

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL**



**TESIS**

**“ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE ACEITE  
ESENCIAL DE LIMÓN SUTIL (*Citrus Aurantifolia*) UTILIZABLE EN LA  
INDUSTRIA DE PERFUMERÍA”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO**

**ELABORADO POR**

**DAVID EDUARDO CHIRINOS SORIANO  
VÍCTOR CIPRIANO QUISPE CARRANZA**

**ASESOR**

**M.Sc. Ing. MAGALI CAMILA VIVAS CUELLAR**

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A mi mamá Yolanda, a mi papá Carlos, a mi esposa Rosa María, a mis hijos: Camilla, Galo, Alejo; les dedico estas líneas en agradecimiento por sus oraciones y el deseo de parabiens que me han transmitido toda mi vida.

David Eduardo Chirinos Soriano

A mi madre Cirila, a mi padre William, a mi esposa Ysela, a mis adorados hijos Valeria y Rodrigo, por su incondicional apoyo en el logro de este objetivo.

Víctor Cipriano Quispe Carranza

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la gracia que me ha otorgado en ser consiente que soy hijo suyo, considerándome que soy un hijo pródigo ante él.

David Chirinos Soriano

A Dios, a mis padres, mi esposa y mis hijos, a mis profesores por su formación y enseñanzas para ser un hombre de bien, para mi familia y la sociedad.

Víctor Quispe Carranza

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es el de generar un mayor impulso a nuestra agroindustria de exportación y específicamente, a la del aceite esencial de limón. Esta investigación persigue también analizar las características organolépticas, físicas y químicas del aceite esencial de limón sutil que se extrae por el método de destilación en arrastre de vapor, con aplicación a la industria de perfumería. Para lo cual, se realizaron pruebas en las instalaciones del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química y Textil de la UNI (Laboratorio N° 23). Se utilizó el método de destilación en arrastre de vapor, el método más usado industrialmente, para obtener aceite esencial de limón de manera experimental; obteniéndose como resultados una eficiencia de 0.4 % w/w para dicho método, respecto a la materia prima en bruto (limón sutil), la inversión necesaria asciende a \$ 20 037 583. 4, distribuidos en inversión fija \$ 17 130 867.3 y capital de trabajo \$ 2 906 716.3, con un periodo de recupero de 5.3 años, asimismo, se obtuvo una relación  $B/C = 1.11$  ( $B/C > 1.0$  para ser rentable) y una TIR de 31.9 % ( $TIR > TD$ ). Esto se realizó tanto para familiarizarse con el proceso industrial de obtención del aceite esencial de limón, como para sustentar un posterior estudio económico de la instalación de una planta productora de aceite esencial en base a los resultados obtenidos; de esta forma, se estudiará las inversiones requeridas, en lo referido a maquinaria y equipos, para la elaboración de aceite esencial de limón por el método de destilación en arrastre de vapor, comparando los costos con precio de venta del aceite esencial de limón, con lo cual presentaremos la rentabilidad que se estaría obteniendo. Finalmente, se precisará el o los países más recomendables para efectuar exportaciones de aceite esencial de limón para la industria de la perfumería.

## ABSTRACT

The main objective of this research is to generate a greater boost to our export agroindustry and, specifically, to the lime essential oil. This research also seeks to analyze the organoleptic, physical and chemical characteristics of the lime essential oil (key variety) that is extracted by the steam distillation method focused on the perfumery industry

For this, tests were carried out in the facilities of the Laboratory of the Faculty of Chemical and Textile Engineering of the Universidad Nacional de Ingeniería - UNI (Laboratory N ° 23). The method that was used was the steam distillation method, (method most used industrially) to obtain lime essential oil experimentally; obtaining an efficiency of 0.4% w/w for this method, with respect to raw material (lime key variety), the necessary investment amounts to \$ 20 037 583. 4, distributed in fixed investment \$ 17 130 867.3 and capital of work \$ 2 906 716.3, with a recovery period of 5.3 years, likewise, a ratio  $B / C = 1.11$  was obtained ( $B / C > 1.0$  to be profitable) and the IRR of 31.9% ( $IRR > TD$ ).

This procedure was carried out both to familiarize with the industrial process of obtaining the essential oil of lemon, as well as to support a subsequent economic study for the installation of an essential oil production plant, based on the results obtained, in this way, will study the investments required in relation to machinery and equipment necessary for the production of lemon essential oil by steam distillation method, comparing the costs with the sale price of lime essential oil, with which, we will present the profitability that would be obtained. Finally, you can identify the most recommendable countries to export lime essential oil to the perfume industry.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTA DE CUADROS .....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xii
1 INTRODUCCIÓN .....	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1 Problemática Actual .....	2
2.2 Formulación del Problema de investigación .....	4
2.3 Justificación de la Investigación .....	4
2.3.1 A nivel Regional:.....	4
2.3.2 A nivel Académico:.....	4
2.4 Objetivos .....	5
2.4.1 Objetivo General .....	5
2.4.2 Objetivo Específicos.....	5
3 MARCO TEÓRICO.....	6
3.1 El limón.....	6
3.1.1 Clasificación botánica y características biológicas.....	6
3.2 El cultivo de limón y su aceite esencial en nuestro país .....	7
3.2.1 Producción nacional, superficie cosechada y rendimiento .....	7
3.2.2 Distribución geográfica .....	9
3.3 Tipos de Control para el limón destinado a la extracción de aceite esencial. ..	12
3.4 Naturaleza del producto .....	13
3.4.1 Clasificación según las normas de INDECOPI .....	14
3.4.2 Usos del producto .....	14
3.5 El aceite esencial del limón .....	15
3.5.1 Definición.....	15
3.5.2 Características organolépticas .....	16
3.5.3 Características físicas .....	16
3.5.4 Características químicas .....	18

3.6	Métodos de obtención del aceite esencial de limón.....	20
3.6.1	Método de obtención por destilación en arrastre de vapor.....	20
3.6.2	Método de obtención por centrifugación.....	26
3.6.3	Método de obtención por presión o expresión.....	30
3.7	Subproductos .....	34
3.7.1	Cascara deshidratada .....	34
3.7.2	Jugo Turbio Concentrado de limón .....	37
4	ESTUDIO DE MERCADO DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN.....	40
4.1	Análisis de la demanda.....	40
4.1.1	Área geográfica que comprende el mercado .....	40
4.1.2	Principales consumidores .....	40
4.1.3	Demanda del producto en el periodo 2012 – 2016.....	42
4.2	Análisis de la oferta.....	42
4.2.1	Principales productores nacionales.....	42
4.2.2	Oferta del producto.....	44
4.3	Selección del mercado objetivo .....	48
4.3.1	La industria de la perfumería y el aceite esencial de limón.....	48
4.4	Estudio de comercialización y precios.....	49
4.4.1	Canales de comercialización .....	49
4.4.2	Análisis de precios del aceite esencial de limón.....	50
4.4.3	Proyecciones de precios .....	51
5	TRABAJO EXPERIMENTAL.....	54
5.1	Obtención del producto en laboratorio N°14.....	54
5.1.1	Procedimiento.....	54
5.1.2	Resultados.....	55
5.2	Obtención del producto en la planta piloto .....	56
5.2.1	Procedimiento.....	56
5.2.2	Equipos utilizados .....	56
5.2.3	Resultados.....	57
5.3	Características Físicas y Químicas.....	58
5.4	Consideraciones para la aplicación del proyecto.....	58
6	LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE PLANTA .....	59
6.1	Tamaño de planta.....	59
6.1.1	Tamaño de planta vs. Tecnología.....	60
6.2	Localización de planta.....	61

6.2.1	Disponibilidad de materia prima .....	62
6.2.2	Disponibilidad de servicios industriales .....	64
6.2.3	Disponibilidad de mano de obra.....	65
6.2.4	Condiciones climáticas y ambientales.....	67
6.2.5	Distancia a los centros de consumo y medios de transporte.....	68
6.2.6	Área y disponibilidad del terreno .....	68
7	INGENIERÍA DE PROYECTO .....	70
7.1	Generalidades .....	70
7.2	Producto y subproductos .....	70
7.3	Proceso de producción .....	71
7.3.1	Análisis de alternativas.....	71
7.3.2	Rendimiento de los procesos evaluados .....	72
7.3.3	Consideraciones técnicas de los métodos evaluados.....	73
7.4	Descripción del proceso seleccionado .....	75
7.5	Descripción de la maquinaria y equipo más importante .....	80
7.6	Capacidad instalada.....	81
7.6.1	Balance de materia .....	82
7.6.2	Balance de energía.....	85
7.7	Requerimiento y selección de la maquinaria .....	89
7.7.1	Extracción de aceite esencial .....	90
7.7.2	Cáscara residual deshidratada.....	93
7.7.3	Jugo de limón .....	95
7.8	Aseguramiento de la Calidad en la obtención del producto terminado .....	97
7.8.1	Control de Calidad en la recepción de la materia prima e insumos.....	97
7.8.2	Control de Calidad durante el proceso productivo .....	97
7.8.3	Control de Calidad del producto terminado.....	98
7.9	Seguridad Industrial .....	99
7.10	Requerimiento de Materiales .....	99
7.10.1	Material directo .....	99
7.10.2	Materiales indirectos .....	100
7.11	Requerimiento de servicios.....	101
7.11.1	Agua .....	101
7.11.2	Vapor de agua.....	101
7.11.3	Combustible.....	101
7.11.4	Energía.....	101



7.11.5	Mantenimiento.....	102
7.11.6	Comunicaciones .....	102
7.12	Requerimiento de mano de obra.....	102
8	ESTUDIO ECONÓMICO.....	107
8.1	Inversión .....	107
8.1.1	Terreno .....	108
8.1.2	Maquinarias y equipos.....	109
8.1.3	Instalación de equipos .....	111
8.1.4	Instrumentación y control.....	113
8.1.5	Tuberías.....	113
8.1.6	Instalaciones eléctricas .....	114
8.1.7	Edificaciones .....	114
8.1.8	Servicios y facilidades.....	115
8.1.9	Gastos en construcción.....	117
8.1.10	Ingeniera y supervisión.....	118
8.1.11	Capital de Trabajo .....	119
8.2	Depreciación.....	123
8.2.1	Financiamiento .....	126
8.2.2	Costo del producto.....	128
8.2.3	Costo de producción.....	128
8.2.4	Gastos Generales .....	133
8.3	Ingresos .....	136
8.4	Estados financieros .....	137
8.5	Razones financieras.....	145
8.6	Evaluación de inversiones .....	148
8.6.1	Valor Presente Neto (VPN).....	148
8.6.2	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	148
8.6.3	Relación Beneficio/Costo (B/C).....	149
8.6.4	Valor Presente Acumulado (VPA).....	151
8.6.5	Periodo de Recupero.....	152
8.7	Análisis de sensibilidad.....	152

## LISTA DE CUADROS

<b>CUADRO 1:</b> Composición Química del Limón Sutil (Por 100 gr. de pulpa) .....	8
<b>CUADRO 2:</b> Superficie, Producción y Rendimiento del Limón 2004-2016 .....	9
<b>CUADRO 3:</b> Componentes Químicos del Aceite Esencial de Limón .....	15
<b>CUADRO 4:</b> Componentes químicos del Aceite Esencial de limón Sutil .....	19
<b>CUADRO 5:</b> Participación de las industrias en el consumo de aceite esencial .....	41
<b>CUADRO 6:</b> Demanda de aceite esencial de limón hacia el Reino Unido .....	42
<b>CUADRO 7:</b> Empresas exportadoras de aceite esencial de limón (año 2014).....	44
<b>CUADRO 8:</b> Importaciones de Aceite Esencial de Limón al Reino Unido.....	45
<b>CUADRO 9 :</b> Exportaciones de Aceite Esencial de Limón .....	46
<b>CUADRO 10:</b> Exportaciones de Aceite Esencial de Limón según país de destino .....	47
<b>CUADRO 11:</b> Exportaciones al Reino Unido (2011-2015) .....	47
<b>CUADRO 12 :</b> Evolución de precios .....	51
<b>CUADRO 13:</b> Calculo de la proyección del Precio.....	52
<b>CUADRO 14:</b> Demanda proyectada de Aceite Esencial de Limón.....	53
<b>CUADRO 15 :</b> Resultados obtenidos en la corrida en el Lab. N°14 .....	55
<b>CUADRO 16:</b> Resultados obtenidos en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.....	57
<b>CUADRO 17:</b> Propiedades del aceite esencial de limón centrifugado y destilado .....	58
<b>CUADRO 18 :</b> Producción de limón en diversas zonas de Piura (Tm) .....	62
<b>CUADRO 19:</b> Población de Piura.....	65
<b>CUADRO 20 :</b> Población de Lambayeque .....	66
<b>CUADRO 21:</b> Población joven / joven adulta .....	66
<b>CUADRO 22:</b> Consideraciones técnica de los métodos de extracción.....	74
<b>CUADRO 23:</b> Balance general de masas por bloques .....	84
<b>CUADRO 24:</b> Balance general de energía por bloques .....	89
<b>CUADRO 25 :</b> Mano de obra indirecta .....	103
<b>CUADRO 26:</b> Mano de obra directa.....	105
<b>CUADRO 27:</b> Mano de obra directa.....	106
<b>CUADRO 28:</b> Maquinaria y equipos adquiridos .....	109
<b>CUADRO 29:</b> Costo de la instalación de equipos .....	111
<b>CUADRO 30:</b> Costo de instalación de maquinaria y equipos adquiridos.....	112
<b>CUADRO 31:</b> Costo estimado en tubería.....	113
<b>CUADRO 32:</b> Componentes de instalaciones eléctricas.....	114

<b>CUADRO 33:</b> Componentes de edificaciones.....	115
<b>CUADRO 34:</b> Rango de variación para instalaciones .....	116
<b>CUADRO 35 :</b> Costo de instalación de servicios .....	117
<b>CUADRO 36 :</b> Gastos en construcción .....	118
<b>CUADRO 37:</b> Gastos de ingeniería y supervisión .....	119
<b>CUADRO 38 :</b> Capital de trabajo a lo largo del desarrollo del proyecto.....	121
<b>CUADRO 39:</b> Inversión total del proyecto .....	122
<b>CUADRO 40 :</b> Porcentaje anual máximo de depreciación.....	123
<b>CUADRO 41 :</b> Depreciación anual por equipo.....	124
<b>CUADRO 42 :</b> Financiamiento del proyecto.....	127
<b>CUADRO 43:</b> Remuneración Mensual y Anual de la mano de obra directa .....	129
<b>CUADRO 44 :</b> Costo de servicios.....	130
<b>CUADRO 45:</b> Remuneración Mensual y Anual de Mano de obra indirecta .....	133
<b>CUADRO 46 :</b> Costo total de producción .....	135
<b>CUADRO 47:</b> Producción e ingresos debido a la comercialización.....	136
<b>CUADRO 48 :</b> Estado de ganancias y pérdidas en dólares .....	138
<b>CUADRO 49 :</b> Flujo Neto de Fondo en dólares .....	140
<b>CUADRO 50 :</b> Balance General Proyectado en dólares .....	143
<b>CUADRO 51 :</b> Razones financieras del proyecto en dólares .....	146
<b>CUADRO 52:</b> Datos en dólares para cálculo de la relación B/C.....	150
<b>CUADRO 53:</b> Valor presente Acumulado en dólares.....	151
<b>CUADRO 54 :</b> Valores para materia prima.....	153
<b>CUADRO 55 :</b> Valor para financiamiento y costo de equipos.....	153
<b>CUADRO 56 :</b> FNF para diferentes cantidades de materia prima.....	154
<b>CUADRO 57 :</b> FNF para diferentes montos de financiamiento.....	156
<b>CUADRO 58:</b> FNF para diferentes montos invertido en adquisición de equipos .....	158

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>FIGURA 1:</b> Distribución geográfica de centros de producción .....	11
<b>FIGURA 2:</b> Corte Transversal del Limón y su Contenido.....	16
<b>FIGURA 3:</b> Diagrama de Flujo por Destilación .....	25
<b>FIGURA 4:</b> Diagrama de Flujo de Producción por Centrifugación .....	29
<b>FIGURA 5:</b> Diagrama de Flujo de Producción por presión o expresión. ....	33
<b>FIGURA 6 :</b> Canales de distribución del Aceite Esencial de Limón.....	50
<b>FIGURA 7:</b> Gráfica Precio vs Año .....	52
<b>FIGURA 8:</b> Ubicación de la empresa .....	69
<b>FIGURA 9:</b> Ubicación de la empresa .....	69
<b>FIGURA 10:</b> Diagrama de bloques de la extracción de aceite esencial .....	78
<b>FIGURA 11:</b> Diagrama de Flujo del proceso seleccionado –Destilación.....	79
<b>FIGURA 12:</b> Flujos del proceso de extracción de aceite esencial.....	83
<b>FIGURA 13 :</b> Secuencia de flujos en el destilador y el condensador .....	85
<b>FIGURA 14 :</b> Flujo Neto de Fondo del proyecto.....	142
<b>FIGURA 15 :</b> Valor Presente Acumulado.....	152
<b>FIGURA 16 :</b> Análisis de Sensibilidad para variables seleccionadas.....	160

## **1 INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, el estudio de los aceites esenciales ha despertado la atención de los investigadores, convirtiéndose así en objeto de estudio y desarrollo, debido a la gran acogida que viene generándose dentro de la industria farmacéutica, cosmética, alimentaria, entre otras.

Adicionalmente, en diversas ocasiones se han publicado artículos donde mencionan la importancia que tienen la agroindustria y especialmente, la agroexportación como medio para facilitar el crecimiento de nuestra economía mediante la exportación de productos no tradicionales.

En nuestro país el aceite esencial de limón es un ejemplo de este tipo de productos. Es producido con fines de exportación desde hace algunas décadas. Cabe resaltar que el limón con el cual muchas veces se trabaja para obtener el del aceite esencial, no es un fruto de primera, sino de segunda o tercera categoría. Además, el limón empleado debe cumplir una serie de requisitos fisicoquímicos para lograr un aceite esencial de calidad.

El limón sutil se cultiva en las tres regiones del Perú, pero en mayor proporción en la zona norte de nuestra costa, específicamente en Piura y Lambayeque. Por esta razón, el mayor número de plantas productoras de aceite esencial de limón se encuentran ubicadas en dichos departamentos.

Entre los métodos de extracción de aceite esencial de limón más conocidos figuran: el método de destilación por arrastre de vapor, el método de centrifugación y el método de expresión. Con cada método se obtiene un aceite esencial de limón que varía en algo con respecto a sus propiedades organolépticas, físicas y químicas

Adicionalmente, se tiene conocimiento de que el mercado mundial de los aceites esenciales, se encuentra en crecimiento constante, lo cual trae consigo una continua renovación en tecnología, métodos y técnicas empleadas para obtener estos productos. Como se mencionó, la disponibilidad de materia prima (limón) en la zona norte del país, hace posible la realización de este proyecto, el cual es de suma importancia para el desarrollo de nuestro país y traerá beneficios para la población local.

## **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 Problemática Actual**

En los últimos años el estudio de los aceites esenciales ha despertado la atención de los investigadores. Convirtiéndose así en objeto de estudio y desarrollo, debido a la gran acogida que estos generan dentro de la industria farmacéutica, cosmética, alimentaria, perfumería, entre otras.

Adicionalmente, se considera la agroindustria, especialmente la agroexportación, como un medio que facilita el crecimiento económico de nuestro país mediante la exportación de productos no tradicionales. Además, se arguye también la importancia que tiene para la generación de puestos de trabajo y de productos con alto valor agregado.

Cabe resaltar que el país presenta un potencial agrícola respecto a la producción de limón sutil en la zona norte del país, con la posibilidad de una mayor industrialización. La agroindustria nacional podría enfocarse en una especialización del proceso de extracción y comercialización del aceite esencial de limón. El cual es producido con fines de exportación desde hace algunas décadas. Cabe resaltar que muchas veces el limón con el que se trabaja para la obtención del aceite esencial no es el fruto de primera, sino el de segunda o tercera categoría.

Adicionalmente, se tiene conocimiento de que el mercado mundial de los aceites esenciales, se encuentra en un crecimiento constante, lo cual trae consigo una continua renovación de la tecnología, métodos y técnicas empleadas para obtener dichos productos.

En el caso del aceite esencial de limón sutil, el Perú es un proveedor de menor escala en comparación con los demás países, pero que presenta un buen nivel de precios respecto a otros proveedores.

El mejor nivel de precios del producto de los otros países proveedores se debe a una mayor tecnología de punta, inversión en el proceso de producción para mejorar la calidad del producto, cuentan con una infraestructura adecuada, aprovechan de manera óptima las tierras incrementando el rendimiento del cultivo de limón. Argentina es un claro ejemplo de lo expresado anteriormente, su incremento en la producción se logró por un mayor rendimiento industrial, producto de la adopción de nuevas tecnologías.

Por otro lado, el Reino Unido es uno de los principales mercados importadores de aceite esencial de limón, Argentina cubre el 33% de la demanda de aceite esencial de este país, seguido de Italia con 18% y España con 13%. En años anteriores, el Perú tuvo una mejor participación y en 2008 llegó a tener una participación del 3 %.

Respecto a los países de destino de las exportaciones de aceite esencial de limón que efectúa el Perú, en los últimos cinco años se aprecia que en un mayor porcentaje se dirigen al Reino Unido, representando un poco más del 40% del total exportado, le sigue en importancia Estados Unidos con el 29% y Holanda con un 8% aproximadamente. Revisando datos de exportación hacia el Reino Unido, se aprecia una tendencia estable y en aumento favorable.

Enfocarse en una mayor producción de un aceite esencial de limón de mayor calidad para exportarlo hacia el principal mercado demandante debería ser una prioridad por parte de los productores de aceite, ya que existen una serie de beneficios para su exportación.

A través de su participación en el Sistema de Preferencias Generalizadas (SPG), el Reino Unido promueve una mejor integración en el sistema de comercio mundial de los países en vías de desarrollo. Para el caso del Perú, uno de los productos que se beneficia son los aceites esenciales de Limón. Cabe resaltar que nuestro país

posee una tarifa preferencial del 0.00%, es decir, el aceite esencial de limón tiene acceso libre de entrada al mercado de la Unión Europea, y al Reino Unido.

Podemos concluir que la demanda del producto es muy exigente, a los importadores les importa más la calidad que la cantidad y están dispuestos a pagar un mayor precio a cambio de un producto que cumpla los estándares requeridos por sus diferentes usos industriales.

## **2.2 Formulación del Problema de investigación**

Con lo expuesto anteriormente, ¿Es factible económicamente invertir en un proyecto para la apertura de una planta de extracción de aceite esencial de limón con miras a la exportación a diferentes mercados?

## **2.3 Justificación de la Investigación**

La presente investigación se justifica y es relevante en los siguientes niveles:

### **2.3.1 A nivel Regional:**

El presente estudio propugna el desarrollo de una rama de la agroindustria (la extracción y comercialización de aceite esencial del limón sutil) que se distingue por el uso intensivo de mano de obra, por la fabricación de productos con alto valor agregado, lo que posibilita el desarrollo tecnológico para la industria a nivel de la macro región norte.

### **2.3.2 A nivel Académico:**

Con la realización del presente trabajo de investigación se permite aplicar y profundizar los conocimientos de procesos en un área tan importante como la agroindustria. Permitirá también conocer la maquinaria y equipos necesarios los cuales intervienen en la obtención de aceite esencial de limón sutil. Finalmente, permitirá manejar con eficiencia variables importantes relacionadas con el marketing, a través de un estudio de mercado relacionado con las inversiones y con la evaluación de rentabilidad según alternativas de producción.



## 2.4 Objetivos

### 2.4.1 Objetivo General

Evaluar la rentabilidad económica de acuerdo con las inversiones tanto en maquinarias como en equipos, utilizando el método de extracción por arrastre de vapor, en relación a los precios internacionales vigentes para el aceite esencial obtenido por dicho método.

### 2.4.2 Objetivo Específicos

- Identificar las características y propiedades organolépticas, físicas y químicas del limón sutil (*Citrus aurantifolia*), sus zonas de cultivos, producción, rendimiento, entre otras variables.
- Determinar y describir los métodos más conocidos para extraer aceite esencial del limón sutil.
- Especificar la maquinaria, equipos y reactivos que se emplean en el método por extracción con arrastre de vapor.
- Precisar las características organolépticas, físicas y químicas que se solicitan al aceite esencial de limón para poder ser utilizado en la industria de la perfumería.
- Especificar el mercado interno y/o el externo más convenientes para el consumo al aceite esencial de limón para la industria de perfumería.
- Describir y analizar las exportaciones de aceite esencial de limón, en tonelaje y valor económico, en el periodo 2007 - 2015, así como los países de destino, para determinar el mercado objetivo más propicio de acuerdo con tales parámetros.

### **3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 El limón**

##### **3.1.1 Clasificación botánica y características biológicas**

El limón pertenece al género Citrus de la familia de las Rutáceas. El número de especies del género en cuestión no sobrepasa la media docena.

Los Citrus son árboles de hojas coriáceas a menudo con el peciolo a lado, en cuyo ápice se articulan una a tres foliolas grandes, aovadas o lanvioladas. Sus flores son blancas o rojizas, con el cáliz ganeosépalo y los pétalos carnosos, en número variable, de 4 a 8, y el androceo, por lo común, de estambres numerosos, con los filamentos lanceolados - acuminados y más o menos soldados entre sí. El fruto, baciforme (hesperidio), globuloso u ovoideo, se compone de cinco o más carpelos cerrados, conteniendo de cuatro a ocho semillas cada uno, rodeado de una pulpa jugosa constituida por vesículas internas de las paredes capilares. Cabe señalar que del pericarpio se obtiene la esencia de limón y del zumo de su pulpa el ácido cítrico. Hay que añadir que el limón, como todos los frutales, es un cultivo permanente. Desde el momento de la siembra, recién al tercer año se obtiene la primera cosecha y de allí en adelante, la misma planta da varias cosechas durante unos 30 años, antes de que se vuelva a sembrar.

### **3.2 El cultivo de limón y su aceite esencial en nuestro país**

En el Perú, entre los cítricos más importantes que se cultivan figuran el naranjo dulce (*Citrus simensis*) con sus variedades "Washington Mavel" (naranja de ombligo o sin pepa) y "Valencia" (naranja para jugo) y el limón sutil o lima ácida (*Citrus aurantifolia*), importante no sólo porque se consume fresca sino también porque es la base de la industria de aceite esenciales. Otros cítricos importantes que se cultivan en el país son los que conforman el grupo conocido genéricamente como mandarinas, que incluye a la "Satsuma" así como, a híbridos tales como "Marcott", "Kara" y "Malvasio". Un tipo aparte de híbrido es el llamado Tangelo "Minneola" cuyas buenas características lo halla muy atractivo en los mercados extranjeros.

#### **3.2.1 Producción nacional, superficie cosechada y rendimiento**

En nuestro país, aproximadamente, sólo el 2% producido se exporta y esto se debe a que la variedad de limón que predomina en el Perú es el limón sutil ácido con pepa, que tiene una corteza de buen grosor, el cual cuenta con una gran demanda debido a que abastece al mercado interno, pero de demanda casi nula para el mercado internacional. Esta variedad como ya se ha dicho anteriormente, es óptima para la industria de aceites esenciales de limón. Un 30% de la producción de limón nacional se dedica a la industria del aceite esencial. En el cuadro N° 01 se muestra la composición química del limón sutil, por cien gramos de pulpa, según la FAO. De allí se observan que el elemento predominante es el agua (87,9 gr). Los cien gramos de pulpa representan, por otro lado, 29 calorías. El contenido de grasas es bastante pequeño (0,6 gr), así como el de proteínas (0,5gr); en cambio es elevado el contenido de carbohidratos (8,1 gr). En relación con el contenido de minerales y vitaminas, en primer término figura el Calcio (41mg) y luego sigue el fósforo (15mgr). Las vitaminas B, y C, son contenidas en la misma cantidad (51,0 mg). En suma, el limón es una buena fuente de vitamina B1 y vitamina C, así como también de calcio y fósforo.

**CUADRO 1: Composición Química del Limón Sutil (Por 100 gr. de pulpa)**

Constituyentes	Cantidad
Agua (gr)	87.5
Calorías (cal)	29.0
Grasa (g)	0.6
Carbohidratos (g)	8.1
Proteínas (g)	0.5
Calcio (mg)	41.0
Fósforo (mg)	15.0
Vitamina B1 (mg)	51.0
Vitamina C (mg)	51.0

Fuente: Tabla de composición de alimentos para América Latina (FAO)

En el Cuadro N° 02, se presenta la producción nacional, la superficie cosechada y el rendimiento del limón en nuestro país en el período 2004 - 2016. Si se toma en cuenta la situación inicial y final de cada variable considerada, llegamos a las siguientes conclusiones: con respecto a la superficie cosechada, esta se incrementó en 35% y tuvo un comportamiento creciente durante todo el periodo en cuestión; con respecto a la producción, esta creció en 31.36%, habiendo mostrado alzas y bajas moderadas durante el periodo que se estudia; finalmente el rendimiento en toneladas por hectárea, disminuyó en 16.52%. En vista de los resultados logrados, se puede afirmar que el abastecimiento de la materia prima podrá ser satisfecha con holgura, se debe tener en consideración además que la variable producción, la más ligada con nuestro estudio, creció considerablemente. Sin embargo, es dable recomendar que las tres variables analizadas mejoren aún en mayor medida sus resultados.

**CUADRO 2: Superficie, Producción y Rendimiento del Limón 2004-2016**

Año	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Tm)	Rendimiento (T/Ha)
2004	17 580	202 399	11.50
2005	19 794	217 343	11.00
2006	18 625	251 270	13.50
2007	19 027	269 788	14.20
2008	21 450	223 400	10.40
2009	18 843	197 378	10.50
2010	18 556	222 290	12.00
2011	18 673	214 212	11.50
2012	23 447	221 640	9.50
2013	23 734	228 470	9.60
2014	18 500	265 879	14.37
2015	19 850	268 000	13.50
2016	20 200	270 300	13.38

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego- Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas - Dirección de Estadística Agraria

### 3.2.2 Distribución geográfica

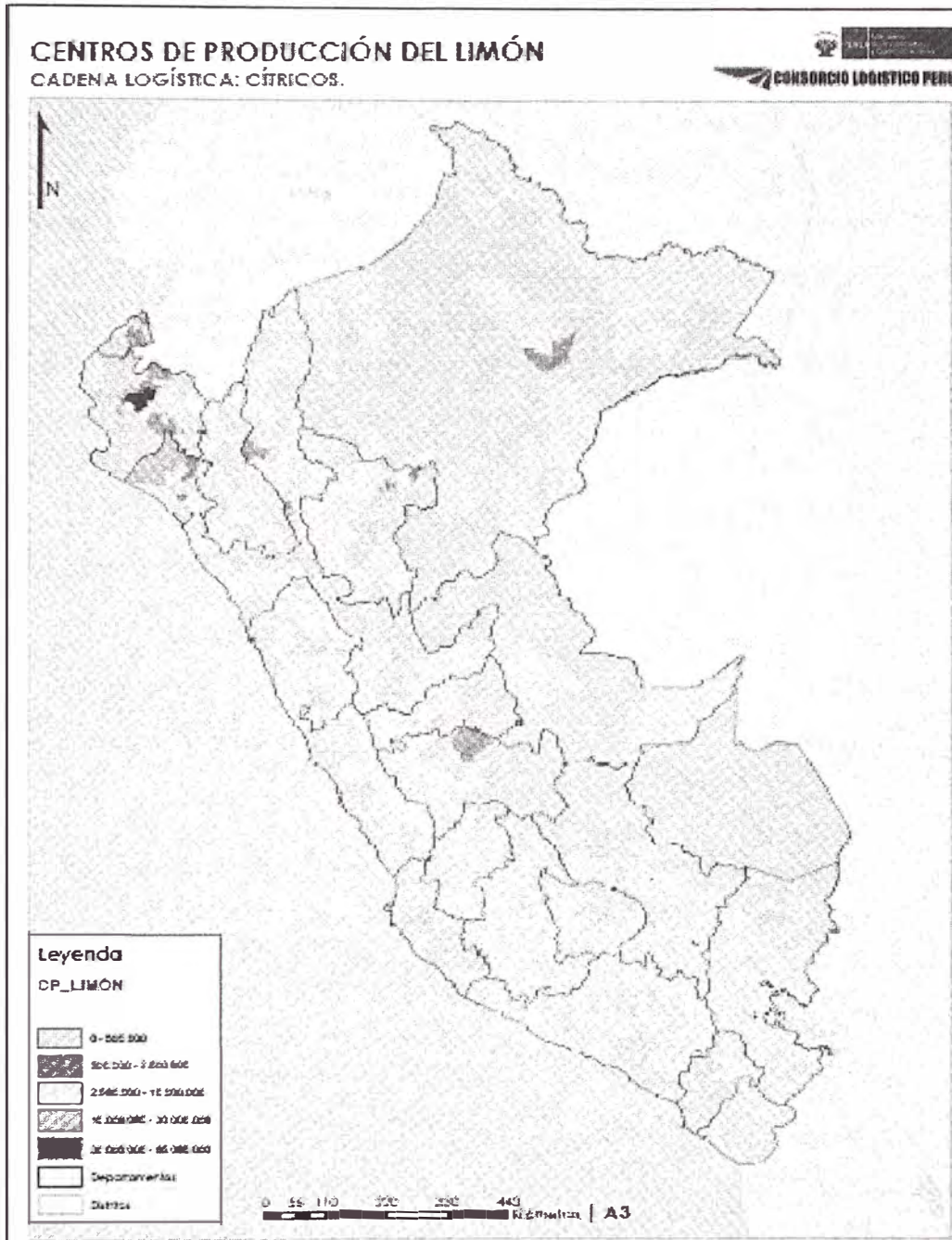
En nuestro país las zonas citrícolas están bien definidas. En la costa, las dos más importantes son la costa norte y la costa central. En la selva, la superficie cosechada de verdadera importancia está localizada en Chanchamayo y Satipo, es decir, lo que se conoce como selva alta o selva central.

La Costa norte, comprende a los departamentos de Lambayeque y Piura, que por sus condiciones climáticas son inmejorables para el cultivo del limón sutil o lima ácida (*Citrus aurantifolia*), conocida en Estados Unidos como "Key Lime", en México como "lima mexicana" y en Brasil como "Limón Gallego".

Este limón además de ser consumido fresco se utiliza también para la extracción de aceites esenciales, aprovechándose, según el sistema de extracción, su jugo. También destacan como lugar apropiado para el cultivo de limón sutil, los departamentos de Loreto, Ucayali y Amazonas.

Cabe destacar que Piura abarca el 55.83% de la producción nacional de limón y Lambayeque el 20.09%

**CENTROS DE PRODUCCIÓN DEL LIMÓN**  
CADENA LOGÍSTICA: CÍTRICOS.



**FIGURA 1:** Distribución geográfica de centros de producción

**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

### **3.3 Tipos de Control para el limón destinado a la extracción de aceite esencial.**

Los tipos de control a que se someten dicha materia prima son los siguientes:

Con respecto a los limones se determina el grado de madurez. En relación con esta determinación, en la industria cítrica, se ha aceptado como parámetro el grado de madurez total. Esta determinación es muy importante para medir que tipo de limón es el más apto para el procesamiento, pues existe relación entre la madurez del fruto (expresado por el color de la corteza) y el tamaño del fruto (expresado por el peso), con la cantidad de jugo obtenido y la acidez del mismo, así como con el porcentaje de aceite esencial contenido en la corteza del fruto. La determinación del tamaño, se logra a través de un vernier. Cabe resaltar que se utilizarán limones de un calibre de tercera (37.0 mm de diámetro) y de segunda (37.0 a 40.0 mm de diámetro). El peso del fruto se obtiene de la lectura de una balanza analítica.

Ente otras determinaciones importantes que se realizan al jugo de limón, tenemos: la determinación de la humedad y grasa (método AOAC, 1960); la determinación de proteína según el método semi - micro Kjeldahl y la determinación de las cenizas.

Para realizar los análisis de determinación de sólidos solubles totales y de acidez, se emplea la relación brix/acidez. En la determinación del porcentaje de sólidos solubles totales, se usa el refractómetro manual de escala 0 - 35° Brix y un refractómetro portátil. Para determinar la acidez total, se siguió el Método de la AOAC (1960).

