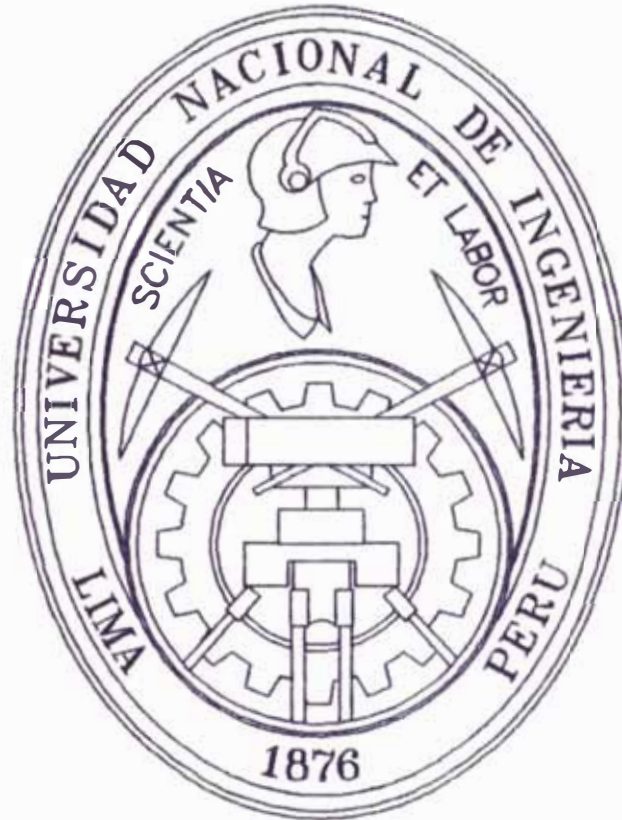


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA**



**'ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA  
INSTALACION DE UNA PLANTA DE  
EXTRACCION DE ACEITE DE MAIZ'**

**Autores:**

*Minaya Cerda, Nemesio*

*Aldunate Ccopa, Luis*

**ENERO, 1996**

# **INDICE**

## **I. INTRODUCCION**

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. EL MAIZ**

2.1.1. DESCRIPCION BOTANICA

2.1.2. COMPOSICION QUIMICA

2.1.3. VARIETADES DE MAIZ

2.1.4. ZONAS DE PRODUCCION

2.1.5. INFORMACION HISTORICA DE LA  
PRODUCCION

2.1.6. PROYECCIONES DE PRODUCCION

### **2.2. EL ACEITE DE MAIZ**

2.2.1. USOS

2.2.2. COMPOSICION QUIMICA

## **III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. ESTUDIO EXPERIMENTAL**

3.1.1. TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

3.1.1.1. TRATAMIENTO DEL GRANO

3.1.1.2. DESGERMINACION

3.1.1.3. SECADO

- 3.1.2. PROCESO DE EXTRACCION
  - 3.1.2.1. EXTRACCION MECANICA
  - 3.1.2.2. EXTRACCION SOLIDO-LIQUIDO
- 3.1.3. REFINACION
  - 3.1.3.1. DESGOMADO
  - 3.1.3.2. DEODORIZADO
- 3.2.- DISEÑO DE PLANTA
  - 3.2.1. PROCEDIMIENTO SELECCIONADO A NIVEL COMERCIAL
  - 3.2.2. TAMAÑO DE LA PLANTA
  - 3.2.3. LOCALIZACION DE PLANTA
  - 3.2.4. DISEÑO Y/O SELECCION DE EQUIPOS
  - 3.2.5. REQUERIMIENTO DE SERVICIOS
  - 3.2.6. BALANCE DE MASA
  - 3.2.7. FLOW-SHEET INSTRUMENTADO
  - 3.2.8. DISPOSICION DE PLANTA
  - 3.2.9. NORMAS DE CALIDAD

#### IV. ESTUDIO ECONOMICO

- 4.1.- INVERSION DE CAPITAL FIJO
  - 4.1.1. COSTO ACTUAL DE LOS EQUIPOS
  - 4.1.2. COSTO TOTAL DE LOS COMPONENTES DE LA INVERSION FIJA
- 4.2.- EVALUACION DEL PROYECTO
  - 4.2.1. EVALUACION ECONOMICA
  - 4.2.2. EVALUACION FINANCIERA

## V. CONCLUSIONES

## VI. DISCUSION

## VII. ANEXO

### 7.1. PROPIEDADES DEL HEXANO

### 7.2. PROPIEDADES DEL DOWTHERM A

### 7.3. ANALISIS DE CONTROL DE CALIDAD DEL ACEITE

7.3.1. INDICE DE SAPONIFICACION

7.3.2. INDICE DE ACIDEZ

7.3.3. INDICE DE IODO

## VIII.- BIBLIOGRAFIA

## **I. INTRODUCCION**

En la actualidad los países desarrollados del mundo implementan una serie de programas dirigidos subsidiar la actividad agrícola y agroindustrial como un mecanismo que baje los costos de producción y obtener una rentabilidad que permita mantener los estándares altos de vida de sus agriculturas derivando los excedentes de su producción a otros países a precios competitivos, situación contraria se da en el Perú como en otros países en vías de desarrollo y que va en detrimento del sector agrícola, ya que por situaciones coyunturales del contexto mundial abren sus economías al mercado mundial desprotegiendo un sector clave de nuestra sociedad por sus implicancias económicas, sociales y políticas cual es el de agricultura.

Ante tal situación el presente trabajo tiene por finalidad mostrar la posibilidad de establecer en el país una planta de extracción de aceite de maíz. Que utilizará como materia prima, el germen de maíz que constituye una parte del total a industrializar del grano. La misma que usará un ingente recurso natural, el maíz. Como es de

nuestro conocimiento en el país muchas de nuestras zonas deprimidas son productoras de este cereal y ante la falta de programas encaminados a desarrollar proyectos agroindustriales que demanden por parte del sector industrial productos agrícolas como el maíz grandes cantidades de éstas se deterioran causando con ello bajas en el precio trayendo como secuela el deterioro del nivel social y económico de la población de un amplio sector del país, por lo que una planta de este tipo que use la materia prima nacional generará un efecto directo reactivador en el sector agrícola y de servicios el mismo que deberá manifestarse en la economía del país.

Los objetivos determinados en el presente trabajo y que se deben alcanzar son :

- Conocimiento de la materia Prima
- Conocimiento de la naturaleza físico-química del aceite de maíz.
- Suministro de materia prima y demanda del aceite
- Desarrollo del proceso de extracción a nivel del laboratorio
- Diseño de la Planta industrial y su evaluación económica

Alcanzar estos objetivos tienen por finalidad además realizar los estudios finales de factibilidad para la instalación de la planta.

Es preciso mencionar que para lograr los objetivos señalados es identificar los problemas sobre el cual volcaremos nuestro análisis técnico - experimental.

## II.- REVISION DE LITERATURA

### 2.1.- EL MAIZ

#### 2.1.1.- Descripción botánica

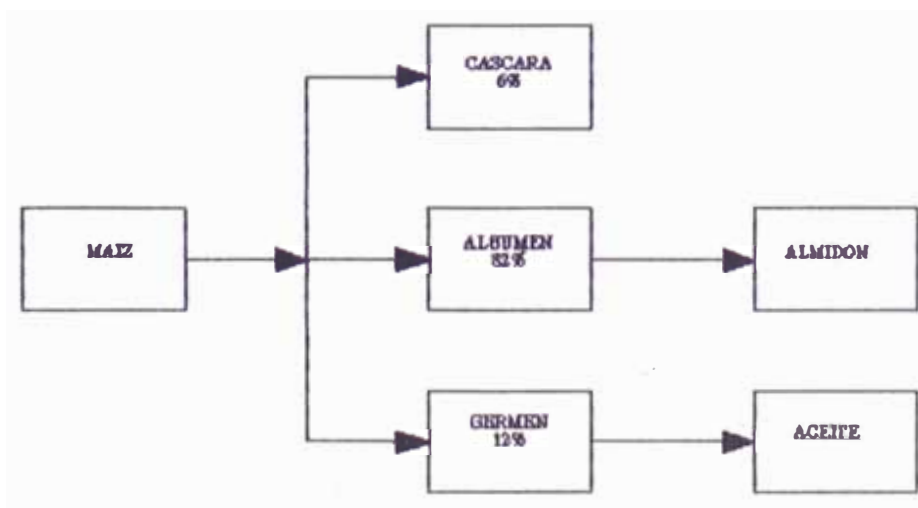
El maíz es un cereal de grano grande, este grano o semilla como el de muchos cereales esta formado por tres partes principales que son de la parte externa a la interna :

- a.) Cubierta exterior o cáscara.- Es una cubierta protectora en forma de cutícula delgada, dura y fibrosa que protege el grano, esta envoltura comprende a su vez:
- Pericarpio o envoltura propiamente dicha.
  - Cofia, que viene a ser un pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege el embrión, esta envoltura representa en promedio el 6% del peso total del grano.



- b.) Endosperma, llamada también albumen.- Es la parte feculosa y gelatinosa del grano que rodea el germen, tiene en su superficie una capa llamada aleuroma, de fino espesor, difícil de distinguir a simple vista, muy rica en proteínas y grasas. El endosperma forma la mayor parte del grano considerándose que representa aproximadamente el 80 a 85% del peso total de este.
- c.) Germen o Embrión.- Situado en la parte más baja del grano, es el asiento de la futura planta y resulta inusitadamente grande para un cereal, es rico en aceite en un 34.5%, proteínas y minerales. Representa de 9.5 a 12% del peso total del grano.

#### **PARTES PRINCIPALES DEL MAIZ Y SU INDUSTRIALIZACION**



### 2.1.2.- Composición química del maíz

El maíz, como los demás cereales es rico en almidón y relativamente pobre en celulosa.

El maíz se usa primordialmente como fuente de calorías y ante el elevado consumo que tienen por parte de los seres humanos y de animales, sus proteínas forman parte del contenido de proteínas en la alimentación, aun siendo el maíz pobre en proteínas estas no son equilibradas en su constitución debido a que la zeína ( proteína principal ) solo contiene cantidades ínfimas de los aminoácidos esenciales. Con excepción de la avena, el maíz es el cereal mas rico en grasa, es pobre en calcio y relativamente rico en fósforo, contiene pequeñas cantidades de vitamina D, aceptables proporciones de vitamina A, en el caso de maíces amarillos vitamina B y E, y en poca cantidad vitamina C.

El grano de maíz tiene una composición sencilla considerándose que en promedio cuatro quintas partes del mismo están constituidos por almidón y otros carbohidratos, la quinta restante esta constituida por proteínas, celulosa y elementos minerales. Se estima que en promedio una tonelada de maíz

proporciona 30 Kg de aceite, 260 Kg de sustancias alimenticias básicas y 550 Kg de almidón.

#### a .- Composición del grano

La composición aproximada del grano se refiere los diferentes constituyentes orgánicos y cenizas los mismos que se indican en el cuadro N° 1.

CUADRO N° 1

COMPOSICIÓN DEL GRANO  
(85% de materia seca)

|                    | MUESTRAS |       |       |       | PROMEDIO |
|--------------------|----------|-------|-------|-------|----------|
|                    | 1        | 2     | 3     | 4     |          |
| Proteína cruda (%) | 8.34     | 9.29  | 8.66  | 9.08  | 8.84     |
| Grasa (%)          | 3.46     | 3.91  | 3.89  | 3.86  | 3.78     |
| Fibra Cruda (%)    | 1.85     | 2.03  | 1.99  | 2.07  | 1.98     |
| Extracto Libre (%) | 69.79    | 68.35 | 69.22 | 68.71 | 69.02    |
| Cenizas (%)        | 1.56     | 1.37  | 1.23  | 1.27  | 1.35     |
| Energía (cal/gr)   |          | 3.81  | 3.86  |       | 3.83     |

Fuente referencia bibliográfica # 13

#### b.- Proteínas y Aminoácidos

El maíz contiene tres (03) tipos de proteínas:

- Proloina, soluble en alcohol
- Globulina, soluble en solución de sal neutra

- Glutemina, la zeina aporta casi la mitad de las proteínas totales del grano y aproximadamente la mitad de los contenidos en el endosperma.

El contenido de aminoácidos en las diferentes partes del grano se muestran en el cuadro N°2, FAO (1980)

CUADRO N° 2  
PORCENTAJE APROXIMADO DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN LAS  
PROTEÍNAS DEL MAÍZ

| AMINOACIDOS<br>EN gr | MAÍZ<br>ENTERO | GERMEN | GLUTEN<br>DE MAÍZ | ZEINA |
|----------------------|----------------|--------|-------------------|-------|
| ARGININA             | 4.8            | 8.1    | 3.1               | 1.8   |
| HISTIDINA            | 2.5            | 3.0    | 2.1               | 1.7   |
| LISINA               | 2.3            | 5.8    | 1.5               | 0.0   |
| TRIPTOFONO           | 0.6            | 1.3    | 0.6               | 0.1   |
| FENILAMINA           | 5.0            | 5.0    | 6.6               | 6.4   |
| METIONINA            | 3.1            | 1.6    | 2.5               | 2.3   |
| TREOTINA             | 3.7            | 4.4    | 4.0               | 3.0   |
| LEUCINA              | 15.0           | 7.1    | 16.0              | 23.7  |
| ISOLEUCINA           | 6.4            | 4.2    | 5.1               | 7.3   |
| VALINA               | 5.3            | 5.3    | 5.7               | 3.0   |

**c.- Sustancias Minerales**

Una composición aproximada del grano en lo que se refiere a sales minerales se muestra en el cuadro N° 3.

**d.- Vitaminas**

En el maíz, las vitaminas están localizadas mayormente en el embrión y en la capa exterior del endosperma.

En el siguiente cuadro se indica los valores medios de las diferentes vitaminas contenidas en el grano de maíz, FAO (1980).

## CUADRO N° 3

COMPOSICIÓN MINERAL DEL MAÍZ  
( Partes por millón )

| ELEMENTO | p.p.m.      |
|----------|-------------|
| Na       | 1040 - 1250 |
| K        | 2200 - 9200 |
| Cu       | 4 - 17      |
| Ca       | 60 - 1800   |
| Ba       | 9           |
| Zn       | 20 - 34     |
| B        | 1           |
| Al       | 130 - 360   |
| Si       | 110 - 210   |
| Ti       | 1.4         |
| P        | 2300 - 8000 |
| As       | 0.03 - 0.36 |
| S        | 400 - 3000  |
| Se       | 0.1 - 30    |
| F        | 1 - 2       |
| Cl       | 40 - 4600   |
| Br       | 1.7         |
| I        | 0 - 2.8     |
| Mn       | 4 - 500     |
| Fe       | 12500       |
| Co       | 0.01 - 0.10 |
| N        | 0.14        |

## CUADRO N° 4

CONTENIDO DE VITAMINAS EN EL GRANO DE MAÍZ  
( 85% MATERIA SECA )

|                             | VALOR PROMEDIO |
|-----------------------------|----------------|
| CAROTENO mg/lb              | 1800.00        |
| VITAMINA A U.T./lb          | 1990.00        |
| TIAMINA ,mg/lb              | 1.860          |
| NIACINA ,mg/lb              | 8.670          |
| RIBOFLUINA ,mg/lb           | 0.560          |
| ACIDO PANTOTENICO , mg/lb   | 2.960          |
| ACIDO FOLICO ,mg/lb         | 0.040          |
| ALPHA TOCOPHEROL ( Vit. E ) | 11.210         |

**2.1.3.- Variedades de maíz**  
**(Información obtenida de Referencia**  
**Bibliográfica # 13)**

Existen diferentes tipos de maíz dentro de los maíces amiláceos, semi-duros y duros siendo su contenido de aceite en cada uno de ellos diferente uno de otros , este contenido de aceite expresado en porcentaje se detalla en el cuadro N° 5.

CUADRO N° 5  
 VARIEDADES DE MAIZ

| <u>AMILACEOS</u> | <u>% ACEITE</u> |
|------------------|-----------------|
| MOCHERO          | 4.64            |
| ALAZAN           | 4.83            |
| CHANCHAMAYO      | 4.92            |
| PARDO            | 5.19            |
| CHAPARREÑO       | 4.16            |
| AREQUIPEÑO       | 4.21            |
| ANCASHINO        | 3.51            |
| GRANADA          | 4.28            |
| HUACHANO         | 4.30            |
| JORA             | 5.16            |
| MARAFÓN          | 5.58            |
| CHUNCO           | 4.92            |
|                  | 5.08            |
| SABANERO         | 3.80            |
| KCULLY           | 3.00            |
| SHAJATU          | 5.35            |
| PARO             | 3.67            |
| PISCORUNTO       | 5.32            |
| MOROCHO          | 5.81            |
| CUZCO GIGANTE    | 4.50            |
| PIRICINO         | 5.14            |
| CORUCA           | 3.72            |
| CHULLPI          | 7.05            |



| SEMI-DUROS               | % ACEITE |
|--------------------------|----------|
| MOROCHO                  | 5.78     |
| UCHUQUILLA               | 5.48     |
| PUNENO CONF.             | 5.37     |
| FAGALADROGA              | 4.31     |
| CIRCO AMARILLO           | 4.29     |
| RABO DE ZORRO            | 4.13     |
| ALEMAN                   | 3.73     |
| CHINLOS                  | 3.97     |
|                          |          |
| DUROS                    | % ACEITE |
| PUNTEAGUDO               | 5.95     |
| ARIZONA                  | 5.62     |
| RIENDA                   | 4.83     |
| PERLA                    | 5.33     |
| ENANO                    | 4.00     |
| P3XP4 CRUZA SIMPLE       | 5.35     |
| C10XC7 CRUZA SIMPLE      | 3.81     |
| C9XF1 CRUZA SIMPLE       | 5.20     |
| C1XC4 CRUZA SIMPLE       | 4.36     |
| P2XP5 CRUZA SIMPLE       | 6.30     |
|                          |          |
| PM - 201 B HIBRIDO DOBLE | 5.33     |
| PM - 203 HIBRIDO DOBLE   | 4.83     |
| PM - 204 HIBRIDO DOBLE   | 4.36     |
| PM - 211 HIBRIDO DOBLE   | 4.64     |

2.1.4.- Zonas de producción y avance de la superficie de cultivo de maíz amiláceo y maíz amarillo duro según la unidad agraria departamental campaña agrícola: 1991-92/1990-91 agosto diciembre (hectáreas)

| U. A. D.    | CAMPAÑA | MAIZ AMILACEO | MAIZ AMARILLO DURO |
|-------------|---------|---------------|--------------------|
| TUMBES      | 91 - 92 | 0             | 70                 |
|             | 90 - 91 | 0             | 46                 |
| PIURA       | 91 - 92 | 640           | 2688               |
|             | 90 - 91 | 2825          | 1638               |
| LAMBAYEQUE  | 91 - 92 | 176           | 1710               |
|             | 90 - 91 | 373           | 3268               |
| LA LIBERTAD | 91 - 92 | 2182          | 465                |
|             | 90 - 91 | 4188          | 1422               |
| ANCASH      | 91 - 92 | 11954         | 1431               |
|             | 90 - 91 | 16548         | 3457               |
| LIMA        | 91 - 92 | 1155          | 4250               |
|             | 90 - 91 | 1701          | 10197              |
| ICA         | 91 - 92 | 113           | 1860               |
|             | 90 - 91 | 177           | 1762               |
| AREQUIPA    | 91 - 92 | 3419          | 146                |
|             | 90 -    | 3455          | 102                |
| MOQUEGUA    | 91 - 92 | 286           | 12                 |
|             | 90 - 91 | 355           | 24                 |
|             | 91 - 92 | 1058          | 225                |
|             | 90 - 91 | 1052          | 232                |
| CAJAMARCA   | 91 - 92 | 27218         | 4680               |
|             | 90 - 91 | 45387         | 7828               |
| AMAZONAS    | 91 - 92 | 8693          | 1969               |
|             | 90 - 91 | 12227         | 2071               |
| SAN MARTIN  | 91 - 92 | 0             | 10615              |
|             | 90 - 91 | 0             | 19542              |

| U. A. D.      | CAMPANA | MAIZ AMILACEO | MAIZ AMARILLO DURO |
|---------------|---------|---------------|--------------------|
| HUANUCO       | 91 - 92 | 5820          | 649                |
|               | 90 - 91 | 5233          | 593                |
| PASCO         | 91 - 92 | 1396          | 248                |
|               | 90 - 91 | 1498          | 1620               |
| JUNIN         | 91 - 92 | 11911         | 1888               |
|               | 90 - 91 | 16710         | 2456               |
| HUANCAVELICA  | 91 - 92 | 10900         | 0                  |
|               | 90 - 91 | 10700         | 0                  |
| AYACUCHO      | 91 - 92 | 11639         | 488                |
|               | 90 - 91 | 14910         | 667                |
| APURIMAC      | 91 - 92 | 24739         | 345                |
|               | 90 - 91 | 26605         | 454                |
| CUSCO         | 91 - 92 | 13910         | 4722               |
|               | 90 - 91 | 16817         | 4503               |
| PUNO          | 91 - 92 | 1835          | 2220               |
|               | 90 - 91 | 1752          | 2180               |
| LORETO        | 91 - 92 | 0             | 3849               |
|               | 90 - 91 | 0             | 11600              |
| UCAYALI       | 91 - 92 | 0             | 2926               |
|               | 90 - 91 | 0             | 3042               |
| MADRE DE DIOS | 91 - 92 | 0             | 2081               |
|               | 90 - 91 | 0             | 1620               |

#### 2.1.5.- INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN

La información histórica de la producción de maíz se presenta en el siguiente cuadro, cabe resaltar que la información presentada ha sido tomada del libro Perú en Números - 1991, para el sector Agrario, los mismos que se indican en el cuadro N° 7.

