

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingenieria Quimica y Manufacturera

**PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA OBTENCION
DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA EN EL VALLE
DEL HUALLAGA CENTRAL**

T E S I S
PARA OPTAR EL TITULO
DE INGENIERO QUIMICO

PRESENTADO POR:

ENRIQUE CHANG MINAYA
ANGEL G. FERNANDEZ CARRILLO

LIMA — PERU
1,989.

PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA OBTENCION DEL ACEI-
TE ESENCIAL DE HIERBA LUISA EN EL VALLE DEL HUALLAGA
CENTRAL

I N D I C E

CAPITULO I INTRODUCCION

- 1.1. INTRODUCCION
- 1.2. PROLOGO - OBJETIVOS
- 1.3. RESUMEN
- 1.4. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

CAPITULO II ESTUDIO DE MERCADO

- 2.1. OBJETIVOS
- 2.2. MERCADO NACIONAL
 - 2.2.1. PRODUCCION NACIONAL
 - 2.2.2. IMPORTACION DEL PRODUCTO
 - 2.2.3, PRINCIPALES CONSUMIDORES
 - 2.2.4. PROYECCION DE LA DEMANDA INTERNA
- 2.3. MERCADO MUNDIAL
 - 2.3.1. PRODUCCION MUNDIAL
 - 2.3.2. TENDENCIA HISTORICA DE LA DEMANDA POR PAISES
 - 2.3.3. PROYECCION DE LA DEMANDA EXTERNA
- 2.4. CONCLUSIONES DEL ANALISIS DEL MERCADO INTERNO Y EXTERNO.

CAPITULO III : TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA

3.1. DETERMINACION DEL TAMAÑO

3.1.1. CRITERIO A CONSIDERAR EN LA DETERMINACION DEL TAMAÑO

3.1.2. CAPACIDADES O TAMAÑOS A EVALUAR

3.1.3. TAMAÑO DE LA PLANTA A CONSIDERAR

3.2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

3.2.1. FACTORES A CONSIDERAR EN LA LOCALIZACION

3.2.2. SELECCION DE LAS LOCALIDADES A EVALUAR

3.2.3. DETERMINACION DE LA LOCALIZACION DEL PROYEC-

TO. 3.2.4. CARACTERISTICAS ECONOMICAS DE LAS LOCALIDA -

DES A SELECCIONAR.

CAPITULO IV : INVESTIGACION EXPERIMENTAL

4.1. OBTENCION DEL PRODUCTO EN EL LABORATORIO

4.1.1. EQUIPOS

4.1.2. RESULTADOS

4.1.2.1. RENDIMIENTO EN SUS PARTES COMPONENTES.

4.1.2.2. RENDIMIENTO DE LA DESHIDRATACION DE LA HIERBA LUISA

4.1.2.4. VARIACION DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD
CON RESPECTO A LA PRESION.

4.1.3. CONSIDERACIONES PARA LA APLICACION DEL PRO -
YECTO.

4.1.4. CONCLUSIONES.

CAPITULO V PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DEL ACEITE
ESENCIAL DE HIERBA LUISA.

5.1. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO ACEITE ESENCIAL DE
HIERBA LUISA.

5.2. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL ACEITE ESENCIAL-
DE HIERBA LUISA.

5.3. ESPECIFICACIONES DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUI-
SA.

5.3.1. USO DE INSUMOS QUIMICOS

5.3.2. USO DE ANTIOXIDANTES

5.4. USOS DEL ACEITE ESENCIAL

5.5. SUB-PRODUCTOS.

CAPITULO VI : INGENIERIA DEL PROYECTO

6.1. ANALISIS DE LOS PROCESOS ACTUALES

6.2. DESCRIPCION DEL PROCESO SFLECCIONADO

6.3. DIAGRAMA DEL PROCESO

6.4. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS.

- 6.4.1. EXTRACTOR
- 6.4.2. EVAPORADOR
- 6.4.3. INTERCAMBIADORES DE CALOR
- 6.4.4. CALDERO
- 6.4.5. FILTROS
- 6.4.6. BOMBAS
- 6.4.7. TANQUES
- 6.4.8. EQUIPOS AUXILIARES

6.5. RENDIMIENTOS.

6.6. OPTIMIZACION

6.7. CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES

CAPITULO VII ANEXOS Y APENDICES

7.1. METODO DE BISULFITO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CITRAL

7.2. CALCULO DE PERDIDAS DE CALOR EN EL EXTRACTOR

7.3. AJUSTE DE LA DEMANDA POR EL METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS.

7.4. EVALUACION ECONOMICA.

- 7.4.1. ESTIMADO DE INVERSION

- 7.4.2. ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

- 7.4.3. FLUJO NETO

- 7.4.4. VALOR ACTUAL NETO

- 7.4.5. TASA INTERNA DE RETORNO

BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION.

Actualmente existe una demanda para el consumo de cítral, que es la base de los aceites esenciales que transmiten el olor y sabor a limón; y paralelamente una tendencia a crear tecnologías propias para el auto-abastecimiento de estos productos.

En el presente trabajo se tratan aspectos técnicos, de manera que se tenga una contribución en el bagaje de experiencias en cuanto a la obtención de aceites esenciales - se refiere.

Los aceites esenciales están siendo reemplazados por esencias sintéticas, pero hasta un límite en que éstos carecen de las propiedades de las esencias naturales, motivando la creación de técnicas de extracción más rentables y de mayor rendimiento.

El impulso propuesto por el gobierno hacia el sector agricultura conlleva también al sector agro-industria para su desarrollo, de modo que se obtenga una integración en este propósito. Es así como se ha alentado en el desarrollo de este estudio para la obtención de diversos aceites,

tomando en cuenta la disponibilidad de áreas de cultivo para este fin en la zona del Huallaga Central.

1.2. PROLOGO-OBJETIVOS

Este estudio tiende a clasificar el tipo de proceso-emporado en la obtención de aceites esenciales y dar una visión de conjunto del mismo.

La hierba luisa es una gramínea que crece en zonas cálidas (planta cultivada) tales como la zona del Huallaga Central, donde existe un programa de ampliación de fronteras agrícola y de sustitución de cultivos. Uno de los objetivos para la consideración del proyecto de obtención de aceites esenciales, no solo de la hierba luisa, es púes la utilización de estas zonas, que llevaría a cabo la utilización de mano de obra disponibles, así como la utilización de otros servicios conexos existentes en la zona y ante la carencia de éstos, la creación de los mismos.

La obtención del aceite esencial en las cantidades indicadas cubriría no solo el mercado nacional, sino también el mercado externo para la exportación, obteniéndose de este modo divisas para la economía nacional.

El desarrollo de este proceso incentivaría además a la realización de estudios más profundos de modo que se

llegue a una integración en la utilización de los recursos naturales disponibles, tanto de materia prima como de acondicionamiento de terrenos marginales.

El costo social en la zona con la implementación de este proyecto es muy favorable puesto que ayudaría a su desarrollo, constituyéndolo en un polo de desarrollo de la región.

1.3. RESUMEN

En el presente trabajo primeramente se realiza un estudio de mercado, en el cual se determina la tendencia de la demanda futura del aceite esencial, la cual es positiva y respalda la implementación del proyecto; determinándose una planta de 16 TM por año de capacidad de producción, ubicado en la zona del Huallaga Central, por contar con todas las condiciones para su operatividad.

De la investigación experimental tenemos que el rendimiento es mayor a menores presiones de vacío, obteniéndose 1.5 % de rendimiento, casi el doble que otros procesos, procesándose sólo hojas secadas.

El uso de este aceite esencial es amplio, centrándose en la elaboración de bebidas, alimentos, jabones, etc.

Una forma de optimizar el proceso sería la construcción de una gráfica con las variables, presión de vacío - versus calidad y rendimiento.

1.4. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.

En el presente trabajo se desarrolla un proceso de extracción de aceite esencial utilizable para varias materias primas, tales como hierba luisa, citronela, menta etc.

Las variables del proceso se indican de acuerdo a las pruebas realizadas, tales como presión, temperatura.

La producción sería mayormente para exportación, puesto que la demanda interna representa el 15% de la producción anual proyectada.

Para el caso de la determinación del tamaño de planta queda como reserva la captación de otros mercados, en los cuales también se podría incursionar, el cual se deja como margen de seguridad.

Los objetivos señalados serían rápidamente conseguidos por esta realización, ya que comparativamente con otros procesos este proceso mantiene ventajas técnicas.

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

Los diversos aceites esenciales existen en el mercado Nacional, son utilizados principalmente por sus propiedades aromáticas y de sabor, en la industria de alimentos, cosméticos y farmacéutica.

El producto motivo de estudio, es el aceite esencial de hierba luisa conocido en el mercado como citral o lemon grass.

El área que abarca el estudio de mercado comprende los países integrantes del Grupo Andino (Venezuela, Colombia, Ecuador y Bolivia) donde el mercado del Perú es un mercado determinante por ser local ya que es su demanda la que será cubierta desde el inicio de instalación de una planta de aceites esenciales. Además se incluye a los Estados Unidos de Norteamérica por ser un mercado amplio y receptivo bajo ciertas condiciones.

2.1. OBJETIVO

El objetivo del estudio de mercado, es la cuantificación de la demanda del aceite esencial de hierba luisa en el área especificada, de manera que se pueda determinar el tamaño de planta a instalarse para la obtención de dicho -

aceite y de esta manera evitar las importaciones y disminuir la fuga de divisas por concepto de este rubro, además que se propiciaría el progreso de la zona donde se ubique la planta.

2.2. MERCADO NACIONAL

La demanda de aceites esenciales en nuestro país tiene una tendencia creciente en la diversidad de tipos de aceites esenciales existentes en el mercado . El factor precio (que generalmente es fluctuante) juega un papel importante en la aceptación del producto, para suprimir otros de importación.

El aceite esencial de hierba luisa no es muy ampliamente utilizado pero tiene un mercado potencial que cubrir puesto que se usa como tal y también para sustituir al aceite esencial de limón, hasta en 25%. El uso más generalizado es en productos cosméticos y farmacéuticos.

Estas empresas en su conjunto representan el 95% del consumo nacional. En nuestro medio el uso del aceite esencial de hierba luisa o citral es para impartir un aroma y sabor a limón.

En nuestro país no hay producción industrial del aceite esencial de hierba luisa, por lo que la demanda es ta cubierta por las importaciones.

2.2.1. PRODUCCION NACIONAL

Hasta la actualidad no existe producción de aceite esencial de hierba luisa, pero se están realizando estudios por empresas del sector privado.

La empresa privada Norda, del sector de Industrias de saborizantes y esencias, está llevando a cabo 5 proyectos, los cuales están en etapa de estudio a nivel agronómico y de laboratorio.

Estos son:

1. Aceite esencial de citronela, con la finalidad de obtener el citroneal (compuesto principal en perfumería) Cuentan con 12 Hras, en Pucallpa y 12 Hras, en Tingo María.
2. Aceite de anís, con la finalidad de obtener el anetol para lo cual cuentan con 1 Hra. sembrada en Carahuasi (Apurímac).
3. Aceite esencial de hierba luisa, con la finalidad de obtener el citral, contando para esto con 2 Hras., en Tingo María y 2 Hras. en Pucallpa.
4. Aceite esencial de menta contando para ello con 1 Hra., en Chiclayo.
5. Aceite esencial de algarrobo, para lo cual han sembrado 0.5 Hra. en Piura.