Para determinar el contenido de ácido en el jugo, se emplea el método de titulación del jugo con una base N/10. A un volumen medido de jugo se le añade dos o tres gotas de fenolftaleína y se va añadiendo lentamente la solución tituladora hasta conseguir el cambio de color. Se anota el volumen de gasto de álcali, este volumen está en relación directa al grado de acidez del jugo, y que multiplicado por un factor constante, para el caso del ácido cítrico es 0,0064, permite obtener la cantidad total de ácidos expresados en ácido cítrico; si bien existen otros ácidos, estos se encuentran en menor proporción.



La determinación del pH, se mide con el uso del potenciómetro. Se estandariza el aparato a pH 7 con una solución buffer, luego se procede de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes.

La determinación de la densidad del jugo, se realiza con el uso del densitómetro o densímetro de escala 1.000 - 1.220.

Por lo expuesto, se realizan un total de trece determinaciones para saber si el fruto de limón es apto o no apto para ser utilizado como fuente de aceite esencial de limón.

### **3.4 Naturaleza del producto**

Se denomina aceite esencial, a aquella sustancia volátil, generalmente líquida y de naturaleza oleosa que se extrae por un procedimiento físico, casi exclusivamente de fuentes vegetales. También se lo define como la mezcla de compuestos orgánicos derivados por algún proceso físico, casi siempre destilación con vapor o con agua, de materiales odoríferos.

A los aceites esenciales se les denominan también aceites volátiles, aceites etéreos, esencias; debido a que son los principales compuestos aromáticos que existen en diversas partes de las plantas y constituyen la parte activa de ella.

Los aceites esenciales difieren en su composición y propiedades de los aceites y grasas, que se componen de glicéridos y de los aceites minerales que se componen de hidrocarburos.

Los aceites esenciales se encuentran sobretodo en el reino vegetal y muy pocos en el reino animal.

Considerando estos conceptos y siguiendo la norma técnica ITINTEC N° 319.094, se define al aceite esencial de limón, como el aceite esencial aromático y sávido, obtenido del limón sutil (*Citrus aurantifolia*) por destilación, arrastre de vapor o centrifugación de la emulsión obtenida del fruto fresco o por expresión de la cáscara.

### **3.4.1 Clasificación según las normas de INDECOPI**

El aceite esencial de limón se encuentra clasificado dentro de la siguiente partida arancelaria:

NANDINA: 33.01.13.00

según la clasificación industrial:

CIU: 352902

La clasificación del aceite esencial de limón depende del método que se emplea para su obtención. Existen 3 tipos de aceite esencial:

- Aceite esencial destilado; que se obtiene mediante compresión de frutos, dando lugar a una emulsión que contiene parte de pulpa y líquidos que contienen al aceite esencial, éste luego es destilado.
- Aceite esencial centrifugado; Cuando la cáscara del fruto es sometida a una presión alta contra las paredes ásperas de un recipiente, se obtiene el jugo y otras sustancias líquidas contenidas en la cáscara, luego es separado el aceite esencial por centrifugación.
- Aceite esencial prensado; Se obtiene sometiendo solamente la cascara del fruto previamente separada, a una elevada presión mediante prensas, obteniéndose una solución que contiene el aceite esencial, que es separado luego por un proceso de centrifugación.

### **3.4.2 Usos del producto**

El aceite esencial de limón es empleado en la industria de extractos, como agente saborizante, en la elaboración de perfumes y cosméticos.

El aceite esencial de limón obtenido por el medio de destilación es el que a nivel industrial tiene mayor uso, ya que es empleado como principal ingrediente aromatizante de bebidas carbonatadas no alcohólicas, principalmente en la obtención del conocido sabor cola. También se emplea en la industria de caramelos, pastelería y productos alimenticios horneados, en la elaboración de aromatizantes, saborizantes y algunas aplicaciones en la industria de los cosméticos y perfumes.

El aceite esencial de limón obtenido por el método centrifugado se caracteriza por poseer un sabor más delicado, por ello se utiliza en la elaboración de

caramelos finos y en la elaboración de perfumes, colonias, cosméticos y jabones, a los cuales les confiere propiedades refrescantes.

### 3.5 El aceite esencial del limón

#### 3.5.1 Definición

Se conocen alrededor de tres mil aceites esenciales, pero sólo de 150 a 300 tienen real importancia comercial. Pueden clasificarse en: aceites esenciales herbáceos, tales como el aceite de rosas y los aceites esenciales no herbáceos, tales como aceites de frutas cítricas. Para la exportación son mucho más aceptados los aceites esenciales no herbáceos.

Los aceites esenciales cítricos están contenidos en la piel de la fruta, tal como se muestra en la figura N° 2, y se extraen por diversos métodos. En dicho gráfico se observa que el aceite esencial de limón se extrae del epicarpio o flavedo.

Se considera que en el aceite esencial de limón obtenido por destilación se encuentran los distintos compuestos responsables del aroma y sabor del limón y cuyos constituyentes químicos pueden separarse en dos grupos hidrocarburos (Terpenos y sesquiterpenos) y compuestos oxigenados (alcoholes, aldehídos, cetonas, esterés, etc.)

En el Cuadro N° 03 podemos observar la ficha técnica del aceite esencial de limón.

**CUADRO 3: Componentes Químicos del Aceite Esencial de Limón**

FICHA TÉCNICA	
Nombre científico	Citrus Aurantifolia
Familia	Rutácea
Variedades	Sutil
Apariencia	Líquido Cristalino
Color	Levemente amarillento
Aroma	Fresco, Terpénico, cítrico

Fuente: Ficha Técnica del Aceite Esencial del Limón Sutil (Limonos Piuranos).

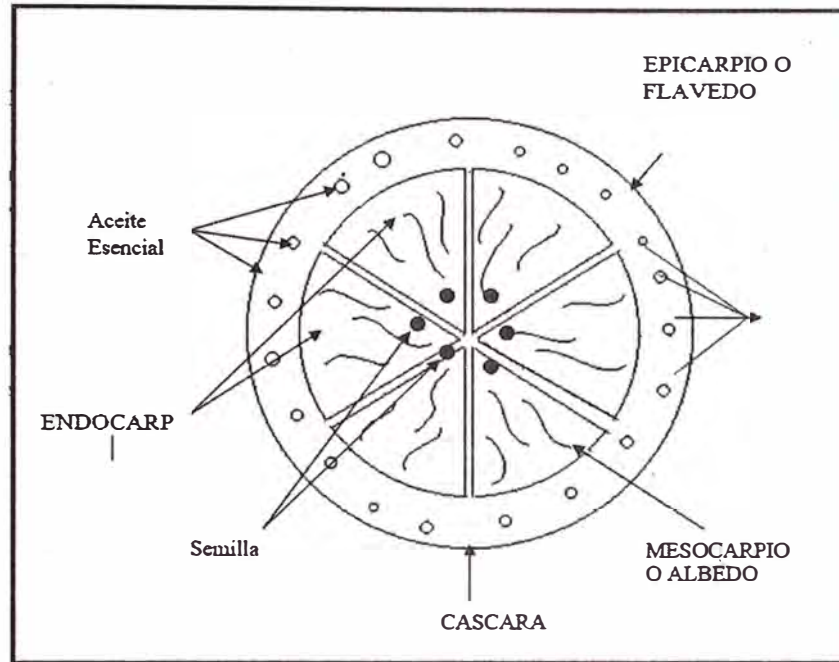


FIGURA 2: Corte Transversal del Limón y su Contenido

Fuente: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema24/24-6fruto.htm>

Por otro lado, según la norma ITINTEC N° 319.094, el aceite esencial de limón sutil debe cumplir con los siguientes requisitos:

### 3.5.2 Características organolépticas

- Aspecto: líquido límpido y oleoso
- Color: depende del procedimiento de obtención del aceite y de la época de recolección del fruto. Cuando el aceite tiene mucho tiempo el color amarillo o verdoso se acentúa. El aceite destilado es incoloro o ligeramente amarillo; el centrifugado varía del amarillo claro al verde oscuro.
- Olor: En el aceite centrifugado el olor es el característico de la fruta fresca y en el aceite destilado es ligeramente resinoso.
- Sabor: Característico de la fruta.

### 3.5.3 Características físicas

#### Densidad relativa a 25°/25° C

- Aceite destilado

17

Mínima 0,860

Máxima 0,867

- Aceite Centrifugado

Mínima 0,871

Máxima 0,887

Índice de refracción a 20° C

- Aceite destilado

Mínimo 1,4740

Máximo 1,4780

- Aceite Centrifugado

Mínimo 1,4820

Máximo 1,4900

Desviación polarimétrica

- Aceite destilado

Mínima + 30

Máxima + 47

- Aceite Centrifugado

Mínima + 33

Máxima + 41

Residuos de evaporación

- Aceite destilado

Mínimos 0,2 %

Máximos 2,2 %

- Aceite Centrifugado

Mínimos 10,0 %

Máximos 18,0 %

#### Solubilidad en etanol de 90 %

- Aceite destilado

Un volumen de aceite esencial deberá ser soluble en 0.5 a 5 volúmenes de etanol.

- Aceite Centrifugado

Un volumen de aceite esencial deberá ser soluble en 0.1 a 0.5 volúmenes de etanol.

### **3.5.4 Características químicas**

#### Citral

- Aceite destilado

Mínimo 0,5 %

Máximo 2,0 %

- Aceite Centrifugado

Mínimo 4,0 %

Máximo 8,5 %

#### Conservación

Según NTP 319.080 Aceites Esenciales. Envases; deberá conservarse al abrigo del aire, de la luz y a temperatura inferior a 20° C.

En el Cuadro N° 04 se muestra los principales componentes de los grupos químicos encontrados en el aceite esencial de limón sutil.

**CUADRO 4:** Componentes químicos del Aceite Esencial de limón Sutil

ALCOHOLES	ALDEHIDOS
Borneol	Acetaldehido
P- Gimeno - R - ol	Geranial
Etil - alcohol	Hexanol
Cis - 3. Leken - L - ol	2- hexanol
Isoanil - alcohol	Neral
Lanalol	Perilaldehido
Cis - 2 - meten - L - ol	
Metilalcohol	
- metil - 2 - butanol	
- metil - 3 - buten - 2 - ol	
3- metil - 2 -buten - 2 - ol	
Nerol	
ESTERES	CETONAS
Etil - acetato	Acetonas
Neril -- acetato	Piporiteana
OXIDOS	HIDROCARBUROS
1,8, Cineol	P - cimeno
Cis - limaloxido	Limneno
Trans - limaloxido	Perpineno

Fuente: Braverman, J.B.S. Introducción a la bioquímica de los alimentos. España. Ed. Omega

### 3.6 Métodos de obtención del aceite esencial de limón

El aceite esencial de limón sutil es un aceite esencial aromático, obtenido del limón sutil (*Citrus aurantifolia*) por 3 métodos principales:

- Destilación en arrastre de vapor.
- Por centrifugación.
- Por presión o expresión.

Nuestro país es un lugar muy favorecido respecto a la existencia del limón sutil. Su cultivo está ubicado preferentemente en el norte del país y se cosecha casi en todo el año, factor que hace interesante su industrialización como aceite esencial.

Siendo más específicos, no se utilizan limones aptos para el comercio o para el consumo interno; se utilizan limones provenientes de los llamados destríos, que son los limones frescos pero descartados para la exportación o consumo interno; pues poseen una forma irregular o son demasiado pequeños.

Por lo tanto, estos destríos son la materia prima para la producción del aceite esencial de limón.

Los tres métodos citados anteriormente, son técnicamente viables en el país y cada uno elabora un aceite de características y usos definidos, por lo que existe la imperiosa necesidad de evaluarlos por separado, con el firme propósito de llegar a la propuesta de definir a uno de estos como el más conveniente para nuestros objetivos.

#### 3.6.1 Método de obtención por destilación en arrastre de vapor

La destilación es un proceso para separar los volátiles de los no volátiles. Dentro del concepto básico, se trata de calentar una mezcla hasta que la parte volátil hierva, entonces, su vapor pasa a un condensador, donde es enfriado y se condensa; es decir, se convierte nuevamente en líquido.

Los aceites esenciales están formados por un gran número de componentes y la mayoría hierven entre 150°C - 300°C y si son destilados a temperaturas altas, muchos de estos componentes pueden descomponerse u oxidarse.



La materia prima es un limón de segunda calidad, de coloración verde oscuro y tamaño homogéneo.

De los métodos existentes de destilación, la destilación en arrastre de vapor de agua, es la forma idónea para obtener los aceites esenciales, por ser una operación mediante la cual, no se producen cambios sustanciales en la naturaleza del mismo aceite.

La destilación en arrastre de vapor, hoy en día, cuenta con una tecnología muy avanzada.

El fruto es prensado, obteniéndose un tipo de emulsión compuesta por pulpa y líquidos. Esta emulsión se coloca en un alambique y es sometida a destilación con arrastre de vapor, el cual proviene de una caldera.

Los líquidos volátiles y solubles entre sí hierven juntos a una temperatura inferior al punto normal de ebullición de cada uno aislado. Entonces, cada componente volátil de un aceite esencial es capturado por el vapor de agua y la mezcla resulta cuando se llega a un punto de ebullición menor a 100°C.

Las ventajas de este método de destilación se sustentan en que es relativamente rápida, permite una pronta descarga y recarga al alambique y no hay demora mientras la carga se calienta. Esto reduce al mínimo la descomposición general del aceite esencial, con ello, se obtiene un aceite de mejor calidad y de gran rendimiento industrial.

#### **i. Etapas**

Las principales etapas de este proceso son:

- Recepción de materia prima.
- Almacenamiento.
- Alimentación de Materia prima.
- Selección.
- Lavado.
- Prensado.
- Destilado.

- Separación de fases.
- Envasado.

A continuación se dará una breve descripción de cada una de estas etapas.

- **Recepción de Materia Prima**

La materia prima, es decir, el limón sutil proveniente de una cosecha de limón no muy maduro, con las características de un destrío. Se transportan hacia la fábrica en cajas de madera entre 20 a 25 Kg de cada una.

La recepción consiste en el registro del peso neto entregado a la fábrica, así como la inspección ocular del limón, el cual debe estar exento de tierra, ramas, hojas, etc. Además de tener un diámetro adecuado.

- **Almacenamiento de la Materia Prima**

El almacenaje de la materia prima se da con la intención de obtener una operación continua; el tiempo máximo de almacenaje es de 3 a 4 semanas, debido a que si se almacena en un tiempo mayor, se genera cambios en las propiedades del aceite obtenido.

- **Alimentación de Materia Prima**

Se realiza mediante la acción del llenado de una tolva, con la precaución debida, evitando cualquier tipo de magulladura y exposición al calor del ambiente, pues estos pueden afectar la calidad del aceite esencial.

- **Selección**

Los limones son llevados a una mesa seleccionadora de madera, en la cual se eliminan la arena, hojas y frutos no aptos para el proceso. El estado óptimo del fruto para el proceso presenta un color verde amarillento, cáscara brillante y de olor característico.

- **Lavado**

El limón sale por la puerta de la tolva hacia un canal donde se le lava con un sistema de ducha de agua, a fin de eliminar cualquier residuo de tierra que tuviera.

- **Prensado**

El limón limpio se deja caer en una prensa de tornillo helicoidal, mediante el cual se logra romper las celdas de la cáscara, que contiene el aceite esencial, el cual es arrastrado por el zumo para su posterior evaporación. La parte sólida pastosa sobrante es eliminada como un sub-producto.

La mezcla zumo-aceite cae por gravedad a un tanque donde se almacena. De aquí se llenará el evaporador en el momento que se requiera.

- **Destilado**

Mediante una bomba se llena el evaporador con la mezcla. Luego se calienta la mezcla mediante la inyección de vapor, proveniente de una caldera. El vapor se encuentra entre 90-100°C y a una presión de 60-80 psi.

- **Separación de Fases**

De la parte inferior del condensador sale la mezcla líquida, donde se aprecia dos fases bien definidas: agua-aceite, la que es recibida en un recipiente especial, donde por diferencia de densidades se separa el aceite esencial de limón y se le coloca en recipientes de vidrio oscuro, para su posterior envasado en cilindros estañados.

- **Envasado**

El aceite esencial libre de agua es envasado rápidamente en los cilindros estañados, donde se registra el peso neto, volumen y se toman muestras para el correspondiente control de calidad.

- **Sub-producto**

La pasta resultante del prensado y destilado se remueve y se pone a secar al medio ambiente, por espacios aproximadamente de 36 a 48 horas, quedando lista para el ensacado y su venta. Se acostumbra darle este sub-producto al ganado, mezclándola con mezcla.

**ii. Diagramas de flujo**

En la Figura N° 03 se muestra el Diagrama de Flujo del método de obtención de Aceite Esencial de Limón por destilación de arrastre de vapor:

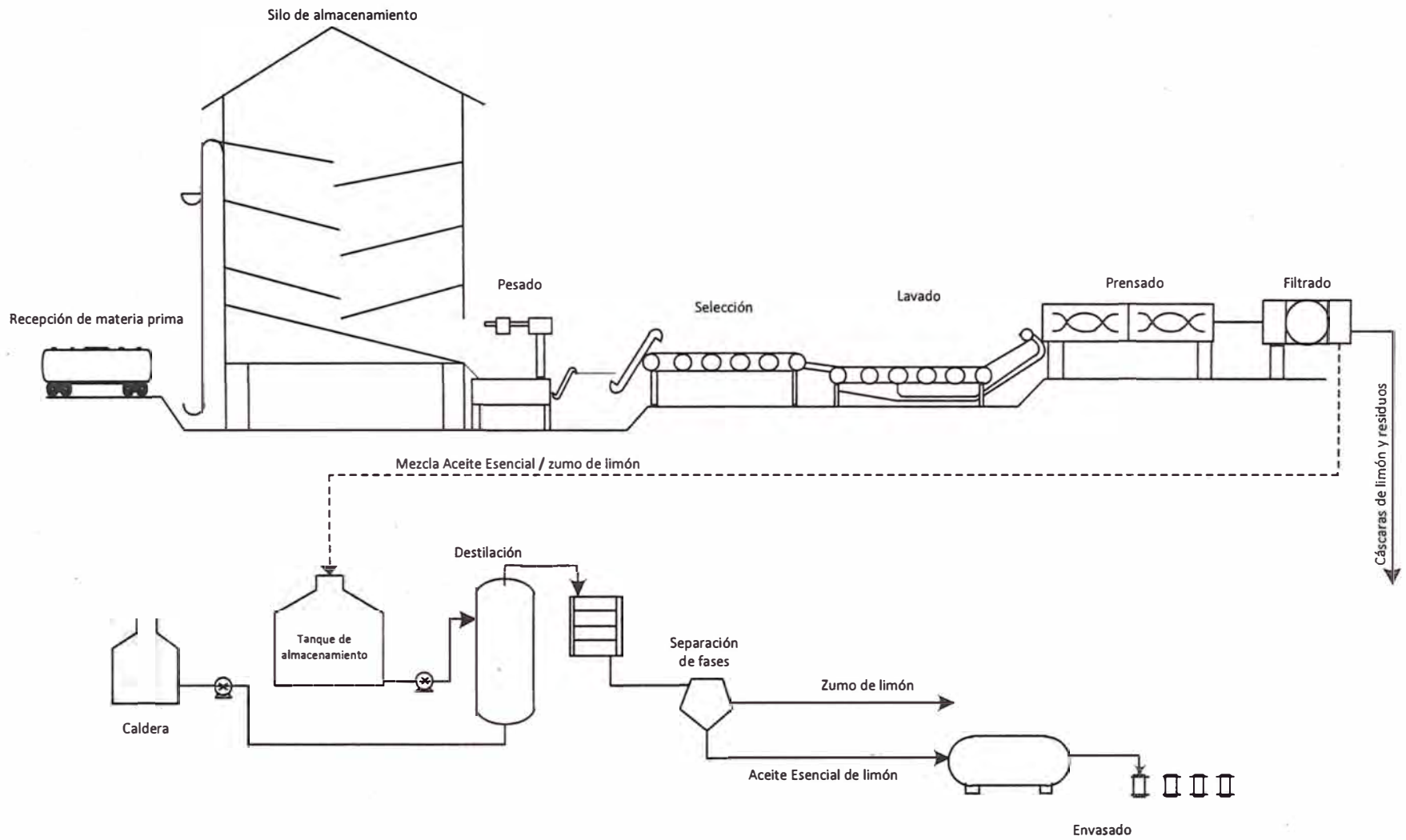


FIGURA 3: Diagrama de Flujo por Destilación

Fuente: Adaptación de Visitas a Plantas Procesadoras de aceites esenciales y Diseño de experimentación de una Planta Procesadora de Limones. Universidad de Piura.

### 3.6.2 Método de obtención por centrifugación

La centrifugación es una operación de separación, basándose en la fuerza centrífuga que ocurre cuando una centrifugadora gira a gran velocidad. En las centrífugas industriales, la aceleración centrífuga es un múltiplo elevado de la aceleración gravitacional. Al tener parte la aceleración de la gravedad, entra en función el peso y, de una mezcla, la diferencia de peso y de una mezcla, la diferencia de peso o densidad es necesaria para el éxito de una buena centrifugación.

Entonces, este fundamento se utiliza al tener presente la diferencia de densidades, principalmente, entre el agua el aceite esencial.

El método de obtención del aceite esencial por centrifugación consiste en someter a los limones enteros, lavados y seleccionados a una operación de rallado (o raspado) de la cáscara, sin tocar la pulpa, con el propósito de romper las celdas que encierran el aceite esencial y se liberen.

Con agua se logra formar una emulsión, para evitar que sean absorbidos nuevamente por el flavedo.

Las partículas de la corteza son eliminadas o separadas mediante un tamiz y la emulsión se envía hacia una centrífuga, donde se realiza la separación de las fases agua: aceite, finalmente, como resultado de la centrifugación se obtiene por un lado el aceite esencial claro y purificado, mientras que por otro se descarga el agua, que se puede rehusar a fin de aumentar la productividad.

#### i. Etapas

El método de obtención por centrifugación es uno de los métodos que también ofrece una viabilidad técnica posible en nuestro país.

Las principales etapas de este proceso son:

- Recepción de materia prima.
- Almacenamiento.
- Alimentación de Materia prima.
- Selección.
- Lavado.
- Raspado.

- Tamizado.
- Centrifugación.
- Envasado.

Cada una de estas etapas, se describe a continuación:

- **Recepción de Materia Prima**

La materia prima, como en los principales métodos, es un limón destrío característico para ser industrializado. En la recepción se registra el peso con el que ingresa al proceso, al igual que la calidad de los limones.

- **Almacenamiento de la Materia Prima**

El almacenaje de la materia prima se da de manera similar que en el proceso anteriormente mencionado, con la intención de mantener la operación y teniendo en cuenta el tiempo óptimo para la obtención de la calidad deseada de aceite.

- **Alimentación de Materia Prima:**

Es preciso almacenar en tolva, a fin de organizar el inicio del proceso. Este almacenamiento se da en una tolva con capacidad suficiente para aproximadamente 2 días de proceso.

- **Selección**

Lo más común es seleccionarla en una mesa, donde van quedando materiales inservibles para nuestro objetivo, tales como: ramas, hojas, tierra, etc., quedando un limón verde amarillento de cáscara brillante.

- **Lavado**

El limón seleccionado es lavado, pues las características del producto objeto, requiere de una materia prima limpia y exenta de riesgos contaminantes en la cáscara del fruto.

- **Raspado**

Esta operación tiene la finalidad de romper los sacos o celdas acidíferas para extraer el aceite esencial, que al ser expulsado al exterior es arrastrado con un chorro de agua.

La maquinaria para esta operación es muy especial que tiene una cavidad que mantiene la carga y esta provista de una superficie

abrasiva con los que raspa y rompe los sacos acidíferos. La máquina debe tener una alimentación de agua que lava la superficie arrastrando el aceite formando una mezcla o micela agua aceite.

- **Tamizado**

Esta operación es necesaria pues la micela obtenida en el raspado contiene gran cantidad de partículas gruesas. Con la malla adecuada, con el tamiz se obtiene un líquido libre de estas partículas.

- **Centrifugación.**

La micela del raspado, en reposo, decanta tres estratos, capa inferior o agua turbia, con los residuos sólidos, que sobrepasan el tamiz; la central, algo semifluida, con impurezas en trazas y aceite, y la que flota o superficial constituida por el aceite esencial.

Los métodos con técnicas modernas usan centrífugas continuas que permiten descargar los sólidos sin interrumpir la operación, y finalmente separan el agua del aceite esencial.

Estudiosos en el tema afirman que para acelerar separación agua-aceite, se agregan pequeñas cantidades de carbonato de sodio y sulfato de sodio, en el orden de 2% y 1% respectivamente. Estas sales elevan la densidad de la solución en comparación al del aceite y disminuye el tiempo de la separación. Se produce una neutralización de las micelas coloidales, facilitando la separación.

- **Envasado**

Esta operación es común en esta industria, pues es envasado en cilindros estañados, sin mucho tiempo de contacto con el ambiente.

## ii. Diagrama de flujo

En la Figura N° 04 se muestra el Diagrama de Flujo del método de obtención de Aceite Esencial de Limón por centrifugación.



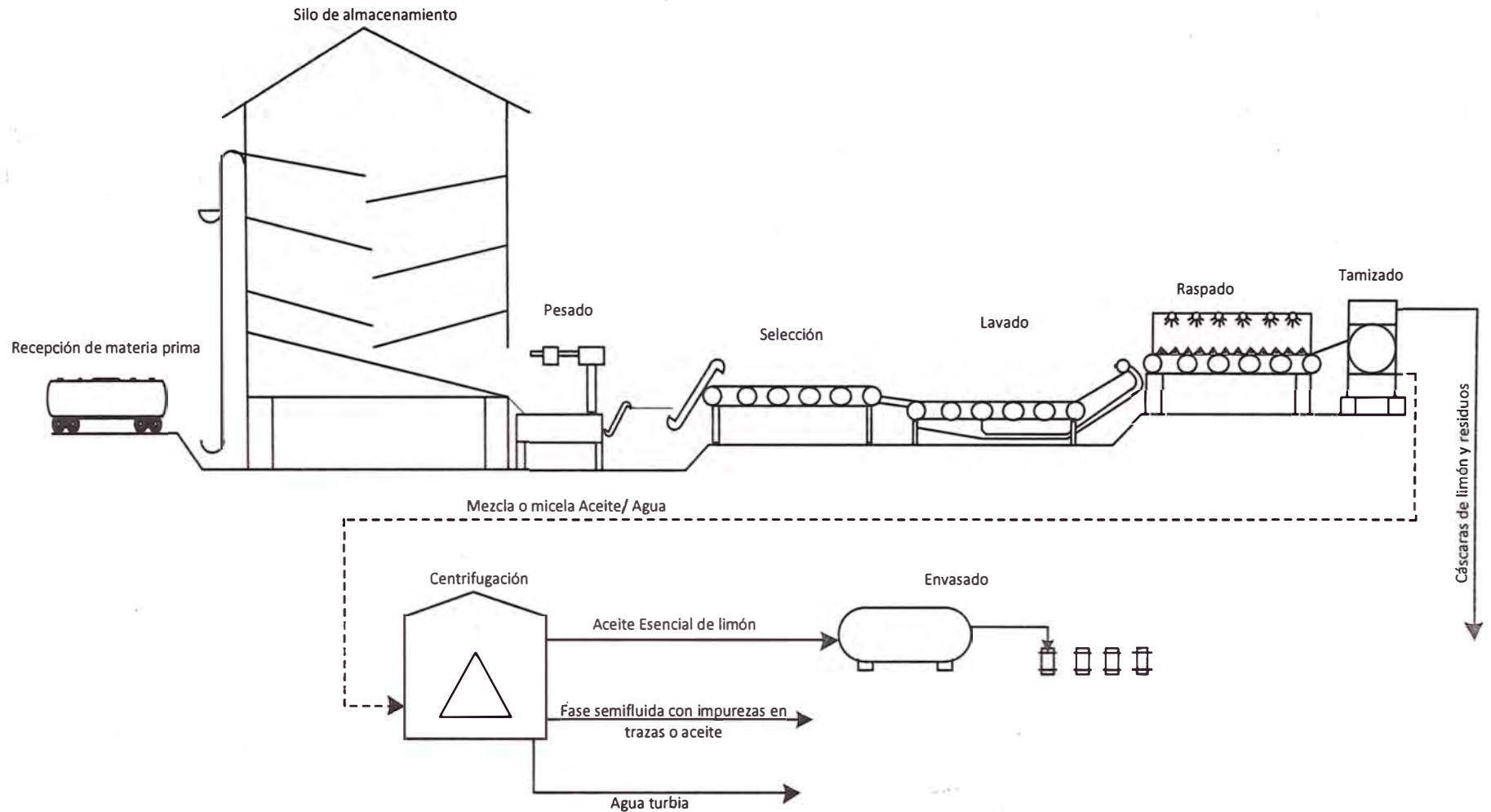


FIGURA 4: Diagrama de Flujo de Producción por Centrifugación

Fuente: Adaptación de Visitas a Plantas Procesadoras de aceites esenciales y Diseño de experimentación de una Planta Procesadora de Limones. Universidad de Piura.

### 3.6.3 Método de obtención por presión o expresión

Este método se fundamenta en la viabilidad técnica de romper las celdas de la cáscara del limón que contienen el aceite esencial y dejarlo salir.

Se obtiene aceite esencial de calidad superior al obtenido por destilación, pues al no usar calor hace que los aceites no pierdan algo de su aroma al desprenderse la porción más volátil del aceite por el calor.

El método consiste en rallar la parte superficial del fruto sin adición de agua. El aceite es obtenido por presión de las ralladuras de las cáscaras en una prensa hidráulica.

#### i. Etapas

Las principales etapas de este proceso son:

- Recepción de materia prima
- Almacenamiento
- Alimentación de Materia prima.
- Selección
- Lavado
- Rallado
- Prensado
- Filtrado
- Envasado
- Almacenaje

Cada una de estas etapas, se describe a continuación:

- **Recepción de Materia Prima**

Se realiza de manera semejante a los dos métodos anteriores.

- **Almacenamiento**

Al igual que en los otros métodos expuestos aquí, es pertinente almacenar en una tolva todo el fruto para el proceso.

- **Selección**

El tipo de limón es semejante al seleccionado en los métodos anteriormente descritos.

- **Lavado**

El lavado es importante para eliminar cualquier residuo de tierra, hojas, etc., que tuviera el limón antes de proceder al rallado.

- **Rallado**

Esta es la parte medular del proceso, consiste en rallar la parte superficial de la corteza, sin adición de agua. Se utilizan ralladuras de acero inoxidable para obtener ralladuras de cáscaras de un tamaño adecuado, estas ralladuras son trasladadas de inmediato a una prensa.

- **Prensado**

Esta operación se desarrolla mediante una prensa, la cual ejerce una gran presión a las ralladuras, obteniéndose el aceite esencial acompañado de impurezas. La mayor parte de la cáscara rallada es retenida por un medio filtrante o es desechada por un conducto alterno. La presión utilizada oscila en los 150-200 kg/cm<sup>2</sup> y el medio filtrante más utilizado está compuesto de nylon.

- **Filtrado**

El aceite y las impurezas se filtran al vacío, de tal modo que se evite obtener un aceite turbio u opaco. La filtración al vacío mejora la apariencia del aceite esencial en este método.

- **Envasado**

Antes de envasar el aceite esencial, es sometido a un tratamiento con sulfato de sodio anhidro, con el propósito de eliminar toda el agua posible, logrando mejorar a un más el grado de claridad y transparencia del aceite.

Se envasa con el mismo sistema ya expuesto. Es rotulado nombrando el método de obtención empleado, además de señalar la fecha en la que se realizó.

- **Almacenaje**

Los depósitos con aceite esencial se almacenarán a temperatura ambiente y en lugar fresco. Debe estar bajo techo, bajo los cuidados apropiados ya que se trata de un producto orgánico muy propenso a la descomposición.

**ii. Diagramas de flujo**

En la Figura N° 05 se muestra el Diagrama de Flujo del método de obtención de Aceite Esencial de Limón por presión o expresión.

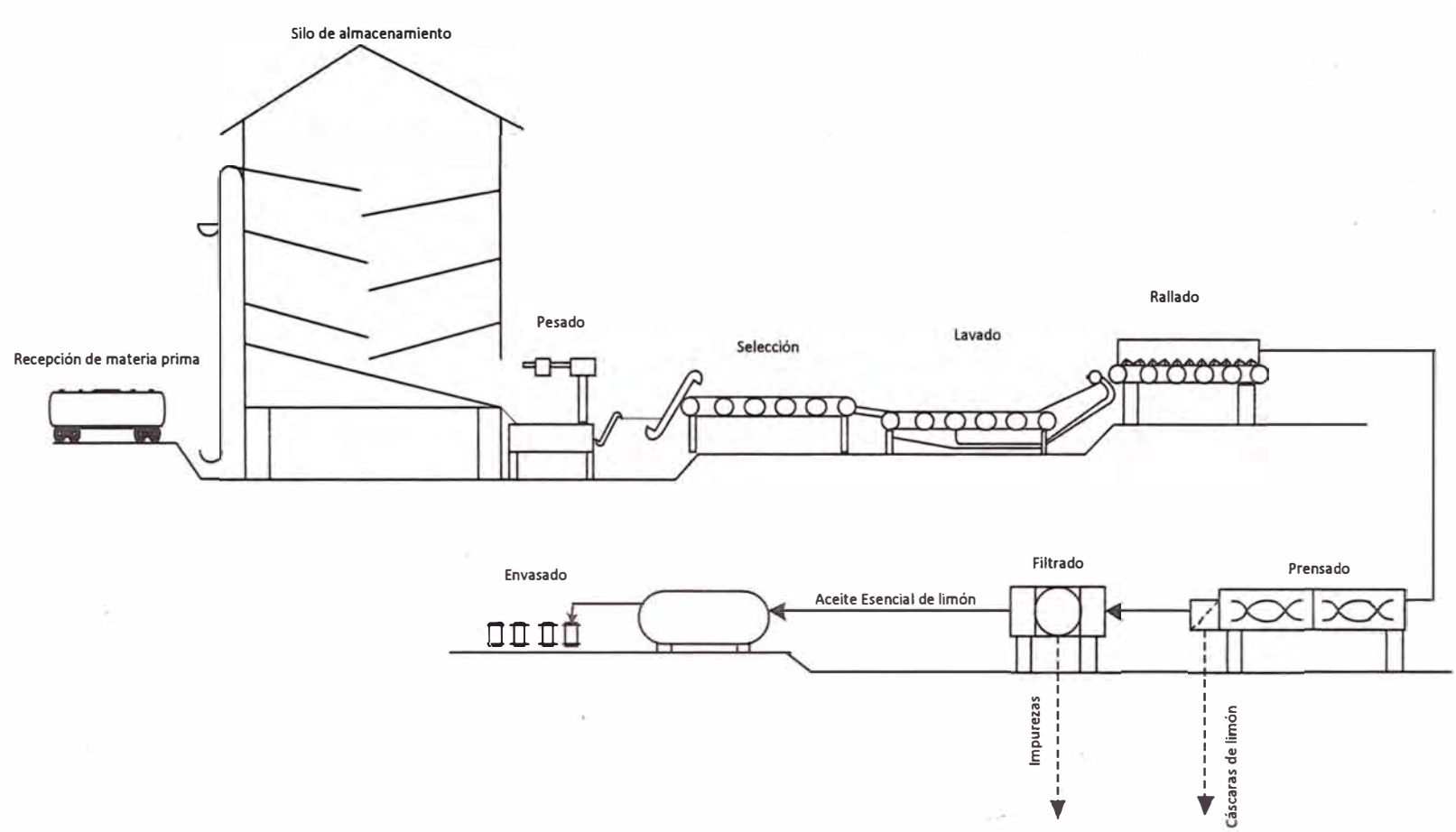


FIGURA 5: Diagrama de Flujo de Producción por presión o expresión.

Fuente: Adaptación de Visitas a Plantas Procesadoras de aceites esenciales y Diseño de experimentación de una Planta Procesadora de Limones. Universidad de Piura.

### 3.7 Subproductos

#### 3.7.1 Cascara deshidratada

La cáscara deshidratada del *Citrus aurantifolia*, o limón sutil, es el producto de prensar, separar, triturar, lavar con agua y finalmente secar con aire caliente forzado en un cilindro giratorio.