CUADRO N° 7  
 PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL PERÚ AÑOS 1981 - 1990  
 ( MILES TM )

| AÑO  | MAIZ     |      | CONSUMO APARENTE | CONSUMO ESTIMADO | INDICE ESTACIONAL |
|------|----------|------|------------------|------------------|-------------------|
|      | AMILACEO | DURO |                  |                  |                   |
| 1981 | 194      | 391  | 585              | 619.0            | 0.945             |
| 1982 | 233      | 398  | 631              | 650.6            | 0.970             |
| 1983 | 173      | 412  | 585              | 682.1            | 0.858             |
| 1994 | 205      | 571  | 776              | 713.7            | 1.087             |
| 1985 | 212      | 490  | 702              | 745.2            | 0.942             |
| 1986 | 232      | 645  | 817              | 776.8            | 1.129             |
| 1987 | 211      | 699  | 910              | 808.3            | 1.126             |
| 1988 | 263      | 645  | 908              | 839.9            | 1.081             |
| 1989 | 231      | 783  | 1014             | 871.4            | 1.164             |
| 1990 | 151      | 471  | 622              | 903.0            | 0.689             |

Índice General promedio : 1.038

#### 2.1.6.- PROYECCIONES DE LA PRODUCCIÓN

Las proyecciones de la producción para los siguientes años se obtendrán luego de efectuar una regresión lineal a los datos presentados en el cuadro del punto anterior ( producción de maíz en el Perú años 1981 - 1990 )

Para tal efecto :

$$\Sigma x = 55$$

$$\Sigma y = 7610$$

$$\Sigma x y = 44458$$

$$\Sigma x^2 \quad 385$$

$$\Sigma y^2 = 6014364$$

La ecuación de la recta de consumo estimado será :

$$y = 587.788 + 31.552 x$$

Ajustando esta recta con el Índice Promedio Estacional se tiene la ecuación de la recta para la demanda proyectada

$$y = 609.788 + 32.751 x$$

Por lo tanto la proyección de producción para los años siguientes será tal como se muestra en el cuadro N° 8 y 9 :

CUADRO N° 8

| AÑO  | CONSUMO APARENTE (TM) |
|------|-----------------------|
| 1991 | 970.0                 |
| 1992 | 1002.8                |
| 1993 | 1035.6                |

consumo industrial 45% de la producción

## CUADRO N° 9

## PROYECCIÓN DE PRODUCCION DE MAÍZ AÑOS 1994 HASTA 2015

## CONSUMO INDUSTRIAL 45%

| MAIZ<br>TONELADA | AÑO  | HORIZONTE | ACEITE(TM) |                         |
|------------------|------|-----------|------------|-------------------------|
| 480736           | 1994 | 0         | 12499      |                         |
| 495474           | 1995 | 1         | 12882      |                         |
| 510212           | 1996 | 2         | 13266      | (*)inicio de producción |
| 524950           | 1997 | 3         | 13649      |                         |
| 539688           | 1998 | 4         | 14032      |                         |
| 554426           | 1999 | 5         | 14415      |                         |
| 569164           | 2001 | 6         | 14798      |                         |
| 583902           | 2002 | 7         | 15181      |                         |
| 598640           | 2003 | 8         | 15565      |                         |
| 613377           | 2004 | 9         | 15948      |                         |
| 628115           | 2005 | 10        | 16331      |                         |
| 642853           | 2006 | 11        | 16714      |                         |
| 657591           | 2007 | 12        | 17097      |                         |
| 672329           | 2008 | 13        | 17481      |                         |
| 687027           | 2009 | 14        | 17863      |                         |
| 701805           | 2010 | 15        | 18247      | (*)final técnico        |
| 716543           | 2011 | 16        | 18630      |                         |
| 731281           | 2012 | 17        | 19013      |                         |
| 746019           | 2013 | 18        | 19396      |                         |
| 760757           | 2014 | 19        | 19780      |                         |
| 775495           | 2015 | 20        | 20163      |                         |

## 2.2.-EL ACEITE DE MAIZ

El aceite de maíz es un aceite vegetal cuyo ácido graso presente en mayor cantidad es el linoleico el cual es poliinsaturado, el aceite de maíz tiene un bajísimo contenido de materia insaponificable siendo un aceite comestible que ofrece la ventaja de una alta calidad.

### **2.2.1.-Usos del aceite de maíz**

El uso que tiene el aceite de maíz es amplio, continuación se describe las distintas aplicaciones de este aceite.

**Aceite para cocina y ensaladas .-** En la preparación de algunos alimentos es importante que el producto usado sea líquido o sólido (grasa). Por ejemplo en la preparación de ensaladas el objeto es recubrir los ingredientes con una capa de grasa por esta razón debe usarse un aceite líquido, el aceite de maíz en los EE.UU. se comercializa mayormente como aceite para ensalada.

Casi todo el aceite de maíz se manufactura como aceite para ensaladas o para cocina, el enorme uso de este aceite para estos fines se debe al hecho de que no requiere INVERNACION (enfriar para separar glicéridos de alto punto de fusión).

**Aceite para mayonesa .-** La mayonesa es una emulsión semi-sólida de aceite vegetal comestible, yema de huevo, jugo limón, vinagre

y otros aditivos (sal y compuestos sazonantes). La emulsión depende de la relación fase acuosa y oleosa y es difícil producir mayonesa con un cuerpo suficientemente firme con un contenido de aceite de maíz inferior al 70 - 80 % . Los fabricantes de mayonesas prefieren el aceite de maíz por su bajo contenido de ácidos grasos libres ( no más de 0.03 % ) y que este completamente neutro.

**Grasas plásticas para repostería.**- Las grasas plásticas para repostería que se fabrican se pueden dividir en dos (2) clases: las del tipo compuesto o mezclados y los del tipo totalmente hidrogenados, hoy la práctica general para obtener grasas plásticas es mezclar aceites altamente hidrogenados con otros ligeramente hidrogenados. El aceite de maíz es un ingrediente adecuado para la preparación de grasas del tipo compuesto, sin previa hidrogenación.

**Pinturas barnices y productos afines.**- Los aceites secantes tienen gran valor como materiales para los recubrimientos protectores, por su capacidad para polimerizarse o "secarse" después de aplicadas formando películas



sólidas, adhesivas, impermeables y resistentes a la abrasión. Su propiedad de formar películas esta íntimamente relacionada con su grado de insaturación debido a sus enlaces dobles, en donde tiene lugar la polimerización; últimamente hay resinas sintéticas de fuertes propiedades polimerizantes que sustituyen a las resinas naturales, esto ha hecho que se usen más cantidades de aceites cuya función va a ser la de un plastificante más la de un secante activo.

El aceite de maíz es un aceite semi-secante se consume en la industria de pinturas en cantidad es crecientes, en la fabricación de productos mixtos con resinas alquídicas y otros recubrimientos sintéticos, en los que juega el papel de plastificante más que el de secante.

**Plastificante.-** Cuando un producto graso en este caso aceite de maíz se añade a un compuesto el efecto plastificante puede considerarse también como de acción lubricante, por lo que como plastificante graso se emplea en productos muy diversos, entre los cuales podemos citar el caucho, nitrocelulosa y muchos plásticos sintéticos.

**Cosméticos y Farmacopéa .-** Si bien es cierto los derivados del petróleo han desplazado en la formulación de cosméticos a los aceites, sin embargo estos últimos son importantes en la industria de cosméticos y farmacopéa, ya que los aceites de origen animal ó vegetal son absorbibles por la piel mas fácilmente que los aceites minerales. El aceite de maíz se emplea como vehículo de concentrados vitamínicos y otras sustancias liposolubles.

### 2.2.2.- Composición química

El aceite es uno de los constituyentes **importantes** del grano de maíz. Es un subproducto muy valioso de la industria almidonera.

La mayor parte del aceite se encuentra en el germen (80 a 85%) además la proteína que contiene el germen **es adecuada** para la alimentación del ganado comparado con el endosperma, siendo igualmente buena para la industria molinera.

El contenido del ácido graso linoleico en el aceite es casi el 50% de las grasas, siendo por tanto el aceite una buena fuente de ácido

linoleico. Un sumario del contenido de los principales ácidos grasos del aceite de maíz se encuentra en el siguiente cuadro N° 10.

**CUADRO N° 10  
CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS EN EL ACEITE DE MAÍZ (%)**

| ACIDOS GRASOS | PROMEDIOS |
|---------------|-----------|
| PALMITICO     | 9.6       |
| ESTEÁRICO     | 3.0       |
| ARAQUIDONICO  | 0.4       |
| OLEICO        | 34.2      |
| LINOLEICO     | 50.0      |
| LINOLENICO    | 0.6       |
| OTROS         | 2.2       |

Fuente Referencia Bibliográfica # 13

### **III.- MATERIALES Y METODOS**

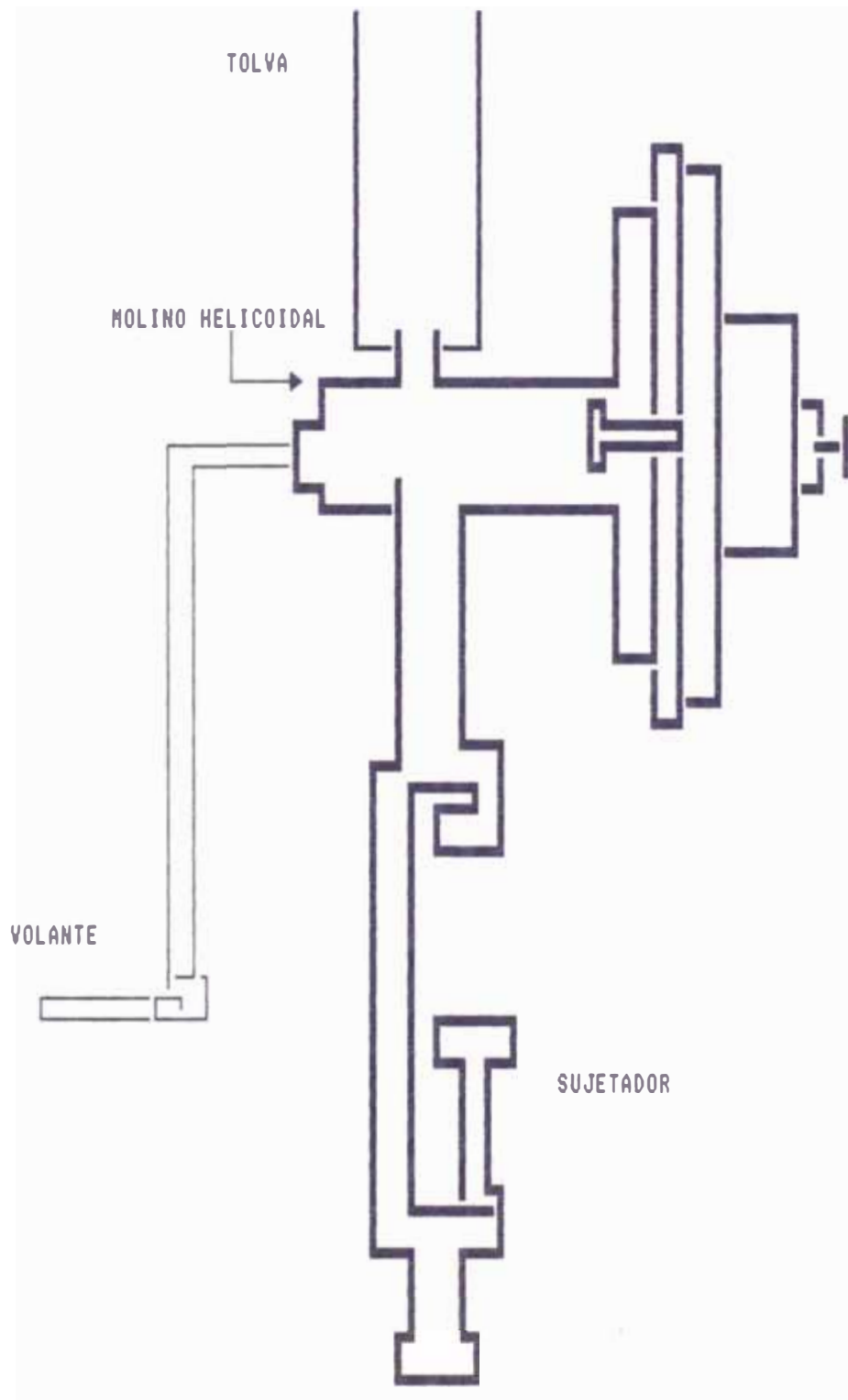
#### **3.1.- ESTUDIO EXPERIMENTAL**

##### **3.1.1.-Tratamiento de la materia prima**

##### **3.1.1.1.-Tratamiento del grano**

A efectos de poder obtener el aceite exento de las impurezas que estan presentes en el maíz provenientes de las cosechas, se ha realizado una separación mecánica de las hojas, tallos, piedras y otros restos sólidos y una vez realizado esta limpieza a los granos se le ha tratado térmicamente colocándolo en un recipiente con agua exponiéndolo al calor proveniente de una cocinilla eléctrica, hasta la temperatura de 90°C por un tiempo aproximadamente 30 minutos con la finalidad de suavizarlo para su posterior desgerminación.

FIG. No. 1  
MOLINO DE GRANOS



### 3.1.1.2.-Desgerminación

Las pruebas se hicieron en un molino de granos, que debido a su mecanismo se parece mucho al desgerminador industrial, tal como se muestra en la fig. N° 1.

Triturando en tamaños grandes el maíz se separa el germen en forma manual y las pérdidas de germen es debido a la fractura del mismo, el resultado de esta operación se muestra en el cuadro N° 11.

CUADRO N° 11

#### RESULTADOS DE LA DESGERMINACION

| PESO INICIAL (gr.) | PESO FINAL (gr.) | PORCENTAJE GERMEN |
|--------------------|------------------|-------------------|
| 500.0              | 434.0            | 13.2              |
| 450.0              | 391.5            | 13.0              |
| 600.0              | 525.0            | 12.5              |
| 800.0              | 688.0            | 14.0              |
| 1000.0             | 880.0            | 12.0              |
| 700.0              | 605.5            | 13.5              |
| 500.0              | 442.5            | 11.5              |
| 650.0              | 572.0            | 12.0              |

### **3.1.1.3.- Secado**

El germen después de ser cocinado es secado en la estufa, para facilitar la extracción en prensa, los resultados en porcentaje de humedad se dan en el cuadro N° 12.

Condiciones:

Temperatura = 100°C

Tiempo = 1 hr. 30 min.

### **3.1.2.- Proceso de extracción**

#### **3.1.2.1.- Extracción mecánica**

##### **Diseño de la matriz de extracción**

A efectos de poder usar la prensa hidráulica del laboratorio es necesario contar con una matriz, la cual va a contener el germen de maíz y sobre la cual se va a aplicar la presión de 250 Kg/cm<sup>2</sup> para extraer el aceite.

CUADRO N° 12

| PESO INICIAL (gr.) | PESO FINAL (gr.) | PORCENTAJE AGUA BASE HUMEDA | PORCENTAJE AGUA BASE SECA |
|--------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 140.0              | 103.6            | 26                          | 35.1                      |
| 160.0              | 115.2            | 28                          | 38.9                      |
| 180.0              | 135.0            | 25                          | 33.3                      |
| 130.0              | 94.9             | 27                          | 37.0                      |
| 150.0              | 111.0            | 26                          | 35.1                      |
| 170.0              | 127.5            | 25                          | 33.3                      |
| 140.0              | 100.8            | 28                          | 38.9                      |
| 180.0              | 135.0            | 25                          | 33.3                      |
| 160.0              | 121.6            | 24                          | 31.6                      |
| 150.0              | 111.0            | 26                          | 35.1                      |

Porcentaje agua base seca, promedio = 35

Pues bien, se ha procedido a diseñar la matriz teniendo presente el tipo de material a usar toda vez que se esta tratando con un producto alimenticio de tal manera que no se contamine y en lo posible no se mezcle el aceite con los sólidos, es decir tratar que no se arrastre los sólidos en el momento del prensado. A continuación se presentan los detalles del diseño :



- Base.- El material es hierro fundido y tiene un espesor de 5 mm (0.5 cm) sobre el cual reposará la matriz fig. N° 2.

- Receptor.- En su totalidad el material es de acero inoxidable 316 siendo el espesor de la base de 3 mm y el resto de 1 mm., es donde se va a recibir el aceite producto del prensado, ver fig. N° 3.

- Tolva.- En su totalidad es de acero inoxidable 316 la base es de 6 mm de espesor y el resto de 3 mm, es donde se colocará el material a prensar (germen) teniendo en la periferia de la base agujeros de 2.5 mm de diámetro por donde discurrirá el aceite, ver fig. N° 4.

- Pistón.- Es en su totalidad acero inoxidable 316 y de un espesor de 3 mm por allí se transfiere la presión de la prensa hidráulica y se la comunica al germen extrayendose el aceite de maíz ver fig. N° 5.

Prensado del Germen

#### **Equipo utilizado :**

Prensa Hidráulica : I. Wickert & Söhne

Maschinenbau, Loudou - Pfalz Deutschland

Rango : Presión de trabajo 0 - 300 Kg/cm<sup>2</sup>

Presión utilizada : 250 Kgf/cm<sup>2</sup>

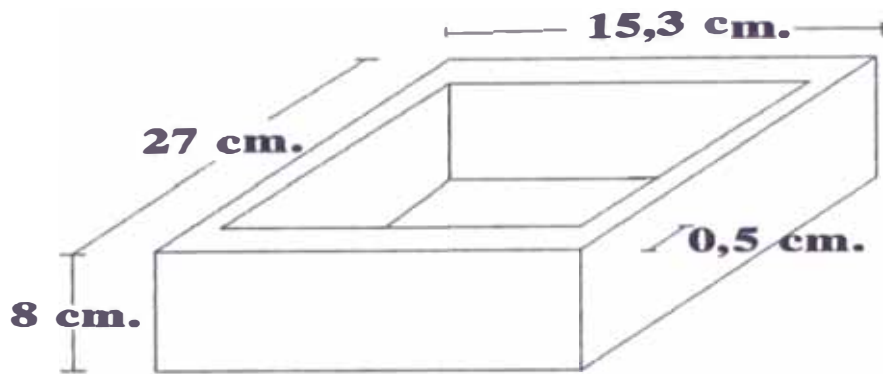
Matriz de acero inoxidable 316. Los detalles del mismo se muestran en las fig. N° 2 - 5.