Primero es preciso estudiar la manera de cubrir la demanda nacional y seguidamente al Grupo Andino

siendo mercados muy prometedores los de Estados Unidos, Canadá y Japón.

2.2.2. IMPORTACIONES DEL PRODUCTO.

El aceite esencial de hierba luisa no tiene partida arancelaria en particular. Este producto está incluido en el rubro. Los demás (33010199) de aceites esenciales no muy conocidos y por su poca cuantía han sido agrupados en esa partida.

En la siguiente tabla se indican las importaciones de aceite esencial de hierba luisa ó citral, considerándose 10 años de importaciones.

Estas cantidades han sido deducidas del rubro los demás, donde se encuentra el aceite esencial de hierba luisa en una cantidad que corresponde al 10% de dicho rubro hasta el año de 1980. Para 1981 se ha considerado el 5%, para 1982 el 1%. Por último para los años 1983 al 1986 se ha considerado el 10%.

Estos porcentajes se asignaron como resultado de entrevistas con personas muy conocedoras de mercado y que las cantidades asignadas están muy cercanas a la real. Cabe recordar la apertura de importaciones de esos años.

TABLA 2.1.

IMPORTACION DE ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA
(en Kg).

AÑO	IMPORTACION
1977	749
1978	766
1979	937
1980	1,200
1981	1,745
1982	1,800
1983	1,055
1984	1,324
1985	1,558
1986	1,633

2.2.3. PRINCIPALES CONSUMIDORES

- Framount S.A.
- Esencias, Fragancias y Sabores
- COPSA
- S.G. Iglesias y Cía.
- Laboratorios Anakol S.A.

2.2.4. PROYECCION DE LA DEMANDA INTERNA

En este caso la ecuación es

$$Y = 866.12 + 91.24 X$$

Donde:

Y = Demanda en Kg.

X = Año.

TABLA 2.2.

PROYECCION DE LA DEMANDA INTERNA (kg).

<u>AÑO</u>	<u>DEMANDA</u>
1987	1,779
1988	1,87
1989	1,961
1990	2,052
1991	2,143
1992	2,235
1993	2,326
1994	2,417
1995	2,508
1996	2,600

2.3. MERCADO MUNDIAL

1. La producción mundial es diversa difiriendo de calidad principalmente por la naturaleza de la materia prima , que siendo la misma especie no tiene los insumos constituyentes ya que crecen en ambientes climáticos diferentes.

Otra razón es el tipo de tecnología utilizada para la obtención del aceite.

2. En los países fuera de América del Sur, las demanda del aceite esencial de hierba luisa aumenta ligeramente, no pudiendo cuantificarse este aumento.
3. El uso de aceite esencial de hierba luisa a este nivel es más amplio, ya que se le utiliza para aislar el citral, y como un medio para sintetizar la Vitamina A además de todos los otros usos que le dan (alimentos , farmacia, cosméticos).
4. La producción existente es diversificada habiendo producción a partir de la especie vegetal, como por síntesis de derivados de isopreno.
5. Existe un marcado interés por la producción de este aceite esencial que se manifiesta en la reactividad e investigación en diferentes países del orbe sobre todo en aquellos cuyas condiciones climáticas son favorables para el crecimiento de esta y otras especies aromáticas.

2.3.1. PRODUCCION MUNDIAL

A nivel mundial los principales productores - de aceite esencial de hierba luisa son:

- a) Egipto, que además tiene una diversidad de producción - de aceites esenciales debido a su disponibilidad de materia prima.
- b) India, es el mayor productor de Aceite esencial de hierba luisa en el mundo. Entre 1975 - 1980 la cantidad promedio de exportación de este aceite esencial fué de 311.51 Tm. por año. Siendo su producción de 800 Tm/año.
- c) China, ofrece precios competitivos para este producto y para otros aceites esenciales ahí producidos.
- d) Guatemala, donde se suministra un producto de muy buena calidad, que tiene los precios más altos.
Su explotación es del orden de 175 a 225 Tms. por año.
- e) Alemania, la producción es inestable en este caso, siendo también importador.

Además existen otros países con capacidad de producción y estudios avanzados para la producción, entre los primeros se encuentran Etiopía, Indonesia; y en el segundo Guyana.

En estos casos la producción de los aceites - esenciales (lemongrass), no está cuantificada a nivel mun-

dial, tampoco es uniforme, mientras en una zona aumenta la producción, en otra zona disminuye, sujeto en algunos casos a la demanda por la calidad y en otro por fluctuación de precios y sustitución del producto por sucedáneos.

Es necesario anotar que la producción cuando se menciona, es realizada por varias plantas industriales y no por uno o dos plantas, además estas plantas industriales procesan más de una especie aromática en algunos casos.

2.3.2. TENDENCIA HISTORICA DE LA DEMANDA POR PAISES

A nivel mundial el estudio de mercado se hace complicado, por la poca información con que se cuenta, en el mejor de los casos, y porque esta información no proporciona datos adecuados para su evaluación.

El área considerada, a parte del mercado nacional se refiere a los países integrantes del Grupo Andino (GRAN) integrados por Venezuela, Colombia, Ecuador y Bolivia.

Posteriormente se podría incursionar en otros mercados tales como EE.UU, Canadá, Japón que son los mercados más atractivos para el aceite esencial de hierba luisa.

Los principales proveedores del aceite esencial de hierba luisa son: Alemania, Francia, India, Japón y Gran Bretaña.

De Japón (mayormente) y Gran Bretaña se tiene el aceite esencial sintetizado, obtenido del pineno.

2.3.2.1. MERCADO DEL GRUPO ANDINO

A nivel del Grupo Andino se tiene que Venezuela es el país que más demanda tiene en cuanto a aceites esenciales del rubro "Los demás" donde se encuentra el citral.

La demanda por las importaciones para estos países es como se indica en la siguiente tabla.

Importaciones de aceite esencial de hierba luisa.

2.3.3. PROYECCION DE LA DEMANDA EXTERNA.

En este caso, si bien los montos son fluctuantes; sus diferencias no son pronunciadas por lo que ahora también aplicamos el método de los mínimos cuadrados, obteniéndose la ecuación :

$$Y = 16,584.37 - 295.17 X$$

en donde Y Demanda en Kg.

X año.

TABLA 2.3.

IMPORTACION DE ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA
EN EL GRUPO ANDINO (En Kg.).

AÑO	IMPORTACION
1977	15,619
1978	18,925
1979	17,163
1980	16,502
1981	10,235
1982	12,954
1983	17,408
1984	15,042
1985	14,453
1986	14,260

Fuente Anuario del Comercio Internacional,
GRAN 1977-1986.

La tendencia a disminuir la demanda futura ya era notoria en las importaciones, y esto ocurre mayormente en Venezuela que por tener un porcentaje mayor en la demanda global, hace que prime esta tendencia, que al final es muy significativa.

De estos países integrantes del GRAN, ninguno de ellos produce aceite esencial de hierba luisa, influyendo sobre la demanda la producción de aceite esencial de limón en el Perú.

2.4. CONCLUSIONES DEL ANALISIS DEL MERCADO INTERNO Y EX - TERNO.

2.4.1. MERCADO INTERNO.

1. Actualmente en nuestro país no existe producción del aceite esencial de hierba luisa , por lo que las diferentes necesidades de este producto se satisfacen por medio de la importación.

2. La tendencia en cuanto a la demanda del producto es de forma creciente, tal como se ha determinado en la proyección del mismo, lo cual hará que las importaciones de este producto también aumente en los próximos años.

3. La proveniencia del producto (país origen)

está en función de su uso directo, pues de acuerdo a la calidad se le usa en determinado rubro, que puede ser alimentos, farmacéuticos o cosmético.

4. En nuestro medio el aceite esencial de hierba luisa se le utiliza tal como proviene del país de origen, o combinándolo para sustituir hasta en 25% al aceite esencial de limón.

5. Debido a la ubicación de los países productores de este aceite, hace que el aceite esencial producido en el Perú, sea muy competitivo como para suprimir las importaciones tanto a nivel nacional, como a nivel del GRAN.

2.4.2. GRUPO ANDINO (GRAN).

1. Entre los países del Grupo Andino tampoco Existe producción de aceite esencial de hierba luisa, por lo que sus demandas son cubiertas por las importaciones.

2. En este caso la tendencia de la demanda disminuye muy ligeramente pero es factible pensar que la producción de este aceite en uno de los países miembros haría que esta disminución de la demanda desapareciera.

3. El mayor uso del aceite esencial de hierba luisa sería similar al de Perú, debido a las características similares de sus industrias y costumbres aunque en diferentes grados.
4. No todos los países del GRAN podrían producir este aceite esencial ya que la materia prima crece bajo determinadas condiciones climáticas que en caso extremo no lo posee Bolivia.

CAPITULO III

TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA

La optimización del tamaño adecuado, así como su localización constituyen los factores más importantes para el desenvolvimiento más rentable del proyecto.

3.1. DETERMINACION DEL TAMAÑO

Se denomina tamaño o capacidad de una planta industrial a la magnitud de los recursos y/o productos ligados a su operación, durante un período de tiempo de funcionamiento.

3.1.1. CRITERIOS A CONSIDERAR EN LA DETERMINACION DEL TAMAÑO.

Tratándose de un proyecto agroindustrial se tomará en cuenta el aspecto de disponibilidad de materia prima.

Los criterios a considerar serán

- a) Relación, Tamaño - Mercado
- b) Relación, Tamaño Disponibilidad de materia prima.
- c) Relación, Tamaño - Tecnología.

- a) Relación Tamaño - Mercado

El área geográfica comprende a los países del Grupo Andino (donde todos ellos importan el aceite esencial).

De la proyección de la demanda del aceite esencial de hierba luisa (estudio de mercado).

TABLA 3.1.

PROYECCION DE LA DEMANDA DE ACEITE ESENCIAL DE
HIERBA LUISA (en Kg.)

AÑO	PERU	GRUPO ANDINO
1987	1779	13,633
1988	1870	13,338
1989	1961	13,042
1990	2052	12,747
1991	2143	12,452
1992	2235	12,157
1993	2326	11,862
1994	2417	11,566
1995	2508	11,271
1996	2600	10,976

De estas demandas futuras se tomará como el 95 % de la demanda nacional a ser cubierta por este proyecto, ya que se contaría con factores favorables para competir, tal como el precio del aceite esencial (menos costos de trans -

porte), se tendría un suministro regular del producto, precios estables, se tendría comunicación continua en cuanto a la oferta y la demanda, política de apoyo del gobierno , etc.

Para el caso de la demanda del Grupo Andino se tomará el 40 % debido a una menor influencia sobre los consumidores- aún contando con las ventajas mencionadas para el caso del mercado nacional que en definitiva influirá en la acepta-ción del producto. Hay que hacer notar que la calidad es un factor muy importante en la aceptación y será visto en la parte de tecnología.

Si consideramos el año 1989 como el año del inicio de operaciones de este producto, y consideramos el 60 % de capa-cidad de producción, tendríamos que se produciría 9.60 Toneladas de aceite esencial, pero en el año 1994 tendríamos 13.5 Tons. de producción, puesto que la demanda por parte del Grupo Andino se incrementaría hasta el 60 % de la de - manda calculada.