El producto obtenido luego del proceso descrito posee la apariencia de una cascará, seca y sin partículas de alguna otra naturaleza.

Como su nombre lo dice el proceso de deshidratación consiste en extraer la humedad de un alimento con el fin de evitar que se malogre; esta técnica de conservación de alimentos es utilizada desde hace más de dos siglos por países como Italia y España, quienes exportaban alimentos a África. Un alimento que es deshidratado conserva gran parte de su valor nutritivo.

Las ventajas de este proceso son numerosas; por ejemplo permite la conservación de frutas alargando su vida útil para así poder ser exportadas a mercados lejanos, además de permitir la oferta de frutas, a pesar que estas no se encuentren en la época del año donde se producen con normalidad.

La calidad del producto final depende, entre otros factores, de la calidad del limón que ingrese al proceso.

##### i. Usos

La cáscara deshidratada de limón es utilizada para la extracción de pectinas, debido a su alto contenido de este coloide.

La pectina es utilizada como un aditivo gelificante de distintas emulsiones y pastas, principalmente en la industria de alimentos y productos farmacéuticos.

Otro importante uso es en la dieta balanceada de ganado, la cáscara deshidratada es utilizada debido a que genera un efecto beneficioso debido a que es un alimento muy nutritivo, que se encuentra clasificado como un alimento funcional siendo apto para elaborar un alimento funcional veterinario.

- **Recepción de la materia prima:**

Los limones llegan en camiones. Son pesados y observados, posteriormente son almacenados en silos.

- **Limpieza:**

El limón es pasado por una zaranda vibradora, buscándose que quede libre de impurezas como hojas, tierra, etc.

- **Lavado:**

Los limones son lavados con agua por medio de aspersores, eliminando tierra, arena u otra impureza previa al prensado.

- **1° Prensado:**

Los limones son ingresados por medio de una tolva a un tornillo helicoidal, donde estos son triturados de manera homogénea. Se separa la cáscara por un lado y la micela por otro.

- **Transporte:**

La cáscara es transportada mediante un transportador de tornillo hacia la tolva del molino.

- **Molino:**

La cáscara se tritura mediante un desintegrador provisto de una malla, para luego ser mezclada con agua y ser bombeado posteriormente.

- **2° Prensado:**

Este segundo presando se realiza con la finalidad de disminuir el contenido de agua, para luego se transporta hacia el secador.

- **Secado:**

El secador está constituido por un tambor rotatorio, donde es ingresada la cáscara, además de gases de calientes. Estos últimos son succionados por el otro extremo del secador.

- **Enfriado:**

La cáscara es ingresada a un ciclón para ser enfriada. La cáscara cae por gravedad y es transportada.

- **Pesado:**

La cáscara molida es colocada en sacos, cada uno de un peso determinado.

- **Empacado:**

Los sacos anteriores son alimentados a una tolva, para su posterior empacado.

### 3.7.2 Jugo Turbio Concentrado de limón

Se denomina así al producto obtenido a partir del limón sutil, *Citrus Aurantifolia*. Es un líquido turbio, viscoso y pegajoso de color oscuro, ácido con un pH entre 1.5 y 2.3. Sus características fisicoquímicas pueden variar dependiendo de la finalidad para la cual se desee utilizar.

A diferencia del jugo de limón común, este posee pulpa de limón en bajas concentraciones.

#### i. Usos

Se utiliza principalmente como aditivo en la industria de alimentos y bebidas no alcohólicas.

En la primera, durante la preparación de helados y pastales además de ser utilizado también en la cocina, para la preparación de ensaladas, mariscos, etc.

En la industria de bebidas y refrescos se utiliza como aditivo acidulante.



## ii. Método de obtención

El proceso de obtención posee las siguientes etapas:

- Recepción de materia prima
- Lavado y cepillado
- Selección
- Extracción de jugo
- Finisher
- Centrifugación
- Desaireación
- Pasteurización
- Concentración
- Envasado

Cada etapa se describe a continuación:

- **Recepción de materia prima:**

La materia prima es recepcionada de igual manera que en los procesos anteriormente descritos.

- **Lavado y Cepillado:**

Se realiza mediante la adición de agua por medio de aspersores, procurando que se desprenda todo material contaminante.

- **Selección:**

En esta etapa se descarta la fruta que no está apta para la extracción de su jugo.

- **Extracción de jugo**

Los frutos aptos para el proceso son transportados hasta una prensa donde el jugo es extraído; luego el jugo extraído, que contiene semillas y residuos de pulpa, es filtrado.

- **Finisher**

Es la primera etapa del filtrado. Durante este proceso se separa la pulpa del jugo de limón. Luego de la separación se envía el jugo, con otros residuos sólidos, hacia una centrífuga.

- **Centrifugación**

Es la segunda etapa de la filtración. El jugo es separado de los residuos sólidos que lo acompañan, como por ejemplo las semillas. Luego es enviado al desaireador.

- **Desaireación**

El jugo libre de residuos sólidos aun contiene oxígeno, el cual causaría la degradación del mismo, específicamente de la vitamina C. El jugo es pasado por un desaireador al vacío, para extraer el aire y oxígeno; además de eliminar parte de la espuma formada.

- **Pasteurización**

Luego de eliminar el oxígeno, se procede a elevar la temperatura del jugo a 80°C-90°C, durante 30 segundos para luego enfriarlo bruscamente; con el fin de eliminar bacterias y otros microorganismos, así como también desactivar enzimas que degradarían el producto. Esto se realiza en un pasteurizador de placas.

- **Concentración**

Se concentra el jugo de limón, mediante la evaporación del agua presente. Este proceso se realiza en un evaporador.

- **Envasado**

El jugo concentrado es envasado para su posterior revisión y despacho.

## **4 ESTUDIO DE MERCADO DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN**

### **4.1 Análisis de la demanda**

#### **4.1.1 Área geográfica que comprende el mercado**

Según los datos de las exportaciones del año 2014, los principales destinos de exportación del aceite esencial limón proveniente del Perú son: Estados Unidos, Reino Unido, Alemania y México. Los porcentajes son del 15% para el primero, 41.07% para el segundo, 15% para el tercero y 14% para el último.

Estos cuatro países constituyen nuestro principal mercado de exportación.

De estos cuatro países, el Reino Unido, es el que mejores oportunidades de exportación presenta debido a que no presenta restricciones, dado a que el Perú cuenta con un TLC firmado y además este mercado posee una demanda debido a que allí se concentran algunos de los principales consumidores del producto.

Por ello, el área geográfica que comprende el mercado objetivo, es la que conforma el Reino Unido.

#### **4.1.2 Principales consumidores**

El consumo total del aceite esencial de limón en el Reino Unido, lo realizan empresas del rubro alimenticio (confitería) que utilizan dicho aceite esencial como saborizante, también los productores de cosméticos para la fabricación de perfumes, jabones, productos de higiene personal, entre otros, así como empresas productoras de bebidas carbonatadas no alcohólicas y productoras de fármacos.

En resumen, los sectores industriales que emplean el aceite esencial de limón en el Reino Unido son: el de confitería, el cosmético y de perfumería, el productor de

bebidas no carbonatadas y el farmacéutico. A continuación se detalla en el Cuadro N° 05, la participación de las distintas industrias en el consumo del aceite esencial de limón.

**CUADRO 5:** Participación de las industrias en el consumo de aceite esencial

Industrias	Participación del Mercado
Bebidas no alcohólicas	68%
Alimentaria	13%
Confitería (postres, caramelos, etc.)	8%
Perfumería y Cosméticos	11%

Fuente: CBI Survey Market "Essential Oils"

El mercado, a nivel mundial, de los productos para el cuidado personal ha crecido de una manera importante en los últimos años, esto debido en gran parte al consumo que demandan los países europeos, alrededor del 7% de las ventas globales de la industria de la belleza. La industria de la perfumería y cosméticos se ha visto favorecida, debido a que sus ventas se han llegado a duplicar en los últimos años.

El Reino Unido se encuentra entre los destinos que destacan en el desarrollo de la industria de perfumes y cosméticos.

El consumo de aceite esencial destinado a la preparación de alimentos, y especialmente en la elaboración de bebidas no alcohólicas, consolidan a este insumo como uno de mayor participación en la industria alimenticia en los últimos años.

En menor proporción se encuentra la industria farmacéutica. La aromaterapia y la hemoterapia han generado una creciente demanda de aceite esencial de limón en los países de la unión europea en la última década.

### 4.1.3 Demanda del producto en el periodo 2012 – 2016

La demanda del aceite esencial de limón hacia el Reino Unido, está constituida por las importaciones de este producto a fin de cubrir los requerimientos de sus industrias. En el Cuadro N° 06 se presentan las importaciones del aceite esencial de limón hacia el Reino Unido.

Se aprecia que las importaciones muestran una tendencia ascendente y estable, con un crecimiento de 5.22% para el periodo 2012 – 2016.

**CUADRO 6:** Demanda de aceite esencial de limón hacia el Reino Unido

Año	Miles de US\$
2012	39 515,36
2013	40 031,22
2014	40 547,08
2015	41 062,93
2016	41 578,79

Fuente: CBI Survey Market "Essential Oils"

## 4.2 Análisis de la oferta

### 4.2.1 Principales productores nacionales

La producción nacional de aceite esencial de limón se inicia en el año 1968 con la instalación de la planta de extracción de aceite esencial de la cooperativa de crédito agrícola y servicios múltiples Chulucanas Ltda N° 111 (COOCHUL). Esta planta fue llevada a cabo por el convenio técnico de la COOCHUL con la UNPAL (Unión de Productores de Aceite esencial de limón), de ahí en adelante el crecimiento de la industria ha sido notable.

La primera planta que se constituyó en el departamento es COOCHUL, la cual aprovecha los excedentes de su producción limonera. A partir de 1980 se registra

un importante crecimiento en el número de establecimientos dedicados a esta actividad, debido a la alta rentabilidad del sector.

La mayor parte de las empresas productoras de aceite esencial de limón se ubican en los departamentos de Piura y Lambayeque ya que dichos departamentos son los principales productores de la materia prima.

En Piura se encuentran dos de las principales empresas dedicadas a la producción y exportación de aceite esencial de limón destilado. En cuanto a la distribución geográfica, predominan las plantas ubicadas en Sullana, ya que por su ubicación les permite aprovechar los excedentes de limón de la zona, así como los excedentes del valle de San Lorenzo; corroborando el criterio de ubicación de las plantas de acuerdo a la disponibilidad de la materia prima.

En cuanto a las empresas exportadoras, Limones Piuranos Sociedad Anónima Cerrada es la empresa que se muestra más dinámica con una participación en el mercado de 42%.

Por otra parte, en el departamento de Lambayeque se encuentra una empresa exportadora de aceite esencial de limón.

Es importante señalar que en los últimos años existen 2 plantas ubicadas en Lima que producen y comercializan el aceite esencial de limón: MONTANA S.A. y BACKUS Y JHONSTON. Además existe una empresa exportadora de aceite esencial de limón.

Se debe destacar además, que las empresas dedicadas a esta actividad, se vieron levemente afectadas por dos acontecimientos: el fenómeno del niño y la crisis asiática. El primero redujo la cosecha habitual de limón sutil y el segundo factor produjo una caída de los precios internacionales de las materias primas que afortunadamente no afectó la demanda de estos productos.

**CUADRO 7: Empresas exportadoras de aceite esencial de limón (año 2014)**

Empresa	Contribución %	Variación % (13-14)
Limones Piuranos S.A.C.	42%	62%
Aceites Esenciales del Perú S.A.C:	25%	77%
Cítricos Peruanos S.A.	18%	50%
Agroindustrias AIB S.A.	15%	26%

Fuente: SUNAT

#### 4.2.2 Oferta del producto

- A nivel Mundial

Los principales países productores del citrus aurantifolia son: Argentina, Estados Unidos e Italia.

Entre los países productores del aceite esencial de limón destilado, Argentina es el mayor productor y exportador. Su participación en el mercado es de gran importancia. Uno de los principales factores que lo llevan a esta categoría es que cuenta con grandes plantaciones de limón del tipo citrus aurantifolia, el que también es cosechado en el Perú y que por sus características ofrece excelentes posibilidades para la obtención del aceite esencial.

Respecto al mercado del Reino Unido, Argentina cubre el 33% de su demanda de aceite esencial, seguido de Italia con 18% y España con 13%. En años anteriores, el Perú tuvo una mejor participación y en el 2008 llegó a tener una participación del 3 % (Ver cuadro N° 08).

En Argentina, en los últimos años, la industria de la extracción de aceite esencial de limón ha crecido en un 50%; este incremento se logró debido al empleo de nuevas tecnologías extranjeras y en menor medida, al uso de otras variedades de limón con alto rendimiento para el aceite esencial.

La mayor parte de la materia prima, cerca de un 90% se produce en Tucumán debido a que posee las condiciones ideales para el cultivo de limón.

La industria del limón se diferencia con respecto a la de otros cítricos en el sentido que se aprovecha el fruto completo, es decir, que se separa el jugo, la corteza y el aceite esencial de la mejor manera posible; obteniéndose tres productos independientemente del método de extracción: Jugo (45-58%), corteza o cáscara (45-55%) y aceite esencial (0.2-0.5%).

**CUADRO 8:** Importaciones de Aceite Esencial de Limón al Reino Unido

<b>País</b>	<b>Participación (%)</b>
Argentina	33.0
Italia	18.0
España	13.0
Estados Unidos	8.0
Brasil	6.0
México	6.0
Uruguay	5.0
Otros	11.0
Total	100.0

Fuente: COMTRADE

- **Oferta Nacional**

La oferta de aceite esencial de limón está representada por las exportaciones de este producto.

En el cuadro N° 09 se presentan las exportaciones de aceite esencial de limón entre los años 2007 al 2015. Se aprecia que estas exportaciones presentan una tendencia inestable en este periodo de tiempo con un gran inicio en el año 2007 y un descenso a partir de 2009; en el 2013, las exportaciones presentan un alza, con



un incremento de casi el 29% respecto al año 2012; luego de un nuevo descenso en el año 2014, en el 2015 se inicia una destacable recuperación.

CUADRO 9 : Exportaciones de Aceite Esencial de Limón

Año	Volumen (TM)	Valor FOB (x10 <sup>3</sup> US\$)
2007	495	18 105
2008	368	15 741
2009	410	17 424
2010	384	17 841
2011	357	23 517
2012	311	24 536
2013	400	9 535
2014	337	14 598
2015	422	17 248

Fuente: Elaboración propia en base a información Comercio Exterior Agrario 2007-2015, del Ministerio de Agricultura.

Respecto a los países de destino de las exportaciones, en los últimos cinco años, tal como se presenta en el cuadro N° 10, se aprecia que en un mayor porcentaje se dirigen al Reino Unido, representando un poco más del 40% del total exportado, le sigue en importancia Estados Unidos con el 29% y Holanda con un 8% aproximadamente. Se debe destacar que si bien el Reino Unido es el principal destino, no se debe de dejar de tomar en cuenta a EE.UU. puesto que; en el último año se incrementó en una cantidad importante, las exportaciones de aceite esencial a dicho país.

**CUADRO 10:** Exportaciones de Aceite Esencial de Limón según país de destino

Volumen (TM)					
País/Año	2011	2012	2013	2014	2015
Alemania	34	-	33	44	15
México	29	40	96	48	7
USA	60	46	7	50	121
Holanda	102	80	76	40	34
Reino Unido	121	132	180	146	173

Fuente: Comercio Exterior Agrario 2011 - 2015 - Ministerio de Agricultura.

Respecto al mercado objetivo, en el cuadro N° 11 se aprecia la variación de las exportaciones de aceite esencial de limón hacia el Reino Unido.; se observa que presenta una tendencia estable, con la excepción de un descenso en el año 2014; y un posterior aumento en el año 2015; evidenciado una recuperación favorable.

**CUADRO 11:** Exportaciones al Reino Unido (2011-2015)

Años	TM	Variación %
2011	121	-
2012	132	9.1
2013	180	36.4
2014	145	-19.4
2015	173	19.3

Fuente: Comercio exterior Agrícola - Ministerio de Agricultura.

### 4.3 Selección del mercado objetivo

#### 4.3.1 La industria de la perfumería y el aceite esencial de limón

La industria de perfumería en el Reino Unido ha mostrado una gran expansión en los 5 últimos años, con un crecimiento promedio de 5.6% solamente en el año 2013, según la revista Key Note del Reino Unido, asimismo, las cifras para el año 2015 fueron de un valor aproximado a los 3500 millones de dólares, y las principales empresas tienen una venta anual que sobrepasa el millón y medio de dólares. Esta industria consume aproximadamente el 11% de la demanda total de aceite esencial de limón.

El mercado de fragancias está dividido según el porcentaje de esencia o aceite esencial contenido en el producto final. La clasificación se puede dar de la siguiente manera:

- Perfumes: entre 15% y 25% de aceite esencial.
- Eau de Toilette: entre 4% y 8% de aceite esencial.
- Agua de Colonia: entre 1.5% y 4% de aceites esenciales.

El aceite esencial centrifugado, es el que mayormente se utiliza en esta industria, ya que tiene un olor más delicado, pero en algunos casos también se utiliza el aceite esencial destilado.

Según la nota sectorial de Extenda, las principales empresas de perfumes se localizan en Londres y en el sureste del país, siendo estas:

AVON Cosmetics Ltd

Estée Lauder Cosmetics Ltd

L'Oréal (UK) Ltd

Procter & Gamble (Health & Beauty Care) Ltd

Alliance Boots Ltd

The Perfume Shop Ltd

#### 4.4 Estudio de comercialización y precios

##### 4.4.1 Canales de comercialización

La comercialización del aceite esencial de limón se hace directamente o a través de un agente nacional o extranjero denominado bróker, que suele cobrar una comisión respecto al valor FOB de exportación.

Los compradores de aceite esencial de limón sutil del tipo destilado en el Reino Unido son de dos tipos: Agentes importadores y por otro lado empresarios que utilizan el aceite esencial para procesarlo y obtener un aceite más fino y puro; a este aceite esencial de alta pureza se le llama desterpenado.

Los agentes importadores, por lo general, abastecen a los grandes usuarios, estos acostumbran a importar directamente de los exportadores a través de conexiones en el país de origen, donde existen estos brokers, quienes se encargan de conectar a los productores nacionales con uno de estos agentes importadores.

En la figura N° 06 se aprecia el diagrama sobre los canales de comercialización del aceite esencial de limón hacia el Reino Unido. Se observa que se inicia con el productor nacional quien se contacta con un broker, que es el intermediario que ejecuta las compras y/o las órdenes de compra de un cliente cobrando por ello una comisión.

El aceite esencial de limón no pasa físicamente a través de las manos de estas personas.

Los agentes importadores son empresas de servicios que venden el aceite esencial directamente al usuario final o a las industrias que se encargarán de reprocesarlo y purificarlo.

Los principales agentes importadores de aceite esencial de limón:

Adina Cosmetic Ingredients.

A & E Connock Ltd

Cornelius Group Plc.

The Body Shop International

Zanos Ltd

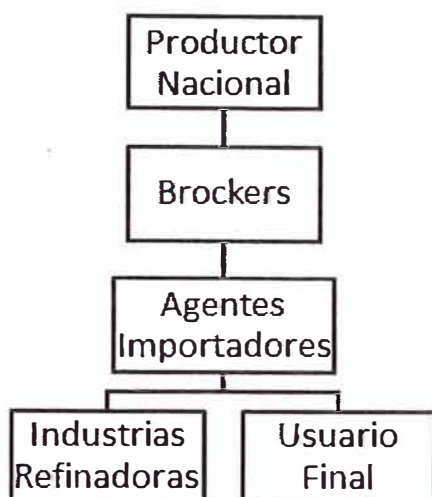


FIGURA 6 : Canales de distribución del Aceite Esencial de Limón

#### 4.4.2 Análisis de precios del aceite esencial de limón

Según el cuadro N° 12 se puede ver la evolución de los precios del aceite esencial de limón en los últimos 5 años. Se observa que muestra una tendencia inestable con una alza notoria, entre los años 2013 y 2014, de 19.56 US\$ por Kg, lo cual representa un aumento del 82.11%; aunque luego presentó una baja en el año 2015 de 2.54 US\$/Kg, tan solo disminuyó en un 5.85%; en este año la menor demanda ocasiona la caída de los precios internacionales.

Para octubre del 2015 el precio empezó a recuperarse. El precio a fines de diciembre fue de 35.09 US\$/Kg.

**CUADRO 12** : Evolución de precios

<b>Año</b>	<b>US\$/Kg</b>
2011	23.00
2012	26.60
2013	23.82
2014	43.38
2015	40.84

Fuente: Cotizaciones Internacionales - Ministerio de Agricultura - Oficina de Información Agraria.

#### **4.4.3 Proyecciones de precios**

Para efectuar la proyección de los precios se ha tomado en cuenta los datos del Cuadro 12, y se ha efectuado los cálculos de acuerdo a un ajuste polinomial de primer grado (lineal), ya que tiene un coeficiente de correlación (r) de 89.61%.

En el Cuadro 14, se presentan los cálculos de la proyección de la demanda.

CUADRO 13: Cálculo de la proyección del Precio

Años (X)	Precio (Y)	XY	X <sup>2</sup>
2010	17.82	35181.59	4040100
2011	23.01	46267.26	4044121
2012	26.60	53517.45	4048144
2013	23.82	47948.25	4052169
2014	43.38	87357.91	4056196
2015	40.84	82293.45	4060225
$\Sigma X = 12075$	$\Sigma y = 175.46$	$\Sigma XY = 353202.91$	$\Sigma X^2 = 24300955$

$$b = \frac{n \times \sum xy - \sum x \times \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = 4.96$$

$$a = \frac{\sum y - b \times \sum x}{n}$$

$$a = -9942.98$$

El resultado obtenido se ilustra en el siguiente gráfico:

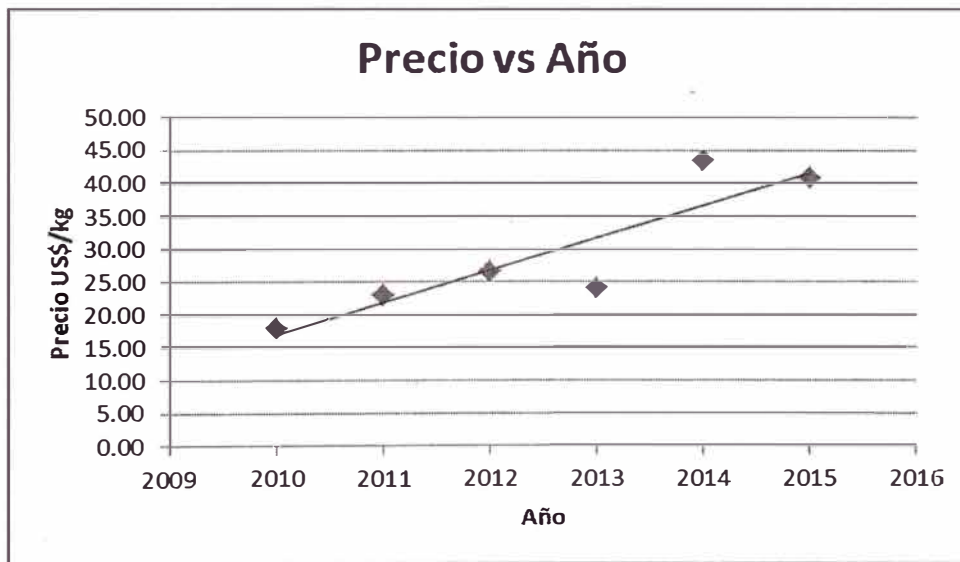


FIGURA 7: Gráfica Precio vs Año

La ecuación (1) que se obtiene del ajuste es la siguiente:

$$Y = 4.96x - 9942.98 \dots (1)$$

Dónde:

Y: Precio US\$/kg de aceite esencial de limón

X: Año

En el cuadro N° 15 se presenta la demanda proyectada para los próximos 10 años.

**CUADRO 14: Demanda proyectada de Aceite Esencial de Limón**

<b>Años</b>	<b>US\$/kg</b>
2016	46.59
2017	51.54
2018	56.50

Fuente: Elaboración propia en base a cuadro N° 13

Si bien es cierto la regresión matemática nos representa un precio creciente del aceite esencial del limón, hemos considerado un precio promedio de US\$/kg 42.11 al mercado objetivo de Inglaterra, el cual se fundamenta en la calidad del aceite esencial obtenido del fruto maduro y fresco del limón sutil, con un contenido de citral promedio de 0.5 % – 2.0 %, en un proceso por arrastre de vapor, cosechado en zona de la macro región norte, principalmente Piura y Lambayeque, esto debido a su geografía y buen clima durante el año.



## 5 TRABAJO EXPERIMENTAL

### 5.1 Obtención del producto en laboratorio N°14

Se realizaron corridas experimentales mediante el método de destilación con arrastre de vapor en el laboratorio de Química Orgánica (Laboratorio N° 14).

#### 5.1.1 Procedimiento

- Se adquirió el limón sutil fresco del mercado.
- En el INDDA (Instituto de Desarrollo Agroindustrial) de la UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina), en la Planta Piloto de Aceites y Grasas, se trozó el limón sutil entero; luego con el tornillo sinfín se procesó la materia prima de modo que se obtuvo un licor (jugo de limón y partículas de cáscara).
- El licor obtenido en el INDDA – UNALM se trasladó al laboratorio de Química Orgánica (Laboratorio N° 14) – UNI.
- Se cargó el licor en el extractor (balón de vidrio) y se insufla vapor de agua directamente a la carga, arrastrando éste a su paso las sustancias volátiles.
- Los vapores atraviesan un condensador de vidrio y se obtuvo una emulsión de fases separables, libre de impurezas (sólidos).
- Se separa el aceite esencial del agua mediante decantación.

### 5.1.2 Resultados

CUADRO 15 : Resultados obtenidos en la corrida en el Lab. N°14

N°	t (minutos)	Volumen Acumulado de A.E. (mL)	Volumen total Condensado (mL)	% en Volumen de Aceite Esencial
1	3	1	12	16.67
2	5	2	40	33.33
3	8	3	75	50.00
4	14	4	163	66.67
5	19	5	195	83.33
6	29	6	395	100.00
7	55	6	584	100.00

**Fuente:** Elaboración propia.

En este cuadro se puede evidenciar que a los 29.0 minutos aproximadamente para la muestra, se obtiene el máximo rendimiento a nivel de Laboratorio, obteniendo de modo experimental una cantidad de 6.0 mL de aceite esencial del limón sutil, posterior a este tiempo ya no se obtuvo mayor cantidad de aceite; el rendimiento fue de 0.130 % w/w respecto a la materia prima en bruto (limón sutil), esto debido a la muestra pequeña y a la pérdida de calor. Ver Anexo N° 3 Registro fotográfico (Fotos del 1 al 8).

- Limón utilizado: 3.303 Kg
- Materia prima utilizada (licor): 1.910 Kg
- Aceite Esencial obtenido: 6 mL
- Aceite Esencial obtenido (peso): 4.31 gr
- Densidad experimental: 0.862
- Rendimiento: 0.130 %

## **5.2 Obtención del producto en la planta piloto**

Se realizó una prueba con una mayor cantidad de materia prima (limón sutil) en las instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias (Laboratorio N°23) de la UNI. Cabe resaltar que la cantidad de materia prima utilizada en esta ocasión fue de aproximadamente de 12 Kg de limón sutil, con mayor cantidad de materia prima y vapor saturado se obtuvo mayor cantidad de aceite esencial.

### **5.2.1 Procedimiento**

- El licor obtenido en el INDDA (mezcla de jugo de limón y partículas de cáscara) – UNALM se cargó en el reactor.
- En Laboratorio de Operaciones Unitarias (Laboratorio N°23) en el reactor se insufla vapor saturado de agua proveniente del caldero pirotubular directamente a la carga, el vapor saturado cumple la función de arrastrar las sustancias volátiles, entre ellos el aceite esencial del limón.
- Los vapores atraviesan un condensador y se obtiene una emulsión de fases separables, libre de impurezas (sólidos).
- Se separa el aceite esencial del agua mediante decantación.
- Se puede observar que a los 40 minutos se obtiene el máximo rendimiento con un volumen de 37 mL de aceite esencial del limón, el rendimiento fue de 0.2635 % w/w respecto a la materia prima. Ver Anexo N° 3 Registro fotográfico (Fotos del 9 al 10).

### **5.2.2 Equipos utilizados**

- Caldera para suministro de vapor saturado
- Destilador
- Condensador
- Reactor
- Probeta graduada de 100 mL

### 5.2.3 Resultados

**CUADRO 16:** Resultados obtenidos en el Laboratorio de Operaciones Unitarias

N°	t (minutos)	Volumen		% en Volumen de Aceite Esencial
		Acumulado de A.E (mL)	Volumen total Condensado (mL)	
1	2	1	20	2,70
2	3	4	56	10,81
3	4	9	112	24,32
4	5	12	170	32,43
5	6	16	228	43,24
6	7	19	280	51,35
7	8	21	334	56,76
8	9	22	388	59,46
9	10	24	446	64,86
10	11	25	496	67,57
11	13	27	600	72,97
12	15	30	700	81,08
13	18	31	846	83,78
14	21	33	986	89,19
15	24	34	1122	91,89
16	30	35	1374	94,59
17	35	36	1574	97,30
18	40	37	1768	100,00
19	45	37	1942	100,00
20	47	37	2000	100,00

**Fuente:** Elaboración propia

- Limón utilizado: 12.104 Kg
- Materia prima utilizada (licor): 7.000 Kg
- Aceite Esencial obtenido: 37 mL
- Aceite Esencial obtenido (peso): 31.894 gr
- Densidad experimental: 0.862

- Rendimiento: 0.2635 %

### 5.3 Características Físicas y Químicas

En el caso de una aplicación para perfumería se prefiere un aceite esencial obtenido mediante centrifugado, debido a que presenta un olor más delicado. A continuación se muestran las diferencias físico-químicas de las 2 variedades de aceite esencial más comunes:

CUADRO 17: Propiedades del aceite esencial de limón centrifugado y destilado

	Aceite esencial centrifugado	Aceite esencial destilado
Desviación Polarimétrica	-33.0° a +41.0°	-30.0° a +47.0°
Índice de refracción @ 20° C	1.4820 – 1.4900	1.4740 – 1.4780
Gravedad específica 25/25 °C	0.8710 – 0.8870	0.8550 – 0.8670
Compuesto de carbonilo (Como citral) %	4.0 – 8.6%	0.5 – 2.0 %
Residuos de evaporación	10.0 – 18.0%	0.2 – 2.2%
Solubilidad en Etanol de 90%	Soluble en 0.1 a 0.5 volúmenes de etanol.	Soluble en 0.5 a 5 volúmenes de etanol.

**Fuente:** Limones Piuranos S.A.C

### 5.4 Consideraciones para la aplicación del proyecto

Adicionalmente a los resultados obtenidos, se consultó a diversas empresas productoras de aceite esencial de limón sutil, obteniéndose la siguiente información:

- En el proceso de obtención del aceite esencial del limón sutil, se aprovecha toda la fruta a través de PML (Producción más Limpia) e Ingeniería Verde, ya que no solo se obtiene aceite sino también otros productos complementarios como son: el jugo agrio de limón y de los residuos se obtiene la cáscara deshidratada.

- El rendimiento promedio durante la obtención del aceite esencial de limón es del 0.4% con respecto a la materia prima inicial limón sutil (fuente: Limones Piuranos)
- El rendimiento promedio durante la obtención de la cascara deshidratada es del 6.67% con respecto a la materia prima limón sutil (fuente: Limones Piuranos).
- El rendimiento promedio durante la obtención del jugo concentrado de limón es del 4.0 % con respecto a la materia prima inicial limón sutil.

## **6 LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE PLANTA**

Como se ha explicado, se tiene diferentes formas de obtención de aceite esencial de limón sutil. Si analizamos el caso de una planta con un proceso de extracción de aceites esenciales mediante arrastre con vapor, el cual es uno de los métodos de extracción utilizados con mayor frecuencia, para obtener los principales componentes aromáticos de un material vegetal de interés. Los dos primeros factores a considerar para la construcción de una planta de destilación serán su localización y el tamaño de las instalaciones. Los cuales determinaran el lugar más conveniente para el proyecto, es decir, la alternativa que produzca un mayor beneficio para el usuario y para la comunidad, con el menor costo social.

### **6.1 Tamaño de planta**

Para definir el tamaño de planta deben evaluarse distintas alternativas que surjan de un compromiso entre la necesidad de procesar lo más rápido posible toda la materia prima disponible, y los costos de construcción.

De acuerdo con la capacidad de producción de la planta, se tiene planeado producir durante los meses de Noviembre - Julio, con tres meses de parada: Agosto – Octubre, y dos meses con dos turnos de trabajo: Enero-Febrero, por las variaciones de disponibilidad de materia prima. De esta manera se determina que aproximadamente la planta operará 283 días por año.

Siendo 142 Tm de limón/día la cantidad de materia prima a procesar en la planta. Considerando un rendimiento de materia prima de 0.4%, se tiene que la capacidad instalada de aceite esencial es 160.744 Tm/año.

### **5.1.1 Tamaño de Planta vs. Mercado**

El objetivo principal del proyecto es la exportación del aceite esencial de limón. La demanda del principal mercado objetivo, el Reino Unido, no es un limitante y se estima que el proyecto podría satisfacer la creciente demanda que presenta en los últimos 5 años. (Ver cuadro N° 10)

Con todo lo explicado previamente, es que se puede apreciar una gran oportunidad para poder entrar en dicho mercado y así captar una parte de éste. Lo más recomendable es ir creciendo poco a poco para lograr economías de escala para obtener costos más bajos, mejorar las relaciones con los clientes y quitarles partes del mercado a los competidores actuales.

### **6.1.1 Tamaño de planta vs. Tecnología**

En el campo industrial de un país subdesarrollado, el tamaño de una unidad de producción está limitado por la tecnología disponible, lo cual incide directamente sobre el monto de la inversión y sobre el costo unitario de producción.

De acuerdo a los métodos mencionados en el capítulo 2, en lo referido a los métodos por expresión el más representativo y tecnificado es el de "centrifugación" cuya tecnología trabaja con un mínimo de 5,500 Tm de limón por temporada y mano de obra calificada, necesitando una inversión del bien de los S/. 10 500 000, procediendo la mayor parte de la maquinaria del mercado externo, siendo esta alternativa limitante en el tamaño de la planta.

De los métodos por destilación el de "destilación por arrastre de vapor" es el método más utilizado cuya tecnología trabaja con un mínimo de 1,500 Tm de limón por temporada y mano de obra no calificada, necesitando una inversión del orden de los S/. 3 500 000, en esta alternativa la procedencia de la mayor parte de la maquinaria es de origen nacional, lo que significa en cierto grado un servicio más rápido de reparación y/o mantenimiento, no siendo limitante esta alternativa.

Basándose en los procesos extractivos que han sido descritos en forma muy general en el presente trabajo y que actualmente se aplican para la obtención de aceites esenciales, queremos señalar que solamente hemos tomado en consideración aquellos procesos en los cuales las normas internacionales reconocen como un aceite esencial de origen 100% natural.

Además que la implementación de esta gama de alternativas de procesos es factible de aplicarse en la pequeña y mediana industria de los países en vías de desarrollo.

Cabe mencionar sin embargo que hoy en día existen diferentes métodos a parte de los mencionados en el capítulo 2 pero tienen como principal inconveniente que la implementación de un nuevo proceso, como es el caso de la extracción por microondas o la extracción con fluido en estado supercrítico, puede ser tecnológicamente factible pero implica una fuerte inversión económica.

Además, debe tenerse en cuenta que, como en cualquier cambio de las tecnologías tradicionales, los productos obtenidos suelen diferir en calidad de los que se ofrecen normalmente en el mercado internacional, y pueden por lo tanto, significar un problema para competir con el producto comercialmente aprobado, debido, entre otros a que estas nuevas técnicas aún se encuentran en la fase de ser aprobadas y reconocidas oficialmente por los comités internacionales que legislan estos tipos de productos para su consumo en la industria alimenticia, química farmacéutica y de perfumería.

