Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL EPICARPIO DEL LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA*), A ESCALA LABORATORIO Y ESCALA PLANTA PILOTO, REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC

Carmen Juan Andrés
Asesorado por la Inga. Sidrid Calderón de León

Guatemala, Julio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL EPICARPIO DEL LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA*), A ESCALA LABORATORIO Y ESCALA PLANTA PILOTO, REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARMEN JUAN ANDRÉS
ASESORADO POR LA INGA. SIGRID CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

GUATEMALA, JULIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de de León
EXAMINADOR	Ing. José Mario Saravia Molina
EXAMINADOR	Ing. Fredy Haroldo Gramajo Estrada
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL EPICARPIO DEL LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA*), A ESCALA LABORATORIO Y ESCALA PLANTA PILOTO, REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 3 de octubre de 2012.

Carmen Juan Andrés

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 02 de mayo de 2013.
REF.EPS.DOC.514.05.13

Ingeniero
José Mario Saravia
Coordinador de la Carrera Ingeniería en
Industrias Agropecuarias y Forestales
Facultad de Agronomía.

Estimado ingeniero Saravia.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, **Carmen Juan Andrés,** Carné No. **200718177** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL EPICARPIO DEL LIMÓN PERSA (CITRUS LATIFOLIA, TANAKA), A ESCALA LABORATORIO Y ESCALA PLANTA PILOTO, REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC".**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

SACdL/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 02 de mayo de 2013.
REF.EPS.D.324.05.13

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL EPICARPIO DEL LIMÓN PERSA (CITRUS LATIFOLIA, TANAKA), A ESCALA LABORATORIO Y ESCALA PLANTA PILOTO, REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Carmen Juan Andrés** quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León**.**

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación como Asesora-Supervisora de EPS y Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Directora Unidad de EPS

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

SACdL/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.077.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL EPICARPIO DEL LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA, TANAKA*), A ESCALA LABORATORIO Y ESCALA PLANTA PILOTO, REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC,** presentado por la estudiante universitaria **Carmen Juan Andrés,** apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2013.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.205.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL EPICARPIO DEL LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA, TANAKA*), A ESCALA LABORATORIO Y ESCALA PLANTA PILOTO, REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC,** presentado por la estudiante universitaria **Carmen Juan Andrés**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, julio de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.541.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL EPICARPIO DEL LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA, TANAKA*), A ESCALA LABORATORIO Y ESCALA PLANTA PILOTO, REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC,** presentado por el estudiante universitario: **Carmen Juan Andrés,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, agosto de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por el gran amor hacia mí.
Mis padres	Jaime Juan y Tina Andrés de Juan, por su amor, apoyo incondicional y guía en mi vida.
Mis hermanos	Gonzalo, Elías, Juan y Cecilia Juan Andrés, por su amor incondicional y apoyo en los años de carrera.
Mi esposo	Elías Rodríguez, por su amor y apoyo incondicional en los años de la carrera.
Mis hijos	Helen Sarahí y Rafael Adelardo Rodríguez Juan, por permitirme expresarles mi amor.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme formado como profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Centro de Investigaciones de Ingeniería CII	Por permitirme hacer mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones.
Al Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	Por su colaboración durante la elaboración de este trabajo de investigación.
Inga. Thelma Cano	Por su apoyo y confianza en el desarrollo del trabajo.
Ing. Mario Mérida	Por su apoyo y confianza en el desarrollo del trabajo.
Bernabé Salvador	Por su colaboración durante la elaboración del trabajo de investigación.
Mis amigos	Gloria López, Jessica Fuentes, Ana Guzmán, Federico Hernández, Gelver Larios, Jaime Pérez.
Mi asesor	Por su apoyo durante la elaboración del informe.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES……... IX
GLOSARIO…… XIII
RESUMEN……. XVII
OBJETIVOS…….. XIX
INTRODUCCIÓN……. XXI

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA……..…….. 1
1.1. Descripción del Centro de Investigaciones de Ingeniería.. 1
1.1.1. Nombre de la organización……..... 1
1.1.2. Tipo de la organización……... 1
1.1.3. Descripción…… 2
1.2. Visión……. 4
1.3. Misión……..……..... 5
1.4. Recursos humanos..…….. 5
1.4.1. Encargado y supervisor de la planta piloto LIEXVE……..……. 6
1.4.2. Investigador (I) de LIEXVE……..…….. 6
1.4.3. Investigador (II) de LIEXVE…… 6
1.4.4. Auxiliares de Investigación de LIEXVE……. 6
1.5. Cuerpo Ejecutivo……..... 7
1.6. Organigrama general……..……..... 7
1.7. Ubicación del Centro de Investigaciones de Ingeniería…… 9

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL……..... 11
2.1. Diagnóstico……..……. 11
2.1.1. Antecedentes……. 11
2.1.2. Lluvia de ideas……... 12
2.1.3. Organización de las ideas…… 12
2.1.4. Definición del proyecto……. 13
2.1.5. Resultado…… 13
2.2. Referencia teórica…… 13
2.2.1. Limón persa…… 14
2.2.1.1. Clasificación científica o taxonómica 14
2.2.1.2. Origen……..……..….. 14
2.2.1.3. Descripción……..……. 15
2.2.1.3.1. Flavedo (epidermis + hipodermis) y albedo……. 15
2.2.1.3.2. Endocarpo……..... 16
2.2.1.4. Clima……..... 17
2.2.1.5. Siembra……..... 17
2.2.1.6. Cosecha……..... 18
2.2.1.7. Departamentos que producen limón en Guatemala……... 18
2.2.2. Usos e importancia del aceite esencial……..... 20
2.2.3. Propiedades físicas y químicas……..... 22
2.2.3.1. Propiedades físicas……. 22
2.2.3.2. Propiedades químicas..... 22
2.2.3.3. Clasificación arancelaría del aceite esencial de limón……. 26
2.3. Estudio de factibilidad de la extracción de aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*)…..……..... 27

2.3.1. Estudio de mercado…..…….. 27
2.3.1.1. Análisis de la demanda..…….. 27
2.3.1.1.1. Recopilación de información de fuentes secundarias. 28
2.3.1.1.2. Proyección de datos. 29
2.3.1.2. Análisis de la oferta……... 32
2.3.1.2.1. Número de productores y localización……. 33
2.3.1.2.2. Proyección de la oferta……... 35
2.3.1.3. Demanda potencial insatisfecha….. 38
2.3.1.4. Análisis de precios……. 39
2.3.1.4.1. Determinación del precio..…… 40
2.3.1.5. Comercialización del producto……. 42
2.3.1.5.1. Canales de distribución……. 42
2.3.2. Estudio técnico…….. 42
2.3.2.1. Determinación del tamaño óptimo de la planta…….. 43
2.3.2.1.1. Método de escalación…….. 43
2.3.2.2. Localización óptima del proyecto…. 45
2.3.2.2.1. Localización por el Método Cualitativo de Puntos Ponderados…… 45

2.3.2.3. Ingeniería del proyecto……..…… 47
2.3.2.3.1. Descripción por el método de extracción hidrodestilación……. 47
2.3.2.3.2. Descripción por el método de extracción prensado en frío…….. 51
2.3.2.3.3. Descripción del proceso de producción por el método de arrastre de vapor directo……. 54
2.3.2.3.4. Técnicas de análisis del proceso de producción para el método de arrastre por vapor directo…... 58
2.3.2.4. Distribución de planta…… 61
2.3.2.4.1. Método SLP (Systematic Layout Planning)…… 61
2.3.2.5. Organización del recurso humano.. 64
2.3.2.5.1. Gerente general…… 65
2.3.2.5.2. Contador…….. 65
2.3.2.5.3. Jefe de operaciones. 65
2.3.2.5.4. Encargado de compra venta..……... 65
2.3.2.5.5. Operario……. 66

2.3.3. Costo…….. 66
2.3.3.1. Datos……... 66
2.3.3.2. Costos de producción……... 67
2.3.3.2.1. Materia prima..…….. 67
2.3.3.2.2. Empaque y embalaje 68
2.3.3.2.3. Mano de obra…… 69
2.3.3.2.4. Agua potable……. 70
2.3.3.2.5. Combustible……... 71
2.3.3.2.6. Equipo de protección y limpieza…… 72
2.3.3.2.7. Mantenimiento del equipo……. 73
2.3.3.2.8. Cristalería……... 73
2.3.3.2.9. Energía eléctrica…... 74
2.3.3.2.10. Depreciación…… 75
2.3.3.2.11. Resumen de costos de producción..…… 76
2.3.3.3. Costos de administración…….. 77
2.3.3.4. Costos de venta…….. 78
2.3.3.5. Costos totales de operación……. 78
2.3.4. Rendimiento y resultado del análisis fisicoquímico del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*), por los tres métodos de extracción…….. 80
2.3.4.1. Rendimiento del aceite esencial por los tres métodos de extracción. 80
2.3.4.2. Resultado del análisis físico……. 81
2.3.4.3. Composición química del aceite esencial de limón persa (*Citrus*

latifolia)……. 82
3. FASE DE INVESTIGACIÓN……... 91
3.1. Definición del agua……... 91
3.2. Usos del agua……... 91
3.3. Consecuencias ambientales en el consumo del agua…….... 92
3.4. Diagnóstico…… 93
3.4.1. Situación actual del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) en el consumo de agua…..……... 93
3.4.1.1. Dentro del laboratorio…… 93
3.4.1.2. Lavamanos…….. 94
3.4.1.3. Planta piloto…… 96
3.4.1.3.1. Caldera……... 96
3.4.1.3.2. Sistema de enfriamiento……... 96
3.4.1.3.3. Limpieza……. 97
3.5. Plan de reducción de consumo de agua…….. 98
3.5.1. Dentro del laboratorio……..... 99
3.5.2. Lavamanos……. 99
3.5.2.1. Propuesta 1 ……. 99
3.5.2.2. Propuesta 2…….. 100
3.5.3. Planta Piloto…… 101
3.5.3.1. Caldera…….. 101
3.5.3.1.1. Propuesta 1……. 101
3.5.3.1.2. Propuesta 2……. 102
3.5.3.2. Sistema de enfriamiento……. 103
3.5.3.3. Limpieza…… 103
3.5.3.3.1. Propuesta 1……. 103
3.5.3.3.2. Propuesta 2……. 104

3.5.3.3.3. Propuesta 3……. 104
3.6. Ahorro de agua anual…….. 104

4. FASE DE DOCENCIA……. 107
4.1. Diagnóstico de la necesidad de capacitación……. 107
4.2. Programación de capacitación……... 110
4.2.1. Contenido…… 110
4.2.1.1. Capacitación sobre los extractos vegetales……... 111
4.2.1.2. Capacitación en uso de equipo de laboratorio……. 112
4.2.1.3. Capacitación en uso de equipo de la planta piloto……..….. 112
4.2.1.4. Curso de extractos vegetales…… 113
4.2.1.5. Diplomado en Gestión de la Calidad 113
4.2.1.6. Seminario de Tecnología de los Alimentos…….. 113
4.2.1.7. Seminario de Producción más Limpia…… 113
4.3. Evaluación de las capacitaciones……. 114
4.4. Aporte al Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)…… 114

CONCLUSIONES……. 125
RECOMENDACIONES……... 127
BIBLIOGRAFÍA……. 129
ANEXOS…… 131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería……. 8
2. Ciudad Universitaria, zona 12, de la ciudad de Guatemala…….. 9
3. Partes del fruto de cítricos……... 16
4. Cavidades oleíferas.…… 17
5. Mapa de Guatemala con sus departamentos…….. 20
6. Diagrama de flujo de proceso …… 59
7. Diagrama de relación de actividades del Área de Producción……. 62
8. Diagrama de hilos de la empresa…….. 63
9. Diagrama de recorrido de la planta de extracción de aceite esencial…….. 63
10. Organigrama general de la empresa……..... 64
11. Equipo de tratamiento de agua para caldera.……..... 102
12. Diagrama de Causa - Efecto para capacitaciones…….. 108
13. Folleto de extracción de aceite esencial de limón……... 115

TABLAS

I. Personal del Centro de Investigación de Ingeniería (CII) 5

II. Limón: número de fincas, superficie cultivada en edad productiva, número de plantas dispersas y pronóstico de producción en la república, según departamento y calidad de la estimación……..... 19

III.	Composición porcentual de componentes individuales de la fracción volátil del aceite esencial mediante cromatografía de gases…….	23
IV.	Clasificación de la partida arancelaria 33.01……..	26
V.	Producción nacional, importaciones y exportaciones de aceite esencial de limón en Guatemala……...	29
VI.	Variable macroeconómica del Producto Interno Bruto (PIB)……...	30
VII.	Producto Interno Bruto y consumo nacional aparente……..	30
VIII.	Regresión con fuentes secundarias de la demanda…….	31
IX.	Datos proyectados del consumo nacional aparente del aceite esencial de limón…….	32
X.	Domicilio comercial de importadores y exportadores del capítulo 33 del sistema arancelario centroamericano, partida arancelaria 3313 aceite esencial.....……..	33
XI.	Oferta del aceite esencial de limón……..	35
XII.	Regresión con fuentes secundarias de la oferta……	36
XIII.	Datos proyectados de la oferta del aceite esencial de limón…….....	37
XIV.	Demanda potencial insatisfecha del limón en los años 2002-2020…….	38
XV.	Precio del aceite esencial de limón en quetzales por kilogramo……..	40
XVI.	Factores de importancia en la localización de la planta……	46
XVII.	Departamentos propuestos para la localización de la planta de extracción de aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*)……..……..	46
XVIII.	Hoja del cursograma analítico……...	60

XIX.	Datos obtenidos de la destilación por arrastre de vapor directo…….....	66
XX.	Costos de materia prima ……...	68
XXI.	Empaque y embalaje……..	68
XXII.	Mano de obra……...	69
XXIII.	Agua potable……	70
XXIV.	Combustible……..	71
XXV.	Equipo de protección y limpieza……	72
XXVI.	Mantenimiento del equipo…….	73
XXVII.	Cristalería de producción……	74
XXVIII.	Consumo de energía eléctrica……..	74
XXIX.	Depreciación del sistema de destilación……..	75
XXX.	Resumen de costos de producción……..	76
XXXI.	Costos de administración……...	77
XXXII.	Costos de venta……...	78
XXXIII.	Costos totales de operación……..	79
XXXIV.	Porcentaje de rendimiento del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenidos por tres métodos de extracción…….....	80
XXXV.	Densidad del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por tres métodos de extracción……..	81
XXXVI.	Índice de refracción del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por tres métodos de extracción……..	82
XXXVII.	Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por arrastre de vapor directo, de la muestra 1……	83

XXXVIII.	Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por arrastre de vapor directo, de la muestra 2……	84
XXXIX.	Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por arrastre de vapor directo, de la muestra 3…….	85
XL.	Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por hidrodestilación, de la muestra 1……..……	86
XLI.	Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por hidrodestilación, de la muestra 2……..	87
XLII.	Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por hidrodestilación, de la muestra 3……..	88
XLIII.	Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por prensado en frío, de la muestra 1…….	89
XLIV.	Número de veces que es utilizado el lavamanos durante un día en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)……	94
XLV.	Total de agua utilizada en el lavamanos…….	95
XLVI.	Total de agua utilizada en la planta piloto……...	97
XLVII.	Agua consumida al año dentro del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)…….	98
XLVIII.	Comparación del agua actual usada y aplicando las propuestas…….....	105
IXL.	Tema, descripción y duración de las capacitaciones……	110

GLOSARIO

Aceite esencial de agrios	Son los aceites esenciales obtenidos de cítricos como lo son: limón, naranja, toronja, mandarina.
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación, es una institución española, privada, independiente, sin ánimo de lucro, que contribuye, mediante la normalización y certificación.
Antioxidantes	Es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante.
Antisépticas	Del griego *αντι* /anti/, contra, y *σηπτικος* /septicos/, putrefactivo son sustancias antimicrobianas que se aplican a un tejido vivo o sobre la piel para reducir la posibilidad de infección o putrefacción.
Aromaterapia	Del griego *aroma*, aroma y *therapeia*, atención, curación, utiliza aceites vegetales concentrados llamados aceites esenciales para mejorar la salud.

Astringente	Sustancias que con su aplicación externa local (tópica), retraen los tejidos y pueden producir una acción cicatrizante, antinflamatoria y antihemorrágica.
Batch	Término inglés que se traduce por los términos por lotes, conjunto o grupo. Característica típica de ciertos procesos, que indica una serie de tareas que se ejecutan de forma sucesiva y se consideran como una unidad.
Caroteno	Pigmento que posee una coloración rojiza y anaranjada.
Centrifuga	Aceleración que aparece en un cuerpo sometido a rotación. Su dirección es perpendicular al movimiento del cuerpo y va dirigida hacia el exterior.
Chiller	Es una unidad enfriadora de líquidos.
Cítrico	Frutas agrias o agridulces, como el limón y la naranja, y plantas que las producen.
Clorofila	Pigmentos de color verde que se encuentran en todos aquellos organismos que contienen cloroplastos en sus células.
CNA	Consumo Nacional Aparente de un producto

Criptoxantina	Es un colorante sintético de la familia de los carotenoides (β-caroteno). Código 161c.[3] aparece en algunas frutas (naranja) y verduras, responsable del tono naranja más intenso de los tejidos de verduras.
Decantación	Método mecánico de separación de mezclas heterogéneas, estas pueden estar formadas por un líquido y un sólido, o por dos líquidos.
Densidad	Es la cantidad de masa por unidad de volumen.
Gingivitis	Hinchazón de características patológicas, que se produce en las encías debido a la acción de alguna bacteria.
Glándulas sebáceas	Son unas glándulas encargadas de segregar el sebum o sebo.
Hesperidina	Presente en los cítricos con propiedades antioxidantes.
Hespiridio	Es un tipo de baya modificada, a menudo obtenido de cítricos.
Índice de refracción	Es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo. De forma más precisa, es el cambio de la fase por unidad de longitud.

Intercambio iónico	Es la transferencia de uno o más iones de la fase fluida al sólido por intercambio o desplazamiento de iones de la misma carga, que se encuentran unidos por fuerzas electrostáticas a grupos funcionales superficiales.
Limoneno	Es una sustancia natural, que se extrae del aceite de las cáscaras de los cítricos y que da el olor característico a los mismos
Lisigénico	Capaz de producir disgregación o disolución.
Pericarpio	Parte exterior del fruto de las plantas, que cubre las semillas.
Permafrost	Capa de suelo o de roca de profundidad variable, en la que la temperatura ha estado por debajo de 0 ininterrumpidamente durante miles de años.
Tocoferol	Se encuentra especialmente en el germen del trigo, y también en los aceites vegetales naturales, la lechuga, la col, la yema de huevo y en la miel de abeja.

RESUMEN

En el presente documento se hace el estudio de factibilidad de la extracción del aceite esencial del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*), a escala laboratorio y escala planta piloto.

En el estudio de factibilidad se estudia el mercado de Guatemala, en el cual se determina la demanda potencial insatisfecha. Los datos que se trabajan para el estudio son obtenidos de la página del Banco de Guatemala (BANGUAT) ingresando a estadísticas de comercio exterior y posteriormente a comercio exterior de Guatemala por inciso arancelario del SAC, además se obtuvo otros datos con base en entrevistas con exportadores. En Guatemala no hay empresas que extraen aceite esencial desde el epicarpio del limón, de esta forma, las exportaciones son mayores que las importaciones, es decir, que las empresas nacionales, en su mayoría, utilizan el aceite esencial para realizar mezclas con solventes para posteriormente venderlos a nivel nacional o exportarlo nuevamente.

Se hace el estudio técnico del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*) en el cual se determina el tamaño óptimo de la planta con el método de escalación, se determina la localización del proyecto donde se utiliza el método cualitativo por puntos ponderados en este método se consideran tres lugares que son los siguientes: Escuintla, Alta Verapaz y la ciudad capital, en la ingeniería del proyecto se describe el proceso de producción de los métodos de extracción hidrodestilación, prensado en frío y arrastre por vapor directo.

En este estudio se integra el rendimiento y análisis físico-químico del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*). Al comparar el porcentaje de rendimiento del aceite esencial entre los tres métodos de extracción, el de mayor rendimiento es el de hidrodestilación que es de 2.1655 %, seguido del método de arrastre por vapor directo que es de 1.6147% y por último el método de prensado en frío que es de 1.4128%.

Por medio de la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas se analizó la composición del aceite esencial, el cual identificó como componentes mayoritarios el limoneno para los métodos de extracción de hidrodestilación y arrastre de vapor directo, en el método de prensado en frío no se identifico el limoneno como componente mayoritario debido a que el proceso no se llevo a cabo de una forma idónea por falta de equipo.

En costos se determina, el costo de producción, de administración, de venta además de determinar la depreciación del equipo.

OBJETIVOS

General

Elaborar un estudio de factibilidad de la extracción del aceite esencial del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*), a escala laboratorio y escala planta piloto.

Específicos

1. Determinar la demanda, la oferta, demanda potencial insatisfecha, precio y canal de comercialización del aceite esencial de limón en el mercado de Guatemala.

2. Determinar la capacidad óptima de la planta, tamaño óptimo, distribución de planta y organización del recurso humano para la extracción del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*).

3. Determinar el rendimiento del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*) por los métodos de hidrodestilación, prensado en frío y arrastre por vapor directo.

4. Realizar el análisis físico químico del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*) extraído por hidrodestilación, prensado en frío y arrastre por vapor directo.

5. Determinar el costo de producción de aceite esencial de limón por el método de arrastre de vapor directo.

INTRODUCCIÓN

El aceite esencial de limón es una mezcla de varias sustancias químicas biosintetizadas por las plantas, que dan un aroma característico al limón. Es ligero y volátil (se evapora rápidamente). Es insoluble en agua, levemente solubles en vinagre y soluble en alcohol, grasas, ceras y aceites vegetales. Se oxida por exposición al aire

.

El trabajo se divide en tres fases que son: servicio técnico profesional, investigación y de docencia.

Servicio técnico profesional es donde se abordará todo el estudio de factibilidad de la extracción de aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*). Incluyendo lo es el estudio de mercado, técnico y la determinación de costos. Además se termina el rendimiento y se hace un análisis físico-químico del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*).

En la fase de investigación se determina el consumo de agua en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales esto con el fin de hacer una propuesta para la reducción del uso de agua al aplicar las propuestas de mejora.

Este documento ayudará a las personas que desean ejecutar el proyecto de extracción de aceite esencial de limón o cualquier otro cítrico, ya que se describe la factibilidad de su ejecución.

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA

1.1. Descripción del Centro de Investigaciones de Ingeniería

En esta sección se describirá las actividades a la que se dedica la empresa, misión, visión, estructura organizacional y la localización.

1.1.1. Nombre de la organización

Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) Sección Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.1.2. Tipo de organización

El artículo uno de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, estipula que “La Universidad de San Carlos de Guatemala es una institución autónoma, con personalidad jurídica, regida por esta Ley y sus estatutos, cuya sede central ordinaria es la Ciudad de Guatemala.”