Además, hay que incluir otros mercados, tales como los de EE.UU., Canadá, Japón que son atractivos para este produc-to. De estos mercados se podría estimar hasta 5 Tons. por año (en conjunto) a partir de 1989.

El tamaño de planta según la relación : tamaño - mercado - sería tomando el año 1994 como base de cálculo) 12.0 Tons/ año al 60 % de capacidad.

b) Relación : Tamaño - Disponibilidad de Materia Prima.

Este es un factor muy importante para este tipo de proyectos, puesto que determinaría la capacidad de trabajo debido a problemas que escapan del control para el normal abastecimiento.

La disponibilidad de materia prima está asegurada por cuanto el Proyecto del Alto Huallaga está alentando el cultivo de la hierba luisa, contando para este propósito varios miles de hectáreas, habiendo otros cultivos también que están siendo promocionados tal como la citronela, achiote etc.

Se podría contar para la hierba luisa con 500 hectáreas las mismas que serían ubicadas en la zona más acorde con su habitat, lo cual existe.

Del mismo modo, en Piura se tendría una disponibilidad similar de terreno para el cultivo, puesto que las lluvias torrenciales del año 1,983 han incrementado considerablemente el terreno cultivable sobre todo para este tipo de especies.

Con este terreno disponible se podría obtener la siguiente cantidad de aceite esencial de hierba luisa :

- Número de plantas (matas por hectáreas).

Espaciados a 0.9 mt. se tiene 12,321 plantas.

Para las 500 hectáreas disponibles tendríamos 6'160,500 plantas en total.

Cantidad de hojas de hierba luisa por año.

Tomando a 2 Kg. de hojas por planta tenemos

$$6'160,500 \text{ plantas} \times \frac{2 \text{ kg. hojas}}{\text{planta}} = 12'321,000 \text{ Kg. de hojas}$$

Además considerando un rendimiento de 85 % de la producción de hojas se tiene ahora 12'321,000 Kg. de hojas \times 0.85 = 10'472,850 Kgs.

- Cantidad de aceite esencial que podría producir considerando 0.50 % de rendimiento en la obtención del aceite esencial de hierba luisa, de sus hojas tenemos :

$$10'472,850 \text{ Kgs. hojas} \times 0.0050 \frac{\text{Kgs. aceite esencial}}{\text{Kgs. de hojas}}$$

52,364 Kgs. de aceite esencial.

De este cálculo se deduce la completa disponibilidad de materia prima para satisfacer la demanda proyectada en el capítulo Estudio de Mercado, pudiéndose asignar un área de reposo dentro de las 500 hectáreas determinadas.

c) Relación Tamaño - Tecnología.

La tecnología para la obtención de aceite esencial sigue prácticamente un mismo patrón el cual es : el destilado (por vapor de agua o solvente), condensado y separación del aceite, además de la purificación.

Sobre esta base, las distintas tecnologías no son sino pequeñas variantes al patrón señalado, y las diferencias de capacidades de producción.

Este criterio está pues en función de las capacidades de plantas existentes y en proyectos; tal es el caso del FO - PEX que cuenta con un anteproyecto cuyo tamaño de planta es de 16,320 Kgs. de aceite esencial por año, trabajando 300 días al año. Adicionalmente el INDDA está efectuando otro estudio sobre este mismo producto y se estima que el tamaño de planta sea similar.

En los países productores (ya mencionados) las capacidades de plantas son mayores, debido a que cuenta con un mayor mercado que cubrir. Estas capacidades no son de utilidad en este caso, pero se mencionarán. Guatemala 200 Tns. por año de aceite esencial de hierba luisa, India 150 Tns. por año, etc.

3.1.2. CAPACIDADES O TAMAÑOS A EVALUAR

Las capacidades o tamaños a evaluar lo tomamos del ítem anterior, siendo éstos :

a) Según el Mercado

De la proyección de la demanda para 1985 y tomando en cuenta al GRAN además del Perú y así mismo EE.UU., Canadá y Japón la capacidad de la planta sería de 12 Tns./año, trabajando 300 días por año empezándose en un 60 %

de su capacidad y con un turno de trabajo. En estas circunstancias el mercado interno representa al 33.6% de la demanda, el resto sería para exportación.

b) Según la Disponibilidad de Materia Prima

En este caso el tamaño de planta está supeditado a los otros criterios, pues se adecúa con facilidad a los tamaños de plantas evaluados.

c) Según la Tecnología

En este caso el tamaño de plantas sería de 16.321 Ton./año en las mismas condiciones que el acápite a). Se tiene de otro lado que ésta capacidad supera la demanda-estimada para 1996.

3.1.3. TAMAÑO DE LA PLANTA A CONSIDERAR

En este caso el tamaño de plantas sería el de 16.32 Ton/año por las siguientes razones

- a) El presente proyecto es referente al aceite esencial de hierba luisa, y según la demanda proyectada para 1996 se cubriría los mercados nacional, GRAN y otros, con holgura.
- b) Por la capacidad de esta planta, en su inicio se puede procesar también citronella (aceite esencial), que también cuenta con una demanda atractiva superando a la

hierba luisa. Siendo su procesamiento similar y que se ampliará en la parte experimental.

- c) De este modo se aumenta la operatividad de la planta. Se debe recordar que no habría problemas de abastecimiento de materia prima por lo ya expuesto.
- d) Por el mismo hecho de contarse con esa tecnología y sobre la base de su capacidad; realizar ajustes tecnológicos que se expone en la parte de investigación experimental (capítulo IV).
- e) Inicialmente se asegura la operatividad de la planta y se promovería la instalación de otra planta; y este caso para la citronella, puesto que en la planta inicial la citronella sería desplazada progresivamente por la hierba luisa hasta cubrir la demanda del mercado.
- f) Se incrementaría paralelamente en forma considerable, el porcentaje de demanda a cubrir con respecto al mercado interno, lo cual es muy ventajoso en caso de tener problemas con el comercio exterior.

3.2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

Si la planta no llegaría a localizarse en la posición más favorable, económicamente se correría el riesgo de perder las ventajas competitivas del proceso.

Sin un estudio cuidadoso de todos los factores que deben considerarse en la selección del lugar óptimo, la plan-ta puede resultar hasta inoperable.

3.2.1. FACTORES A CONSIDERAR EN LA EVALUACION

Dada las características que debe tener el lugar en que se encontrará la planta industrial de procesamiento de aceite esencial de hierba luisa, los factores que más influencia tienen en la localización son los siguientes :

- a. Materia Prima
- b. Mercado
- c. Suministro de combustibles y electricidad
- d. Clima
- e. Mano de obra
- f. Tributación
- g. Agua
- h. Características regionales.

3.2.2. SELECCION DE LAS LOCALIDADES A EVALUAR

Para esta selección, se ha tomado como base el primer factor determinante, que es la disponibilidad de materia prima y que deberá cubrir la demanda de ésta materia por intermedio de la planta en estudio.

Se ha elegido el Departamento de Piura (Provincia de Sullana) y al Departamento de San Martín (Provincia Huallaga), como probables centros agropecuarios, cuentan con recursos apropiados para la producción de hierba luisa, muy superiores al resto de la zona del país.

A continuación se realiza un análisis de cada uno de los factores de estudio.

a) Suministro de Materia Prima

La planta industrial, deberá estar ubicado en un gran centro agrícola de hierba luisa, debido a que las hojas por su naturaleza física, volumen y costo de transporte, hacen que no sean fácilmente trasladadas.

Ambos lugares en estudio (Sullana y Huallaga) presentan disponibilidad de terreno agrícola, con futuros incrementos de nuevas tierras agrícolas. Especialmente Sullana con la incorporación de las irrigaciones de San Lorenzo (alrededor de 40,000 Has), lo que en cierta forma ha integrado los recursos agrícolas. En la Provincia de Huallaga, se está implementando una gran incorporación de nuevas tierras agrícolas, mediante el desmonte de la Selva virgen, así como por sustitución de cultivos. Se contaría además, por la cercanía, con la asistencia de la Universidad de Ucayali.

b) El Mercado.

De la producción total de la planta de aceite esencial-

de hierba luisa, se destina un 33.6 % para consumo interno y 66.4% para exportación.

Con respecto a las exportaciones se hace favorablemente por transporte marítimo, ya sea mediante el Puerto de Paita, o el Puerto del Callao. Para el caso de Huallaga se podría realizar el transporte por la Marginal de la Selva.

La distribución del mercado nacional, será en Lima, por lo tanto la localidad cuanto más cerca esté a esta ciudad será más favorable. Aunque, no es un factor tan determinante, por el fácil traslado de los envases de aceite esencial de hierba luisa.

c) Suministro de Combustible y Electricidad.

De forma predominante petróleo para el funcionamiento del caldero y electricidad para equipos complementarios e instalaciones, por lo cual la planta debe estar ubicada en un lugar que cuenta con estos servicios.

Sullana presenta bastante ventaja en este factor determinante frente a la Provincia de Huallaga, especialmente en el aprovisionamiento de combustible.

d) Clima.

Templado, lugar no caluroso debido a que puede alterar la naturaleza del aceite esencial (muy sensible).

La hierba luisa requiere de una precipitación fluvial de más o menos 100 pulgadas de una altitud de 4,000 a 5,000 pies.

A mayor altura y mayor lluvia, la hierba luisa es abundante pero el rendimiento en aceite es más pequeño que en otras zonas más bajas (2,000 pies de altura es lo más recomendable).

El contenido de la humedad del suelo, también influye en el contenido de citral, suelos secos y arenosos, producen aceite con 75 % de citral y suelos húmedos y arenosos, producen con 68 % de citral.

En regiones de abundante lluvia, la planta puede ser cosechada más frecuentemente durante el año, que en regiones más secas, pero el aceite tiene menos contenido de citral. Realizando un análisis de este factor de terminante, la Provincia de Huallaga presenta ligera ventaja sobre Sullana.

e) Mano de Obra

El lugar debe tener buen número de habitantes, ya que el proyecto tiende a emplear un buen número de trabajadores, como también incentivar a la población a la producción de hierba luisa, que servirá de materia prima y que será comprada por la planta de estudio.

Respecto al costo de mano de obra, la Provincia de

Huallaga presenta una gran ventaja, ya que el costo de mano de obra en Sullana, se ha elevado en más de 200 % en este último año, debido a embates de la naturaleza que afectó la zona norte del país.

f) Contribución

Es favorable para ambas localidades, debido a la política de descentralización del Estado Peruano.

g) Agua.

El lugar, deberá contar con gran recurso de agua, debido a que el proceso de extracción, se lo exige, por lo tanto la planta deberá estar ubicada en las inmediaciones de un río.

Ambas localidades cuentan, con abundante agua (Sullana con el río Chira y el río Quiroz y la Provincia de Huallaga, con el río de su mismo nombre y otro gran número de afluentes) por lo que no es un factor determinante crítico.

h) Características Regionales.

Referentes a accesos de vía de comunicación, servicios sociales, costo de terreno y otros servicios que brinda la comunidad donde se instale la planta.

Al respecto de las vías de comunicación, Sullana cuenta con vía principal la carretera Panamericana y la Provin

cia de Huallaga, cuenta ya con la flamante carretera - de la marginal de la Selva. El costo del terreno es relativamente más barato en Huallaga. Sullana presenta mejores perspectivas en lo relacionado a servicios-sociales y debido a su ubicación en la costa.