## **6.2 Localización de planta**

En cuanto a la localización, deberá considerarse que el movimiento de la materia prima a destilar influye singularmente en el presupuesto del proceso, debido a que normalmente deben desplazarse grandes volúmenes de material en un breve lapso de tiempo. Por este motivo, las instalaciones deberán construirse lo más cerca posible de las fuentes de producción de la materia prima. Otro factor a tener en cuenta es la provisión de los dos insumos imprescindibles: combustible y agua, factores decisivos para fijar el lugar de emplazamiento. Finalmente, y no menos importante, puede ser la infraestructura existente, el acceso a caminos o a centros de comercialización.



## 6.2.1 Disponibilidad de materia prima

### i. Limón

De la figura N°1 se puede observar que la mayor cantidad de limones se produce en la zona norte del país, siendo los departamentos de Piura y Lambayeque los que tienen una mayor producción, con 148 100 y 51 500 Tm respectivamente.

Como se mencionó, el proyecto busca procesar una cantidad de 142 Tm de limón diario, lo que hace una cantidad anual de 40 186 Tm de limón. De esta manera se observa que el departamento de Piura es el único que puede cubrir la demanda de limón solicitada. Adicionalmente si comparamos los precios en chacra en ambos departamentos, el limón tiene un precio en chacra de 0.220 S/./Kg en Piura y 0.320 S/./Kg en Lambayeque. De esta forma el menor precio en chacra favorece al departamento de Piura.

Cabe resaltar en Piura existen lugares que presentan una mayor producción de limón, siendo estos el distrito de Sullana en la provincia de Sullana y los distritos de Piura y Tambo Grande en la provincia de Piura.

CUADRO 18 : Producción de limón en diversas zonas de Piura (Tm)

Lugar	Producción de limón (Tm)
Ayabaca	147.7
Huancabamba	148.7
Sullana	63 534.6
Tambo Grande	74 494.1
Morropón	5 479.8
Piura	4 295.2
Total	148 100

Fuente: INEI

En el cuadro N° 18 se muestra la producción agrícola de limón sutil en diversos lugares del departamento de Piura, con lo que podemos observar que una muy buena alternativa de localización sería entre las zonas de Tambo Grande y Sullana por la cantidad de volumen producido y por la presencia del valle de San Lorenzo y Chira.

## **ii. Empresas productoras de aceite esencial de limón**

El mercado del aceite esencial de limón sutil es muy competitivo y exigente. Una de los principales objetivos es el de asegurar una calidad homogénea en todos los productos, de esta forma se asegura que logren competitividad y aceptación en el mercado.

Como se ha mencionado con anterioridad, la mayor parte de las empresas productoras de aceite esencial de limón se ubican en los departamentos de Piura y Lambayeque. Ya que como se explicó en el inciso anterior, esto se debe a que dichos departamentos son los principales productores de la materia prima. Una planta situada en Piura permitiría aprovechar los excedentes de limón de esta zona, así como los excedentes del valle de San Lorenzo.

Sumado a este panorama, en Piura se encuentra la principal empresa dedicada a la producción y exportación de aceite esencial de limón destilado, denominada: Limones Piuranos Sociedad Anónima Cerrada, que cuenta con el 42% del mercado. Por otra parte, en el departamento de Lambayeque se encuentra una empresa exportadora de aceite esencial de limón, Agroindustrias AIB S.A. con el 15% del mercado. De esta manera se puede observar que hay un mercado más grande y competitivo en el departamento de Piura.

Finalmente, si consideramos lo expuesto en este inciso y la disponibilidad de la materia prima, el departamento de Piura se perfila como el departamento adecuado para la localización del proyecto.

### 6.2.2 Disponibilidad de servicios industriales

Ambos departamentos presentan una serie de diversas actividades económicas. En el caso del departamento de Piura, en el año 2013, ocupó el primer lugar a nivel nacional en la producción de mango, limón y carne de caprino. Además, ocupó el segundo lugar en la producción de uva y arroz con cáscara.

Cabe destacar que en la producción agropecuaria, creció la producción de mango (240,3%), uva (91,5%), yuca (44,2%), sandía (43,8%), maíz amiláceo (36,4%), papa (29,8%), camote (21,8%), maíz amarillo duro (18,4%) y alfalfa (3,8%), entre los principales. Asimismo, entre los productos pecuarios se incrementó la producción de carne de ave (16,6%), carne de caprino (3,5%), leche fresca (1,0%) y carne de porcino (0,3%).

Asimismo, en hidrocarburos se posicionó como primer productor a nivel nacional de petróleo crudo. Además, ocupó el segundo lugar en la producción de gas natural y tercer lugar en líquido de gas natural.

Por otro lado, el departamento de Lambayeque, en el año 2013, fue el primer productor de piquillo y pimienta. Además, ocupó el segundo lugar en la producción de caña de azúcar, limón, camote y mango; y se posicionó en tercer lugar en la producción de arroz cáscara.

Cabe destacar que en la producción agropecuaria, creció la producción de piquillo (78,3%), mango (74,8%), arveja grano verde (58,1%), maíz amiláceo (19,9%), zanahoria (18,7%), tomate (18,0%), papa (12,7%), espárrago (11,9%), páprika (10,9%), caña de azúcar (10,1%), zapallo (8,4%), limón (8,1%), pacaes (5,8%), arroz cáscara (1,7%) y yuca (0,6%), entre los principales. Asimismo, entre los productos pecuarios se incrementó la producción de leche fresca (29,0%), carne de ave (12,2%), huevo (8,7%), carne de vacuno (8,5%), carne de porcino (5,9%) y carne de ovino (5,5%).

La producción del departamento de Piura creció en el año 2013, impulsado principalmente por el aumento de la actividad de construcción (22,0%), agricultura, ganadería, caza y silvicultura (10,8%), destacan también y favorecen el resultado del PBI, pesca y acuicultura (9,0%), telecomunicaciones y otros servicios de información (7,8%), comercio (7,0%), alojamiento y restaurantes (6,8%), transporte, almacenamiento, correo y mensajería (6,5%), otros servicios

(5,1%) y administración pública y defensa (4,2%). Sin embargo, disminuyó la actividad de extracción de petróleo, gas y minerales (-8,0%), electricidad, gas y agua (-2,1%) y manufactura (-1,6%).

Por otro lado, la producción del departamento de Lambayeque creció en el año 2013, impulsado principalmente por el aumento de la actividad de pesca y acuicultura (12,2%), seguido por telecomunicaciones y otros servicios de información (8,4%), electricidad, gas y agua (7,0%), destacan también y favorecen el resultado del PBI, comercio (5,9%), transporte, almacenamiento, correo y mensajería (5,8%), administración pública y defensa (5,8%), otros servicios (5,7%), manufactura (4,8%), alojamiento y restaurantes (4,6%), extracción de petróleo, gas y minerales (4,4%), construcción (2,5%) y agricultura, ganadería, caza y silvicultura (0,9%).

Con los datos anteriores se puede apreciar que ambos departamentos tienen una amplia variedad de servicios industriales que ofrecer, para así cubrir las necesidades que puedan suscitarse durante la implementación y operación de una planta piloto para la extracción de aceite esencial de limón.

### 6.2.3 Disponibilidad de mano de obra

El sector demográfico en el cual se piensa ubicar el proyecto presenta los siguientes datos demográficos:

**CUADRO 19: Población de Piura**

Área / Sexo	Masculino	Femenino	Total
Urbano	710 240	718 443	1 428 683
Rural	215 525	199 921	415 446

Fuente: Estimación y Proyecciones 2015 del INEI

CUADRO 20 : Población de Lambayeque

Área / Sexo	Masculino	Femenino	Total
Urbano	498 308	537 893	1 036 201
Rural	113 996	110 453	224 449

Fuente: Estimación y Proyecciones 2015 del INEI

De ambos cuadros se puede deducir que en el futuro existirá una mayor demanda laboral en el departamento de Piura. Por otro lado, la mano de obra estaría dirigida a la población joven y joven adulta del lugar a seleccionar. En los siguientes cuadros se muestran las cantidades existentes en cada departamento seleccionado.

CUADRO 21: Población joven / joven adulta

	Departamento / Sexo	Masculino	Femenino	Total
Población Joven	Lambayeque	168 357	169 780	338 137
	Piura	255 850	245 426	501 276
Población Joven adulta	Lambayeque	120 046	138 195	258 241
	Piura	184 849	187 110	371 950

Fuente: Estimación y Proyecciones 2015 del INEI

Se observa que la mayor cantidad de jóvenes y jóvenes adultos en la zona de evaluación está en el departamento de Piura. Esto nos indica que en un futuro habrá una mayor demanda laboral en Piura, es así que la localización de la planta en el departamento de Piura traería consigo una disminución de la misma. La población objetivo mencionada será valorada como mano de obra calificada, no calificada y personal calificado, debido a su disponibilidad y no será un limitante en la unidad productiva.

#### **6.2.4 Condiciones climáticas y ambientales**

El departamento de Piura presenta un territorio que tiene una topografía variada, poco accidentada en la costa. Predominando las llanuras desérticas en esta región. Sechura, al sur del río Piura, es el desierto con mayor superficie a nivel nacional. Las formas morfológicas más comunes en la costa son las quebradas secas que funcionan en forma violenta cuando se producen lluvias intensas. Otros rasgos son las dunas en forma de media luna, los tablazos o terrazas marinas como las de Máncora, Talara y Lobitos; terrazas fluviales formadas por los ríos Chira y Piura y el antiguo relieve de Amotape, que delimita la costa al norte del departamento. En lo referido a su clima, el departamento de Piura tiene un clima subtropical, cálido y húmedo. La temperatura media es de 24 °C.

Mientras que, casi la totalidad del departamento de Lambayeque presenta una dilatada llanura de terreno exuberante, surcado por los ríos La Leche, Lambayeque, Zaña, etc. La planicie costera da forma al departamento, se hace angosta en el sur y se va ensanchando hacia el noreste hasta llegar al límite del departamento de Piura. La altura oscila entre los 4 m.s.n.m. y en la sierra a 3 078 m.s.n.m.

El departamento de Lambayeque tiene un clima cálido, húmedo y desértico, con escasas precipitaciones en la costa, y templado y seco en los sectores interandinos con una temperatura media de 23°C.

Como vemos, el clima cálido es una característica en estos territorios. Ambos departamentos costeros se encuentran prácticamente al nivel del mar, sin embargo, en el valor referido a su humedad relativa, es donde una mayor diferencia presenta. Piura tiene un valor de humedad relativa promedio anual de 74.7 %, mientras que Lambayeque presenta un valor de 82.2%.

Como se puede apreciar, ambas zonas tienen similares condiciones ambientales y climáticas, por lo que este factor no será tan determinante en la decisión a tomar sobre la localización del proyecto.

### **6.2.5 Distancia a los centros de consumo y medios de transporte**

El costo del transporte tanto de la materia prima como del producto también deberán ser evaluados, el primero por la cercanía de las tierras de cultivo y el segundo por la facilidad para la distribución del producto terminado.

En ese sentido, todas las provincias pertenecientes a la Región Piura mencionadas con anterioridad cuentan con acceso a la carretera Panamericana Norte, el eje Binacional Perú—Brasil (IIRSA - Norte), además cuenta con aeropuertos en Piura y Talara. Adicionalmente, se encuentra articulada por los puertos de Paita, Talara y Bayóvar.

Por otro lado, el departamento de Lambayeque cuenta con un Aeropuerto Internacional conocido como José Abelardo Quiñones Gonzáles, ubicado en la ciudad de Chiclayo. También se ha construido recientemente el Puerto de Eten.

De esta manera, se aprecia que es más factible la comercialización y distribución si se localiza la planta en el departamento de Piura, debido a las mayor cantidad de opciones de transporte que presenta, ya que de ser necesario se pueden transportar materias primas o productos terminados por aire, mar o tierra.

Con los puntos expuestos anteriormente, se decide que la planta se ubicará en el departamento de Piura. Esto se sustenta en las mejores oportunidades para conseguir la materia prima, la existencia de una mayor cantidad de mano de obra y un sistema de transporte marítimo, terrestre y aéreo que aseguran una mejor distribución del producto final.

### **6.2.6 Área y disponibilidad del terreno**

La disponibilidad no es un factor limitante debido a que el departamento seleccionado cuenta con muchos terrenos disponibles. Finalmente, el terreno seleccionado se encuentra en la carretera que une las provincias de Tambo Grande y Sullana. La empresa se ubica entre los dos puntos de mayor producción de aceite esencial de limón sutil, como se indica en el cuadro N°18, lo cual nos asegura el suministro de materia prima. Siendo el punto rojo de la figura N° 08 la ubicación del mismo en un mapa y la figura N° 09 una foto del terreno seleccionado.



**FIGURA 8:** Ubicación de la empresa

Fuente: Google maps



**FIGURA 9:** Ubicación de la empresa

Fuente: Google maps



## **7 INGENIERÍA DE PROYECTO**

### **7.1 Generalidades**

Como se ha mencionado, el principal objetivo del proyecto es la obtención de un producto principal - aceite esencial de limón- partiendo de la transformación de la materia prima, limón sutil. Adicionalmente se tiene conocimiento que se pueden obtener 2 subproductos adicionales durante la extracción del aceite, hablamos de la cáscara deshidratada y jugo turbio de limón.

Si bien el principal objetivo del presente trabajo es la extracción, se procesaran también los remanentes del proceso de extracción para obtener ambos subproductos, ya que esto asegura un mayor margen de ganancia y la factibilidad del proyecto.

### **7.2 Producto y subproductos**

El producto principal del proceso de extracción es el aceite esencial de limón sutil. La obtención del mismo comienza con la recepción de la materia prima, la cual es sometida a un proceso de triturado luego de su limpieza e inspección, obteniéndose dos productos: la cáscara; la cual es enviada a un proceso de cortado, deshidratado y envasado para su posterior comercialización o exportación y por otro lado, el líquido que contiene el jugo, el aceite esencial de limón y agua; este líquido es separado mediante un proceso de decantación o con un filtro si es que se usa algún otro método de extracción. Después de la separación, el jugo es enviado a una torre evaporadora para separar el jugo turbio del agua, mientras que el aceite esencial es almacenado para luego ser destilado.

La elaboración de los 3 productos tiene un impacto positivo en lo referido a los costos; ya que con vender el aceite esencial de limón no se recupera lo invertido en la compra de la materia prima, lo que nos indica que la venta del jugo turbio concentrado y la cáscara deshidratada sumarán directamente de una manera positiva al margen de ganancia generado.

Los dos subproductos pueden ser comercializados en el mercado nacional, pero su prioridad es el mercado internacional. La cáscara deshidratada de limón es comprada por clientes internacionales y se usa para la elaboración de aromatizantes. En el caso

del jugo de limón hay un mercado tanto nacional como internacional, siendo el precio del mercado internacional más del doble que en el del mercado nacional. Finalmente, el aceite de limón es elaborado para cubrir exclusivamente las demandas de exportación.

### **7.3 Proceso de producción**

#### **7.3.1 Análisis de alternativas**

En el capítulo 2 se han descrito tres métodos para la obtención del aceite esencial de limón, el método de destilado por arrastre de vapor, el de expresión y el de centrifugación, el cual es un tipo de método de expresión. Como se ha mencionado, hoy en día existen diversos métodos a parte de los mencionados en el capítulo 2, pero el principal inconveniente se relaciona con el elevado costo de su implementación, por ello, se consideran como alternativas viables los métodos anteriormente descritos.

Para realizar una selección adecuada del proceso a aplicar, es necesario básicamente considerar la disponibilidad y los volúmenes de materia prima a procesar. Además, se debe recordar y considerar las ventajas y desventajas de los métodos descritos. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que cada uno de los métodos influye directamente en la calidad del aceite esencial obtenido.

En lo referido a los procesos de expresión, estos son métodos antiguos que son usados generalmente en frutos agrios como el limón. Estos métodos se basan en la ruptura de las glándulas secretoras de aceite y en la recolección inmediata del aceite esencial para evitar que sea absorbido nuevamente por la corteza del fruto. Por esta razón, toda la maquinaria involucrada en proceso productivo deberá de contar con un sistema de aspersion de agua para mantener mojada la superficie del limón sutil.

Este método permite la obtención de un tipo de aceite con características diferentes al de destilación por arrastre con vapor. Otra diferencia entre ambos métodos, es la ausencia de transferencia de calor durante la producción del limón sutil mediante el proceso de expresión. Adicionalmente, la demanda de un aceite esencial obtenido mediante este método tiene lugar en un segmento del mercado diferente al del aceite obtenido por destilación con arrastre de vapor.

De los diferentes métodos de extracción por expresión existentes, el más tecnificado es el de centrifugación y presenta como principal ventaja que permite obtener de una manera más sencilla el aceite esencial y el jugo de limón sutil.

En lo referido a la extracción por arrastre con vapor, este método es considerado como el más sencillo y seguro. Se basa en que la mayoría de las partes olorosas que componen a una materia vegetal pueden ser arrastradas mediante el uso de vapor de agua. El método consiste básicamente en vaporizar a temperaturas inferiores a las de ebullición cada componente volátil haciendo uso de una corriente de vapor de agua. Los vapores que salen del cuello de cisne son enfriados en un condensador. Ambos productos inmiscibles, agua y aceite esencial, vuelven a su estado líquido y son separados por decantación en un vaso florentino.

A pesar de ser el método más antiguo, no ha podido ser sustituida por nuevos métodos como la extracción con solventes orgánicos o con fluidos supercríticos.

Algunas ventajas que presenta este sistema son:

- El vapor de agua es muy económico si es comparado con solventes o fluidos supercríticos.
- El proceso asegura que el aceite esencial no sufra un recalentamiento.
- No es requerido el uso de equipos sofisticados.

Adicionalmente, el método de destilación por arrastre con vapor presenta el mejor rendimiento y es un método relativamente rápido al comparar los tres procesos. Si bien el uso de este método puede traer consigo la modificación de las propiedades de los aceites esenciales al ser sometidos al efecto térmico, este problema se puede solucionar con una descarga y recarga pronta del alambique, evitando así un recalentamiento del aceite. Esto reduce al mínimo la descomposición general del aceite esencial, de lo cual resulta un aceite de la mejor calidad y de gran rendimiento industrial.

### **7.3.2 Rendimiento de los procesos evaluados**

El rendimiento para la obtención del aceite esencial de limón varía según los métodos utilizados. En el caso del método de extracción por expresión, el rendimiento es de 0.3 – 1.4 Kg de aceite esencial por ton de limón sutil. Mientras

que para el método de extracción por centrifugación el rendimiento es de 0.5 – 2.0 Kg de aceite esencial por ton de limón sutil.

En comparación con los 2 métodos anteriores, el método de extracción por arrastre con vapor presenta un rendimiento de 3.4 – 4.6 Kg de aceite esencial por ton de limón sutil.

Con lo que se puede deducir que el método más recomendable a utilizar es el de destilación por arrastre de vapor, debido a que se va a obtener una mayor cantidad de producto. No se descarta utilizar una combinación de 2 métodos (expresión – destilación), ya que este tipo de procesos se viene usando con mayor frecuencia y el rendimiento del mismo es similar al de destilación por arrastre con vapor

En el caso de los subproductos, el rendimiento es aproximadamente de 6.6 % para la producción de cáscaras deshidratadas, mientras que de 4% en la producción de jugo concentrado de limón.

### **7.3.3 Consideraciones técnicas de los métodos evaluados**

Como se ha mencionado en los procesos de extracción por prensado, el menor rendimiento en la obtención del aceite esencial es posiblemente ocasionado porque el aceite es absorbido nuevamente por la cáscara, por parte del residuo del fruto o se mezcla con el jugo, y deficiencias en el proceso de obtención del aceite esencial tal como el de extraer el aceite en las diferentes partes del proceso y no directamente en una sola etapa.

Las consideraciones técnicas para la producción de aceites esenciales mediante diferentes métodos de extracción se presentan en el cuadro N°22:

CUADRO 22: Consideraciones técnica de los métodos de extracción

Método	Consideraciones Técnicas			
	Capital	Mano de obra	Conocimiento	Rapidez del proceso
Expresión	Alto	Bajo	Técnico	Alta
Centrifugación	Alto	Bajo	Técnico	Alta
Destilación por arrastre de vapor	Moderado	Moderado	Alto	Moderado
Extracción por solventes	Alto	Moderado	Alto	Moderado
Extracción con fluidos supercríticos	Muy elevado	Moderado	Técnico	Alto

Fuente: Beltran Beltran; Diseño, Construcción y Operación de una Planta Piloto para la extracción de Aceite Esencial de Cáscara de Naranja, Bucaramanga, 1988.

Del cuadro se aprecia que el método que representa una mejor alternativa para obtener aceite esencial de limón es la destilación por arrastre de vapor, debido a que este es el proceso que tiene el rendimiento más alto, la producción se da en un tiempo corto y el costo es relativamente bajo al ser comparado con los otros métodos. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se opta por seleccionar un proceso productivo que combine la extracción por expresión y la de destilación por arrastre con vapor, seleccionando las etapas que van desde la recepción de la materia prima hasta el prensado del proceso por expresión y desde el almacenamiento de la mezcla agua-aceite esencial hasta la obtención del producto del proceso de destilación con arrastre de vapor.

#### 7.4 Descripción del proceso seleccionado

- **Recepción de la Materia Prima:**

El limón sutil es recepcionado para su inspección y control; se busca tener materia prima de alta calidad, por dicha razón, los limones deben de cumplir ciertas especificaciones como por ejemplo: Tener un determinado tamaño (entre 37 mm y 40 mm), deben de tener un color verde y presentar el olor característico, sin presencia de daño alguno.

- **Almacenamiento de la Materia Prima:**

Los limones aptos para el proceso se almacenan con la intención de mantener una operación continua en la planta. La materia prima es depositada en silos de aproximadamente 1 o 1.5 metros de altura, a una temperatura media de 11°C. Se mantiene en almacenamiento como máximo por 3 semanas o 1 mes.

- **Alimentación de Materia Prima:**

La alimentación de la planta se realiza mediante el envío de los limones, por medio de tolvas. El descargo se realiza con los debidos cuidados, es decir, evitando golpes o daños por exposición al ambiente; posteriormente se procede a pesar la fruta seleccionada.

- **Inspección:**

La materia prima es revisada de forma manual; la fruta que podría encontrarse en mal estado es separada.

- **Lavado y Cepillado:**

La fruta ingresa a una cepilladora, donde es limpiada de partículas y microorganismos con agua. Se procede a enjuagar los limones por medio de aspersores mientras son limpiados por la rotación de los cepillos, para garantizar que el fruto no posea partículas que pudieran perjudicar el proceso posterior.

- **Raspado:**

Luego de la limpieza, la materia prima ingresa a la raspadora, la cual opera a condiciones ambientales. El fin de esta operación es romper las celdas que contienen el aceite esencial, las cuales se encuentran en el flavelo, bajo la epidermis del limón. El procedimiento se realiza mediante la fuerza centrífuga y las paredes abrasivas del equipo; además se adiciona agua al sistema para que ayude con la extracción del aceite.

- **Prensado:**

Este proceso se realiza con la finalidad de extraer la mayor cantidad de aceite posible. Esto se logra mediante la extracción del aceite retenido por la cáscara y pulpa del limón. Para ello, se utiliza una prensa de tornillo helicoidal. La cascara raramente es recuperada para su transformación en cascara deshidratada de limón.

- **Filtrado:**

Luego del prensado, se procede a separar, por medio de un filtro tipo colador, la mezcla líquida de aceite y agua de la parte sólida (cáscara). La mezcla de aceite y agua es enviada a un tanque de almacenamiento.

- **Almacenamiento de la mezcla líquida (agua – aceite esencial):**

Antes de proceder con la destilación por arrastre de vapor, la mezcla de agua y aceite se almacena en un tanque hasta la cantidad requerida por el destilador.

- **Destilación:**

La mezcla de aceite y agua es bombeada al destilador: inmediatamente se procede a elevar la temperatura de la mezcla hasta un aproximado de 95°C (cerca de la ebullición). Una vez lograda esta temperatura se permite la entrada de vapor, a una temperatura de 146.5°C, al destilador. El vapor arrastrará el aceite esencial.

- **Separación de Fases:**

Los vapores obtenidos del destilador se llevan a un condensador, donde se forma una mezcla de dos fases: aceite esencial – agua. Aprovechando la diferencia de densidades se separan las fases a través de un vaso florentino.

- **Control de Calidad:**

Se realizan los controles pertinentes al producto obtenido para comprobar si las distintas propiedades físicas y fisicoquímicas están dentro de los intervalos permitidos. (Ver inciso 2.5; ver Tablas 2.3 y 2.4).

- **Envasado y Almacenamiento:**

Se procede a colocar el aceite esencial en recipientes preparados para su almacenaje. Generalmente, se realiza en cilindros revestidos internamente. Se almacenan en un lugar fresco, seco y oscuro a aproximadamente 18°C – 19°C. En la Figura 6.1 se muestra el diagrama de bloques del proceso descrito:



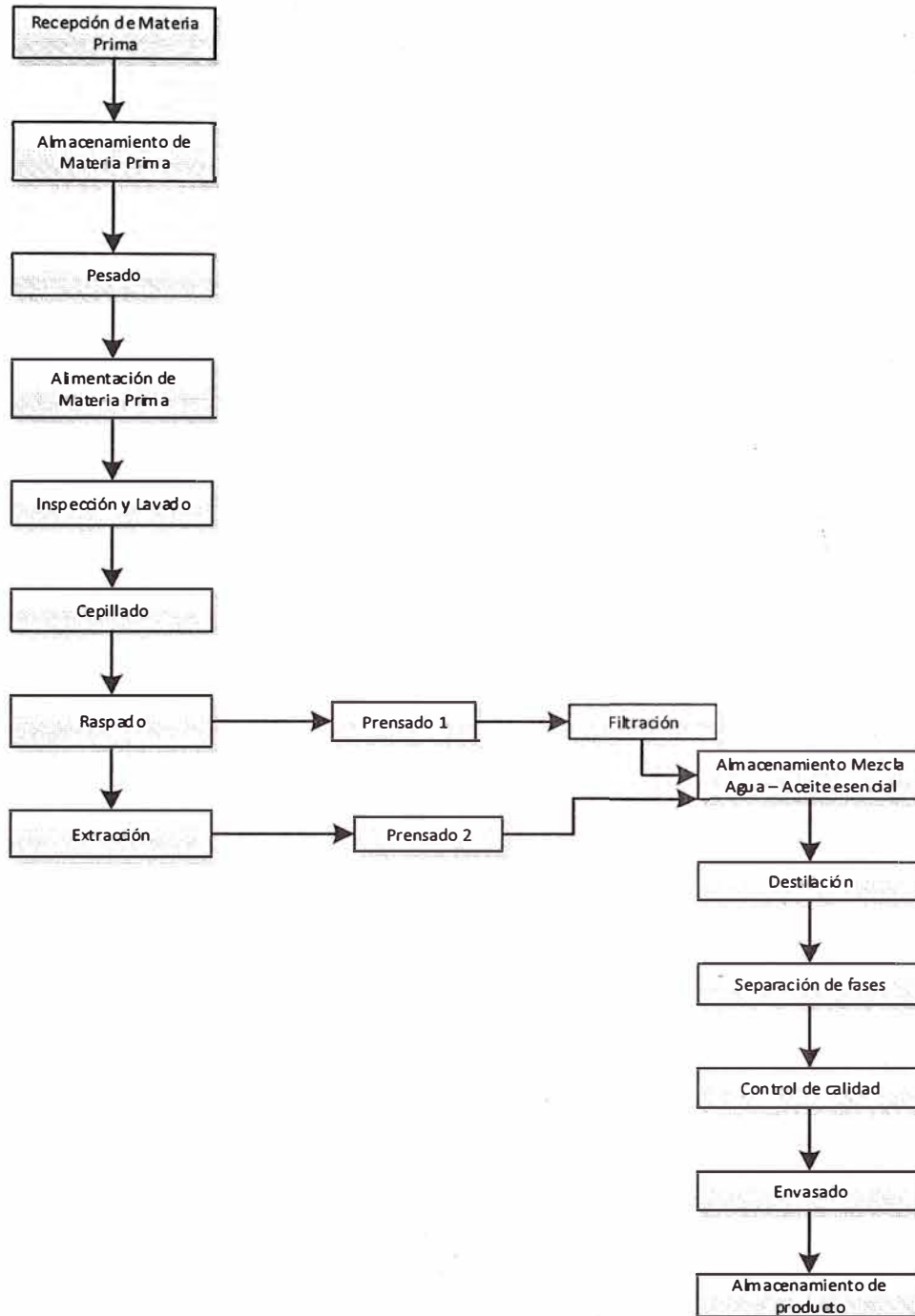


FIGURA 10: Diagrama de bloques de la extracción de aceite esencial

Fuente: Adaptación Visitas a Plantas

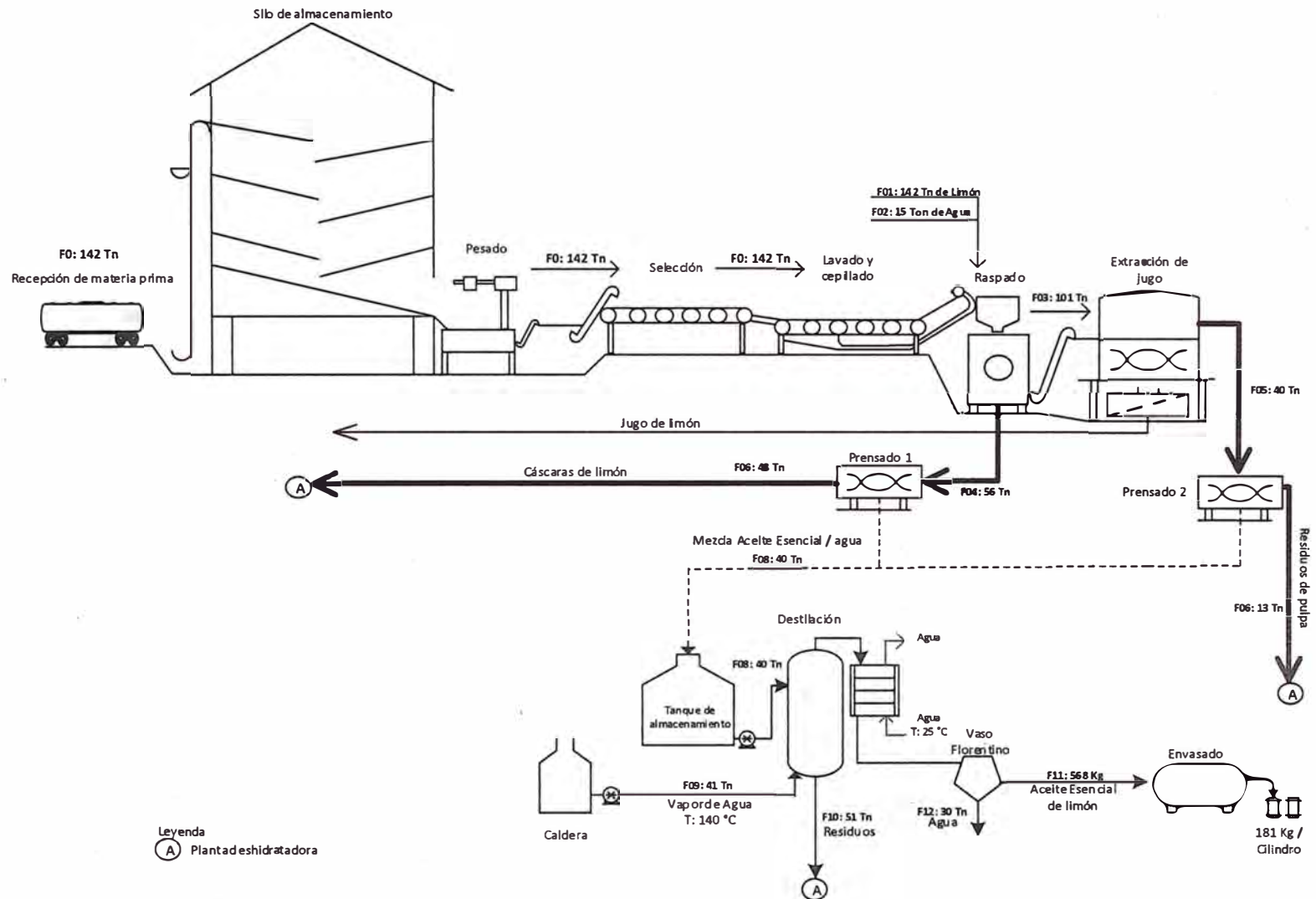


FIGURA 11: Diagrama de Flujo del proceso seleccionado -Destilación.

Fuente: Adaptación de Visitas a Plantas Procesadoras de aceites esenciales y Diseño de experimentación de una Planta Procesadora de Limones. Universidad de Piura.

## 7.5 Descripción de la maquinaria y equipo más importante

La maquinaria requerida para realizar el proceso previamente descrito se detalla a continuación:

- **Silo de Almacenamiento:** Estructuras de entre 1 y 1.5 metros de altura, con el fin de mantener una alimentación continua a la planta.
- **Tolva:** Para la recepción y posterior abastecimiento de la materia prima, para el futuro proceso de transformación.
- **Balanzas:** Se encargan de pesar la materia prima así como también los cilindros del aceite esencial destilado.
- **Bandas Transportadoras:** Bandas por las cuales se transportan los distintos productos hacia las distintas fases del proceso.
- **Cepilladoras:** Se encargaran del lavado y el cepillado de la materia prima mediante una cama de cepillos de Nylon, y la adición de agua.
- **Raspadora:** Se encarga de extraer el aceite esencial, mediante el raspado de la cáscara del limón, mediante rodillos abrasivos. Se obtiene por un lado una mezcla de agua, aceite esencial y cascara de limón y por otro el fruto.
- **Filtro:** De tipo colador, encargado de separar los sólidos (cáscara de limón) de la mezcla de agua y aceite esencial.
- **Prensa:** Se encarga de la extracción de los residuos de aceite esencial. Consta de un tornillo helicoidal.
- **Tornillo sinfín:** Dispositivo que trasporta los distintos productos obtenidos durante las distintas fases del proceso.
- **Bombas:** Encargado de transportar los líquidos obtenidos y/o requeridos para el proceso en cuestión.
- **Caldera:** Máquina que se encargara de producir el vapor para el proceso de destilación por arrastre de vapor, en una cantidad necesaria.

- **Tanques de almacenamiento:** Tanques destinados a almacenar aceite esencial o jugo pasteurizado con la finalidad de mantener una alimentación permanente al destilador y evaporador respectivamente.
- **Destilador:** Se produce la extracción del aceite esencial de la mezcla de agua – aceite mediante la evaporación de este. Para su posterior condensación mediante un intercambiador de calor.
- **Vaso Florentino:** Se encarga de la separación de las fases agua – aceite, por medio de la diferencia de sus densidades.
- **Molino:** Dispositivo utilizado para la trituración de la cascara de limón luego de ser exprimida.
- **Cilindro rotatorio:** Se encarga de secar la cascara triturada para la obtención de cascara de limón deshidratada.
- **Ciclón:** Se encarga de enfriar la cascara deshidrata luego del secado, mediante la extracción de los vapores generados.
- **Desaireador:** Se encarga de extraer el oxígeno del jugo de limón mediante vacío.
- **Evaporador:** Intercambiador de calor donde se transfiere energía térmica de un medio más caliente hacia uno más frío. Se encarga de concentrar el jugo de limón.
- **Pasteurizador:** Dispositivo donde se almacena, por un determinado intervalo corto de tiempo, el jugo de limón con el fin de elevar su temperatura.
- **Envasadoras:** Maquinarias encargadas de envasar los productos finales obtenidos.

## 7.6 Capacidad instalada

La capacidad instalada será de 200 Tm de limón / día. Este valor fue elegido basándonos en factores como la tecnología de procesamiento expectativas de producción, la disponibilidad de materia prima y servicios, el abastecimiento de insumos y la demanda internacional.

Los meses de producción son de Noviembre hasta Mayo, con un repunte entre Enero y Febrero; los meses que se dedican al mantenimiento están entre Agosto, Setiembre y Octubre, debido a la escasez de Limón y el encarecimiento del mismo.

Cada día de trabajo contará con 1 turno, en el cual se procesarán 142 Tm durante un espacio de tiempo de 10 horas, se trabajará durante 6 días de la semana y durante la temporada alta se trabajará a 2 turnos por día. Considerando el doble turno durante los meses de Enero y Febrero, se tiene que los días de operación serán de 283 por año.