Los resultados de la extracción mecánica se muestran a continuación:

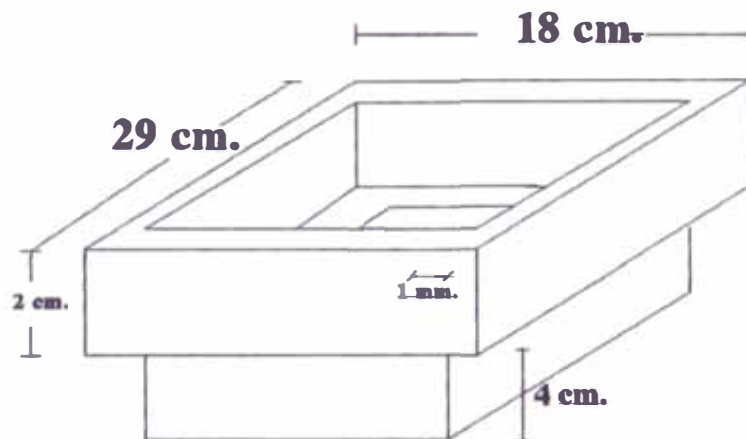
### EXTRACCION MECANICA

| PRUEBA | PESO INICIAL | PESO FINAL | ACEITE EXTRAIDO | PORCENTAJE ACEITE EXTRAIDO |
|--------|--------------|------------|-----------------|----------------------------|
| 1      | 183.0        | 136.2      | 46.9            | 25.6                       |
| 2      | 180.0        | 131.8      | 48.2            | 26.8                       |
| 3      | 175.0        | 128.6      | 46.4            | 26.5                       |
| 4      | 185.0        | 139.1      | 45.9            | 24.8                       |
| 5      | 210.0        | 157.5      | 52.5            | 25.0                       |
| 6      | 240.0        | 176.9      | 63.1            | 26.3                       |
| 7      | 160.0        | 120.6      | 33.4            | 24.6                       |
| 8      | 240.0        | 180.0      | 60.0            | 25.0                       |
| 9      | 150.0        | 111.9      | 38.1            | 25.4                       |
| 10     | 200.0        | 148.0      | 52.0            | 26.0                       |

Porcentaje de aceite extraído promedio = 25.6%



**Fig.2.- Base**



**Fig. 3.- Receptor**

### 3.1.2.2.- Extracción sólido-líquido

Determinación de la longitud de onda característica del aceite de maíz

Solvente de extracción elegido : hexano industrial

#### 1.- Obtención de la longitud de onda, características del aceite de maíz ; en el equipo : Spectronic 200

Se trabaja con hexano como la muestra que deja pasar el 100% de la luz, y con una concentración cualquiera de la mezcla aceite- hexano, para la longitud de onda se lee la transmitancia.

Siguiendo este procedimiento para diferentes longitudes de onda se obtiene el valor de la transmitancia (ver cuadro N° 13).

La longitud de onda característica es el que tiene menor transmitancia esta es 740 nanómetros, tal como se muestra en la Fig. N° 6.

2.- Obtención del gráfico **Tramitancia vs. Concentración (curva característica)**.- Con la longitud de onda característica fija y diferentes concentraciones de aceite y hexano se lee la tramitancia, teniendo los siguientes resultados del cuadro N° 14, los mismos que generan la curva de la Figura N° 7:

CUADRO N° 13

| LONGITUD DE ONDA | TRAMITANCIA |
|------------------|-------------|
| 820              | 80.0        |
| 810              | 80.0        |
| 800              | 80.8        |
| 790              | 80.0        |
| 780              | 80.2        |
| 770              | 78.2        |
| 760              | 79.2        |
| 750              | 77.4        |
| 740              | 77.0        |
| 730              | 78.0        |
| 720              | 79.2        |
| 710              | 81.4        |
| 700              | 85.2        |
| 690              | 90.8        |
| 680              | 97.4        |
| 670              | 98.6        |

CUADRO N° 14

| DE ACEITE | TRAMITANCIA |
|-----------|-------------|
| 1.329     | 96.6        |
| 2.649     | 94.2        |
| 3.960     | 92.0        |
| 5.263     | 90.2        |
| 6.557     | 88.0        |
| 7.843     | 86.4        |
| 9.121     | 85.0        |
| 10.390    | 83.6        |
| 11.650    | 82.2        |
| 12.903    | 81.0        |
| 14.148    | 80.0        |
| 15.385    | 78.6        |
| 16.613    | 77.0        |
| 17.834    | 75.6        |
| 19.048    | 74.0        |
| 20.253    | 72.4        |
| 21.451    | 71.0        |
| 22.642    | 68.8        |

#### CONSIDERACIONES GENERALES

Para facilitar el ingreso del solvente hacia las células del germen, es necesario

obtener ojuelas mediante tri rolls, el cual es un molino de rodillos en número de tres.

El solvente de extracción a temperaturas de 62° C, facilita la junta de las gotitas submicroscópicas, y las proteínas ya no son coloidales a esa temperatura más aún la viscosidad del aceite disminuye por lo que la **difusión de** la miscela en las paredes de la célula es más rápido, esto se confirma con las pruebas experimentales que se realizaron para determinar el contenido de aceite en el germen realizando estas pruebas con tratamiento o sin tratamiento térmico los resultados de estas pruebas son mostradas en los cuadros N° 15 y 16.

De las pruebas de laboratorio se puede observar que el germen sin tratamiento térmico, tiene una de eficiencia de extracción de 19%, y el germen cocido tiene una eficiencia de 35%.

Entonces se elige una extracción de germen tratado térmicamente.

#### **Extracción a nivel laboratorio**

**Equipo utilizado :** Unidad de Extracción sólido-liquido del Laboratorio **23-A** de la



Universidad Nacional de  
Ingeniería Soxhlet de  
capacidad : 0.5 lt.

Esta constituido por las siguientes partes :

- Condensador,
- Percolador,
- Balón de concentración,
- Sistema de calentamiento,

El detalle de los mismos se muestra en la  
Fig. N° 8

El procedimiento seguido es que en cada ciclo de extracción sólido - líquido (percolación) se extrae una muestra y se lleva a medir la tramitancia en el Spectronic 200, hasta que en las sucesivas extracciones (percolaciones) el valor de la tramitancia no varíe sustancialmente, en ese instante se retira el sólido (marca), se pesa obteniéndose la cantidad de aceite extraído por diferencia de pesos.

Los resultados de Extracción se muestran en el cuadro N° 17.

**A. SIN TRATAMIENTO TERMICO**

**CUADRO N° 15**

| PRUEBA N° | PESO DE GERMEN (GR) | PESO DE SOLVENTE (GR) | TIEMPO DE OPERACION (MIN) | ITANCIA | PORCENTAJE DE ACEITE EN PESO (%) | PESO DE MARCA (GR) | PESO DE SOLVENTE RECUP. (GR) | EFIC. DE CCION (%) |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| 1         | 47,00               | 105,00                | 30,00                     | 93,60   | 3,00                             | 37,60              | 103,95                       | 20,00              |
|           |                     |                       |                           | 90,60   | 5,00                             |                    |                              |                    |
|           |                     |                       |                           | 86,00   | 8,29                             |                    |                              |                    |
|           |                     |                       |                           | 85,90   | 8,10                             |                    |                              |                    |
| 2         | 43,80               | 75,00                 | 32,00                     | 93,00   | 3,40                             | 35,02              | 73,88                        | 18,00              |
|           |                     |                       |                           | 87,60   | 7,00                             |                    |                              |                    |
|           |                     |                       |                           | 84,70   | 9,60                             |                    |                              |                    |
|           |                     |                       |                           | 84,30   | 9,50                             |                    |                              |                    |

**B. CON TRATAMIENTO TERMICO**

**CUADRO N° 16**

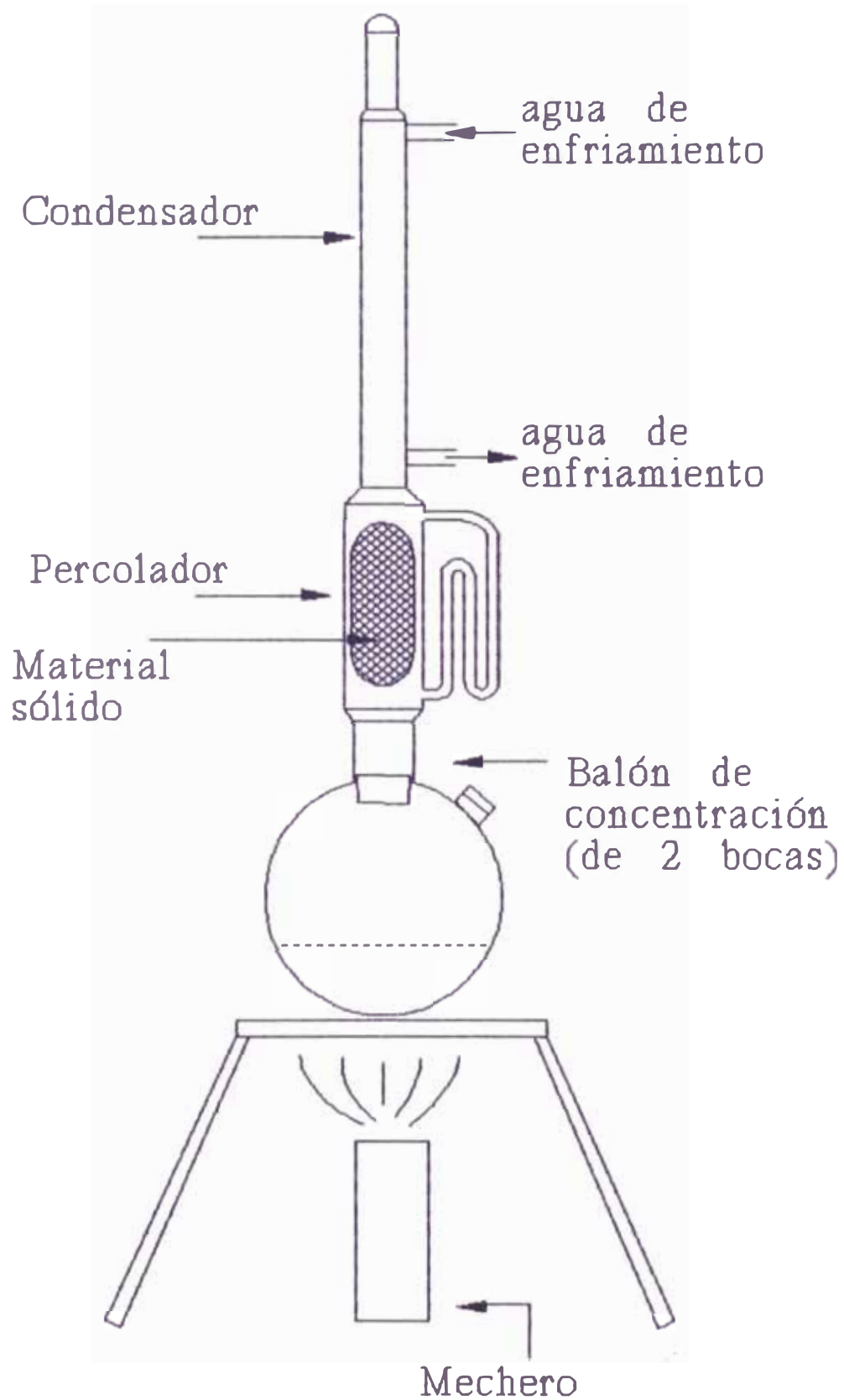
| PRUEBA N° | PESO DE GERMEN (GR) | PESO DE SOLVENTE (GR) | TIEMPO DE OPERACION (MIN) | TRAMITANCIA | PORCENTAJE DE ACEITE EN PESO (%) | PESO DE MARCA (GR) | PESO DE SOLVENTE RECUP. (GR) | EFIC. DE EXTRACCION (%) |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1         | 66,20               | 72,00                 | 25,00                     | 84,00       | 10,00                            | 43,69              | 71,28                        | 34,00                   |
|           |                     |                       |                           | 75,40       | 18,00                            |                    |                              |                         |
|           |                     |                       |                           | 66,00       | 24,00                            |                    |                              |                         |
|           |                     |                       |                           | 65,80       | 24,20                            |                    |                              |                         |
| 2         | 50,00               | 66,00                 | 22,00                     | 87,60       | 7,00                             | 32,50              | 65,00                        | 35,00                   |
|           |                     |                       |                           | 80,00       | 14,00                            |                    |                              |                         |
|           |                     |                       |                           | 71,20       | 21,20                            |                    |                              |                         |
| 3         | 60,00               | 72,00                 | 26,00                     | 70,60       | 21,10                            | 38,40              | 70,56                        | 36,00                   |
|           |                     |                       |                           | 86,20       | 8,00                             |                    |                              |                         |
|           |                     |                       |                           | 78,00       | 16,00                            |                    |                              |                         |
|           |                     |                       | 67,20                     | 23,40       |                                  |                    |                              |                         |
|           |                     |                       | 67,10                     | 23,20       |                                  |                    |                              |                         |

CUADRO N° 17

| PRUEBA N° | PESO DE CAKE (GR) | PESO DE SOLVENTE (GR) | TIEMPO DE OPERACION (MIN) | ITANCIA | PORCENTAJE DE ACEITE EN PESO (%) | PESO DE MARCA (GR) | PESO DE SOLVENTE |       | EFIC. DE EXTRACCION (%) |
|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------------------|--------------------|------------------|-------|-------------------------|
|           |                   |                       |                           |         |                                  |                    | RECUP. (GR)      | 77,20 |                         |
| 1         | 64,00             | 78,00                 | 30,00                     | 92,00   | 4,00                             | 55,94              |                  |       | 12,60                   |
|           |                   |                       |                           | 87,80   | 7,20                             |                    |                  |       |                         |
|           |                   |                       |                           | 84,25   | 9,80                             |                    |                  |       |                         |
|           |                   |                       |                           | 84,00   | 10,00                            |                    |                  |       |                         |
| 2         | 60,00             | 72,00                 | 32,00                     | 90,60   | 5,00                             | 52,40              |                  | 71,30 | 12,67                   |
|           |                   |                       |                           | 87,60   | 7,00                             |                    |                  |       |                         |
|           |                   |                       |                           | 84,40   | 9,60                             |                    |                  |       |                         |
|           |                   |                       |                           | 84,20   | 9,50                             |                    |                  |       |                         |
| 3         | 50,00             | 66,00                 | 25,00                     | 92,00   | 4,00                             | 43,69              |                  | 65,00 | 12,62                   |
|           |                   |                       |                           | 89,00   | 6,00                             |                    |                  |       |                         |
|           |                   |                       |                           | 85,40   | 8,60                             |                    |                  |       |                         |
|           |                   |                       |                           | 85,00   | 9,00                             |                    |                  |       |                         |

EFICIENCIA GLOBAL : 12.63 %

**FIGURA N° 8**  
**SOXHLET**



### Extracción a Nivel Planta Piloto

Realizado en el equipo piloto del laboratorio 23-A (fig. N° 9) de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Capacidad de Soxhlet : 2.76 lt. de solvente.

Peso del cake : 500 grs.

Esta constituido por las siguientes unidades :

- Percolador y agitador
- Condensador
- Balón de concentración de tres (03) bocas
- Manta eléctrica para calentamiento

El procedimiento seguido, es similar al realizado con el Soxhlet de menor capacidad.

### TABLA DE RESULTADOS

|                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TRAMITANCIA     | 98.2 | 97.0 | 96.6 | 96.2 | 95.8 | 95.2 | 94.8 | 94.4 | 93.2 | 93.3 |
| % ACEITE (PESO) | 0.4  | 0.8  | 1.0  | 1.4  | 1.6  | 2.0  | 2.2  | 2.6  | 3.0  | 3.1  |

PESO DE LA MARCA : 446.85 gr., EFICIENCIA = 10.63 %  
Tiempo : 1 Hr. 30 min.

|                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TRAMITANCIA     | 97.8 | 97.0 | 96.4 | 95.6 | 95.0 | 94.4 | 94.0 | 93.6 | 93.4 |
| % ACEITE (PESO) | 0.6  | 1.0  | 1.4  | 1.8  | 2.2  | 2.6  | 2.8  | 3.9  | 3.0  |

PESO DE LA MARCA : 449.35 gr., EFICIENCIA = 10.13 %  
Tiempo : 1 Hr. 50 min.

|                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TRAMITANCIA     | 98.2 | 96.6 | 96.0 | 95.4 | 94.8 | 94.4 | 94.0 | 93.1 | 93.0 |
| % ACEITE (PESO) | 0.4  | 1.2  | 1.6  | 2.0  | 2.3  | 2.5  | 2.8  | 3.1  | 3.2  |

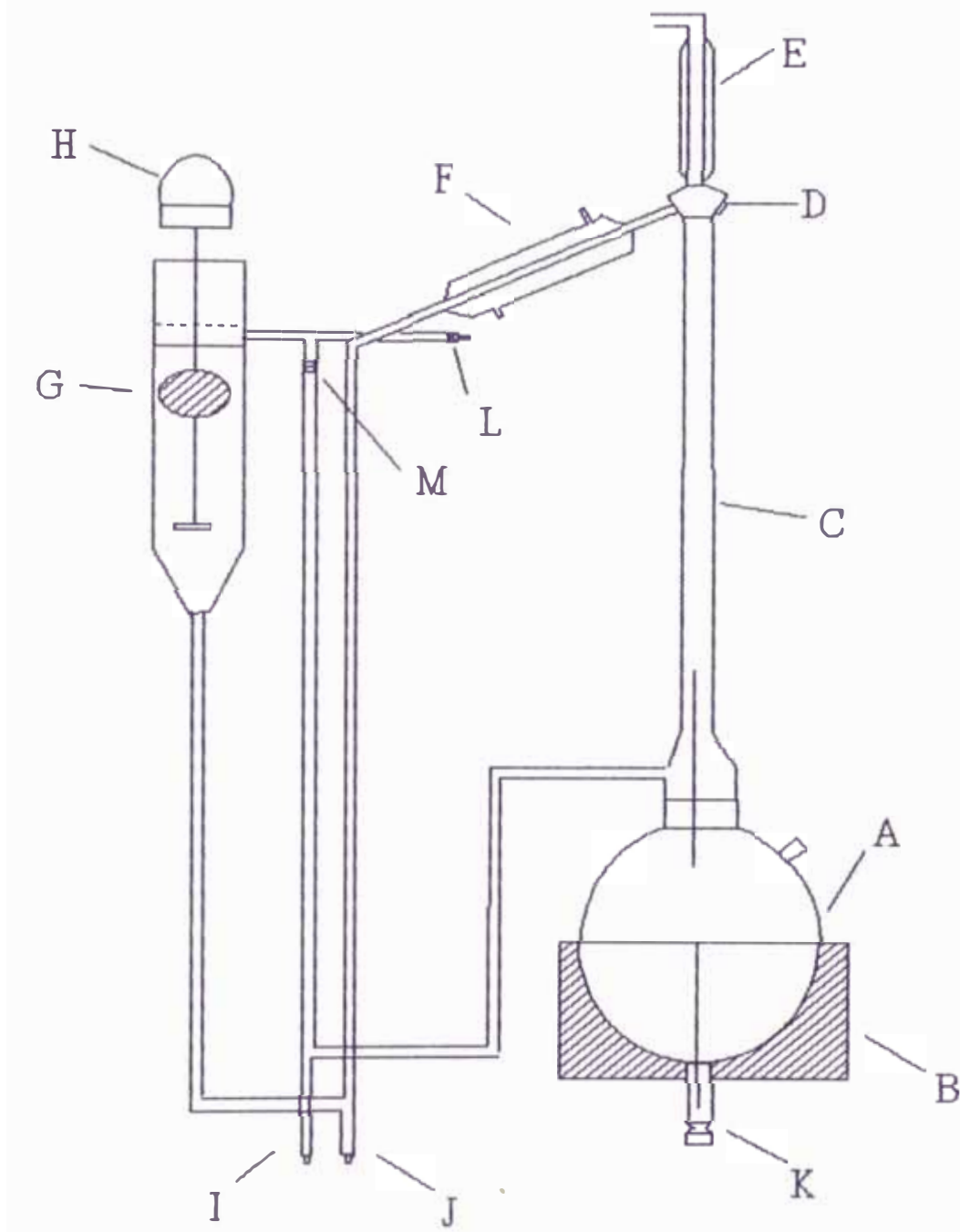
PESO DE LA MARCA : 444.35 gr., EFICIENCIA = 11.13 %

Tiempo : 1 Hr. 40 min.

