, con lo que se realiza la separación de una carga dada en varios intervalos de tamaño (23).

6.3.1.4. Molienda.- Se dispondrá de un Molino de Rodillos. Consta de dos rodillos pesados de acero, giran uno hacia otro de tal manera que las partículas de la carga son atrapadas y arrastradas entre los rodillos, sufriendo una fuerza de compresión que las tritura.

La producción de estas unidades está regida por la longitud y diámetro de los rodillos y por la velocidad de rotación. Con los diámetros mayores se utilizan corrientemente velocidades de 50-300 r.p.m.(18).

La molienda de las semillas en el tamaño requerido; depende del diámetro de los rodillos, su velocidad diferencial y el espacio que entre ellos queda.

6.3.2. En la Extracción del Aceite

6.3.2.1. Extracción Mecánica.- El proceso requiere una Prensa Continua tipo Expeiler con su precocinador respectivo. Este último consta de un serpentín de calentamiento con vapor de agua y el material que lo compone es de hierro fundido de alta calidad. Las características del Expeiler, se han señalado en forma detallada en el capítulo 4. Ver fig. N° 9.

6.3.2.2. Extracción Química.- Se utilizará un Extractor de Lecho Móvil, un Evaporador, un Condensador y un Desolventizador.

El extractor consta de una torre cilíndrica vertical, en cuyo inte

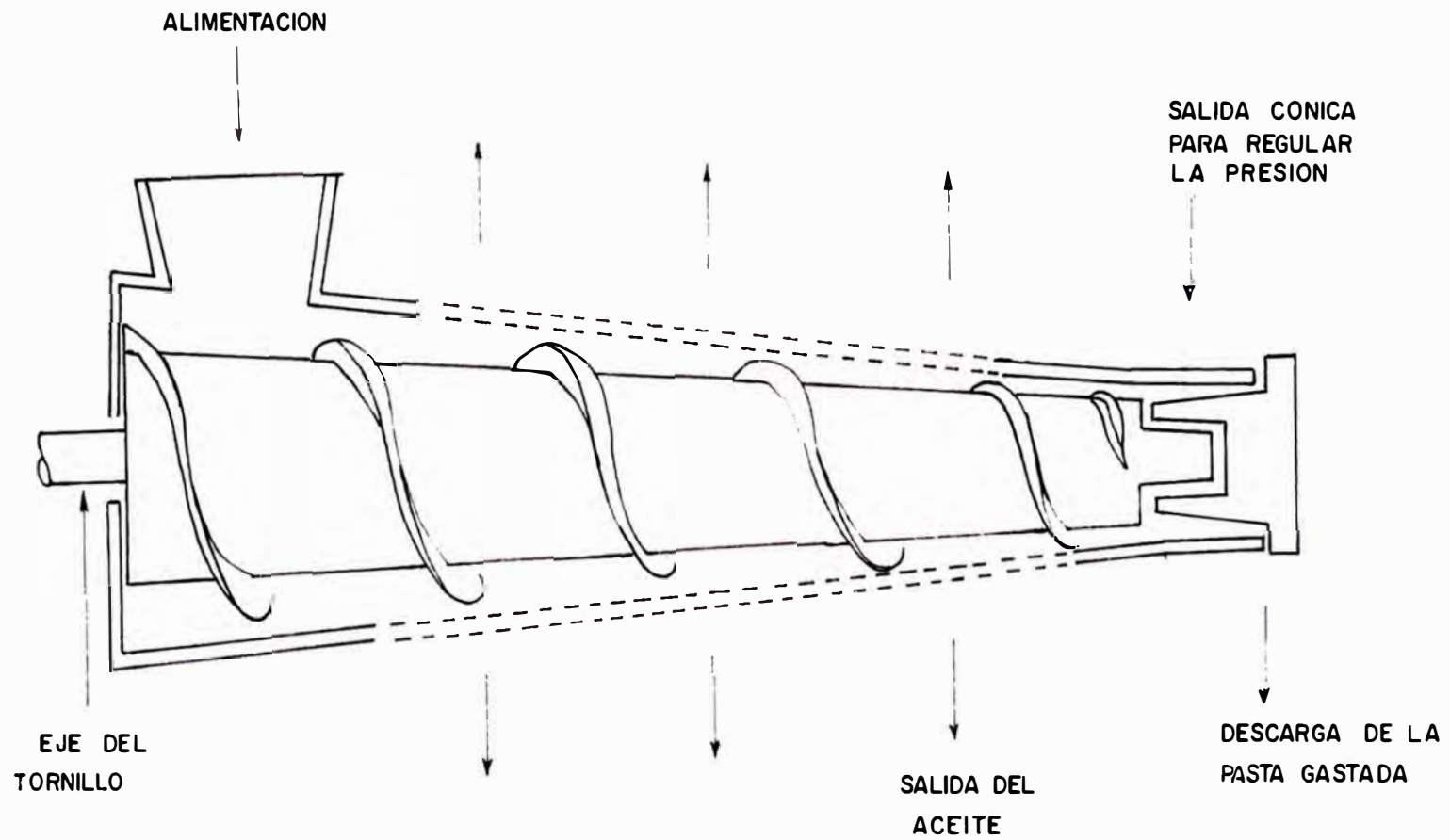


Fig.Nº9. PRENSA CONTINUA — EXPELLER

rior se mueve un tornillo sinfín con las aletas perforadas, que arrastran los sólidos de arriba hacia abajo a lo largo de la torre cilíndrica. El disolvente fluye impulsado por la gravedad, en contracorriente a la trayectoria de la alimentación pasando por filtros al exterior del sistema. Los tornillos sinfín giran a una velocidad de 1 rpm(23).

El Evaporador Horizontal, calentado por vapor de agua con superficie de calefacción tubular; tiene una envoltura cilíndrica vertical a la que están unidas dos cámaras de vapor. Tienen siempre sus tubos engastados al cuerpo, con diámetro de 7/8 a 5/4" y hasta 4.57mts. de largo(30).

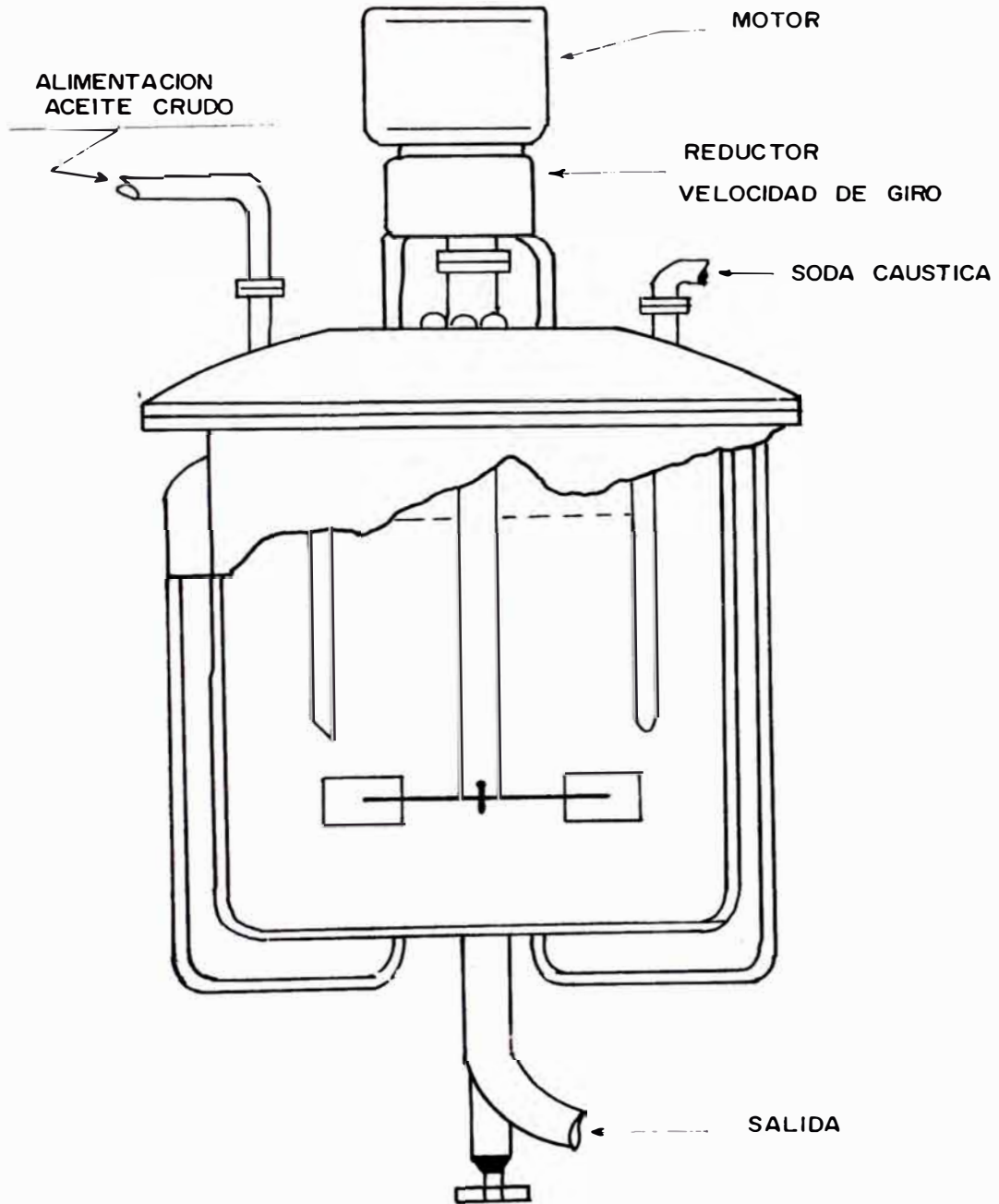
El Condensador, tiene los tubos dispuestos horizontalmente con el refrigerante dentro de ellos(agua).