El rendimiento de la materia prima es de 4,00 Kg de aceite esencial/Tm de limón, permitiendo obtener 160,744 Tm de aceite esencial al año.

Se tiene previsto un uso del 71 % de la capacidad instalada por cada turno durante el horizonte del proyecto, es decir 142 Tm de limón por turno durante los años de operación de la planta.

En cuanto al rendimiento del jugo concentrado y cáscara deshidratada, se obtendrá el valor de: 1 607.44 Tm/año y 2 652.276 Tm/año respectivamente.

### 7.6.1 Balance de materia

Básicamente se tiene que la composición del limón sutil es de:

- Cáscara y aceite esencial: 35,67 %
- Pulpa y jugo: 63,01 %
- Semillas o pepitas: 1,32 %

De igual manera la composición de la pulpa y jugo es:

- Jugo de la pulpa: 60,98 %
- Pulpa exprimida: 39,02 %

El balance se efectúa con la cantidad de materia prima a procesar en un turno, es decir 142 Tm de limón/día.

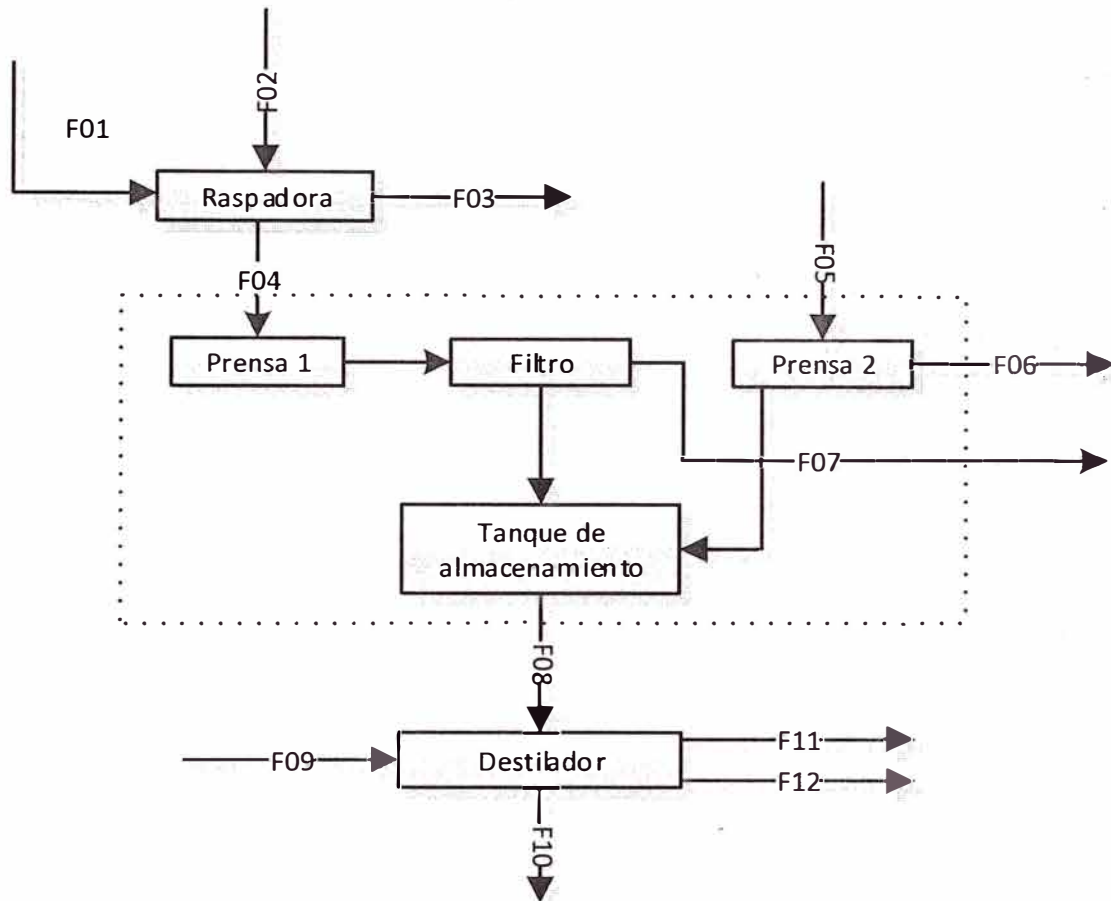
El requerimiento de agua en la raspadora es de 0,11 m<sup>3</sup>/Tm de limón.

Finalmente, en lo referido al destilador:

- El tiempo de carga es de 15 minutos
- El tiempo de calentamiento es de 15 – 30 minutos
- El tiempo de destilación efectiva es de 8 – 9 horas

Base de cálculos del balance de materia: día de operación.

En la figura N° 12 se muestran los flujos de entrada y salida durante el proceso de extracción de aceite esencial de limón sutil.



**FIGURA 12:** Flujos del proceso de extracción de aceite esencial

Fuente: Adaptación Visitas a Plantas

En el cuadro N° 23 se hace el cálculo del Balance de Materia del proceso seleccionado, en donde se identifica y se obtienen las cantidades de producto principal y subproducto obtenidos por día de operación.

CUADRO 23: Balance general de masas por bloques

Bloque	Entrada			Salida		
	Flujo	Especificación	Masa (kg)	Flujo	Especificación	Masa (kg)
Raspadora		Alimentación M.P.	142 000		Parte carnosa-	
	F01	Cáscara y A.E	50 651,4	F03	jugo, semillas y agua	101 166,48
		Resto del fruto	91 348,6		Cáscara raspada	
	F02	Agua (m3/Tm limón)	15 620	F04	A.E y agua	56 453,52
			<b>157 620</b>			<b>157 620</b>
Sistema:		Cáscara raspada, A.E		F06	Residuo de pulpa	13 368,41
(Filtro, prensa	F04	y agua	56 453,52	F07	Cáscara Húmeda	42 600,00
y tanque de					Mezcla a destilar	
almacenamiento)	F05	Pulpa exprimida, restos	39 626,85	F08	(Formada por A.E, agua y	40 111,97
		de jugo, A.E y agua			partículas de cáscara raspa.	
			<b>96 080,37</b>			<b>96 080,37</b>
					Residuo:	
	F08	Mezcla a destilar	40 111,97	F10	(Formado por agua, A.E. y	50 807,06
					partículas de cáscara raspa.	
Destilador					ACEITE ESENCIAL:	
	F09	Alimentación vapor de	41 316,00	F11	(Recuperado aprox. el 80%)	568
		agua		F12	Vapor de agua destilado	30 052,91
			<b>81 427,97</b>			<b>81 427,97</b>

### 7.6.2 Balance de energía

Se presenta a continuación, en la figura N° 13, la secuencia de flujos de entrada y de salida en el destilador y el condensador, con lo cual, se realizará el balance de energía del proceso seleccionado.

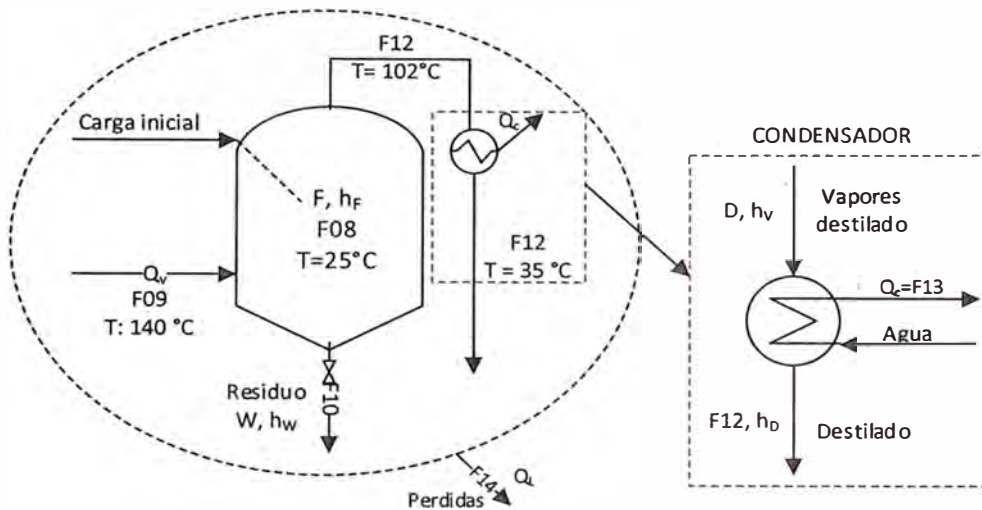


FIGURA 13 : Secuencia de flujos en el destilador y el condensador

Energía que entra = energía que sale

$$Q_v + F \cdot h_F = Q_C + D \cdot h_D + W \cdot h_w + Q_L \quad \dots (2)$$

Donde:

$Q_v$  = Calor que ingresa continuamente al destilador a través del vapor de agua

$F \cdot h_F$  = Calor de la carga inicial (etapa de calentamiento)

$Q_C$  = Calor retirado en el condensador.

$D \cdot h_D$  = Calor que sale con el destilado



$W \cdot h_w = \text{Calor del residuo}$

$Q_L = \text{Pérdidas de calor.}$

- **Carga inicial (F)**

El aceite esencial se encuentra en una cantidad pequeña, entonces se asume que la mezcla está compuesta solo por agua.

$$F = 40\,112 \text{ Kg / día}$$

$$h_F = C_{pF} \cdot M_{av} (T_{eb} - T_F) + \Delta h_S \dots (3)$$

$$C_{pF} \cdot M_{av} = X_F \cdot C_{p1,H_2O} M_{H_2O} + (1 - X_F) C_{p1,A.E} M_{A.E} \dots (4)$$

Considerando:  $X_F \approx 1$

$$C_{pF} = C_{p1,H_2O}$$

$$T_F = 20 \text{ °C}$$

$$T_{eb} = 100 \text{ °C}$$

$$T_{prom} = 60 \text{ °C}$$

$$C_{p1,H_2O} = 4,185 \text{ kJ/Kg °C}$$

$$h_F = 4,185 \times (100 - 20) + 0 = 334,8 \text{ kJ/Kg}$$

$$F_{08} = F \cdot h_F = 40\,112 \times 334,8 = 13\,429\,497,6 \text{ kJ/día}$$

- **Vapor de agua que ingresa al destilador (Etapa de destilación)**

Temperatura de ingreso del vapor de agua:  $T_V = 140 \text{ °C}$

$$\lambda_V = 2\,144,15 \text{ kJ/Kg}$$

$$F_{09} = Q_V = m_V \cdot \lambda_V = 41\,316,00 \times 2\,144,15 = 88\,587\,701 \text{ kJ/día}$$

- **Condensador (Qc)**

Como la cantidad de aceite presente en el destilado es muy pequeña si se compara con el agua, se asume que el destilado está constituido solo por agua.

$$D = 30\,620,91 \text{ Kg/ día}$$

$$\text{Luego: } V_D \cdot H_V = D \cdot H_D + Q_C \quad \dots(5)$$

$$V_D = D \quad Q_C = D(H_V - H_D) \quad \dots(6)$$

Asumiendo:  $X_{H_2O} \approx 1$  y  $Y \approx 1$ , reduciendo la diferencia de entalpías a:

$$H_V - H_D = \lambda_{H_2O} \quad \dots (7)$$

$$Q_C = D \cdot \lambda_{H_2O}$$

Tomando como referencia la temperatura de salida de los vapores del destilado:

$$T_{\text{récio}} = 102 \text{ °C}$$

$$\lambda_{H_2O} = 2\,212,026 \text{ kJ/Kg}$$

$$Q_C = D \cdot \lambda_{H_2O} = 30\,620,91 \times 2\,212,026 = 67\,734\,249,18 \text{ kJ/día}$$

Ahora se procede a hallar el calor transferido por el flujo de condensado al enfriarse hasta 24 °C

$$Q_1 = m_{H_2O(l)} \cdot C_{pH_2O(l)} \cdot \Delta T \quad \dots (8)$$

$$T_F = 24 \text{ °C}$$

$$T_{\text{eb}} = 100 \text{ °C}$$

$$T_{\text{prom}} = 62 \text{ °C}$$

$$C_{p1,H_2O} = 4,186 \text{ kJ/Kg °C}$$

$$Q_1 = 30\,620,91 \times 4,186 \times (76) = 9\,741\,613,841 \text{ kJ/día}$$

$$F_{03} = Q_T = Q_C + Q_1 = 77\,475\,863,021 \text{ kJ/día}$$

- **Destilado (D)**

$$D = 30\,620,91 \text{ Kg/ día}$$

$$h_D = C_{pD} \cdot M_{av}(T_V - T_{\text{ref}}) + \Delta h_S \quad \dots(9)$$

$$\text{Asumiendo: } X_{\text{H}_2\text{O}} \approx 1 \quad C_{pD} = C_{p1,\text{H}_2\text{O}}$$

$$T_{\text{ref.}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_v = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{prom}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C} \quad C_{p1,\text{H}_2\text{O}} = 4,208 \text{ kJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$h_D = 4,208 (24 - 20) + 0 = 16,832 \text{ kJ/Kg}$$

$$F_{04} = D \cdot h_D = 30\,620,91 \times 16,832 = 515\,411,158 \text{ kJ/día}$$

- **Residuo (w)**

$$W = 48\,616,06 \text{ Kg/ día}$$

$$h_D = C_{pW} \cdot M_{av}(T_{\text{eb}} - T_{\text{ref}}) + \Delta h_s \quad \dots(10)$$

$$\text{Asumiendo: } X_{\text{H}_2\text{O}} \approx 1 \quad C_{pW} = C_{p1,\text{H}_2\text{O}}$$

$$T_{\text{ref.}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{eb}} = 98 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{prom}} = 59 \text{ } ^\circ\text{C} \quad C_{p1,\text{H}_2\text{O}} = 4,396 \text{ kJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$h_W = 4,396 (98 - 20) + 0 = 342,898 \text{ kJ/Kg}$$

$$F_{10} = W \cdot h_W = 48\,616,06 \times 342,898 = 17\,421\,638,213 \text{ kJ/día}$$

- **Pérdidas de calor (QL)**

$$Q_P = Q_T + D \cdot h_D + W \cdot h_W - Q_v - F \cdot h_F \quad \dots (11)$$

$$Q_P = 6\,604\,275,559 \text{ kJ/día}$$

Este valor representa el 7,45 % de la cantidad total de calor proporcionado al destilador, valor que puede ser disminuido al usar algún tipo de sistema o aislante térmico.

Se presenta a continuación, en el cuadro N° 24, flujos de energía entrada y de salida del balance de energía del proceso seleccionado.

**CUADRO 24: Balance general de energía por bloques**

Entrada			Salida		
Flujo	Especificación	KJ/Día	Flujo	Especificación	KJ/Día
F08	Calor de la carga inicial (etapa de calentamiento)	13 429 486	F13 (Q <sub>c</sub> )	Calor retirado en el condensado	77 475 863
			F12	Calor que sale con el destilado	515 411
F09 (Q <sub>v</sub> )	Calor proporcionado por el vapor de agua (Etapa de destilación)	88 587 701	F10	Calor que sale con el residuo	17 421 638
			F14 (Q <sub>L</sub> )	Pérdidas de calor	6 604 275
		102 017 187			102 017 187

### 7.7 Requerimiento y selección de la maquinaria

La planta trabajará con el 71 % de su capacidad instalada, pero los equipos requeridos serán seleccionados para un 100 % de capacidad, es decir para una planta con una capacidad de 56 600 Tm/año.

De acuerdo a los requerimientos de producción, se deberá recepcionar y seleccionar 142 Tm de limón para lograr obtener 568 kg de aceite esencial por día.

- **Silo de Almacenamiento**

Con fines de seguridad en el suministro para la producción, se deberá tener capacidad para tener almacenado una cantidad de materia prima para 2 días de producción, esto equivale a tener disponible siempre 284 Tm de limón almacenados, alrededor de 500

Capacidad: 250 m<sup>3</sup>

Cantidad: 02

- **Tolva**

Para la recepción y posterior abastecimiento de la materia prima, para el futuro proceso de transformación.

Capacidad: 100 Tm

Cantidad:02

- **Cepilladoras**

Se encargaran del lavado y el cepillado de la materia prima mediante una cama de cepillos de Nylon, y la adición de agua, se prevé un consumo de agua de 21.5 m<sup>3</sup> por día.

Capacidad: 30 Tm/h

Cantidad: 04

### **7.7.1 Extracción de aceite esencial**

#### **Raspadora**

Se deben procesar 142 Tm limón, se seleccionan máquinas que procesen 40 Tm/h, resulta en un raspador de 50 m<sup>3</sup> (considerando aprox. un 25% más de volumen por seguridad), movido por un motor reductor de 50 hp. Material de acero inoxidable, control de arranque, apagado e ingreso de agua. Operación discontinua, con salidas independientes del residuo de las frutas y la cáscara en agua.

Se necesitará 4 raspadoras. Cada máquina raspará 35,5 Tm de limón durante el día. El consumo de agua llega a 3,91 m<sup>3</sup> por máquina. La producción total resultante de las máquinas, llega a 15,62 m<sup>3</sup> de agua, suspendiendo 41,61 Tm de cáscara raspada o rallada. El residuo del fruto alcanza los 101,17 Tm, este valor incluye cierta cantidad de agua.

Capacidad: 40 Tm/h

Cantidad: 4

### **Filtro**

De tipo colador, encargado de separar los sólidos (cáscara de limón) de la mezcla de agua y aceite esencial. El tamiz cumple la simple función de separar la parte sólida de las cáscaras del líquido que contiene el aceite esencial. De esta operación se retirará unos 41,61 Tm de cáscara humedecidas en agua, dejando pasar unos 7,42 m<sup>3</sup> de agua, partículas finas y aceite esencial.

Se trata de una zaranda, movida por un motor de 6 hp que retenga la cáscara y deje para la miscela agua aceite será suficiente un solo tamiz que recoge la producción de las raspadoras.

Cantidad: 1

### **Tanque de almacenamiento**

Todo el efluente será recolectado en un tanque de almacenamiento de 60 m<sup>3</sup> de capacidad, de acero inoxidable, desde donde se alimentará a los destiladores evaporadores.

Capacidad: 60 m<sup>3</sup>

Cantidad 1

### **Caldera**

Se recomienda 2 calderas pirotubulares, automáticas, con una capacidad de 150 y 180 BHP para producir la cantidad de vapor de agua necesaria por hora. Que ambas cuenten con una tensión de trabajo normal a las condiciones más adecuadas. Adquirirlas de fabricantes especializados, con un consumo de GLP como combustible. A las calderas estará integrado un ablandador de agua, que proporcione la calidad de agua que requiere la caldera, así como el flujo necesario.

Capacidad: 150 y 180 BHP

Cantidad 2

### **Destilador**

Se dispondrá de 6 evaporadores, cada uno será capaz de evaporar hasta 6,685 Tm de mezcla de modo satisfactorio. Visores de vidrio duro tipo Pirex, termómetros y válvulas de acero inoxidable. Manómetro de 0 a 150 psi, sistema de inyección de vapor. Los destiladores tendrán un aislamiento con lana de vidrio y forrados con planchas de aluminio, muy bien ensamblados y con prueba hidráulica.

La parte superior estará provista de un receptor cónico por donde se descargará el vapor jugo-aceite hacia el condensador y así no perder mucho el calor interno. Cada evaporador contará con su propio condensador, por lo tanto se tendrá que adquirir 6 condensadoras iguales. El casco será construido con acero ASTM A36 y el serpentín de acero inoxidable.

Según condensadores del tipo vertical, desmontables. Juego de válvulas para las cargas y descartas del vapor y del condensado.

Capacidad: 10 m<sup>3</sup>

Cantidad 6

### **Vaso Florentino**

Se encarga de la separación de las fases agua – aceite, por medio de la diferencia de sus densidades. La fase flotante, el aceite esencial, se recoge por decantación y cada condensador llega a separar unos 700 kg de aceite por día. Este equipo es fabricado con planchas de 1/16 pulg. de espesor, de acero inoxidable y juego de válvulas.

Cantidad: 12

Capacidad 3 m<sup>3</sup>

### **Torre de enfriamiento**

El agua que sale del condensador puede muy bien ser utilizada nuevamente para la condensación. Para ello se requiere de una torre de enfriamiento con las técnicas tradicionales de la actualidad. El agua debe estar saliendo a una temperatura aprox. de 60°C y debe ser enfriada a temperatura ambiente 22-25°C.

Como en el caso del método de destilación, la torre debe tener una estructura de acero al carbono y galvanizado. Área de intercambio de material tipo eternit, ventilación axial con aspas de fibra de vidrio, acoplado a un motor de 2HP.

Cantidad: 1

#### **Tanque de almacenamiento refrigerado**

Todo el aceite será recolectado en un tanque de almacenamiento refrigerado de 8 m<sup>3</sup> de capacidad, de acero inoxidable, desde donde se dispondrá su envasado.

Capacidad: 8 m<sup>3</sup>

Cantidad 1

### **7.7.2 Cáscara residual deshidratada**

#### **Prensa para cáscaras de limón**

Se requiere una prensa para procesar un total de 49,02 Tm de cáscara rallada durante cada turno en la extracción del aceite esencial. Se piensa en una prensa tornillo, con una capacidad de prensado de 30 Tm/h, lo que resulta en la recuperación de una cantidad adicional de licor aceitoso, teniendo como base, el aceite esencial.

Otro par de prensas son requeridas durante la producción de la cáscara deshidratada. El objetivo de estas prensas es eliminar la mayor cantidad de agua posible, esto incluye la restante de la agregada en la molienda y una pequeña cantidad que traía consigo la cascara de limón húmeda.

El proceso descrito requiere de dos prensas de operación continua. La prensa tornillo consiste en un grueso tubo metálico horizontal, dotado de un tornillo helicoidal, de acero inoxidable, decreciente hacia su extremo, lo que permite aumentar la presión hacia la cáscara. La envoltura metálica tiene unos orificios, por donde sale el zumo de aceite extraído.

Las prensas tornillo deben ser construidas de acero inoxidable, con un diámetro de 16 cm, la fuerza motriz es 40 hp, presión de trabajo 120 libras.

Capacidad: 30 Tm/h

Cantidad: 2



**Tornillo sinfin**

Construido en acero inoxidable con un diámetro de espesor 9 in, accionado mediante un motor de 1 hp, permite transportar cáscara y residuos de las prensas

Capacidad: 22 Tm /hora

Cantidad 8

**Molino**

Desintegrador que corta la cáscara húmeda. Está construido con acero inoxidable; su transmisión es mediante un acople. Sus dimensiones son: diámetro de 120 cm y 70 cm de largo, la fuerza motriz es obtenida mediante un motor eléctrico de 75hp. Al molino llegará 42,60 Tm por día.

Capacidad: 36 Tm / Hora

Cantidad 1

**Bomba de transporte**

Su utilización es para el transporte de cáscara al tamizador, esto se realiza gracias a la adición de cierta cantidad de agua luego de la molienda; posee un caudal 50 m<sup>3</sup>/h construido de hierro fundido. La fuerza motriz obtenida por un motor eléctrico 7,5 HP.

Cantidad 1

**Tamizador**

Su función es de separar la cascara del agua. Está construido de hierro inoxidable. Aquí se desecha la mayor parte del agua agregada luego de la molienda.

Cantidad 1

**Tambor deshidratador**

Construido de material estructural a-36, de 320 cm de diámetro, 9 metros de largo y revestido interiormente con cemento refractario. La cáscara es enviada a este equipo para su secado, para este fin se utilizan gases calientes. Se obtiene 9,37 Tm de cáscara deshidratada.

Cantidad: 1

### **Ciclón enfriador**

El cuerpo del enfriador está constituido con acero inoxidable AISI304, con un bastidor construido del mismo acero. Posee una malla de ingreso interna con perforaciones acorde al diámetro de la cáscara deshidratada, con sistema de movimiento vibratorio para el transporte.

El ciclo está construido en acero inoxidable AISI304. La turbina está construida con similares características:

Capacidad: 5 Tm/h

Cantidad 1

### **Envasadora**

Se deben llenar sacos de polietileno con 50 Kg de cáscara deshidratada. Por la cantidad de subproducto obtenido, llenarán 188 bolsas diarias.

Capacidad: 10 sacos/min

Cantidad 1

### **7.7.3 Jugo de limón**

#### **Prensa para extracción de jugo**

Se requieran prensas tanto para la extracción del jugo, como para extraer los residuos de aceite esencial. Para la extracción del jugo de limón se requiere exprimir 101,17 Tm de parte carnosa de fruto. Se contará con 3 prensas tornillo con una capacidad de 40 Tm/h. En el caso de la extracción de los residuos de aceite esencial se requiere prensar 39,63 Tm de pulpa exprimida y restos de aceite esencial por día. Se contará con dos prensas tornillo con una capacidad de 25 Tm/h.

Las prensas deben ser fabricadas con acero inoxidable, cada uno accionado con un motor eléctrico de 25 hp, con todos los accesorios requeridos para el arranque.

Capacidad:	40 Tm/h	25 Tm/h
------------	---------	---------

Cantidad:	3	2
-----------	---	---

#### **Filtro**

Se utiliza con el fin de obtener una clarificación en el jugo, extrayendo los residuos sólidos que el jugo pudiera arrastrar luego del prensado y el primer

filtrado; principalmente se extrae residuos de pulpa y membranas de la fruta. Se reciben 61,54 TM de jugo de limón.

Cantidad: 1

#### **Bomba de vacío**

Se utilizará una bomba de vacío en el desaireador. La bomba de vacío permite alcanzar un vacío de 660 a 737 milímetros de mercurio.

Cantidad: 4

#### **Tanque de desaireado:**

El tanque de desaireado, permite extraer el oxígeno presente en el jugo de limón, el cual es perjudicial pues permite la fácil degradación de este último. Cuenta con una bomba de vacío. Las paredes de este equipo tienen el grosor necesario para que el proceso se lleve a cabo de la manera correcta.

Capacidad: 14 m<sup>3</sup>

Cantidad: 6

#### **Pasteurizador de placas**

Este equipo permite elevar la temperatura del jugo a 80°C-90°C, durante 30 segundos para luego ser enfriarlo bruscamente; con el fin de eliminar bacterias que facilitarían la degradación del producto final. Se reciben las 62 TM de jugo de limón desaireado.

Capacidad: 30 m<sup>3</sup>/h

Cantidad: 2

#### **Evaporador de película descendente**

La concentración del jugo de limón se realiza en un evaporador de película descendente; en este tipo de evaporadores el líquido a concentrar desciende como una fina película mientras se calientan los tubos verticales por los que desciende. La vaporación se produce dentro de los tubos. El líquido y el evaporado son separados en una cámara inferior.

Se utiliza 13,96 TM de vapor para concentrar el jugo de limón. Se extrae 55,85 TM de agua. Se obtiene 5,68 TM de jugo de limón concentrado como producto principal.

Cantidad: 01

**Intercambiador de calor**

El jugo es llevado a este equipo para disminuir su temperatura, aproximadamente desde 60 a 20 °C. Sera necesario un intercambiador de placas.

Capacidad: Área de contacto de 150 ft<sup>2</sup>

Cantidad: 1

**Llenadora**

Se envasa en barriles de acero de 250-270 Kg. Por la cantidad jugo obtenido, se llenaran entre 23 o 22 barriles por día.

Cantidad 1

**7.8 Aseguramiento de la Calidad en la obtención del producto terminado**

Buscando obtener un producto que satisfaga realmente las necesidades de los consumidores y cubra las expectativas que el mercado exige; se debe de tener en cuenta la importancia de la variable control de calidad antes, durante y al finalizar el proceso productivo.

**7.8.1 Control de Calidad en la recepción de la materia prima e insumos**

La calidad del producto debe de asegurarse desde el inicio de la cadena de producción; por esto se sigue los siguientes lineamientos durante la recepción de materia prima:

- Se hace una exhaustiva revisión a la calidad sanitaria de la materia prima recibida.
- El pesado de la materia prima se realiza por lotes menores a una tonelada. Durante la alimentación del proceso mediante tolvas, se trata de no exponer por más de media hora, la materia prima, al calor del medio ambiente. En el caso de no poder cumplir este último requerimiento se verterá agua sobre los frutos.

**7.8.2 Control de Calidad durante el proceso productivo**

Las medidas que se tomarán durante el proceso productivo propiamente dicho son:

- Se agrega agua durante el raspado con el fin de extraer la mayor cantidad de aceite esencial aprovechando que el agua se comporta como agente acarreador sobre el aceite evitando que este sea reabsorbido por la cáscara;

por otra parte utilizar agua significa una mayor cantidad de sólidos en la mezcla agua – aceite.

- La cáscara debe de ser analizada luego de cada prensado para determinar si se está procediendo de una manera eficaz, de esto depende la regulación de la prensa.
- El almacenaje de la mezcla de agua – aceite no debe de sobrepasar las 16 horas, debido a las condiciones climáticas. Esto permitiría el desarrollo de microorganismos dañinos para el producto final.
- Durante el proceso de destilación, la mezcla se calienta por aproximadamente media hora, en un intervalo de temperatura de 95 °C – 102 °C, con la condición de que la mezcla se agite constantemente para facilitar el arrastre de vapor. Interrumpir el proceso produce una baja calidad de aceite, principalmente en sus propiedades fisicoquímicas; La mayor cantidad de aceite se produce en la primera hora del destilado.
- El condensador debe de garantizar bajo cualquier condición la formación total de las fases acuosa y orgánica. Su revisión debe de ser continua.
- La separación de fases debe de realizarse con un control cuidadoso en el flujo de salida del agua ya que cualquier movimiento significa pérdidas de aceite.

### **7.8.3 Control de Calidad del producto terminado**

Una vez terminado el proceso de producción del aceite esencial, este recibe el siguiente control:

- El aceite esencial obtenido es sometido a un análisis de control de calidad especificado por las siguientes normas técnicas: NTP 319.075, NTP 319.076, NTP 319.077, NTP 319.078, NTP 319.079, NTP 319.080, NTP 319.081, NTP 319.083, NTP 319.084, NTP 319.089.
- Se extraen muestras de cada lote envasado para enviar a los intermediarios o compradores, el muestreo se realiza en frascos oscuros cerrados herméticamente.

- El aceite se envasa en cilindros con revestimiento interno, son llenados completamente para evitar la presencia de oxígeno y son sellados herméticamente.
- El almacenado se realiza en ambientes acondicionados para este fin. Evitando el calor del ambiente, la luz y el oxígeno ya que todos perjudican al producto en cuestión afectando su olor o acelerando su descomposición.

## **7.9 Seguridad Industrial**

En lo que respecta a la seguridad en la planta de trabajo, las condiciones del proceso de obtención de aceite esencial de limón son las adecuadas.

Se mantiene un estricto cuidado y constante revisión de las condiciones laborales, teniendo como requisito para la entrada a la planta de procesamiento, personal o visitante, se tome las pertinentes medias de seguridad.

La disposición física de la planta respetará las normas de seguridad, separando cada ambiente debidamente, asignando el espacio necesario para cada área implicada en el mencionado proceso.

El mantenimiento de la planta, deberá mantener un suministro constante de agua para la limpieza de la misma, es fundamental para se instale un sistema de canalización adecuado, que permita el deshecho de residuos de rápida descomposición.

El mantenimiento de las maquinaria utilizadas en el proceso de producción de aceite esencial de limón es realizado por personal calificado y respetando las normas de seguridad establecidas.

## **7.10 Requerimiento de Materiales**

Estos requerimientos son necesarios y fundamentales debido a que influyen de forma directa e indirecta en la obtención del producto final.

### **7.10.1 Material directo**

Son todos aquellos elementos que pueden identificarse fácilmente en el producto terminado y representa el principal costo en la elaboración de este producto. Aquí se incluye la materia prima e insumos.

Como ya se mencionó en la Tabla 6.2, los requerimientos de materia prima son 142 Tm/día. También pueden considerarse como materiales directos los empaques para los diferentes productos elaborados en planta, en el caso del presente proyecto son bolsas de plásticas de polietileno para la cáscara deshidratada, balones de acero de 250-270 kilos para el jugo concentrado y balones de acero de 400 libras para el aceite esencial.

### **7.10.2 Materiales indirectos**

Son aquellos necesarios y usados en la elaboración de un producto, pero no son fácilmente identificables o no es importante llevar un control de los mismos. Aquí tenemos como principales materiales indirectos el consumo de agua, los repuestos, el petróleo consumido y los útiles de aseo en general.

- **Agua**

Se considera toda el agua utilizada durante el proceso de elaboración de los productos y subproductos. De esta forma la planta emplea agua en el lavado de la materia prima, durante el raspado para el arrastre y la obtención del aceite esencial; en los condensadores durante el proceso de destilación; para producir vapor de agua en el caldero y en diversas actividades de aseo, higiene y limpieza. El mayor consumo de agua durante la extracción del aceite esencial de limón se da en los condensadores. Cabe resaltar que la mayoría del agua utilizada en esta parte del proceso es enviada a una torre de enfriamiento para ser reutilizada.

- **Repuestos**

Se debe tener en stock piezas de recambio para los equipos más importantes en los procesos que se llevan en la planta. De no contar con piezas de recambio, se debe destinar una cierta cantidad de dinero para la adquisición e instalación de repuestos en el momento que suceda el desperfecto o se haya previsto un mantenimiento de los equipos de proceso. Este monto es un porcentaje del costo de los equipos de proceso, usualmente como máximo un 5 %. La presencia permanente de un técnico que puede solucionar, reparar y cambiar las piezas dañadas de los equipos es fundamental.

- **Combustible**

Se consume en la caldera para producir vapor de agua, el cual será necesario en el destilador y en el evaporador para la elaboración del aceite esencial y el jugo concentrado.

- **Útiles de aseo**

Son los implementos necesarios para garantizar el aseo, limpieza e higiene tanto de los operarios como de las instalaciones de la planta durante la elaboración de los productos.

## **7.11 Requerimiento de servicios**

### **7.11.1 Agua**

El requerimiento de agua es de 600 m<sup>3</sup> por día, de los cuales 488 m<sup>3</sup> diarios son requeridos para enfriar el destilado que pasa a través del condensador.

### **7.11.2 Vapor de agua**

El requerimiento de vapor de agua proveniente de la caldera para el proceso de destilación es de 42 m<sup>3</sup> por día, mientras que el requerimiento para el evaporador es de 15.51 m<sup>3</sup> por día.

### **7.11.3 Combustible**

Para producir el vapor necesario para las operaciones en planta, las calderas consumirán aproximadamente 120 galones de GLP por hora.

### **7.11.4 Energía**

La planta requerirá de electricidad para el funcionamiento del sistema de control automático en los diferentes procesos, para los motores de las diferentes fajas transportadoras, las bombas de succión y vacío, para los molinos, prensas, raspadoras y demás maquinaria que hace posible la elaboración de los diferentes productos. Por otro lado, también es necesaria electricidad para la zona administrativa, para el funcionamiento del aire acondicionado, las computadoras y demás equipos de oficina. Adicionalmente para la iluminación interna y el alumbrado de los exteriores de la planta



**7.11.5 Mantenimiento**

Se considerará como un porcentaje del costo de los equipos principales adquiridos.

**7.11.6 Comunicaciones**

Se requerirá la adquisición de celulares para los jefes de área y una línea telefónica para la comunicación interna entre las diferentes áreas de la planta. Adicionalmente computadoras con conexión a internet para los laboratorios o áreas administrativas que lo requieran.

**7.12Requerimiento de mano de obra**

Se tiene 2 tipos de mano de obra: directa e indirecta. La primera es la mano de obra que participa en las áreas que guardan una relación directa con la elaboración de un producto. La mano de obra indirecta guarda relación con las áreas administrativas, las cuales sirven de apoyo durante la producción y la exportación.