Tiempo Promedio : 1 Hr. 40 min.

De las dos pruebas realizadas en soxhlet tenemos eficiencia promedio = 10.63% esto es en base, la cantidad de cake : considerando el aceite en la miscela , eficiencia global = 3.1%. Pérdida de hexano en las dos pruebas realizadas es aproximadamente de 1%, también el aceite residual en la marca es de 1% en base cake.

**FIGURA N° 9**  
**SOXHLELT PILOTO DEL LAB. 23 - A / UNI**



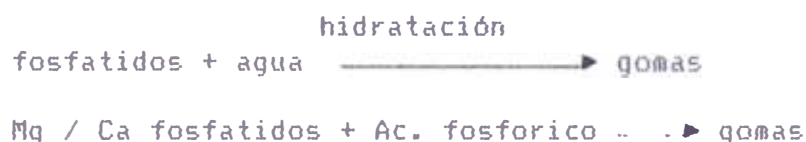
- A. Balón de 5 litros de dos bocas y salida de fondos
- B. Caja de calentamiento mediante resistencia eléctrica regulable mediante un termostato.
- C. Tubo de elevación, permite orientar los vapores hacia la parte superior, ganando altura.
- D. Recuperador de condensado, impide el retorno del solvente condensado al balón.
- E. Condensador. Funciona con agua de enfriamiento y permite la condensación de cualquier solvente.
- F. Enfriador. Es de menor área de transferencia de calor y se usa para enfriar el condensado. Muy necesario para recuperar el solvente por destilación.
- G. Percolador. Para tratamiento del material sólido.
- H. Agitador eléctrico.
- I. J,K,L,M. Válvula de muestreo.



### 3.1.3.- Refinación

#### 3.1.3.1.- Desgomado

Los aceites comestibles deben ser sometidos al desgomado, para evitar dificultades ocasionales, por sedimentos, en los tanques de almacenamiento, además, las gomas pueden venderse, para su uso como lecitina comercial. El mecanismo es la hidratación de los fosfatidos con el objeto de hacerlos insolubles en el aceite, usando vapor condensado y ácido fosforico :



La utilización del ácido fósforico es con la finalidad de tratar los fosfatidos no hidratables con el vapor condensado.

Para la separación del aceite de la goma se lleva a una centrifuga que se opera de 15 - 20 min., hasta obtener dos fases claramente definidas, los resultados se muestran en el cuadro N° 18.

Reactivos utilizados :

Acido Fosforico 85% en peso

Vapor condensado

## CUADRO N° 18

## RESULTADOS DEL PROCESO DE DESGOMADO

| ACEITE CRUDO | ACIDO FOSFORICO 85% | VAPOR CONDENSADO | GOMA | ACEITE DESGOMADO |
|--------------|---------------------|------------------|------|------------------|
| 150          | 0.18                | 2.25             | 3.81 | 148.62           |
| 200          | 0.24                | 3.00             | 4.06 | 199.18           |
| 220          | 0.26                | 3.30             | 5.59 | 217.97           |
| 240          | 0.28                | 3.60             | 6.10 | 237.78           |
| 200          | 0.24                | 3.00             | 4.06 | 199.18           |
| 250          | 0.29                | 3.75             | 6.35 | 247.69           |

La cantidad obtenida de goma es 2.5%, que consiste, en un 25% de agua y 75% de materia soluble en aceite, y este último contiene un tercio de aceite y dos tercios de productos insolubles en acetona (fosfátidos).

### 3.1.3.2.- Deodorizado

Equipo utilizado :

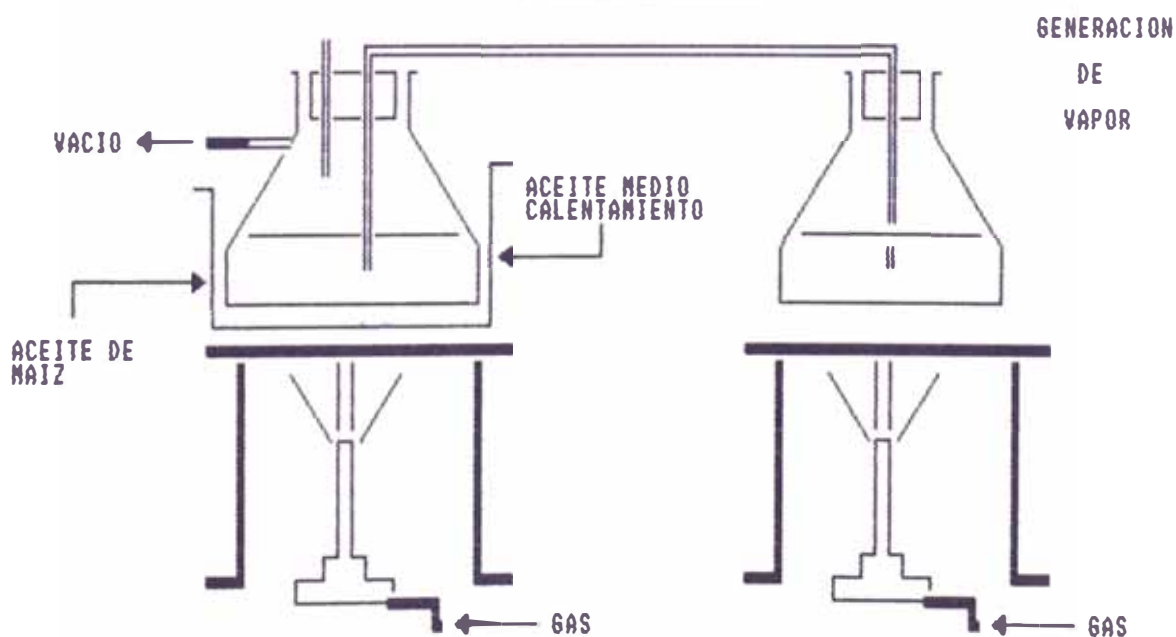
Sistema de vacío : compresor marca : Arthur Pfeiffer G.M.B.H. Wetzlar de 2800 rpm

Los controles se basan en la acidez expresado como contenido de ácido oleico, los resultados se muestran en el cuadro N° 19.

Aceite : 180 gr.; Vapor = 50 gr. ( 2.5 gr/hr)

CUADRO N° 19

| PRUEBAS | ACIDEZ INICIAL (%) | ACIDEZ FINAL (%) | TIEMPO OPERACION(hr) |
|---------|--------------------|------------------|----------------------|
| 1       | 0.12               | 0.03             | 3:00                 |
| 2       | 0.11               | 0.05             | 3:15                 |
| 3       | 0.10               | 0.04             | 3:20                 |
| 4       | 0.12               | 0.05             | 3:10                 |
| 5       | 0.09               | 0.07             | 2:45                 |
| 6       | 0.11               | 0.03             | 2:50                 |
| 7       | 0.10               | 0.06             | 3:20                 |
| 8       | 0.11               | 0.04             | 3:00                 |
| 9       | 0.09               | 0.05             | 2:55                 |
| 10      | 0.10               | 0.04             | 3:30                 |

FIG. N° 10  
DEODORIZADOR

CONDICIONES DE OPERACION

P = -710 mmHg

T = 215 °C

### 3.2.-Diseño de la planta

#### 3.2.1.- Método seleccionado a nivel comercial

El método empleado en el diseño de planta se basa en las pruebas a nivel banco, de los diferentes procesos unitarios donde se comprueba la posibilidad de seguir experimentando a nivel piloto, y así acercarnos más al funcionamiento real de los procesos involucrados en la extracción y refinación del aceite de maíz.

Con las pruebas nivel piloto obtenemos los valores y relaciones en que se basa el diseño de la planta propuesta, y además con esta base podemos adicionar al proceso como por ejemplo, la extracción por solvente con el objetivo de aumentar la eficiencia global de la extracción. Finalmente comprobamos que algunos procesos complementarios no son importantes para el caso específico del aceite de maíz, esto es, por ejemplo la decoloración con tierras de diatomitas, siendo la desodorización el que involucra este proceso.

Con estos resultados **técnicos** elegimos los equipos de procesos continuos y por lotes, por las características propia de esta clase de industria.

Posteriormente obtenemos los costos de los equipos basados en la literatura técnica ver referencia bibliográfica N<sup>o</sup> 08, evaluamos la rentabilidad del proyecto de pre-factibilidad luego de actualizar los costos de los **equipos** usando la técnica de rectificación por índice de precio.

### 3.2.2.- Tamaño de la planta

El porcentaje de la producción nacional que consume la industria, es de 45% del total, el uso incluye las diferentes formas de utilizar el maíz.

Para la instalación de la planta aceitera, consideramos, que en todos los casos de la industrialización del maíz, el germén es retirado primero, siendo la cantidad de materia prima a procesar, conocida, y con lo cual el tamaño de la planta está definida.

### 3.2.3.- Localización de planta

Nuestro siguiente objetivo es la localización de la planta, de tal manera que se obtenga costos de producción y distribución mínimas, para lo cual se tendrá presente principalmente los siguientes factores:

- Disponibilidad de materia prima, esto es el germen, que es una parte de la industrialización total del maíz.
- El mercado para la venta de productos terminados.
- Los servicios, como energía (electricidad) y combustibles.

Estos factores en nuestra consideración son preponderantes en el éxito de la operación completa, y en base a ellos el lugar donde se ubicará la planta será la ciudad de Lima por los siguientes :

- 1.- La materia prima para la planta en estudio es el germen de **maíz**. Que es parte de la industrialización total del grano, por lo que la localización está estrictamente ligado a la ubicación de las otras industrias, que procesan el maíz, ya

sea para el almidón o simplemente maíz partido.

2.- La ciudad de Lima cuenta con una población aproximada de ocho millones de habitantes lo que asegura en gran porcentaje de las ventas, esto asegura un mercado, en el cual se puede incursionar, o establecer, como se dice en el argot comercial un "nicho", coadyuvando a este objetivo una gran cadena de supermercados y canales de distribución con que cuenta esta ciudad.

3.- La ciudad de Lima dispone de energía eléctrica, por el sistema interconectado de las empresas eléctricas, además de contar con una central térmica de energía (Santa Rosa) , pudiendo contar con otra en el futuro con el uso del gas de Camisea, cuenta también, con la más grande planta de refinación de petróleo, finalmente toda la actividad industrial esta centralizada, esto conlleva a que los servicios estan a disposición y de fácil acceso.

4.- Las consideraciones antes mencionadas se ven reforzadas en el sentido que Lima cuenta con una disponibilidad grande de

mano de obra, tiene una ubicación geográfica muy ventajosa al estar ubicada en el centro de la costa por lo que puede ser abastecida de materia prima desde cualquier parte del territorio nacional como ya se ha visto se produce en todo el país.

Además cuenta con el puerto mas grande e importante del país (Terminal Marítimo del Callao) a través del cual puede realizarse operaciones de exportación y/o importación de ser el caso. El clima de Lima es bueno en el sentido de no ser caluroso ni presentar lluvias durante el año, tampoco es una zona de inundaciones, en el aspecto social esta conformado por inmigrantes de diferentes zonas del país que han llegado a armonizar en esta gran urbe.

#### **3.2.4.- Diseño y/o selección de los equipos**

**Diseño de transportadores de tornillo sin fin.**

Consiste en un sistema de aspas helicoidales (hélice laminada a partir de



una barra plana de acero) o seccionales (secciones individuales cortadas y formadas en hélice, a partir de una placa plana) montadas en una tubería o un eje y que giran en una artesa.

Se usan tornillos de paso corto para aplicaciones de desplazamiento inclinado. Los transportadores de tornillo sin fin funcionan a velocidades de rotación relativamente bajas.

La potencia requerida tiene dos componentes: el necesario para impulsar el tornillo de vacío y el que se requiere para el desplazamiento del material. El primer componente es función de la longitud del transportador, la velocidad de rotación y la fricción en los cojinetes o los soportes. El segundo es función de tiempo, la longitud del recorrido y la profundidad a la que se carga la artesa o el canal, las características del transportador se muestran en el Cuadro N° 20.

**Desgerminador en seco**

El desgerminador consiste en un cilindro horizontal cónico que se revuelve dentro de una caja de la misma forma.

La superficie del cilindro, y las partes interiores de la caja, están cubiertas por protuberancias, que al pasar los granos rasgan los gérmenes, y caen a través de las perforaciones, mientras que el almidón burdo sale del molino, por el extremo mas lejano, las características del desgerminador se muestran en el cuadro N° 21.

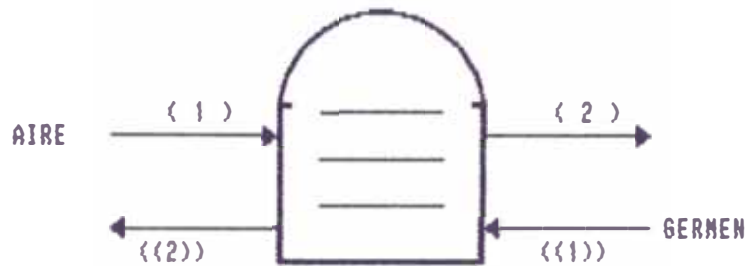
El germen es recepcionado, en un silo de 2 mt. de profundidad, y de este lugar es transportado por un tornillo sin fin (de las características del cuadro N° 22) con una inclinación de 25°C, hacia las secadores de bandeja, que trabajan en forma continua.

**Diseño del secador de bandejas**

Variables conocidas :

- Flujo de germen húmedo  $M=6475$  kg/hr
- Contenido de agua en la entrada en base seca :  $x_1 = 35\%$ .
- Temperatura de entrada del germen :  
 $T_1 = 20^\circ\text{C}$ .
- Contenido de agua en la salida en base húmeda :  $y_1 = 3\%$ .
- Temperatura de salida del germen :  
 $T_2 = 35^\circ\text{C}$ .

FIG. Nº 11  
SECADOR DE BANDEJAS



- Humedad del aire de entrada:  $Y_1 = 0.007 \text{ Kg/Kg aire.}$
- Temperatura de entrada del Aire:  
 $T_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C.}$
- Temperatura de salida del Aire :  
 $T_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C.}$

Variables desconocidas

- Flujo del aire  $G$ : (kg/hr)
- Contenido de agua en el aire en la salida:  $Y_2$  (Kg/Kg aire).

Presión de trabajo 1 atm.

Pérdida de calor despreciable.

$C_p(\text{germen}) = 0.031 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C}$  (constante).

### Cálculos

$X_2 = 0.031 \text{ Kg agua/Kg sólido seco}$

$$M = M_{\text{HUMEDO}} / (1 + X_1)$$

$$M = 4796.30 \text{ Kg/hr}$$

$$G(Y_2 - Y_1) = M(X_2 - X_1)$$

$$G(Y_2 - 0.007) = 1530.02 \dots \dots (1)$$

Definimos las entalpías de **entrada y salida del sólido (respecto de 0 °C)** por la expresión :

$$H = ( C_s + x.C_l ) t_s$$

$C_s$  = calor específico del sólido seco

$C_l$  = calor específico del líquido que acompaña al sólido

$t_s$  = temperatura del sólido humedo

Entonces :

$$H_1 = 12 \text{ Kcal/Kg}$$

$$H_2 = 9.835 \text{ Kcal/Kg}$$

Entalpía específica del aire, es la suma del calor sensible de 1 Kg de gas, y el calor latente de vaporización del vapor que contiene a la temperatura a la que se refieren las entalpías.

$$i = c( T - T_0 ) + ( \lambda_0 )y$$

Tomando como entalpía de referencia la del agua líquida a 0 °C y reemplazando los valores :  $i = 28.5 \text{ Kcal/Kg}$ .

**Balance de energía:**

$$G ( i_1 - i_2 ) = M ( H_2 - H_1 )$$

Reemplazando valores y resolviendo con la ec. (1) se obtiene :

$$Y_2 = 0.03 \quad , \quad G = 63884.64 \text{ Kg/hr.}$$

Densidad aparente del germen = 750 Kg/mt<sup>3</sup>

Flujo de germen 8.633 mt<sup>3</sup>/hr.

Considerando bandejas de altura= 0.50 mt.

Entonces la sección de secado:185.85

ft<sup>2</sup>.Elegiendo una bandeja de material de

acero al carbono, que trabaja a presión de

una atmósfera se estima un valor de US\$

12000 ver referencia bibliográfica N° 08

### **Diseño de los ventiladores**

Por el volumen, y la presión baja necesaria de aire elegimos un ventilador centrífugo, cuyos principios de funcionamiento, es muy parecido a la bomba centrífuga y la presión desarrollada procede de dos fuentes. La fuerza centrífuga que se debe a la rotación de un volumen encerrada, y la velocidad impartida por las aletas y convertida parcialmente en presión por la caja del ventilador en forma de espiral o caracol.

Las eficiencias de funcionamiento de los ventiladores se encuentran en la gama de 40 a 70%.

VARIABLES CONOCIDAS :

- Flujo de masa: 39.12 lb/seg.
- Presión de entrada : 29 pulg de Hg.
- Presión de salida : 30.1 pulg de Hg.
- Velocidad de 150 pie/seg
- Rendimiento elegido 65%

VARIABLES DESCONOCIDAS :

- La Potencia de freno:

CÁLCULOS :

La presión desarrollada :

$$\frac{(P_2 - P_1)}{\rho} = \frac{(30.1 - 29) 144}{(2.036) (0.064)} = 1213.72 \text{ lbf.pie/lb}$$

$$= 1213.72 \text{ lbf.pie/lb}$$

la carga de velocidad :

$$\frac{v^2}{2g_c} = 150^2 / 2 \times 32.17 = 349.71 \text{ lbf.pie/lb}$$

haciendo  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$   $V_1 = 0$  y  $Z_1 = Z_2$

$$NP = \frac{1}{m} \frac{(P_2 - P_1)}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g_c} = 2405.27 \text{ lbf.pie/lb}$$

$$P_b = \frac{mNP}{75} = 171.08 \text{ HP}$$

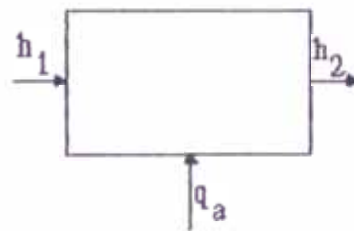
En la figura 14.49 ver referencia bibliográfica N98  
el costo de adquisición es: US\$ 4,500

### Diseño de los calentadores de aire

Para las condiciones de secado, es necesario aire de  $100^{\circ}\text{C}$  y humedad  $Y$   $0.007 \text{ Kg agua /Kg aire seco}$ . Es por esto que debemos calentar aire de  $20^{\circ}\text{C}$  y  $0.007 \text{ Kg agua /Kg aire seco}$ , mediante vapor que se condensa, en las tuberías del intercambiador :

FIG. Nº 12

#### CALENTADOR DE AIRE



Variables conocidas :

- Contenido de agua del aire.
- Temperatura de entrada y salida del aire.

Variables desconocidas :

- Área de intercambiador de calor.

De la carta Psicrometrica de Temperaturas elevadas ( ver referencia bibliográfica Nº 9 fig. 12-3) obtenemos.

Para el aire de ingreso al intercambiador:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= ( 24 - 0.1 ) \text{ Btu/Lb aire} \\
 &= 23.9 \text{ Btu/Lb aire}
 \end{aligned}$$



Para el aire que sale del intercambiador:

$$h_2 = (63.5 - 1.7) \text{ Btu/Lb aire} \\ = 61.8 \text{ Btu/Lb aire}$$

Entonces el calor necesario debe ser:

$$q_a = (61.8 - 23.9) \text{ Btu/Lb aire} \\ = 21.07 \text{ Kcal/Kg}$$

el flujo de aire :  $m = 63884.64 \text{ Kg/hr}$

$$q_a = 1346049.37 \text{ Kcal/hr}$$

Diseñamos el intercambiador de calor por el método de eficacia NUT

$$e = \frac{\Delta T_{\text{trio}}}{\Delta T_{\text{max}}} = \frac{100 - 20}{181.35 - 20} = 0.5$$

$$C_p = 0.25 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}, m = 63884.64 \text{ Kg/hr}$$

$$C_{\min} = m \cdot C_p$$

$$C_{\min} = 15971.16 \text{ Kcal/hr } ^\circ\text{C}$$

De la tabla 10-1 (referencia bibliográfica

N° 6) elegimos:

$$U = 43 \text{ kcal / mt}^2 \cdot \text{hr } ^\circ\text{C}$$

De la fig.10-15,(referencia bibliográfica

N° 6) se obtiene

$$NUT_{\max} = 0.6$$

Entonces  $A = 222.86 \text{ mt}^2 (2397.97 \text{ ft}^2)$

de la fig. 15-18 (referencia bibliográfica

N° 8) para un intercambiador de acero al

carbono, de presión de 150 lb/pulg<sup>2</sup> y 24 ft de tubos de 8 hileras :

Costo de adquisición es : US\$ 65500

Consumo de vapor : 2075.37 Kg/hr

El material secado es recepcionado en una tolva, de la cual se alimenta con un tornillo sin fin, de inclinación de 20°, que descarga en dos canaletas que distribuyen a las prensas de igual capacidad.