3.2.3. DETERMINACION DE LA LOCALIDAD DEL PROYECTO.

El objetivo de la localización de la planta-industrial, es identificar el sitio en que los beneficios-netos generados por proyecto, sean mayores que en cualquier sitio alternativo.

Una técnica usual para elegir entre varias localizaciones alternativas es la de los puntajes ponderados, que implica el procedimiento siguiente :

- a) Identificación de los factores de localización pertinentes, o sea los atributos o variables correspondientes a los rubros más importantes, en la estructura de de los costos totales estimados.
- b) Asignación de un peso o coeficiente de ponderación a cada factor de localización, directamente proporcional a su importancia relativa.
- c) Se asigna estimativamente un puntaje a cada alternativa de localización por cada tributo, según las ventajas relativas de la alternativa respecto del atributo.
- d) se multiplica el puntaje de cada alternativa de locali

zación por el coeficiente de ponderación respectivo. De esta manera se obtiene por cada alternativa tantos productos como factores de localización se haya considerado, la suma de dichos productos como puede dar el puntaje total ponderado correspondiente a la alternativa; aquella que obtenga el puntaje ponderado total más alto, será la mejor alternativa, evidentemente.

A continuación se especifica la determinación de la localización de la planta, mediante el método de puntaje ponderado.

1. Alternativa de Localización.

- a) Sullana
- b) Huallaga

2. Factores de localización.

- I Materia Prima
- II Mercado
- III . Combustible y electricidad
- IV Clima
- V Mano de Obra
- VI Tributación
- VII . Agua
- VIII. Características Regionales.

Coeficiente de ponderación por factor.

Factor: Coeficiente.

I

10

II	4
III	3
IV	8
V	7
VI	2
VII	5
VIII	3

Escala de calificación.

0	Mala
2	Regular
4	Buena
6	Muy Buena

TABLA N° 3.2 CALIFICACION

FACTOR DE LOCALIZACION	COEFICIENTE DE PRODUCCION	CALIFICACION SULLANA	CALIFICACION NO PONDERADA HUALLAGA	PUNTAJE SULLANA	PONDERADO HUALLAGA
I	10	6	8	60	80
II	4	4	2	16	8
III	3	4	2	12	6
IV	8	2	4	16	32
V	7	4	6	28	42
VI	2	6	6	12	12
VII	5	6	6	30	30
VIII	3	4	2	12	6
Totales				186	216

Según esta tabla; el mejor sitio es Huallaga, siendo un lugar alternativo

= Sullana.

CAPITULO IV

INVESTIGACION EXPERIMENTAL

En este capítulo se efectuaron las pruebas de laboratorio con la finalidad de extraer el aceite y presentar la viabilidad de su producción.

4.1. OBTENCION DEL PRODUCTO EN EL LABORATORIO

La obtención del producto fue mediante la acción de un solvente orgánico (hexano), además de la acción de una presión menor a la atmosférica, es decir, con arrastre de vapor solvente y vacío.

La teoría se basa de dos líquidos no miscibles hexano aceite esencial, cuyos vapores limitados no se influyen al no presentar sus moléculas gaseosas, afinidades mutuas (el hexano es no polar y el aceite esencial es polar), por lo tanto, sus tensiones de vapor se adicionan totalmente, al ir calentando dicho sistema llegará un momento en el cual la tensión de vapor se iguala a la presión ejercida sobre la superficie libre de ambos líquidos, y entonces el sistema entra en ebullición. La tensión parcial de cada vapor es en este caso inferior a la presión externa de forma que los líquidos se encuentran hirviendo a temperatura inferior a su temperatura de ebullición bajo la presión actual. (Araez García 1953).

En este caso las moléculas de hexano arrastran a las moléculas de aceite permitiendo su extracción de los constituyentes celulares de las hojas trituradas, primero por la transferencia de calor que aumente su volatilidad y segundo por la disminución de la presión en el sistema lo que permite una mayor circulación del hexano (que tiene un punto de ebullición mucho menor que el aceite) el cual arrastra los vapores del aceite acelerando su salida del material vegetal.

4.1.1. EQUIPOS

Los equipos utilizados fueron:

- cocina eléctrica
- fiola de tres litros de capacidad
- recipiente cilíndrico de vidrio de 6 lts. - de capacidad.
- Extractor de acero inoxidable según figura adjunta (Fig. 1).
- dos condensadores
- dos matraces de 500 mts.
- una resistencia eléctrica
- vacuometro
- sistema de vacío.

Como puede verse en la figura N° 2, la ebullición del hexano se consiguió por baño maría, siendo la temperatura de ebullición de 49°C y se tuvo que utilizar la re

sistencia antes del extractor debido a que en esta zona , parte del hexano es condensada.

Una vez en contacto el solvente con la materia prima se produce el mecanismo de extracción por arrastre ya descrito.

Los dos condensadores fueron instalados para una mayor eficiencia en la recuperación del extracto de aceite-esencial, lo cual fué logrado.

4.1.2. RESULTADOS

Con el equipo así montado en el laboratorio, se realizaron pruebas sucesivas de obtención del aceite, siendo estas en dos etapas, según la zona de la planta.

4.1.2.1. RENDIMIENTO EN SUS PARTES COMPONENTES.

Para efectos de una completa examinación de la planta, se realizaron pruebas de extracción del aceite esencial, primero en las hojas y seguido del tallo de las plantas, dejándose las raíces en la inclusión de estas pruebas. Se ha visto que los aceites en las plantas están encerrados por tejidos especiales y que tienen una influencia en la transpiración y otras funciones, así como en la permeabilidad, es entonces aceptable que la presencia del aceite esencial en las raíces sea escasa,

cumpliendo otras funciones (Cunther F. 1955). Es esta la razón por lo que no se incluyó en las pruebas.

a) Para el caso de las hojas se efectuaron en dos etapas, siendo primero el procesamiento de hojas frescas y segundo de hojas secadas al medio ambiente por un tiempo de 24 horas.

Para el primer caso se obtuvo los siguientes resultados. (Cuadro N° 1).

Con la prueba del busulfito de sodio se determinó un contenido de 92.5 % de citral Apéndice, con un volumen de extracto promedio de 35 ml., podemos afirmar que se obtuvo una eficiencia del 0.956% de citral con relación al peso de la materia prima. (ver apéndice).

Para el segundo caso se obtuvieron los siguientes resultados: (ver Cuadro N° 2).

Con la prueba de bisulfito de sodio se determinó un contenido de 85% de citral con un volumen promedio de extracto de 40 ml. Además aquí se obtuvo una eficiencia de 1.5%.

b) Para el caso del tallo, material sin secar, se obtuvo el siguiente resultado. (Ver cuadro N° 3).

Con la prueba de bisulfito de sodio se determinó un contenido de 31% de citral con un volumen promedio de ex -

C U A D R O N° 1

Base : 3 Kgs. materia prima. Hojas Frescas.

	TIEMPO	PRESION	V. EXTRACTO	SOLVENTE HEX-4
1ra. Prueba	1 hora	7.31b/pulg.2	34 ml	3 Kgs.
2da. Prueba	1 hora	7.51b/pulg.2	38 ml	3 Kgs.
3ra. Prueba	1 hora	7.41b/pulg.2	33 ml	3 Kgs.

C U A D R O N° 2

Base: 3 Kg de Materia Prima. Hojas Frescas.

	TIEMPO	PRESION	V. EXTRACTO	SOLVENTE HEX-4
1ra. Prueba	1 hora	7.421b/pulg.2	39ml	2 kgs.
2da. Prueba	1 hora	7.481n/pulg.2	39ml	2 Kgs.
3ra. Prueba	1 hora	7.421b/pulg. 2	42ml	2 kgs.

C U A D R O N° 3

Base 3 Kgs. Materia Prima.

TIEMPO	PRESION	V. EXTRACTO	SOLVENTE HEXANO-4
1ra. Prueba	7.401b/pulg.2	31 ml.	3 kgs.
2da. Prueba	7.381b/pulg.2.	28 ml.	3 kgs.
3ra. Prueba	7.401b/pulg.2	29 ml.	3 kgs.

tracto de 29.33 ml. Siendo en este caso la eficiencia de 0.27 %.

De estas dos secuencias de Pruebas, concluimos que el contenido de aceite esencial en las hojas es 3 veces mayor que el tallo, aún cuando aquí estaría influyendo la compactación de las células del tallo.

4.1.2.2. RENDIMIENTO DE LA MATERIA-PRIMA EN ACEITE ESENCIAL.

La materia prima en sí como planta contiene citral tanto en las hojas, tallo, y raíces; pero la obtención de las hojas de la planta se realiza cada cierto tiempo puede ser casi 2 ó 3 meses, teniendo presente que sólo se cosechan las hojas y que la primera cosecha puede ser llevada a cabo al cuarto mes de vida de la planta. Por otra parte la cantidad de aceite esencial disminuye al envejecer la planta pero se envejece en citral (Arez García, 1953) la vida media de la planta óptima para ser cosechada depende del ambiente climático en que se encuentre, pudiendo ser de 3 a 6 años.

Es de considerar también que el rendimiento de aceite esencial es menor en los meses lluviosos.

Si tomamos en cuenta las pruebas realizadas tendremos

- Rendimiento en aceite de las hojas	0.956 %
- Rendimiento en aceite del tallo	0.270 %
- Rendimiento en aceite de la planta	0.691 %

Este último rendimiento se verificará sólo después de un mayor procesamiento por inclusión de los tallos al renovarse las plantas, lo que debería ser cuidadosamente planificado.

Estos resultados son sobre materia-prima sin secar.

4.1.2.3. EFECTO DE LA DESHIDRATAACION DE LA HIERBA LUISA

En las secuencias de ensayos realizadas se hicieron dos tipos de pruebas; primero con materia-prima fresca y segundo con materia prima secada al medio ambiente por tiempo de 24 horas. Más que un secado es un reposo en el cual hay una pérdida de agua que en este caso alcanzó al 47.3% de su peso original.

El efecto de esta deshidratación es que se tiene una mayor cantidad de materia prima efectiva continuando una mayor cantidad de aceite esencial por unidad de peso, de modo que se tendrá una mayor eficiencia de extracción, tal como se mencionó anteriormente.

Se tendrá ahora (con la materia pri-

ma deshidratada), una menor presencia de agua en la extracción de manera que habrá una mayor interacción de solvente de extracción para con los terpenos y sesquiterpenos no funcionales presentes. Des este modo, en la separación por decantación del solvente del aceite se estaría desterpenando el extracto, resultado así un aceite esencial más concentrado y de mayor solubilidad (Gunther 1962).

Para el caso del aceite esencial de hierba luisa por contener anhidrido (citral), al estar desterpenado se arranca más fácilmente, lo cual se comprobó cuando se realizarón las pruebas con hojas frescas y secas, puesto que para el mismo tiempo de almacenamiento (5 días) el extracto del aceite esencial obtenido de hojas frescas mantuvo su aroma completamente, no así el extracto obtenido de hojas secadas.

Por consiguiente para el extracto obtenido de hojas secas se necesitará de llevar a cabo las recomendaciones de almacenamiento adecuado y la utilización de un antioxidante que evite la formación de ácidos a partir de los aldehidos.