CUADRO 25 : Mano de obra indirecta

Cargo	Requerimiento	Cantidad	Funciones Básicas
Gerente	Administrador de empresas con estudios de mercado	1	Ejecutar y supervisar el correcto funcionamiento de la planta.
			Seleccionar y contratar personal con la aprobación del consejo.
			Rendir informes de actividades, del presupuesto de ventas, gastos y otros.
			Proponer las políticas para la administración, proyectos y presupuestos.
			Representación judicial y extrajudicial de la empresa.
			Ordenar pagos de entidad.
			Dirigir las relaciones públicas de la planta así como también informar a los asociados sobre la planta.
Jefe de producción	Ingeniero Químico	1	Coordinar la venta de productos y la compra de materia prima.
			Ejecutar y supervisar la producción de la planta
			Presentar informes de las distintas actividades de la planta al gerente.
Jefe de almacén	Técnico en administración	1	Recibir, clasificar, y ordenar la materia prima en los lugares indicados.
			Realizar los pedidos de mercancía y recibirlas
			Ayudar en los inventarios de la planta.
			Registrar el movimiento de entrada y salida de materia primas y supervisar al personal encargado.
Almacenero	Técnico en administración	1	Organizarla mercancía llegada y despacho de los productos a los clientes.
			Encargarse de la venta y el pesaje de los productos, además de llevar el control de entrada y salida de los mismos.
			Realizar estadísticas de entrada y salida, tanto de mercancías y productos.
			Funciones adicionales encargadas por gerencia.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: Mano de obra indirecta (Continuación)

Cargo	Requerimiento	Cantidad	Funciones Básicas
Jefe de Control de Calidad	Ingeniero Químico	1	Ejecutar los controles de calidad respectivos a los productos en cuestión. Supervisar todos los análisis que se realicen durante el proceso para garantizar la calidad de los productos.
Químico	Licenciado en Química	1	Desarrollar las pruebas de calidad de los productos bajo las normativas respectivas.
Auxiliar de laboratorio	Técnico de laboratorio	1	Realizar pruebas a la materia como a los productos finales; a su vez seguir los procedimiento HACCP
Jefe de mantenimiento	Técnico en mecánica	1	Supervisar y brindar la garantía del funcionamiento de la planta Organizar las labores de mantenimiento en la planta.
Técnico de mantenimiento	Técnico electromecánico	1	Revisión y reparación de la maquinaria de la planta
Contador	Licenciado en contabilidad	1	Examinar la situación económica financiera y autorizar los estados financieros. Supervisar el funcionamiento contable de la planta y que las operaciones de las plantas se encuentren bajo las normas legales pertinentes
Secretaria	Estudios en contabilidad, sistemas y gerencias	1	Elaborar sus papeles de trabajo. Refrendar balances mensuales. Realizar el movimiento de fondos, percibiendo ingresos y efectuando los pagos ordenados por la gerencia.
Jefe de personal y salud ocupacional	Psicólogo	1	Velar por las necesidades del personal de planta y supervisar que se cumplan con las normas de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 26: Mano de obra directa

	EMPLEADO/TURNO	TURNO/DÍA	EMPLEADO/DÍA
Recepción de materia prima.	6	3	18
Lavado, cepillado y selección de limones.	12	3	36
<b>Proceso: Obtención de aceite esencial de limón</b>			
Raspadora de cáscara	2	3	6
Manejo del Tanque de almacenamiento	2	3	6
Carga y descarga de Destiladores	6	3	18
Separación de aceite	4	3	12
Empacado del aceite	1	3	3
<b>Proceso: Obtención de Jugo concentrado de limón</b>			
Limpieza de filtros	4	3	12
Extracción de jugo	1	3	3
Prensado de pulpa	1	3	3
Centrifugación	1	3	3
Desaireado del jugo	2	3	6
Concentración del jugo	2	3	6
Pasteurización del jugo	2	3	6
Unidad de empacado	1	3	3

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 27: Mano de obra directa

	EMPLEADO/TURNO	TURNO/DÍA	EMPLEADO/DÍA
<b>Proceso: Obtención de Cáscara deshidratada</b>			
Prensado de la cáscara	2	3	6
Molienda de la cáscara	1	3	3
Secado de la cáscara	2	3	6
Enfriado de la cáscara	2	3	6
Unidad de empaçado	1	3	3
<b>Servicios auxiliares</b>			
Manejo de la caldera	2	3	6
Cargadores	2	3	6
Aseo y limpieza	3	3	9
Seguridad	3	3	9

Fuente: Elaboración propia

## 8 ESTUDIO ECONÓMICO

### 8.1 Inversión

Como primer paso se procederá a realizar el cálculo de la inversión de capital fijo, la cual consta de activos fijos (costo directos) e intangibles (costos indirectos). Dichos montos se procederán a calcular siguiendo estos pasos:

- Gestionar, adquirir y averiguar acerca de cotizaciones para los equipos principales, servicios y demás componentes de la inversión de capital fijo; o calcular el valor de los equipos principales con ayuda de tablas de diagramas de costo de capital vs capacidad.
- En el caso de los costos obtenidos mediante tablas, actualizarlos usando los índices de costos (se pueden emplear los índices de Marshall y Swiff o Índice Chemical Engineering).
- A partir de los costos de los equipos se emplea el METODO DE FACTORES DE COSTO para determinar el monto de los componentes de la inversión del capital cuyo valor se desconozca, cabe resaltar que este método no solo ayudará a corroborar, sino a asumir un valor para los componentes de la inversión cuyo calculo requiere un trabajo de ingeniería más profundo.

Se tomará como guía para realizar los cálculos el libro de Peter-Klaus D.Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. (ver Anexo N° 2).

Los componentes del capital fijo son los siguientes:

#### Costos Directos

- **Equipo comprado:** Valor de los equipos puestos en terreno
- **Costo de instalación de equipos comprados**
- **Instrumentación y controles:** Valor de los componentes y su respectiva instalación.
- **Tubería:** En este caso se considerará tan solo la instalación.

- **Equipo y material eléctrico:** Valor de los componentes y su respectiva instalación.
- **Edificios (incluyendo servicios)**
- **Mejoras del terreno:** Pistas, veredas, áreas de estacionamiento, cerco perimétrico, etc.
- **Instalaciones de servicio:** Generación de vapor, tratamiento de agua, laboratorio, sistema contra-incendios, tratamiento de residuos, etc.
- **Terreno**

### **Costos indirectos**

- **Ingeniería y supervisión**
- **Los gastos de construcción:** La construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones temporales, oficinas, carreteras, estacionamientos, electricidad, tuberías, las comunicaciones.
- **Utilidades del contratista**
- **Contingencia**

#### **8.1.1 Terreno**

Área = 1200 m<sup>2</sup>

Costo = 1200 m<sup>2</sup> x 207.39 \$ / m<sup>2</sup> = \$ 248 735,00

## 8.1.2 Maquinarias y equipos

CUADRO 28: Maquinaria y equipos adquiridos

Lista de equipos	Cantidad	Costo Unitario	Costo total	Actualización del costo
Silo de almacenamiento	2	\$ 66,000.00	\$ 132,000.00	\$ 213,610.11
Tolva	2	\$ 37,850.00	\$ 75,700.00	\$ 122,502.16
Elevadores de cangilones	4	\$ 4,500.00	\$ 18,000.00	\$ 29,128.65
Transportador delantal	6	\$ 30,833.33	\$ 185,000.00	\$ 299,377.81
Faja transportadora	100 m	\$ 1,600.00	\$ 160,000.00	\$ 258,921.35
Cepilladora	4	\$ 11,442.50	\$ 45,770.00	\$ 74,067.69
Raspadora	4	\$ 37,000.00	\$ 148,000.00	\$ 239,502.25
Filtro	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 9,709.55
Prensa para recuperar	2	\$ 35,000.00	\$ 70,000.00	\$ 113,278.09
Prensa para jugo	3	\$ 40,000.00	\$ 120,000.00	\$ 194,191.01
Caldero Piro-tubular	2	\$ 19,000.00	\$ 38,000.00	\$ 61,493.82
Tanque de almacenamiento	1	\$ 37,000.00	\$ 37,000.00	\$ 59,875.56
Destilador	6	\$ 16,000.00	\$ 96,000.00	\$ 155,352.81
Condensador	6	\$ 3,800.00	\$ 22,800.00	\$ 36,896.29
Vaso Florentino	12	\$ 5,300.00	\$ 63,600.00	\$ 102,921.24
Bomba para agua de enfriamiento	1	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 2,912.87

Fuente: Elaboración propia



Cuadro N° 28: Maquinaria y equipos adquiridos (continuación)

Lista de equipos	Cantidad	Costo Unitario	Costo total	Actualización del costo
Bomba de alimentación	1	\$ 2,700.00	\$ 2,700.00	\$ 4,369.30
Tanque de almacenamiento refrigerado	1	\$ 14,000.00	\$ 14,000.00	\$ 22,655.62
Envasadora	1	\$ 47,766.00	\$ 47,766.00	\$ 77,297.73
Tornillo sinfin	8	\$ 10,000.00	\$ 80,000.00	\$ 129,460.67
Molino	1	\$ 31,000.00	\$ 31,000.00	\$ 50,166.01
Bomba de transporte	1	\$ 1,700.00	\$ 1,700.00	\$ 2,751.04
Tamizador	1	\$ 26,000.00	\$ 26,000.00	\$ 42,074.72
Tambor deshidratador	1	\$ 148,000.00	\$ 148,000.00	\$ 239,502.25
Ciclón enfriador	1	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00	\$ 64,730.34
Envasadora	1	\$ 50,766.00	\$ 50,766.00	\$ 82,152.51
Filtro	1	\$ 4,900.00	\$ 4,900.00	\$ 7,929.47
Bomba de vacío	4	\$ 8,800.00	\$ 35,200.00	\$ 51,344.18
Tanque desaireador	4	\$ 21,500.00	\$ 86,000.00	\$ 139,170.22
Pasteurizador de placas	2	\$ 49,000.00	\$ 98,000.00	\$ 158,589.33
Evaporador de película descendente	1	\$ 110,000.00	\$ 110,000.00	\$ 178,008.43
Intercambiador de calor	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 8,091.29
Llenadora	1	\$ 45,866.00	\$ 45,866.00	\$ 74,223.04

Fuente: Elaboración propia

### 8.1.3 Instalación de equipos

Se consideran valores entre los 30 – 90 % para los equipos adquiridos y se toma como referencia los rangos mencionados en el cuadro N° 28.

**CUADRO 29: Costo de la instalación de equipos**

Tipo de equipo	Costo de instalación (%)
Centrifugo	20-60
Compresor	30-60
Secador	25-60
Evaporador	25-90
Filtro	65-80
Intercambiador de calor	30-60
Cristalizador mecánico	30-60
Tanques metálicos	30-60
Mezcladores	20-40
Bombas	25-60
Torres	60-90

Fuente: Peter -Klaus D.Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers

A continuación, en el cuadro N° 29 se muestran los costos de instalación de la maquinaria necesaria:

CUADRO 30: Costo de instalación de maquinaria y equipos adquiridos

Lista de equipos	Costo de instalación
Silo de almacenamiento	\$ 85,444.04
Tolva	\$ 55,125.97
Elevadores de cangilones	\$ 8,738.60
Transportador delantal	\$ 59,875.56
Faja transportadora	\$ 77,676.40
Cepilladora	\$ 22,220.31
Raspadora	\$ 71,850.67
Filtro	\$ 5,340.25
Prensa para recuperar	\$ 50,975.14
Prensa para jugo	\$ 116,514.61
Caldero Pirotubular	\$ 27,672.22
Tanque de almacenamiento	\$ 26,944.00
Destilador	\$ 77,676.40
Condensador	\$ 22,137.78
Vaso Florentino	\$ 51,460.62
Bomba para agua de enfriamiento	\$ 1,165.15
Bomba de alimentación	\$ 1,747.72
Tanque de almacenamiento refrigerado	\$ 10,195.03
Envasadora	\$ 30,919.09
Tornillo sinfin	\$ 38,838.20
Molino	\$ 20,066.40
Bomba de transporte	\$ 1,100.42
Tamizador	\$ 25,244.83
Tambor deshidratador	\$ 110,171.03
Ciclón enfriador	\$ 32,365.17
Envasadora	\$ 24,645.75
Filtro	\$ 4,757.68
Bomba de vacío	\$ 33,373.72
Tanque desaireador	\$ 83,502.13
Pasteurizador de placas	\$ 95,153.60
Evaporador de película descendente	\$ 106,805.06
Intercambiador de calor	\$ 3,641.08
Llenadora	\$ 18,555.76

Fuente: Elaboración propia

#### 8.1.4 Instrumentación y control

El costo total de instrumentación depende de la cantidad de control requerido y puede ascender entre el 6-30% del costo de la maquinaria adquirida.

Para la planta de procesamiento de líquido y sólidos, se considera que un valor del 13% de los equipos adquiridos se utiliza para estimar el costo total de la instrumentación. Este costo representa aproximadamente el 3 por ciento de la inversión total de capital. Dependiendo de la complejidad de los instrumentos y el servicio, los cargos adicionales para la instalación y los accesorios pueden llegar a aumentar el valor de este monto. En este caso se dispondrá de un monto de \$ 856 543,37; el cual representa el 6 % del capital total fijo.

#### 8.1.5 Tuberías

Este costo cubre la mano de obra, válvulas, conexiones, soportes y otros elementos que intervienen en la construcción completa de todo el sistema de tuberías que son utilizadas directamente en la elaboración de los productos. Se incluye las tuberías en zonas de recepción de materia prima, productos intermedios, subproducto terminado, vapor, agua, aire, alcantarillado y otras tuberías de proceso. De esta manera el costo de las tuberías de proceso de la planta pueden llegar a alcanzar hasta el 80% del costo de los equipos adquiridos o el 20% de la inversión del capital.

Según el Cuadro N° 30, se estima que el monto de la inversión destinado a la compra e instalación de tuberías es aproximadamente del 31% del costo de equipos o un 7% del monto total del capital fijo invertido. De esta manera se obtiene un valor de \$1 160 764,76 para el montaje de las tuberías.

**CUADRO 31: Costo estimado en tubería**

Tipo de planta de proceso	Costo de equipos (%)			Costo de capital
	Materiales	Instalación	Total	fijo invertido (%)
Sólido	9	7	16	4
Sólido - fluido	17	14	31	7
Fluidos	36	30	66	13

Fuente: Peter -Klaus D.Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers

### 8.1.6 Instalaciones eléctricas

El costo de las instalaciones eléctricas se compone principalmente de la mano de obra de instalación y materiales para un correcto suministro de energía e iluminación. En este ítem no se considera la iluminación de las instalaciones de servicio. En las plantas químicas ordinarias, los costos de las instalaciones eléctricas ascienden al 10-15% del valor de los equipos adquiridos. Sin embargo, esto puede llegar hasta un valor máximo de 40% para una planta de proceso específico. Debido a la poca relación que guarda con el costo de equipos adquiridos, se suele relacionar al costo de instalaciones eléctricas con la inversión del capital fijo. Dicha relación se estima generalmente entre el 3 y el 10 por ciento de la inversión del capital fijo.

En el Cuadro N° 31 se muestran los componentes principales de la instalación eléctrica y su respectivo costo.

**CUADRO 32: Componentes de instalaciones eléctricas**

Componente	Costo
Cableado de la alimentación	\$ 822,281.63
Iluminación	\$ 246,684.49
Transformadores y servicios	\$ 822,281.63
Cableado de los instrumentos de control	\$ 164,456.33

Fuente: Elaboración propia

### 8.1.7 Edificaciones

La inversión en edificaciones comprende los costos por mano de obra, materiales y suministros que intervienen en la construcción de todos los edificios conectados con la planta. Se incluyen los costos de calefacción, iluminación, ventilación, además de las edificaciones para los diferentes servicios requeridos en la planta de extracción. En el Cuadro N° 32 se muestra la inversión en edificaciones como un porcentaje del costo de la inversión en capital fijo.

CUADRO 33: Componentes de edificaciones

Tipo de planta	Nueva	Nuevas edificaciones en una existente	Expansión de planta
Sólido	18	1	4
Fluidos	12	7	2
Mixta	10	2-4	2

Fuente: Elaboración propia

Del Cuadro N° 32 se asigna al costo de edificaciones un valor del 12% de la inversión en capital fijo, con lo que se tiene un valor de \$ 2 055 704.

### 8.1.8 Servicios y facilidades

El suministro de vapor, agua, electricidad y combustible son parte de los servicios propios de una planta industrial. También se consideran la eliminación de residuos, la protección contra incendios, zonas seguras, tratamiento de agua, etc.

El costo total de las instalaciones de servicio en plantas químicas generalmente oscila entre 30 a 80 % del costo de equipo adquiridos. El costo de las instalaciones de servicios, en términos de inversión en capital fijo, generalmente está comprendido entre oscila entre el 8 y 20 %. El Cuadro N° 33 muestra los rangos de variación de los porcentajes de inversión en capital fijo que se pueden encontrar para los diversos componentes de las instalaciones de servicio.

**CUADRO 34: Rango de variación para instalaciones**

<b>Servicio instalado</b>	<b>Rango (%)</b>	<b>Valor típico (%)</b>
Generación de vapor	2.6 – 6.0	3.0
Distribución de vapor	0.2 – 2.0	1.0
Suministro de agua, enfriamiento y bombeo	0.4 - 3.7	1.8
Tratamiento de agua	0.5 – 2.1	1.3
Distribución de agua	0.1 – 2.0	0.8
Subestación eléctrica	0.9 – 2.6	1.3
Distribución eléctrica	0.4 – 2.1	1.0
Distribución y suministro de gas	0.2 – 0.4	0.3
Distribución y compresión de gas	0.2 – 3.0	1.0
Refrigerante, incluyendo distribución	1.0 – 3.0	2.0
Eliminación de residuos de proceso	0.6 – 2.4	1.5
Eliminación de residuos sanitarios	0.2 – 0.6	0.4
Comunicaciones	0.1 – 0.3	0.2
Almacenamiento de materia prima	0.3 – 3.2	0.5
Almacenamiento de producto terminado	0.7 – 2.4	1.5
Sistema de contra incendios	0.3 – 1.0	0.5
Instalaciones de seguridad	0.2 – 0.6	0.4

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, no siempre habrá una necesidad de todos los componentes mostrados en el Cuadro N° 33, tener conocimiento de este hecho lleva a una evaluación cuidadosa en cuanto al grado de uso de cada servicio en la planta. De esta manera, en el Cuadro N° 34 se muestra la distribución de los montos a invertir en la instalación de servicio.

CUADRO 35 : Costo de instalación de servicios

Servicio instalado	Costo de servicios
Generación de vapor	\$ 256,963.01
Distribución de vapor	\$ 171,308.67
Suministro de agua, enfriamiento y bombeo	\$ 239,832.14
Tratamiento de agua	\$ 205,570.41
Distribución de agua	\$ 154,177.81
Subestación eléctrica	\$ 119,916.07
Distribución eléctrica	\$ 102,785.20
Distribución y suministro de gas	\$ 154,177.81
Refrigerante, incluyendo distribución	\$ 154,177.81
Eliminación de residuos de proceso	\$ 256,963.01
Eliminación de residuos sanitarios	\$ 68,523.47
Comunicaciones	\$ 25,696.30
Almacenamiento de producto terminado	\$ 222,701.28
Sistema de contra incendios	\$ 94,219.77
Instalaciones de seguridad	\$ 85,654.34

Fuente: Elaboración propia

### 8.1.9 Gastos en construcción

Incluye la construcción, operatividad temporal, herramientas y necesidades de construcción y personal de oficina situados en el lugar de ejecución de la obra, la nómina de trabajadores, los viajes, los impuestos, seguros, y otros gastos generales de la construcción. El Cuadro N° 35 muestra la distribución de la inversión en gastos de construcción. Cabe resaltar que el monto a gastar es aproximadamente el 10% de la inversión fija total.



**CUADRO 36 : Gastos en construcción**

<b>Componente</b>	<b>Valor</b>
Construcción y operación temporal	\$ 291,224.74
Herramientas de construcción y alquiler	\$ 256,963.01
Personal de oficina en campo	\$ 68,523.47
Nómina de trabajadores	\$ 171,308.67
Viajes y estadía	\$ 51,392.60
Impuestos y seguros	\$ 205,570.41
Materiales para puesta en marcha	\$ 68,523.47
Gastos generales	\$ 85,654.34

Fuente: Elaboración propia

#### **8.1.10 Ingeniera y supervisión**

Los costos para el diseño, ingeniería, redacción, compras, contabilidad, viajes, comunicaciones y gastos de oficina son incluidos en esta sección de la inversión en capital fijo conocida como ingeniería y supervisión. Este costo es aproximadamente el 30% del costo de equipos adquiridos o el 8% de la inversión en capital fijo. Los valores de los componentes de ingeniería y supervisión se dan en el cuadro N° 36:

CUADRO 37: Gastos de ingeniería y supervisión

Componente	Valor
Ingeniería	\$ 445,402.55
Redacción	\$ 822,281.63
Compra	\$ 51,392.60
Contabilidad	\$ 51,392.60
Viajes y estadía	\$ 51,392.60
Comunicaciones	\$ 34,261.73

Fuente: Elaboración propia

### 8.1.11 Capital de Trabajo

Se toman las siguientes consideraciones:

- La caja mínima será equivalente a 45 días de venta
- Se espera que el plazo promedio de pago del crédito otorgado a los clientes sea de 25 días
- Se espera pagar a los proveedores en un plazo de 30 días.
- Mantener inventarios por 8 días.

El capital de Trabajo viene a ser igual al Activo Corriente menos el Pasivo Corriente:

$$\text{Capital de Trabajo} = \text{Caja mínima} + \text{Cuentas por cobrar} + \text{Inventarios} - \text{Cuentas por pagar... (12)}$$

- **Caja mínima**

Se calcula mediante la ecuación (13):

$$\text{Caja} = \frac{\text{Ventas...anuales}}{283} * \text{días} \dots (13)$$

En donde días tendrá un valor de 45

- **Cuentas por cobrar**

Se debe recurrir al ratio de rotación de cuentas por cobrar, cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{Rotación de CxC} = \frac{\text{CxC}}{\text{Ventas}} * 283 \dots (14)$$

- **Inventarios**

Se debe utilizar el ratio de rotación de inventarios, cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{Rotación Inventarios} = \frac{\text{Inventarios}}{\text{Costo..de..Ventas}} * 283 \dots (15)$$

Este ratio indica el número de días que en promedio se demora en obtener un producto terminado.

- **Cuentas por pagar**

Para hallar el monto que se adeudará a los proveedores se debe utilizar el ratio de cuentas por pagar, cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{Rotación CxP} = \frac{\text{CxP}}{\text{Costo..de..Ventas}} * 283 \dots (16)$$

CUADRO 38 : Capital de trabajo a lo largo del desarrollo del proyecto

	Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Caja	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116	\$ 2,227,116
Cuentas por cobrar	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287	\$ 1,237,287
Inventarios	\$ 202,795	\$ 202,795	\$ 202,795	\$ 202,795	\$ 202,795	\$ 202,784	\$ 202,784	\$ 202,784	\$ 202,784	\$ 202,784
Proveedores	\$ 760,483	\$ 760,483	\$ 760,483	\$ 760,483	\$ 760,483	\$ 760,443	\$ 760,443	\$ 760,443	\$ 760,443	\$ 760,443
Capital de Trabajo	\$ 2,906,716	\$ 2,906,716	\$ 2,906,716	\$ 2,906,716	\$ 2,906,716	\$ 2,906,745	\$ 2,906,745	\$ 2,906,745	\$ 2,906,745	\$ 2,906,745

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el cuadro N° 38 se muestra un cuadro donde se resume y se calculan los costos totales de cada sección, a su vez se asigna un valor de porcentaje a los puntos no mencionados que componen la inversión del capital fijo basándose en el rango recomendado en el método de factores de costos:

### CUADRO 39: Inversión total del proyecto

<u>Costos Directos</u>	
Costos del equipo	\$3,306,257
Instalación	\$1,404,731
Instrumentación y control (+ instalación)	\$856,543
Tuberías (+ instalación)	\$1,199,160
Instalaciones eléctricas (+ instalación)	\$856,543
Edificaciones (Incluye servicios)	\$2,055,704
Mejoras de terreno	\$428,271
Servicios	\$2,312,667
Terreno	\$256,963
<b>Costos Directos totales</b>	<b>\$12,676,841</b>
<u>Costos Indirectos</u>	
Ingeniería y supervisión	\$1,456,123
Gastos de construcción	\$1,199,160
Honorarios del contratista	\$513,926
Contingencia	\$1,284,815
<b>Costos Indirectos totales</b>	<b>\$4,454,025</b>
<b>Capital Fijo Invertido Total</b>	<b>\$17,130,867</b>
Capital de trabajo	\$2,910,927
<b>Capital total invertido</b>	<b>\$20,041,794</b>

Fuente: Elaboración propia

## 8.2 Depreciación

Según la SUNAT se tiene los siguientes porcentajes de depreciación:

- a) De conformidad con el artículo 39° de la Ley del impuesto a la renta, los edificios y construcciones sólo serán depreciados mediante el método de línea recta, a razón de 5% anual.
- b) Los demás bienes afectados a la producción de rentas gravadas de la tercera categoría, se depreciarán aplicando el porcentaje que resulte del siguiente cuadro:

**CUADRO 40 : Porcentaje anual máximo de depreciación**

BIENES	% Anual de depreciación hasta un máximo de:
1. Ganado de trabajo y reproducción; redes de pesca.	25%
2. Vehículos de transporte terrestre (excepto ferrocarriles); hornos en general.	20%
3. Maquinaria y equipo utilizados por las actividades minera, petrolera y de construcción; excepto muebles, enseres y equipos de oficina.	20%
4. Equipos de procesamiento de datos.	25%
5. Maquinaria y equipo adquirido a partir del 01.01.91.	10%
6. Otros bienes del activo fijo	10%

Fuente: SUNAT

De esta manera tenemos que la depreciación será:

CUADRO 41 : Depreciación anual por equipo

Lista de equipos	Costo	Depreciación anual	Vida útil (años)	Depreciación anual
Silo de almacenamiento	\$ 213,610.11	10%	10.00	\$ 21,361.01
Tolva	\$ 122,502.16	10%	10.00	\$ 12,250.22
Elevadores de cangilones	\$ 29,128.65	10%	10.00	\$ 2,912.87
Transportador delantal	\$ 299,377.81	10%	10.00	\$ 29,937.78
Faja transportadora	\$ 258,921.35	10%	10.00	\$ 25,892.13
Cepilladora **	\$ 74,067.69	10%	10.00	\$ 7,406.77
Raspadora**	\$ 239,502.25	10%	10.00	\$ 23,950.22
Filtro	\$ 9,709.55	10%	10.00	\$ 970.96
Prensa para recuperar	\$ 113,278.09	10%	10.00	\$ 11,327.81
Prensa para jugo	\$ 194,191.01	10%	10.00	\$ 19,419.10
Caldero Pirotubular	\$ 61,493.82	10%	10.00	\$ 6,149.38
Tanque de almacenamiento	\$ 59,875.56	10%	10.00	\$ 5,987.56
Destilador	\$ 155,352.81	10%	10.00	\$ 15,535.28
Condensador	\$ 36,896.29	10%	10.00	\$ 3,689.63
Vaso Florentino	\$ 102,921.24	10%	10.00	\$ 10,292.12
Bomba para agua de enfriamiento	\$ 2,912.87	10%	10.00	\$ 291.29
Bomba de alimentación	\$ 4,369.30	10%	10.00	\$ 436.93
Tanque de almacenamiento refrigerado	\$ 22,655.62	10%	10.00	\$ 2,265.56
Envasadora	\$ 77,297.73	10%	10.00	\$ 7,729.77

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 41 : Depreciación anual por equipo o componente del capital fijo invertido (continuación)

Lista de equipos	Costo	Depreciación anual	Vida útil (años)	Depreciación anual
Tornillo sinfín	\$ 129,460.67	10%	10.00	\$ 12,946.07
Molino	\$ 50,166.01	10%	10.00	\$ 5,016.60
Bomba de transporte	\$ 2,751.04	10%	10.00	\$ 275.10
Tamizador	\$ 42,074.72	10%	10.00	\$ 4,207.47
Tambor deshidratador	\$ 239,502.25	10%	10.00	\$ 23,950.22
Ciclón enfriador	\$ 64,730.34	10%	10.00	\$ 6,473.03
Envasadora	\$ 82,152.51	10%	10.00	\$ 8,215.25
Filtro	\$ 7,929.47	10%	10.00	\$ 792.95
Bomba de vacío	\$ 51,344.18	10%	10.00	\$ 5,134.42
Tanque desaireador	\$ 139,170.22	10%	10.00	\$ 13,917.02
Pasteurizador de placas	\$ 158,589.33	10%	10.00	\$ 15,858.93
Evaporador de película descendente	\$ 178,008.43	10%	10.00	\$ 17,800.84
Intercambiador de calor	\$ 8,091.29	10%	10.00	\$ 809.13
Llenadora	\$ 74,223.04	10%	10.00	\$ 7,422.30
Edificaciones	\$ 2,055,704.08	5%	20.00	\$ 102,785.20
Otros	\$ 6,629,645.66	10%	10.00	\$ 662,964.57
Intangibles (amortización)	\$ 4,454,025.51	20%	5.00	\$ 890,805.10

Fuente: Elaboración propia



### 8.2.1 Financiamiento

Se considera que el 30% de la inversión en capital fijo será cubierto mediante aportes propios y el 70% restante mediante un préstamo de una entidad financiera. En el caso de capital de trabajo, será cubierto en su totalidad mediante aportes propios. De esta manera el monto financiado será:

Préstamo:	\$ 11 991 607
Tasa de interés:	14.62 % anual
Plazo para amortizar:	10 años
Forma de pago:	Amortizaciones constantes
Tasa de inflación anual:	4%

CUADRO 42 : Financiamiento del proyecto

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Moneda corriente											
Deuda	\$11,991,607	\$10,792,446	\$ 9,593,286	\$ 8,394,125	\$ 7,194,964	\$ 5,995,804	\$ 4,796,643	\$ 3,597,482	\$ 2,398,321	\$ 1,199,161	\$ -
Amortización		\$ 1,199,161	\$ 1,199,161	\$ 1,199,161	\$ 1,199,161	\$ 1,199,161	\$ 1,199,161	\$ 1,199,161	\$ 1,199,161	\$ 1,199,161	\$1,199,161
Intereses		\$ 1,753,173	\$ 1,577,856	\$ 1,402,538	\$ 1,227,221	\$ 1,051,904	\$ 876,586	\$ 701,269	\$ 525,952	\$ 350,635	\$ 175,317
Moneda constante (US\$ del año 0)											
Amortización		\$ 1,153,039	\$ 1,108,691	\$ 1,066,050	\$ 1,025,048	\$ 985,623	\$ 947,714	\$ 911,264	\$ 876,215	\$ 842,514	\$ 810,110
Intereses		\$ 1,685,743	\$ 1,458,816	\$ 1,246,852	\$ 1,049,034	\$ 864,588	\$ 692,779	\$ 532,907	\$ 384,308	\$ 246,351	\$ 118,438
Efecto de la inflación		\$ 46,122	\$ 90,469	\$ 133,111	\$ 174,113	\$ 213,538	\$ 251,447	\$ 287,897	\$ 322,946	\$ 356,646	\$ 389,051
Efecto acumulado		\$ 46,122	\$ 136,591	\$ 269,702	\$ 443,815	\$ 657,353	\$ 908,800	\$ 1,196,697	\$ 1,519,643	\$ 1,876,289	\$2,265,340

Fuente: Elaboración propia

### 8.2.2 Costo del producto

El costo del producto se compone por el costo de producción y los gastos generales. Los costos que se presentan a continuación se adaptan a las necesidades del caso, es decir, se toman en cuenta sólo los más pertinentes para el nivel del estudio realizado. De esta manera para cierto grupo de componentes del costo del producto se procederá a su cálculo teniendo como referencia el libro *Peter -Klaus D.Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.

### 8.2.3 Costo de producción

#### i. Costos Directos

- **Materia prima**

Se considera la compra de la materia prima en cada año de operación; se considera la Tm de limón puesta en planta:

$$142000 \text{ Kg/día} \times 0.064 \text{ \$/Kg} \times 283 \text{ días} = \$ 2\,600\,271$$

$$\text{TC} \Rightarrow 1\text{US\$} = \text{S}/.3.4375 \quad 1 \text{ Tm Limón sutil} = \text{S}/. 220.0$$

- **Mano de obra directa**

Se considera a las personas que intervienen en el proceso de elaboración de los productos. La remuneración de las personas involucradas se muestra en el cuadro N° 42:

CUADRO 43: Remuneración Mensual y Anual de la mano de obra directa

Descripción	Número de empleados	Remuneración mensual (\$)	Remuneración anual (\$)
Recepción de materia prima.	6	3 900	46 800
Lavado, cepillado y selección de limones.	12	7 800	93 600
Raspadora de cáscara	2	1 300	15 600
Manejo del Tanque de almacenamiento	2	1 300	15 600
Carga y descarga de Destiladores	6	3 900	46 800
Separación de aceite	4	2 600	31 200
Empacado del aceite	1	650	7 800
Limpieza de filtros	4	2 600	31 200
Extracción de jugo	1	650	7 800
Prensado de pulpa	1	650	7 800
Centrifugación	1	650	7 800
Desaireador del jugo	2	1 300	15 600
Concentración del jugo	2	1 300	15 600
Pasteurización del jugo	2	1 300	15 600
Unidad de empacado	1	650	7 800
Prensado de la cáscara	2	1 300	15 600
Molienda de la cáscara	1	650	7 800
Secado de la cáscara	2	1 300	15 600
Enfriado de la cáscara	2	1 300	15 600
Unidad de empacado	1	650	7 800
Manejo de la caldera	2	1 300	15 600
Cargadores	2	1 300	15 600
Aseo y limpieza	3	1 950	23 400
Seguridad	3	1 950	23 400
Remuneración Total Mensual			42 250
Remuneración Total Anual			507 000

Fuente : Elaboración propia

- **Supervisión**

El monto de este costo está relacionado estrechamente con la cantidad total de mano de obra directa, la complejidad de la operación y los estándares de calidad del producto. Se le asignará \$ 126 750; que representa el 25% del monto disponible a utilizar en mano de obra directa.

- **Servicios**

Se relaciona con el consumo de servicios públicos, como la electricidad, el agua y gas. Estos se pueden adquirir de una fuente externa o puede estar disponible dentro de la misma empresa.

Es recomendable considerar un porcentaje adicional en el requerimiento de los servicios, ya que siempre existen pérdidas en las líneas de distribución. Como primera aproximación, los costos de servicios varían de 10 a 20 % del costo total de producción.

CUADRO 44 Costo de servicios

Servicio	Requerimiento anual	Costo Anual
Agua	183,950 m <sup>3</sup>	\$ 443,319.50
GLP	339,600 galones	\$ 427,896.00
Útiles de aseo		\$ 81,258.46
Electricidad		\$ 338,576.90
Comunicaciones y otros		\$ 63,256.74
	<b>Total</b>	<b>\$ 1,354,307.60</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Mantenimiento**

Se debe disponer de una cantidad considerable de dinero para el mantenimiento y reparaciones si se desea que la planta mantenga unas óptimas condiciones de funcionamiento. Se asignará el 6% de la inversión en capital fijo, la cual equivale a \$ 1 027 852,01.

- **Cargas operativas**

En cualquier operación de fabricación, se necesitan muchos suministros diversos para mantener el proceso funcionando de manera eficiente. Existen materiales que no pueden ser considerados como materias primas o materiales de mantenimiento, es por eso que se clasifican como suministros de operación. Se asignará el 0.6 % de la inversión en capital fijo, el cual equivale a \$ 102 785,20.

- **Laboratorios**

El costo de las pruebas de laboratorio para el control de las operaciones y el control de calidad del producto está cubierto por este costo. Para estimaciones rápidas, este costo puede ser tomado como 10 a 20 por ciento de la mano de obra directa. Se asignará el 13% de costo de la mano de obra directa, lo que equivale a \$ 65 910.

- **Patentes y derechos**

Muchos procesos de fabricación están protegidos por patentes, y puede que sea necesario pagar una cantidad fija por derechos de patente o un porcentaje sobre la cantidad de material producido. Se asignará el 2 % de costo total de producción, el cual equivale a \$ 216 689,22. Este monto de no utilizarse quedará como reserva para casos de contingencia.

ii. **Cargos Fijos**

- **Impuestos locales**

Este monto dependerá de la localización de la planta y las leyes regionales. En zonas poco pobladas, los impuestos locales a la propiedad son de aproximadamente 1 a 2 por ciento de la inversión del capital fijo. Se asignará el 1.5% de la inversión en capital fijo, lo cual equivale a \$ 256 963,01.