El Desolventizador es un secador con transportador de tornillo sin

fín especialmente aplicable a la dese
cación contínua con recuperación de
solvente. El medio de calefacción es
vapor de agua.

6.3.3. En la Refinación del Aceite

6.3.3.1. Neutralizado.- Es necesario un Reac-
tor Mezclador, cilíndrico y con eje
vertical (fig. N°10). La parte supe-
rior del recipiente es cerrada y el
fondo del tanque es redondeado, con
el fín de eliminar los bordes rectos
ó regiones en las cuales no penetra
rían las corrientes de fluído. La al
tura del líquido es aproximadamente i
gual al diámetro del tanque. Sobre
un eje suspendido desde la parte supe-
rior va montado un agitador. El eje
está accionado por un motor conectado
directamente al mismo y con mayor fre
cuencia, a través de una caja de en
granajes reductores. Está incluida
las conducciones de la alimentación y
descarga, camiseta de vapor, serpenti-
nes de calefacción y oquedades para



NEUTRALIZADOR - LAVADOR

Fig.Nº 10

termocupla y dosificadores.

El lavado del aceite neutralizado se realizará en mismo Reactor Mezclador, después de haber purgado la borra.

6.3.3.2. Secado al Vacío.- En un tanque de secado al vacío; que opera a una presión de 15 a 30 mmHg absolutas y consta de un eyector de aire para producir el vacío. Es una cámara hermética de sólida construcción con un acceso para la salida del vapor. La alimentación del aceite lavado es por la parte superior de la columna de vacío y el aceite neutralizado y seco sale por la parte inferior de la misma. El eyector de vapor consiste en esencia de una tobera que descarga a gran velocidad, un chorro de vapor a través de una cámara de succión conectada al recipiente en el cual se quiere hacer el vacío (30).

6.3.3.3. Decolorado.- En este proceso se usa

un tanque cilíndrico vertical con agi
tación, al vacío. Además tiene cami-
seta de calefacción en forma similar
que el tanque de neutralizado. Por la
parte superior ingresa el aceite neu
tralizado seco, hacia un costado de
la misma, está el dosificador de tie-
rra decolorante. La mezcla aceite -
tierra decolorante sale por la parte
inferior del tanque, el cual es bom
beado a un Filtro Prensa, obteniendo
de esta manera, el aceite neutro deco
lorado.

6.3.3.4. Deodorizado.- Es un cilindro de hie-
rro galvanizado interiormente y tiene
un serpentín para la circulación del
vapor saturado. En la parte inferior
tiene un pequeño serpentín para dar
salida al vapor recalentado. El va
cío es efectuado por un eyector de va
por de agua, con su columna barométri-
ca y condensador para los vapores y á
cidos grasos arrastrados. El deodori
zador es revestido por una capa de as-
besto para evitar la pérdida de calor
por radiación (21).

La alimentación del aceite blanqueado, previamente calentado en un intercambiador de calor, ingresa al tanque por la parte central del mismo, pasando a través de unas bandejas de a cero inoxidable. La salida del aceite deodorizado se efectúa por la parte in ferior, siendo bombeado al enfriador de aceite y llevado después al almacén (Tanque de aceite terminado).

6.4. Diseño de Equipos

6.4.1. Secador

Para realizar este diseño partimos de las siguientes consideraciones:

- i) Los datos experimentales de secado de una cantidad fijada de semilla húmeda en un tiempo determinado. Ver gráficos de: Peso total de semilla vs tiempo, Intensidad de la desecación vs contenido de humedad en ba se seca y el de Intensidad de la desecación vs tiempo, deduciéndose lo siguiente:
Humedad de Equilibrio:

$X = 0.05$ kg de Agua/kg sólido seco

Humedad Crítica: $X_c = 18.63\%$

Velocidad de Secado: $W_c = 50$ kg/hr.m²

ii) Del balance de materia y energía tenemos:

Alimentación = 908.44 kg/hr de Semilla
con 27% Humedad

Salida = 717.812 kg/hr de semilla
con 6% de Humedad

Semilla libre de Agua = 674.73kg/hr(S)

iii) El tiempo empleado en el período antecrítico:

$$\theta_a = \frac{S}{A} \frac{X_i - X_c}{W_c}$$

iv) El tiempo en el período poscrítico:

$$\theta_p = \frac{S}{A} \frac{X_c - X^*}{W_c} \ln \frac{X_c - X^*}{X_f - X^*}$$

v) El tiempo total de secado:

$$\theta_T = \theta_a + \theta_p$$

Cuadro N° 21

SECADO DE LA SEMILLA DE MARACUYA

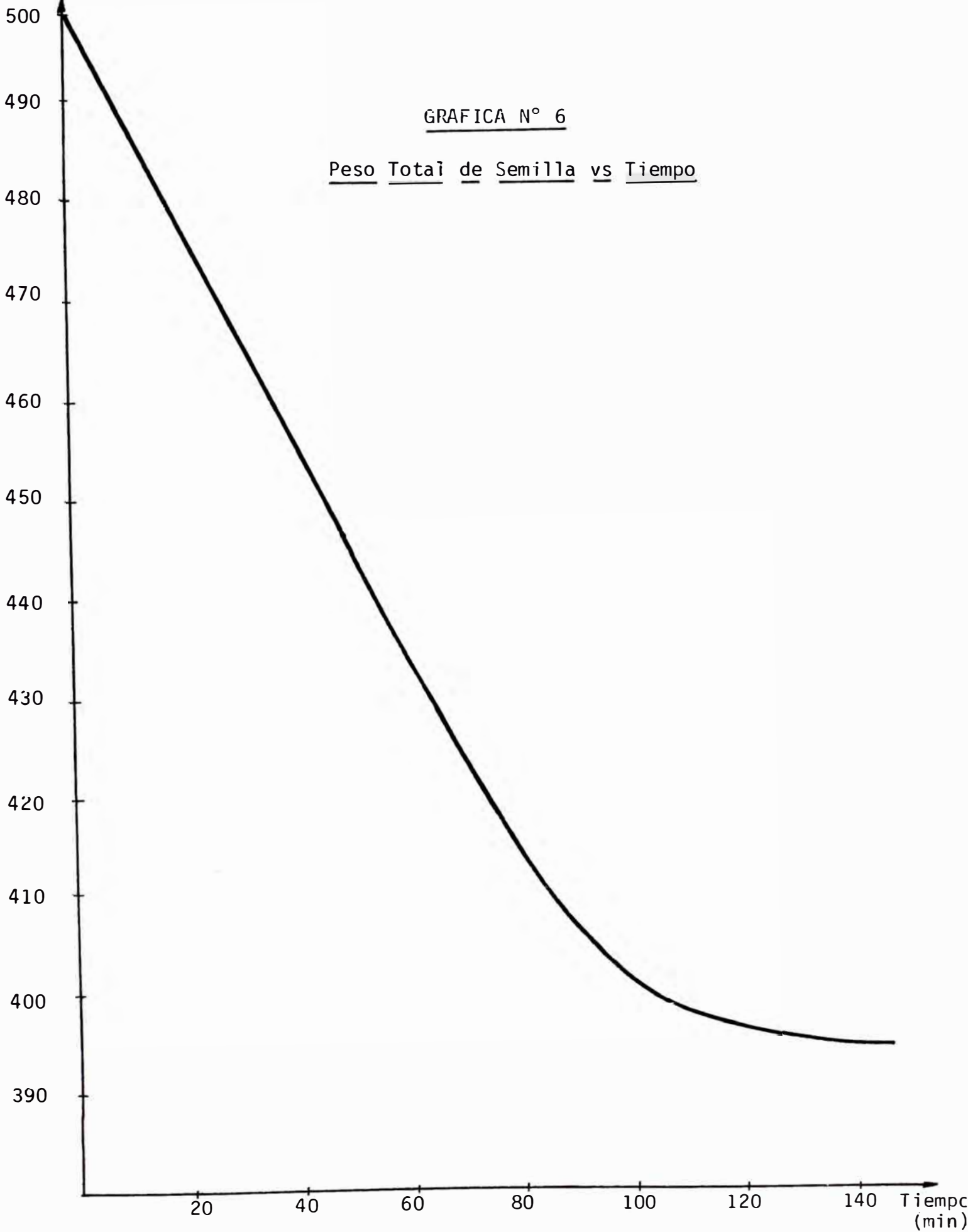
Tiempo (Mín)	Peso Total (Gr)	Tiempo (Mín)	Peso Total (Gr)
0	500	80	415
10	492	90	408
20	480	100	403
30	467	110	401
40	455	120	398
50	445	130	397
60	433	140	396
70	422	150	395