Cada facultad tiene una Junta Directiva integrada por el decano que la preside, un secretario y cinco vocales, de los cuales dos serán catedráticos, un profesional no catedrático y dos estudiantes.

La Facultad de Ingeniería cuenta con un centro de investigaciones del cual su presupuesto es autofinanciable.

1.1.3. Descripción

Centro de Investigaciones de Ingeniería: investiga, coordina e imparte docencia práctica; coordina y asesora investigadores para fines científicos, docente y de servicio. Esta unidad fue creada para que el campo propio de la ingeniería desempeñe esta función, tanto dentro de la Universidad como en el país.

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), fue creado por Acuerdo del Consejo Superior Universitario, punto noveno del acta número ochocientos cuarenta y dos (842) de sesión celebrada el 27 de julio de 1,963 y está integrado por todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El Centro de Investigaciones de Ingeniería presta sus servicios a entidades públicas y privadas, gubernamentales y no gubernamentales así como a personas individuales mediante la búsqueda de la solución a sus problemas técnicos específicos, en las Áreas de la Construcción, Ingeniería Sanitaria, Metrología Industrial y Química Industrial y afines a las Ingenierías.

Debido a que la Planta Piloto y el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) pertenecen al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) presta sus servicios a entidades públicas y privadas, gubernamentales y no gubernamentales así como a personas individuales que buscan la solución a sus problemas técnicos específicos, en la temática de extractos vegetales. Con las líneas de investigación de aceites esenciales, oleorresinas, colorantes naturales, taninos, aceites fijos y hoy en día en la línea de investigación sobre biocombustibles.

Los costos de estos servicios están en función un arancel en el cual se considera el tipo de ensayo, proporcionando al interesado que lo solicita, un informe técnico de laboratorio como constancia del ensayo realizado.

El arancel entra en vigencia a partir del 01 de febrero de 2007 con la base legal del Punto Quinto, inciso 5,3 del Acta No. 32,2006 de la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería celebrada el día viernes 24 de noviembre 2006 y el punto Cuarto, inciso 4,3 del Acta 27-2006 de sesión celebrada por el Consejo Superior Universitario el día 15 de noviembre de 2006.

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, básicamente da seguimiento a lo establecido por la Universidad de San Carlos de Guatemala, en cuanto a apoyar el cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia como función primordial para la obtención de resultados positivos para el desarrollo del país, según está indicado en el Punto Segundo del Acta 48-91, de la sesión celebrada por el Consejo Superior Universitario con fecha 25 de octubre de 1991.

Son políticas fundamentales del Centro de Investigaciones de Ingeniería:

- Prestar servicios preferentemente a las entidades participantes del Centro y ofrecer los mismos a entidades y personas que, mediante convenios específicos, deseen participar en sus actividades en forma cooperativa o bien utilizar los elementos del mismo en relación con sus problemas técnicos específicos.

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor

utilización de los recursos del país y que están orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales.

- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos, mediante programas de docencia práctica y el adiestramiento y la promoción en la realización de trabajos de tesis, en sus laboratorios y áreas técnicas.

- Propiciar el acercamiento y colaboración con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala.

1.2. Visión

"Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de ingeniería de alta calidad científico-tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener un liderazgo en todas las áreas de Ingeniería a nivel nacional y regional centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertaje, asesoría técnica y consultoría, formación de recurso humano, procesamiento y divulgación de información técnica y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas." [1]

[1] Centro de Investigaciones de Ingeniería CII, USAC

1.3. Misión

"Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar análisis y ensayos de caracterización y control de calidad de materiales, estructuras y productos terminados de diversa índole; desarrollar programas docentes orientados a la formación de profesionales, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias relacionadas con la ingeniería".[2]

1.4. Recursos humanos

El número de trabajadores con la que cuenta el Centro de Investigación de Ingeniería son:

Tabla I. **Personal del Centro de Investigación de Ingeniería (CII)**

Personal Administrativo	Auxiliares de cátedra	Profesionales Interinos	Profesionales Titulares	Total
38	2	15	12	67

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De este número de trabajadores está designado para el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) profesionales con las siguientes descripciones:

[2] Centro de Investigaciones de Ingeniería CII, USAC

1.4.1. Encargado y supervisor de la planta piloto y LIEXVE

Tiene como función ser el coordinador y ejecutor del manejo y administración de recursos del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE). Al igual que la coordinación de proyectos de investigación y del personal a su cargo. Proponer y ejecutar cursos de proyección a la población en general. Supervisión de los servicios prestados y del cumplimiento de aranceles.

1.4.2. Investigador (I) de LIEXVE

Es responsable de coordinar y llevar a cabo las actividades en docencia e investigación de LIEXVE, propuesta de recursos de capacitación y de su ejecución. Atención del público que solicita los servicios como estudiante de pregrado, grado, posgrado y público en general.

1.4.3. Investigador (II) de LIEXVE

Es responsable de coordinar los servicios que presta el laboratorio y apoyo. Promocionar los cursos y servicios de la planta piloto. Atención del público que solicita los servicios como estudiante de pregrado, grado, posgrado y público en general.

1.4.4. Auxiliares de Investigación de LIEXVE

Es encargado de realizar la parte experimental de los proyectos de investigación en ejecución dentro del LIEXVE.

1.5. Cuerpo Ejecutivo

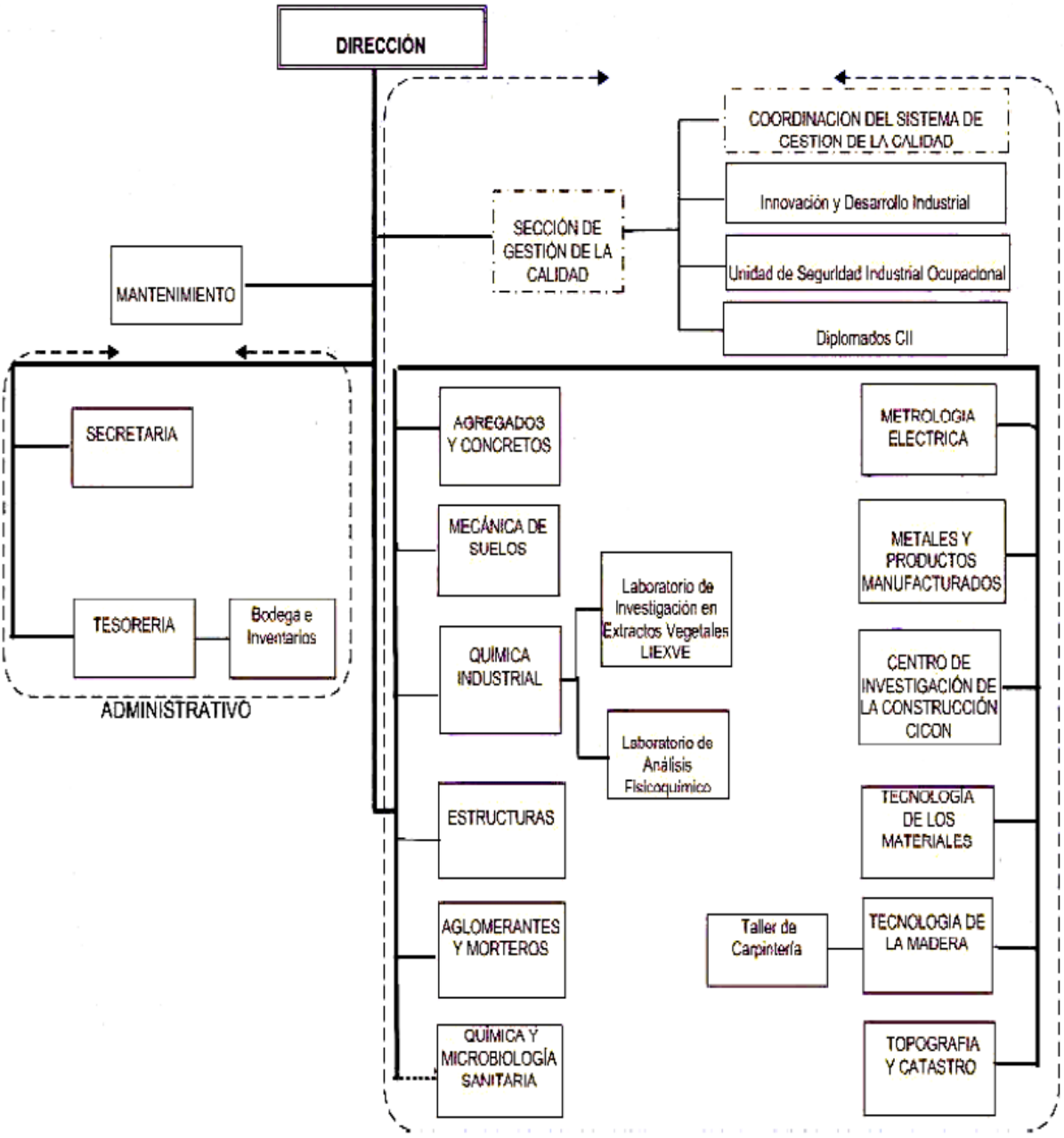
Para la ejecución de las actividades del Centro, se cuenta con las siguientes secciones:

- Dirección
- Tesorería
- Secretaria
- Recepción
- Bodega

1.6. Organigrama general

El organigrama general del CII muestra la estructura organizacional, en las diferentes secciones que lo componen, no integrando todavía las secciones nuevas y la que se encuentran en proceso, ver figura 1.

Figura 1. **Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería**

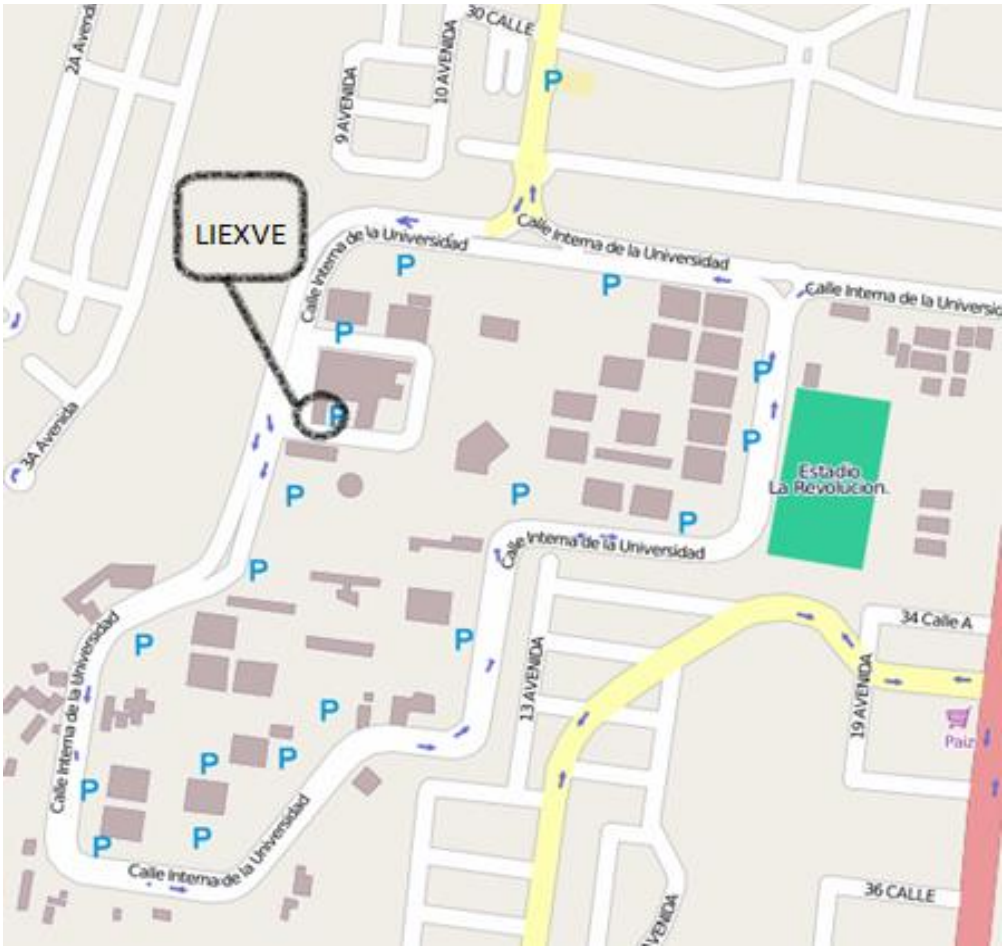


Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Sección de la Calidad. Manual de la calidad. p. 15.

1.7. Ubicación del Centro de Investigaciones de Ingeniería

El Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) se ubica dentro de las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la cual se localiza en la zona 12 de la ciudad de Guatemala.

Figura 2. **Ciudad Universitaria, zona 12, de la ciudad de Guatemala**



Fuente: http://dg_usac.zoomblog.com/archivo/2008/03/06/mapa-de-la-Usac.html. Consulta: 4 de noviembre del 2012.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

En esta fase se incluirá el estudio de mercado, técnico y financiero; además, se incluirá resultados del rendimiento y análisis físico químico del aceite esencial por los tres métodos de extracción (arrastre por vapor directo, hidrodestilación y prensado en frío).

2.1. Diagnóstico

Se hace referencia sobre el comportamiento de la producción del limón persa (*Citrus latifolia*) y aprovechamiento de la misma en el país.

2.1.1. Antecedentes

El limón persa (*Citrus latifolia*) es un cítrico que se produce en Guatemala durante todo el año, pero la estacionalidad de la producción alta corresponde a época de lluviosa (mayo a octubre) y por ende ésta época determina la orientación comercial, es decir, que cuando la producción se incrementa, el precio baja.

Ante esta situación, parte de la producción es aprovechada para el deshidratado y su exportación. Del limón persa (*Citrus latifolia*), se puede obtener varios subproductos dentro de los cuales se encuentra el aceite esencial, que es utilizado como saborizante en bebidas o como aromatizante en cosméticos, productos de farmacia además de otros uso.

En Guatemala no hay empresa que extraiga el aceite esencial de limón desde el epicarpio, las que trabajan con este producto se dedican únicamente a la mezcla del aceite esencial de limón importado con otros solventes, para luego distribuirlo a nivel nacional e internacional.

2.1.2. Lluvia de ideas

El Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) forma parte del Centro de Investigación de Ingeniería (CII), en el cual surge la necesidad de generar información sobre tres métodos de extracción de aceite esencial de limón que son: destilación por arrastre de vapor directo, hidrodestilación y prensado en frío.

Como parte de la investigación las variables de interés son: el rendimiento de los tres métodos de extracción y las características físico químicas del aceite esencial que se obtiene.

Durante esta fase de la adecuación del proyecto surge la necesidad de contactar a la asociación nacional productora de limón, la cual lleva como nombre Cadena Productiva del Limón. La persona contactada fue el presidente de la asociación y mediante una entrevista no estructurada, sugiere que se realice el estudio de factibilidad de extracción de aceite esencial de limón.

2.1.3. Organización de las ideas

Posterior a la entrevista con el presidente de la Cadena Productiva del Limón, se sostuvo una segunda entrevista con la directora del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) y en donde con la recomendación proporcionada por el presidente de la Cadena Productiva del Limón, sugiere

que el estudio de factibilidad de extracción de aceite esencial se oriente al mercado de Guatemala y el estudio económico fuese sobre el método de destilación por arrastre de vapor directo, debido a que se cuenta con el equipo a nivel planta piloto en el Laboratorio de Ingeniería de Extractos Vegetales (LIEXVE). Es necesario indicar que a la directora del Centro de Investigaciones de Ingeniería también se le realizaron entrevistas no estructuradas.

2.1.4. Definición del proyecto

Ante la necesidad de generar información sobre la extracción de aceite esencial de limón y conocer la factibilidad de su extracción a nivel nacional, aprovechando la producción alta y los precios bajos de la época de lluviosa, se definió el tema del proyecto el cual es: "Estudio de factibilidad de la extracción del aceite esencial del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*), a escala laboratorio y escala planta piloto, realizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC".

2.1.5. Resultado

Definido el tema, la información generada durante el proyecto será de utilidad para ambas instituciones (Centro de Investigaciones de Ingeniería y Cadena Productiva del Limón) y además para cualquier otra persona o empresa que desee conocer acerca del mercado del aceite esencial de limón.

2.2. Referencia teórica

En esta sección se tratará de conceptos teóricos propios del limón persa, distribución del limón en Guatemala además de la información sobre el aceite esencial de limón persa.

2.2.1. Limón persa

"También conocida como lima de Tahití, limón criollo, limón pérsico, limón mesina, limón sin semilla o lima Bearss (nombrada así en honor de John T. Bearss, quien desarrolló esta variedad sin semillas hacia 1895 en un vivero de Porterville, California), es una fruta que en muchos mercados como el de Estados Unidos se vende simplemente con la denominación de lima. El fruto tiene unos 6 cm de diámetro, a menudo con extremos ligeramente puntiagudos, normalmente se vende con color verde, aunque cuando alcanza la madurez total es amarillo." [3]

2.2.1.1. Clasificación científica o taxonómica

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Sapindales
Familia: Rutaceae
Subfamilia: Aurentioideae
Género: *Citrus*
Especie: *C. x Latifolia*

2.2.1.2. Origen

El limón persa se cree que es originario de los archipiélagos del oeste de la India y se considera que fue introducido a Guatemala por religiosos Españoles en la época de la colonia.

[3] CABRERA L. Citrus Latifolia. p. 131.

2.2.1.3. Descripción

El limón persa pertenece al grupo de las limas (*Citrus latifolia*), el fruto es un hespiridio, ácido de mayor tamaño que los limones criollos, de forma ligeramente ovalado de 5 a 7 cm. de largo y de 4 a 6 cm de diámetro, de coloración verde a verde oscuro a la madurez y cambia a amarillo cuando esta sobre maduro, su peso es de 50 a 100 gr. El fruto de los cítricos consta de las siguientes partes flavedo, albedo y endocarpio.

2.2.1.3.1. Flavedo (epidermis + hipodermis) y Albedo

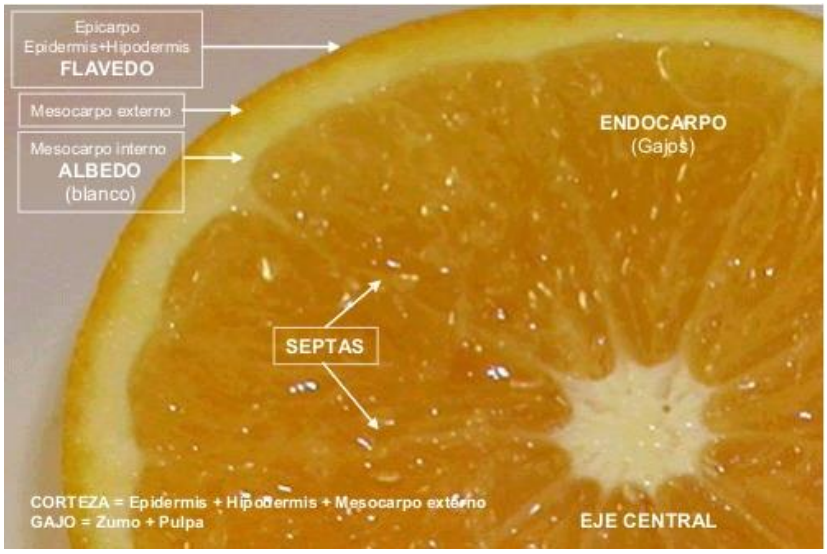
En el flavedo son importantes los pigmentos y los aceites esenciales. Los pigmentos dan su color amarillo o anaranjado a los frutos. Antes de madurar predomina el color verde del pigmento clorofila. A medida que la fruta va madurando aparecen los carotenoides, que estaban enmascarados por la clorofila. Pueden utilizarse sustancias que destruyen la clorofila para acelerar la aparición de los carotenoides (desverdización). Los principales carotenoides son: caroteno, xantofila y criptoxantina.

Los aceites esenciales también se localizan en células especiales de la corteza. En los limones existen además de limoneno otros terpenos. La proporción en que se encuentran los diferentes terpenos es la que da el aroma característico de cada fruta. Entre los azúcares predomina la glucosa (63 %), la fructosa (20 %) y la sacarosa (16 %). Las sustancias pécticas tienen la propiedad de absorber grandes cantidades de agua y formar un gel, de aquí la importancia del albedo para la elaboración de mermeladas. Entre los ácidos orgánicos destacan el ácido cítrico (90 % del total) y después, sorprendentemente, el málico (de las manzanas) y el oxálico (de las acederas).

2.2.1.3.2. Endocarpo

Es de la parte comestible de los cítricos. La parte comestible en el limón oscila del 65 al 70%. El ácido cítrico viene a suponer el 90% de los ácidos totales (cítrico, málico oxálico y ascórbico) dependiendo de las especies y variedades.

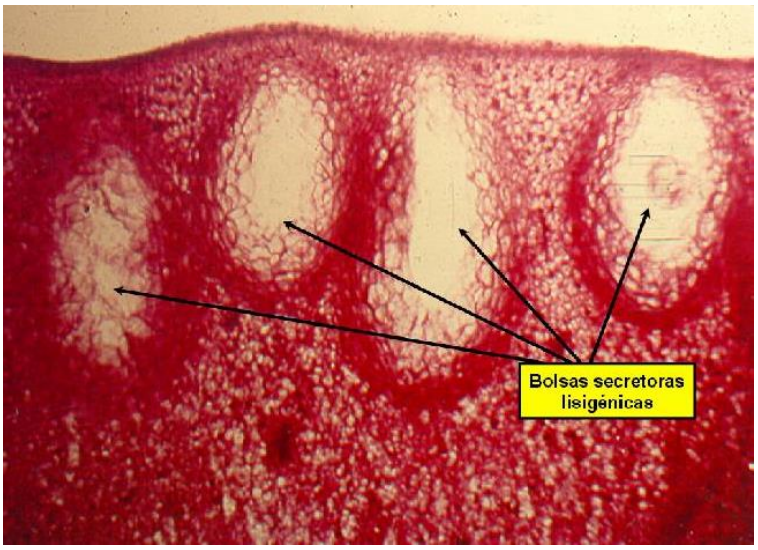
Figura 3. **Partes del fruto de cítricos**



Fuente: http://www.tecnicoagricola.es/partes-de-un-fruto-citrico-naranja-mandarina-limon-pomelo/ . Consulta: 27 de enero del 2013.

Como se puede observar el la figura 1, en el flavedo se encuentra las cavidades oleíferas, que son bolsas secretoras de aceite esencial presentes en el epicarpio de los cítricos. Son cavidades de tipo lisigénico.

Figura 4. **Cavidades oleíferas**



Fuente: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_5.htm. Consulta: 27 de enero del 2013.

2.2.1.4. Clima

Requiere temperaturas de 22 a 28°C. Presentando crecimiento y floración frecuente si se le proporciona riego. Altitud de 200 a 900 msnm. El mejor desarrollo se obtiene en suelos francos, francos arenosos y profundos, con buena humedad; pH de 5.5 a 7.0 requiere precipitaciones de 1 200 a 2 000 mm al año.