- **Seguro**

La tarifa del seguro dependerá del tipo de proceso que se llevará a cabo en la operación de fabricación y por la extensión de las instalaciones de protección disponibles. Usualmente este monto es equivalente al 1% de la inversión en capital fijo. Se asignará el monto equivalente a \$ 102 785,20. Este seguro también incluye los riesgos por cambios climatológicos.

**iii. Cargos de Superintendencia**

Este monto cubre los gastos que no están relacionados de manera tan directa con la fabricación del producto como la seguridad y protección, servicios médicos, comedor. Cabe resaltar que también cubre gastos relacionados con el proceso, como los son los laboratorios de control de calidad, área de embalaje y almacenamiento. Estos gastos están estrechamente relacionados con el costo de mano de obra directa. Se suele asignar a este gasto un monto equivalente entre el 5-15% del costo total de producción. Se asignará el 7,5% del costo total de producción, el cual equivale a \$ 812 854,56. Una parte de este gasto abarca el salario de los encargados y supervisores de planta, dicho monto se muestra en el Cuadro N° 44.

**CUADRO 45: Remuneración Mensual y Anual de Mano de obra indirecta**

Cargo	Cantidad	Remuneración mensual (\$)	Remuneración anual (\$)
Gerente	1	3 500	38 500
Jefe de producción	1	2 800	30 800
Jefe de almacén	1	900	9 900
Almacenero	1	900	9 900
Jefe de Control de Calidad	1	2 500	27 500
Químico puro	1	2 200	24 200
Auxiliar de laboratorio C.C.	1	1 500	16 500
Jefe de mantenimiento	1	1 200	13 200
Técnico de mantenimiento	1	900	9 900
Contador	1	1 800	19 800
Secretaria	1	750	8 250
Jefe de personal y de salud ocupacional	1	1 000	11 000
Remuneración Total mensual			19 950
Remuneración Total anual			219 450

Fuente: Elaboración propia

### 8.2.4 Gastos Generales

#### i. Gastos administrativos

Los gastos relacionados con las actividades administrativas no pueden ser aplicados directamente en el costo de fabricación. Sin embargo, es necesario incluir los gastos administrativos para tener un análisis económico completo. Los sueldos y salarios de los administradores, secretarias, contadores y trabajadores similares, junto con los costos de suministros y equipo de oficina, comunicaciones externas, edificios administrativos. Se suele asignar a este gasto entre el 2-6% del costo total de producción. Se asignará el 3,5% coste total de producción, el cual equivale a \$ 379 206,13.



**ii. Gasto de distribución y venta**

Son los gastos involucrados en la venta de los productos. Se incluyen en esta categoría los sueldos, suministros y otros gastos para las oficinas de venta; salarios, comisiones y gastos de viaje para el vendedor; Costos de envío; costo de los contenedores, gastos de publicidad y el servicio técnico de ventas.

Estos costos para la mayoría de las plantas químicas están en el rango de 2 a 20 por ciento del costo total de producción. Se asignará el 8% del costo total de producción, el cual equivale a \$ 866 756,86.

**iii. Investigación y desarrollo (I+D)**

Este monto tiene como finalidad obtener recursos para la investigación y el desarrollo. Los gastos de investigación y desarrollo incluyen los salarios de todo el personal directamente relacionadas con este tipo de trabajo, asimismo, cubre los gastos de operación de los equipos utilizados, costos de materiales y suministros. Se asignará un monto de \$ 427,419.76, que representa un 5% del costo del costo total de producción.

Los montos expresados que componen el costo de producción se resumen en el Cuadro N° 45.

CUADRO 46 : Costo total de producción

<b>Gastos de Fabricación</b>		<b>Costo</b>
<i>Directos</i>		
1	Materias primas	\$ 2,600,270.59
2	Mano de obra	\$ 507,000.00
3	Supervisión	\$ 126,750.00
4	Servicios	\$ 1,354,307.60
5	Mantenimiento y reparación	\$ 1,027,852.04
6	Cargas operativas	\$ 102,785.20
7	Laboratorio	\$ 65,910.00
8	Patentes y derechos	\$ 216,689.22
	<b>Total,</b>	<b>\$ 6,001,564.65</b>
<i>Cargo fijos</i>		
1	Depreciación	\$ 1,987,180.61
2	Impuestos locales	\$ 256,963.01
3	Seguro	\$ 102,785.20
	<b>Total</b>	<b>\$ 2,346,928.83</b>
	<i>Cargo de superintendencia</i>	\$ 812,854.56
	<b>Costos de producción</b>	<b>\$ 9,161,078.03</b>
<b>Gastos Generales</b>		
	Costos administrativos	\$ 379,206.13
	Gastos de distribución y venta	\$ 866,756.86
	Investigación y desarrollo	\$ 427,419.76
	<b>Total</b>	<b>\$ 1,727,555.06</b>
	<b>Costo total de producción</b>	<b>\$ 10,834,460.78</b>

Fuente: Elaboración propia

### 8.3 Ingresos

Los ingresos serán generados mediante la elaboración del producto principal, Aceite esencial de limón sutil (A.E.), y los subproductos: cascara deshidrata y jugo de limón concentrado. Cabe recordar que el rendimiento de aceite, jugo y cáscara deshidrata respecto a la materia prima (limón sutil) es de: 0.4% w/w, 4.0% w/w y 6.67% w/w respectivamente.

Precios de venta (fuente: Limones Piuranos)

- Aceite Esencial= 42,110 \$/Tm
- Cáscara Deshidratada= 1,968.39 \$/Tm
- Jugo Agrio= 1,220.0 \$/Tm

CUADRO 47: Producción e ingresos debido a la comercialización

Limones Comprados (Tm/día)	Producción de A.E (kg)	Ingreso por ventas (\$)	Producción de jugo (Kg)	Ingreso por ventas (\$)	Producción de cáscara (kg)	Ingreso por ventas (\$)	Ingreso Total (\$/día)	Ingreso Total Anual
142	568	\$ 23,918	5,680	\$ 6,929	9,471.4	\$ 18,643	\$ 49,491	\$ 14,006,091

Fuente: Elaboración propia

#### **8.4 Estados financieros**

Se calcula de la forma tradicional, haciendo uso de los ingresos, egresos y demás cuadros elaborados en esta sección para el horizonte de planeamiento

- Se considera que en el año 0 se realizará la inversión y por ende, la construcción de la planta.
- Se considera un horizonte de planeamiento de 20 años.
- La evaluación del proyecto es una evaluación financiera debido al financiamiento parcial de la inversión.
- Se considera el 30% de impuesto a la renta.
- Se considera el 10% de la Utilidad Neta como reserva legal.
- Se considera el 1% de la Utilidad Neta como utilidad retenida.

CUADRO 48 : Estado de ganancias y pérdidas en dólares

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ingresos</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>
Egresos										
Costos Variables	6 001 565	6 001 565	6 001 565	6 001 565	6 001 565	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370
Costos Fijos	1 172 333	1 172 333	1 172 333	1 172 333	1 172 333	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146
<b>Gastos de producción</b>	<b>7 173 897</b>	<b>7 173 897</b>	<b>7 173 897</b>	<b>7 173 897</b>	<b>7 173 897</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>6 832 194</b>	<b>6 832 194</b>	<b>6 832 194</b>	<b>6 832 194</b>	<b>6 832 194</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>
Gastos administrativos	379 206	379 206	379 206	379 206	379 206	379 351	379 351	379 351	379 351	379 351
Gastos de ventas	866 757	866 757	866 757	866 757	866 757	865 100	865 100	865 100	865 100	865 100
I&D	427 420	427 420	427 420	427 420	427 420	429 331	429 331	429 331	429 331	429 331
<b>Utilidad de Operación</b>	<b>5 158 811</b>	<b>5 158 811</b>	<b>5 158 811</b>	<b>5 158 811</b>	<b>5 158 811</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>
Gastos financieros	1 685 743	1 458 816	1 246 852	1 040 34	864 588	692 779	532 907	384 308	246 351	118 438
Depreciación	1 987 181	1 987 181	1 987 181	1 987 181	1 987 181	1 096 376	1 096 376	1 096 376	1 096 376	1 096 376
<b>Renta neta</b>	<b>1 485 887</b>	<b>1 712 814</b>	<b>1 924 779</b>	<b>2 122 597</b>	<b>2 307 042</b>	<b>3 369 639</b>	<b>3 529 511</b>	<b>3 678 110</b>	<b>3 816 067</b>	<b>3 943 980</b>
Impuesto a la Renta	445 766	513 844	577 434	636 779	692 113	1 010 892	1 058 853	1 103 433	1 144 820	1 183 194
<b>Utilidad Neta</b>	<b>1 040 121</b>	<b>1 198 970</b>	<b>1 347 345</b>	<b>1 485 818</b>	<b>1 614 930</b>	<b>2 358 747</b>	<b>2 470 658</b>	<b>2 574 677</b>	<b>2 671 247</b>	<b>2 760 786</b>
Reserva legal	104 012	119 897	134 735	148 582	161 493	235 875	247 066	257 468	267 125	276 079
Utilidad retenida	10 401	11 990	13 473	14 858	16 149	23 587	24 707	25 747	26 712	27 608
Dividendos	925 708	1 067 083	1 199 137	1 322 378	1 437 287	2 099 285	2 198 885	2 291 462	2 377 410	2 457 099
Pérdidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 48:** Estado de ganancias y pérdidas en dólares (continuación)

Periodo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Ingresos</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>	<b>14 006 091</b>
Egresos										
Costos Variables	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370	6 001 370
Costos Fijos	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146	1 172 146
<b>Gastos de producción</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>	<b>7 173 516</b>
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>	<b>6 832 575</b>
Gastos administrativos	379 351	379 351	379 351	379 351	379 351	379 351	379 351	379 351	379 351	379 351
Gastos de ventas	865 100	865 100	865 100	865 100	865 100	865 100	865 100	865 100	865 100	865 100
I&D	429 331	429 331	429 331	429 331	429 331	429 331	429 331	429 331	429 331	429 331
<b>Utilidad de Operación</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>	<b>5 158 793</b>
Gastos financieros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785
<b>Renta neta</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>	<b>5 056 008</b>
Impuesto a la Renta	1 516 802	1 516 802	1 516 802	1 516 802	1 516 802	1 516 802	1 516 802	1 516 802	1 516 802	1 516 802
<b>Utilidad Neta</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>	<b>3 539 206</b>
Reserva legal	353 921	353 921	353 921	353 921	353 921	353 921	353 921	353 921	353 921	353 921
Utilidad retenida	35 392	35 392	35 392	35 392	35 392	35 392	35 392	35 392	35 392	35 392
Dividendos	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893
Pérdidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 49 : Flujo Neto de Fondo en dólares

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión											
Capital Fijo	5 139 260										
Amortización de la deuda		1 153 039	1 108 691	1 066 050	1 025 048	985 623	947 714	911 264	876 215	842 514	810 110
Δ Capital de Trabajo		2 906 716									
<b>Total Inversión</b>	5 139 260	4 059 755	1 108 691	1 066 050	1 025 048	985 623	947 714	911 264	876 215	842 514	810 110
Utilidad Neta		1 040 121	1 198 970	1 347 345	1 485 818	1 614 930	2 358 747	2 470 658	2 574 677	2 671 247	2 760 786
Depreciación		1 987 181	1 987 181	1 987 181	1 987 181	1 987 181	1 096 376	1 096 376	1 096 376	1 096 376	1 096 376
<b>Flujo Neto de Fondos</b>	-5 139 260	-1 032 454	2 077 459	2 268 476	2 447 951	2 616 487	2 507 409	2 655 770	2 794 837	2 925 108	3 047 051
Aportes	5 139 260	1 032 454	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dividendos	-	-	925 708	1 067 083	1 199 137	1 322 378	1 437 287	2 099 285	2 198 885	2 291 462	2 377 410
Saldo Anual	-	-	1 151 751	1 201 393	1 248 813	1 294 110	1 070 121	556 485	595 952	633 645	669 642
Caja Acumulada	-	-	1 151 751	2 353 144	3 601 958	4 896 068	5 966 189	6 522 673	7 118 626	7 752 271	8 421 913

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 49: Flujo Neto de Fondo en dólares (continuación)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión										
Capital Fijo										
Amortización de la deuda										
Δ Capital de Trabajo										
<b>Total Inversión</b>										
Utilidad Neta	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206
Depreciación	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785	102 785
Flujo Neto de Fondos	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991
Aportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dividendos	2 457 099	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893
Saldo Anual	1 184 892	492 098	492 098	492 098	492 098	492 098	492 098	492 098	492 098	492 098
Caja Acumulada	9 606 804	10 098 902	10 591 000	11 083 098	11 575 195	12 067 293	12 559 391	13 051 489	13 543 587	14 035 685

Fuente: Elaboración propia



En la siguiente figura N° 14 se muestran las entradas y salidas de dinero a lo largo del horizonte de planeamiento del proyecto mediante el flujo neto de fondos

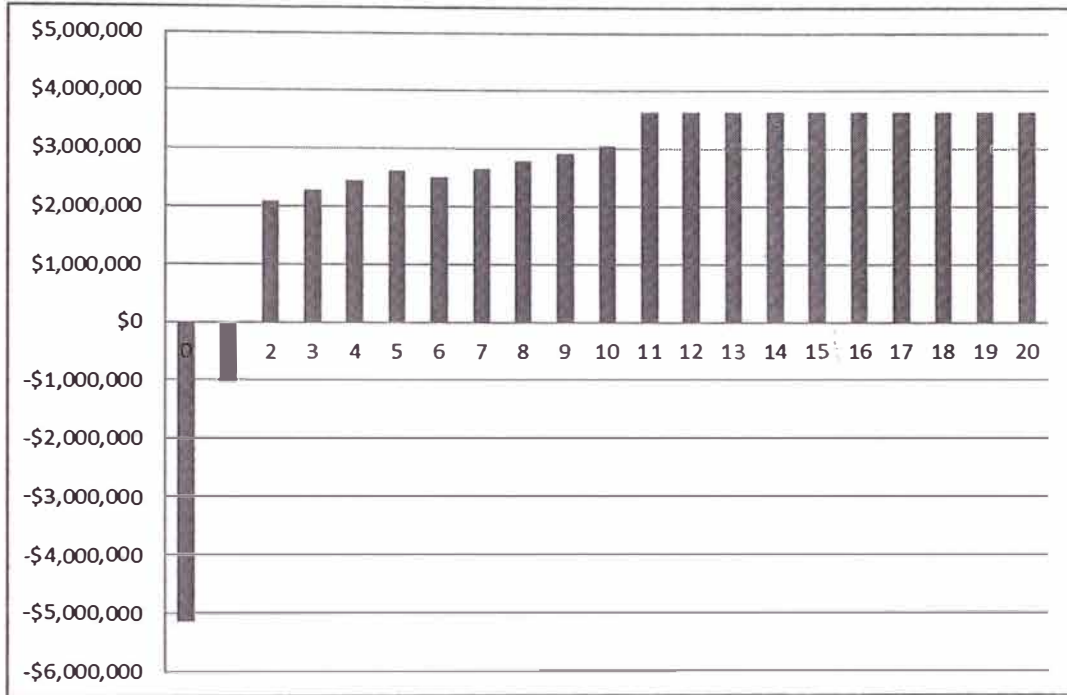


FIGURA 14 : Flujo Neto de Fondo del proyecto

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 50 Balance General Proyectado en dólares

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Activo</b>											
Caja Banco	-	-	1 151 751	2 353 144	3 601 958	4 896 068	5 966 189	6 522 673	7 118 626	7 752 271	8 421 913
Inventarios		202 796	202 796	202 796	202 796	202 796	202 785	202 785	202 785	202 785	202 785
Cuentas por cobrar		1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287
Activo e intangibles	17 130 867	14 458 452	12 471 271	10 484 091	8 496 910	6 509 730	5 413 354	4 316 979	3 220 603	2 124 228	1 027 852
<b>Total Activo</b>	17 130 867	15 898 535	15 063 106	14 277 318	13 538 951	12 845 880	12 819 615	12 279 724	11 779 301	11 316 571	10 889 837
<b>Pasivo a Corto Plazo</b>											
Cuentas por Pagar	-	760 484	760 484	760 484	760 484	760 484	760 443	760 443	760 443	760 443	760 443
Amortización de la deuda	1 199 161	1 199 161	1 199 161	1 199 161	1 199 161	1 199 161	1 199 161	1 199 161	1 199 161	1 199 161	-
Dividendos	-	925 708	1 067 083	1 199 137	1 322 378	1 437 287	2 099 285	2 198 885	2 291 462	2 377 410	2 457 099
<b>Pasivo a Largo Plazo</b>											
Deuda	10 792 446	9 593 286	8 394 125	7 194 964	5 995 804	4 796 643	3 597 482	2 398 321	1 199 161	-	-
<b>Patrimonio</b>											
Capital Social	5 139 260	3 259 362	3 259 362	3 259,362	3 259 362	3 259 362	3 259 362	3 259 362	3 259 362	3 259 362	3 259 362
Reserva Legal Acumulada	-	104 012	223 909	358 644	507 225	668 718	904 593	1 151 659	1 409 127	1 676 251	1 952 330
Utilidad Retenida Acumulada	-	10 401	22 391	35 864	50 723	66 872	90 459	115 166	140 913	167 625	195 233
Pérdida Acumulada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ajuste por inflación</b>	-	46 122	136 591	269 702	443 815	657 353	908 800	1 196 697	1 519 643	1 876 289	2 265 340
<b>Total Pasivo</b>	17 130 867	15 898 535	15 063 106	14 277 318	13 538 951	12 845 880	12 819 615	12 279 724	11 779 301	11 316 571	10 889 837

Fuente: Elaboración propia

Cuadro Nº 50: Balance General Proyectado en dólares (continuación)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Activo</b>										
Caja Banco	9 606 804	10 098 902	10 591 000	11 083 098	11 575 195	12 067 293	12 559 391	13 051 489	13 543 587	14 035 685
Inventarios	202 785	202 785	202 785	202 785	202 785	202 785	202 785	202 785	202 785	202 785
Cuentas por cobrar	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287	1 237 287
Activo e intangibles	925,067	822 282	719 496	616 711	513 926	411 141	308 356	205 570	102 785	-
<b>Total Activo</b>	<b>11 971 943</b>	<b>12 361 256</b>	<b>12 750 568</b>	<b>13 139 881</b>	<b>13 529 194</b>	<b>13 918 506</b>	<b>14 307 819</b>	<b>14 697 132</b>	<b>15 086 444</b>	<b>15 475 757</b>
<b>Pasivo a Corto Plazo</b>										
Cuentas por Pagar	760 443	760 443	760 443	760 443	760 443	760 443	760 443	760 443	760 443	760 443
Amortización de la deuda										
Dividendos	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893	3 149 893
<b>Pasivo a Largo Plazo</b>										
Deuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Patrimonio</b>										
Capital Social	3 259 392	3 259 392	3 259 392	3 259 392	3 259 392	3 259 392	3 259 392	3 259 392	3 259 392	3 259 392
Reserva Legal Acumulada	2 306 250	2 660 171	3 014 091	3 368 012	3 721 933	4 075 853	4 429 774	4 783 694	5 137 615	5 491 535
Utilidad Retenida Acumulada	230 625	266 017	301 409	336 801	372 193	407 585	442 977	478 369	513 761	549 154
Pérdida Acumulada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ajuste por inflación</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>	<b>2 265 340</b>
<b>Total Pasivo</b>	<b>11 971 943</b>	<b>12 361 256</b>	<b>12 750 568</b>	<b>13 139 881</b>	<b>13 529 194</b>	<b>13 918 506</b>	<b>14 307 819</b>	<b>14 697 132</b>	<b>15 086 444</b>	<b>15 475 757</b>

Fuente: Elaboración propia

### 8.5 Razones financieras

Nos ayudan a monitorear la salud financiera de un proyecto o empresa mediante las razones o ratios financieros. Para esto tenemos el Margen sobre las ventas, que mide la porción de las ventas convertido en utilidades antes de impuestos (Renta Neta) o después de los impuestos (utilidad neta). Este índice a su vez permite medir la sensibilidad de la rentabilidad de los ingresos por ventas y a los costos o egresos.

A su vez, se tiene el índice de rentabilidad sobre el Patrimonio, el cual mide la rentabilidad sobre el aporte propio e indica que tan bien está utilizando la empresa o proyecto los fondos de los accionistas.

Los índices se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Rentabilidad sobre el patrimonio} = \frac{\text{Utilidad..Neta}}{\text{Patrimonio}} * 100 \dots (17)$$

$$\text{Margen Antes de Impuestos} = \frac{\text{Renta..Neta}}{\text{Ventas}} * 100 \dots (18)$$

$$\text{Margen después de impuestos} = \frac{\text{Utilidad..Neta}}{\text{Ventas}} * 100 \dots (19)$$

CUADRO 51 Razones financieras del proyecto en dólares

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos (1)	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091
Renta Neta (2)	1 485 887	1 712 814	1 924 779	2 122 597	2 307 042	3 369 639	3 529 511	3 678 110	3 816 067	3 943 980
Utilidad Neta (3)	1 040 121	1 198 970	1 347 345	1 485 818	1 614 930	2 358 747	2 470 658	2 574 677	2 671 247	2 760 786
Activos (4)	17 130 867	15 898 535	15 063 106	14 277 318	13 538 951	12 845 880	12 819 615	12 279 724	11 779 301	11 316 571
Patrimonio (5)	3 373 775	3 505 662	3 653 870	3 817 310	3 994 952	4 254 444	4 526 216	4 809 431	5 103 268	5 406 954
<b>Margen de Ventas (3)/(1)</b>	<b>7%</b>	<b>9%</b>	<b>10%</b>	<b>11%</b>	<b>12%</b>	<b>17%</b>	<b>18%</b>	<b>18%</b>	<b>19%</b>	<b>20%</b>
<b>Rentabilidad sobre capital contable (3)/(5)</b>	<b>31%</b>	<b>34%</b>	<b>37%</b>	<b>39%</b>	<b>40%</b>	<b>55%</b>	<b>55%</b>	<b>54%</b>	<b>52%</b>	<b>51%</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 51: Razones financieras del proyecto en dólares (continuación)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos (1)	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091	14 006 091
Renta Neta (2)	5 056 008	5 056 008	5 056 008	5 056 008	5 056 008	5 056 008	5 056 008	5 056 008	5 056 008	5 056 008
Utilidad Neta (3)	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206	3 539 206
Activos (4)	10 889 837	11 971 943	12 361 256	12 750 568	13 139 881	13 529 194	13 918 506	14 307 819	14 697 132	15 086 444
Patrimonio (5)	5 796 267	6 185 580	6 574 892	6 964 205	7 353 518	7 742 830	8 132 143	8 521 455	8 910 768	9 300 081
<b>Margen de Ventas (3)/(1)</b>	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
<b>Rentabilidad sobre capital contable (3)/(5)</b>	61%	57%	54%	51%	48%	46%	44%	42%	40%	38%

Fuente: Elaboración propia

## 8.6 Evaluación de inversiones

### 8.6.1 Valor Presente Neto (VPN)

Ahora se procederá a evaluar la inversión del proyecto. El VPN viene a ser la suma de los FNF actualizados con la Tasa de descuento (TD), para todo el horizonte de planeamiento. El VPN se halla mediante la ecuación (20):

$$VPN_{TD,0} = \sum_{j=0}^N \frac{FNF_j}{(1+TD)^j} \dots (20)$$

El VPN representa el monto de dinero que ingresaría hoy a caja luego de cubrir todos los gastos y costos necesarios si se realizará el proyecto. El valor del VPN debe ser mayor a 0 para tener la certeza que el proyecto es rentable. En este caso se usará una tasa de descuento real de 15%/año, de esta manera se tiene que el valor del VPN es:

$$VPN_{15\%,0} = \sum_{j=0}^{20} \frac{FNF_j}{(1+15\%)^j} = \$ 0 024 715$$

VPN > 0, el proyecto es rentable

### 8.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Representa la tasa que hace que el VPN sea 0. Cabe resaltar que es un indicador relativo que mide la rentabilidad. El VPN se halla mediante la ecuación (21):

$$VPN_{TIR,0} = 0 = \sum_{j=0}^N \frac{FNF_j}{(1+TIR)^j} \dots (21)$$

Se debe cumplir que este valor debe ser mayor que el de la TD para poder afirmar que un proyecto es rentable. Es así que la TIR es:

$$TIR = 31,871 \%$$

TIR > TD, el proyecto es rentable

### 8.6.3 Relación Beneficio/Costo (B/C)

Representa la relación del Valor Presente de los ingresos y el Valor Presente de los Egresos. Esta relación nos indica cuánto dinero ingresa al proyecto por cada dólar que sale. Así mismo la relación B/C debe ser mayor que uno para considerar rentable el proyecto. Esta relación se halla mediante la ecuación (22):

$$B/C_{TD} = \frac{VPIn_{TD,0}}{VPEgr_{TD,0}} = \frac{\sum In_j / (1 + TD)^j}{\sum Egr_j / (1 + TD)^j} = \dots (22)$$

En el cuadro N° 48 se muestran los valores a partir de los cuales se calculará la relación B/C:



CUADRO 52: Datos en dólares para cálculo de la relación B/C

Año	Ingresos	Costos	FNF
0	0	5 139 260	-5 139 260
1	14 006 091	15 038 545	-1 032 454
2	14 006 091	11,928 632	2 077 459
3	14 006 091	11 737 615	2 268 476
4	14 006 091	11 558 141	2 447 951
5	14 006 091	11 389 604	2 616 487
6	14 006 091	11 498 683	2 507 409
7	14 006 091	11 350 322	2 655 770
8	14 006 091	11 211 254	2 794 837
9	14 006 091	11 080 983	2 925 108
10	14 006 091	10 959 040	3 047 051
11	14 006 091	10 364 100	3 641 991
12	14 006 091	10 364 100	3 641 991
13	14 006 091	10 364 100	3 641 991
14	14 006 091	10 364 100	3 641 991
15	14 006 091	10 364 100	3 641 991
16	14 006 091	10 364 100	3 641 991
17	14 006 091	10 364 100	3 641 991
18	14 006 091	10 364 100	3 641 991
19	14 006 091	10 364 100	3 641 991
20	14 006 091	10 364 100	3 641 991

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se tiene que la relación B/C es igual a:

$$VPIng_{15\%,0} = \sum_{j=0}^N \frac{Ing_j}{(1 + 15\%)^j} = \$ 87 668 767$$

$$VPEgr_{15\%,0} = \sum_{j=0}^N \frac{Egr_j}{(1 + 15\%)^j} = \$ 70 044 052$$

$$B/C_{TD} = \frac{VPIn_{g_{TD,0}}}{VPF_{D_{TD,0}}} = \frac{\$ 87\,668\,767}{\$ 78\,844\,052} = 1.111$$

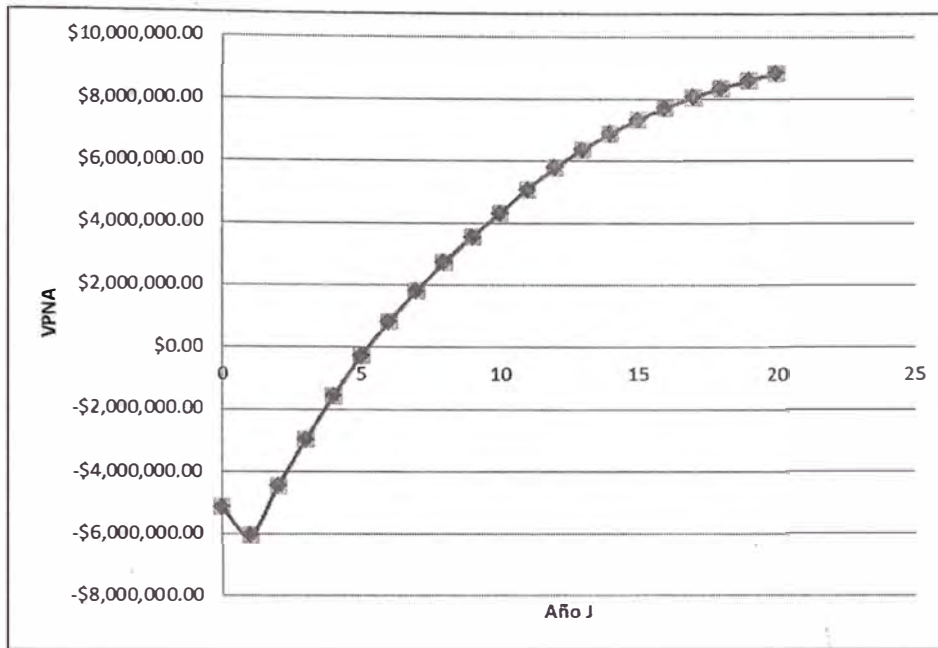
#### 8.6.4 Valor Presente Acumulado (VPA)

Representa el VPN de los primeros k años del proyecto ( $0 < k < j$ )

CUADRO 53: Valor presente Acumulado en dólares

Año	FNF	VPA
0	-5 139 260	-5 139 260
1	-1 032 454	-6 037 046
2	2 077 459	-4 466 188
3	2 268 476	-2 974 628
4	2 447 951	-1 575 005
5	2 616 487	-274 148
6	2 507 409	809 874
7	2 655 770	1 808 276
8	2 794 837	2 721 913
9	2 925 108	3 553 412
10	3 047 051	4 306 596
11	3 641 991	5 089 417
12	3 641 991	5 770 132
13	3 641 991	6 362 057
14	3 641 991	6 876 775
15	3 641 991	7 324 355
16	3 641 991	7 713 556
17	3 641 991	8 051 991
18	3 641 991	8 346 282
19	3 641 991	8 602 188
20	3 641 991	8 824 715

Fuente: Elaboración propia



**FIGURA 15 : Valor Presente Acumulado**

Fuente: Elaboración propia

### 8.6.5 Periodo de Recupero

Viene a ser el tiempo en el que VPA se hace 0 y nos indica cuanto tiempo se debe operar para recuperar la inversión. Es decir, nos indica a partir de qué momento se obtiene rentabilidad. En la Figura N° 15 se aprecia que el periodo de recupero de la inversión es 5.3 años.

### 8.7 Análisis de sensibilidad

Se identificaron como variables relevantes e independientes la cantidad de materia prima procesada, el monto invertido en equipo y el porcentaje de financiamiento de la inversión en capital fijo. En los cuadros N° 53 y 54 se muestran los rangos de valores asignados a las variables:

CUADRO 54 . Valores para materia prima

$\beta$	Materia Prima (\$/TM)
0.75	106.5
0.80	113.6
0.85	120.7
0.90	127.8
0.95	134.9
1.00	142
1.05	149.1
1.10	156.2
1.15	163.3
1.20	170.4
1.25	177.5

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 55 : Valor para financiamiento y costo de equipos.

$\beta$	Financiamiento (%)	Costo de equipos (\$)
0.50	0.35	1,653,129
0.60	0.42	1,983,754
0.70	0.49	2,314,380
0.80	0.56	2,645,006
0.90	0.63	2,975,632
1.00	0.70	3,306,257
1.10	0.77	3,636,883
1.20	0.84	3,967,509
1.30	0.91	4,298,135
1.40	0.98	4,628,760
1.43	1.00	4,727,947
1.50	-	4,959,386
2.00	-	6,612,515

Fuente: Elaboración propia

- **Materia Prima**

**CUADRO 56 : FNF para diferentes cantidades de materia prima**

$\beta$	FNF (\$)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.75	-5 139 260	-818 247	1 522 424	1 713 441	1 892 915	2 061 452	1 796 485	1 944 846	2 083 914	2 214 185	2 336 128
0.80	-5 139 260	-861 088	1 633 431	1 824 448	2 003 922	2 172 459	1 938 670	2 087 031	2 226 099	2 356 369	2 478 313
0.85	-5 139 260	-903 930	1 744 438	1 935 455	2 114 930	2 283 466	2 080 855	2 229 216	2 368 284	2 498 554	2 620 497
0.90	-5 139 260	-946 771	1 855 445	2 046 462	2 225 937	2 394 473	2 223 039	2 371 400	2 510 468	2 640 738	2 762 682
0.95	-5 139 260	-989 612	1 966 452	2 157 469	2 336 944	2 505 480	2 365 224	2 513 585	2 652 653	2 782 923	2 904 867
<b>1.00</b>	-5 139 260	-1 032 454	2 077 459	2 268 476	2 447 951	2 616 487	2 507 409	2 655 770	2 794 837	2 925 108	3 047 051
1.05	-5 139 260	-1 075 295	2 188 466	2 379 483	2 558 958	2 727 495	2 649 593	2 797 954	2 937 022	3 067 292	3 189 236
1.10	-5 139 260	-1 118 136	2 299 473	2 490 490	2 669 965	2 838 502	2 791 778	2 940 139	3 079 207	3 209 477	3 331 421
1.15	-5 139 260	-1 160 977	2 410 480	2 601 498	2 780 972	2 949 509	2 933 962	3 082 323	3 221 391	3 351 662	3 473 605
1.20	-5 139 260	-1 203 819	2 521 487	2 712 505	2 891 979	3 060 516	3 076 147	3 224 508	3 363 576	3 493 846	3 615 790
1.25	-5 139 260	-1 246 660	2 632 494	2 823 512	3 002 986	3 171 523	3 218 332	3 366 693	3 505 761	3 636 031	3 757 974

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 56: FNF para diferentes cantidades de materia prima (continuación)

$\beta$	FNF (\$)										Rentabilidad	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIR	VPN
0.75	2 931 068	2 931 068	2 931 068	2 931 068	2 931 068	2 931 068	2 931 068	2 931 068	2 931 068	2 931 068	26.36%	5 566 277
0.80	3 073 252	3 073 252	3 073 252	3 073 252	3 073 252	3 073 252	3 073 252	3 073 252	3 073 252	3 073 252	27.52%	6 217 965
0.85	3 215 437	3 215 437	3 215 437	3 215 437	3 215 437	3 215 437	3 215 437	3 215 437	3 215 437	3 215 437	28.64%	6 869 652
0.90	3 357 622	3 357 622	3 357 622	3 357 622	3 357 622	3 357 622	3 357 622	3 357 622	3 357 622	3 357 622	29.74%	7 521 340
0.95	3 499 806	3 499 806	3 499 806	3 499 806	3 499 806	3 499 806	3 499 806	3 499 806	3 499 806	3 499 806	30.82%	8 173 027
<b>1.00</b>	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	31.87%	8 824 715
1.05	3 784 176	3 784 176	3 784 176	3 784 176	3 784 176	3 784 176	3 784 176	3 784 176	3 784 176	3 784 176	32.90%	9 476 402
1.10	3 926 360	3 926 360	3 926 360	3 926 360	3 926 360	3 926 360	3 926 360	3 926 360	3 926 360	3 926 360	33.91%	10 128 090
1.15	4 068 545	4 068 545	4 068 545	4 068 545	4 068 545	4 068 545	4 068 545	4 068 545	4 068 545	4 068 545	34.90%	10 779 777
1.20	4 210 729	4 210 729	4 210 729	4 210 729	4 210 729	4 210 729	4 210 729	4 210 729	4 210 729	4 210 729	35.87%	11 431 465
1.25	4 352 914	4 352 914	4 352 914	4 352 914	4 352 914	4 352 914	4 352 914	4 352 914	4 352 914	4 352 914	36.82%	12 083 152

Fuente: Elaboración propia

- **Financiamiento**

**CUADRO 57 : FNF para diferentes montos de financiamiento**

$\beta$	FNF (\$)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.50	-11 135 064	134 076	3 142 390	3 237 899	3 327 636	3 411 905	3 223738	3 297 919	3 367 453	3 432 588	3 493 560
0.60	-9 935 903	-99 230	2 929 404	3 044 015	3 151 699	3 252 821	3 080472	3 169 489	3 252 930	3 331 092	3 404 258
0.70	-8 736 742	-332 536	2 716 418	2 850 130	2 975 762	3 093 738	2 937206	3 041 059	3 138 407	3 229 596	3 314 956
0.80	-7 537 582	-565 842	2 503 432	2 656 245	2 799 825	2 934 654	2793940	2 912 629	3 023 884	3 128 100	3 225 655
0.90	-6 338 421	-799 148	2 290 445	2 462 361	2623 888	2 775 571	2 650674	2 784 199	2 909 361	3 026 604	3 136 353
<b>1.00</b>	-5 139 260	-1 032 454	2 077 459	2 268 476	2 447 951	2 616 487	2 507409	2 655 770	2 794 837	2 925 108	3 047 051
1.10	-3 940 099	-1 265 759	1 864 473	2 074 592	2 272 014	2 457 404	2 364143	2 527 340	2 680 314	2 823 612	2 957 750
1.20	-2 740 939	-1 499 065	1 651 486	1 880 707	2 096 076	2 298 321	2 220 877	2 398 910	2 565 791	2 722 116	2 868 448
1.30	-1 541 778	-1 732 371	1 438 500	1 686 823	1 920139	2 139 237	2 077611	2 270 480	2 451 268	2 620 620	2 779 146
1.40	-342 617	-1 965 677	1 225 514	1 492 938	1 744 202	1 980 154	1 934 345	2 142 050	2 336 745	2 519 124	2 689 845
1.43	0	-2 032 336	1 164 661	1 437 543	1 693 934	1 934 701	1 893 412	2 105 356	2 304 024	2 490 125	2 664 330