La característica del transportador y su costo adicional a la tolva de recepción, además del canal de distribución, se dan en el cuadro N° 23:

CUADRO N° 23  
CARACTERISTICAS DEL TRANSPORTADOR SIN-FIN

| DIAMETRO DEL TORNILLO PULG | CAPACIDAD TN/HR | LONGITUD (PIE) | CAPACIDAD TORSION PULG-LB | POTENCIA HP | COSTO DE ADQUISICION EN US\$ | DIAMETRO TUBERIA PULG | DIAMETRO DE SECCION DE ALIMENTACION PULG | VELOCIDAD RPM |
|----------------------------|-----------------|----------------|---------------------------|-------------|------------------------------|-----------------------|--|---------------|
| 9                          | 6,5             | 15             | 7600                      | 0,5         | 5000                         | 2 ½                   | 6  | 40            |

CUADRO N° 24  
PRENSA HANDER FUKOKU KOGYO Co. LTD. TOKYO

| CAPACIDAD TN/DIA | RENDIMIENTO (LT/KG) | DIMENSIONES MAQUINA        | POTENCIA REQUERIDA HP | COSTO DE ADQUISIC. US\$ | POLEA |        |
|------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|-------|--------|
|                  |                     |                            |                       |                         | DIA   | R.P.M. |
| 78               | 25-35               | 4500 L<br>2000 W<br>1800 H | 20                    | 30000                   | 25"   | 1600   |

CUADRO N° 25  
CARACTERISTICAS DEL TRANSPORTADOR SIN-FIN

| DIAMETRO DEL TORNILLO PULG | CAPACIDAD TN/HR | LONGITUD (PIE) | CAPACIDAD TORSION PULG-LB | POTENCIA HP | COSTO DE ADQUISICION EN US\$ | DIAMETRO TUBERIA PULG | DIAMETRO DE SECCION DE ALIMENTACION PULG | VELOCIDAD RPM |
|----------------------------|-----------------|----------------|---------------------------|-------------|------------------------------|-----------------------|--|---------------|
| 8 ½                        | 5               | 15             | 7500                      | 0,5         | 2500                         | 2                     | 5  | 35            |

### Diseño de la prensa de extracción

Datos obtenidos de laboratorio, en la prensa hidráulica con una matriz que contiene el **germen** cocido, de una capacidad de 1.5 Kg, se tiene una eficiencia de extracción de 25.6% en peso.

Densidad del aceite crudo : 0.80 Kg/lt

$$\text{relación} = \frac{0.32 \text{ lts. de Aceite}}{\text{Kg. de germen}}$$

En la operación continua los costos de funcionamiento y de mano de **obra son más** bajos, para las prensas continuas de tornillo. Consiste en un tornillo de rotación que tiene un ajuste estrecho dentro de una guarnición ranurada o perforada. La guarnición y el tornillo pueden tener una conicidad hacia el extremo de descarga, con el fin de incrementar la presión ejercida sobre el material. El extremo de descarga de la **guarnición** está parcialmente cerrado mediante un cono ajustable u otro dispositivo para modificar el tamaño de la **abertura** y hacer variar en esa forma la

presión ejercida sobre el material. La rotación del tornillo desplaza el material hacia adelante y, al aumentar la presión, se expulsa líquido que escapa por las aberturas de la guarnición.

Las presiones al interior de la prensa de tornillo ascienden de 68.046 atm - 136.092 atm. La prensa seleccionada se muestra con sus características en el cuadro N° 24.

Para el proyecto, la cantidad de germen a procesar es:

$$155.4 \text{ ton/día} \approx 6475 \text{ Kg/hr}$$

Capacidad disponible de prensa es :

$$78 \text{ ton/día}$$

Las prensas necesarias son:

$$155.4 \text{ ton/día} / 78 \text{ ton/día} \approx 2$$

La producción de aceite para proceso continuo de 3 turnos al día : 1657.6 kg/hr

El cake que sale de la prensa, es transportado por un tornillo sin fin, hasta los molinos de rodillos, las características de esta se muestran en el cuadro N° 25.

### Selección del filtro la salida del extractor por solvente

Se seleccionará un filtro giratorio de presión continua. El equipo es parecido a sus equivalentes al vacío, con la excepción de que se encuentran encerrados en un casco a presión.

El lado positivo se encuentra en los beneficios relacionados con el funcionamiento continuo que conlleva al ahorro de mano de obra y flujo constante de materiales, tiene mayor velocidad de filtración que uno al vacío y capacidad para filtrados volátiles (en nuestro caso hexano) y están encerrados herméticamente para evitar las fugas de sustancias volátiles, el campo de aplicación es un flujo abundante y constante (5329.71 Kg/Hr)

Tomando un área aproximada de 300 ft<sup>2</sup> ( 3 veces el área del filtro rotatorio ) el costo de adquisición obtenido es US\$ 25,000. (ver referencia bibliográfica N° 8 Gráfico N° 14-62)

### Selección del molino

#### Molienda de la torta comprimida

El germen se trata en la prensa donde se realiza la primera extracción, la torta producida tiene que ser desintegrada en partículas pequeñas a efecto de que sea tratado en el extractor con disolvente, para lo cual, éste material deberá pasarse por un molino de atricción o frotamiento, de la tabla 8.29 (referencia bibliográfica N° 9) el molino de atricción o frotamiento trata adecuadamente los residuos de semillas oleaginosas provenientes de la prensa reduciendo el tamaño de 1 pulg. a una de Tamiz N° 16 sin embargo en las tablas 8.6 y 8.7 (referencia bibliográfica N° 9), establece una función equivalente para una trituración secundaria de un material de dureza suave y una relación de reducción de 10 a 1 y que el equipo adecuado es un triturador de rodillos dentados.

Por tanto el costo de adquisición de un rodillo de atricción o de frotamiento se estimará tomando en consideración la referencia existente de un equipo de

función equivalente a partir del gráfico 14.81 (referencia bibliográfica N° 8) siendo esta de US\$ 17,000.00 tomando en consideración la cantidad de material a tratar de 4,817.4 kg/hr ( 5 TM/Hr aprox. ) ver cuadro N° 26.

Finalmente el cake convertido en hojuelas es alimentado al extractor por solvente con tornillo sin fin, cuyas características técnicas y costo de adquisición se muestran en el cuadro N° 27.

- **Selección del Equipo de extracción  
Líquido - Sólido**

- Percolación del cake extracción por solvente.-

La percolación se realizará en un equipo de lecho móvil con elevadores de cangilones y transportador horizontal de banda, los cangilones con fondos perforados se fijan en una banda de movimiento sin fin, los granos secos



alimentados a los cangilones descendentes, se rocían con disolvente parcialmente enriquecido. Al elevarse los cangilones al otro lado de la unidad, los sólidos se rocían con una corriente de disolvente puro a contraflujo. Los granos agotados se dejan caer de los cangilones en la parte superior de la unidad a un transportador de paletas. El extractor mencionado es del tipo Bollman que permite la utilización de granos delgados produciendo un extracto de buena calidad.

Las especificaciones técnicas se muestran en el cuadro N° 28.

### **Diseño del Destilador de Equilibrio.**

Para la separación instantánea de una mezcla de sustancia muy volátil, se calienta la mezcla en un intercambiador de calor tubular tradicional, donde se forma vapor de hexano adiabáticamente a expensas del líquido, la mezcla se introduce en un tanque de separación Vapor - Líquido. El separador es del tipo ciclón en donde la alimentación se introduce tangencialmente en un espacio anular cubierto. La parte

líquida de la mezcla se arroja mediante fuerza centrífuga hacia la pared externa y sale por el fondo, mientras que el vapor sube a través de la chimenea central y sale por la parte superior.

El vapor es llevado a un condensador de hexano, y finalmente al tanque de recepción. El aceite es llevado al tanque de desgomado :

### Intercambiador de calor

VARIABLES CONOCIDAS :

- Flujo masico de la mezcla :  
 $m_E = 5329.24 \text{ Kg/hr}$
- Temperatura de entrada  $T_1 = 40 \text{ }^\circ \text{C}$
- Temperatura de salida  $T_2 = 70 \text{ }^\circ \text{C}$
- Capacidad calorifica de la mezcla  $C_p$   
 $= 0.6 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{ }^\circ \text{C}.$
- Calor latente del hexano  
 $\lambda_E : 56 \text{ Kcal/Kg}$
- Temperatura del vapor de agua  
 $T = 181.35 \text{ }^\circ \text{C}$
- Calor Latente del vapor de agua  
 $\lambda_v = 479.88 \text{ Kcal/Kg}.$

VARIABLES DESCONOCIDAS :

- Flujo de vapor

- Área del intercambiador

Balace de Energía

$$m_v \lambda_v = m_e \lambda_e + m_{m1} C_{p_{m1}} \Delta T$$

Reemplazando los valores en la ecuación anterior tenemos :

$$m_v = 756.45 \text{ Kg/hr}$$

luego el área de un intercambiador de calor a contracorriente 1-2

Diseñado por el método de eficacia NUT

$$E = \frac{70 - 40}{181.35 - 40} = 0.21$$

De la fig. 10-16 (Ref. bibliográfica N° 6)

$$NUT_{max} = 0.3$$

también :

$$C_{min} = 3197.54 \text{ Kcal/hr } ^\circ\text{C}$$

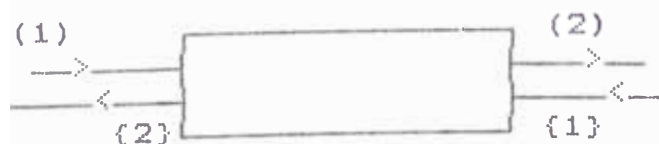
$$U(\text{recomendado}) = 200 \text{ Kcal/mt}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$$

En la ecuación anterior  $A = 4.80 \text{ mt}^2$  de la fig. 15-16 (referencia bibliográfica N° 8).

Costo de adquisición = US\$ 3500.

**FIG. Nº 13**

**INTERCAMBIADOR DE CALOR**



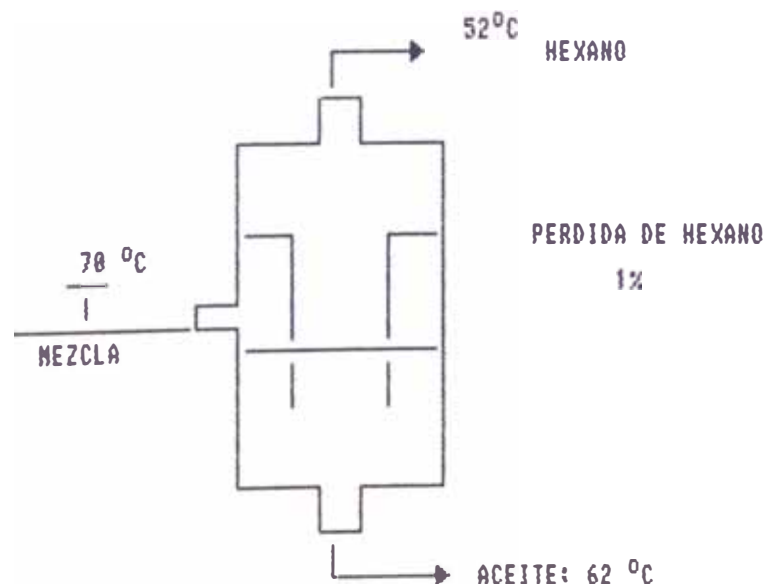
### Separador de vapor-líquido tipo ciclón

La mezcla de vapor de hexano y aceite líquido es llevado al separador vapor - líquido tipo ciclón.

Variables conocidas :

- Flujo de la mezcla  $m_E = 5329.24$   
Kg/hr
- Temperatura de entrada :  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de salida del hexano :  $62\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Densidad de la mezcla  $0.62$  Kg./ lt.

Con estos valores elegimos en la fig. 14-56 (referencia bibliográfica N° 8) para un material de acero inoxidable 304, el costo de adquisición es US\$ 10500. En este costo está incluido la construcción anular, para evitar el arrastre por vapor del aceite.



**Condensador de hexano**

El hexano para su almacenaje debe condensar y enfriar.

VARIABLES CONOCIDAS :

- Flujo de hexano :  $m_E = 4721.54 \text{ Kg/hr}$
- Temperatura de entrada :  $T = 62 \text{ }^\circ\text{C}$
- Calor latente del Hexano :  $\lambda_E = 56 \text{ Kcal/Kg}$
- Temperatura de entrada de agua  $T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura de salida de agua  $T_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

VARIABLES DESCONOCIDAS :

- Flujo de agua de enfriamiento  $m_L =$
- Area de intercambio  $A:$

Balance de energía:

$$(m_E) \lambda_E + m_E C_{pE} \Delta T = m_L C_{pL} \Delta T$$

$$m_L = 12356.59 \text{ Kg/hr}$$

Diseñando por el método de la eficacia :

$$= T_{frío} / T_{max} = 0.714$$

de la fig. 10-16 (referencia bibliográfica N° 6)

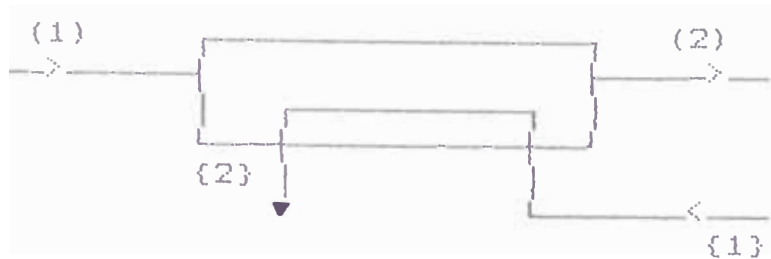
$$NUT_{max} = 1.25$$

$$C_{min} = 12356.59 \text{ Kcal/hr.}^\circ\text{C}$$

$$U(\text{recomendado}) = 220 \text{ Kcal/mt}^2 \cdot \text{hr.}^\circ\text{C}$$

$$\text{Obtenemos : } A = 70.21 \text{ mt}^2.$$

De la fig. 15-16 (referencia bibliográfica N° 8), el **costo de** adquisición del intercambiador de calor de acero al carbono es : US\$ 7000.



#### **Diseño del tanque de recepción del hexano y la bomba de descarga**

La capacidad del tanque es de un 50% más de lo necesario, para una hora de trabajo, siendo la cantidad de 7226.1 kg.

Debido a que el hexano es muy volátil el tanque tiene una seguridad adicional para evitar accidentes en el manejo.

Para un tanque de acero al carbono el costo de adquisición es : US\$ 10000.

El equipo de alimentación al **extractor**, será una centrifuga de capacidad 35.37 gal/min.

CUADRO N° 29

| BOMBA    | CAPACIDAD<br>gl/min | CAIDA PRESION<br>lb/pulg <sup>2</sup> | POTENCIA<br>HP | MATERIAL          | COSTO<br>US\$ |
|----------|---------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------|---------------|
| CENTRIF. | 35.37               | 150                                   | 3              | Hierro<br>Fundido | 2500          |

### Diseño del filtro (salida de la prensa)

#### Filtración

La filtración a que se someten el aceite proveniente de las prensas y del equipo de extracción es con la finalidad de separar las partículas que han sido arrastradas conjuntamente con el aceite de manera que el aceite exento de partículas ingrese a la unidad de refinación.

#### Selección de los equipos de filtración

Se tendrán en consideración las variables más importantes que se relacionan con el trabajo, siendo éstas, las que consideren las características de la lechada, magnitud de la producción, condiciones del procesamiento, requisitos de rendimiento y materiales admisibles de construcción.

La características de la lechada son :  
Velocidad de formación de la torta  
filtración lenta : 0.05 - 0.25 pulg/min  
concentración habitual de sólidos : 5 %

En relación a la magnitud de la producción y condiciones del proceso es conveniente que el filtro trabaje en forma continua. Respecto al rendimiento, al tener un proceso continuo, debe obtenerse un "licor" exento de partículas y su costo de operación será bajo.

Al consultar con la información especializada con que se cuenta para los equipos de filtrado se ha determinado que el equipo que cumple con estos requerimientos es un filtro de rotatorio con vacío, en concordancia con la tabla N° 19.25 (referencia bibliográfica 9).

A continuación se dan alcances de la descripción de este filtro :

Los filtros al vacío funcionan a una presión menor que la atmosférica. Por lo común, la presión corriente arriba es la atmosférica. Por consiguiente, los filtros al vacío se limitan a una presión máxima



de filtración de 1 atm. puesto que la lechada de pre-filtración se alimenta a la presión atmosférica. La bomba de vacío es un accesorio importante para los filtros de vacío, puesto que es la fuerza impulsora de filtración siendo el de mayor costo operacional.

Las ventajas de los filtros al vacío son:

- 1.- Se pueden diseñar como filtros de buena eficiencia.
- 2.- Por ser equipos de operación continua utilizan poca mano de obra y son apropiados para procesos de producción gran escala.
- 3.- La superficie de filtración se puede abrir a la atmósfera y, por consiguiente, es fácil llegar a ella para efectuar inspecciones reparaciones.
- 4.- Por lo común, los costos de mantenimiento son reducidos. Si bien hay 3 categorías de filtros continuos al vacío (tambor, de disco y horizontales), todos tienen la misma característica en común : una superficie de filtración que se

desplaza de un punto de aplicación de la lechada, en donde se deposita la torta bajo el impulso del vacío, a un punto de separación de sólidos, donde se descarga la torta por métodos mecánicos, continuando con el retorno al punto de aplicación de la lechada. Para determinar el costo de un filtro es necesario saber el área de filtrado, como tenemos la cantidad a obtener de filtrado y dado la características del equipo de filtrado a usar haremos uso de la siguiente relación (referencia bibliográfica N° 8).

$$V \text{ (volumen filtrado por unidad/tiempo)} = A_D \frac{2 \cdot f \Delta P N_R}{\alpha w \mu}$$

donde :

$A_D$  : Superficie total disponible para filtrar en filtro continuo en pies<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>)

$f$  : Fracción del área de la superficie total disponible para filtración, sumergida en la pasta.(0.4)

$\Delta P$  : Caída de Presión a través del filtro (7.3 psi)

$N_R$  : Número de Revoluciones por unidad de tiempo, en revoluciones/hora (120 rev/hr)

$\alpha$  : resistencia específica de la torta  
176 Hr<sup>2</sup>/lb

$w$  : masa de sólidos secos en la torta por unidad de volumen de filtrado

$\mu$  : viscosidad del aceite a 70°F: 144 kg/m.hr

$V$  : 71.6 ft<sup>3</sup>/H

Reemplazando valores en la relación mostrada se obtiene el área de filtrado:

$$A = 121.0 \text{ ft}^2$$

Pues bien ahora consultaremos que las dimensiones de los equipos existentes nos pueden proporcionar un área igual al determinado o una próxima a esta, para tal efecto al consultar con la tabla N° 19.23. Tamaños estándares de filtros al vacío (ver referencia bibliográfica N° 9) se determina que las dimensiones son:

Diámetro del tambor : 6 ft  
 Longitud : 6 ft  
 Área superficial : 113 ft<sup>2</sup>

Con esta área se determina el costo de adquisición, situándonos en el gráfico 14-62 (ver referencia bibliográfica N° 08) determinamos el valor de US\$ 100,000 para el filtro al vacío de tambor rotatorio.

Estimación de la Potencia del motor necesario para la bomba de vacío del filtro rotativo de vacío.