2.2.1.5. Siembra

Existen diferentes tipos, siendo los más usados: en cuadro, al tres bolillo y en rectángulo. Deberá determinarse cuidadosamente la distancia entre plantas, pues si se establecen los huertos muy densos, hay el peligro de

sobrepoblación con la desventaja de competencia entre plantas y si se dan distanciamientos muy grandes, disminuye la densidad de plantas y la producción, o dicho de otra forma, baja la eficiencia de la unidad productiva. La siembra debe hacerse en cepas de 30 centímetros de diámetro y 50 centímetros de profundidad, que las plantas queden al nivel del suelo o ligeramente arriba.

2.2.1.6. Cosecha

"La cosecha se hace a mano, usando guantes de algodón y de preferencia tijeras especiales para cortar el pedúnculo, teniendo especial cuidado en entresacar, sujetar, desprender y manipular el producto, a fin de reducir pérdidas."[4]

2.2.1.7. Departamentos que producen limón en Guatemala

En Guatemala se produce limón en 19 departamentos y únicamente en tres no hay producción, esto es debido a las condiciones climáticas de estos departamentos y son los siguientes Sacatepéquez, Sololá y Totonicapán.

En la tabla II se observan los departamentos de mayor producción, entre ellos está el departamento de El Progreso que tiene una producción de 1 118 577 quintales seguido del departamento de Escuintla que tiene una producción de 715 723 quintales y el tercer mayor productor es el departamento de Suchitepéquez que tiene una producción de 220 515 quintales de limón.

[4] AGUSTÍ, Manuel. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. p 82.

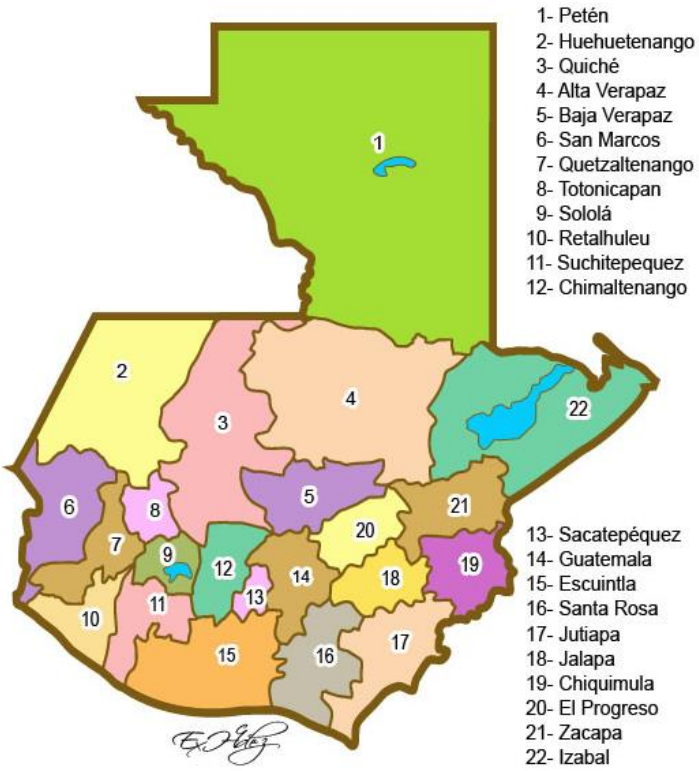
Tabla II. **Limón: número de fincas, superficie cultivada en edad productiva, número de plantas dispersas y pronóstico de producción en la república, según departamento y calidad de la estimación**

Departamento y calidad de la estimación	Total		Plantación compacta				Plantación dispersa	
	Número de fincas	Pronóstico de producción	Superficie cultivada			Pronostico de producción	Número de plantas	Pronostico de producción
			Total	En edad productiva	En edad no productiva			
Total república	28 291	2 339 853	10 635	8 592	2 043	2 192 296	209 871	147 557
Guatemala	361	361	--	--	--	--	3 613	361
El Progreso	5 314	1 118 577	4 205	3 883	322	1 036 031	86 818	82 546
Sacatepéquez	-	--	--	--	--	--	--	--
Chimaltenango	1 024	8 514	7	7	--	2 175	25 905	6 339
Escuintla	4 521	715 723	2 164	701	1 464	698 151	12 901	17 572
Santa Rosa	1 816	31 494	380	300	80	26 900	7 637	4 594
Sololá	-	--	--	--	--	--	--	--
Totonicapán	-	--	--	--	--	--	--	--
Quetzaltenango	4	23 900	291	291	--	23 900	--	--
Suchitepéquez	1 324	220 516	1 755	1 746	9	219 827	1 060	689
Retalhuleu	365	9 249	281	201	81	9 249	--	--
San Marcos	153	828	25	25	--	375	2 719	453
Huehuetenango	3 357	10 217	66	66	--	6 321	5 146	3 895
Quiché	1 429	1 526	121	121	--	1 012	2 513	515
Baja Verapaz	601	740	8	5	3	95	2 924	645
Alta Verapaz	1350	31 861	168	84	85	31 169	7 929	691
Petén	597	93 087	720	720	--	91 799	2 483	1 289
Izabal	162	404	--	--	--	--	243	404
Zacapa	1 411	35 659	150	150	--	14 904	21 361	20 754
Chiquimula	649	3 319	40	40	--	2 372	5 931	947
Jalapa	766	3 742	--	--	--	--	8 879	3 742
Jutiapa	3 087	30 135	255	255	--	28 014	11 819	2 120

Fuente: INE (superficie en manzanas y producción en quintales).

Cabe mencionar que según el Ministerio de Economía, Escuintla es el mayor productor del limón persa, seguido de Alta Verapaz y Petén. Para tener una idea de cómo se distribuye se incluye un mapa Guatemala con sus departamentos.

Figura 5. **Mapa de Guatemala con sus departamentos**



Fuente: http://miblogchapin.wordpress.com/2009/10/15/mapa-de-guatemala-a-color/mapa-guate-color/. Consulta: 27 de enero del 2013.

2.2.2. Usos e importancia del aceite esencial

El aceite esencial es utilizado en industrias farmacéutica, cosmética, alimenticia, etc. Además es utilizado en aromaterapia. Aunque el limón no se consume de igual forma que la mayoría de cítricos, probablemente tiene mayor

variedad de usos: culinarios, productos de uso doméstico (ambientadores, limpiadores, etc) bebidas, aplicaciones medicinales e industriales.

Tiene propiedades antisépticas, astringente y contiene componentes que han sido estudiados en las funciones del sistema inmunológico. También sirve como repelente de insectos y es beneficioso para la piel seca o grasa dependiendo de cómo se mezcle. Sin embargo, hay que recordar que luego de aplicar un cítrico en la piel, la zona no se debe exponer a los rayos ultravioleta en 72 horas.

- Vigoriza la piel madura y repara las arrugas consiguiendo una nueva suavidad.
- Aclara el color amarillento de las uñas dándole frescura al igual que a las cutículas.
- Poner una gota de aceite de limón en llagas abiertas, herpes, úlceras en la boca para aliviar el dolor y ayudar a sanarlas.
- Poner una gota de aceite de limón en las encías sangrientas causadas por gingivitis o por la extracción de una muela.
- Poner una gota de aceite de limón en la piel grasosa o en espinillas y barros para balancear las glándulas sebáceas.
- Frotar unas cuantas gotas de aceite de limón en la celulitis para mejorar la circulación y ayudar a eliminar las toxinas de las células.
- Frote 2 gotas de aceite de limón en los pies para eliminar el mal olor.
- Frotar unas cuantas gotas de aceite de limón en las venas varicosas para mejorar la circulación y relajar la presión de la vena.
- Frotar unas gotas de aceite de limón donde se corta la carne para desinfectar y matar bacterias.
- Colocar 10-15 gotas de aceite de limón en un galón de agua para limpiar y quitar las manchas en las carpetas y dejar un olor a fresco.

2.2.3. Propiedades físicas y químicas

No se ha publicado ningún texto de normalización del aceite esencial de limón en Guatemala, ya sea alguno de carácter nacional e internacional. Recientemente AENOR (Asociación Española de Normalización) está colaborando en la realización de una norma internacional con ISO, que recoge conjuntamente los aceites esenciales de limón de diferentes orígenes.

La siguiente información que se presenta esta basado en una tesis doctoral de (*Querubina Meroño*) en el estudio de las características y análisis de aceites esenciales de limón producidos en España

2.2.3.1. Propiedades físicas

Aspecto**:** líquido transparente.
Color**:** de amarillo pálido a verde amarillento.
Olor**:** característico del pericarpio fresco de limón.
Densidad relativa a (20 °C): Mínimo: 0,824 -----Máximo: 0,855
Índice de refracción a (20 °C): Mínimo: 1,472 -----Máximo: 1476

2.2.3.2. Propiedades químicas

A continuación se presenta la tabla III, donde se hace referencia a la composición química de la fracción volátil, utilizando como método de análisis la cromatografía de gases.

Tabla III. **Composición porcentual de componentes individuales de la fracción volátil del aceite esencial mediante cromatografía de gases**

Componente	% min.	% max.
Tricicleno	0,005	0,010
α-tuyeno	0,390	0,560
α-pineno	1,740	2,430
Canfeno	0,040	0,170
Metil-heptenona	0,003	0,030
Sabineno	0,870	2,380
3-careno	Tr	0,010
β-pineno	8,300	15,760
Octanal	0,030	0,150
β-mirceno	1,140	2,050
α-felandreno	0,016	0,080
β-terpineno	0,004	0,030
α-terpineno	0,130	0,400
ρ-cimeno	0,030	0,500
Limoneno	56,280	68,800
Cis-β-ocimeno	Tr	Tr
Cineol-1,8	Tr	0,029
Trans-β-ocimeno	0,010	0,150
ɣ-terpineno	7,370	12,090
Trans-hidrato de sabineno	Tr	0,009
Octanol	0,006	0,070
Terpinoleno	0,290	0,630
Cis-hidrato de sabineno	Tr	0,010
Linalol	0,070	0,190

Continuación de la tabla III.

Componente	% min.	% max.
Nonanal	0’053	0’110
Cis-óxido de limoneno	Tr	Tr
Trans-óxido de limoneno	Tr	Tr
Alcanfor	Tr	0,010
Citronelal	0,070	0,190
Borneol	0,005	0,030
Terpinen-4-ol	0,007	0,120
α-terpineol	0,070	0,300
Decanal	0,020	0,110
Acetato de octilo	0,007	0,040
Nerol	0,004	0,090
Citronelol	0,004	0,150
Neral	0,390	1,580
Piperitona	Tr	0,010
Geraniol	0,005	0,160
Acetato de linalilo	0,028	0,120
Acetato de nonilo	Tr	0,001
Geranial	0,670	2,780
Perillilaldehído	0,005	0,018
Acetato de bornilo	0,004	0,050
Undecanal	0,020	0,080
Geranoato de metilo	Tr	0,070
Acetato de citronelilo	0,026	0,090
Acetato de nerilo	0,330	0,820
α-copaeno	Tr	0,010
Acetato de geranilo	0,306	0,820
Dodecanal	0,004	0,080

Continuación de la tabla III.

Componente	% min.	% max.
acetato de decilo	0,003	0,019
Antranilato de etilo	Tr	0,040
β-cariofileno	0,160	0,680
Bergamoteno	0,330	0,900
ɣ-cadineno	Tr	Tr
α-humuleno	0,010	0,080
+ β-santaleno	0,020	0,030
ɣ-muroleno	Tr	0,004
germacreno D	0,003	0,060
Valenceno	0,020	0,150
Tridecanal	0,040	0,090
β-bisaboleno	0,390	0,950
ɣ-elemeno	0,002	0,060
Espatulenol	0,008	0,020
Tetradecanal	0,008	0,030
2,3-dimetil-3(4metil-3-pentenil)2-	0,003	0,050
Canferenol	0,010	0,400
α-bisabolol	0,010	0,110
Trans-carveol	Tr	Tr
Nerolidol	Tr	0,018
Nootkatona	0,010	0,060

Fuente: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, 2005.

2.2.3.3. Clasificación arancelaria del aceite esencial de limón

De acuerdo al Sistema Arancelario Centroamericano (SAC) la partida en la cual se clasifica es la 33.01 Aceites esenciales incluidos los concretos o absolutos, resinoides, oleorresinas de extracción, aceites gradas, fijos otros. Esta se divide en 3301.1 y en 3301.2, estas a su vez están divididas por subpartidas, las cuales detallan con mayor especificación el producto como se presenta en la tabla siguiente:

Tabla IV. **Clasificación de la partida arancelaria 33.01**

Código	**Descripción**
3301.1	Aceite esencial de agrios (cítricos)
3301.11.00	De bergamota
3301.12.00	De naranja
3301.13.00	De limón
3301.14.00	De lima
3301.19.00	Los demás
3301.2	Aceites esenciales, excepto los agrios (cítricos)
3301.21.00	De geranio
3301.22.00	De jazmín
3301.23.00	De lavanda (espliego) o de lavandín
3301.24.00	De menta piperita
3301.26.00	De espicanardo
3301.30.00	Los demás
3301.90.00	Resinoides

Fuente: Sistema Arancelario Centroamericano 2011.

Como se puede observar en la tabla IV el código del aceite esencial de limón en Centroamérica es 3301.13.00.

2.3. Estudio de factibilidad de la extracción de aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*)

En esta sección del documento es donde se determina la factibilidad de la extracción de aceite esencial de limón por los tres métodos de extracción (hidrodestilación, prensado en frío y arrastre por vapor directo).

2.3.1. Estudio de mercado

Se hace el análisis de la demanda a nivel nacional, análisis de la oferta, análisis de precios y se define el canal de comercialización que más conviene. Con los datos es posible visualizar la factibilidad del proyecto a nivel de mercado.

2.3.1.1. Análisis de la demanda

La demanda que se analiza es a nivel nacional, para obtenerla se determina el Consumo Nacional Aparente CNA que es la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado.

El CNA se determina de la siguiente manera:

Demanda= CNA = Producción nacional + importaciones – exportaciones.

El CNA será determinado para los años 2002-2011 ya que son los datos disponibles en el Banco de Guatemala, con los datos que se proyecta para los años 2012-2020 y con ello se llega a determinar la demanda potencial insatisfecha.

2.3.1.1.1. Recopilación de información de fuentes secundarias

Los datos que se recopilan son: la producción nacional, importaciones y exportaciones. Los datos de importación y exportación se obtuvieron en el Banco de Guatemala, utilizando el código arancelario 3301.13.00 que pertenece al aceite esencial de agrios (cítricos) de limón.

En Guatemala no hay empresas que se dediquen a la extracción de aceite esencial de limón desde el epicarpio, dedicándose únicamente en la mezcla del aceite esencial de limón importado con otros solventes, para su posterior distribución a nivel nacional e internacional.

Los datos que se obtienen en la recopilación de fuentes secundarias dan idea de cómo está el mercado a nivel nacional, además sirven para la proyección de datos de demanda.

En la tabla V se determina el consumo nacional aparente de la siguiente manera: CNA= producción nacional+ importaciones- exportaciones. Con estos datos se realiza la proyección de la demanda hasta el 2020, la cual servirá para el cálculo de la demanda potencial insatisfecha.

Tabla V. **Producción nacional, importaciones y exportaciones de aceite esencial de limón en Guatemala**

Años	Producción Nacional	Importaciones	Exportaciones	Consumo Nacional Aparente
	Peso en Kg	Peso en Kg	Peso en Kg	Peso en Kg
2002	0,00	4 338,00	985,00	3 353,00
2003	0,00	2 198,00	421,00	1 777,00
2004	0,00	6 446,00	70,00	6 376,00
2005	0,00	3 179,00	88,00	2 291,00
2006	0,00	4 171,00	0,00	4 171,00
2007	22 098,00	5 858,00	21 039,00	6 917,00
2008	20 313,80	9 137,00	21 426,00	8 024,80
2009	28 335,60	6 162,00	25 365,00	9 132,60
2010	29 665,40	11 138,00	30 563,00	10 240,40
2011	31 777,20	5 939,00	26 368,00	11 348,20

Fuente: Banco de Guatemala y entrevistas, 2011.

2.3.1.1.2. Proyección de datos

Para la proyección de los datos se usan variables macroeconómicas que están correlacionadas con los datos de la demanda, en este caso la variable macroeconómica más correlacionadas con el consumo nacional aparente se presentan en la tabla VI proyectada del 2012 al 2020.

Para la proyección de datos en el producto interno bruto del 2012-2020 de la tabla VI se utilizó la siguiente ecuación PIB=-46081003.8 + (23091.7897*Año).

Tabla VI. **Variable macroeconómica del Producto Interno Bruto (PIB)**

Año	PIB (Millones de Q)	Año	PIB (Millones de Q)
2002	162 506,8	2012	379 677,1
2003	174 044,1	2013	402 768,9
2004	190 440,1	2014	425 860,7
2005	207 728,9	2015	448 952,4
2006	229 836,1	2016	472 044,2
2007	261 760,1	2017	495 136,0
2008	295 871,5	2018	518 227,8
2009	307 552,3	2019	541 319,6
2010	331 870,5	2020	564 411,4
2011	365 112,1		

Fuente: elaboración propia, con base en datos obtenidos del Banco de Guatemala 2012-2020.

Tabla VII. **Producto Interno Bruto y consumo nacional aparente**

Año	PIB (Millones de Q)	Consumo Nacional Aparente (Kg)
2002	162 506,8	3 353,00
2003	174 044,1	1 777,00
2004	190 440,1	6 376,00
2005	207 728,9	2 291,00
2006	229 836,1	4 171,00
2007	261 760,1	6 917,00
2008	295 871,5	8 024,80
2009	307 552,3	9 132,60
2010	331 870,5	10 240,40
2011	365 112,1	11 348,20

Fuente: PIB obtenido del BANGUAT y CNA generados 2011.

Los datos de la tabla VII son utilizados para el siguiente análisis de regresión

Tabla VIII. **Regresión con fuentes secundarias de la demanda**

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple	0.92647971				
Coeficiente de determinación R^2	0.85836466				
R^2 ajustado	0.81789742				
Error típico	1437.33093				
Observaciones	10				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de Libertad	***Suma de cuadrados***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Valor crítico de F***
Regresión	2	87641900.67	43820950.33	21.21134	0.0010693
Residuos	7	14461441.43	2065920.204		
Total	9	102103342.1			
	Coeficientes	***Error típico***	***Estadístico t***	***Probabilidad***	
Intercepción	2257802.45	2699234.475	0.836460288	0.43052123	
Año	-1133.70643	1352.519651	-0.838218087	0.42959733	
PIB	0.09238298	0.058169178	1.588177447	0.1562692	
	Inferior 95%	***Superior 95%***	***Inferior 95.0%***	***Superior 95.0%***	
Intercepción	-4124872.85	8640477.745	-4124872.85	8640477.75	
Año	-4331.9072	2064.494332	-4331.9072	2064.49433	
PIB	-0.04516527	0.229931224	-0.04516527	0.22993122	

Fuente: elaboración propia.

Con la regresión de la tabla VIII se obtiene la ecuación de la demanda que es la siguiente:

Ecuación de la demanda = 2257802-45 + (-1133.71*año) + (0.09238298*PIB)

Con la ecuación de demanda que se obtuvo en el análisis de regresión se proyectarán los datos siguientes para el 2012-2020.

Tabla IX. **Datos proyectados del consumo nacional aparente del aceite esencial de limón**

Año	PIB (Millones de Q)	Consumo Nacional Aparente (Kg)
2012	379677.1	11,860.81
2013	402768.9	12,860.39
2014	425860.7	13,859.98
2015	448952.4	14,859.56
2016	472044.2	15,859.14
2017	495136.0	16,858.72
2018	518227.8	17,858.30
2019	541319.6	18,857.89
2020	564411.4	19,857.47

Fuente: elaboración propia.

El consumo nacional aparente que se obtuvo en la tabla IX se utiliza para el cálculo de la demanda potencial insatisfecha.

2.3.1.2. Análisis de oferta

En esta sección se da a conocer los oferentes del producto además se determina la oferta a nivel nacional.

El aceite esencial de limón, se encuentra en un mercado libre debido a que los productores se encuentran en circunstancias de libre competencia, por lo que la participación en el mercado está determinada por la calidad, el precio y el producto que se ofrece al consumidor.

2.3.1.2.1. Número de productores y localización

El listado de empresas que se presenta en el cuadro siguiente son los que trabajan el aceite esencial de limón a nivel de Guatemala en el año 2010-2011.

Tabla X. **Domicilio comercial de importadores y exportadores del capítulo 33 del sistema arancelario centroamericano, partida arancelaria 3313 aceite esencial**

CÓDIGO RÉGIMEN	RAZÓN SOCIAL BENEFICIARIO	DOMICILIO COMERCIAL
22	HIDRODIFFUSION DE GUATEMALA, SOCIEDAD ANÓNIMA	13 Av 7-18 Z-15 Col Vista Hermosa I
23	AROMATICOS DE CENTROAMERICA, SOCIEDAD ANÓNIMA	Avenida Atanasio Tzul Empresarial El Cortijo II oficina bodega No. 304 22-00 zona 12 Guatemala, Guatemala.
23	BIOMIN GUATEMALA SOCIEDAD ANÓNIMA	Avenida Reforma 7-62 OF. 802 Edificio Aristos Reforma zona 9 Guatemala, Guatemala.
23	QUIMICA DELTA SOCIEDAD ANÓNIMA	19 avenida 14-37 zona 1 Guatemala, Guatemala.
23	SABORES COSCO DE GUATEMALA SOCIEDAD ANÓNIMA	33 calle 26-68 zona 12 Guatemala, Guatemala.

Continuación de la tabla X.

CÓDIGO RÉGIMEN	RAZÓN SOCIAL BENEFICIARIO	DOMICILIO COMERCIAL
23	AROMA, SOCIEDAD ANÓNIMA	17 avenida 51-40 zona 12 Guatemala, Guatemala.
23	ASESORIA EN ALIMENTOS ASEAL SOCIEDAD ANÓNIMA	Calzada Atanasio Tzul Interior Empresarial el Cortijo Bodega No. 512 19-97 zona 12 Guatemala, Guatemala.
22	YAHIL SOCIEDAD ANÓNIMA	34 avenida "A" Santa Ana 27-33 zona 5 Guatemala, Guatemala.
22	DISTRIBUIDORA DEL CARIBE DE GUATEMALA , SOCIEDAD ANÓNIMA	• 1 calle colonia Toledo 34-39 Z 11 Guatemala, Guatemala. • 13 avenida 3-26 Z 1 Guatemala, Guatemala. • Kilómetro 32.5 carretera al pacifico Amatitlán, Guatemala. • Avenida Petapa 37-29 Z 12 Guatemala, Guatemala.
22	AROMAS NATURALES SOCIEDAD ANÓNIMA	Kilómetro 29 carretera a Bárcenas, Lote 127-A Parcelamiento Santa Rosa Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez.
23	ALKEMY SOCIEDAD ANÓNIMA	7ª calle El Naranjo 27-51 zona 4 de Mixco. Guatemala.
23	CHEMICAL PRODUCTS AND TECHNICAL SERVICE, SOCIEDAD ANÓNIMA	46 calle 16-46 zona 12 Guatemala, Guatemala.
23	ENQUISOL, SOCIEDAD ANÓNIMA	Avenida Petapa 42-95 Centro Empresarial Petapa, Bodega 7-A zona 12, Guatemala, Guatemala.
23	GRUPO INDUSTRIAL ALIMENTICIO SOCIEDAD ANÓNIMA	Km. 26.5 carretera al pacifico entrada a Amatitlan Guatemala, Guatemala.