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 57 FNF para diferentes montos de financiamiento (continuación)

$\beta$	FNF (\$)										Rentabilidad	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIR	VPN
0.50	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	23.94%	7 177 277
0.60	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	25.00%	7 506 764
0.70	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	26.25%	7 836 252
0.80	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	27.73%	8 165 739
0.90	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	29.56%	8 495 227
<b>1.00</b>	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	31.87%	8 824 715
1.10	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	34.96%	9 154 202
1.20	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	39.39%	9 483 690
1.30	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	46.65%	9 813 178
1.40	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	62.73%	10 142 665
1.43	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	73.02%	10 236 805

Fuente: Elaboración propia



- Costo de equipos

CUADRO 58: FNF para diferentes montos invertido en adquisición de equipos

$\beta$	FNF (\$)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.50	-2 569 630	-752 131	2 314 113	2 409 622	2 499 359	2 583 627	2 840 863	2 915 044	2 984 578	3 049 713	3 110 685
0.60	-3 083 556	-808 196	2 266 782	2 381 393	2 489 077	2 590 199	2 774 172	2 863 189	2 946 630	3 024 792	3 097 958
0.70	-3 597 482	-864 260	2 219 451	2 353 164	2 478 796	2 596 771	2 707 481	2 811 334	2 908 682	2 999 871	3 085 231
0.80	-4 111 408	-920 325	2 172 121	2 324 934	2 468 514	2 603 343	2 640 790	2 759 479	2 870 734	2 974 950	3 072 505
0.90	-4 625 334	-976 389	2 124 790	2 296 705	2 458 232	2 609 915	2 574 100	2 707 624	2 832 786	2 950 029	3 059 778
<b>1.00</b>	-5 139 260	-1 032 454	2 077 459	2 268 476	2 447 951	2 616 487	2 507 409	2 655 770	2 794 837	2 925 108	3 047 051
1.10	-5 653 186	-1 088 518	2 030 128	2 240 247	2 437 669	2 623 059	2 440 718	2 603 915	2 756 889	2 900 187	3 034 325
1.20	-6 167 112	-1 144 582	1 982 797	2 212 018	2 427 387	2 629 632	2 374 027	2 552 060	2 718 941	2 875 266	3 021 598
1.30	-6 681 038	-1 200 647	1 935 467	2 183 789	2 417 106	2 636 204	2 307 336	2 500 205	2 680 993	2 850 345	3 008 871
1.40	-7 194 964	-1 256 711	1 888 136	2 155 560	2 406 824	2 642 776	2 240 645	2 448 350	2 643 045	2 825 424	2 996 145
1.50	-7 708 890	-1 312 776	1 840 805	2 127 331	2 396 543	2 649 348	2 173 954	2 396 495	2 605 097	2 800 502	2 983 418
2.00	-10 278 520	-1 653 055	1 604 151	1 986 186	2 345 134	2 682 208	1 840 499	2 137 221	2 415 357	2 675 897	2 919 784

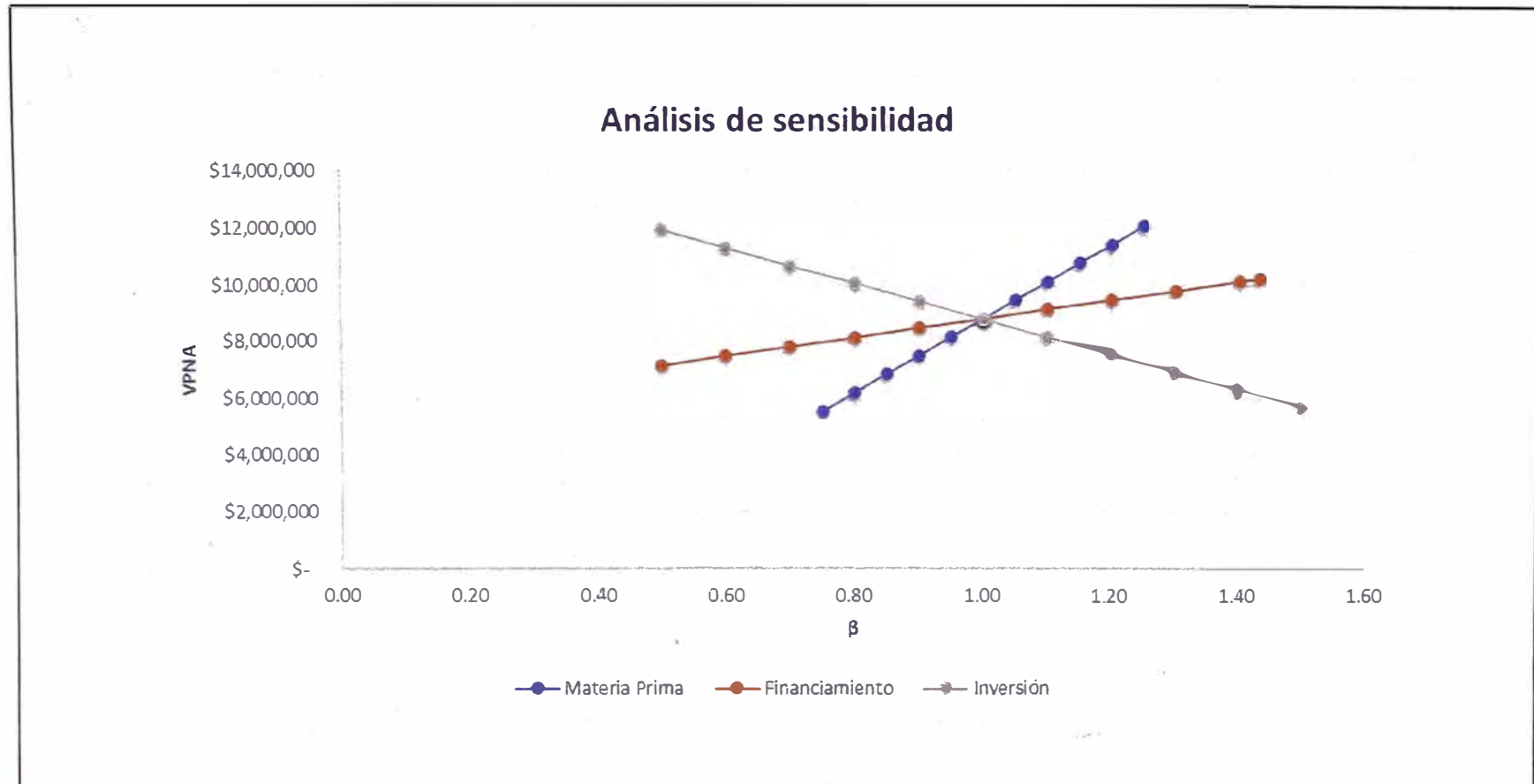
Fuente: Elaboración propia

CUADRO 58: FNF para diferentes montos invertidos en adquisición de equipos durante el horizonte del proyecto (continuación)

$\beta$	FNF (\$)										Rentabilidad	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIR	VPN
0.50	3 358 561	3 358 561	3 358 561	3 358 561	3 358 561	3 358 561	3 358 561	3 358 561	3 358 561	3 358 561	53.42%	11 926 104
0.60	3 415 247	3 415 247	3 415 247	3 415 247	3 415 247	3 415 247	3 415 247	3 415 247	3 415 247	3 415 247	46.90%	11 305 826
0.70	3 471 933	3 471 933	3 471 933	3 471 933	3 471 933	3 471 933	3 471 933	3 471 933	3 471 933	3 471 933	41.88%	10 685 548
0.80	3 528 619	3 528 619	3 528 619	3 528 619	3 528 619	3 528 619	3 528 619	3 528 619	3 528 619	3 528 619	37.88%	10 065 271
0.90	3 585 305	3 585 305	3 585 305	3 585 305	3 585 305	3 585 305	3 585 305	3 585 305	3 585 305	3 585 305	34.61%	9 444 993
<b>1.00</b>	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	3 641 991	31.87%	8 824 715
1.10	3 698 677	3 698 677	3 698 677	3 698 677	3 698 677	3 698 677	3 698 677	3 698 677	3 698 677	3 698 677	29.55%	8 204 437
1.20	3 755 363	3 755 363	3 755 363	3 755 363	3 755 363	3 755 363	3 755 363	3 755 363	3 755 363	3 755 363	27.54%	7 584 159
1.30	3 812 049	3 812 049	3 812 049	3 812 049	3 812 049	3 812 049	3 812 049	3 812 049	3 812 049	3 812 049	25.80%	6 963 881
1.40	3 868 735	3 868 735	3 868 735	3 868 735	3 868 735	3 868 735	3 868 735	3 868 735	3 868 735	3 868 735	24.26%	6 343 603
1.50	3 925 421	3 925 421	3 925 421	3 925 421	3 925 421	3 925 421	3 925 421	3 925 421	3 925 421	3 925 421	22.90%	5 723 325
2.00	4 208 851	4 208 851	4 208 851	4 208 851	4 208 851	4 208 851	4 208 851	4 208 851	4 208 851	4 208 851	17.79%	2 569 799

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 16 : Análisis de Sensibilidad para variables seleccionadas



Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- La capacidad total de producción prevista de la planta es 200 Tm de limón/día, sin embargo se ha trabajado al 71%, quiere decir 142 Tm/día, con lo cual se obtiene un rendimiento de 568 kg de aceite esencial / día, trabajando 1 turno diario de 10 horas durante 9 meses y a doble turno durante 2 meses (temporada alta).
- La suma necesaria de inversión asciende a \$20 041 794 distribuidos en inversión fija (\$ 17 130 867.) y capital de trabajo (\$ 2 910 927).
- Los valores de los indicadores obtenidos son positivos, un VPNA que asciende a un valor de \$ 8 824 715, y una relación B/C = 1.11 (B/C > 1 para ser rentable).
- Se demostró mediante el estudio técnico – económico que el proyecto es rentable durante el horizonte de planeamiento seleccionado. Se obtuvo una TIR de 31,871 % (TIR > TD)
- El periodo de recupero es de 5.3 años, lo cual indica que a partir de dicha fecha se habrá recuperado la inversión inicial hecha para la construcción y la puesta en marcha de la empresa.
- Mediante un análisis de sensibilidad económica se identifican que las variables más influyentes para el proyecto son: materia prima, financiamiento e inversión; de esta manera, se tiene que al procesar una menor cantidad de materia prima o invertir un mayor monto en equipos produce un menor VPNA y una TIR cercana a la TD, mientras que al aumentar el monto de la inversión que se financiara se obtiene un mayor VPNA y una TIR cercana al 70%.
- Se concluye que las variables más importantes en la destilación son: el flujo de vapor sobre saturado y la temperatura del condensado de aceite esencial.
- El abastecimiento de materia prima (limón sutil) está asegurada debido a que se requerirá en promedio un 27% de la producción de limón de toda la Región Piura.

- La cadena de producción debe implicar el procesamiento del limón desde la extracción del aceite esencial, el jugo, la cáscara deshidratada, hasta el compost (ciclo cerrado de producción) minimizando los residuos sólidos.
- En el estudio técnico económico para la producción de aceite esencial de limón, es necesario la venta de la cáscara deshidratada, jugo de limón y del aceite esencial del limón, para ser rentable el proyecto.

**RECOMENDACIONES**

- Se recomienda evaluar de modo experimental el método de extracción de aceite esencial de limón con arrastre de vapor, versus los métodos de centrifugación y expresión, determinando los compuesto hidrocarbonados, oxigenados y residuos no volátiles.
- Investigar acerca de tecnologías modernas que permitan un mayor porcentaje de obtención de aceite esencial de limón, sin que esto comprometa la calidad.
- Buscar optimizar la producción de los tres productos mencionados en el presente trabajo; debido a que hacen viable la inversión, sin embargo el trabajo fue centrado principalmente en la obtención del aceite esencial de limón.
- Cuando la demanda aumente del limón sutil se sugiere incentivar el cultivo en los terrenos eriazos mejorando de este modo la productividad de la región Piura, así como también incentivando mayores puestos de trabajo.
- Los métodos de producción más limpia (PML) incentivan una producción acorde con la preservación del medio ambiente, aprovechando al máximo las materias primas y los recursos; se sugiere investigar como PML puede mejorar aún más la productividad reaprovechando todos los residuos de la cáscara del limón.

**BIBLIOGRAFÍA**



1. Bandoni, A. (2003). *Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica. (Capítulos I, III, IX- XIV).
2. Montero, S. (2010). *Control de calidad de Cáscara Deshidratada y Empaque de Limón para Exportación*. Ancash: Perú, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería.
3. Rueda, R. (2005). *Diseño de una Planta para la Concentración de Jugos Cítricos y la obtención de Aceites Esenciales y otros Subproductos*. (pp: 31-41). Bogotá, Colombia: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físico Químicas.
4. Guerrero, D. & Flores, A. (2012). *Diseño y Experimentación de la línea de producción de una Planta Procesadora de Limones*. (pp: 20-25, 32-35, 38-42). Piura: Perú. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.
5. Fichas técnicas del aceite esencial destilado y centrifugado. Recuperado el 20 de Enero del 2016 en: <http://www.limonespiuranos.com>.
6. Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones. Recuperado el 20 de Enero del 2016 en: <http://webinei.inei.gob.pe:8080/SIRTOD/#>
7. Ficha regiones Piura y Lambayeque. Recuperado el 18 de Enero del 2016 en: [http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/ficharegion/general/INF\\_GEN\\_PIURA.PDF](http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/ficharegion/general/INF_GEN_PIURA.PDF)
8. Comercio Exterior para el Agro. Recuperado el 20 de Enero del 2016 en <http://sistemas.minagri.gob.pe/sisnex/exportaciones/mensualizadoIN>
9. Santiesteban, J. (2012). *Aceites Esenciales de Limón en el Mercado del Reino Unido*. Recuperado el 20 de Enero del 2016 en: <http://johnsantisteban.blogspot.pe/>

10. Koo, W. (2015). *Limón, Aceite Exportación Diciembre 2015*. Recuperado el 20 de Enero del 2016 en: <http://www.agrodataperu.com/category/limon-aceite-exportacion>.
11. Sunat. Recuperado el 15 de Junio del 2016 <http://www.sunat.gob.pe/legislacion/oficios/2006/oficios/i1962006.htm>
12. Construction Cost Index: [http://www.american-appraisal.com/AA-Files/Library/PDF/ConstructionCostIndices\\_July20.pdf](http://www.american-appraisal.com/AA-Files/Library/PDF/ConstructionCostIndices_July20.pdf)
13. Max, S. & Peters, K. (1991). *Plant Design and Economics for chemical engineers*. San Francisco: USA. Mc Graw Hill.
14. García, C. & Soberano, I. (2014). *Manual para la elaboración de Tesis Profesional para Licenciatura*. México: México. Universidad de Xalapa.
15. Villegas E. (1987). Estudio de Factibilidad para la Obtención de Aceite Esencial de Limón Sutil (*Citrus aurantifolia*). Ayacucho-Perú. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia. Pp
16. Rivera, P. (2007). *Modelamiento para la simulación y control dinámico del proceso de arrastre con vapor del aceite esencial de limón*. Piura: Perú. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas.
17. Kimball, D. (2002). *Procesado de cítricos*. Zaragoza: España. Editorial ACRIBIA.
18. Ortiz, C. (1998). *Situación Actual del aceite esencial de limón*. Lima: Perú. Cítricos Peruanos S.A.
19. Morfología de plantas vasculares. Tema 24: Fecundación y embriogénesis. 24.6. Anatomía del Fruto. Recuperado el 20 de Enero del 2016. <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema24/24-6fruto.htm>.
20. Crick, F. (1994). *La búsqueda científica del alma*. Madrid: España. Editorial: Debate.



## **ANEXOS**

**ANEXO N° 1: INFORME DE ENSAYO – MUESTRA EXPERIMENTAL DE ACEITE ESENCIAL DEL LIMÓN OBTENIDO EN EL LABORATORIO DE QUIMICA**

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS			
<p><b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>N° 133-04</b></p> <p> <b>Cliente</b> : Universidad Nacional de Ingeniería  <b>Dirección</b> : Av. Tupac Amaru No. 2101 – Lima 25  <b>Atención</b> : Sr. David Chirinos ó Victor Quispe  <b>Referencia USAQ</b> : 110-01  <b>N° Cotización</b> : 127-2004/USAQ  <b>Muestra</b> : Composición Aceite Esencial de Limón  <b>Fecha de Recepción</b> : 02/04/04  <b>Fecha de Emisión</b> : 07/04/04         </p>				
<p><b>RESULTADOS – MUESTRA DE ACEITE ESENCIAL DE LIMON.</b></p>				
TIEMPO (min)	COMPUESTO	PM	FORMULA	% AREA
1.045	Pentane,2-methyl.	86	$C_5H_{14}$	0.1402
3.595	Alpha-Pinene	136	$C_{10}H_{16}$	3.3953
2.795	Camphene	136	$C_{10}H_{16}$	0.7693
3.221	Beta-Pinene	136	$C_{10}H_{16}$	11.1120
3.287	Beta-Myrcene	136	$C_{11}H_{16}$	2.3864
3.745	Alpha- Terplene.	136	$C_{12}H_{16}$	1.7280
4.13	Limonene.	136	$C_{10}H_{16}$	36.1367
4.163	1,3,6 Octatriene,1,7-dimethyl.	136	$C_{10}H_{16}$	0.4050
4.463	Gamma Terpinene	136	$C_{10}H_{16}$	11.4351
4.813	Alpha-terpinolene	136	$C_{10}H_{16}$	3.6424
5.004	L-Hualool	154	$C_{10}H_{18}O$	0.7364
5.32	Bicyclo 2,2,1 heptan-2-ol, 1,3,3 - trimethyl	154	$C_{11}H_{18}O$	0.9259
5.954	Beta terpineol.	154	$C_{10}H_{18}O$	0.2162
6.179	Endo-Borneol	154	$C_{10}H_{18}O$	0.4482

IE-133-04 (Página 1 de 2)

---

Av. Venezuela Cota. 34 - Ciudad Universitaria - Pabellón D Química. Telf.: (51-1) 461 1479 Telf./Fax: (51-1) 452-3713 / 452-2000 / 452-0923  
 E-mail: usaq@unsm.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



TIEMPO (min)	COMPUESTO	PM	FORMULA	% AREA
6.49	3-cyclohexen-1-ol,4 methyl-1-(1-methyl ethyl)	154	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	4.6912
6.82	L-alpha-terpineol	154	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	12.1192
7.48	Z-citral	152	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	1.1912
7.94	E-citral	152	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	2.0398
9.26	Neryl acetate	196	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.5137
9.80	Dodecanal	184	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O	0.2103
9.93	Alpha farnesene	204	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	2.0033
10.19	Beta farnesene	204	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.1154
10.33	Beta santalene	204	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.0486
10.46	Alpha humulene	204	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.1172
10.93	E,E- Alpha-farnesene	204	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.2948
11.08	Beta-bisabolene	204	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.6874
11.91	Germacrene B.	204	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.2908

Muestra proporcionada por el cliente.

METODO: USAQ - ME - 011 Determinación de composición por GC-MS



*Carmen López Castro*  
Qca. Carmen López Castro  
Directora (e) de la USAQ  
CQP:0520

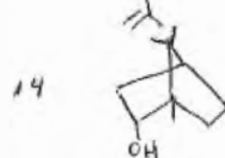
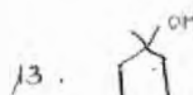
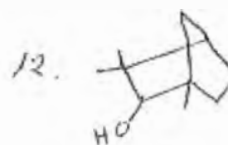
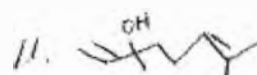
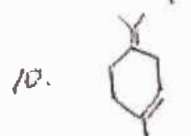
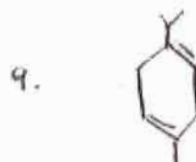
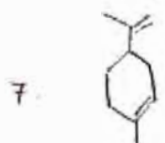
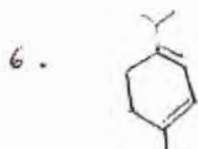
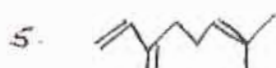
DNR - Documento Normativo de Referencia

- El presente Informe se refiere únicamente a la Muestra analizada, cualquier corrección o comentario en el contenido del presente Informe lo anula automáticamente.

(E-133-04 (Página 2 de 2))



/10 - ct.

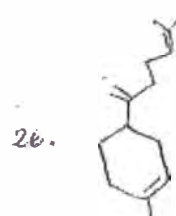
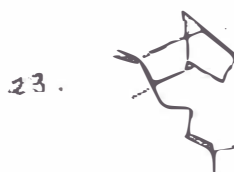
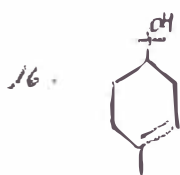
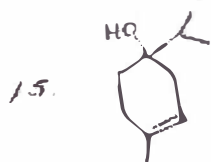
Estructuras.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
 FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
 UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



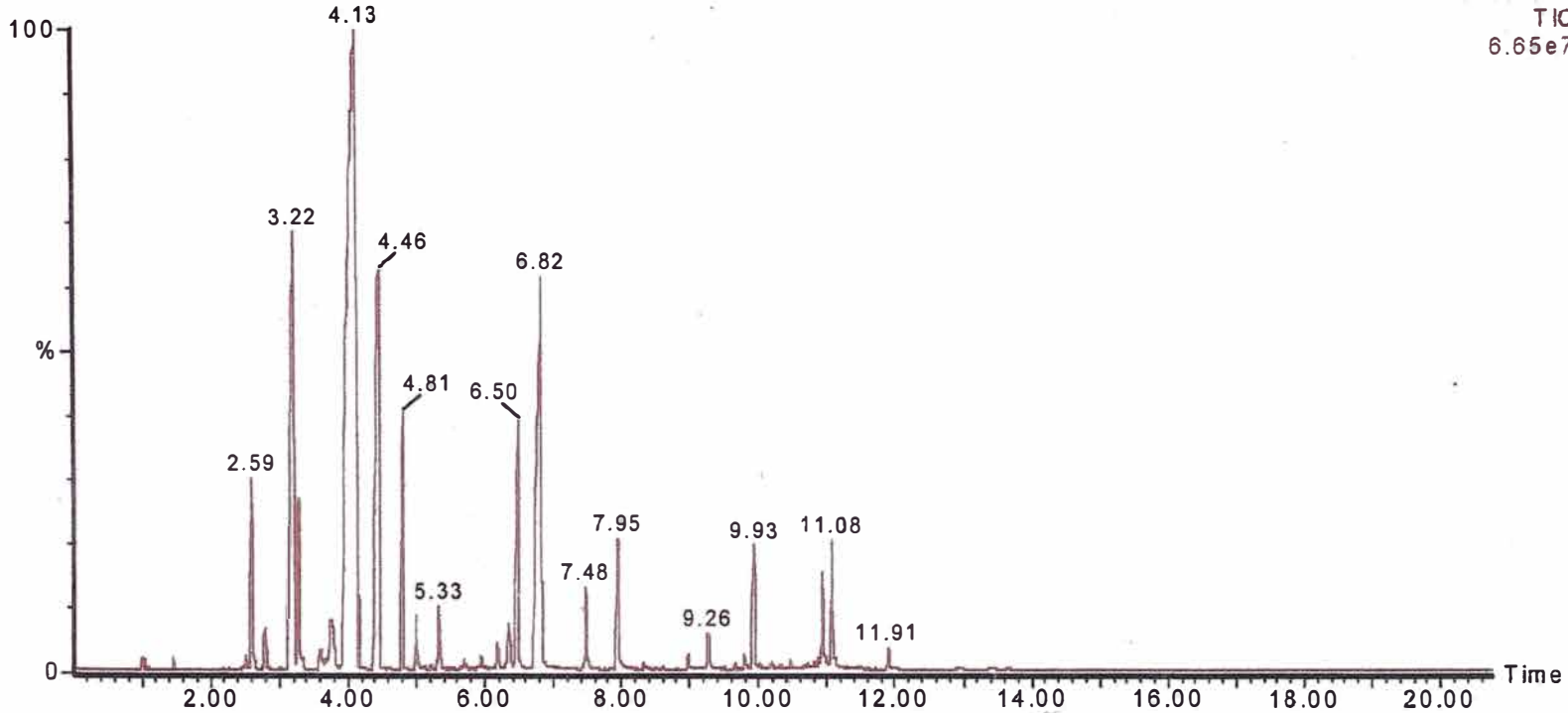
110.-01 (continuación).



110-01 ACEITE LIMON

110-01

Scan E1+  
TIC  
6.65e7



## ANEXO N° 2

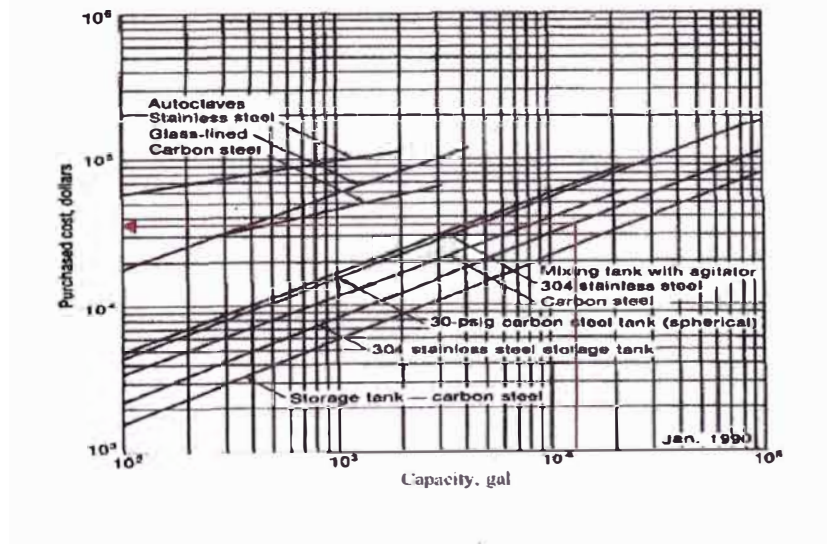
En lo relacionado al cálculo de monto a gastar en la adquisición de equipos, este monto se calculó con ayuda del el libro Peter -Klaus D.Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, y se siguió la siguiente metodología:

- Gestionar, adquirir y averiguar acerca de cotizaciones para los equipos principales, servicios y demás componentes de la inversión de capital fijo; o calcular el valor de los equipos principales con ayuda de tablas de diagramas de costo de capital vs capacidad.
- En el caso de los costos obtenidos mediante tablas, actualizarlos usando los índices de costos (se pueden emplear los índices de Marshall y Swift o Índice Chemical Engineering).

A continuación un ejemplo de cálculo haciendo uso de los diagramas de costo de capital vs capacidad:

Como primer paso se procederá a calcular de los tanques de almacenamiento:

Cuadro N° 58: Costo de tanques a presión, mezclado y almacenamiento. El precio de los tanques de mezclado incluye el costo de las bombas



Se tiene que la capacidad de los tanques es de  $60 \text{ m}^3$ , un equivalente a 15850,33 galones, del gráfico se obtiene que un tanque costará aproximadamente \$ 37 000,00 del año 1990.

Para obtener el valor actual se usará la siguiente relación:

$$\text{Costo del año B} = \text{Costo del año A} \left( \frac{\text{Indice del año B}}{\text{Indice del año A}} \right)$$

De esta manera se tiene:

$$\text{Costo.del.Total} = 37000 \times \frac{576.1}{356} = \$59\,875,56$$



**ANEXO N° 3: Registro fotográfico**

**INDDA (Instituto de Desarrollo Agroindustrial) – UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina). Planta Piloto de Aceites y Grasas.**

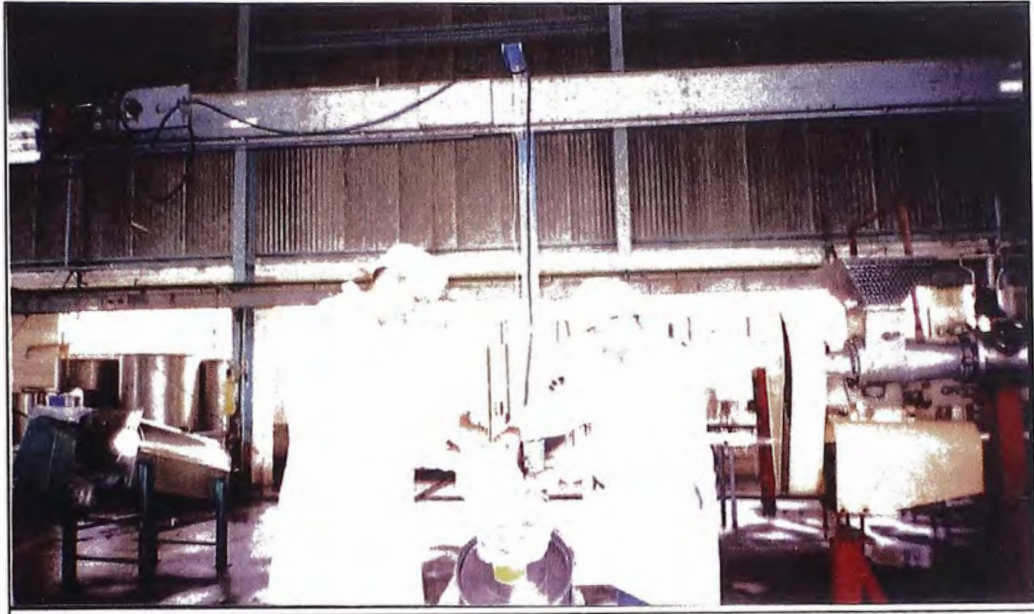


Foto N°1: Trozando del limón con el equipo piloto – Trituradora marca RITZ



Foto N°2: Equipo piloto – Tornillo sin fin utilizado para obtener el licor del limón



Foto N°3: Obteniendo el licor del limón



Foto N°4: Tomando una muestra del licor del limón

**Laboratorio N° 14 (Química Orgánica) - UNI**

Foto N°5: El licor del limón obtenido en el INDDA se ingresa en el balón de destilación

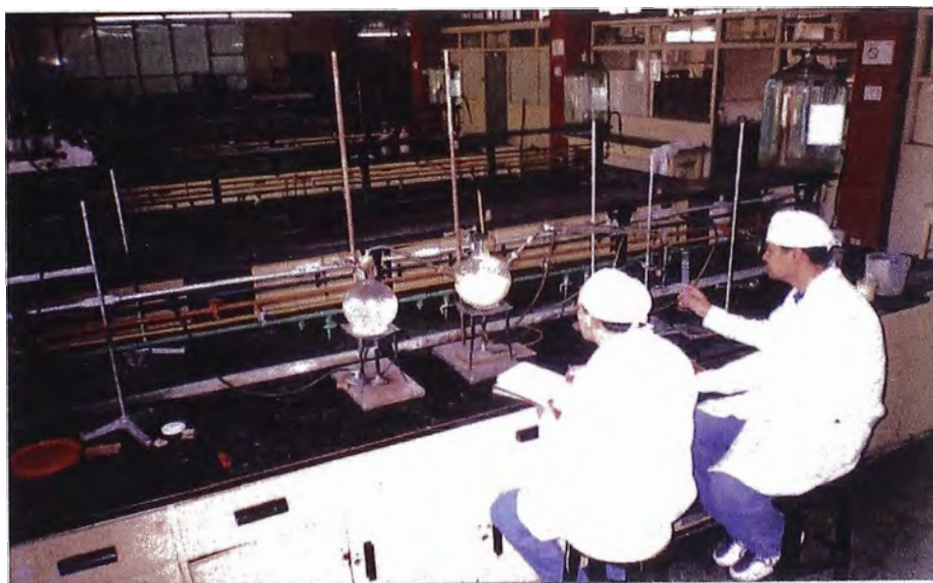


Foto N°6: Destilando el licor de limón obtenido.

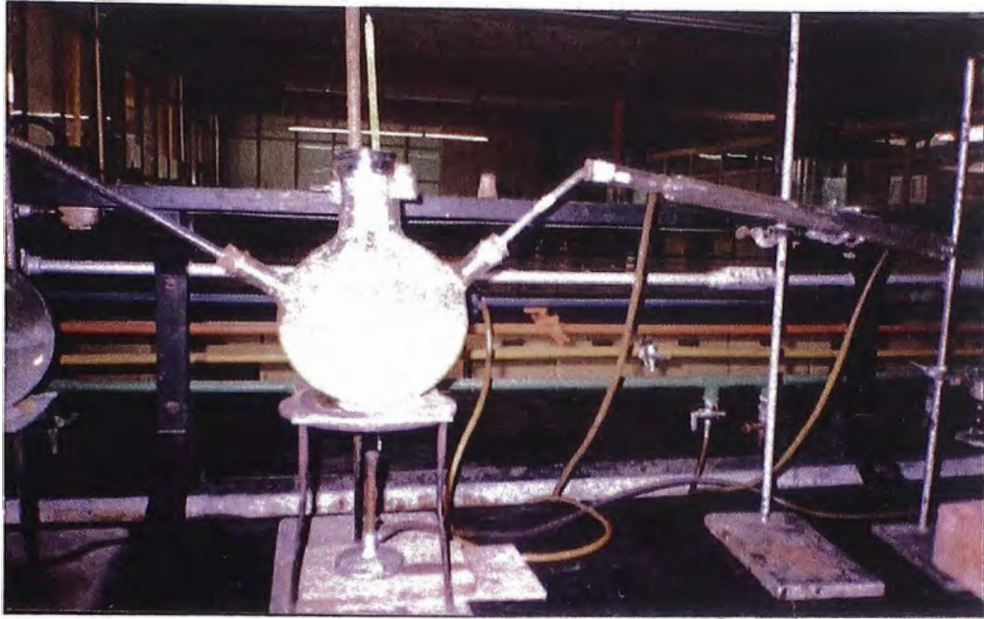


Foto N°7: Obteniendo el Aceite Esencial de Limón



Foto N°8: Obteniendo la Cascara del Limón

**Laboratorio N° 23 (Operaciones Unitarias) - UNI**



Foto N°9: Alimentando con el Licor al Destilador

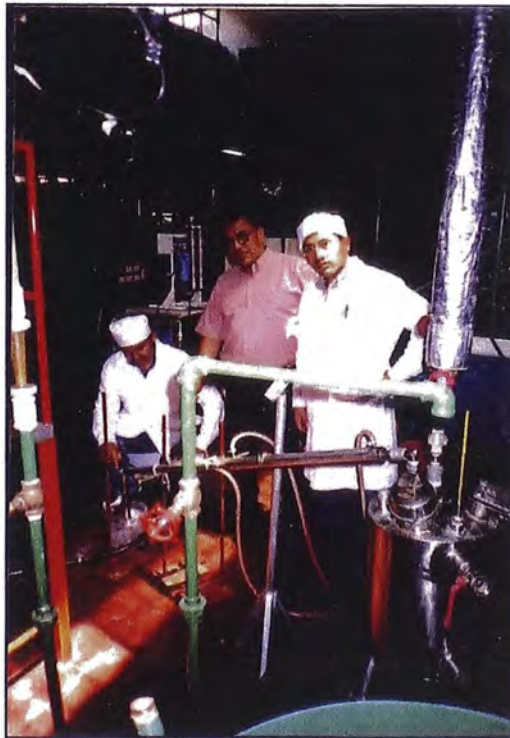


Foto N°10: Obteniendo Aceite Esencial de Limón