Peso total
de semilla(Gr)

- 133 -

GRAFICA N° 6

Peso Total de Semilla vs Tiempo

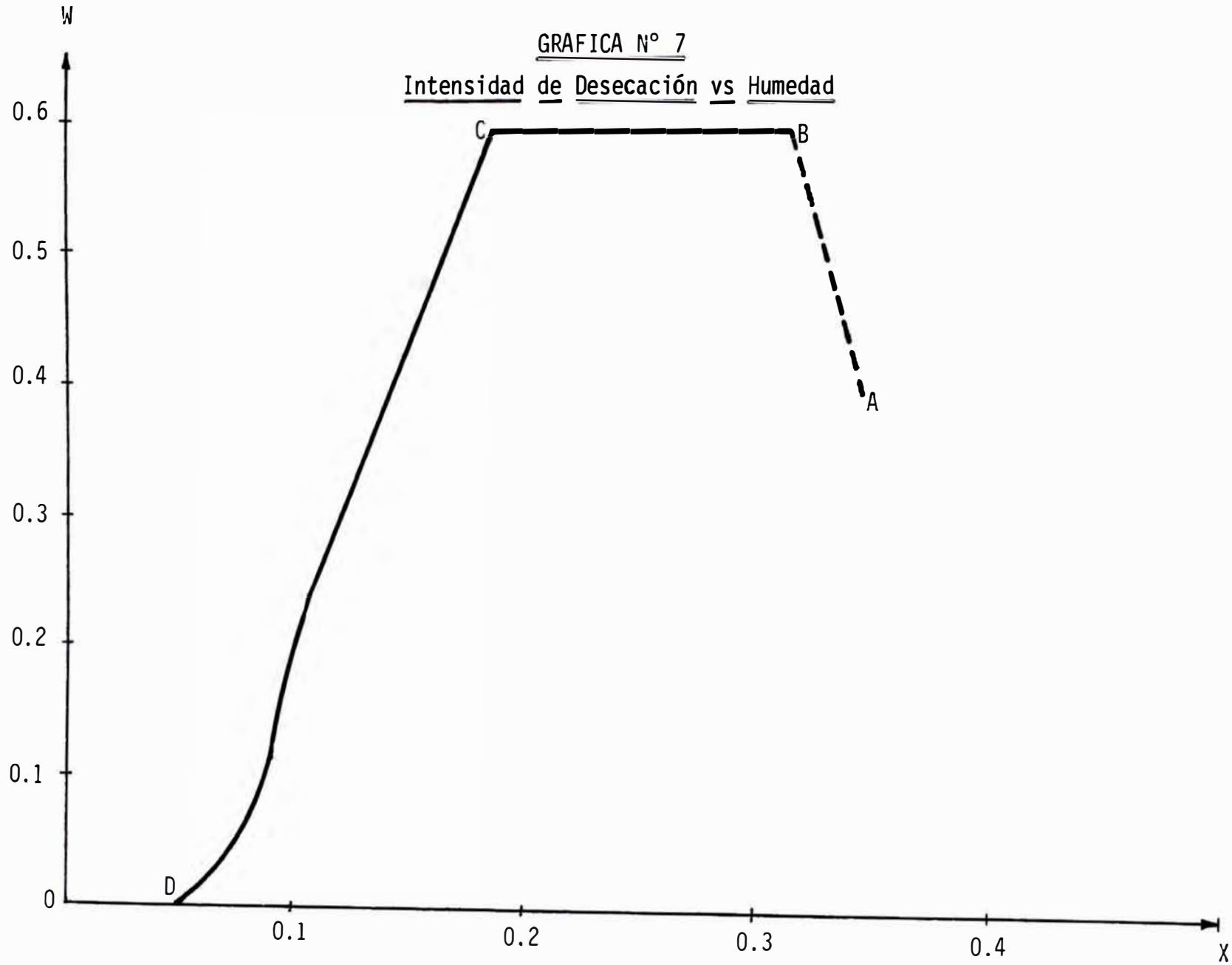


Cuadro N° 22

HUMEDAD E INTENSIDAD DE DESECACION

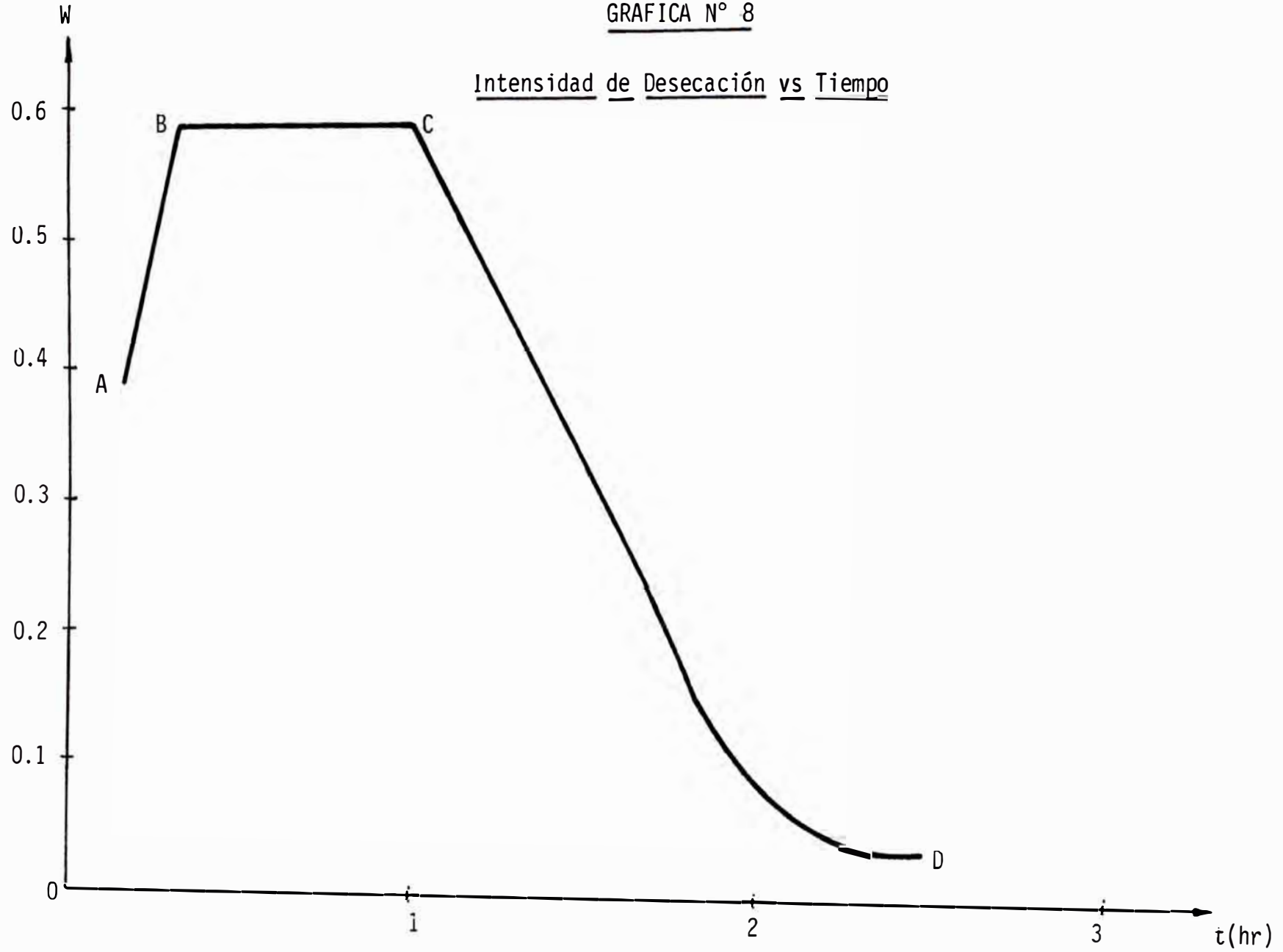
t(Hr)	X(kg H ₂ O/kg Sól. Seco)	W(kg/Hr m ²)
0	0.369	
0.167	0.348	0.3978
0.333	0.315	0.6022
0.500	0.279	0.6569
0.666	0.2465	0.5931
0.833	0.2190	0.5018
1.000	0.1863	0.5967
1.166	0.1863	0.5511
1.333	0.1369	0.3503
1.500	0.1178	0.3485
1.666	0.1041	0.2500
1.833	0.0986	0.1003
2.000	0.0904	0.1496
2.166	0.0876	0.0510
2.333	0.0849	0.0492
2.500	0.0822	0.0492

GRAFICA N° 7
Intensidad de Deseccación vs Humedad



GRAFICA N° 8

Intensidad de Desección vs Tiempo



- vi) La longitud del secador es 4 veces el diámetro (30).