Fuente: Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), 2011.

En la tabla X. en la columna Código Régimen se observa para los números 22 y 23. El número 22 se refiere a exportadores y el número 23 se refiere a importadores. Se consideran los importadores ya que ellos solo usan parte de lo que importan y ofrecen el producto al mercando nacional nuevamente, pero agregan otros solventes.

La información que se presenta en la tabla X. es para fines de conocer la localización en el territorio guatemalteco a los ofertantes del producto. Como se puede observar los importadores y exportadores del aceite esencial de limón se encuentran cerca del área metropolitana.

2.3.1.2.2. Proyección de la oferta

Los datos de la oferta son obtenidos por medio de encuestas realizadas a algunos exportadores e importadores.

Tabla XI. **Oferta del aceite esencial de limón**

Años	Oferta
	Peso en Kg
2007	4 454,00
2008	5 642,00
2009	6 162,00
2010	6 618,00
2011	5 939,00

Fuente: elaboración propia, con base en datos proporcionados por Departamentos de Compras.

Como se puede observar en la tabla XI, la oferta va aumentando año con año a excepción del 2011 que ocurrió una disminución. Con estos datos se hace el análisis de regresión para obtener una oferta proyectada y de esa forma determinar la demanda potencial insatisfecha para 2012-2020.

Tabla XII. **Regresión con fuentes secundarias de la oferta**

Estadísticas de la regresión					
Coeficiente de correlación múltiple			0.936873772		
Coeficiente de determinación R^2			0.877732466		
R^2 ajustado			0.842798884		
Error típico			697.159129		
Observaciones			5		
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	***Suma de cuadrados***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Valor crítico de F***
Regresión	2	1639362.3	819681.148	1.686479665	0.37223435
Residuos	2	972061.704	486030.852		
Total	4	2611424			
	Coeficientes	***Error típico***	***Estadístico t***	***Probabilidad***	
Intercepción	-2013906.53	3014805.58	-0.66800544	0.572898356	
Año	1009.24435	1510.11937	0.66832091	0.572733471	
PIB	-0.02532496	0.06155425	-0.41142499	0.720659561	
	Inferior 95%	***Superior 95%***	***Inferior 95.0%***	***Superior 95.0%***	
Intercepción	-14985568	10957754.9	-14985568	10957754.9	
Año	-5488.27487	7506.76357	-5488.27487	7506.76357	
PIB	-0.29017154	0.23952162	-0.29017154	0.23952162	

Fuente: elaboración propia 2011.

Con los datos de la tabla XII se encuentra la ecuación de la oferta del aceite esencial de limón.

Ecuación de la oferta: -2013906.53 + (1009.24435*año) + (-0.02532496*PIB)

Con esta ecuación se proyecta la oferta para 2012-2020. Que se presenta a continuación.

Tabla XIII. **Datos proyectados de la oferta del aceite esencial de limón**

Año	PIB (Millones de Q)	Oferta en Kg.
2012	379 677,1	7077,79
2013	402 768,9	7502,23
2014	425 860,7	7926,68
2015	448 952,4	8351,12
2016	472 044,2	8775,57
2017	495 136,0	9200,02
2018	518 227,8	9624,46
2019	541 319,6	10 048,91
2020	564 411,4	10 473,35

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XIII la oferta del aceite esencial de limón para los años 2012-2020 va en aumento, por lo que es conveniente para el proyecto.

2.3.1.3. Demanda potencial insatisfecha

Previo a determinar la demanda potencial insatisfecha es necesario saber que “es la cantidad de bienes o servicios que es probable que el mercado consuma en los años futuros, sobre la cual se ha determinado que ningún productor actual podrá satisfacer si prevalecen las condiciones en las cuales se hizo el cálculo.”[5]

Para la determinación de la demanda potencial insatisfecha de los años 2007-2011 hace un balance de oferta-demanda de dichos años. Y para la determinación de la demanda 2012-2020, que es lo que se desea saber para el proyecto, se hace un balance de oferta- demanda de dichos años. La oferta es la proyectada al igual que la demanda, datos obtenidos en los cuadros IX que corresponde a la demanda y XIII que corresponde a la oferta. Cabe mencionar que en condiciones reales no existe el mercado satisfecho saturado, en decir, aquel en que ya no se pueda vender un solo artículo más.

Tabla XIV. **Demanda potencial insatisfecha de limón en los años 2002-2020**

Año	Demanda en Kg.	Oferta en Kg.	Demanda Potencial Insatisfecha en Kg.
2007	6917,00	5017,81	1899,19
2008	8024,80	5163,18	2861,62
2009	9132,60	5876,61	3255,99
2010	10 240,40	6270,00	3970,40
2011	11 348,20	6437,40	4910,80

[5] Baca Urbina. Evaluación de proyectos. p. 392.

Continuación de la tabla XIV.

Año	Demanda en Kg.	Oferta en Kg.	Demanda Potencial Insatisfecha en Kg.
2012	11 860,81	7077,79	4783,03
2013	12 860,39	7502,23	5358,16
2014	13 859,98	7926,68	5933,30
2015	14 859,56	8351,12	6508,43
2016	15 859,14	8775,57	7083,57
2017	16 858,72	9200,02	7658,71
2018	17 858,30	9624,46	8233,84
2019	18 857,89	10 048,91	8808,98
2020	19 857,47	10 473,35	9384,11

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIV se observa el incremento de la demanda potencial insatisfecha, este incremento empezó en el 2007, y se predice que para el 2020 se estará demandando 9384,11 kg de aceite esencial de limón. Estos datos son favorables para el proyecto ya que es una demanda que estará sin satisfacer en esos años.

2.3.1.4. Análisis de precios

El precio que se maneja, es el que se utiliza para artículos de importación que es el tipo de precio internacional. El precio es, la cantidad monetaria a la cual los productores están dispuestos a vender y los consumidores a comprar un bien o un servicio, cuando la oferta y la demanda están en equilibrio. En este caso el consumidor seria el importador, ya que paga el precio del producto que le ofrecen.

El precio analizado, es el precio de importación que es el precio CIF (Cost, Insurance and Freight), que en español significa costo, seguro y flete más impuesto. Este es el precio que el comprador (importador), está pagando por el aceite esencial de limón que adquiere. Razón por la cual, es el precio que se analiza.

2.3.1.4.1. Determinación del precio

El arancel que se pagar para importar aceite esencial de limón de Centroamérica y otros países a Guatemala es 0%. Por lo cual además del precio CIF se suma únicamente el impuesto y otros costos. El cálculo del impuesto y otros costos (transporte interno), se determina en la página para el cálculo del presupuesto de una operación de comercio (importaciones/exportaciones) de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT).

Tabla XV. **Precio del aceite esencial de limón en quetzales por kilogramo**

Años	Valor CIF $	Impuesto $	Precio en $	Precio en Q	Peso en Kg	Precio Q/Kg
2002	68 590,00	845,05	77 048,05	602 801,59	4338,00	138,96
2003	28 383,00	3434,30	31 817,30	248 929,32	2198,00	113,25
2004	52 394,00	6317,88	58 711,88	459 344,72	6446,00	71,26
2005	49 909,00	6018,4	55 927,40	437 559,75	3179,00	137,64
2006	76 300,00	9183,67	85 483,67	668 799,44	4171,00	160,35
2007	84 395,00	10 158,81	94 553,81	739 761,58	5858,00	126,28
2008	14 850,00	17 769,56	165 619,56	129 575,40	9137,00	141,81
2009	57 107,00	6 883,77	63 990,77	500 645,22	6162,00	81,25

Continuación de la tabla XV.

Años	Valor CIF $	Impuesto $	Precio en $	Precio en Q	Peso en Kg	Precio Q/Kg
2010	82 894,00	9 973,17	92 867,17	726 565,80	11 138,00	65,23
2011	70 980,00	8 545,69	79 525,69	622 185,93	5939,00	104,76

Fuente: elaboración propia.

El tipo de cambio utilizado es de US$ 1 = Q 7,82371

Como se puede observar en la tabla XV el precio del aceite esencial de limón en Guatemala ha variado mucho año con año.

En el 2011 el precio es de Q 104,76 como se observa en la tabla XV, este será el precio al que se ofrecerá el producto. En la sección de canal de distribución se describirá el mercado objetivo.

El precio promedio a nivel internacional, considerando los mayores productores de aceite esencial de limón (Argentina que es el mayor productor seguido de EE.UU., Italia, México, Reino Unido) es de US$ 24,17 por kg publicado por la Dirección de la Industria Alimentaria y Agroindustria de Argentina.

Usando el tipo de cabio US$ 1 = Q 7,82371 nos da un precio de Q 189,099 por Kg.

Los precios bajos de importación en Guatemala pueden ser debido a la baja concentración de aceite esencial de limón, por el alto volumen de compra o por ser un país bajo.

2.3.1.5. Comercialización del producto

En esta sección se determina como hacer llegar el producto al consumidor con los beneficios de tiempo y lugar.

El aceite esencial de limón es un producto industrial, por ser un producto que se utiliza en alimentos, fármacos, cosméticos y otros. Aunque en aromaterapia puede ser utilizado solo con una pequeña mezcla con solventes.

2.3.1.5.1. Canales de distribución

Los aspectos que se analizan en este apartado son la determinación del canal más apropiado de distribución.

El canal que se selecciona es para productos industriales en este caso sería el de productor-usuario industrial. Este canal se selecciona ya que el mercado objetivo son los importadores y exportadores de aceite esencial limón y categorizan como usuario industrial según la categoría sugerida por Baca Urbina, 2006. Además se incluye a los exportadores ya que el aceite esencial que exportan no lo producen, solo cambian la concentración con solventes para posteriormente venderlo. Se considera este tipo de canal de distribución, debido a que se consultó con personas a cargo de la compra de insumos de las empresas importadoras y exportadoras y están de acuerdo con la compra de aceite esencial producido a nivel nacional.

2.3.2. Estudio técnico

En el estudio técnico se determina el tamaño óptimo de la planta por el método de escalación, la localización optima por el método cualitativo de puntos

ponderados, ingeniería del proyecto en el cual se desarrolla el proceso de producción y las técnicas del análisis del proceso de producción, distribución de planta y organización del recurso humano.

2.3.2.1. Determinación del tamaño óptimo de la planta

Es la capacidad en unidades de producción por año. Se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales y con la máxima rentabilidad económica. Para ello se necesita tener conocimiento con mayor precisión de tiempos predeterminados o tiempos o movimientos del proceso, diseñar y calcular esos datos.

Los factores que determinan o condicionan el tamaño de una planta son:

- El tamaño del proyecto y la demanda
- El tamaño del proyecto y los suministros e insumos
- El tamaño del proyecto, la tecnología y los equipos
- El tamaño del proyecto y el financiamiento
- El tamaño del proyecto y la organización

El factor que limita el tamaño del proyecto en este caso es la tecnología y los equipos, debido a su capacidad de transformación. Por consiguiente se usa el método de escalación ya que se enfoca en la capacidad de equipos.

2.3.2.1.1. Método de escalación

Una forma más detallada de determinar la capacidad óptima de producción es considerar la capacidad de los equipos disponibles, en este caso

se considerará la capacidad del equipo que se encuentre en la Planta Piloto del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para determinar la capacidad óptima se consideran los siguientes factores:

- Capacidad del equipo por hora: el equipo es de la marca Tounaire y tiene una capacidad de 6.81 kg de epicarpio del limón en 2 horas 30 minutos que dura el batch, incluyendo la carga y descarga. Por lo tanto la capacidad por hora es de 2.728 kg.

- Horas de trabajo al día: se opta por tres turnos de trabajo (24 horas) debido a que en ese lapso de tiempo hay sobreproducción de materia prima por lo que hay que aprovecharlo al máximo.

- Rendimiento de aceite esencial: el rendimiento del aceite esencial por el método de arrastre por vapor directo que es el equipo que se está analizando es de 1.6147 %.

Con estos datos se calcula la capacidad óptima y se hace de la siguiente manera.

Capacidad optima= (capacidad / hora) * (horas de trabajo / día) * (rendimiento).

Capacidad optima= (2.728 Kg / hora) * (24 horas) * (1.6147% / 100)= 1.057176 kg / día

.

Por lo tanto la capacidad óptima es de 1.057176 kg/día (24 horas)

2.3.2.2. Localización óptima del proyecto

Una de las limitantes de la localización de la planta es la disponibilidad de materia prima que en este caso es el limón persa (*Citrus latifolia*), de tal forma que la primer condicionante es: ubicar la planta en un departamento del país que sea abastecedor del limón persa (*Citrus latifolia*) o esté cercano al abastecedor y con condiciones socioeconómicas aceptables.

Los sitios con esas características de localización son los departamentos de Escuintla y Alta Verapaz, los cuales son los mayores productores de limón persa y la ciudad capital por estar en lugar intermedio y cercano a los abastecedores como se puede observar en la figura 5. El mayor productor de limón persa es el departamento de Escuintla con una producción de 715 723 según los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE).

2.3.2.2.1. Localización por el Método Cualitativos de Puntos Ponderados

Para realizar este método se requiere mencionar determinados factores, que beneficien o perjudiquen la ubicación de la planta en ese lugar y de esa forma asignarles un peso o ponderación.

Tabla XVI. **Factores de importancia en la localización de la planta**

No.	Factor	Peso
1	Seguridad	0.2
2	Disponibilidad de Materia Prima	0.3
3	Vías de Acceso	0.2
4	Servicios	0.15
5	Cercanía al principal centro de consumo	0.15

Fuente: elaboración propia 2011.

Los factores de servicios y de cercanía al principal centro de consumo, tienen ponderación menor ya que sus magnitudes se encuentran en similar proporción en los tres sitios; la disponibilidad de materia prima tiene ponderación de 0.30 y es la asignación más alta; debido a su importancia. Las calificaciones se asignan con base a criterios.

Tabla XVII. **Departamentos propuestos para la localización de la planta de extracción de aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*)**

Factor	Peso	Calificación			Calificación Ponderada		
		Escuintla	Alta Verapaz	Guatemala	Escuintla	Alta Verapaz	Guatemala
1	0.2	45	60	30	9	12	6
2	0.3	70	50	50	21	15	15
3	0.2	50	40	70	10	8	14
4	0.15	45	35	75	6.75	5.25	11.25
5	0.15	45	40	60	6.75	6	9
Total	**1**				**53.5**	**46.25**	**55.3**

Fuente: elaboración propia.

Nota: la calificación de 100 se asigna al factor de mayor satisfacción y disminuye proporcionalmente con base a este criterio.

Según la tabla XVII el departamento de Guatemala presenta mayor calificación, por lo que es seleccionado para instalar la planta. El departamento de Guatemala cuenta con los todos los servicios necesarios, como red de drenaje, terrenos con áreas verdes, energía eléctrica, servicio de agua potable; lo cual es conveniente si se está contemplando que la empresa crezca a fututo.

Se recomienda el municipio de Amatitlán ya que está en un sector industrial, además por la cercanía a la materia prima y los proveedores.

2.3.2.3. Ingeniería del proyecto

En esta parte se describen los tres métodos de extracción (método de arrastre por vapor directo, hidrodestilación y prensado en frío), además se usa técnicas de análisis del proceso de producción como lo es el diagrama de flujo de proceso, cursograma analítico además se incluye un diagrama de recorrido.

2.3.2.3.1. Descripción por el método de extracción hidrodestilación

Es una técnica de extracción, que es utilizado para la obtención de aceites esenciales, en este caso se utiliza el neoclevenger ver figura A de anexos, que es un equipo utilizado para hidrodestilar.

Previo a describir la metodología de extracción se describe a continuación: los materiales, equipos y cristalería a utilizar:

- Materia prima
- Neoclevenger
- Balón 1000 ml
- Manta de calentamiento
- Recirculador
- Etanol
- Beaker de 250ml
- Probeta de 500ml
- Pizeta
- Hielo
- Ampolla de decantación
- Vial (recipiente que contendrá el aceite esencial)
- Balanza

El proceso se divide en dos partes: una es la preparación del limón y el otro es propiamente la extracción del aceite esencial.

- Preparación del limón persa (*Citrus latifolia*): debido a que la cantidad de materia prima que se utiliza se empieza desde el lavado de la materia prima hasta el raspado del epicarpio del limón, el cual es la parte del limón en donde se extrae el aceite esencial.

    - Lavado del limón persa (*Citrus latifolia*): se hace manual evitando dañar el epicarpio del limón esto con el fin de mantener la mayor cantidad posible de aceite esencial.

- Secado del limón persa (Citrus *latifolia*): consiste en secar el limón ya sea con toallas secas o con aire comprimido, debido a la cantidad de limones, se hace de forma manual.

- Raspado del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*): el limón persa es raspado manualmente con un raspador como se observa en la figura 23 de anexos, el tamaño del raspado es inversamente proporcional al rendimiento por lo que es necesario que las partículas sean de menor tamaño posible.

- Extracción del aceite esencial: esta parte del proceso se empieza desde la limpieza del equipo a utilizar hasta obtener el aceite esencial de limón dentro de un vial.

  - Lavado de equipo y cristalería: se lava el Neoclevenger con una pizeta que tenga etanol, se pasa cuidadosamente en todo el equipo y por último se pasa agua destilada para quitar los residuos de etanol. Este mismo procedimiento se hace para el resto de la cristalería.

  - Pesado de materia prima: se tara el beacker de 250 ml sobre una balanza ya sea analítica o semianalítica, ya tarada se procede a pesar 50 g del epicarpio del limón.

  - Llenado del balón de 1000 ml: pesado la materia prima se procede a colocar dentro del balón de 1000 ml posteriormente se agrega 500 ml de agua destilada tratando de humedecer toda la materia prima.

- Acople del neoclevenger al balón: en el acople del neoclevenger con el balón se coloca una sustancia oleosa para evitar la pérdida de calor además para facilitar el desacople cuando se finaliza la extracción.

- Encendido del recirculador: se agrega agua al recipiente donde se encuentra el recirculador, se agregan botes con agua congelada al recipiente esto con el objetivo de obtener una temperatura de 10° C. cambiar los botes con agua congelada cuando la temperatura supere los 10° C.

- Encendido de la manta de calentamiento: se enciende la manta de calentamiento para que transfiera calor al balón ya que están en contacto directo como se observa en la figura 22 de anexos. Se espera que llegue a ebullición para posteriormente tomar el tiempo de destilación que tarda 2 horas. Completando el tiempo se suspende el calentamiento hasta que termine de producirse el condensado.

- Recepción del aceite esencial de limón: se determina la masa de un vial color ámbar, luego se transfiere el aceite esencial al vial, teniendo cuidado de separar la fase oleosa del agua, nuevamente se determina la masa del vial. De preferencia hacerlo en una balanza analítica. Estos datos son tomados con el objetivo de determinar el rendimiento.

- Almacenaje el aceite esencial: se hace en cuarto controlado que esté dentro del rango de temperatura de 16 °C a 25 °C.

2.3.2.3.2. Descripción por el método de extracción prensado en frío

Con el proceso que se describe no se lograron resultados satisfactorios como se puede observar en el análisis físico químico, que se presenta en la tabla XVIII aunque expertos aseguran que por este método se logra tener características odoríferas superiores a los obtenidos por cualquier método de destilación. Esto es debido a la ausencia de calor durante el procesado y a la presencia de componentes que no serían volátiles en el vapor. El resultado negativo es debido a la falta de equipo especializado para logra separar el aceite esencial de la parte acuosa.

El proceso se divide en dos partes: una es la preparación del limón y el otro para la extracción propia del aceite esencial.

- Preparación del limón persa (*Citrus latifolia*): esta parte inicia desde la recepción de la materia prima hasta el raspado del epicarpio del limón, el epicarpio es la parte del limón en el cual se extrae el aceite esencial.

    - Recepción de la materia prima Limón Persa (*Citrus latifolia*): la materia prima es trasportada a la planta en costales conteniendo aproximadamente cuatrocientas unidades con un diámetro aproximado de dos pulgadas. Para mayor control y satisfacción, la materia prima es inspeccionada para luego ser almacenada en un cuarto frío a 4.44° C.

- Lavado del limón persa (*Citrus latifolia*): el primer paso del lavado consiste en un asperjado con agua, la cual se encuentra a alta presión para eliminar los restos vegetales y minerales que trae consigo la materia prima, posteriormente se deja reposar en un recipiente con cloro a 60 ppm durante 1 minuto, después de trascurrido ese tiempo se procede a enjuagar con agua a alta presión y por último se deja reposar para que el agua destile.

- Secado del limón persa (*Citrus latifolia*): consiste en secar el limón ya sea con toallas secas o con aire comprimido, la forma más eficiente es el aire comprimido ya que permite secar un alto número de limones en menor tiempo.

- Raspado del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*): el limón persa es raspado manualmente con un raspador como se observa en la figura B de anexos, el tamaño del raspado es inversamente proporcional al rendimiento por lo que es necesario que las partículas sean de menor tamaño posible.

- Extracción por prensado en frío: esta parte del proceso se empezará desde la limpieza del equipo a utilizar hasta obtener el aceite esencial de limón dentro de un vial.

  - Pesado de la materia prima: la masa de la materia prima que se determina es de 6 kilógramos como mínimo ya que el plato de la prensa requiere esa masa.

- Lavado y llenado del plato de la prensa: el plato de la prensa se lava con agua pero después de ello se seca con aire comprimido posteriormente a ello se llena con la materia prima como se puede observar en la figura C de anexos.

- Colocar un recipiente para la expresión: usar un bote con capacidad de un galón y colocar un embudo para que la expresión caiga dentro del mismo y de esa forma evitar pérdidas, como se puede observar en la figura D de anexos.

- Encendido del sistema hidráulico: el sistema hidráulico se enciende cuando la materia prima ya está en el plato de la prensa. El sistema debe de alcanzar una presión de 400 Kgf/cm^2, cuando alcanza esta presión se apaga el sistema y se deja de exprimir.

- Determinación de la masa del contenido exprimido: se espera hasta que se obtengan las últimas gotas posteriormente se lleva a la bascula para determinar su masa.

- Descargado y lavado: se vacía el plato que contiene el epicarpio de limón posteriormente se lava el plato conjuntamente con el resto del equipo. El secado del equipo de hace con aire comprimido.