Si bien es cierto que hay una considerable pérdida de peso lo mismo no ocurre en el volumen, lo cual varía muy poco y que para razones de diseño del tamaño del extractor su influencia es de mayor cuantía.

El resultado de nuestras pruebas nos dió un rendimiento de 1.5% de aceite esencial sobre materia prima deshidratada, mientras que se obtuvo 0.956% con materia prima fresca.

4.1.2.4. VARIACION DEL RENDIMIENTO Y CALI CON RESPECTO A LA PRESION

La variación de la presión de Extracción (vacío) va a ser que la temperatura de ebullición del solvente varíe, así si hay mayor vacío la temperatura disminuirá y si hay menor vacío la temperatura aumentará.

En este caso la cantidad de solvente es mucho mayor que la cantidad de aceite en extraer por arrastre, de manera que al haber menor presión (mayor vacío), el solvente se vaporizará a menor temperatura no permitiendo que la presión de vapor del aceite aumenta con la temperatura y la influencia de la presión del sistema es casi nula.

De otro lado al haber menor presión de vacío la temperatura de ebullición del solvente aumentará haciendo que la materia que lo contiene a una mayor velocidad. Esta se puede apreciar en la gráfica de COX de don de a mayor presión de vacío la variación en la presión de vapor del aceite es menor que la del solvente hexano hasta 2.1 lb/polg². A partir de donde la variación es lo contrario.

Esto está sujeto a un estudio económico puesto que a mayor presión de vapor del aceite se necesitaría menor solvente, teniéndose que hacer un mayor gasto en la producción de vacío, contraponiendo con la recuperación del solvente para el caso de usar menor vacío.

En cuanto a la calidad, esta se ve afectada puesto que a menor vacío habrán mayores sustancias que acompañen al aceite tales como resinas, adorzantes no propias del aceite aparte de los aldehidos, alcoholes, cetonas y diterpenos que son partes constituidas del mismo.

Al aumentar la presión de vacío el rendimiento en aceite será menor, puesto que su presión de vapor disminuirá pero al disminuir la presión de vacío, el rendimiento de obtención aumentará. A la presión de 7.4 lb/pulg² (382.58 en un Hg), se obtuvo un rendimiento de 1.5% en aceite utilizando una relación de 5:1 con respecto a la materia prima. Este resultado nos permite observar el siguiente cuadro.

C U A D R O N° 4

TEMPERATURA	PRESION HEXANO	PRESION ACEITE
212°F	14.71lb/pulg ²	3.77 lb/pulg ²
	12.7 "	3.40 "
140°F	10.71lb/pulg ²	3.35 "
	8.7 "	3.28 "
120°F	7.41lb/pulg ²	3.20 "
	6.7 "	2.90 "

Del cuadro anterior obtenido de la gráfica de COX, se observa que para presiones menores 10.7 lb/pulg. la variación en la presión de vapor de aceite es similar a las variaciones de 10.7 lb/pulg. por lo que la presión puede variar alrededor de 10.7 sin alterar en forma significativa la presión del aceite, pudiendo establecer entre 11 lb/pulg² y 7 lb/pulg². las presiones más adecuadas de operación.

De lo contrario se observa que tanto el rendimiento como la calidad se ven afectadas por la presión de operación, estableciéndose que a Mayores presiones de vacío la calidad mejora, desmejorando a vacíos menores. En cuanto al rendimiento A menor presión de vacío se tiene un mayor rendimiento y a mayor presión el rendimiento disminuye.

De aquí deducimos que tiene que haber un equilibrio entre mejorar el rendimiento y la calidad del aceite con la variación de la presión.

Según los resultados obtenidos en nuestras pruebas tenemos que a menor presión de vacío se obtuvo mayor volumen al extracto, siendo el rendimiento mayor.

4.1.3. CONSIDERACIONES PARA LA APLICACION DEL PROYECTO.

Del estudio realizado vemos que se ha obtenido un buen rendimiento de extracción comparado con otros sistemas de extracción tales como lo presenta Araez (1953) y el anteproyecto de FOPFX (1983) cuyos rendimientos fueron 0.80% respectivamente. El resultado en el presente estudio fué de 1.5 % sobre la misma base de materia prima a diferentes condiciones. Este mayor rendimiento justificaría pues la implementación de este sistema haciendo viable el proyecto desde el punto de vista técnico.

Desde que actualmente importamos esencia de limón en sus diferentes formas, la ejecución de este proyecto evitaría la fuga de divisas y originaría la captación de otros tantos por exportación.

Del mismo modo, como la zona de plantación de la hierba, es localizada según el clima y habita de la planta. Dicha zona obtendría un costo social positivo por cuanto generaría ocupación de mano de obra y sus adyacentes beneficios, así como descentralización de la Industria.

4.1.4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas nos llevan a establecer lo siguiente :

- Las hojas de la hierba contienen el mayor porcentaje de aceite esencial que puede contener la planta en su conjunto.
- El rendimiento en aceite esencial de la planta considerando las hojas y tallo es de 0.691%.
- El rendimiento en aceite esencial de las hojas es de 1.5%.
- El rendimiento en aceite esencial del tallo es de 0.27%.
- Para no disminuir el rendimiento de extracción no se precisaría los tallos cuando fuese el caso, obtiene un mayor rendimiento de extracción a presiones menores de vacío, no dejándose de justificar el uso del vacío.
- Se obtiene mejor calidad a mayores presiones de vacío.
- La deshidratación de la materia prima resulta en su mayor rendimiento y mejor calidad, teniéndose en cuenta que las precauciones para la oxidación y otros cambios, deben ser afectadas debidamente.
- A mayor presión de vacío, la calidad del aceite aumenta - pero disminuye el rendimiento.
- Las consideraciones presentadas hacen viable la aplicación del proyecto.

CAPITULO V

PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (AEHL).

Los usos, obtención y conservación del AEHL están en función de sus propiedades y características, de ahí la importancia de estos factores; sabiendo las propiedades del AEHL se pueden complementar estos, en cuanto a su funcionalidad ya sea por un sabor incompleto mal distribución o de fácil oxidación, etc.

5.1. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA

El aceite esencial de hierba luisa es un líquido transparente ligeramente amarillento y de un notable aroma a limón, de allí se le conozca también como lemongrass- todo aceite esencial para considerar comercialmente viable, debe tener como mínimo 75% del compuesto base, en este caso el citral, que es el responsable de las propiedades del AEHL.

Existen en la actualidad dos tipos de este aceite esencial los cuales son:

- a) Cymbopogon Flexuosus Stapf, el cual es producido al Oeste de la India.

- b) Cymbopogón Citratus Stapf, el cual es producido al Oeste de la India, y el más difundido en los diferentes países del mundo.

Entre estos dos tipos existentes hay una diferencia en cuanto a su solubilidad en alcohol al 70-75%, siendo más soluble la especie flexuosus lo cual le da una mejor calidad puesto que se dispersará y distribuirá más uniformemente, sobre todo en productos secos.

5.2. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA.

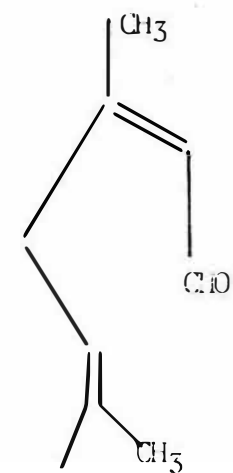
- 1) La densidad del AEHL es de 0.8860 gr/ml., o sea más liviano que el agua por lo que en una mezcla con este, permanecerá en la superficie.
- 2) En cuanto a la solubilidad del AEHL, la especie citratus es menos soluble en alcohol 70-75% que la especie flexuosus y ambos son insolubles en agua.
- 3) La menor solubilidad de la especie citratus (con el cual se trabajó) después de un almacenamiento se debe a la presencia del mircenol, que es un terpeno olefinico el cual expuesto al aire y luz, se polimeriza fácilmente. Se debe tomar en cuenta además, que el alcohol es polar, razón por la cual se dificulta la solubilidad del actual.

- 4) El punto de ebullición del AEHL es relativamente alto y variable, en función del contenido de citral y demás componentes (cetona, alcohol, o otros aldehidos) siendo ligeramente mayor a 210°C.

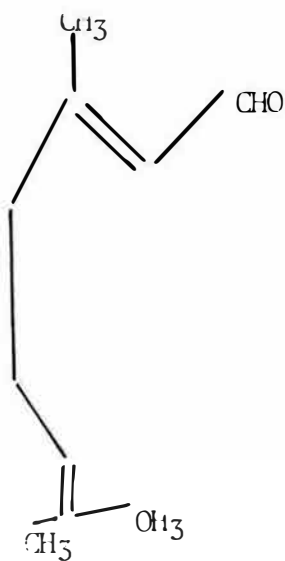
De otra parte se tiene que el AEHL se descompone por exposición a la luz y aire, sufriendo de oxidación puesto que es un compuesto nucleofilico en los dos carbonos donde posee dobles enlaces.

Asi mismo sufre de polimerización parcial (García-Araez 1953) motivo por el cual también pierde la solubilidad ante un almacenamiento prolongado.

Tanto la oxidación, como la polimerización están determinados por la naturaleza en la molécula del citral que es un sesquiterpene olefinico cuya molécula es:



NERAL
(CIS)



GERANIAL
(TRANS)

5.3. ESPECIFICACIONES DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA

El AEHL es una mezcla de los isómeros Cis y Trans - (del citral), dependiendo el porcentaje de estos para la determinación de las propiedades del aceite es sabido que los Isómeros Trans, son más estables que los Isómeros CIS, de modo que aquella mezcla que tenga mayor porcentaje del Isómero Trans será más estable, que aquel que tenga mayor porcentaje de Isómero Cis.

El pH del extracto obtenido varió entre 4.0 y 5.5 - según fuese la extracción sobre hojas frescas u hojas secadas al medio ambiente.

5.3.1. USO DE INSUMOS QUIMICOS.

El principal insumo utilizado fué el solvente hexano, compuesto orgánico de fórmula C_6H_{14} , no polar, de punto de ebullición $68.7^{\circ}C$ a 1 at. de presión densidad 0.659 gr/ml. la selección de este solvente entre otros (Tricloroetileno, sulfuro carbono, alcohol etílico, alcohol isopropílico, etc.) fué debido a ser un compuesto no tóxico, no cancerígeno y costo relativo menor, así como de un punto de ebullición menor que los otros solventes mencionados

5.3.2. USO DE ANTIOXIDANTES

El aceite esencial de hierba luisa contiene terpenos, a los que hay que agregar aldehidos y cetonas -

en bajos porcentajes, que son los responsables de las oxidaciones y cambios que sufren los aceites, debido principalmente a la reactividad de los dobles enlaces al hacer posible la autooxidación y enranciamiento del producto.

Para evitar el enranciamiento se utiliza el antioxidante BHT-BAYER (Butil Hidroxi Tolueno) $C_{15}H_{24}O$ que es un compuesto no higroscópico y no tóxico.

Este producto actúa contra los microorganismos y los fenómenos de descomposición provocados por los mismos.

La cantidad utilizada fué de 0.02% de BHT.

JUSTIFICACION DEL USO DE HEXANO COMO SOLVENTE EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA.