Utilizando las ecuaciones anteriores, el área de secado es:

$$A = \frac{674.73}{50} \left((0.27 - 0.1863 + 0.1863 - 0.05) \right. \\ \left. \ln \frac{0.1863 - 0.05}{0.06 - 0.05} \right)$$

$$A = 5.9342 \text{m}^2 \quad (6 \text{m}^2)$$

Entonces las dimensiones del Secador diseñado:

$$\text{Diámetro: } D = 0.6872 \text{m} \quad (0.7 \text{m})$$

$$\text{Longitud: } L = 2.748 \text{ m} \quad (2.8 \text{m})$$

- vii) La densidad global de las semillas húmedas a la entrada del secador es 650kg/m^3 .

- viii) De la ecuación de la densidad se deduce que:

$$m = A \times Z \times \rho$$

$$y \quad Z = \frac{908.44}{2(5.93)(650)}$$

$$A = 0.1177 \text{m} \quad (12 \text{cm})$$

6.4.2. Extractor

Es un cilindro vertical, abovedado por sus dos extremos que recibirá un flujo de pasta proveniente del expeller 602.25 kg/hr (Densidad = 1,500 kg/m³) y un flujo de solvente 213.1875 kg/hr (Densidad = 668kg/m³).

$$\text{Volumen Total} = 0.72 \text{ m}^3$$

$$\text{Diámetro} = 0.86 \text{ m (70\% de su Long.)}$$

$$\text{Longitud} = 1.23 \text{ m}$$

6.4.3. Evaporador

Por 6.2.2.3.A., sabemos que el calor total que cede el vapor para separar el hexano es 26,391.06 Kcal/hr; el flujo de hexano es 213.187 kg/hr y la cantidad de vapor necesario es 489758 kg/hr. Por Tablas (30) el valor de $U = 150 \text{ Btu/ft}^2\text{°F}$. El área de transmisión de calor del evaporador:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \text{LMTD}}$$

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta T_o - \Delta T}{\ln(T_o/T)} \quad (33)$$

$$\Delta T_o = 100^\circ - 20^\circ = 80^\circ\text{C} = 176^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 100^{\circ} - 70^{\circ} = 30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$$

$$\text{LMTD} = 125.674^{\circ}\text{F}$$

$$A = \frac{104726.42}{150 \times 125.674}$$

$$A = 5.55 \text{ft}^2 \quad (0.516 \text{m}^2)$$

6.4.4. Condensador de Hexano

Sabiendo que la cantidad de hexano que se requiere en la planta es 213.187 kg/hr. El calor que pierde el hexano vapor es:

$$m_h C_{p_h} (90 - 70) + Q_{\text{evap.Hex.}}$$

$$213.187 \times 0.45 (20^{\circ}) - 18,997.138 \text{ Kcal/hr} =$$

$$Q = 20,915.82 \text{ Kcal/hr}$$

$$\Delta T_o = 90^{\circ} - 30^{\circ} = 60^{\circ}\text{C} = 139.4^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta T_L = 70^{\circ} - 20^{\circ} = 50^{\circ}\text{C} = 121.4^{\circ}\text{F}$$

$$\text{LMTD} = 130.192^{\circ}\text{F}$$

$$A = \frac{82,999.289}{150 \times 130.192} = 4.25 \text{ft}^2 (0.395 \text{m}^2)$$

$$A = 0.395 \text{m}^2$$

6.4.5. Neutralizador

Partimos de las siguientes especificaciones para realizar este diseño:

- i) Cantidad de aceite a neutralizar: 174.65 kg/hr, con densidad 0.909 gr/cm³. Soda Caústica: 7.3687 Kg/hr con una densidad de 1.16 gr/cm³.
- ii) El volumen de la mezcla(18).

$$V = \frac{174.65}{909} + \frac{7.3687}{1160} = 0.1984 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$V = 198.486 \text{ lts/hr}$$

$$\text{La altura del líquido } H = 0.6322 \text{ m}(0.7)$$

$$\text{Diámetro del tanque } D_t = 0.7\text{m}$$

$$\text{Diámetro del Agitador } D_a = 0.233\text{m}$$

$$\text{Velocidad } n = 4 \text{ rps}$$

$$N_{Re} = \frac{(0.233)^2 \cdot 4(1034.5)}{15.0 \times 10^{-3}} = 14,976.525$$

$$N_{Fr} = \frac{4^2 (0.233)}{9.81} = 0.38$$

$$m = \frac{1 - \text{Log}(14,976.525)}{40} = -0.0794$$

$$\emptyset = 1.5 \text{ (Fig. 9.14 McCabe)}$$

$$P = \frac{1.5(0.38)^{-0.0794} 4^3 (0.233)^5 1034.5}{9.81}$$

$$P = 7.507 \text{ m-Kgf/seg (0.1HP)}$$

6.4.6. Tanques

6.4.6.1. Almacenamiento de Aceite Crudo.- Se trata de un cilindro vertical, donde la altura es igual al diámetro:

$$\text{Flujo de Aceite Crudo} = 2,794.5 \text{ kg/día}$$

$$= 174.65 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Volumen} = 0.192 \text{ m}^3$$

$$\text{Diámetro} = 0.625 \text{ m} (0.63 \text{ m})$$

6.4.6.2. Almacenamiento de Aceite Refinado.-

$$\text{Flujo de Aceite Refinado} = 2,529.3 \text{ kg/día}$$

$$\text{Volumen} = 0.173 \text{ m}^3$$

$$\text{Diámetro} = 0.603 \text{ m} \\ (0.6 \text{ m})$$

6.4.6.3. Hexano.- Se ha considerado un tanque cilíndrico horizontal abovedado en sus extremos, hermético y con un diámetro

que es el 80% de su longitud.

Flujo de Hexano = 3,411 kg/día

Volumen = 5.106 m³

Diámetro = 1.73 m

Longitud = 2.16 m

6.4.6.4. Abastecedor de Agua.- Para realizar este diseño se tiene en cuenta lo siguiente:

<u>Flujo de agua para</u>	<u>kg/día</u>
Lavado de Semilla	30,000
Condensación	35,140.73
Ablandamiento	16,428.73
Servicios Adicionales	<u>5,000</u>
Flujo Total =	<u>86,569.46</u>
	(5,410.6 kg/hr)

Es un tanque de concreto armado, cuyas dimensiones son:

Volumen = 5.41 m³ (5.5m³)

Largo = 2.2 m

Ancho = 2.0 m

Altura = 1.25m

6.4.6.5. Agua Blanda.- Es un tanque cilíndrico vertical, con un diámetro igual a la longitud:

Flujo Total = 933.45 kg/hr

Volumen = 0.93345 m³

Diámetro = 1.06m

6.4.6.6. Combustible.- Es un tanque cilíndrico vertical cuyo diámetro es el 80% a su longitud:

Petróleo Diessel N° 5 = 903.68 kg/día

Densidad = 943.3 kg/m³

Volumen = 0.9579m³

Diámetro = 1.00 m

Longitud = 1.24 m

7. ESTIMACION DE COSTOS

7.1. Costo del Secador

$$Q_s = 164,269.09 \text{ Kcal/hr} = 651,861.46 \text{ BTU/hr}$$

$$M_v = 304.85 \text{ kg/hr}$$

Flujo de Alimentación: 908.44kg/hr, 27% humedad

Flujo de Salida : 717.812 kg/hr, 6% "