Para tal efecto se usa la Ecuación N° 24 para compresores de gas (ver referencia bibliográfica N° 08).

$$hp = \frac{3.03 \times 10^{-5} k (p_1) (Q_{fm1})}{k - 1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} - 1 \right]$$

Primero calcularemos el volumen de aire por unidad de tiempo usando :

$$\frac{\text{Volumen de aire}}{\text{unidad de tiempo}} = \frac{\gamma_a \mu}{\gamma_f \mu_a} \frac{\alpha}{2\beta w}$$

$\gamma_a$  : fracción del área total disponible a la aspiración de aire (0.1)

$\gamma_f$  : 0.4

- $\mu$  : viscosidad del aceite a 70°F  
 (95.36 lb/Hr-ft)  
 $\mu_a$  : viscosidad del aire a 70°F  
 (95.36 lb/Hr-ft)  
 $\alpha/\beta$  : 0.6  
 $w$  : 10.27 lb/ft<sup>3</sup> (filtrado)

Masa de torta seca por hora : 244.81 lb/hr

Reemplazando se obtiene:

$$V_a = 4,262.12 \text{ ft}^3/\text{Hr} \quad (70^\circ\text{F}, 1 \text{ atm})$$

De la relación (Ecuación N° 24)

- $K$  : relación entre capacidades caloríficas del gas a presión constante y a volumen constante (1.4)  
 $p_1$  : Presión de entrada de la bomba de vacío  $(14.7 - 7.3) \times 144 = 1065.60 \text{ lb/ft}^2$   
 $p_2$  : Presión de salida de la bomba de vacío  $(14.7 \times 144) = 2116.80 \text{ lb/ft}^2$   
 $q_{fm1}$  : Caudal del gas (condiciones en la entrada de la bomba) = 141 ft<sup>3</sup>/min (70°F, 7.3 psia)

Entonces la potencia del motor para la bomba de vacío será :

$$HP = \frac{(3.03 \times 10^{-5}) \times 1.4(7.2) \times 144 \times 141}{(1.4-1)} \left[ \left( \frac{14.7}{7.3} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} \right]$$

$$H.P. = 7$$

Un motor de 7 HP será el requerido, cuyas especificaciones se muestran en el cuadro N° 30.

#### CUADRO N° 30

##### CARACTERISTICAS DEL FILTRO ROTATORIO DE VACIO

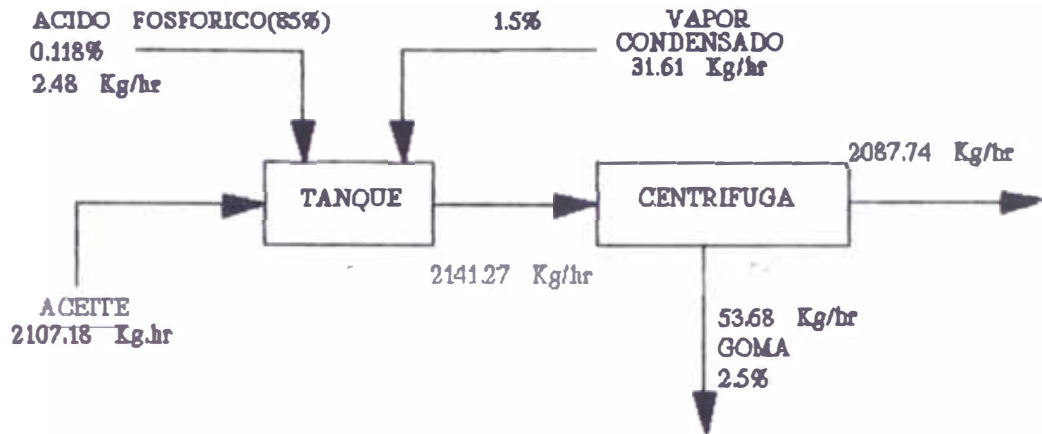
| DIAMETRO TAMBOR | LONGITUD (ft.) | AREA DE FILTRADO (ft <sup>2</sup> ) | POTENCIA DEL MOTOR HP | MATERIAL       | COSTO US\$ |
|-----------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------|------------|
| 6'              | 6              | 94                                  | 7                     | STAINLES STEEL | 100,000    |

#### Diseño del equipo de desgomado

El esquema siguiente muestra el proceso general del desgomado centrandose el diseño de esta en el tanque y la potencia de la turbina.

FIG. Nº 16

## BALANCE DE MASA DE OPERACION DE DESGOMADO

**Diseño del tanque de desgomado**

El tanque a diseñar es donde se realizará la operación de desgomado para empezar el diseño de la misma es necesario conocer lo siguiente:

**- Factores de forma:**

Diámetro del tanque ( $D_t$ ) = 1.574 mt

Diámetro de la turbina ( $D_a$ ) = 0.525 mt

Altura del rodete sobre el fondo del tanque ( $E$ ) = 0.525 mt

Altura del líquido de proceso en el tanque ( $H$ ) = 1.574 mt

- **Propiedades físicas del aceite:**

Densidad ( $\rho$ ) = 860 kg/m<sup>3</sup>

Viscosidad ( $\mu$ ) = 40 x 10<sup>-3</sup> Kg/mt.seg

- **Variables conocidas:**

Cantidad de aceite : 2,107.18 Kg/hr

Velocidad de giro (n) = 1.5 rps

- **Variable desconocida:**

Potencia necesaria (P)

Aproximando las condiciones a la fig. 9.14 función de potencia ( $\Phi$ ) frente a  $N_{Re}$ , para agitadores de turbina de 4 palas (Ref. bibliográfica 12) teniendo el  $N_{Re}$  obtenemos  $\Phi = 5.8$  (con placas deflectoras curva A).

Por lo que la potencia es:

$$P = \frac{(\Phi)(n^3)(D_a^5)(\rho)}{gc}$$

P = 0.913 H.P. (métrico)

Trabajo a 90 r.p.m. = 20 min.

Trabajo a 30 r.p.m. = 15 min.

Tiempo par retirar el agitador y separar la goma del aceite : 25 min. Para mejorar



el procedimiento operativo, se trabaja con dos tanques de desgomado.

Los agitadores constan de un eje vertical, al que se unen dos brazos horizontales en forma de palas, estas se encuentran en posiciones alternadas a lo largo del eje, de modo que puedan alcanzar todas las porciones de la carga, y con un ángulo de  $45^\circ$ , para ejercer una acción elevadora, cuando están en marcha. La velocidad aproximada elegida es de 90 r.p.m. para una agitación rápida y 30 r.p.m. para la operación lenta; la primera para mezclar íntimamente y emulsionar el aceite con el vapor condensado, mientras que la segunda esta destinada solamente a conservar el movimiento del contenido del tanque, manteniendo las partículas de goma en suspensión mientras se reúnen.

Finalmente la mezcla se lleva a una centrífuga (para una separación más eficiente de las gomas) cuyas especificaciones y características de desempeño se muestran en el cuadro N<sup>o</sup> 31.

Se utilizaron dos (02) tanques para realizar el desgomado y cada uno debe almacenar un volumen equivalente al flujo de aceite por hora proveniente del filtro.

Es decir cada uno almacenará :

$$V = 2107.18 \text{ Kg} / 0.86 \text{ Kg/lt} = 2450.40 \text{ lt.}$$

$$V = 647 \text{ Gl.}$$

**CUADRO N° 31  
CARACTERISTICAS DE LA CENTRIFUGA**

| TIPO                       | DIAMETRO<br>DEL<br>TAZON<br>PULG | VELOCIDAD<br>R.P.M. | FU                                |  | RENDIMIENTO        |                   | TAMAÑO<br>TIPICO DEL<br>MOTOR<br>HP | COSTO<br>DE<br>ADQUISICION<br>US\$ |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--|--------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
|                            |                                  |                     | CENTRIFUGA<br>MAXIMA<br>POR GRAV. |  | LIQUIDO<br>GAL/MIN | SOLIDOS<br>TON/HR |                                     |                                    |
| DESCARGA<br>POR<br>TOBERAS | 10                               | 10000               | 14200                             |  | 10 - 40            | 0.1 - 1           | 20                                  | 25000                              |

Los costos de adquisición se han obtenido de la Ref. bibliográfica # 08 al cual se ingresa con la capacidad en galones, siendo el costo por cada tanque de US\$ 4900.

Siendo el tanque de un material de acero al carbono.

Por lo tanto el costo total de los dos (02) tanques para el desgomado será de US\$ 9800.

### **Diseño del deodorizador**

#### **Deodorización**

La deodorización con vapor es factible, debido a las grandes diferencias que existen entre la volatilidad de los tri-gliceridos, y la de la substancia que dan el sabor y olor indeseables los aceites y grasas.

La operación se lleva a cabo a temperaturas elevadas, para aumentar la volatilidad de los componentes odoríferos,

aplicando una presión reducida durante la operación, se protege el aceite caliente contra la oxidación, se impide la hidrólisis indebida del aceite por acción del vapor de agua.

Pocas sustancias responsables del olor y sabor de los aceites se han identificado completamente, así tenemos ciertas cetonas sobre todo la metil nonil cetona e hidrocarburos terpénicos.

Se ha observado que, generalmente, junto con la eliminación del sabor y olor, aparece una disminución del contenido en ácidos grasos libres. Es por consiguiente, probable que las presiones de vapor y los pesos moleculares de las sustancias odoríferas sean del mismo orden de magnitud, que los ácidos grasos comunes, de 12 a 18 átomos de carbono.

La deodorización destruye también los peróxidos y elimina los aldehidos y otros productos volátiles que se hayan podido formar, por oxidación atmosférica.

Debido a la inestabilidad que presentan ante el calor los pigmentos carotenoides, la deodorización disminuye marcadamente el color.

En la deodorización con vapor, el vapor de borboteo, sólo sirve para arrastrar las sustancias que van a separar del aceite, no ejerciendo ninguna acción química sobre éste.

#### Teoría del borboteo con vapor

Suponiendo que el sistema consista de un aceite no deodorizado, con sus impurezas volátiles asociados según la Ley de Raoult:

$$P_v = p_v ( V / ( A + V ) )$$

$P_v$  : Presión de equilibrio del componente volátil en el aceite.

$p_v$  : Presión de vapor del componente volátil puro.

$V$  : Moles de componente volátil.

$A$  : Moles de aceite.

debido a que  $V < A$  luego:

$$P_v = p_v V / A \dots\dots (1)$$

Según la ley de Dalton, en los vapores procedentes del desodorizador y en cualquier instante:

$$\frac{dM}{dV} = \frac{P_s}{p'_v} \dots\dots (2)$$

$M$  : Moles de vapor de agua.

$P_s$  : Presión parcial real del vapor de agua.

$p'_v$  : Presión real del componente volátil.

como :  $p'_v < P_s$

$$\text{Presión total (P)} = p'_v + P_s \dots\dots (3)$$

$$\frac{dM}{dV} = \frac{P}{p'_v} \dots\dots (4)$$

definimos un factor E (eficacia de vaporación)

$$E = p_v / P_v \dots\dots (5)$$

combinando las ecuaciones (1) ... (5) y reordenando :

$$\frac{dM}{dV} = \frac{F A}{E P_v V} \dots\dots (6)$$

$$\text{integrando : } M = \frac{F A}{E P_v} \ln \frac{V_1}{V_2}$$

$V_1$  : Concentración inicial de sustancias volátiles en el aceite.

$V_2$  : Concentración final de sustancias volátiles en el aceite.

La eficiencia de vaporización es una medida del grado al que se satura el vapor de agua de sustancias volátiles, a su paso por el aceite.

De la teoría de la doble capa de Withman, sobre la absorción de gases, se deduce que, en cualquier instante la



velocidad de transferencia de la sustancia volátil desde el aceite a una burbuja de vapor es:

$$d P'_{\nu} / d t = k s ( P_{\nu} - P'_{\nu} ) \dots\dots (7)$$

t : Tiempo de contacto entre la burbuja de vapor y el aceite.

s : área de la burbuja.

k : Constante de difusión del gas.

integrando la ecuación (7)

$$s.k.t = \ln(p_{\nu} / (p_{\nu} - p_{\nu}')) \text{ ó}$$

$$E = 1 - e^{-s k t}$$

Las ecuaciones anteriores se aplican estrictamente sólo a soluciones ideales.

Parece totalmente probable que, un aceite que contiene un porcentaje moderado de ácidos grasos libres, no se desvía mayormente del estado ideal, por lo cual la eficacia máxima de vaporización

aparente no está lejos de la unidad,  
siendo para el aceite de maíz  
aproximadamente de 0.9.

Porcentaje de acidez como oleico inicial =  
0.10

Porcentaje de acidez como oleico final  
0.04

Se considera presión de vapor de las  
sustancias odoríferas a 215°C = 20 mmHg

Presión total del sistema = 10 mmHg

$$W = \frac{P \cdot A}{E \cdot p_v} \ln \frac{V_1}{V_2}$$

considerando el peso molecular del aceite  
de 282 Kg/mol

$$w = 67.84 \text{ kg/hr}$$

Aceite que ingresa : 2087.74 Kg/hr

Acidos grasos retirados : 1.25 Kg/hr

Aceite que sale : 2086.49 Kg/hr

#### **Tiempo de deodorización**

Ciclo completo es de : 6 hr

deodorización en sí : 4 hr

carga, calentamiento, refrigeración,  
descarga : 2 hr.

El deodorizador trabaja en forma discontinua, para una carga de : 8345.96 Kg/hr

### **Se llena el recipiente por 4 Hr**

Teniendo un volumen de 9.60 mt<sup>3</sup> (2800 gal)  
con densidad : 870 Kg/mt<sup>3</sup>

Debido a las condiciones de trabajo del desodorizador, el espacio vacío debe ser igual a la que contiene el aceite:

Siendo las dimensiones : H = 4 mt. (2 mt. de vacío por condiciones de operación)

D = 2.40 mt

Para la instalación proyectada se tiene que instalar un tanque pulmón para recepcionar el aceite durante 6 hr. con factor de seguridad de 10% adicional.  
capacidad = 4200 gal.

### **Fluido de calentamiento Downtherm**

Propiedades físicas:

- Calor de vaporización (Btu/lb)

125.0

Temperatura de ebullición (Presión atmosférica) = 495.8°F

**Aceite:**

Propiedades físicas:

$$C_p = 0.590 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

Temperatura entrada =  $25^\circ\text{C}$ ,

Temperatura final =  $215^\circ\text{C}$

$$m_a = 7848.56 \text{ Kg}$$

Balance de energía

$$m_D \lambda_D = m_A C_p \Delta T$$

Reemplazando tenemos:  $m_D = 12670.27 \text{ Kg/hr}$

para 4 hr de trabajo

Trabajando por el método de NUT

$$\epsilon = \Delta T_{\text{frío}} / \Delta T_{\text{max}} = (215 - 25) / (257.7 - 25)$$

$$\epsilon = 0.817$$

Siendo fluido frío el aceite

$$C_{\text{min}} = C_p m$$

$$C_{\text{min}} = 1157.66 \text{ kcal/hr.}^\circ\text{C}$$

$$U \text{ (recoemendado)} = 257.953 \text{ Kcal/mt}^2\text{.hr } ^\circ\text{C}$$

de la fig 10-17, ver referencia

$$\text{bibliográfica N96 } NUT_{\text{max}} = AU / C_{\text{min}} = 1.6$$

finalmente reemplazando

$$A = 7.18 \text{ mt}^2$$

De la referencia bibliográfica N98

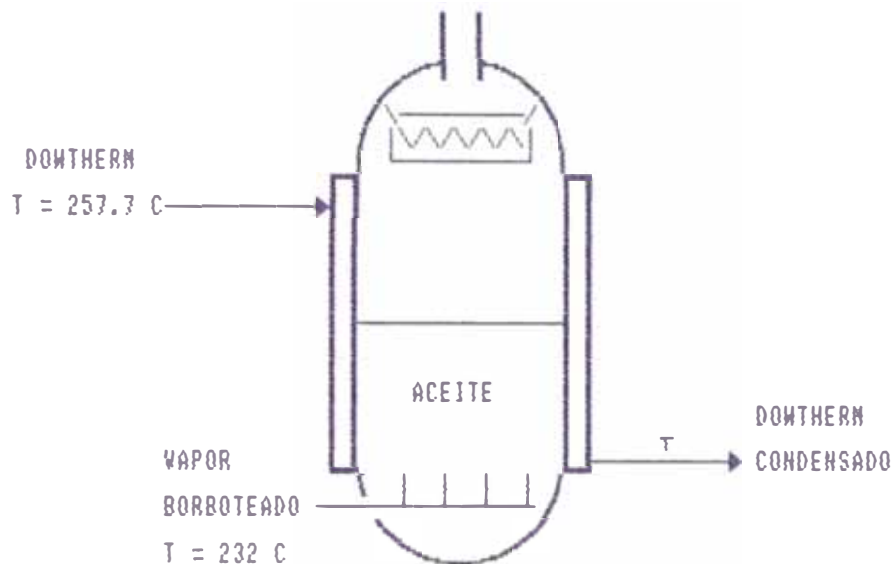
obtenemos los costos del tanque con

condensador para el Downtherm, obtenemos

el costos para el año 1990 : US\$ 4500

FIG. Nº 17

Balace de masa y energía en el tanque  
deodorizador.



#### Diseño del recalentador de vapor

Variables desconocidas:

- Flujo de vapor  $m_v = 67.82\text{ Kg/hr}$
  - Propiedades físicas del vapor de ingreso:
    - Temperatura :  $T = 358.4\text{ °F}$
    - Entalpia :  $H_{v1} = 1194.4\text{ Btu/lb}$
  - Propiedades físicas del vapor recalentado:
    - Temperatura :  $T = 450.0\text{ °F}$
    - Entalpia :  $H_{v2} = 1248.0\text{ Btu/lb}$
    - Capacidad calorífica :
- $C_p = 0.473\text{ Kcal/kg °C}$

- Temperatura de entrada del Dowtherm

$$T = 495.8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- Calor latente del Dowtherm:

$$\lambda_D = 69.438 \text{ Kcal/kg}$$

Variables desconocidas :

- Flujo de Dowtherm  $m_D$

- Area de calentamiento  $A$

Balance de Energía:

$$\lambda_D m_D = (H_{v2} - H_{v1})m$$

Reemplazando valores tenemos:

$$m_D = 29.08 \text{ Kg/hr}$$

Trabajando por el método de NUT

$$\epsilon = \Delta T_{\text{frío}} / \Delta T_{\text{max}} = (232.2 - 181.35) - (257.7 - 181.35)$$

$$\epsilon = 0.67$$

$$U \text{ (recoemendado)} = 180 \text{ Kcal/mt}^2 \cdot \text{hr } ^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{max}} = 32.08 \text{ Kcal/hr } ^\circ\text{C}$$

de la fig 10-17, ver referencia

$$\text{bibliográfica N}^\circ 6 \quad \text{NUT}_{\text{max}} = AU / c_{\text{max}} = 1.3$$

finalmente reemplazando

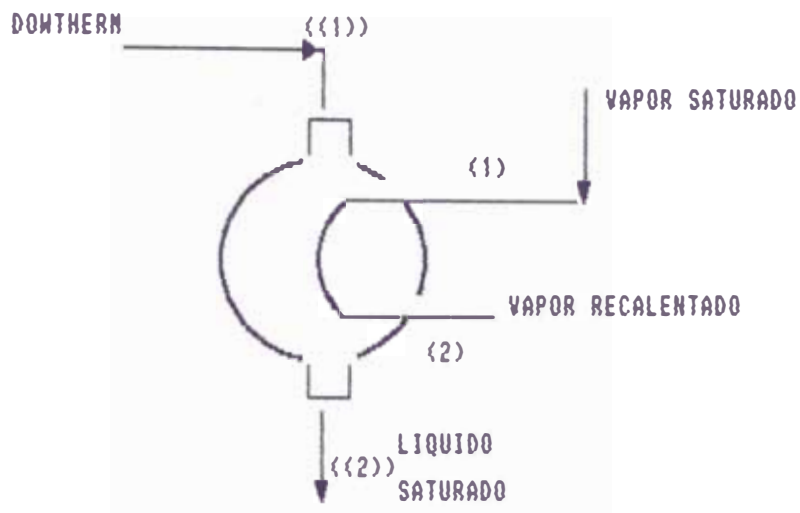
$$A = 0.23 \text{ mt}^2$$

De la referencia bibliográfica N<sup>o</sup>8

obtenemos el costo para el año 1990 : US\$

1600

FIG. Nº 18  
RECALENTADOR DE VAPOR



### Diseño del condensador barométrico

La condensación del vapor mediante una llovizna del Downtherm que debido a la ubicación lo suficientemente alta cae por gravedad. En el vacío interno donde ocurre el contacto del vapor y las gotas del líquido.