- La temperatura de ebullición es $68.7^{\circ}C$, requiriéndose menor energía para llegar a esta temperatura.
- Con menores incrementos en temperatura (fase vapor) se desarrolla mayor presión de vapor.
- Por ser solvente realiza una extracción del aceite con mayor eficiencia.
- El hecho de que sea un producto más caro se resolvería en un cálculo económico, tomando en cuenta que para el agua se necesita de un ablandamiento previo.
- Si se utiliza menor temperatura (en lo posible) se obtendrá un producto más natural y con menos posibilidades de sufrir cambios. Existen plantas industriales que utili-

zan el arrastre de vapor (agua) para la obtención del aceite esencial.

- El tiempo del contacto solvente: materia prima y la cantidad de solvente a utilizar serían considerablemente menores.

5.4. USOS DEL ACEITE ESENCIAL

Es muy usado en la composición de sabores y en menor escala en perfumes.

Combinado adecuadamente puede ser usado para imitar al limón, lima, naranja, toronja, cereza, etc. (Steffan - Angtander, 1969).

La concentración del aceite normalmente es cerca de 40 p.p.m. pero puede ser aumentada hasta 160 p.p.m. para gomas de mascar, otras concentraciones son 9.2 p.p.m. para bebidas no alcoholicas.

En nuestro medio este aceite es usado en la elaboración de Seven Up y Bimbo; y que también fué usado por la Inca Kola pero por problemas de solubilidad ya no lo usan más.

En otros países el uso de este aceite es muy amplio, abarcando la línea de jabones, alimentos, bebidas.

Es muy importante para la elaboración de Iononas que son varias sustancias químicas aromáticas con fuerte olor o violetas y de la Vitamina "A".

5.5. SUB-PRODUCTO

Una vez eliminado el aceite como extracto, el material floral puede ser usado como alimento para el ganado, previo balanceo nutritivo, o sin él, de acuerdo a las exigencias.

Se le puede agregar como componente de fertilizantes naturales.

Otra alternativa es la utilización como combustible, que puede ser sometido a una comprensión, con el cual se logra una mayor densidad siendo la combustión total y eficiente. (Cimpec OEA 1979).

CAPITULO VI

INGENIERIA DEL PROYECTO

6.1. ANALISIS DE LOS PROCESOS ACTUALES

Los procesos utilizados actualmente para la obtención de aceites esenciales son mayormente:

- A) Destilación por vapor (arrastre por vapor).
- B) Extracción por solvente.
- C) Expresión.

A.- La destilación por vapor de agua es la técnica más ampliamente utilizada debido al hecho de que los aceites esenciales son más volátiles en vapor, y generalmente son insolubles en agua. Si el aceite esencial no es resistente a la acción prolongada del calor utilizado y a la humedad, entonces deberá utilizarse la extracción por solvente.

Este sistema tiene algunas variaciones y difieren unos de otros principalmente en el grado de contacto entre el material vegetal y el agua.

Las formas más comunes de este sistema siguen los patrones tradicionales, vale decir una fuente de calor, una salida para el destilado (vapor) el cual es conectado directamente a un sistema de condensación y un recipiente separador el cual colecta el destilado y

permite que el aceite y la fase acuosa se separen.

Este simple destilado el cual ofrece las ventajas de un costo de menor capital y simplicidad de construcción y operación, sin embargo tiene algunas serias desventajas, tales como:

- Consumo más alto de combustible
- Mayor tiempo de destilado
- Posibilidad de quemar el material vegetal

Hay además algunas variables que afectan tanto el rendimiento como la calidad del aceite en la destilación y estos podrían tener una influencia importante en el diseño del destilador. Por ejemplo:

Propiedades del aceite.

Condición de la materia prima (fresco, seco, etc.).

Material de construcción de los equipos.

Dimensiones del destilador

Temperatura del condensado

Presión de vapor del aceite.

El proceso que ocurre en este caso es primero hacer pasar el vapor de agua a una determinada presión el mismo que penetra la substancia de la planta, quebrando las paredes celulares, llegando de este modo a la parte más íntima del aceite secretado en la materia vegetal, y causa que el aceite salga y se vaporice. De

este modo salen dos vapores del destilador, el vapor de agua y el vapor del aceite esencial, los cuales son condicionados al condensador y posteriormente al separador.

B.- La extracción por solvente es el segundo proceso más ampliamente usado y generalmente es usado para materiales vegetales más delicados, obteniéndose de este modo un extracto más natural. Este proceso requiere una técnica y planta más costoso, pero puede ser equipado con la utilización del vacío en el procesamiento de extracción.

Ahora la acción del solvente sobre el aceite esencial es completa por cuanto lo disuelve y evapora después de salir del tejido vegetal. La solución es bombeada y luego el solvente es separado por vacío.

El esquema y disposición de equipos es similar al proceso por arrastre de vapor con las variantes del sistema de vacío. Al respecto, se tiene la patente CI. 260-412.A N° 3'064,018 realizado por Carlos Verrando B. en 1,959 en el Perú, el mismo que utiliza de solvente orgánico.

Dicho proceso evacúa el aire y humedad del sistema por medio de vacío, haciendo que el vapor del solvente actúe más eficazmente sobre el material vegetal disolviendo el aceite y luego evacuándolo con una can

tividad adicional de dicho vapor de solvente.

C.- La obtención de aceite esencial por expresión es básicamente para cáscaras de frutas cítricas tales como del bergamota, limón y naranja, donde la característica principal de estas materias es el de tener un elevado relativo del aceite esencial.

6.2. DESCRIPCION DEL PROCESO SELECCIONADO

El proceso seleccionado fué la extracción con solvente y con vacío.

El solvente utilizado fué hexano, compuesto orgánico que no disuelve al aceite, pero si a los terpenos que son parte constituyente del aceite.

Este solvente se utilizó en la fase de vapor, de tal manera que se consigue un mayor contacto con la materia que contiene el aceite, ya que se condensa proporcionando calor y facilita dicha extracción, por elevación de la presión de vapor del aceite. En este proceso se Adiciona más solvente como vapor, que por no tener afinidad con los vapores del aceite se adicionan y llegan a una presión cercana a la presión del sistema, el cual es evacuado del extractor hacia el condensador. La presión de vacío es mantenida constante durante todo el proceso, esta presión de vacío permite que el solvente hierva a una menor temperatura y permite un circulado

del solvente por diferencias de presiones.

De vapor P' a una temp. T , cuando se encuentra en solución a la misma temp. tiene una presión de vapor P .

$$P = P' X r$$

X = fracción molar del producto en el liq.

r = coeficiente de actividad

Si la mezcla esta formada por a kilomoles del producto volátil y U_b de kilomoles fijos.

$$X = \frac{\mu^a}{\mu^a + \mu^b} \quad \text{y si } \mu^B \gg \mu^a$$

entonces $P = P' \mu^a r$

Si se hace pasar el gas de arrastre, manteniendo en el extractor la presión P_t , este gas tiende a saturarse la presión parcial del producto volátil de la mezcla gaseosa tiende a la presión de vapor de este producto. Si Y representa la fracción molar del producto volátil en la mezcla gaseosa en equilibrio y si obedece a la ley de los gases perfectos:

$$Y = \frac{P}{P_t}$$

Si $(-d_n a)$ kilomoles del producto volátil son arrastrados por d_{G_e} kilomoles del gas de arrastre, la fracción molar del cuerpo volátil en la mezcla gaseosa obtenida es:

$$Y = \frac{(-dna)}{(-dna) - dGe} = \frac{P}{Pt}$$

$$= \frac{dna}{dGe} = \frac{P}{Pt}$$

Sustituyendo P por su valor se tiene

$$\frac{dna}{dGe} = P' \frac{ua}{Ub} r$$

$$\frac{-dna}{dGe} = \frac{P' Ua}{Pt} r$$

Integrando ($r = \text{const}$)

$$Ge = \frac{Pt \cdot Ub}{P' \cdot r} \ln \frac{Na_1}{Na_2}$$

Na_1, Na_2 = kilomoles del producto volátil al principio y al final de la operación

Si X_1, X_2 son fracciones molares del producto volátil al principio y al final de la operación y x_1, x_2 las fracciones másicas o ponderables se tiene aproximadamente para valores pequeños.

$$\frac{Ua_1}{Ua_2} \doteq \frac{X_1}{X_2} \doteq \frac{x_1}{x_2}$$

de donde

$$Ge = \frac{Pt \cdot Ub}{P' \cdot r} \ln \frac{x_1}{x_2}$$

La cantidad a emplear del producto de arrastre es sensiblemente proporcional a la presión en el extractor, a la cantidad del producto a tratar y a la relación de las concentraciones del producto puro al principio y al final de la operación. Es inversamente proporcional a la presión de vapor del producto volátil, que es a su vez función de la temperatura.

6.4. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS

6.4.1. EXTRACTOR

Según los cálculos de producción, tenemos que anualmente se producirá 16.32 Tn. de aceite, lo que equivale a tener que procesar 2'778581 kg de materia prima por año pero por un mejor margen de seguridad consideramos un 40% más o sea 3'890,013 kg de materia prima.

Teniendo un ritmo de trabajo de 300 días por año, se tendría que procesar 12967 kilos de materia prima diaria. Además como cada ciclo demora 2 horas (acondicionando, proceso, limpieza), se tendría cuatro etapas por extractor resultando ahora 3242 kilos por etapa.

Nuestro extractor de prueba (capítulo IV) tiene una capacidad de 0.0038 mt³ del mismo que se puede proporcionar a 8 veces sus dimensiones, resultando una altura de 2.4 mt y un diámetro de 1.76 mt.

El volumen ahora resulta ser de 2.80 mt³. pa-

ra una capacidad de 940 kgs. de materia prima, considerando una densidad aparente de la materia prima (cargado en el extractor) de 0.336 gr/cm³ ó 336 kg/mt³.

Si por otro lado consideramos una eficiencia del 75% en la utilización del volumen del extractor, la capacidad es ahora de 705 kgs. por etapa, determinándose que para procesar la materia prima diaria de producción se necesitarían 5 extractores.

La extracción como es previsto, es del tipo intermitente.

Considerándose la reactividad de los aldehídos contenidos en el aceite esencial, el extractor será de acero inoxidable y de 5/16 pulgadas de espesor.

Asociado a la entrada de vapor al evaporador, para un serpentín provisto de agujeros que servirán de salida al vapor del solvente, con la finalidad de lograr una mejor distribución de dicho solvente.

El extractor está provisto también de un falso fondo, que sostiene la materia prima y permite el paso del material extraído.

Para el cargado y evacuación del material foliar el extractor contará con dos compuertas, una ubicada en la parte superior, ambas, selladas herméticamente.

Tendrá dispuesto también una válvula para la entrada del vacío, lo mismo se dispondrá de un medidor de presión y de temperatura.

Complementariamente el extractor se recubrirá con aislante de asbesto, de una pulgada de espesor que reduce en 60% las pérdidas de calor a través de la superficie del extractor, tal como se indica en el Apéndice.

6.4.2. EVAPORADOR

Aquí se producirá la cantidad suficiente de vapor de solvente para efectuar la extracción. Este evaporador será del tipo vertical y el vapor de calentamiento lo provee el caldero. Aquí se separa el poco extracto que no se separó bien en el separador y se continúa produciendo vapor de solvente. El vacío facilita la evaporación y el transporte de los fluidos, de modo que esto se efectúa por diferencia de presiones.