\emptyset : 0.7m

L : 2.8 m

\bar{z} : 12 cm

Costo Base : 3,850 \$(34), Gráfica N° 9

Indice 85 : 460 Anexo N°17

Indice 68 : 108

$$\text{Costo} = C_b(F_d + F_m + F_p) \text{ Indice } \frac{85}{68}$$

$F_d = 1.0$ Cilíndrico

$F_p = 0.0$ 100°C, 1.033kg/cm²

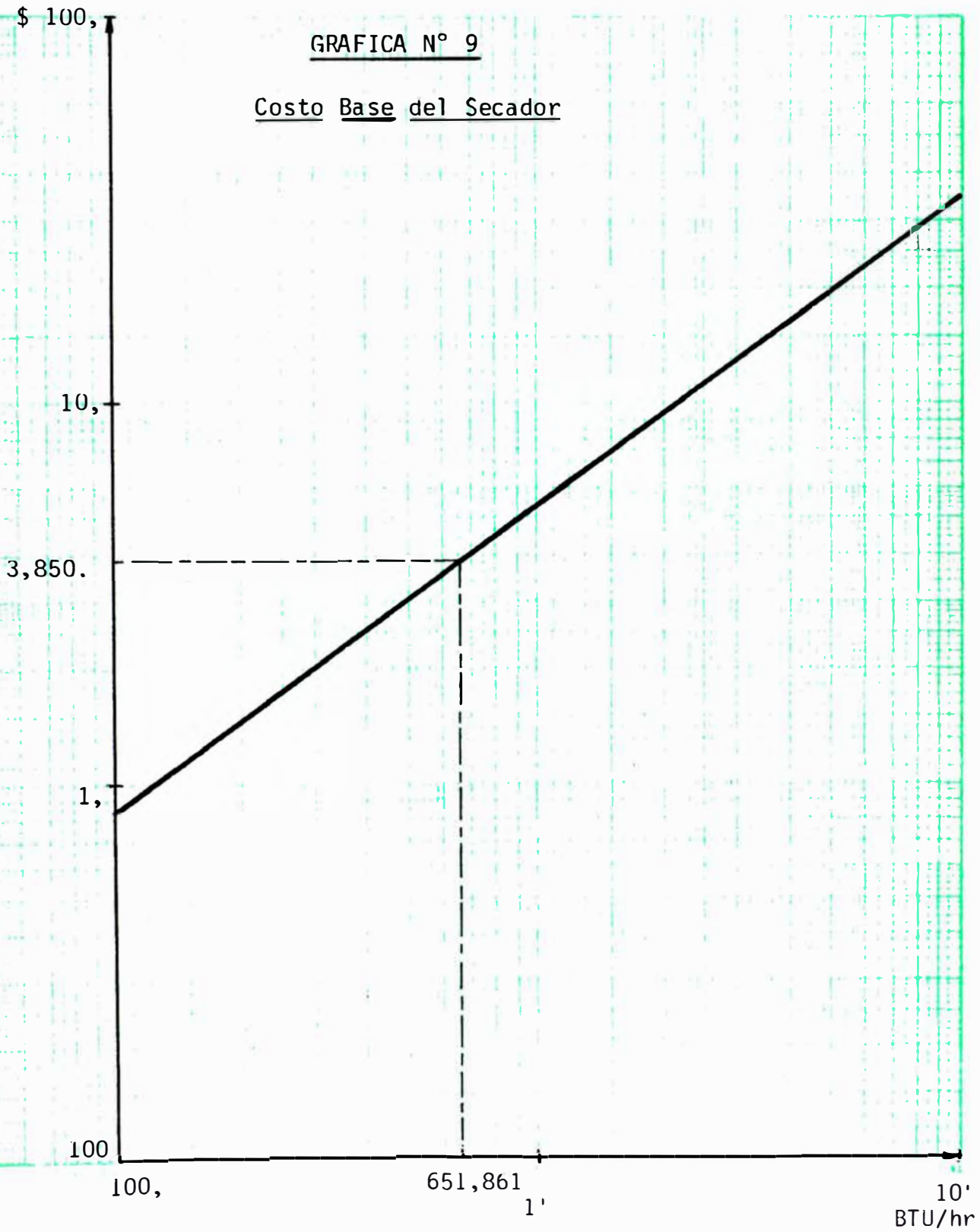
$F_m = 0.0$ Acero al Carbono

Ind. = 4.259

Costo del Secador = 16,398\$

GRAFICA N° 9

Costo Base del Secador



Fuente: K.M. Guthrie, W.R. Grace & Co.

7.2. Costo del Extractor

Flujo de Alimentación : 720 lt = 190.476 Gal

Costo Base (C_b) : 1800 \$(34)

Costo Total = ($C_b \times F_m$) 4.26

F_m = 1.00 Acero al Carbono

Costo del Extractor = 7,666 \$

7.3. Costo del Evaporador y Condensador

Flujo de Hexano : 213, 187 kg/hr = 0.213 Tn/hr

Area : 5.55 ft² (0.52m²)

Costo Base (C_b) : 240\$ (34) Gráfica N°10

Costo Total = ($C_b \times F_t$) 4.26

F_t = 2.25

Costo del Evaporador = 2,300\$

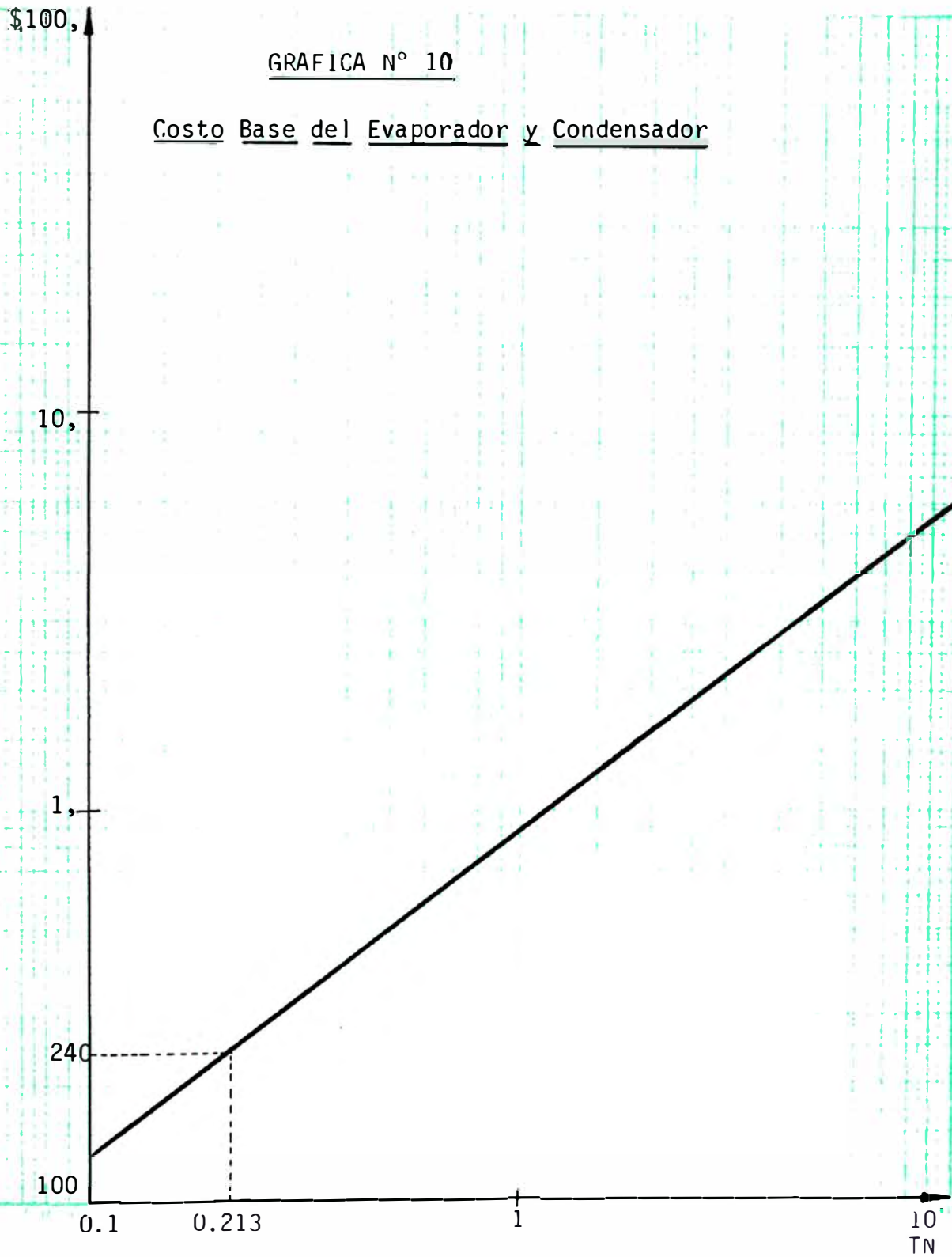
7.4. Costo del Neutralizador

Flujo de Alimentación : 198.4 lt = 52.49gal

Costo Base (C_b) : 1,530\$ Anexo N°18

GRAFICA N° 10

Costo Base del Evaporador y Condensador



Fuente: K.M. Guthrie, W.R. Grace & Co.