Variables desconocidas :

- Temperatura del líquido que cae:

$$T_1 = 68 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- Temperatura de la mezcla:

$$T_2 = 120 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- Propiedades del Downtherm:

Calor latente :  $\lambda_v = 125.0 \text{ Btu/lb}$

Densidad :  $\rho = 850.7 \text{ Kg/mt}^3$

VARIABLES DESCONOCIDAS :

- Flujo del líquido

Cálculos

La relación de líquido de contacto con vapor:

$$\frac{\text{flujo de líquido}}{\text{flujo de vapor}} = \frac{V - (T_2 - 32)}{T_2 - T_1}$$

para un flujo de vapor de 758.18 Kg/hr

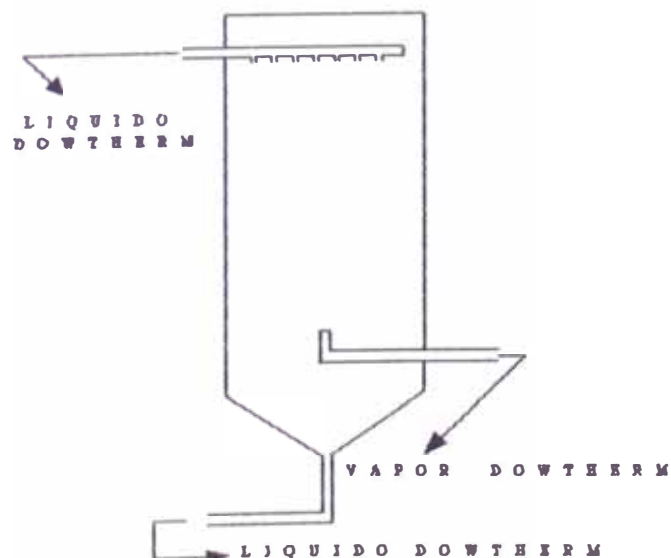
flujo del líquido = 539.47 Kg/hr

De la referencia bibliográfica Nº8

costo de adquisición = 4000 US\$ de material de acero al carbono.

FIG. Nº 19

DISEÑO DEL CONDENSADOR BAROMETRICO





**Diseño del eyector de tres pasos**

Que consiste en un eyector primario, de gran capacidad, provisto de condensador, otro secundario pequeño con condensador y un tercero sin condensador, para la descarga de los gases no condensables.

Los eyectores diseñados para trabajar con presión de vapor para los eyectores de: 150 lb/pulg<sup>2</sup>

agua de refrigeración de 20°C

para tener una presión absoluta en el tanque deodorizador : 10 mmHg

$$\frac{\text{vapor consumido en los eyectores}}{\text{vapor de borboteo}} = 3.75$$

Siendo vapor de reborbotado = 67.82 Kg/hr

Entonces vapor consumido = 254.33 Kg/hr

También:

$$\frac{\text{Agua de refrigeración (lt)}}{\text{Kg de vapor consumido}} = 125$$

Para estas condiciones:

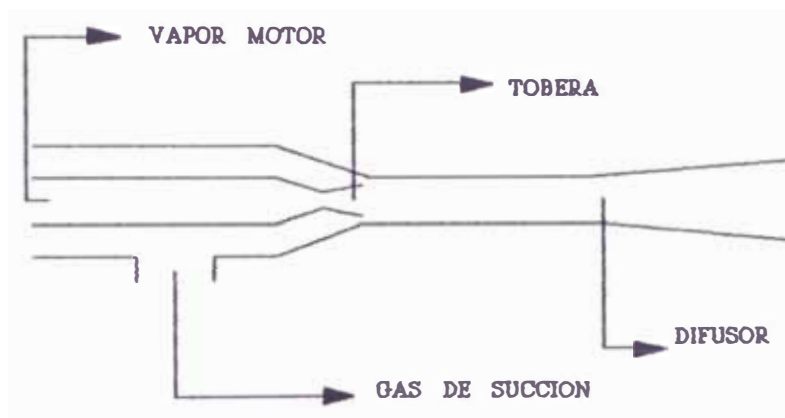
Consumo de agua = 31790.625 litros

De la fig. 14-44, ver referencia bibliográfica Nº8 tenemos el costo de

adquisición: 12000 US\$ (para el 1990), de material de acero al carbono.

FIG. Nº 20

## EYECTOR



### Selección del tanque para almacenamiento de liquido dowtherm

Se utilizará un tanque atmosférico que por lo común se obtiene el costo mínimo con una forma cilíndrica vertical y un fondo relativamente plano al nivel de terreno.

Para nuestro requerimiento necesitamos un tanque que almacene 1179.00 gal, las dimensiones de este son según tabla 6.51 A (ver referencia bibliográfica Nº9)

Diámetro : 64 pulg

Altura : 85 pulg

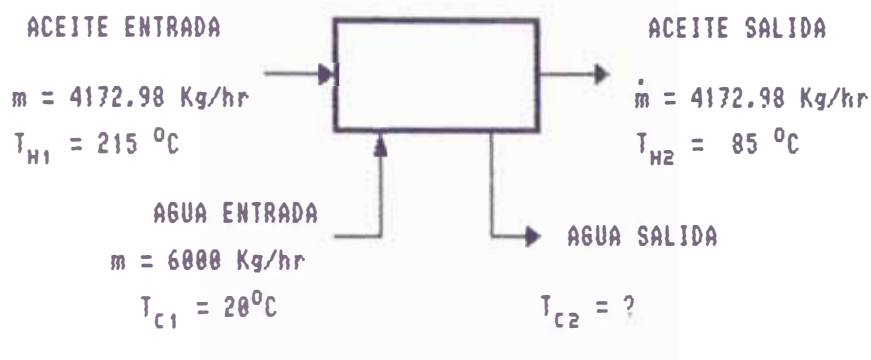
El costo de adquisición lo obtenemos de la fig. 14.56 (ver referencia bibliográfica N98) al cual se ingresa con la capacidad en galones siendo el costo de US\$ 6000 para un tanque cuya material es acero al carbono.

#### **Diseño del intercambiador de calor (a la salida del deodorizador)**

El aceite proveniente del deodorizador que es descargado como aceite terminado sale a una temperatura alta aproximadamente 215°C, ya que va ser almacenado a una presión normal es necesario bajarle la temperatura para evitar su oxidación o descomposición para tal efecto es necesario instalar un intercambiador de calor a la salida de la descarga de la bomba de aceite, las condiciones de entrada y salida del intercambiador de calor para el aceite y el agua muestran en el siguiente esquema:

FIG. Nº 21

## INTERCAMBIADOR DE CALOR



## DEL BALANCE DE ENERGIA

CALOR CEDIDO POR EL ACEITE=CALOR GANADO POR EL AGUA

$$4172.98 \text{ Kg/hr} \cdot 0.590 \text{ Kcal/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} (215-85) = 6000 \text{ Kg/hr} \cdot 1 \text{ Kcal/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} (T_{C2}-20)$$

$$T_{C2} = 80.20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

La determinación del área del intercambiador la obtendremos de la siguiente relación :

$$q = FUA \Delta T_m$$

donde :

F: Factor de corrección para un intercambiador de calor

U: coeficiente de transferencia de calor total

A: Área de superficie para transferencia de calor

$\Delta T_m$  : Diferencia de temperatura media a través del intercambiador de calor.

Entonces :  $\Delta T_m = 51.86^\circ\text{C}$

U = 60 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.°C valor aproximado obtenido de la tabla 10-1, ver referencia bibliográfica Nº 06 del cambiador de calor agua-aceite.

F = 0.83 del Gráfico 10-9 (ver referencia bibliográfica Nº 06) para R=0.36 y P=0.90

$$A = 116.55 \text{ ft}^2.$$

El intercambiador de calor seleccionado es un intercambiador de calor de dos pasos en la chaqueta y cuatro pasos en los tubos.

El costo de adquisición lo obtenemos del Gráfico 15.16 (ver referencia bibliográfica Nº 08) para un material de acero al carbono un área de 120 ft<sup>2</sup> es de US\$ 3300.

**Diseño de las bombas que transportan aceite en las restantes unidades**

Se usaran bombas alternativas debido a las características de nuestro fluido como ya se explico anteriormente:

- Salida de la prensa de extracción  
Q = 1657.60 Kg/hr (8.50 gln/min)  
Potencia : 1.50 HP  
Costo : US\$ 6000
- Salida del extractor solido - liquido  
Q = 4819.23 Kg/hr  
Potencia : 2.00 HP  
Costo : US\$ 8000
- Salida del destilador diferencial  
Q = 560.48 Kg/hr (2.86 gln/min)  
Potencia : 0.50 HP  
Costo : US\$ 4500
- Salida de la centrífuga  
Q = 2087.38 Kg/hr (10.70 gln/min)  
Potencia : 1.50 HP  
Costo : US\$ 7000
- Salida del filtro rotatorio  
Q = 2087.38 Kg/hr (10.70 gln/min)  
Potencia : 1.50 HP  
Costo : US\$ 7000

Los costos de adquisición son obtenidos del gráfico N° 14.39 ver referencia bibliográfica N° 08, para un material de hierro fundido.

### **Selección de la bomba para el agua de enfriamiento**

El agua de enfriamiento es para enfriar el aceite que sale del deodorizador es decir en el intercambiador de calor de dos pasos en la chaqueta y cuatro pasos en los tubos, para este fin usaremos una bomba centrífuga. Esta deberá manejar un flujo de :

$$Q = 5000 \text{ Kg de agua/hr (22 gln/min)}$$

Al entrar con este dato al gráfico N° 14.40 (ver referencia bibliográfica N°8) el costo de adquisición y la potencia de la bomba es US\$ 565.00 y 4.0 HP respectivamente para un Head de 150 ft, el motor no esta incluido en el valor, entonces al entrar en el gráfico N° 14.54 (ver referencia bibliográfica N°8) al coste de un motor de 4.0 HP es de US\$ 130.

— **Selección de la bomba de descarga del hexano condensado**

Se usara una bomba centrífuga que deberá manejar un flujo de :

$$Q = 4721.54 \text{ Kg/hr (31.96 gln/min)}$$

del gráfico N° 14.40 la potencia de la bomba es 6 HP y un costo de la bomba es US\$ 578.00 sin incluir motor, al entrar al gráfico N° 14.54 (ver referencia bibliográfica N°8) el valor del motor es US\$ 132.00 el costo total es US\$ 710.00.

— **Bomba para el agua de enfriamiento en el condensador**

Se usará una bomba centrífuga que deberá manejar un flujo de :

$$Q = 8813.54 \text{ Kg/hr}$$

del gráfico N° 14.40 (ver referencia bibliográfica N° 08) la potencia de la bomba es de 8 HP y un costo de US\$ 508.00 que al adicionarse el valor del motor US\$ 312.00 el costo total es US\$ 820.00.



**Selección de la bomba de carga del vaporizador dowtherm y de descarga del condensado dowtherm del deodorizador**

Para la selección de esta bomba tomaremos en consideración el tipo de liquido a manejar (DOWTHERM), la viscosidad, temperatura y entre otras consideraciones a los posibles daños corrosivos. Para tal efecto diremos que el DOWTHERM es un compuesto orgánico liquido de viscosidad similar al agua no reacciona químicamente con los metales que se usan en los equipos por lo que seleccionaremos una bomba centrífuga conveniente y que más se utiliza para transferir líquidos de todo tipo, siendo sus ventajas primordiales :

- simplicidad
- bajo costo inicial

**flujo uniforme**

- costos bajos de mantenimiento

El costo de adquisición lo determinamos en base al flujo en galones por minuto que ingresa al vaporizador, del DOWTHERM (17 gln/min) al entrar con este dato al gráfico N° 14.40 (ver referencia

bibliográfica N° 08) obtenemos el costo y la potencia de la bomba US\$ 690 y 4 HP, el costo de la bomba es sin el motor por lo que hay que adicionarle el costo de este último al que se determina con el gráfico N° 14.54 de la misma referencia su precio de US\$ 250 por lo tanto el costo de la bomba completa es de US\$ 940.00, por lo tanto el costo de las dos bombas es US\$ 1880.00

#### **Selección de la bomba de carga de hexano al extractor por solvente**

Se usará una bomba centrífuga que deberá manejar un flujo de :

$$Q = 4817.40 \text{ Kg/hr ( 32.61 gln/min )}$$

del gráfico 14.40 (ver referencia bibliográfica N° 08) la potencia de la bomba es 4 HP y su costo de US\$ 570 al cual hay que adicionarle el precio del motor que es de US\$ 130.00. El costo total es entonces US\$ 700.00.

### Selección de la bomba de descarga de los tanques de desgomado

Una vez concluida la hidratación de las gomas en el tanque, proceso que dura aproximadamente 35 min, debe ser descargada a la centrífuga donde se realizará la separación física de las gomas del aceite, para tal efecto la bomba deberá descargar en un tiempo de 25 min la cantidad de 2140.90 Kg de aceite tratado en el tanque, es decir el flujo que debe manejar la bomba es de :

$$Q = 26.28 \text{ gln/min}$$

Como el fluido de trabajo es aceite la bomba que más se adecua a este fluido se ha considerado como alternativa la de desplazamiento positivo.

El costo de la bomba alternativa lo obtenemos del gráfico 14.39 (ver referencia bibliográfica Nº 08) al entrar con el dato del flujo en galones por minuto y para una bomba cuyo material es hierro fundido el costo es de US\$ 8000, las

características se muestran en el cuadro N° 32.

CUADRO N° 32

Características de la bomba alternativa

| BOMBA            | CAPACIDAD<br>(gln/min) | CAIDA PRESION<br>(lb/pulg <sup>2</sup> ) | POTENCIA<br>(HP) | MATERIAL | COSTO<br>(US\$) |
|------------------|------------------------|--|------------------|----------|-----------------|
| ALTER-<br>NATIVA | 26.28                  | 150                                      | 3                | Fe-fund. | 8,000           |

#### Selección de la bomba de descarga del deodorizador

Teniendo en consideración que el tiempo de descarga del aceite deodorizado es 1 hora, esto implica que la bomba deberá descargar 8345.96 Kg, para tal efecto se considera una bomba de desplazamiento positivo (alternativa) ya que las eficiencias generales de estas bombas son más elevadas que las de los equipos centrífugos por que se minimizan las pérdidas internas, en consecuencia al ser nuestro fluido de trabajo el aceite, cuya viscosidad es alta es decir una alta resistencia a fluir es necesario que la bomba minimize este efecto y tenga una alta eficiencia, condiciones que cumple la

bomba considerada, cuyo Head es 150 lb/pulg<sup>2</sup>.

Para determinar el costo de la misma es necesario tener el flujo en galones por minuto:

$$Q = 41.00 \text{ gln/min}$$

Al entrar con este dato al Gráfico 14.39 (ver referencia bibliográfica N98) para una bomba de hierro fundido el costo de adquisición es US\$ 10000, las características se muestran en el cuadro N° 33.

CUADRO N° 33

Características de la bomba alternativa

| BOMBA            | CAPACIDAD<br>(gln/min) | CAIDA PRESION<br>(lb/pulg <sup>2</sup> ) | POTENCIA<br>(HP) | MATERIAL | COSTO<br>(US\$) |
|------------------|------------------------|--|------------------|----------|-----------------|
| ALTER-<br>NATIVA | 41.00                  | 150                                      | 5                | Fe-fund. | 10,000          |

### 3.2.5. Requerimientos de servicios :

#### Generadores de vapor

Para este proyecto se requiere una caldera de vapor para uso industrial.

Seleccionamos una caldera de vapor de tubos térmicos que se caracteriza por contener los productos de combustión (gases) dentro de los tubos del quemador y el agua que se evapora ( vapor ) rodea a los tubos. Estos quemadores de tubos térmicos se clasifican, según su capacidad, en función de caballos de fuerza del quemador esta se define como la capacidad para evaporar 34.5 lbs de agua a 212°F. Existen en tamaños que van de 5 a 750 HP siendo competitivos en precios y costos de instalación.

Nuestro requerimiento de vapor es de 11038 lbs/hr (5000 kg/hr) es decir necesitamos una caldera de 320 HP de capacidad.

La presión de trabajo es de 150 psig.

El contenido calorífico (entalpia) del vapor saturado es: 1194.7 Btu/lbm

El calor total entregado ( $Q_e$ ) = 11038 x 1194.7

$$= 13187099 \text{ Btu/hr}$$

Considerando una pérdida del 10% el calor total entregado a la caldera es :  
14505809 Btu/hr.

### **Cálculo de combustible**

Se usará petróleo Diesel N° 2 para el funcionamiento de la caldera.

El contenido calorífico del petróleo es :  
18600 Btu/lbm

La cantidad de combustible por hora será :  
780 lbs/hr

El consumo de petróleo en galones : 98.36  
gln/hr.

### **Vaporizador Dowtherm**

El Dowtherm A es muy estable a temperaturas moderadamente elevadas. Sin embargo el sobrecalentamiento excesivo, se puede conllevar su descomposición completa en carbono e hidrógeno. La formación de carbono se produce cuando existe estancamiento de Dowtherm A, donde las fracciones ligeras se destilan, dejando tras ella las fracciones del punto de ebullición más alto, que se carbonizan.

Cuando se inicia la descomposición, el carbono forma una película sobre la superficie, y esto hace aumentar la resistencia térmica, por lo que se acelera la descomposición, de este modo el vaporizador se puede llenar completamente de carbón en unas cuantas horas.

Para evitar el sobrecalentamiento y la descomposición, se tienen sistemas de retorno más convenientes por ejemplo el de gravedad. El vapor se eleva del vaporizador a los condensados y fluye de regreso al vaporizador mediante la gravedad. En este sistema no se necesita piezas móviles y así se evita escape con las consideraciones antes mencionadas y material de construcción adecuado, los generadores de vapor industriales tienen gran semejanza, por lo que adoptamos sus sistema de cálculo para los costos.

El requerimiento de vapor es 7032.6 lbs/hr, es decir, se necesita un vaporizador de 200 H.P. El contenido



calorífico (entalpía) del vapor es: 343.8  
Btu/lbm.