Este evaporador constará de los dispositivos adicionales tales como conexión con el sistema de vacío válvula de seguridad que regulará a la presión de operación escogida, válvula de entrada para el solvente con aceite provenientes del separador. Tendría también un separador de espuma, para romper las burbújas de aceite y solvente y dejar libre el solvente.

El material del evaporador será de acero inoxidable y su capacidad de 2.0m³.

6.4.3. CONDENSADOR (Intercambiador de calor).

El condensador baja la temperatura de los gases y vapores del mínimo posible, al que le seguirá un receptor (separador) el cual separa el aceite del solvente para después continuar con la bomba de vacío.

Este condensador es de coraza y tubos (UNIDO) de aluminio o también de coraza de acero templado y tubos de aluminio.

6.4.4. CALDERO

Para evaporar el solvente es necesario la siguiente cantidad de calor:

a) Calor sensible, para aumentar la temperatura del solvente de 20°C a 49°C.

$$q_1 = mC_p \Delta T$$

$$C_p = 32.85 + 9.763 \times 10^{-2}(t) - 5.716 \times 10^{-5}(t)^2$$

cal/molgr.^eK.

$$C_p = 56.61 \text{ cal/molgr.}^e\text{K}$$

$$m = 705 \text{ Kg/hr.}$$

$$q_1 = 12,993.96 \text{ Kcal/hr.}$$

b) Calor latente.

$$q_2 = m \lambda$$

$$\lambda = 7182 \text{ cal/molgr.}$$

$$q_2 = 58,875.69 \text{ Kcal/hr.}$$

$$Q = q_1 - q_2 = 71,869.65 \text{ Kcal/hr.}$$

Luego la cantidad de vapor a producir será

$$Q = W_s \lambda_s$$

$$W_s = \frac{71,869.65 \text{ Kcal/hr.}}{\lambda_s} = 133.4 \text{ Kg/hr.}$$

$$= 133.4 \text{ Kg/hr. de vapor saturado.}$$

Para 5 evaporadores se tendrá:

$$665. \text{Kgs/hr. de vapor saturado.}$$

Para el caso de vapor de 60 lb/in² el requerimiento de agua sería menor.

En estas condiciones se requerirá de un cal-dero de capacidad de 700 a 800 kg/hr. con una potencia de 50 H.p.

6.4.5. FILTROS

Lo que normalmente se ha estado usando son los filtros de papel, pero se sabe de la conveniencia de los filtros de paño de polipropileno, utilizado para fil-traciones al vacío, incluso para clasificación de soluciones con carbón en un lecho de filtro auxiliar.

Este filtro es impermeable a los ácidos minerales y bases fuertes, y es insoluble en casi todos los -

solventes orgánicos.

El costo de este tipo de filtro es de \$ 6.30 metro, teniendo un ancho de 94 cms.

Lo conveniente es que puede ser usado nuevamente a comparación con el papel filtro.

6.4.6. BOMBA DE VACIO

La bomba más apropiada en este caso es del tipo de anillo líquido, puesto que tiene un rango de operación tal que nuestra presión de operación esta en el centro de dicho rango (7.4 PSI).

El vacío se consigue en 10 minutos para las dimensiones del extractor señalado en la sección 6.4.1.

Para un eficiente funcionamiento debe precederse de un condensador que baje convenientemente la temperatura de gases y vapores al mínimo posible y no quede limitado por la presión de vapor total que pasa por ella.

Los accesorios de esta bomba serían una válvula de vacío y un vacuómetro.

Señalaremos también que esta bomba tiene un filtro en la entrada y que es parte componente.

Los factores considerados en la determinación del tipo y tamaño de la bomba fueron:

- La presión de operación.
- El tiempo en que se alcanza la presión deseada.
- El volumen del sistema a ser evacuado
- El vacío múltiple y su efecto en reducir la velocidad de la bomba con relación a la longitud, diámetro y el efecto de orificio.
- La carga de vapores en términos de ser condensables o no a las condiciones de operación.

6.4.7. TANQUES

Los tanques requeridos serán básicamente para el almacenamiento del solvente (hexano), asociado al evaporador. La capacidad será de 4 mt³. considerando la distribución para los 5 extractores vía evaporador, con las pérdidas mínimas del mismo y para un tiempo prudencial de renovación (1 mes).

El otro tanque necesario es el que va asociado al caldero, y es para contener el agua de alimentación. Su capacidad es variable dependiendo de la forma de trabajo. Opcionalmente puede tener una capacidad de 4 mt³. también, material fierro galvanizado.

6.4.8 EQUIPOS AUXILIARES

Los equipos auxiliares son principalmente los medidores, ya sean de temperatura, de presión, de niveles.

Existen también válvulas de seguridad, reguladas a la presión de operación y conectadas con el condensador, permitiendo que el circuito sea cerrado.

Otro equipo auxiliar es el separador solvente aceite que permite la obtención de solvente y de aceite por separado antes de continuar a la bomba de vacío.

6.5. RENDIMIENTOS

El rendimiento en el sistema utilizado es incrementando en relación a otros procesos (FOPEX, proyecto de aceites esenciales, Brasil) que obtienen 0.82% contra 1.25%. Este mayor rendimiento es justificado además si se toma en cuenta que se utiliza una menor cantidad del producto de arrastre (solvente) como consecuencia de una menor presión en el extractor.

Debido a la menor temperatura de extracción empleado, la calidad del aceite mejora, puesto que hay una menor extracción de sustancias no volátiles que se encuentran formando mezcla en la materia prima, evitándose además una descomposición por uso de temperaturas mayores.

Existe la conveniencia de que el tiempo de permanencia del solvente no sea muy rápido; debido a que tendría menos tiempo de contacto con la materia prima, esto a menos que la suma de ambas presiones de vapor (solvente + aceite esencial) alcance la presión del sistema. (sección 6.2.).

6.6. OPTIMIZACION

a) La optimización en el proceso se logra realizando la extracción sólo en las hojas y que sean secas, puesto que como se ha visto, se logran rendimientos de 1.5%, al haber una menor interacción de la parte acuosa de la planta, con el solvente. Aquí cabe añadir que la pureza del solvente es esencial para una efectiva calidad del extracto.

b) Otra variable importante, es el tamaño de las partículas de las hojas picadas, puesto que a menor tamaño ofrecerán mayor área de acción para los vapores del solvente, pudiéndose realizar una mejor extracción. Se debe tener cuidado con esta variable, puesto que la presión de vapor del aceite es relativamente bajo, y podría quedar una considerable cantidad de aceite en la superficie del material ya que debido al tamaño de partícula estas presentarían una mayor aglomeración e impedirían el paso del aceite. Este factor debe ser tomado en cuenta en el dimensionamiento del extractor, de manera que la evacuación del aceite y del solvente no sea dificultado.

c) La optimización se centraría en el proceso mismo tomando en cuenta la ecuación de la sección 6.2., considerando la calidad por un lado (contenido de citral, aldehidos y cetonas) con la variación de la presión y el rendimiento de otro lado.

Así tenemos que la variación en la presión de vacío condicionará la cantidad de solvente, de modo que si hay mayor vacío se podría utilizar menos solventes en estas circunstancias se disminuiría el tiempo del proceso, al tiempo que la temperatura de ebullición del solvente sería menor y al haber una menor temperatura, la presión de vapor de la sustancia volátil sería igualmente menor, por lo que se necesitaría utilizar más cantidad de solvente para una mayor extracción.

Esta aparente contraposición se despeja realizando pruebas sucesivas en el que las variables principales serían la variación de la presión de vacío y la variación de la cantidad de solvente utilizado

6.7. CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES

La aplicación de este proceso estará también en función de la demanda de la calidad, que puede ser controlado con el diagrama propuesto en la sección de optimización.

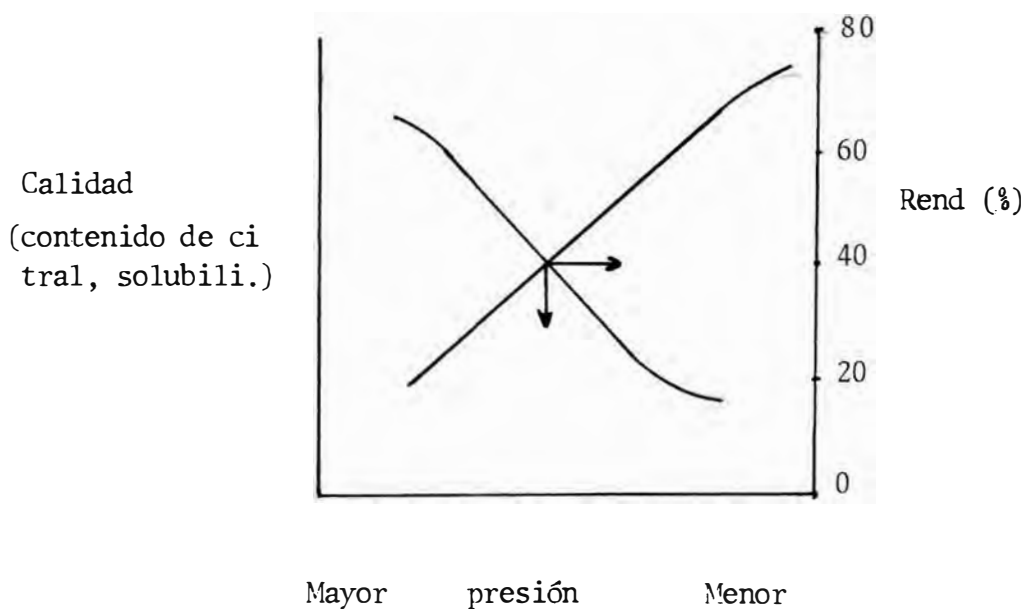
Cabe señalar que el producto obtenido es el extracto del aceite esencial, el cual contiene el citral, el mismo que tendría que ser separado para aumentar considerablemente su valor agregado.

Para el caso del extractor, se formaría una bate

ría donde se realizará una extracción secuencial, tal que se cubriría la producción de los cinco extractores en un turno de trabajo.

En cuanto al evaporador, de acuerdo a las condiciones del proceso, podría trabajarse con dos o tres evaporadores teniendo que regular sus dimensiones; debe tenerse en cuenta que parte del solvente con que se carga el evaporador contiene aceite esencial.

La bomba de vacío considerada es del tipo de anillo líquido, pues es la más aconsejada para presiones de vacío de 2.5 P.S.I.A. hasta 12.5 P.S.I.A (Kinney); y nuestra presión óptima fué de 7.4 P.S.I.A.

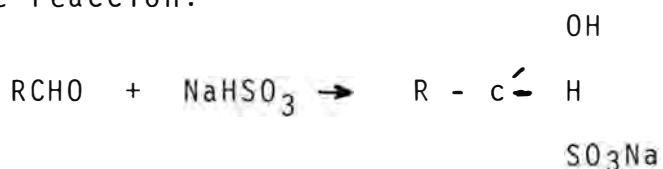


CAPITULO VII

ANEXOS Y APENDICES

7.1. METODO DEL BISULFITO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DEL CITRAL.

Este es un proceso de absorción basado en la siguiente reacción:



En la que el grupo SO_3Na se une al átomo de carbono del grupo carboxil y podría hacerlo posiblemente a través del átomo de oxígeno.