$$\text{Costo Total} = (C_b \times F_d) \text{ Ind } \frac{85}{80}$$

$$F_d = 1.2$$

$$\text{Ind } \frac{85}{80} = 1.5$$

Costo del Neutralizador = 2,751\$

7.5. Costo del Caldero

Capacidad de Vapor : 957.9 lt = 253.41 gal

Costo Base (C_b) : 5,200\$ Gráfica N° 11

$$\text{Costo Total} = C_b(F_p + F_s) 4.26$$

$$F_p = 1.00$$

$$F_s = 0.0$$

Costo del Caldero = 22,148\$

7.6. Costo de Tanques

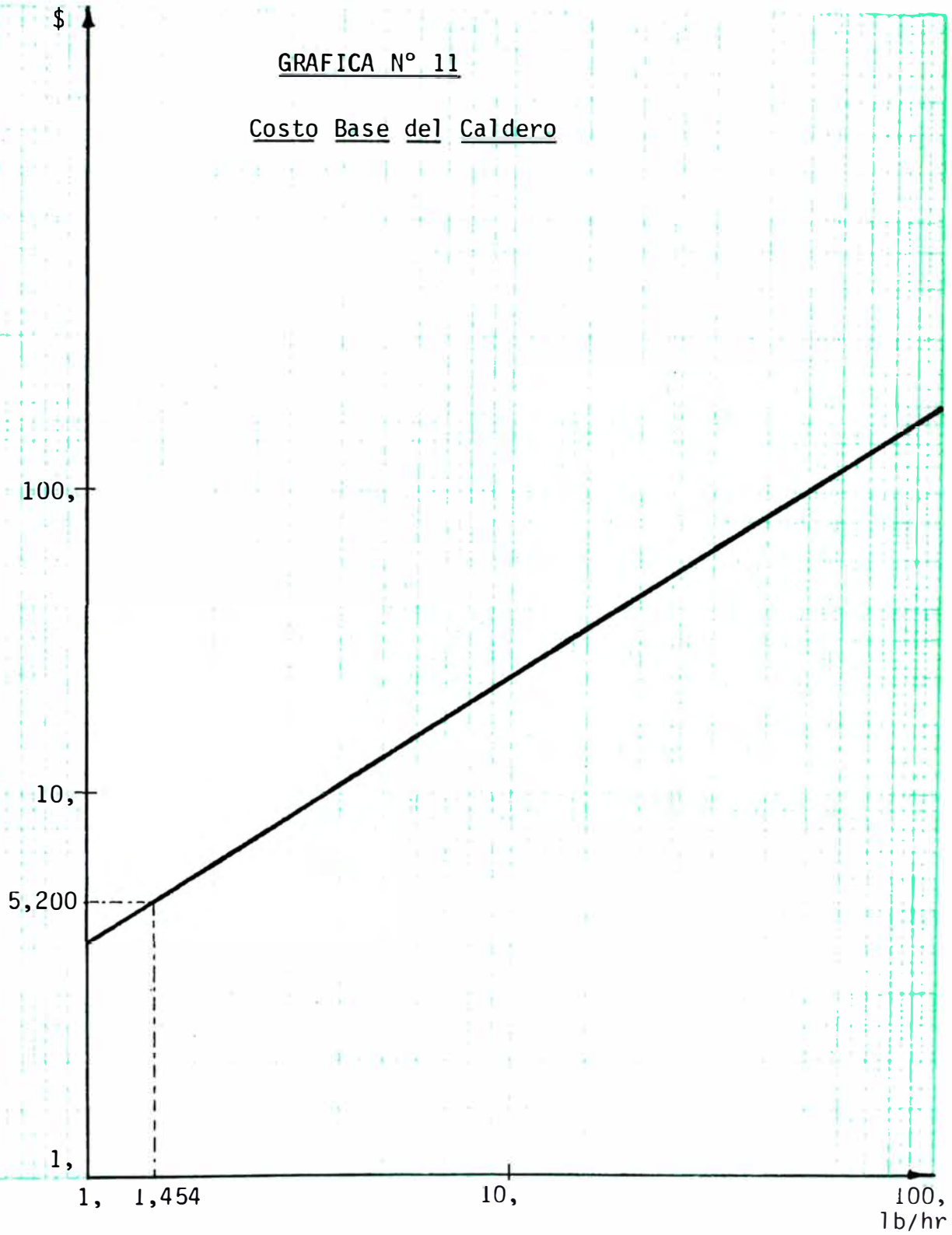
7.6.1. Tanque de Aceite Crudo

Flujo de Alimentación = 192.12 lt = 50.83gal

Costo Base (C_b) = 1300\$(34)

GRAFICA N° 11

Costo Base del Caldero



Fuente: K.M. Guthrie, W.R. Grace & Co.

$$\text{Costo Total} = (C_b \times F_m)4.26$$

$$F_m = 0.7 \text{ Fierro Galvanizado}$$

$$\text{Costo del Tanque} = 3,876\$$$

7.6.2. Tanque de Aceite Refinado

$$\text{Flujo de Alimentación} = 173.75 \text{ It} = 45.96 \text{ gal}$$

$$\text{Costo Base } (C_b) = 1,200\$ (34)$$

$$\text{Costo Total} = (C_b \times F_m)4.26$$

$$F_m = 1.0 \text{ Acero al Carbono}$$

$$\text{Costo del Tanque} = 5,111\$$$

7.6.3. Tanque de Hexano

$$\text{Flujo de Alimentación} = 1,350.7 \text{ gal}$$

$$\text{Costo Base } (C_b) = 2,200\$ (34)$$

$$F_m = 1.0$$

$$\text{Ind} = 4.26$$

$$\text{Costo del Tanque} = 9,372 \$$$

7.6.4. Tanque de Agua Blanda

$$\text{Flujo de Alimentación} = 246.9 \text{ gal}$$

$$\text{Costo Base (C}_b) = 1800\$ (34)$$

$$F_m = 0.6$$

$$\text{Ind} = 4.26$$

$$\text{Costo del Tanque} = 4,600\$$$

7.6.5. Tanque de Combustible

$$\text{Flujo de Alimentación} = 253.41 \text{ gal}$$

$$\text{Costo Base (C}_b) = 1,900\$$$

$$F_m = 0.5$$

$$\text{Ind.} = 4.26$$

$$\text{Costo del Tanque} = 4,046\$.$$

8. ANALISIS DE RESULTADOS

El método óptimo de secado fue obtenido llevando muestras de semillas húmedas a una estufa con un máximo de temperatura 50°C. Se afirma lo dicho porque la extracción de aceite de estas muestras nos dio un índice de acidez en el orden del 1.5 a 5% (expresado en porcentaje de ácido oleico), pues comparado con las muestras de pepas secadas al ambiente, arrojan un aceite con acidez en el orden del 8 a 10%; rango muy elevado para efectivizar el tratamiento respectivo.

El almacenamiento de las semillas, se realiza con humedades hasta un 8%, en períodos cortos debido a que con el transcurrir del tiempo son bastante sensibles a la oxidación por efecto de la humedad del ambiente dando un producto menos eficaz.

En el tratamiento térmico de la semilla se tuvo bastante cuidado en el incremento de la temperatura para evitar el deterioro del producto a obtener, determinándose un valor máximo en 70°C. Esta se realiza en forma indirecta.

Según los análisis de contenido de grasa en la semilla de Maracuyá, se obtuvo un resultado promedio de 25.26% de aceite. Que representa un rango aceptable para el estudio realizado.

Hemos considerado, para optimizar la producción de aceite crudo, los dos procedimientos de extracción (Mecánico y Químico) dado que económicamente es más ventajoso, comparado con la extracción solamente por solventes que sería lo ideal, porque se logra alcanzar mejores rendimientos, evitándose pérdidas.

El aceite extraído mecánicamente (discontinuo-por lotes), porque está en contacto con el ambiente en la carga y descarga de la semilla, tiende a oxidarse con mucha facilidad razón por la cual el método de extracción debe ser continua para evitar el alza del índice de acidez en el aceite.

Teniendo en cuenta los diferentes factores que existen para determinar el solvente adecuado, y después de efectuar varios ensayos con distintos solventes; se ha trabajado la extracción química con hexano comercial, por ser de mayor acceso en la fábrica de aceites comestibles.

Como resultado del análisis cromatográfico realizado en el aceite crudo, se tiene que los porcentajes de ácidos presentes en mayor proporción son: Acido Oleico 17.36% y Acido Linoleico 66.25%, constatando la no existencia del ácido linolénico que permitiría la rancidez del aceite y fácil oxidación.

El aceite neutralizado es determinado con 0.23% de acidez, habiéndose logrado tal reducción por el tratamiento eficaz con soda cáustica en cantidad y concentración adecuada.

El secado del aceite ya lavado, se hizo adicionando sulfato de sodio anhidro en cantidades convenientes, lo que significó el aumento del índice de peróxido, al tener que filtrar los sólidos en contacto con la luz del ambiente. Esto se supera utilizando un equipo de secado al vacío.

Se obtiene muy buenos resultados cuando decoloramos y deodorizamos el aceite de Maracuyá y ya se puede usar como comestible, porque cumple con los requisitos impuestos.

Según el balance de materia y energía efectuados, se deduce que la planta piloto producirá 2.5293 TM/día, con una alimentación diaria de 15 TM de materia prima.

El generador de vapor funcionará con una potencia de 60.33HP utilizando 15.84 gal/hr de petróleo diésel # 5, produciendo 660.92 kg/hr de vapor.

El secador diseñado para esta planta tendrá una longitud de 2.8 m con un diámetro de 0.7 m y el espesor de la semilla a secar colocada en la faja transportadora será de 12 cm. Es continuo y funciona con calentamiento indirecto y el

flujo de vapor es de 304.8 kg/hr.

Para calcular las dimensiones del extractor y tanque de hexano, se ha considerado por facilidad de cálculos como si fueran cilindros simples, siendo sus extremos abovedados, por las características del material que contienen.

Se ha de utilizar un neutralizador - Lavador con camiseta de vapor, en el que circula un flujo total de 12.61kg/hr.; teniendo un diámetro de 0.7m, con un agitador tipo turbina trabajando a 0.1HP.

El tanque de solvente que alimenta al extractor será el que reciba el hexano recuperado; existiendo otro de las mismas dimensiones que servirá de proveedor para cada carga. Su diámetro es de 1.73m y longitud 2.16 m.