El calor total entregado es:

$$\begin{aligned} Q_T &= 7032.6 \text{ lbs/hr} \cdot 343.8 \text{ Btu/lbm} \\ &= 2417807.9 \text{ Btu/hr.} \end{aligned}$$

Considerando una superficie adicional de  
10%, el calor **total** entregado por el  
vaporizador es:

$$Q_T = 2659588.67 \text{ Btu/hr}$$

### **Cálculos del combustible**

Se usará petróleo diesel Nº 2, en el  
**vaporizador**

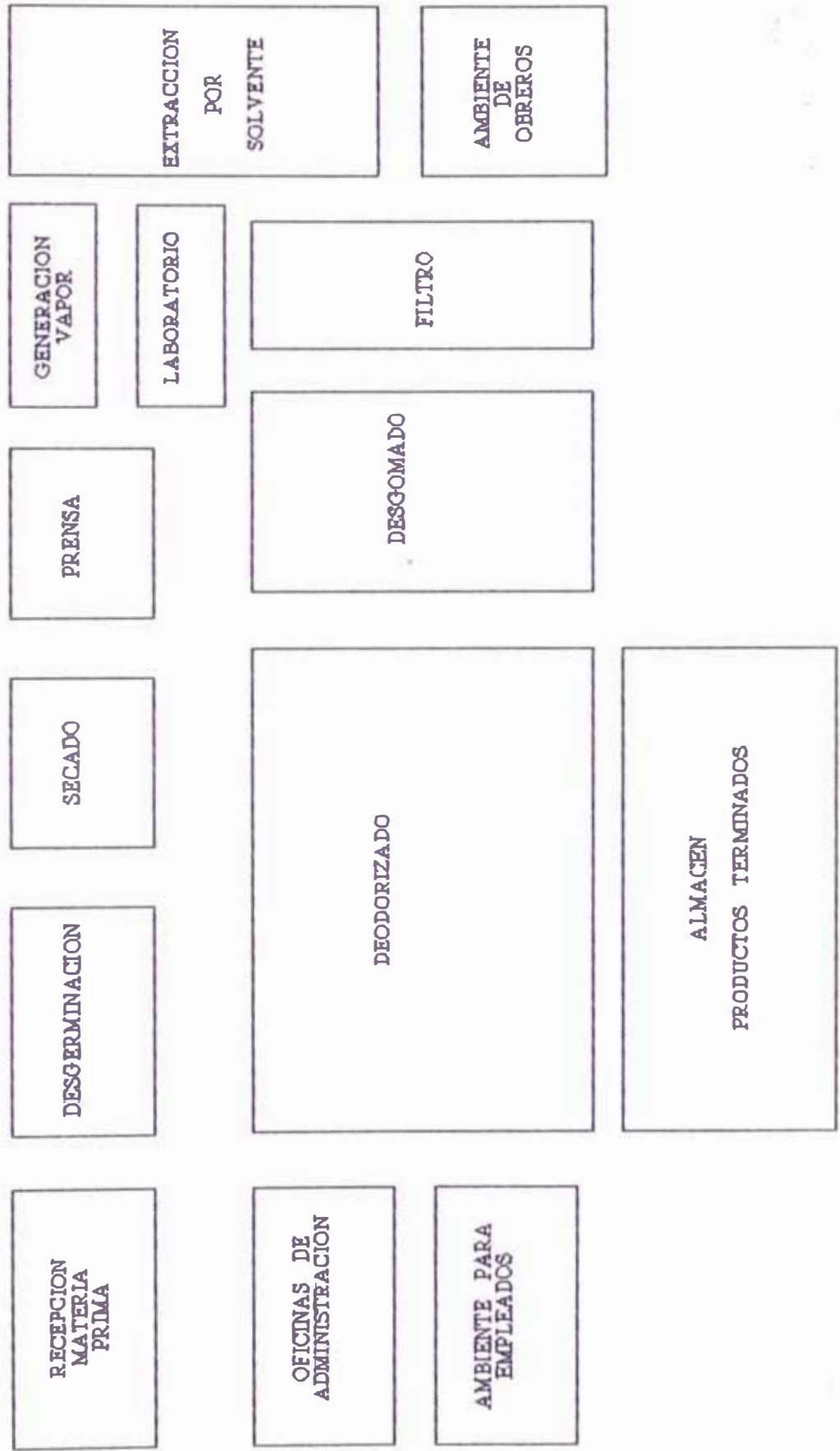
El contenido calorífico del petróleo es:  
**18600 Btu/lbm.**

La cantidad de combustible por **hora** es:

$$\begin{aligned} &\text{Calor total/contenido calorífico} \\ &= 143 \text{ lbs/hr} \end{aligned}$$

Consumo de petróleo : 18 gal/hr

**FIG. N° 21  
DISPOSICION DE LA PLANTA**



**3.2.9.- Normas de calidad del aceite vegetal comestible**

- No contener más de 0.1% de agua
- No contener trazas de solventes empleado en su extracción.
- No contener una acidez libre mayor del 0.35%, expresado como ácido oleico.
- No presentar un índice de peróxido mayor de 5 meq/Kg de muestra.
- De tratarse de un aceite winterizado este debe tener una resistencia al frío mínimo de 5 horas a una temperatura de 0°C.

## **IV.-ESTUDIO ECONOMICO**

El punto de partida de este estudio será la determinación de la inversión de capital fijo el mismo que se basara en los valores de los equipos diseñados anteriormente y a partir de ella será posible determinar los demás costos que permiten realizar la evaluación económica del proyecto.

### **4.1.-Inversión de capital fijo**

La inversión de capital fijo para la producción representa el capital necesario para adquirir e instalar los equipos destinados al proceso, con todos los servicios auxiliares necesarios para el funcionamiento del proceso completo denominado también costo directo.

El capital fijo necesario para los gastos generales de la construcción y para todos los componentes de

la planta no vinculados directamente con la producción son los destinados para el terreno las obras civiles de la planta, las oficinas administrativas y otros servicios auxiliares, talleres, gastos de ingeniería etc., denominado también costos indirectos.

Los costos de adquisición de los equipos determinados en base al diseño efectuado, sirven como referencia a partir del cual se determinan los costos de adquisición de los demás servicios, tal como se muestra en los cuadros siguientes los cuales se ciñen a los valores recomendados en la Industria (1990).

#### 4.1.1.-Costo actual de los equipos

Los costos determinados en dólares por los diferentes equipos fueron estimados para el año 1990 por lo que debemos actualizar el costo de los mismos al año 1993 para lo cual se empleara la siguiente relación

$$\text{Costo actual} = \frac{\text{Costo original} \times \text{índice Actual}}{\text{Índice en la fecha anterior}}$$

Los índices para el año 1990 es 915.10 y para el año 1993 es 963.10

Por lo tanto :

$$\begin{array}{l} \text{Costos de los equipos} = \text{Costo original de los equipos} \\ \text{año 1993} \qquad \qquad \qquad \text{año 1990} \times 1.05 \end{array}$$

Los costos actualizados de los diferentes equipos se presentan en el siguiente cuadro.

Es preciso mencionar que los costos de los equipos en algunos casos se han obtenido transacciones reales al año 1993 por lo que no se han actualizado con los índices.

## COSTO DE LOS EQUIPOS

| EQUIPO                                    | COSTO US\$ 1993 |
|---|-----------------|
| CERNEDOR PLANO                            | 27,000.00       |
| SEPARADOR DE PIEDRAS                      | 13,000.00       |
| DESGERMINADOR                             | 20,000.00       |
| SECADOR DE BANDEJAS                       | 12,600.00       |
| VENTILADOR DE AIRE                        | 4,725.00        |
| CALENTADOR DE AIRE                        | 68,775.00       |
| PRENSA DE EXTRACCION                      | 60,000.00       |
| FILTRO ROTATORIO DE VACIO                 | 105,000.00      |
| MOLINO DE ATRICCION                       | 17,850.00       |
| TANQUE PARA ALMACENAR HEXANO              | 10,500.00       |
| EXTRACTOR PARA SOLVENTE                   | 444,372.00      |
| FILTRO GIRATORIO DE PRESION               | 26,250.00       |
| UNIDAD DE EVAPORACION INSTANTANEA         | 3,675.00        |
| SEPARADOR LIQUIDO VAPOR                   | 11,025.00       |
| CONDENSADOR                               | 7,350.00        |
| TANQUE DE DESGOMADO (2)                   | 10,290.00       |
| CENTRIFUGA                                | 25,000.00       |
| DEODORIZA FOR TANQUE                      | 4,725.00        |
| EYECTOR DE 3 PASOS                        | 12,600.00       |
| VAPORIZADOR DEL DOWTHERM                  | 6,300.00        |
| RECALENTADOR DE VAPOR BORBOTADO           | 1,680.00        |
| CONDENSADOR BAROMETRICO                   | 4,200.00        |
| TANQUE ALMACENAJE DEL DOWTHERM            | 6,300.00        |
| INTERCAMBIADOR DE CALOR (DEODORIZADOR)    | 3,465.00        |
| TORNILLOS SIN FIN                         |                 |
| CARGA AL DESGERMINADOR                    | 9,000.00        |
| CARGA AL SECADOR DE BANDEJA               | 4,000.00        |
| CARGA A LA PRENSA                         | 5,000.00        |
| CARGA AL MOLINO                           | 2,500.00        |
| CARGA AL EXTRACTOR                        | 2,500.00        |
| BOMBAS ALTERNATIVAS                       |                 |
| DESCARGA TANQUES DESGOMADO                | 8,400.00        |
| DESCARGA DE LA PRENSA                     | 6,300.00        |
| DESCARGA DEL EXTRACTOR                    | 8,000.00        |
| DESCARGA DEL SEPARADOR INSTANTANEO        | 4,725.00        |
| DESCARGA DEL FILTRO ROTATORIO             | 6,300.00        |
| DESCARGA DE LA CENTRIFUGA                 | 7,350.00        |
| BOMBAS CENTRIFUGAS                        |                 |
| CARGA DEL DOWTHERM AL EVAPORADOR          | 940.00          |
| DESCARGA DEL DOWTHERM CONDENSADO          | 940.00          |
| PARA AGUA DE ENFRIAMIENTO DEL ACEITE      | 695.00          |
| DESCARGA DEL HEXANO                       | 710.00          |
| PARA AGUA DE ENFRIAMIENTO CONDENSADOR     | 820.00          |
| PARA CARGA DE HEXANO AL EXTRACTOR         | 700.00          |
| MAQUINA LLENADORA Y ROSCADORA DE BOTELLAS | 534,000.00      |
| ETIQUETADORA ROTATIVA                     | 59,000.00       |
| MAQUINA CAPSULADORA                       | 15,000.00       |

4.1.2.- COSTO TOTAL DE LOS COMPONENTES DE LA  
INVERSION FIJA (EXPRESADOS COMO UN  
PORCENTAJE DE LA INVERSION DE  
CAPITAL FIJO)

| COMPONENTES                    | % DEL TOTAL<br>SUPUESTO | COSTO        |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|
| COSTOS DIRECTOS                |                         |              |
| EQUIPO ADQUIRIDO               | 40                      | 1'590,380.00 |
| INSTALACION DE EQUIPOS         | 6                       | 238,557.08   |
| INSTRUMENTACION Y CONTROL      | 5                       | 198,797.56   |
| CAÑERIAS Y TUBERIAS INSTALADAS | 3                       | 119,278.54   |
| INSTALACIONES ELECTRICAS       | 2                       | 79,519.03    |
| ORRAS CIVILES                  | 3                       | 119,278.54   |
| MEJORAS DEL TERRENO            | 2                       | 79,519.03    |
| INSTALACIONES DE SERVICIO      | 8                       | 318,076.10   |
| TERRENO                        | 2                       | 79,519.03    |
| COSTOS INDIRECTOS              |                         |              |
| INGENIERIA Y SUPERVISION       | 4                       | 159,038.05   |
| GASTOS DE CONSTRUCCION         | 4                       | 159,038.05   |
| HONORARIOS DEL CONTRATISTA     | 2                       | 79,519.03    |
| EVENTUALES (MUEBLES)           | 5                       | 198,797.56   |
| HEXANO                         |                         | 3,372.60     |
| DOWTHERM                       |                         | 27,946.60    |

### Inversión de capital fijo

Se obtiene pues del cuadro mostrado siendo la suma total de los costos directos e indirectos siendo el resultado:

$$\text{Inversión Capital Fijo} = 3'550,637.30$$

### 4.2.- Evaluación del proyecto

En este punto de la evaluación económica se desarrollara una serie de cálculos que nos permitan



concluir que el proyecto tiene buenas posibilidades de ser rentable es decir poder establecer con seguridad el valor potencial del proceso de tal manera que el proyecto pase a la etapa de desarrollo, para tal efecto se evaluarán los rubros siguientes :

#### **Cálculo de las inversiones totales**

Se le conoce también como la inversión total de capital que es la suma de la inversión de capital fijo mas el capital de trabajo en el que se incluyen reposición de algunos insumos.

Se tendrán las siguientes consideraciones:

- terreno, inversión en el año 0
- edificios, inversión 90% en el año 1 y 10% en el año 2
- equipos, inversión 40% en el año 1 y 60% en el año 2
- muebles, inversión en el año 2
- intangibles, inversión 20% en el año 0, 20% en el año 1 y 60% en el año 2

Tal como se muestra en el cuadro 34

### **Servicio de la deuda**

Se tendrá las siguientes consideraciones :

- Interés Nominal Anual 18% (en el país en dólares americanos)
- Comisión de compromiso 2%
- Plazo en años 10
- Período de gracia en años 2

Los resultados se muestran en el cuadro 35

### **Cargos por depreciación**

La disminución del valor de los activos (equipos) con el tiempo constituyen en realidad un costo que se afronta por usar el equipo y debe distribuirse a lo largo de los quince (15) años.

Los resultados se muestran en el cuadro 36

### **Amortización de intangibles**

En cinco (5) años

### **Cálculo de las unidades producidas**

Se considera como requerimiento técnico de existencias quince (15) días de venta.

### **Número de trabajadores**

Es determinado por la necesidad de cada área y en base a las unidades producidas, los costos laborales están dados en dólares por año.

**Materiales adicionados**

Acido fosforico : utilizado en el proceso del  
desgomado de acuerdo a la  
siguiente relación.

|                  |       |
|------------------|-------|
| Acido fosforico  |       |
| <hr/>            | 0.002 |
| Unid. producidas |       |

Precio del ácido fosfórico = US\$ 0.70/Kg  
al 85%

Envases : For cada litro producido de aceite  
necesitamos 50 gr. de envase.

Precio del envase = US\$ 2.5 / Kg

**Insumos**

- Consumo de vapor= 6.27 Kg vapor/kg de aceite  
Precio del vapor = US\$ 0.003/Kg de vapor
- Energía eléctrica = 0.182 Kw-hr/Kg de aceite  
Precio de la Energía = US\$ 0.10/Kw-hr
- Agua de enfriamiento=10.94 Kg agua/Kg aceite

Precio del agua de enfriamiento :

US\$  $0.132 \times 10^{-3}$  /Kg de agua

- Combustible:0.14 Kg de petróleo/Kg de aceite  
Precio de combustible:US\$ 0.11/Kg petróleo

**Costo de producción del aceite de maíz,** referido  
tonelada métrica de producto terminado

**Capital de trabajo** de la planta-se ha determinado  
considerando que el dinero invertido es en cuanto a:

- Materia Prima, 30 días
- Envases, 15 días
- Productos en proceso, 10 días
- productos terminados, 20 días

4.2.1. **Estado de pérdidas y ganancias**  
**(evaluación económica).** aquí se  
considera que no hay gastos  
financieros.

FLUJO DE CAJA (evaluación económica) no se  
considera la amortización de la deuda.

A partir de esta evaluación se puede determinar  
al VAN, considerando una tasa de descuento (TD)  
de 12 y de la relación siguiente :

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FNF_t}{(1 + T)^t}$$

se obtiene VAN = 1835.6

haciendo la relación matemática igual a cero (0) se determina la Tasa Interna de Retorno (TIR)

obteniendo  $TIR = 0.1840$

4.2.2. Estado de pérdidas y ganancias (evaluación financiera), aquí se considera los gastos financieros.

FLUJO DE CAJA (evaluación financiera) se considera la amortización de la deuda, a partir de la evaluación se puede determinar el VAN (valor actual neto), considerando una tasa de descuento (TD) de 12 y de la relación siguiente:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FNF_t}{(1 + T)^t}$$

se obtiene  $VAN = 1390.63$

haciendo la relación matemática igual a cero (0) se determina la Tasa Interna de Retorno (TIR)

obteniendo  $TIR = 0.182$

## V. - CONCLUSIONES

- En virtud de los resultados positivos expresados por los indicadores económicos de rentabilidad en el presente estudio de pre-factibilidad es viable realizar los estudios de factibilidad del proyecto.
- El crecimiento económico del sector agrario dado en los años 93-94, así como la estabilización de la normatividad legal en materia laboral, tributaria y de inversión proveen un marco de menor riesgo al desarrollo del proyecto.
- El desarrollo de la actividad de una planta de este tipo esta respaldada por el crecimiento en las ventas que han experimentado las empresas del sector, ya que se tiende a recuperar y superar el nivel de consumo per capita de aceites y grasas que en otros años fue de 10.5 litros por habitante.
- No existe actividad de producción de aceite de maíz en grandes cantidades, una planta que use la materia prima nacional como el maíz esta en ventaja con las otras compañías aceiteras que en promedio importan el 45% de su materia prima.

- Por las características de la materia prima, no son necesarios los procesos unitarios como la decoloración y winterización, que nos permite una menor inversión en equipos.
- Finalmente el aceite de maíz es de muy buena calidad por la cantidad de ácido insaturados que contiene como ácido linoleico ( 50% ), por ello tiene buena aceptación en el mercado.
- Al utilizarse para la producción de aceite sólo el germen, se genera la posibilidad de desarrollar actividades económicas que utilizan los derivados del maíz como el almidón (industria alimentaria y farmacéutica) y la harina (para la alimentación del ganado).
- Finalmente haciendo una comparación de precio en fábrica, con aceite vegetal de mayor aceptación en el mercado.

Aceite de Maíz : S/. 3.21/lt.

Aceite del Mercado : S/. 3.25/lt.

## VI. DISCUSION

Como se puede observar a la luz de los resultados, si nuestro proyecto es financiado en su integridad con recursos de la empresa será rentable a partir del tercer año siendo el FNF (Flujo Neto de Fondos) positivo, pero si el proyecto es integramente financiado, es decir, la inversión corre cuenta de una entidad crediticia o de agentes económicos externos a la empresa el proyecto será rentable también a partir del tercer año donde el FNF es positivo, pero con la diferencia que el primer FNF es mayor al segundo FNF (Evaluación Financiera).

Pues bien todo estos resultados conducen a demostrar la viabilidad de la industrialización de un ingente recurso natural con que cuenta nuestro país cual es el del maiz.

Se puede decir que en la reevaluación económica hemos sido algo severos en el sentido que las



condiciones económicas en el país presentan panoramas favorables en cuanto a dos factores fundamentales como son el costo del dinero (los intereses tienden a disminuirse) y el poder de adquisición del dinero (la inflación se reduce).

Decimos que hemos sido algo severos por que hemos considerado el costo del dinero y la inflación algunos puntos por encima de los que se presentan en la actualidad (1995), pero que en el momento de la evaluación del proyecto ameritaba considerarlos como tal.

En lo que respecta al régimen tributario específicamente a los impuestos a la renta, las depreciaciones aplicadas a los equipos en el proyecto es considerando que la vida útil de los equipos es 15 años con un porcentaje de depreciación anual promedio del 5.6%; pues bien según la legislación vigente en esta materia en el país (ver anexo 7.6) para los equipos la vida útil la fija en cinco años en una depreciación del 20% anual este hecho hace que la rentabilidad del proyecto aumente ya que las deducciones aplicadas por depreciación serán mayores, en este punto la situación es ventajosa respecto a las recomendaciones bibliográficas.

## VIII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Baylei Allen , Aceites y Grasas Industriales, Ed. Reverte, Argentina, 1944, 741 pgs.
- 2.- Bender A.E. y Bender D.A. (Universidad de Londres) 1980, Energía Concentrada : Las grasas, Enciclopedia Salvat de la Salud, vol. N°2, España, pgs. del 34-40.
- 3.- Bunge Mario, La ciencia su método y su filosofía, Ediciones Siglo XX, 100 pgs.
- 4.- Carbajal D'Angelo Fernando, Compendio de Proyectos de Inversión, Editorial San Marcos, Perú, 1° Ed. 1990, 805 pgs.
- 5.- FAO, Las Grasas y Aceites en la Nutrición Humana Vol. N° 20, 1980, 108 pgs.
- 6.- Hollman J.P. Transferencia de Calor. Mc Graw Hill, Mexico, 2° Ed. en español, 1986, 621 pgs.
- 7.- Mehlembacher V.C., Analisis de Grasas y Aceites, Ed. Urmo S.A., España, X Edición, 1979, 633 pgs.
- 8.- Peter's Max S. y Klaus-D. Timmerhaus, Diseño de Plantas y su evaluación económica para Ingenieros Quimicos Mc. Graw Hill, U.S.A. 4ta. Edición, 1990, 908 pgs.
- 9.- Perry Robert H./ Chilton Cecil H, Manual del Ingeniero Químico T. I y II, Mc. Graw Hill, Colombia, 5ta. Edición, 1982, 25 secciones.

- 10.- Treybal Robert E., Operaciones de Transferencia de Masa, Mc Graw Hill, Mexico, 2da. Edición, 1980, 857 pgs.
- 11.- Smith / Van Ness, Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química, Mc. Graw Hill, Mexico, 1° edición en español, 1980, 668 pgs.
- 12.- Warren L. Mc. Cabe, Julian C. Smith, Operaciones Básicas en Ingeniería Química, Reverte S.A., España, 1° edición en Español, 1986, 498 pgs.
- 13.- Sánchez Campos, H., El Maíz Composición Química y Utilización. Programa Cooperativo de la Investigación en Maíz.  
Lima - Perú, 1966, 400 pgs.