En un frasco de 150 c.c. que tenga un anillo delgado y graduado en 0.1 c.c. se introduce 75 c.c. de una solución acuosa de bisulfito de sodio. Luego se pipetea 10 c.c. de aceite en el frasco, y bajo una agitación se formará una masa semisólida. Se sumerge el frasco en un baño maría y se agita de vez en cuando hasta que el semisólido desaparezca en la solución. Luego se sigue agitando el frasco para asegurarse una completa reacción del aldehído con el bisulfito. En seguida se adicionarán 25 c.c. de solución de bisulfito y se procede a agitar nuevamente. Después de mantener durante 10 minutos el frasco en

renoso en el baño maría se adiciona suficiente bisulfito para forzar al aceite no reaccionado, cubrir el cuello del frasco. Una vez llegado a la temperatura ambiente, se mide la cantidad de aceite no reaccionado. El concentrado de aldehído se calcula por medio de la siguiente fórmula

$$\% \text{ de aldehído} = 10 (10 - N^{\circ} \text{ de c.c. aceite no reaccionado})$$

$$\% \text{ en peso} = (\% \text{ en volumen}) \left(\frac{d_{15}^{\text{aldehy. o cetona}}}{d_{15}^{\text{aceite}}} \right)$$

7.2. CALCULO DE PERDIDAS DE CALOR EN EL EXTRACTOR

Tiempo de operación 1 hora.

Area común con el aislante : 13.27 mt².

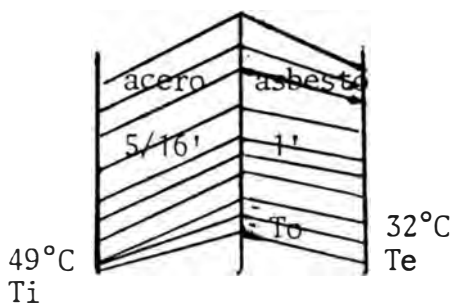
Estado estacionario.

$$\rho_{ac} = 537 \text{ lb/ft}^3$$

$$k_{ac} = 34.00 \text{ BTU/hr.ft}^2 (\text{°F/ft})$$

$$\rho_{asb} = 36 \text{ lb/ft}^3$$

$$k_{asb} = 0.111 \text{ BTU/hr ft}^2 (\text{°F/ft}).$$



$$\Delta T = q \left[\frac{1}{h_i A_i} + \frac{1}{h_o A_o} \right]$$

$$\frac{\Delta X_{ac}}{k_{ac} A_{ac}}$$

Puesto que las áreas son las mismas, y el vapor se condensa en el interior del extractor, inclusive en las paredes interiores del mismo.

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{K_{ac}} + \frac{1}{h_o}} A$$

Para el extractor sin asbesto , $h_o = 0.96 \text{ BTU/hft}^2\text{°F}$

$$q = 22.88 \text{ Kcal/hr.}$$

Con asbesto.

$$1 = 9.58 \text{ Kcal/hr.}$$

De aquí tenemos un ahorro del 60% en pérdidas.

7.3. AJUSTE DE LA DEMANDA POR EL METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS.

X	Y	X ²	XY
0	749	0	0
1	766	1	766
2	937	4	1874
3	1200	9	3600
4	1745	16	6980
5	1800	25	9000
6	1055	36	6330
7	1324	49	9268
8	1558	64	12464
9	1633	81	14697
45	12767	285	64979

El método de mínimos cuadrados ajusta los datos involucrados a una recta, cuya ecuación general es:

$$Y = a + bX$$

en donde Y Demanda en Kg.

X Año para la demanda

a,b Constantes.

Las ecuaciones para resolver esto es :

$$\Sigma(XY) = a \Sigma(X) + b \Sigma(X^2) \quad (I)$$

$$\Sigma(Y) = na + b\Sigma(X) \quad \dots\dots\dots (II)$$

Reemplazando valores

$$64,979 = 45 a + 285 b \quad \dots\dots\dots (I)$$

$$12,767 = 10 a + 45 b \quad \dots\dots\dots (II)$$

Resolviendo la ecuación : a = 866.12

$$b = 91.24$$

Ecuación $Y = 866.12 + 91.24X$

7.4. EVALUACION ECONOMICA

7.4.1. INVERSION TOTAL DEL PROYECTO:

- a. Equipo principal de proceso
instalado 1'711,000
- b. Tuberías y accesorios instalados 107,115
- c. Aislamiento para tuberías
y equipos 102,660

d. Instrumentación e instalaciones eléctricas.	193,105
e. Equipo auxiliar de proceso instalado	261,600
f. Servicios auxiliares	328,726
g. Terrenos y Edificios	<u>938,886</u>
Total Costo Directo	3'643,092
h. Ingeniería y Supervisión.	364,309
i. Gastos de Construcción temporal .	<u>364,309</u>
Total del Costo Directo e Indirecto	4'371,710
j. Comisión de Contratistas	218,586
k. imprevistos	437,172
CAPITAL FIJO	5'027,468
l. Capital de puesta en marcha	502,747
m. Interés por complementación del proyecto	<u>553,022</u>
CAPITAL FIJO TOTAL: I_f	6'083,237
CAPITAL DE TRABAJO TOTAL: I_w	<u>5'803,500</u>
INVERSION TOTAL = $I_f + I_w$	= I/11'886,737

La inversión total está dada en intis (I/.).

7.4.2. INVERSION EN MAQUINARIAS Y EQUIPOS:

a. Extractor	I/. 250,000
b. Condensador	190,000
c. Evaporador	210,000
d. Bomba de vacio	120,000
e. Separador	135,000
f. Depósito acero inoxidable	96,000
g. Caldero	710,000
 TOTAL	 I/. 1'711,000

7.4.3. BALANCE ECONOMICO

- Producción Anual	12,000	Kg.
- Precio de venta	100 dólares	/ kg.
- Cambio (Noviembre 86)	22 intis	/ dolar.
- Costo de Producción	55 dólares	/ kkg.
- Ventas anuales	I/. 26'400,000	
- Costo total de producción	14'520,000	
- Utilidad bruta	11'880,000	
- Impuesto a la renta 0% por efectos de descentralización.		000,000
- Utilidad Neta.	I/. 11'880,000	

7.4.4. RETORNO SOBRE LA INVERSION

$$RSI = \frac{11'800,000}{11'886,737} \times 100 = 99.94 \%$$

7.4.5. TIEMPO DE REPAGO (Pay out time) TRI

$$TRI = \frac{11'886,737}{11'880,000 - 1'188,674} = 1.11 \text{ años.}$$

1'188,674: es la depreciación de inversión total.

7.4.6. VALOR PRESENTE DEL FLUJO DE DINERO.

$$VPFD = -I_t + FD (fvp_{i-n}) + I_w (fvp'_{i-n})$$

Siendo

Inversión total + = 11'886,737

n vida económica = 10 años

Capital de trabajo = 5'803,500

i tasa de interés anual x costo de capital = 40%

FD Flujo anual de dinero después del impuesto.

$$FD = n_{ud} + D = 11'880,000 + 1'188,674 = 13'068,674$$

F L U J O D E D I N E R O

AÑO	EGRESOS	INGRESOS	FLUJO DINERO
0	11'886,737		- 11'886,737
1 - 10		13'068,674	+ 13'068,674
10		5'803,500	+ 5'803,500

VPFD = - 11'886,737 + 13'068,674 x 2.41357 + 5'803,500 x 0.03457

VPFD = 19'856,050

7.4.7. TASA INTERNA DE RETORNO TIR

TIR	VPFD
40	19'856,050
50	13'898,022
60	9'749,063
70	6'718,907
80	4'419,615
90	2'619,803
100	1'174,817
110	9,711
120	998,065

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De los resultados del Valor Actual Neto y de la Tasa inversa de retorno se concluye que el proyecto es aceptable
- El costo por kilo de producto acabado fué de 55 dólares, siendo un precio conservador, puesto que en el mercado mundial está a 110 dólares el kilo (Aldrich, ver Bibliografía), obviamente los precios están en función de la calidad y no se tiene mayor información al respecto.

Es este uno de los motivos por los que no se realizó un análisis de sensibilidad.

- Para fines de cálculo se utilizó la capacidad de producción de 12 tn. por año.
- En vista que es un proyecto atractivo se recomienda la continuación del mismo, puesto que en la actualidad se tiene apoyo del Gobierno para este tipo de empresas.

B I B L I O G R A F I A

- ALDRICH Catalog Handbook of Fine Chemicals. Aldrich Chemical Company Inc. 1984-1985, U.S.A.
- ARSTANDER STEFFEN Perfume and Flavor Chemicals, Vol. I Munt Clair N.J., U.S.A. 1969.
- BID. Esencias y Aceites Esenciales Gobierno Peruano - Brasileño. Brasil, 1970.
- CARBAJAL D'SANGELO F "Elementos de Proyectos de Inversión" Cap. X y XI - Lima , 1981.
- CARBALLO CAABEIRO, JOSE Técnica de la Industria Alimentaria. Editorial Dossat S.A. Madrid España 1965.
- CONEST CAR "Aspectos Agropecuarios del Departamento de Piura" - Ministerio de Agricultura UNA, 1965.

- CROBERA V. JOSE Director del Proyecto del Al
to Huallaga Entrevista Perso
nal. Lima-Perú 1984.

- FOPEX Anteproyecto de Procesamiento
de aceite esencial de Hierba-
Luisa, Citronela y Menta.
Lima - Perú , 1983.

- GARCIA ARAEZ, H. Esencias Naturales, Ediciones
Madrid, España, 1953.

- GARMICA GONZALES LUIS "SUELOS" - Tesis, UNA 1976.

- HIMMELBLAU, DAVID Principios y Cálculos Básicos
de la Ingeniería Química, 6ta.
Impresión, Compañía Editorial
Continental S.A.
México, 1974.

- MARTES, ADOLFO L. Asociación de Análisis Quími-
co Univers. Nac. Buenos Aires,
Argentina 1962.

- MIRO PURGA, J. Los aromáticos en la indus
tria moderna. Editorial

- SINTES, 2da. Edición.
BARCELONA, 1962.
- O.E.A. Servicio Cimpec 1979.
- ONER - FAO - ONRA "Estudio de Suelos de la Zona del Huallaga Central y Bajo - Mayi". Lima - Perú, 1968.
- SINCLAIR, ROBERT Essential Oils, Prown Knight Truscott Ltd., London and Ton brigde 1963.
- UNIDO Report of the Workshop on the eseencial oil industry - Lucknow. India, 1982.
- VILBRANT F. y DRYDEN CHARLES. "Ingeniería Química del Dise_ño de Plantas Industriales"- Ed. Grifaldo S.A., México 1963, Cap. VII, Pag. 315.
- CANO VELA M. Diagnóstico y Posibilidades de las Industrias de aceites esenciales en el Perú.

Tesis U.N.A. , 1980.

- GUNTHER ERNEST

The essential oil.

Mc. Graw Hill Book Company ,

New York 2nd. Edition. 1955.

U.S.A.

- LEON JORGE

Fundamentos Botánicos de los
cultivos tropicales.

Instituto Interamericano de
Ciencias Agrícolas de la OEA

San José, Costa Rica, 1983.