- Centrifugado del contenido exprimido: el contenido se colocó en una centrifuga a 5,000 rpm ya que esta su capacidad máxima aunque debió de colocarse en una centrifuga de 8,000-10,000 rpm para separar la parte viscosa o emulsión de la parte acuosa. Se separaron las fases y la emulsión se coloco dentro de un freezer durante 30 días con el objetivo de aumentar el volumen de aceite. Observar figura E lado izquierdo.

- Pasado los 30 días se vuelve a centrifugar con la centrífuga de 5,000 rpm aunque se debió de usar una centrifuga de 16,000 a 18,000 rpm pero no se consiguió el equipo. Se separaron las fases. Observar figura E lado derecho.

- Almacenado: luego de separar las fases se almacena en cuarto controlado que esté dentro del rango de temperatura de 16°C a 25°C.

2.3.2.3.3. Descripción del proceso de producción por el método de arrastre de vapor directo

El principio básico de este método de destilación de dos líquidos heterogéneos, como el agua y un aceite esencial, es que cada uno ejerce su propia presión de vapor como si el otro componente estuviera ausente. Cuando las presiones de vapor combinadas alcanzan la presión del recinto, la mezcla hierve. Aceite esencial con punto de ebullición de hasta 300 °C evaporan a temperaturas cercanas al punto de ebullición del agua. El vapor arrastra el D-Limoneno, a pesar de que este tenga un punto de ebullición más alto que el

agua (352 °F). El vapor y el aceite esencial son condensados y separados por decantación.

Se describe detalladamente el proceso de producción por el método de arrastre por vapor directo ya que es el que nos da una idea cercana a la realidad del proyecto debido a que es a nivel planta piloto.

La descripción se segmentará en dos partes debido a que el limón se prepara antes de proceder a la extracción del aceite esencial de limón.

- Preparación del limón persa (*Citrus latifolia*): esta parte inicia desde la recepción de la materia prima hasta el raspado del epicarpio del limón.

    - Recepción de la materia prima Limón Persa (*Citrus latifolia*): la materia prima es trasportada a la planta en costales conteniendo aproximadamente cuatrocientas unidades con un diámetro aproximado de dos pulgadas. Para mayor control y satisfacción, la materia prima es inspeccionada para luego ser almacenada en un cuarto frío a 4.44° C.

    - Lavado del limón persa (*Citrus latifolia*): el primer paso del lavado consiste en un asperjado con agua, la cual se encuentra a alta presión para eliminar los restos vegetales y minerales que trae consigo la materia prima, posteriormente se deja reposar en un recipiente con cloro a 60 ppm durante 1 minuto, después de trascurrido ese tiempo se procede a enjuagar con agua a alta presión y por último se deja reposar para que el agua destile.

- Secado del limón persa (*Citrus latifolia*): consiste en secar el limón ya sea con toallas secas o con aire comprimido, la forma más eficiente es el aire comprimido ya que permite secar un alto número de limones en menor tiempo.

- Raspado del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*): el limón persa es raspado manualmente con un raspador como se observa en la figura B de anexos, el tamaño del raspado es inversamente proporcional al rendimiento por lo que es necesario que las partículas sean de menor tamaño posible.

- Destilación por arrastre de vapor directo

  - Encender la caldera: para encender la caldera se siguen los siguientes pasos: primero se enciende en control de la caldera ya que en ello se estará controlando la presión, nivel de agua, entre otros. Luego se procede a llenar el tanque, luego se enciende la caldera hasta que alcance una presión de 100 psi.

  - Llenado de marmita: la marmita está compuesta por cuatro platos con agujeros que permite en paso homogéneo del vapor entre la materia prima ver figura F de anexos. En este caso se coloca la materia prima sobre el primer plato y así sucesivamente ir llenando los otros platos. Cuando ya está lleno se coloca un seguro en la parte superior, posteriormente se tapa.

  - Lavado y llenado del vaso florentino: se lava en vaso florentino con agua y jabón para eliminar las partículas de aceite esencial que queden dentro del vaso posteriormente se procede a llenarlo

de agua ya que es el recipiente donde se recibirá el aceite esencial de limón.

- Encendido del *chiller*: antes de encender, se rectifica que el nivel del agua sea lo suficiente. Posteriormente se procede a encender el equipo.

- Abrir llave de vapor: cuando la caldera alcanzó la presión de 100 psi se procede a abrir la llave de vapor para que pase por la marmita que contiene la materia prima. Se espera que caiga la primera gota de aceite esencial dentro del vaso florentino y después de ello se toma un tiempo de dos horas antes de cerrar la llave de vapor.

- Obtención del aceite esencial del vaso florentino: debido a que el vaso florentino tiene tres aberturas como se observa en la figura G de anexos, en el abertura 2 es donde sale en aceite esencial debido a la diferencia de altura al agregar agua en la abertura 3. En la abertura dos se coloca un erlenmeyer de 1000 ml para recibir el aceite esencial con agua.

- Traspaso del contenido del erlenmeyer al balón de decantación: el contenido del erlenmeyer (agua y aceite esencial) se traspasa a un balón de decantación de 1000 ml y se deja reposar por 125 minutos.

- Esperar el enfriado del equipo, apagado de caldera y *chiller*: mientras se espera que el equipo enfríe se procede a apagar la caldera, y cuando ya está frío se procede a apagar el *chiller*.

- Descargado y lavado: cuando ya está fría la marmita y la torre de platos se procede a extraer la torre de platos, luego se procede a quitar la materia prima de cada plato al basurero y posterior a ello se lava con jabón y agua a presión. .

- Decantado del aceite esencial: después de 125 minutos se procede a decantar. El aceite esencial se coloca dentro de frascos previamente esterilizados el cual deben de ser de vidrio y de color ámbar para evitar la oxidación.

- Almacenado: para evitar el deterioro del producto, se almacena en el rango de temperatura de 16°C a 25°C.

2.3.2.3.4. Técnicas de análisis del proceso de producción para el método de arrastre por vapor directo

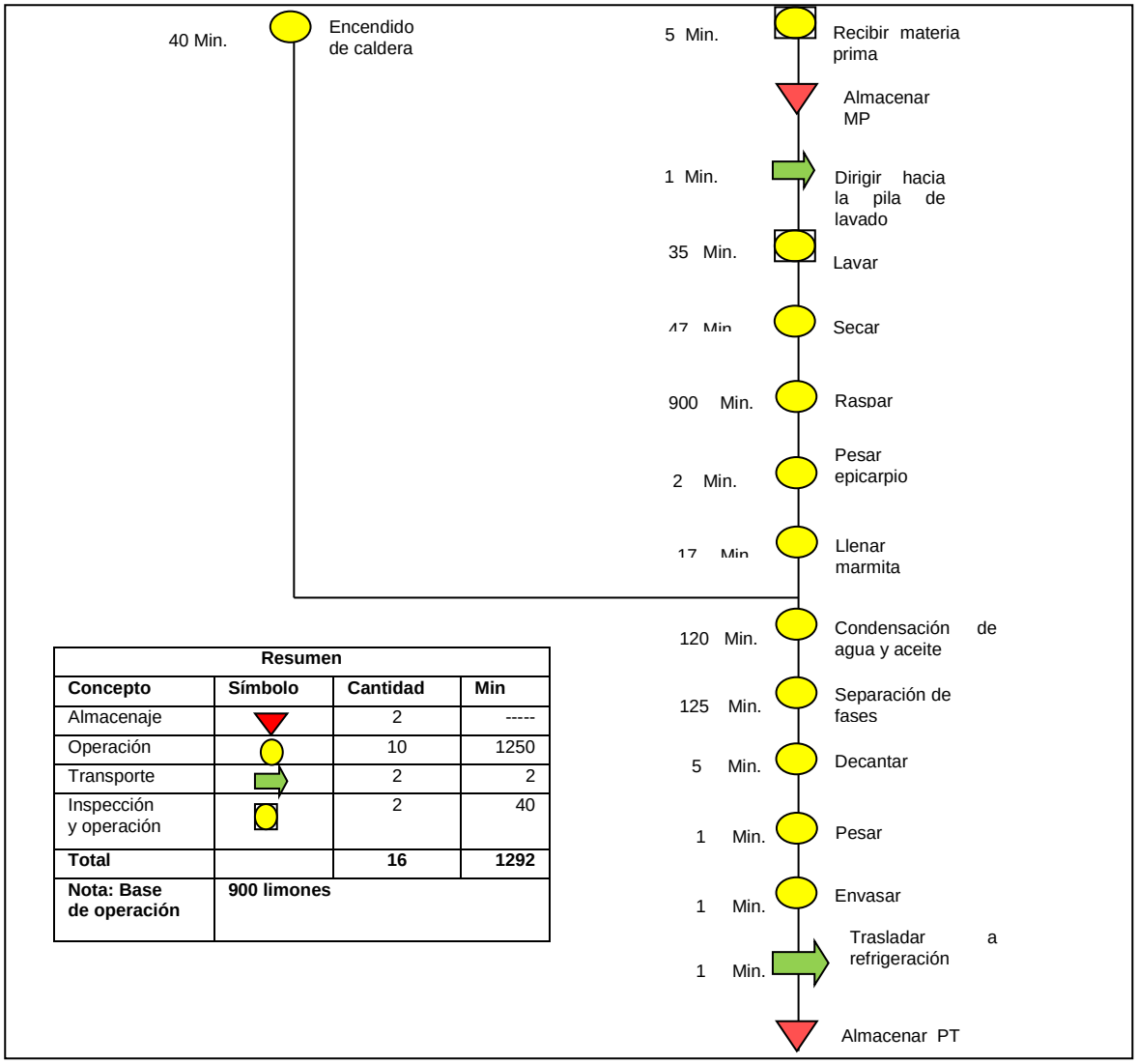
Se aplica para el método de arrastre por vapor directo ya que es el método en la cuan se logra establecer tiempos, distancia además es el método en la cual se determinarán los costos.

- Diagrama de flujo de proceso

El siguiente diagrama de flujo que se presenta es del proceso productivo por el método de arrastre por vapor directo.

Figura 6. **Diagrama de flujo de proceso**

Empresa	LIEXVE	**Método**	Actual
Departamento	Producción	**Fecha**	22 Marzo 2012
Producto	Aceite esencial de limón	**Analista**	Carmen Juan



Resumen			
Concepto	**Símbolo**	**Cantidad**	**Min**
Almacenaje		2	-----
Operación		10	1250
Transporte		2	2
Inspección y operación		2	40
Total		**16**	**1292**
Nota: Base de operación	**900 limones**		

Fuente: elaboración propia, con programa de Visio.

El diagrama de la figura 6 sirve para fines de conocer únicamente el proceso de producción de forma integrada además del tiempo que se lleva en todo el proceso.

- Cursograma Analítico

Es una técnica que consiste en mostrar la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda.

Tabla XVIII. **Hoja del cursograma analítico**

Empresa	LIEXVE	**Método**	Actual
Departamento	Producción	**Fecha**	22 Marzo 2012
Producto	Aceite esencial de limón	**Analista**	Carmen Juan

Destalles del Método	**Actividad**					**Tiempo (min)**	**Distancia (m)**	**Observaciones**
	○	⇨	□	D	▽			
Recepción de materia prima	X					5		Deberá verificar el estado
Almacenamiento					X			A temperatura de 40°F
Transporte hacia pila de lavado		X				1	2.5	Manual
Lavado e inspección	X		X			35		Manual y visual
Secado	X					47		Manual
Raspado	X					900		Manual
Encendido de caldera	X					40		Cuando ya se tiene la Materia prima
Pesado del epicarpio	X					2		Con bascula
Llenado de la marmita	X					17		Manual
Condensación de agua y aceite	X					120		Se recibe en Vaso Florentino
Separación de fases	X					125		En Balón de destilación
Decantación	X					5		En frasco
Pesado	X					1		Del frasco sin y con producto
Envasado	X					1		Manual
Trasporte a refrigeración		X				1	3	Manual
Almacenamiento					X			

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Word.

La tabla XVIII sirve para fines de conocer únicamente el proceso de producción de forma integrada además del tiempo y la distancia que se recorre durante el proceso.

2.3.2.4. Distribución de planta

La distribución de planta, es aquella donde están ordenadas todos las áreas especificas de un planta ya sea industrial o de otro giro, por lo que es importante reconocer que: la distribución de planta está orientada al ahorro de recursos, esfuerzos y otras demandas, ya que esta tiene distribuido todas sus áreas.

La planta que se presenta es una propuesta, que incluye las partes necesarias para que funcione de una forma adecuada. Esta propuesta de planta incluye lo que tiene la planta piloto del Centro de Investigaciones de Ingeniería solo que de una forma más ordenada.

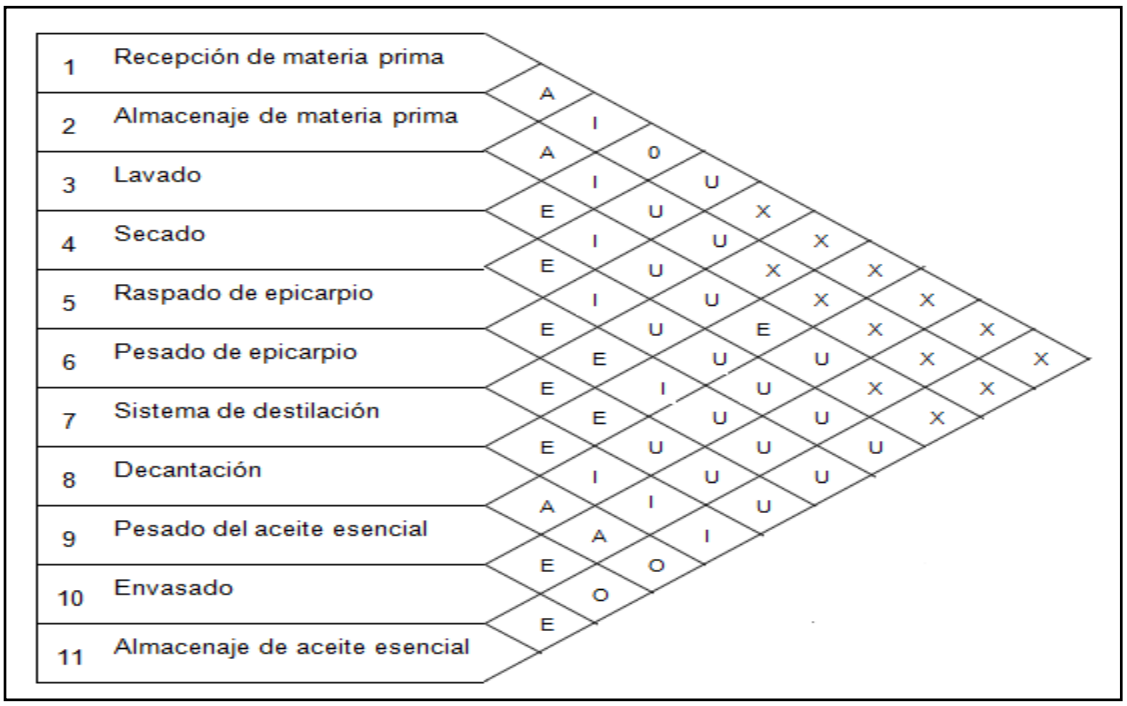
La distribución de planta se puede realizar por proceso y por producto. En este caso se utiliza el método SLP (Systematic Layout Planning), este está enfocado a la distribución por proceso.

2.3.2.4.1. Método SLP (Systematic Layout Planning)

Previo a ejecutar el método es necesario conocer la simbología y se presenta en la figura H de anexos. Para la ejecución del método SLP se utiliza el siguiente procedimiento.

- Construir matriz diagonal: las áreas que se consideran en este caso son las que se presentan en el diagrama de flujo de proceso.

Figura 7. **Diagrama de relación de actividades del Área de Producción**

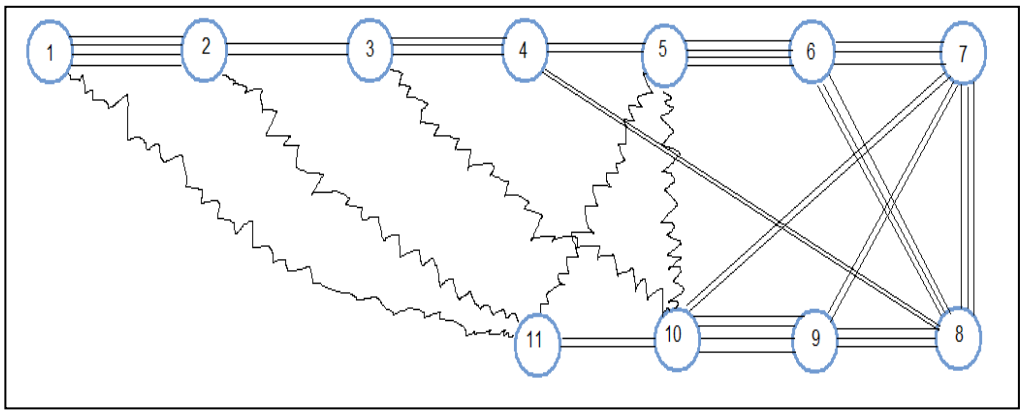


Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Power Point.

La matriz de la figura 7 permite visualizar la relación que existe entre cada área de trabajo.

- Construcción del diagrama de hilos: las áreas que se consideran para el diagrama son las mismas que se proponen en la matriz SLP.

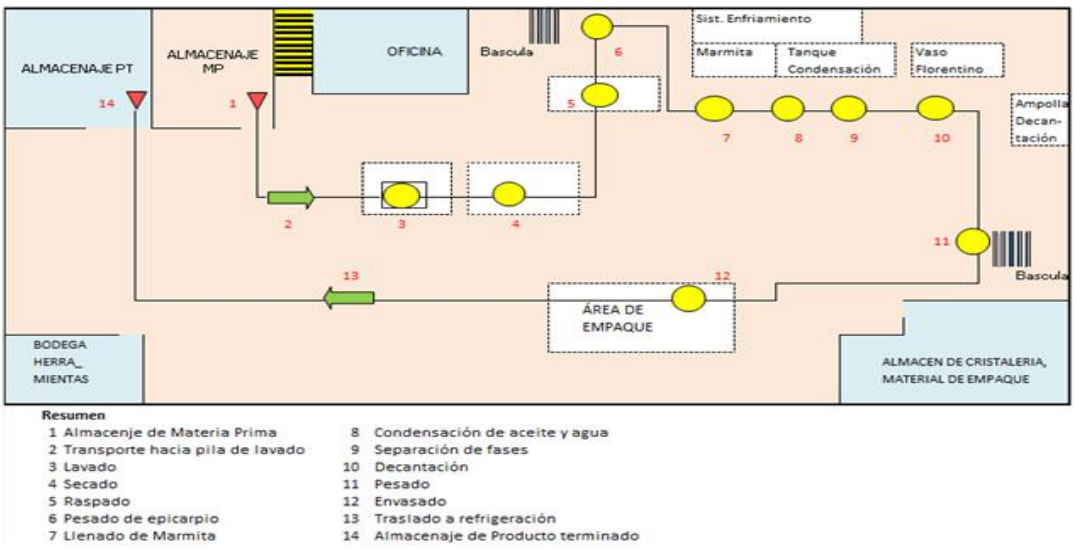
Figura 8. **Diagrama de hilos de la empresa**



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

La figura 8 proporciona la base para proponer la distribución de planta, utilizando esta distribución se presenta el siguiente plano de planta.

Figura 9. **Diagrama de recorrido de la planta de extracción de aceite esencial**



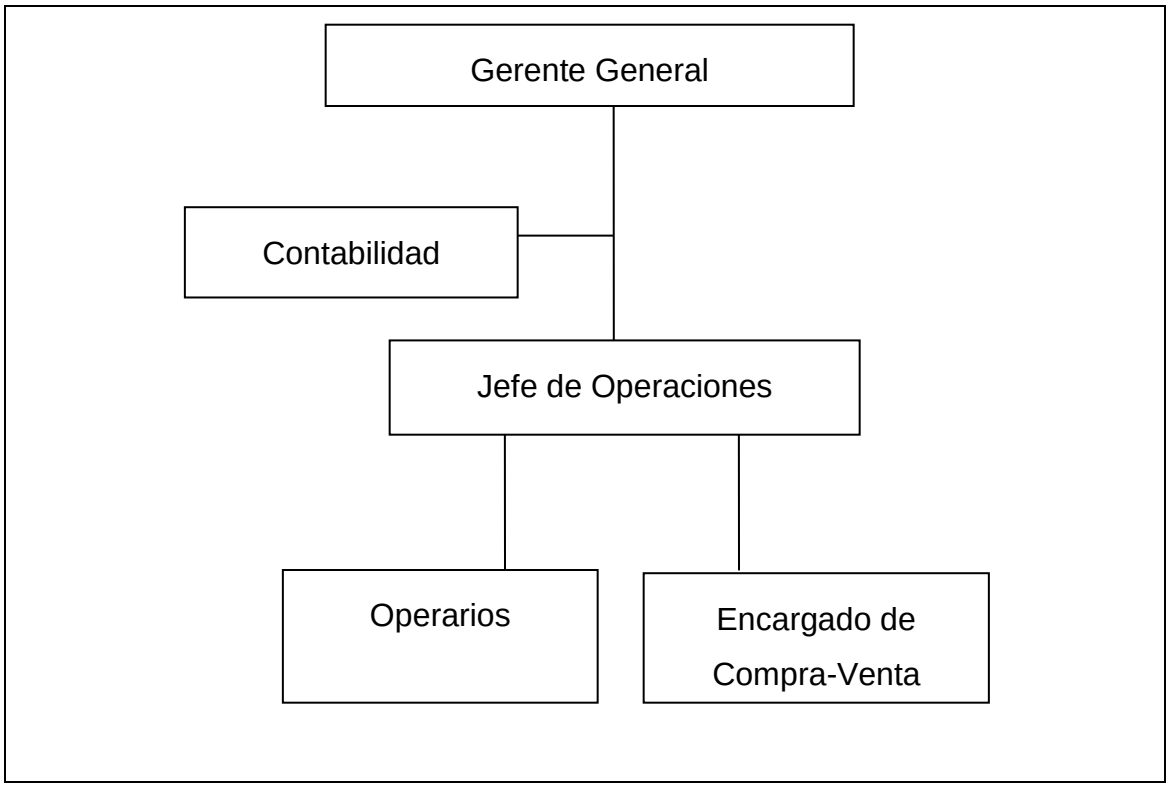
Fuente: elaboración propia, elaborado con programa de Microsoft Office Power Point.

2.3.2.5. Organización del recurso humano

La característica principal de una empresa de este tamaño es que cuenta con poco personal. Algunos puestos que aparecen en el organigrama son multifuncionales, es decir, una sola persona los ejerce.

En la figura 10 se representa el organigrama general de la empresa, en orden de jerarquía y de mando en la empresa, además de que posteriormente se describen cada una de las funciones en que se encuentra involucrada cada persona.