Mediante un equipo de ablandamiento de agua, se obtendrá 14,935.2kg/día de agua blanda, que representa el 30% más del que requiere la planta. Se procesará 16,428.7 kg/día de agua dura.

Para obtener los costos de los equipos diseñados, se ha tomado como referencia el artículo "Capital Cost Estimating" de la Chemical Engineering. Teniendo como base los parámetros obtenidos para cada equipo, hemos utilizado las gráficas correspondientes; estimando así, los costos respectivos.

9. CONCLUSIONES

Después de haber realizado el estudio minucioso de la semilla de Maracuyá y luego de extraído el aceite; cuyas características se han especificado anteriormente, concluimos que se trata de un Aceite Comestible semejante al obtenido con pepita de algodón; razón por la cual se hace necesario incentivar el cultivo de este fruto a nivel del país, ya que de esta manera se lograría mayor producción en la Industria de Néctares de Maracuyá y por consiguiente mayor cantidad de pepitas, que significaría obtener cantidades apreciables de este Aceite.

Para 1984 la utilización total de aceite crudo fue de 79,451 T.M. y la producción de Maracuyá 22,756 T.M.; que equivale a 5,527 T.M. de pepa seca y 1307 T.M. de Aceite Crudo; que nos representa el 1.65 % del total utilizado, cantidad que hubiera servido para reemplazar al 65.65% de Aceite Crudo de Soya, sólo el 2.5% del mismo, notándose que este porcentaje podría ser incrementado si se tomara en cuenta lo dicho anteriormente.

Se ha proyectado la planta a nivel piloto, haciendo los diseños de equipos a utilizar con sus costos respectivos para efectivizar a corto plazo una Industria de este tipo, y así ayudar a satisfacer el consumo de Aceite Vegetal dentro de la alimentación a nivel Nacional.

10. BIBLIOGRAFIA

- 1) U.N.A.: "Algunos Aspectos Morfológicos del Maracuyá".
Boletín Técnico N° 1.
- 2) RODRIGUEZ FLORES, Rdo.: "Cultivo de Cocona, Maracuyá y Naranjilla", 1969.
- 3) U.N.A.: "El Cultivo del Maracuyá Amarillo". Programa de Frutales Nativos. 2da. Edición. La Molina, Perú.
- 4) ROCHA GARCIA, Germán de la : "Importancia del Cultivo del Maracuyá en el País". Banco de Fomento Agropecuario, 1969.
- 5) HURTADO PASCUAL, Fernando: "Ensayo de Procesamiento de Maracuyá-Cocona", Lima-Perú, 1968.
- 6) BEGAZO CALDERON, Víctor: "Estudio de Mercado de Productos Procesados de Maracuyá, Cocona y Naranjilla", 1971.
- 7) MINISTERIO DE AGRICULTURA: "Anuario de Estadística Agrícola", O.S.E., Lima-Perú, 1971-79.
- 8) BAILEY, Alton: "Aceites y Grasas Comestibles", Reverté Barcelona, 1961.
- 9) CARRANZA, N.: "La Legislación Alimentaria, Necesidad de su Adecuación a los Avances del Conocimiento Biológico en el Campo de los Lípidos", ITINTEC, Perú 1977.
- 10) UNILEVER RESEARCH DIVISION: "The Chemistry of Glycerides", Serie N°4. London 1965.

- 11) KIRSCHENBAUER H.G.: "Grasas y Aceites, Química y Tecnología", Ed. Continental, México. 1964.
- 12) MEHLENBACHER V.C.: "Análisis de Grasas y Aceites", Enciclopedia Química Industrial, Tomo IV. Ed. URMO. España, Bilbao. 1970.
- 13) POTTER, N.: "Food Science", Av. Publishing Company, INC. London. 1968.
- 14) PIZARDI : "Curso de Procesamiento de Aceite de Pescado y Productos no Tradicionales" U.N.A. Perú, 1977.
- 15) ECKEY, E.W.: "Vegetables Fats and Their Reactions". Reinhold Publishing Corporation. New York. 1954.
- 16) DELFINO, Vicente A.: "Nivel Tecnológico de la Industria de Aceites y Grasas en Latinoamérica", ITINTEC Perú. 1977.
- 17) SIFUENTES A.: "Estudio de la Influencia de Antioxidantes en la Conservación de Aceites Vegetales". U.N.A., Lima Perú. 1971.
- 18) McCABE/Smith: "Operaciones Básicas en Ingeniería Química". Acribia. Barcelona, España. 1969.
- 19) SALLANS H.R.: "Research. F22. EE.UU. 1944.
- 20) RAMIREZ G.M.: "Almacenamiento y Conservación de Grasas y Semillas". CESCO. México. 1966.
- 21) YABAR DAVILA, Manuel: "Aceites y Grasas Vegetales", Perú. 1946.

- 22) ANDERSEN, A.J.C.: "Refinación de Aceites y Grasas Comestibles". Cía. Editora Continental. México. 1965.
- 23) BRENNAN J.G.: "Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza. España. 1980.
- 24) COULSON Y RICHARDSON: "Chemical Engineering" Tomo II, Pergamon Press. London. 1955.
- 25) VIAN y OCON: "Elementos de Ingeniería Química", Acribia Madrid. España. 1969.
- 26) MARTINENGHI, B.C.: "Química y Tecnología de Aceites, Grasas y Derivados". Ed. Científica Médica, Barcelona. España. 1950.
- 27) BERNARDINI, E.: "Tecnología de Aceites y Grasas", Ed. Alambra. España. 1981.
- 28) UNILEVER: "Vegetable Oil and Fats", London. 1973.
- 29) TREYBAL, Robert: "Operaciones de Transferencia de Masa" Ed. Hispanoamericana. 2da. Edición. 1973.
- 30) PERRY, John H. Phd : "Manual del Ingeniero Químico". Ed. Hispanoamericana. 3ra. Edición. 1981.
- 31) HAROLD M. Mc WAIR: "Cromatografía de Gases". 1981.
- 32) OCON, G. y TOJO B.: "Operaciones Básicas en Ingeniería Química". Tomo I y II. 1981.
- 33) M. NECATI OSIZIK: "Transferencia de Calor". Ed. McGraw Hill. Latinoamericana S.A. 1ra. Ed. 1975.

- 34) GUTHRIE K.M.: "Capital Cost Estimating". Chemical Enginneering. March 24. 1969.
- 35) MINISTERIO DE AGRICULTURA: "Plantas Procesadoras de Aceites Comestibles". Producción Industrial Alimentaria. Boletín Estadístico. Setiembre 1980. O.S.E.

11. A N E X O S

ANEXO N° 1

UTILIZACION DE ACEITE CRUDO VEGETAL DE LAS PLANTAS A NIVEL NACIONAL					
1980-1984 (T.M.)					
Año	Ac. de Algodón	Ac. de Soya	Ac. de Palma	Ac. de Maíz	T o t a l
1980	34,118	44,584	5,656	--	84,358
1981	29,197	62,529	7,732	--	99,458
1982	26,970	68,937	5,911	--	101,818
1983	13,464	94,047	7,415	--	114,926
1984	16,032	52,158	11,042	219	79,451

Fuente: O.S.E. Ministerio de Agricultura.

ANEXO N° 2

VARIACION PORCENTUAL DE LA UTILIZACION DE ACEITE CRUDO VEGETAL					
Año	Ac. de Algodón	Ac. de Soya	Ac. de Palma	Ac. de Maíz	T o t a l
1980	40.44	52.85	6.71	--	100
1981	29.36	62.87	7.77	--	100
1982	26.49	67.71	5.80	--	100
1983	11.72	81.83	6.45	--	100
1984	20.18	65.65	13.90	0.27	100

ANEXO Nº 3

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL ACEITE DE MARACUYA		
Detalle	Aceite Crudo	Aceite Refinado
I. Acidez	1.8 - 5.2	0.21
I. Peróxido	5.1 - 7.7	1.10
I. de Iodo	122.2 - 124	123
I. de Saponif	191 - 193	191
I. de Refrac. a 45°	1.4643 - 1.4740	1.4643
Color Rojo- Amarillo	3.2 31	1.2 11
Densidad	0.909	0.908

ANEXO N° 4

CONTENIDO DE NUTRIMENTOS EN BEBIDAS PREPARADAS										
Bebidas Preparadas	Dilución	Proteínas gr	Carbohidratos gr	Calcio mg	Fósforo mg	Fierro mg	Caroteno Vit.A mg	Riboflav. Vit.B ₂ mg	Niacina Vit.B ₅ mg	A.Asc. Vit.C mg
Néctar de Maracuyá	1 en 4	0.24	2.47	1.00	3.60	0.06	0.33	0.026	0.45	4.16
Néctar de Maracuyá	1 en 5	0.20	2.06	0.83	3.00	0.05	0.27	0.022	0.37	3.47
Naranjada	1 en 1	0.25	4.10	15.50	4.05	0.10	--	0.025	0.07	21.00
Limonada	1 en 9	0.05	0.97	1.80	1.40	0.05	--	0.003	0.01	3.60
Leche de Vaca	--	3.10	4.80	106.00	94.00	--	--	0.200	0.12	0.50