Figura 10. **Organigrama general de la empresa**



Fuente: elaboración propia.

2.3.2.5.1. Gerente general

Este es el encargado de gerenciar las operaciones, siendo el representante de la empresa y al mismo tiempo velar por la optimización de los recursos con que cuente la empresa. Tiene a su disposición al contador, jefe de operaciones, operarios y vendedor.

2.3.2.5.2. Contador

Es el encargado de llevar el orden contable de la empresa y velar por que se mantenga la legislación pertinente. Tiene comunicación directa con el gerente general, pero no forma parte del personal fijo de la empresa, ya que su servicio es por honorarios.

2.3.2.5.3. Jefe de operaciones

Es el jefe inmediato de los operarios de planta y del comprador-vendedor; planifica y supervisa la producción, velará por el buen funcionamiento de la planta y venta del producto.

2.3.2.5.4. Encargado de compra venta

Es el encargado directo de las compras de materia prima, material de empaque y otros insumos que la empresa requiera.

También maneja la cartera de los clientes, recibe los pedidos y se encarga de la distribución y publicidad del producto.

2.3.2.5.5. Operario

Dentro de esta clasificación existen dos por turno de operación: uno encargado del raspado del producto y el otro de la destilación. Dentro de otras atribuciones son los que realizan la limpieza y mantienen en buenas condiciones las instalaciones de la planta.

2.3.3. Costo

En esta sección, se detallan los costos a los cuales se incurre en el funcionamiento, como lo son los costos de producción, los costos administrativos y los costos de venta.

2.3.3.1. Datos

Se realizaron cuatro repeticiones de extracción por el método de destilación por arrastre de vapor directo, en donde se obtuvo los siguientes datos.

Tabla XIX. **Datos obtenidos de la destilación por arrastre de vapor directo**

Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad de conversión
1,00	Limón de 2" de diámetro	76,00	gramos en peso bruto
938,00	Limón de 2" de diámetro	6,81	Kg de epicarpio
938,00	Limón de 2" de diámetro	110,09	gr de aceite
1,00	gr de aceite	0,9026	ml de aceite
110,09	gr de aceite	121,97	ml de aceite

Fuente: elaboración propia.

La determinación de los costos está basada en la utilización de 938 limones por lote, lo que daría en rendimiento 6,81 Kg. de epicarpio de limón (cáscara), obteniéndose de éste epicarpio 121,97 ml de aceite esencial de limón. Con estos datos se utiliza la capacidad máxima del quipo. La densidad del aceite esencial de limón es de 0,9026 gramos por mililitro.

Con base en las repeticiones realizadas, para extraer el aceite esencial del limón, se puede estimar que se realicen tres producciones por turno, es decir, que se contaría con tres turnos rotativos para el Área de Producción, mientras que para el área administrativa se trabajará en un turno únicamente.

2.3.3.2. Costos de producción

Constituido por todas aquellas partidas que intervienen con la producción, como lo es en esta ocasión la materia prima, envases y embalaje, mano de obra, agua potable, combustible, higiene y limpieza, mantenimiento del equipo, cristalería, energía eléctrica y depreciación.

2.3.3.2.1. Materia prima

El costo por unidad del limón se calcula con base en datos obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística INE, que anda en un rango de Q 114,00 y Q 144,00 por quintal, el cual al promediar obtenemos un valor de Q 129,00 por quintal, con este dato se calcula el costo por unidad de limón sabiendo que en promedio un limón de dos pulgadas tiene una masa de 76 g. con estos datos se obtiene que cada limón tiene un precio de Q 0,216.

Tabla XX. **Costos de materia prima**

Cantidad	Descripción	Costo/ Unidad	Costo/ Producción	Costo/ Día
938	Limón de 2"	Q 0 22	Q 202 61	Q 607 82
Total			Q 202 61	Q 607 82

Fuente: elaboración propia.

La tabla XX detalla básicamente el costo de la materia prima principal para el proceso de obtención de aceite esencial de limón.

2.3.3.2.2. Empaque y embalaje

Hace referencia al costo empaque primario y secundario. El empaque primario es un frasco de vidrio color ámbar con capacidad de 250 ml, mientras que el empaque secundario es corrugado con capacidad de 24 frascos.

Tabla XXI. **Empaque y embalaje**

Cantidad	Descripción	Costo/ unidad	Costo/ Producción	Costo/ día
1	Frasco color ámbar de 150 ml	Q 2,75	Q 2,75	Q 8,25
0,04	Caja de cartón	Q 2,16	Q 0,09	Q 0,27
Total			Q 2,84	Q 8,52

Fuente: elaboración propia.

En este costo se resalta la cantidad de 0,04 de caja, que representa a la porción que ocupa un frasco que contiene aceite esencial de limón en una caja con capacidad de 24 unidades. Debido a que en una producción se obtienen 121,97 ml de aceite esencial de limón se opta por utilizar frascos de 150 ml de capacidad.

2.3.3.2.3. Mano de obra

En lo que concierne a la mano de obra, para una producción se contempla a dos personas laborando 8 horas para el raspado del epicarpio y una persona laborando 2,5 horas para el proceso de destilación del aceite esencial.

Tabla XXII. **Mano de obra**

Cantidad	Descripción	Costo/día	Costo/ Producción	Costo/día
2	Persona para raspado	Q 68,00	Q 136,00	Q 408,00
1	persona para destilación	Q 68,00	Q 22,67	Q 68,00
Total			Q 158,67	Q 476,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXII se muestra el costo de mano de obra directa, que asciende a Q 158,67 por producción y Q 476,00 por día, estimando tres producciones por día.

Es importante mencionar en esta sección, que la mano de obra directa hace referencia a los operarios, que de igual forma cumplen con otras funciones como: limpieza e higiene de las instalaciones.

2.3.3.2.4. Agua potable

El agua potable es utilizada en el sistema de destilación de arrastre por vapor directo, tanto en la caldera como en el sistema de enfriamiento. Además una pequeña porción, es utilizada para la limpieza posterior a la producción, de lo que es área de trabajo y utensilios utilizados. El volumen de agua utilizado mensualmente es de 44,78 m^3 para tres turnos de producción.

Tabla XXIII. **Agua potable**

Cantidad (m^3)	**Descripción**	**Costo/m^3**	**Costo/ Producción**	**Costo/ Día**
0,4253	Litros en caldera	Q 5,03	Q 2,1392	Q 6,418
0,0383	Litros en sistema de enfriamiento	Q 5,03	Q 0,1926	Q 0,578
0,0340	Litros en Limpieza	Q 5,03	Q 0,1710	Q 0,513
Total			Q 2,503	Q 7,509

Fuente: elaboración propia.

El costo de agua para un rango de 41 m^3 a 60 m^3 es de Q 2,24 m^3 (sin IVA incluido) a esto se debe de agregar el costo del alcantarillado que es 20% del total de consumo a esto se le suman un cargo fijo de Q 16,00. Tasa municipal vigentes en la ciudad de Guatemala.

Con estos datos determina el costo y es de: Q 5,03 / m^3.

2.3.3.2.5. Combustible

Dentro de este rubro se menciona el combustible diesel. El combustible es utilizado en la caldera, y sirve para la generación de vapor en el sistema de destilación por arrastre de vapor directo.

El consumo de combustible depende de la potencia del equipo, siendo de 10 Hp el de la caldera que se utiliza para la extracción. El consumo de combustible (diesel) por Hp es de 0,20 gal/hora aproximadamente según pruebas efectuadas para una caldera en la universidad de Nebraska.

Tabla XXIV. **Combustible**

Cantidad	Descripción	Costo/ Galón	Costo/ Producción	Costo/ Día
5	Galones de Diesel	Q 31.78	Q 158.90	Q 476.70
Total			Q 158.90	Q 476.70

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de 5 galones es la cantidad de diesel total en el sistema, es decir, desde el arranque, que es cuando se consume mayor cantidad de combustible. Este consumo de combustible genera un costo de producción de Q 158,9 y un costo por día de Q 476,70.

2.3.3.2.6. Equipo de protección y limpieza

Para obtener los costos de Equipo de protección y limpieza, se estima una vida útil de cinco años para las botas de hule, dos años para las batas, un año para la escoba y un año para el trapeador.

Tabla XXV. **Equipo de protección y limpieza**

Cantidad	Descripción	Costo/ Unidad	Costo/ producción	Costo/ Día	Observaciones
0,004	Galón de Desinfectante	Q 76,00	Q 0,30	Q 0,90	15 ml/producción
2,00	mascarillas	Q 1,60	Q 3,20	Q 9,60	2 u/producción
2,00	Par de guantes de látex	Q 0,92	Q 1,84	Q 5,52	2 u/producción
2,00	Botas de hule	Q 0,05	Q 0,10	Q 0,31	5 años de vida útil
2,00	Batas	Q 0,10	Q 0,21	Q 0,62	2 años de vida útil
1,00	Escoba	Q 0,04	Q 0,04	Q 0,12	1 año de vida útil
1,00	Cepillos	Q 0,12	Q 0,12	Q 0,35	1 año de vida útil
1,00	Trapeador	Q 0,10	Q 0,10	Q 0,31	1 año de vida útil
		Total	Q 5,91	Q 17,73	

Fuente: elaboración propia.

En esta sección se detalla los costos que abarcan en sí la limpieza del equipo y de las instalaciones, así como del equipo de protección personal necesario para realizar el proceso de destilación de aceite esencial del limón. Para lo correspondiente a botas de hule, batas, escoba, cepillos para limpieza de quipo y trapeador; el costo representado es el valor de la depreciación, utilizando para ello los años de vida útil estimados.

El método de depreciación utilizado es el directo, es decir, el proporcional con el tiempo.

2.3.3.2.7. Mantenimiento del equipo

Para esta sección se contempla el servicio de mantenimiento del sistema de destilación por arrastre de vapor directo.

Tabla XXVI. **Mantenimiento del equipo**

Cantidad	Descripción	Costo/ Producción	Costo/ Día	Costo/ Año
1	Sistema de destilación	Q 5,00	Q 15,00	Q 5475,00
Total		Q 5,00	Q 15,00	Q 5475,00

Fuente: elaboración propia.

El sistema de destilación por arrastre de vapor directo lo conforma la caldera, marmita, válvulas de presión, tuberías, llaves de paso y el *chiller*. Por lo tanto el costo por mantenimiento es de Q 450,00 por mes y de Q 5,00/producción realizada, estimando tres producciones por día. El costo de mantenimiento preventivo es por servicio contratado y no genera costo de personal directo.

2.3.3.2.8. Cristalería

La cristalería hace referencia a lo necesario para la destilación por el método de arrastre de vapor directo. Es importante resaltar que este equipo es frágil y su manejo requiere cuidado.

Tabla XXVII. **Cristalería de producción**

Cantidad	Descripción	Precio de compra	Costo/ Producción	Costo /Día	Vida útil (años)
1.00	Ampolla de decantación 1000 ml	Q 1200,00	Q 0,22	Q 0,66	5
1.00	Erlenmeyer de 1000 ml	Q 350,00	Q 0,06	Q 0,19	5
1.00	Beacker de 1000 ml	Q 120,00	Q 0,02	Q 0,07	5
1.00	Anillo de hierro	Q 225,00	Q 0,02	Q 0,06	10
	Total	Q 1895,00	Q 0,33	Q 0,98	

Fuente: elaboración propia.

La cristalería básica para la obtención de aceite esencial de limón se muestra en la tabla XXVII, lo cual constituye un costo de producción de Q 0.33, que hace referencia a la depreciación de la misma.

2.3.3.2.9. Energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica, hace referencia al sistema de destilación de arrastre por vapor directo. La tarifa fija está incluida en el valor indicado y corresponde a la vigente para la ciudad de Guatemala.

Tabla XXVIII. **Consumo de energía eléctrica**

Descripción	Costo/ Producción	Costo/ Día	Costo/ Año
Kw de uso en el sistema	Q 25,15	Q 75,45	Q 20 371,50
Total	Q 25,15	Q 75,45	Q 20 371,50

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XXVIII, el costo de energía eléctrica por producción es de Q 25,15 y Q 75,45 por día. Este costo es relativamente bajo, debido a que en el proceso de producción no hay demasiado consumo de energía eléctrica, únicamente de combustible.

2.3.3.2.10. Depreciación

La caldera, marmita y tuberías corresponden al sistema de destilación por arrastre de vapor directo. Su vida útil se estima: en quince años y su depreciación en forma lineal con el paso de los años. La balanza analítica es utilizada para el pesaje del epicarpio del limón y aceite esencial obtenido.

Tabla XXIX. **Depreciación de los equipos**

Unidades	Descripción	Precio de compra	Costo/ Producción	Costo/ Día	Años de vida útil
1.00	Caldera	Q 52 931,21	Q 3,22	Q 9,67	15
1.00	Sistema de destilación	Q 62 871,32	Q 3,83	Q 11,48	15
1.00	Tuberías	Q 41 942,89	Q 2,55	Q 7,66	15
	Sistema de enfriamiento (*chiller*)	Q 54 500,00	Q 3,32	Q 9,95	15
1.00	Balanza Analítica	Q 3450,00	Q 0,39	Q 1,18	5
Total		Q 21 5695,42	Q 13,31	Q 39,93	

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XXIX, el costo de la depreciación por producción es de Q 13,31 y al día de Q 39,93. Cabe resaltar que se requiere una inversión inicial en la compra del equipo el cual asciende a Q 215 695,42

2.3.3.2.11. Resumen de costos de producción

En resumen, los costos de producción se muestran en la tabla XXX y ascienden a una cantidad de Q 635,52 por el procesamiento de quinientas unidades de limón persa con diámetro promedio de 2 pulgadas.

Tabla XXX. **Resumen de costos de producción**

Costo de Producción	Costo/Producción	Costo/ Día
Materia Prima	Q 202,61	Q 607,82
Empaque y embalaje	Q 2,84	Q 8,52
Mano de Obra	Q 158,67	Q 476,00
Agua Potable	Q 2,50	Q 7,51
Combustible	Q 158,90	Q 476,70
Higiene y limpieza	Q 5,91	Q 17,73
Mantenimiento	Q 15,00	Q 45,00
Cristalería	Q 0,33	Q 0,99
Energía Eléctrica	Q 75,45	Q 226,35
Depreciación	Q 13,31	Q 39,93
Total	Q 635,52	Q 1906,55

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XXX el costo de producción más alto lo tiene la materia prima, seguido del combustible y la mano de obra debido a que la operación de raspado de la cascara del limón es manual, y a la vez se trabaja con tres operaciones por día, lo que genera que ocupe el mayor tiempo y costo.

2.3.3.3. Costos de administración

En los costos administrativos se reflejan en la gerencia, jefe de operaciones y encargado de compra-venta así como del equipo e insumos necesarios para la operación.

Tabla XXXI. **Costos de administración**

Cantidad	Descripción	Costo/ Día	Observaciones
1,00	Gerente General	Q 153,42	Costo anual bonificaciones de ley
1,00	Jefe de Operaciones	Q 115,07	Costo anual bonificaciones de ley
1,00	Encargado de compra-venta	Q 92,05	Costo anual bonificaciones de ley
1,00	Computadora	Q 0,11	3 años de vida útil
1,00	Escritorio	Q 0,02	3 años de vida útil
---------	Servicios (teléfono, luz, basura)	Q 15,83	
---------	Útiles de oficina	Q 3,33	
	Total	Q 379,85	

Fuente: elaboración propia.

El costo administrativo asciende a una cantidad de Q 379.85 por día y se considera con costo fijo ya que es independiente de la cantidad de producción que se genere por día.

En detalle, para los costos administrativos se tiene un gerente general con un pago de Q 4000.00 por mes, un jefe de operaciones con un pago mensual de Q 3000.00, un encargado de compra venta con un pago mensual de Q 2400.00; así también se contempla la compra de una computadora con un costo de Q 3599.00, un escritorio de Q 700.00, pago de servicios que asciende

a Q 475.00 y gastos en útiles de oficina que asciende a Q 100.00. Es de resaltar que la administración no tiene un ingreso alto, debido al tamaño del proyecto inicial.

2.3.3.4. Costos de venta

En lo concerniente a costos sobre ventas se contempla bajo la cantidad de producción, una entrega a la semana, es decir, 4 entregas al mes aproximadamente.

Tabla XXXII. **Costos de Venta**

Unidades	Descripción	Costo/ Producción	Costo/ Día	Observaciones
1.00	Entrega a clientes	Q 8.89	Q 26.67	4 entregas al mes
1.00	Publicidad	Q 1.67	Q 5.00	
	Total	Q 10.56	Q 31.67	

Fuente: elaboración propia.

En detalle, el costo de entrega a clientes es por contrato de servicio, debido a la cantidad de aceite que se estaría entregando en cada entrega. El costo de publicidad, se refiere a la promoción del producto mediante la entrega de información a una cartera de clientes potenciales. El costo de venta por producción asciende a Q 10,56.

2.3.3.5. Costos totales de operación

Los costos totales de operación se muestran en la tabla XXXIII y muestra en resumen los costos de operación de producción, administración y ventas.

Tabla XXXIII. **Costos totales de operación**

Costo	Costo/Producción	Costo/ Día
Costo de Producción		
Materia Prima	Q 202.61	Q 607.82
Empaque y embalaje	Q 2.84	Q 8.52
Mano de Obra	Q 158.67	Q 76.00
Agua Potable	Q 2.50	Q 7.51
Combustible	Q 158.90	Q 476.70
Higiene y limpieza	Q 5.91	Q 17.73
Mantenimiento	Q 15.00	Q 45.00
Cristalería	Q 0.33	Q 0.99
Energía Eléctrica	Q 75.45	Q 226.35
Depreciación	Q 13.31	Q 39.93
Subtotal	**Q 635.52**	**Q 1,906.55**
Costo de Administración		
Administración	Q 379.85	Q 379.85
Subtotal	**Q 379.85**	**Q 379.85**
Costo de Ventas		
Ventas	Q 10.56	Q 31.67
Subtotal	**Q 10.56**	**Q 31.67**
TOTAL	**Q 1,025.93**	**Q 2,318.07**

Fuente: elaboración propia.

El proceso de 938 unidades de limón persa con diámetro promedio de 2 pulgadas da como resultado la obtención de 121.97 mililitros (110.09 gramos) de aceite esencial de limón, lo que hace un costo Q 8.41 por mililitro en una producción, y de Q 6.33 por mililitro en tres producciones por día.

2.3.4. Rendimiento y resultado del análisis fisicoquímico del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*) por los tres métodos de extracción

El análisis físico fue hecho y determinado en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) Sección Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la cual se utilizó el equipo y cristalería.

El análisis químico fue determinado por el Departamento de Toxicología que pertenece a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.3.4.1. Rendimiento del aceite esencial por los tres métodos de extracción

El rendimiento del aceite esencial se compara entre los tres métodos de extracción en el cual se tomaron tres repeticiones.

Tabla XXXIV. **Porcentaje de rendimiento del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenidos por tres métodos de extracción**

Muestra	Método de Extracción		
	Arrastre por vapor directo	Hidrodestilación	Prensado en frío
1	1,3242	2,2028	1,4128
2	1,8332	2,3626	
3	1,6866	1,9312	
Media	1,6147	2,1655	1,4128

Fuente: elaboración propia.

Al comparar los porcentajes de rendimiento del aceite esencial entre los tres métodos de extracción se observa que el método de hidrodestilación tiene el mayor porcentaje de rendimiento siendo el valor de 2,1655%.

2.3.4.2. Resultado del análisis físico

En esta sección se dará resultado del análisis físico como lo es la densidad y el índice de refracción ya que son los caracteres que se consideraron.

Tabla XXXV. **Densidad del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenidos por tres métodos de extracción**

Muestra	Método de Extracción		
	Arrastre por vapor directo	Hidrodestilación	Prensado
1	0.9002	0.9260	0.962
2	0.8986	0.9246	
3	0.9090	0.9253	
Media	0.9026	0.9253	0.962

Fuente: elaboración propia.

La densidad que se obtuvo en el método de arrastre por vapor directo e hidrodestilación es superior al valor máximo de estudios hechos como se observa en la página 18, esto pudo hacer sido por la presencia de contaminantes. El método de prensado en frío la densidad es mucho mayor ya que no se logro separa el aceite esencial de las ceras.

Tabla XXXVI. **Índice de refracción del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenidos por tres métodos de extracción**

Muestra	Método de Extracción		
	Arrastre por vapor directo	Hidrodestilación	Prensado
1	1.476	1.473	1.364
2	1.474	1.473	
3	1.473	1.474	
Media	1.474	1.473	1.365

Fuente: elaboración propia.

El método de arrastre por vapor directo e hidrodestilación están dentro del rango de estudios hechos ver página 18 y el método de prensado esta fuera del rango esto es debido a la presencia de ceras.