ANEXO N° 5

ANALISIS DE NUTRIMENTOS EN BEBIDAS PREPARADAS				
	Leche	Maracuyá	Naranjada	Limonada
Calcio	Muy rica	---	Ligeramente rica	Ligeramente rica
Fósforo	muy rica	Ligeramente rica	--	--
Vitamina A	--	Muy rica	--	--
Vitamina B ₂	Muy rica	--	--	--
Vitamina B ₅	--	Muy rica	--	--
Vitamina C	--	Ligeramente rica	Muy rica	Ligeramente rica
Hierro	--	--	Ligeramente rica	--
Hidratos de Carb.	Ligeramente rica	Ligeramente rica	Ligeramente rica	--
Proteínas	Ligeramente rica	--	--	--

ANEXO N° 6

FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICION Y CALIDAD EN ACEITES COMESTIBLES					
Semilla Oleaginosa	Densidad Relativa	Acidez (% Acido Oleico)		Indice de Saponificación	Indice de Iodo
		Crudo	Refinado		
Girasol	0.918 - 0.923	4	0.6	188 - 194	110 - 143
Maíz	0.917 - 0.925	4	0.6	187 - 195	103 - 128
Colza	0.910 - 0.920	4	0.6	168 - 181	94 - 120
Soya	0.919 - 0.925	-	0.6	188 - 195	120 - 143
Algodón	0.918 - 0.9260	-	0.6	189 - 198	99 - 119
Sesamo	0.915 - 0.923	4	0.6	187 - 195	104 - 120
Cártamo	0.922 - 0.927	-	0.6	186 - 198	135 - 150

Fuente: "Normas Alimentarias" Programa Conjunto FAO/OMS; 1969

ANEXO N° 7

EXTRACCION POR PRENSADO			
Muestra N°2: 200 grs			
P = 80 kg/cm ²			
Tiempo (min)	Rendim. Aceite (ml)	Aceite (% en Peso)	Velocidad (ml/min)
5	20	9.1	4
10	26	11.8	2.6
15	30	13.6	2
20	32	14.5	1.6
25	32.5	14.8	1.3
30	33.5	15.2	1.1

ANEXO N° 8

EXTRACCION POR PENSADO			
Muestra N°3: 200 grs.			
P = 80-90 kg/cm ²			
Tiempo (min)	Rendim. Aceite (ml)	Aceite (% en peso)	Velocidad (ml/min)
5	24	10.9	4.8
10	29	13.2	2.9
15	33	15.9	2.2
20	35.6	16.2	1.8
25	37.6	17.1	1.5
30	38	17.3	1.3

ANEXO N° 9

SELECCION DEL SOLVENTE						
Solvente	Semilla (gr)	Balón Vacío (gr)	Balón con Aceite Húmedo (gr)	Balón con Aceite(gr)	Aceite (gr)	%
Alcohol Etílico	9.8603	108.05	110.62	109.1526	1.1026	11.18
Alcohol Isopropílico	13.2221	90.13	93.71	92.8132	2.6858	20.31
Eter Etílico	11.8117	108.05	112.60	110.9863	2.9363	24.86
Eter de Petróleo	16.6732	108.03	112.61	112.3247	4.2961	25.76
Hexano	7.7233	97.46	99.96	99.4198	1.9509	25.26

ANEXO N° 10

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Detalle	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Agua (gr)	% de Agua
Pepa Entera	9.6402	8.7997	0.8405	9.55
Pepa Entera	5.3253	4.8500	0.4753	9.80
Semilla Partida	4.8641	4.6501	0.2139	4.60
Semilla Partida	3.3608	3.1856	0.1751	5.49
Semilla Partida	3.1218	3.8720	0.2498	8.69

ANEXO N° 11

C O N T E N I D O D E G R A S A					
Peso de Semilla (gr)	Peso del Balón (gr)	B. Ac. Húmedo (gr)	Balón con Aceite (gr)	Aceite (gr)	Aceite (%)
10.0165	89.9929	93.2670	92.4944	2.5015	24.97
10.2319	43.4614	96.7874	96.0055	2.5441	24.86
5.2950	48.3852	100.0622	99.7579	1.3727	25.92
5.3498	108.0162	109.7279	109.3692	1.3530	25.29

ANEXO N° 12

INDICE DE ACIDEZ (Expresado en Porcentaje de Acido Oleico)		
Peso Muestra (grs)	Volumen de KOH (ml)	Acido Oleico %
2.5	1.6	1.8
1.19	0.8	1.9
5.64	5.0	2.5
3.5	3.6	2.9
6.01	8.1	3.8
10.46	14.1	3.8
8.57	15.5	5.1
15.51	28.6	5.2

$$\% \text{ Ac. Oleico} = \frac{G \times 0.282}{W} \times 100$$

G : Gasto en la Titulación KOH (ml)

W : Peso de la Muestra (grs)

$$\% \text{ Ac. Oleico} = \frac{1.6 \times 2.82}{2.5}$$

$$\% \text{ Ac. Oleico} = 1.8\%$$

ANEXO N° 13

INDICE DE IODO		
Peso de Muestra (gr)	Tiosulfato de Na (ml)	I.I.
0.2130	25.2	122.9
0.2236	24.1	123.0
0.2309	23.4	123.0
0.2191	24.5	123.2
0.2299	23.4	123.5
0.2249	23.8	124.0

$$I.I. = \frac{(B-G) \times f \times 12.69 \times N}{W}$$

B : Gasto de Tiosulfato para el Blanco(ml)

G : Gasto en la Titulación (ml)

f : Factor (1.00806)

N : Normalidad de Tiosulfato de Na(0.1)

$$I.I. = \frac{(45.6 - 25.2) \times 1.00806 \times 12.69 \times 0.1}{0.2130}$$

$$I.I. = 122.5$$

ANEXO N° 14

INDICE DE PEROXIDO		
Peso Muestra (grs)	Tiosulfato de Na (ml)	I.P.
0.3921	0.2	5.1
0.2857	0.15	5.25
0.1886	0.1	5.30
0.4746	0.3	6.32
0.5797	0.4	6.90
0.3246	0.25	7.7

$$I.P. = \frac{G \times N \times 1000}{W}$$

G : Gasto en la Titulación (ml)

N : Normalidad de la solución de Tiosulfato

W : Peso de la Muestra (grs)

$$I.P. = \frac{0.2 \times 0.01 \times 1000}{0.3921}$$

$$I.P. = 5.1$$

ANEXO N° 15

INDICE DE SAPONIFICACION		
Peso de Muestra (gr)	Acido Clorhídrico (ml)	I. de Saponific.
2.4231	8.4	191
2.4271	8.2	193
2.4188	8.3	192.5
2.4261	8.38	191
2.4178	8.35	192

$$I. Sap. = \frac{(B - G) \times 28.05}{W}$$

B : Gasto de Acido Clorhídrico para el blanco (ml)

G : Gasto en la Titulación (ml)

W : Peso de la Muestra (Gr)

$$I. Sap. = \frac{(24.9 - 8.4) \times 28.05}{2.4231} = 191$$

$$I. Sap. = 191$$

ANEXO N° 16

SOLUCIONES DE NaOH (Grados Beaumé)		
% A.G.L.	Prensa Hidráulica	Expeller
1.5 ó Menos	12° - 14°	16° - 20°
1.6 a 3.0	12 - 16	16 - 20
3.1 - 4.0	14 - 18	16 - 20
4.1 - 5.0	16 - 20	16 - 20
5.1 - 7.5	18 - 22	20 - 26
7.6 -10.5	20 - 24	20 - 26
10.1 -15.0	20 - 26	20 - 30
Sobre 15.0	22 - 28	20 - 30

Fuente: Manuel Yábar Dávila.

ANEXO N° 17

INDICES DE COSTO PARA CONSTRUCCION ENGINEERING NEWS RECORD(ENR)			
Año	Indice Promedio Anual	Año	Indice Promedio Anual
1967	100	1977	240
1968	108	1978	259
1969	119	1979	279
1970	129	1980	307
1971	148	(&)1981	335
1972	164	(&)1982	365
1973	177	(&)1983	395
1974	183	(&)1984	425
1975	206	(&)1985	460
1976	223	(&)1986	495

Fuente: Chemical Engineering 1981

(&) = Pronóstico

ANEXO N° 18

RECIPIENTE STANDARD DE ACERO ENCHAQUETADO COSTO DE COMPRA 1980 (Incluyendo Motor, Engranaje, Impulsor y eje)		
Capacidad de Trabajo (M - Galones)	Potencia (HP)	Costo \$ M
0.50	5	30
0.75	7.5	36
1.0	10	40
1.5	10	47
2.0	15	51
3.0	20	66
4.0	25	73
5.0	30	108
6.0	40	132
8.0	50	157
10.0	60	204
12.5	75	230
15.0	100	260
24.0	150	390

Fuente: Chemical Engineering 1981