2.3.4.3. Composición química del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia*)

La composición química del aceite esencial fue determinada por el método de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

Tabla XXXVII. **Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por arrastre de vapor directo, de la muestra 1**

	M1 (Arrastre de vapor directo)			
No.	**Compuesto**	**% Area**	**No. CAS**	**N.C. (%)**
1	alpha.-pinene	2.57	000080-56-8	93
2	beta.-PINENE	16.17	000127-91-3	97
3	alpha.-Terpinene	0.66	000099-86-5	97
4	LIMONENO	42.7	005989-54-8	94
5	gamma.-Terpinene	20.82	000099-85-4	96
6	alpha.-terpinolene	1.6	000586-62-9	98
7	NEROL	0.29	000106-25-2	90
8	Z-Citral	1.49	000106-26-3	94
9	GERANIAL	2.04	000141-27-5	94
10	Neryl acetate	2.32	000141-12-8	89
11	LAVANDULYL ACETATE	0.47	025905-14-0	91
12	BETA. ELEMENE	0.59	000515-13-9	99
13	alpha.-Farnesene	3.84	026560-14-5	91
14	E,E-.ALPHA.-FARNESENE	0.86	000502-61-4	90
15	beta.-Bisabolene	3.01	000495-61-4	94
16	Otros (sin identificar)	0.57	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por arrastre de vapor directo, de la muestra 2**

	M2 (arrastre por vapor directo)			
No.	**Compuesto**	**% Area**	**No. CAS**	**N.C. (%)**
1	alpha.-pinene	2.67	000080-56-8	95
2	beta.-PINENE	16.11	000127-91-3	97
3	alpha.-Terpinene	0.67	000099-86-5	97
4	LIMONENO	43.04	005989-54-8	94
5	gamma.-Terpinene	18.56	000099-85-4	97
6	alpha.-terpinolene	1.65	000586-62-9	97
	l-.alpha.-Terpineol	0.53	010482-56-1	95
7	NEROL	0.32	000106-25-2	95
8	Z-Citral	1.58	000106-26-3	95
9	E-Citral	1.87	000141-27-5	94
10	Neryl acetate	2.51	000141-12-8	91
11	LAVANDULYL ACETATE	0.54	025905-14-0	90
12	BETA. ELEMENE	0.74	000515-13-9	99
13	beta.-Bisabolene	3.6	000495-61-4	94
14	Otros (sin identificar)	5.6	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por arrastre de vapor directo, de la muestra 3**

	M3 (arrastre por vapor directo)			
No.	**Compuesto**	**% Area**	**No. CAS**	**N.C. (%)**
1	alpha.-pinene	3.38	000080-56-8	95
2	beta.-PINENE	17.9	000127-91-3	97
3	alpha.-Terpinene	0.55	000099-86-5	98
4	LIMONENO	44.93	005989-54-8	94
5	gamma.-Terpinene	17.71	000099-85-4	94
6	alpha.-terpinolene	1.57	000586-62-9	98
	l-.alpha.-Terpineol	0.53	010482-56-1	81
7	Z-Citral	1.57	000106-26-3	95
8	GERANIAL	1.89	000141-27-5	91
9	Neryl acetate	2.2	000141-12-8	91
10	LAVANDULYL ACETATE	0.44	025905-14-0	91
11	BETA. ELEMENE	0.51	000515-13-9	96
12	alpha.-Longipinene	3.39	005989-08-2	83
13	E,E-.ALPHA.-FARNESENE	0.78	000502-61-4	90
14	beta.-Bisabolene	2.64	000495-61-4	93
15	Otros (sin identificar)	0.57	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por hidrodestilación, de la muestra 1**

	M1 (hidrodestilación)			
No.	**Compuesto**	**% Area**	**No. CAS**	**N.C. (%)**
1	alpha.-pinene	2.6	000080-56-8	94
2	beta.-PINENE	14.38	000127-91-3	97
3	LIMONENO	59.27	005989-54-8	94
4	gamma.-Terpinene	0.86	000099-85-4	95
5	Linalool	0.82	000078-70-6	81
6	TRANS-LIMONENE OXIDE	0.72	004959-35-7	86
7	TERPINEOL-4	0.72	000562-74-3	91
8	2-.BETA.-PINENE	1.5	000127-91-3	89
9	NEROL	1.01	000106-25-2	83
10	Z-Citral	2.6	000106-26-3	95
11	L-CARVONE	1.03	006485-40-1	95
12	E-Citral	2.77	000141-27-5	94
13	NERYL ACETATE	3.7	000141-12-8	91
14	LAVANDULYL ACETATE	0.68	025905-14-0	90
15	alpha.-Bergamotene	1.7	017699-05-7	93
16	beta.-Bisabolene	1.13	000495-61-4	93
17	CARYOPHYLLENE OXIDE	0.74	001139-30-6	81
18	Otros (sin identificar)	2.79	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por hidrodestilación, de la muestra 2**

	M2 (Hidrodestilación)			
No.	**Compuesto**	**% Area**	**No. CAS**	**N.C. (%)**
1	alpha.-pinene	2.2	000080-56-8	94
2	beta.-PINENE	14.54	000127-91-3	97
3	LIMONENO	53.94	005989-54-8	87
4	gamma.-Terpinene	2.88	000099-85-4	95
5	Linalool	0.92	000078-70-6	91
7	TERPINEOL-4	0.79	000562-74-3	95
8	Z-Citral	2.9	000106-26-3	95
9	L-CARVONE	1.03	006485-40-1	95
10	GERANIAL	3.04	000141-27-5	95
11	NERYL ACETATE	3.92	000141-12-8	91
12	Geranyl acetate	0.71	000105-87-3	91
13	alpha.-Bergamotene	2.01	017699-05-7	95
14	TRANS-.ALPHA.-BISABOLENE	0.41	017627-44-0	83
15	beta. bisabolene	2.42	000495-61-4	93
17	CARYOPHYLLENE OXIDE	0.91	001139-30-6	99
18	italicene	0.65	000469-61-4	84
16	Otros (sin identificar)	6.94	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por hidrodestilación, de la muestra 3**

	M3 (Hidrodestilación)			
No.	**Compuesto**	**% Area**	**No. CAS**	**N.C. (%)**
1	alpha.-pinene	2.47	000080-56-8	95
2	BETA.-PINENE	15.47	000127-91-3	97
3	LIMONENO	44.39	005989-54-8	94
4	gamma.-terpinene	12.88	000099-85-4	95
5	alpha.-terpinolene	1.54	000586-62-9	98
6	TERPINEN-4-OL	0.76	000562-74-3	97
7	ALPHA. TERPINEOL	1.47	000098-55-5	91
8	NEROL	0.71	000106-25-2	96
9	NERAL	3.89	000106-26-3	94
10	trans-Geraniol	0.33	000106-24-1	96
11	E-Citral	4.53	000141-27-5	94
12	Neryl acetate	2.92	000141-12-8	96
13	Geranyl acetate	0.78	000105-87-3	91
14	BETA. ELEMENE	0.53	000515-13-9	97
15	alpha.-longipinene	3.43	005989-08-2	90
16	alpha.-Bergamotene	0.67	017699-05-7	86
17	beta.-Bisabolene	2.36	000495-61-4	94
18	1H-3a,7-Methanoazulene	0.55	000469-61-4	90
19	Otros (sin identificar)	0.34	--	--

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Componentes del aceite esencial del limón persa (*Citrus latifolia*). Obtenido por el método de extracción por prensado en frío, de la muestra 1**

	M1 (Prensado en frío)			
No.	**Compuesto**	**% Area**	**No. CAS**	**N.C. (%)**
1	LIMONENO	4.49		90
2	gamma.-Terpinene	2.51	000099-85-4	94
3	NEROL	2.48	000106-25-2	90
4	Z-Citral	2.78	000106-26-3	81
5	GERANIAL	3.24	000141-27-5	94
6	ALPHA. TERPINENE	3.09	000099-86-5	81
7	beta.-Elemene	3.28	000515-13-9	83
8	(Z,E)-.alpha.-Farnesene	19.01	026560-14-5	80
9	Farnesene	6.9	000502-61-4	90
10	beta. Bisabolene	21.39	000495-61-4	96
11	Hexadecanal PALMITIC	2.36	000629-80-1	80
12	Pentadecanoic acid, 14-methyl	2.29	005129-60-2	89
13	2H-1-Benzopyran-2-one, 5,7-dimetho	5.47	000487-06-9	87
14	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl e	9.46	000112-62-9	97
15	Otros (sin identificar)	11.23	--	--

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN

3.1. Definición del agua

Es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

3.2. Usos del agua

Entre los usos del agua se puede resaltar los siguientes:

- Uso doméstico: es el consumo de agua en la alimentación, en la limpieza de las viviendas, en el lavado de ropa, la higiene, etc.

- Consumo público: en la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc.

- Uso en agricultura y ganadería: en agricultura, para el riego de los campos. En ganadería, como parte de la alimentación de los animales y en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado
  .
- El agua en la industria: en las fábricas, en el proceso de fabricación de productos, en los talleres, etc.

- Agua, fuente de energía: para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua).

- Agua, vía de comunicación: para transportar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medios.

- Deporte, ocio y agua: en los ríos, en el mar, en las piscinas y lagos, en la montaña, etc.

3.3. Consecuencias ambientales en el consumo del agua

El uso excesivo y la contaminación de los recursos de agua dulce del mundo ya han infligido grave daño al medio ambiente y presentan riesgos crecientes a numerosas especies. El agua contaminada y la falta de saneamiento también están incubando una tragedia sanitaria humana. Además el estado de los recursos de agua dulce contribuye a deteriorar las aguas adyacentes a la costa y los mares. Se estima que el mundo estaba usando 54% del agua dulce accesible contenida en los ríos, lagos y acuíferos subterráneos. Según proyecciones conservadoras, este porcentaje ascenderá por lo menos a 70% en 2025, si se tiene en cuenta solo el crecimiento de la población.

En todas las regiones del mundo el uso descuidado de los recursos hídricos está dañando el medio ambiente natural. Más de 20% de todas las especies de peces de agua dulce corren peligro o son vulnerables, o se han extinguido recientemente.

3.4. Diagnóstico

En esta fase, se mencionará el uso que se le da al agua en las distintas actividades y la cantidad que se utiliza para estos procesos.

3.4.1. Situación actual del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) en el consumo de agua

El agua es utilizado dentro del laboratorio en: lavamanos y planta piloto.

3.4.1.1. Dentro del laboratorio

El agua utilizada dentro del laboratorio es el agua que usan los equipos que necesitan de un sistema de enfriamiento como lo son el Rotaevaporador, Sistema soxhlet, el sistema de hidrodestilación y el refractómetro. El agua suministrada a estos equipos es recirculado en un recipiente, siendo la cantidad de agua por recipiente de 6.87 litros, dentro del laboratorio existen tres recipientes con la misma capacidad. El agua dentro de cada recipiente es cambiada cada semana.

Por consiguiente el consumo de agua es de: 20.61 litros/semana, 89.25 litros/mes y 1071.83 litros/año.

Como se puede observar la cantidad de agua utilizada dentro del laboratorio es poca pero el consumo de energía eléctrica es significativo ya que el recirculador es accionado por ello.

3.4.1.2. Lavamanos

En la planta hay un lavamanos que es utilizado para lavar cristalería, lavar producto perecedero además de lavarse las manos.

Para determinar la cantidad de agua utilizada en el lavamanos se procedió a observar durante 4 días y los datos obtenidos se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla XLIV. **Número de veces que es utilizado el lavamanos durante un día en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)**

Día	Lavado de manos	Lavado de cristalería	Lavado de producto perecedero
1	46	8	
2	52	15	1
3	34	8	
4	27	11	1
Promedio	39,75 ≈ 40	10,5 ≈ 11	0,5
Tiempo promedio	18,32	7,44	600

Fuente: elaboración propia.

En promedio el lavamanos es utilizado al día 40 veces para lavarse las manos propiamente. El tiempo promedio que se tardan para lavarse las manos es de 18,32 segundos y la descarga del lavamanos es de 11,21 segundos/litro,

por lo que el consumo de agua por persona es de 1,634 litros. Con estos datos podemos estimar el consumo de agua que es de: 65,35 litros/día, 326,75 litros/semana, 1414,84 litros/mes y 16 978,13 litros/año.

Para lavado de la cristalería, el lavamanos es utilizado 11 veces al día en promedio y toma un tiempo de 7,44 segundos por cristalería en promedio y la descarga del lavamanos es de 11,21 segundos/litro, por lo que el consumo de agua por cristalería es de 0,66 litros. Con los datos anteriores podemos estimar el consumo de agua que es de: 7,30 litros/día, 36,49 litros/semana, 158,01 litros/mes y 1896,14 litros/año.

Para el lavado de materia prima el lavamanos es utilizado 0,5 vez al día que equivale a 1 vez cada 2 días. En cada lavada toma un tiempo promedio de 600 segundos por lavado y la descarga del lavamanos es de 11,21 segundos/litro, por lo que el consumo de agua por cristalería es de 53,51 litros. Con los datos anteriores se estima que el consumo de agua es de: 26,75 litros/día, 133,77 litros/semana, 579,22 litros/mes y 6590,65 litros/año.

En total el agua utilizada en el lavamanos se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla XLV. **Total de agua utilizada en el lavamanos**

Tipo de uso	**Litros**			
	Día	**Semana**	**Mes**	**Año**
Lavado de manos	65.35	326.75	1414.84	16978.13
Lavado de Cristalería	7.30	36.49	158.01	1896.14
Lavado de Materia Prima	26.75	133.77	579.22	6950.65
Total del agua utilizada	99.40	497.02	2152.08	25,824.92

Fuente: elaboración propia.

Según se observa en la tabla XLV el consumo diario del lavamanos es de 99.40 litros, el consumo mensual es de 2,152.08 litros y el consumo anual es de 25, 824.92 litros, con estos datos podemos observar que el consumo de agua anual es de 25.82 metros cúbicos.

3.4.1.3. Planta piloto

El consumo de agua en la planta piloto se debe a equipo como: caldera, sistema de enfriamiento; y actividades como la limpieza.

3.4.1.3.1. Caldera

La caldera se utiliza para tres extracciones semanales, por lo que la caldera está encendida en promedio tres horas, desde que se enciende la caldera hasta que finaliza la extracción. En estas tres horas el consumo de agua de la caldera es de 425.2854 litros. Con estos datos se estima que el consumo de agua es de: 5,486 litros/mes, 66,344.54 litros/año.

3.4.1.3.2. Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento de en la planta piloto, el agua que utiliza es recirculada a un tanque de capacidad de 115 litros y esta es cambiada cada tres extracciones esto equivale a una semana, por lo tanto cada semana es cambiada el agua del tanque del recirculador. Con estos datos se estimas que el consumo de agua es de: 494,5 litros/mes y 5980 litros/año.

3.4.1.3.3. Limpieza

En la planta piloto la limpieza se realiza diariamente. Para determinar la cantidad de agua utilizada se procedió a determinar el tiempo en que el agua es utilizada en toda la fase de limpieza y es de 154,93 segundos y la descarga de agua es de 0,2191 Litros/segundo, por lo tanto el consumo del agua es de: 33,95 litros/día, 735,2 litros/mes y 8829,19 litros/año.

En total el agua utilizada en la planta piloto se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla XLVI. **Total de agua utilizada en la planta piloto**

Tipo de uso	**Litros**		
	Semana	**Mes**	**Año**
Caldera	1275,86	5486,18	66 344,54
Sistema de enfriamiento	115,00	494,50	5980,00
Limpieza	169,75	735,20	8829,19
Total del agua utilizada	1560,61	6715,88	81 153,73

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XLVI La cantidad de agua utilizada es anualmente es de 81 153,73.

Tabla XLVII. **Agua consumida al año dentro del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)**

Área	Uso del agua en cada área	Litros	
		Mes	Año
Laboratorio	Agua recirculada	89.25	1071.83
Lavamanos	Cristalería	158.01	1896.14
	Lavado de producto perecedero	133.77	6950.65
	Lavado de manos	1414.84	16978.13
Planta Piloto	Cadera	5486.18	66344.54
	Sistema de enfriamiento	494.50	5980.00
	Limpieza	735.20	8829.19
TOTAL		8511.76	108050.48

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla XLVII el total del agua consumida anual es de 108.050 metros cúbicos.

3.5. Plan de reducción de consumo de agua

Para obtener una reducción de agua es necesario ya sea el cambio de tecnología, modificación de equipo, mejor control de proceso, recuperación y/o reutilización *in-situ*, modificación del producto.

3.5.1. Dentro del laboratorio

Debido que dentro del laboratorio el consumo de agua es escaso, solo se recomienda evitar contaminantes dentro de los recipientes que contienen el agua que recircula.

3.5.2. Lavamanos

El grifo instalado en el lavamanos es de cartucho con dos manijas, para accionarlo la manija funciona en un movimiento ascendente/descendente para ajustar el volumen de agua. Ver figura 30 de anexos

3.5.2.1. Propuesta 1

Cambio de grifo

Los sistemas de grifería que ayudan a ahorrar agua son básicamente los electrónicos, los temporizadores por presión y los monomandos.

Las griferías ahorrativas son semejantes en diseño a las tradicionales, sin embargo, son capaces de ahorrar hasta el 50% del agua que se consume.

Debido al tipo de uso que se le da al lavamanos dentro del laboratorio se recomienda el uso de grifo monomando, ver figura 31 de anexos es un tipo de grifo sencillo de usar y buena estética. El caudal del agua se regula moviendo la palanca hacia arriba y hacia abajo, en su interior está formado por piezas cerámicas con una pequeña holgura entre ellas que garantiza la práctica supresión de fugas y goteos.

3.5.2.2. Propuesta 2

Colocar aireadores

Los aireadores le agregan aire al agua para hacer una mezcla de agua y burbujas permitiendo que el agua salga con mayor fuerza y presión. Ver figura 32 de anexos.

Se debe de considerar que el aireador puede obstruirse debido a partículas o agentes externos o arenillas que se van depositando a media que se utiliza el grifo, por eso es necesario cambiar los aireadores o realizarles un pequeño mantenimiento.

Para el mantenimiento se debe de lavar el aireador realizándolo de una forma muy rápida y sencilla, pero se debe tomar todas las precauciones necesarias, ya que se trata de una pieza muy importante en la grifería, primero se debe desarmar al grifería, para después extraer el aireador, cuando se tenga el aireador fuera del grifo, se debe desarmarlo con mucho cuidado, se verá que en una rejilla, existen partículas o arenilla lo cual está causando que el aireador funcione de una forma no adecuada.

Es posible lavar el aireador con abundante agua hasta que las partículas salgan de la malla metálica, o simplemente podemos colocar una solución de agua, unos 300 cc, con 50 cc de vinagre, esto permitirá que las partículas que obstruyen el filtro y aireador se despeguen del mismo, dejamos durante 30 minutos el aireador de esta solución acuosa.

3.5.3. Planta Piloto

Dentro de esta sección se contempla el tratamiento del agua, mediante el uso de equipos que reduzca la dureza del agua o que ayude a reducir los gases disueltos en el agua.

3.5.3.1. Caldera

El consumo de agua de la caldera mensual es de 5,486.86 litros por lo que es necesario recircular el agua pero previo a ello es recomendable tratar el agua.

.

3.5.3.1.1. Propuesta 1

Ablandadores

La función de los ablandadores es eliminar los iones de Ca y Mg, que conforman la dureza del agua y favorecen la formación de incrustaciones en una caldera. El principio de funcionamiento de estos equipos se basa en un proceso llamado intercambio iónico, que consiste en la sustitución de estos iones por sodio (Na). Para obtener agua para ser utilizada en calderas. Los ablandadores están compuestos por resinas, que poseen una capacidad de intercambio de iones de calcio y magnesio por sodio. La regeneración es realizada con sal sódica (NaCl) de calidad técnica con una concentración de 150 a 250 gr/l de resina.

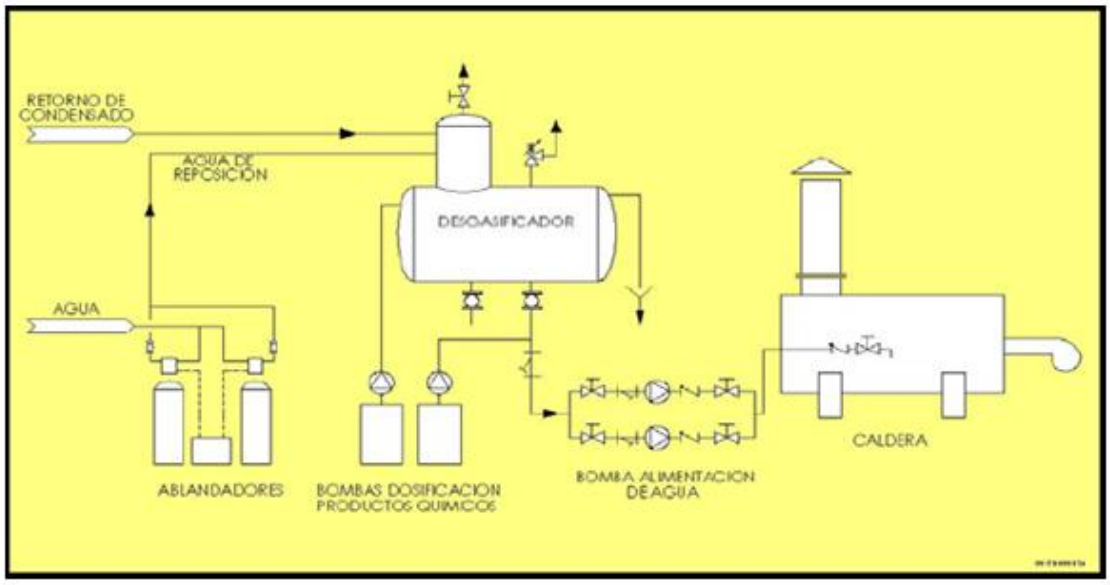
3.5.3.1.2. Propuesta 2

Desgasificador

La función de un desgasificador en una planta térmica es eliminar el oxígeno y dióxido de carbono disuelto en el agua de alimentación de las calderas para prevenir problemas de corrosión. El principio de funcionamiento de los desgasificadores se basa en el hecho que la solubilidad de los gases disueltos en el agua (O2 y CO2) disminuye cuando el agua está en el punto de ebullición (100 °C a presión atmosférica).

Al unir la propuesta uno y dos queda como se muestra en la figura 11.

Figura 11. **Equipo de tratamiento de agua para caldera**



Fuente: http://avibert.blogspot.com/2010/04/equipos-tratamiento-de-agua-de-calderas.html. Consulta: 20 de marzo del 2013.

El agua tratada sería utilizada durante una semana por lo que reduce el agua en un 64 %.

3.5.3.2. Sistema de enfriamiento

Debido que el agua utilizada para el sistema de enfriamiento es escasa solo se recomienda evitar contaminantes dentro de los recipientes que contienen el agua que se recircula.

3.5.3.3. Limpieza

Concierne a la forma de realizar la limpieza, mediante la no utilización de agua, en donde se menciona: la limpieza en seco y el sellado de pavimentos porosos.

3.5.3.3.1. Propuesta 1

Limpieza en seco barrido (recogida manual)

Es una operación de limpieza que consiste en eliminar el polvo y la suciedad poco persistente. Para conservar las superficies limpias se debe de realizar dicha operación con una escoba. Aunque es conveniente humedecer un poco el piso antes de empezar ya que las pequeñas partículas entran en movimiento y estas pueden llegar a estar en suspensión en el aire hasta siete horas, depositándose en el mismo sitio o en diferente.

3.5.3.3.2. Propuesta 2

Sellado de pavimentos porosos.

El sellado consiste en cerrar o tapar la porosidad de las superficies, con el fin de impedir que la suciedad y la humedad, vuelva a introducirse en el pavimento, esa operación suele ser muy apropiada para los suelos duros, para evitar que suelten polvo. En el caso de la planta piloto es un suelo duro esto es para permitir una mayor tracción al caminar y de esa forma evitar caídas. Pero si se usa equipos adecuados para superficies lisas esto no sería un problema.

3.5.3.3.3. Propuesta 3

Cambio de pistola para la manguera

La pistola de la manguera de la planta piloto ya se encuentra en mal estado por lo que permite fugas donde se enrosca. Las pistolas permiten en el momento que se suelta el gatillo con corte perfecto y estanco del agua que le puede suponer un ahorro de hasta el 60 % de consumo de agua de lavado, además de permitir trabajar a presión. Se recomienda el uso de pistolas metálicas y no plásticas debido a la duración e higiene, además se recomienda pistolas para lavado a presión para permitir limpiar sitios difíciles de alcanzar.

3.6. Ahorro de agua anual

El ahorro de agua dentro del laboratorio propiamente no hay propuesta de reducción, en el lavamanos se estima una reducción del 50 %, debido a la instalación de grifo monomando con un aireador y en la planta piloto la reducción de agua en la caldera es del 64 %, pero se estimará sobre el

50 %, además de la instalación de la pistola de metal para la limpieza. En la tabla se muestra la reducción de agua.

Tabla XLVIII. **Comparación del agua actual usada y aplicando las propuestas**

Área	Uso del agua en cada área	Litros/año		
		Consumo promedio actual	**consumo con propuesta**	**Ahorro de agua anual**
Laboratorio	Agua recirculada	1071.83	1071.83	0.00
Lavamanos	Cristalería	1896.14	948.07	948.07
	Lavado de producto	6950.65	3475.33	3475.33
	Lavado de manos	16978.13	8489.07	8489.07
Planta Piloto	Caldera	66344.54	33172.27	33172.27
	Sistema de enfriamiento	5980.00	5980.00	0.00
	Limpieza	8829.19	4414.60	4414.60
TOTAL		108050.48	57551.16	**50499.33**

Fuente: elaboración propia, 2011.

Como se observará en la tabla XLVIII se logra reducir hasta 50,499.33 litros/año.

4. FASE DE DOCENCIA

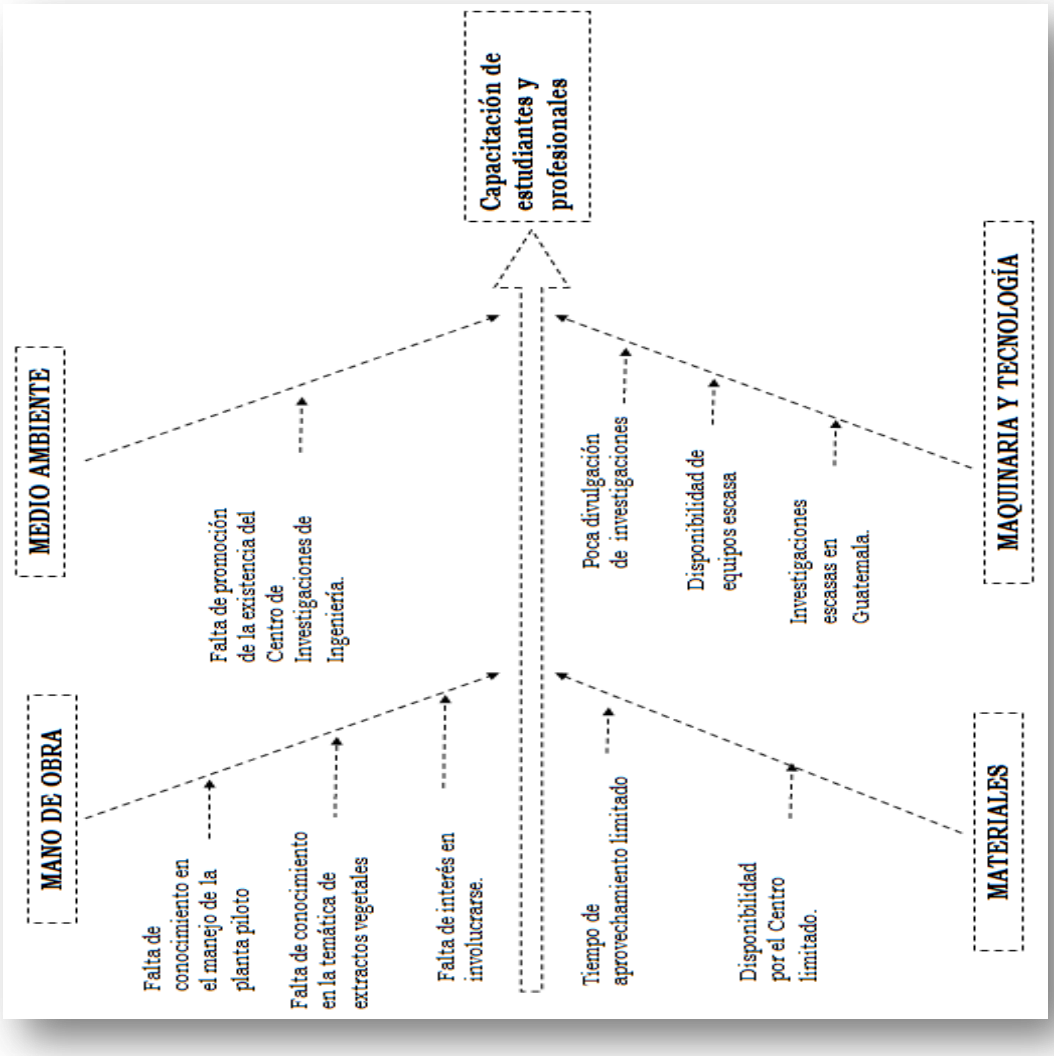
En esta fase se evaluará la necesidad de formar al personal involucrado con el tema del aceite esencial, en este caso, debido a que las personas involucradas en el tema son profesionales y estudiantes, por lo tanto serán el objetivo.

4.1. Diagnóstico de la necesidad de capacitación

En esta fase de la docencia se conoce las necesidades de capacitación, así mismo al finalizar se hace mención de la importación de la evaluación, para conocer el conocimiento adquirido durante esta fase.

Para entender la necesidad se hace necesario el desarrollo del diagrama de Ishikawa, en donde, la mano de obra, medio ambiente, materiales, maquinaria y equipo son factores de influencia en la capacitación de estudiantes y profesionales.

Figura 12. **Diagrama de Causa - Efecto para capacitaciones**



Fuente: elaboración propia.

Según el Diagrama de Ishikawa se deben tratar varias causas para lograr hacer capacitaciones, que lleguen de una forma clara y concisa para lograr resultados positivos:

Personas a capacitar

- Estudiantes de las carreras de ingeniería
- Estudiantes de otras facultades
- Personas que soliciten capacitación
- Personal involucrado en el área

Temas a tratar

- Extractos vegetales
- Uso de equipo de laboratorio
- Uso de la planta piloto
- Extractos vegetales
- Gestión de la calidad
- Seminario de Tecnología de los Alimentos
- Seminario de Producción más Limpia

4.2. Programación de capacitación

La capacitación fue realizada en una sola vía, es decir, que se hizo capacitación hacia mi persona, mediante cursos, diplomados, seminarios y curso de ingeniería. La capacitación fue recibida en toda la ejecución del ejercicio profesional supervisado.

Antes de empezar a extraer aceite esencial de limón fui capacitada en la utilización del equipo de laboratorio, posteriormente el uso de la planta piloto. Pero conjuntamente estuve recibiendo clases de extractos vegetales en la cual va incluido la gama de aceites esenciales, además se recibió el seminario de tecnología de los alimentos y Producción más Limpia.

4.2.1. Contenido

El desglose de las capacitaciones se muestra en la tabla No. IXL en donde se indica el tema de la capacitación, una breve descripción de lo que se impartió y la duración de los mismos.

Tabla IXL. **Tema, descripción y duración de las capacitaciones**

TEMA	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
Capacitación sobre los extractos vegetales	Conocimientos adquiridos en la temática de extractos vegetales.	4 horas
Capacitación en uso de equipo de laboratorio	Conocimientos adquiridos en el uso del equipo de laboratorio y normas.	4 horas
Capacitación en uso de planta piloto	Conocimientos adquiridos en el uso de equipo de laboratorio a escala planta piloto	6 horas

Continuación de la tabla IXL.

TEMA	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
Curso de extractos vegetales	Conocimiento en extractos vegetales (aceites, oleorresina, colorantes, etc.)	40 horas
Diplomado en gestión de la calidad	Conocimiento e interpretación los requisitos de la norma internacional ISO 9001:2008 y las herramientas asociadas a la implementación de sistemas de gestión de la calidad	60 horas
Seminario de tecnología de los alimentos	Conocimientos adquiridos en la temática de tecnología de los alimentos	8 horas
Producción más limpia	Conocimientos adquiridos en la temática de optimización de recursos en la producción.	8 horas

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.1. Capacitación sobre los extractos vegetales

Esta capacitación fue de carácter teórica, se recibió en la curso de extractos vegetales y solo trató de generalidades de la temática. La metodología empleada fue la clase teórica impartida por el encargado del curso.

Como parte del resultado; se incrementaron los conocimientos sobre la temática de extractos vegetales.

4.2.1.2. Capacitación en uso de equipo de laboratorio

Capacitación de carácter teórica y práctica, recibida en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)

La metodología utilizada fue primeramente teórica y posteriormente práctica con el uso del equipo de laboratorio. Dentro del equipo utilizado se menciona el rotaevaporador, en el cual se hicieron pruebas antes de su uso con muestras de investigación. Además se aprendió a utilizar el neoclevenger y se hicieron pruebas antes de su uso con muestra de investigación.

Dentro de los resultados se puede mencionar que se adquirió conocimiento y experiencia en el uso del equipo de laboratorio para la ejecución del proyecto

4.2.1.3. Capacitación en uso del equipo de la planta piloto

Capacitación realizada de carácter teórica y práctica, se recibió en Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) y en el edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería.

Como metodología empleada fue la de impartición de clases en el edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería junto con los estudiantes del curso de extracciones industriales; mientras que la práctica se hizo en el Laboratorio de

Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), mediante el uso de la caldera y del sistema de destilación de arrastre por vapor directo.

Mediante esta capacitación se adquirieron conocimientos en el uso del equipo que se utiliza a nivel planta piloto para la obtención de aceite esencial.

4.2.1.4. Curso de Extractos Vegetales

Dentro de los temas impartidos se encuentra el de extractos vegetales, como aceites esenciales, ooleorresina, colorantes, etc. La metodología empleada fue la de clases teóricas, adquiriendo conocimientos básicos para la extracción de aceite esencial.

4.2.1.5. Diplomado en Gestión de la Calidad

Clases teóricas mediante la ejemplificación de sucesos que ocurren en cuanto a la certificación de empresas. Se adquirió conocimiento e interpretación de los requisitos de la norma internacional ISO 9001:2008 y las herramientas asociadas a la implementación de sistemas de gestión de la calidad.

4.2.1.6. Seminario de Tecnología de los Alimentos

Seminario de carácter teórica, se está recibiendo en el auditórium Francisco Vela. La metodología empleada; clase teórica impartida por el licenciado David Cabrera, mediante el uso de equipo audiovisual. Resultado; conocimientos adquiridos en la temática de Tecnología de los alimentos.

4.2.1.7. Seminario de Producción más Limpia

Seminario de carácter teórica, se recibió en el auditórium Francisco Vela de la Facultad de Ingeniería; impartido por el licenciado Luis Muñoz. La metodología empleada fue de impartición de clases con equipo audiovisual y pláticas de experiencias profesionales por representantes de empresas que están involucradas en la temática.

Dentro de los resultados se menciona los conocimientos adquiridos de la importancia de la aplicación del tema de producción más limpia en la industria actual. Es de mencionar que las capacitaciones tuvieron una duración aproximada de una semana, los cursos un día, los seminarios de un mes y el diplomado el equivalente a un semestre universitario.

4.3. Evaluación de las capacitaciones

Las capacitaciones recibidas no fueron evaluadas, pero se puede concluir que fueron asimiladas por mi persona, mediante la aplicación de de conceptos adquiridos en la extracción de aceite esencial de limón con los equipos de laboratorio y planta piloto.

4.4. Aporte al Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)

Debido a la falta de capacitación al personal que labora en el laboratorio se dejan los procedimientos de extracción de aceite esencial de limón de una forma detallada, el cual puede ser utilizado para la capacitación de estudiantes, docentes y personas externas a la universidad.

Estos procedimientos son de los tres métodos de extracción (hidrodestilación, destilación por arrastre de vapor directo y prensado en frío). El folleto se presenta a continuación en figura 13.

Figura 13. **Folleto de extracción de aceite esencial de limón**

	1. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN	Fecha de ejecución

1.1. Materiales y equipo

- ✓ Neoclevenger
- ✓ Balón 1000 ml.
- ✓ Ampolla de decantación
- ✓ Beaker de 250 ml.
- ✓ Probeta de 500 ml.
- ✓ Recirculador
- ✓ Plancha de calentamiento
- ✓ Balanza
- ✓ Pizeta

1.2. Insumos

- ✓ Materia prima (epicarpio de limón)
- ✓ Etanol
- ✓ Hielo
- ✓ Vial (recipiente que contiene el aceite esencial

1.3. Procedimiento

El procedimiento se divide en dos partes.

1.3.1. Preparación del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

1.3.1.1. Lavado del limón persa (Citrus latifolia, Tanaka)

El lavado se hace manual evitando dañar el epicarpio (cascara) del limón.

1.3.1.2. Secado del limón persa (Citrus *latifolia*, Tanaka)

Consiste en secar el limón con papel o toallas secas evitando raspar el epicarpio.

1.3.1.3. Raspado del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

El limón persa es raspado manualmente (el tamaño de la abertura del raspado es inversamente proporcional al rendimiento).

1.3.2. Extracción del aceite esencial.

1.3.2.1. Lavado de equipo y cristalería

Se lava el Neoclevenger con una pizeta que tenga etanol, se pasa cuidadosamente en todo el equipo y por último se pasa agua destilada para quitar los residuos de etanol. Este mismo procedimiento se hace para el resto de la cristalería.

Continuación de la figura 13.

	1. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN	Fecha de ejecución

1.3.2.2. Pesado de materia prima

Se tara el beaker de 250 ml sobre una balanza analítica, ya tarada se procede a pesar 50 g del epicarpio del limón.

1.3.2.3. Llenar balón de 1000 ml.

Pesado la materia prima se procede a colocarla dentro del balón de 1000 ml. posteriormente se agrega 500 ml de agua destilada tratando de humedecer toda la materia prima.

1.3.2.4. Acople de neoclevenger al balón

En el acople del neoclevenger con el balón se coloca una sustancia oleosa para evitar la pérdida de calor además para facilitar el desacople cuando se finaliza la extracción.

1.3.2.5. Encender el recirculador

Se agrega el agua al recipiente que contiene el recirculador, el agua que se recircula debe de tener una temperatura de 10° C.

1.3.2.6. Encender la plancha de calentamiento

Se enciende la plancha de calentamiento para que transfiera calor al balón ya que están en contacto directo. Se espera que llegue a ebullición para posteriormente tomar el tiempo de destilación que tarda 2 horas. Completando el tiempo se suspende el calentamiento hasta que termine de producirse el condensado.

1.3.2.7. Recepción del aceite esencial de limón

Se determina la masa de un vial color ámbar, luego se transfiere el aceite esencial al vial, teniendo cuidado de separar la fase oleosa del agua, nuevamente se determina la masa del vial. Estos datos son tomados con el objetivo de determinar el rendimiento.

1.3.2.8. Almacenaje del aceite esencial.

Se hace en cuarto controlado que esté dentro del rango de temperatura de 16° C a 25° C.

Continuación de la figura 13.

	2. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE ARRASTRE POR VAPOR DIRECTO	Fecha de ejecución

2.1. Materiales y equipo

- ✓ Ampolla de decantación
- ✓ Erlenmeyer
- ✓ Bascula
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Pizeta
- ✓ Caldera
- ✓ Marmita
- ✓ Condensador
- ✓ Sistema de enfriamiento
- ✓ Vaso Florentino

2.2. Insumos

- ✓ Materia prima (epicarpio de limón)
- ✓ Etanol
- ✓ Recipiente que contiene el aceite esencial

2.3. Procedimiento

El procedimiento se divide en dos partes.

2.3.1. Preparación del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

2.3.1.1. Recepción de la materia prima Limón Persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

Para mayor control y satisfacción, la materia prima es inspeccionada para luego ser almacenada en un cuarto frío a 40° F.

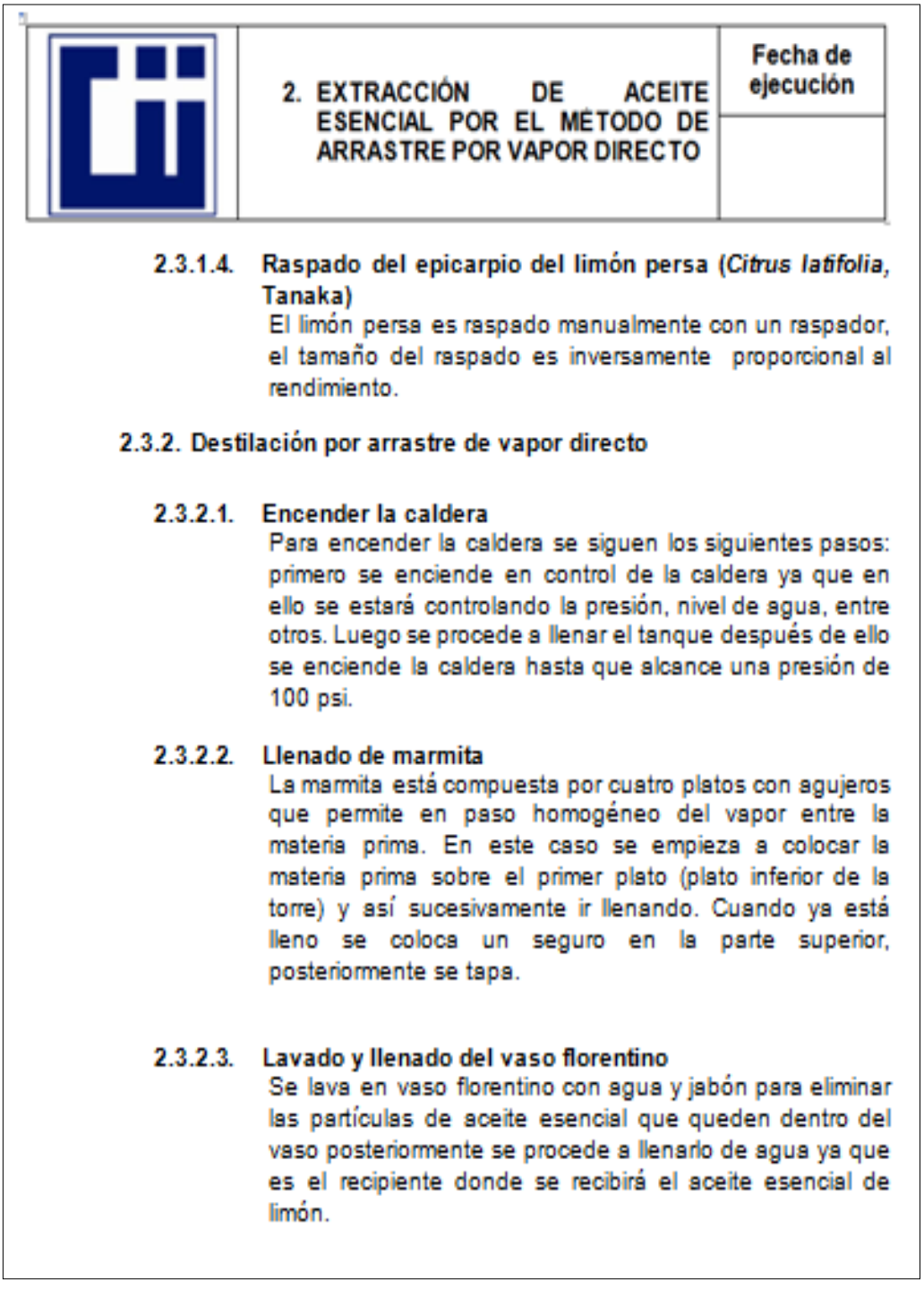
2.3.1.2. Lavado del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

El primer paso del lavado consiste en un asperjado con agua, la cual se encuentra a alta presión para eliminar los restos vegetales y minerales que trae consigo la materia prima, posteriormente se deja reposar en un recipiente con cloro a 60 ppm durante 1 minuto, después de trascurrido ese tiempo se procede a enjuagar con agua a alta presión.

2.3.1.3. Secado del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

Consiste en secar el limón ya sea con toallas secas o con aire comprimido.

Continuación de la figura 13.



	2. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE ARRASTRE POR VAPOR DIRECTO	Fecha de ejecución

2.3.1.4. Raspado del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

El limón persa es raspado manualmente con un raspador, el tamaño del raspado es inversamente proporcional al rendimiento.

2.3.2. Destilación por arrastre de vapor directo

2.3.2.1. Encender la caldera

Para encender la caldera se siguen los siguientes pasos: primero se enciende en control de la caldera ya que en ello se estará controlando la presión, nivel de agua, entre otros. Luego se procede a llenar el tanque después de ello se enciende la caldera hasta que alcance una presión de 100 psi.

2.3.2.2. Llenado de marmita

La marmita está compuesta por cuatro platos con agujeros que permite en paso homogéneo del vapor entre la materia prima. En este caso se empieza a colocar la materia prima sobre el primer plato (plato inferior de la torre) y así sucesivamente ir llenando. Cuando ya está lleno se coloca un seguro en la parte superior, posteriormente se tapa.

2.3.2.3. Lavado y llenado del vaso florentino

Se lava en vaso florentino con agua y jabón para eliminar las partículas de aceite esencial que queden dentro del vaso posteriormente se procede a llenarlo de agua ya que es el recipiente donde se recibirá el aceite esencial de limón.

Continuación de la figura 13.

	2. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE ARRASTRE POR VAPOR DIRECTO	Fecha de ejecución

2.3.2.4. Encendido del chiller

Antes de encender el quipo se debe de revisar si el nivel de agua que lo abastece es suficiente, en caso de no serlo se procede a llevar el agua al nivel. Posteriormente se procede a encender el equipo.

2.3.2.5. Abrir llave de vapor

Cuando la caldera alcanzó la presión de 100 psi se procede a abrir la llave de vapor para que pase por la marmita que contiene la materia prima. Se espera que caiga la primera gota de aceite esencial dentro del vaso florentino y después de ello se toma un tiempo de dos horas antes de cerrar la llave de vapor.

2.3.2.6. Sacar el aceite esencial del vaso florentino

Debido a que el vaso florentino tiene tres aberturas el aceite esencial sale en la abertura mas grande y es donde se coloca un erlenmeyer de 1000 ml para recibir el aceite esencial con agua.

2.3.2.7. Traspaso del contenido del erlenmeyer al balón de destilación.

El contenido del erlenmeyer (agua y aceite esencial) se traspasa a un balón de decantación de 1000 ml y se deja reposar por 125 minutos.

2.3.2.8. Esperar el enfriado del equipo, apagado de caldera y chiller

Mientras se espera que el equipo enfríe se procede a apagar la caldera, y cuando ya está frio se procede a apagar el chiller.

2.3.2.9. Descargado y lavado.

Cuando ya está fría la marmita y la torre de platos se procede a sacar la torre de platos, luego se procede a quitar la materia prima de cada plato al basurero y posterior a ello se lava con jabón y agua a presión.

Los restos de materia prima que quedan en el piso se recogen y se lava el piso con agua a presión.

Continuación de la figura 13.

	2. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE ARRASTRE POR VAPOR DIRECTO	Fecha de ejecución

2.3.2.10. Decantado del aceite esencial

Después de trascurrido 125 minutos se procede a decantar. El aceite esencial obtenido se coloca dentro de frascos previamente esterilizados el cual deben de ser de vidrio y de color ámbar para evitar la oxidación del aceite esencial.

2.3.2.11. Almacenado

Luego de tener el producto terminado solamente queda esperar el momento de la entrega del producto a la persona vendedora o consumidor final sea el caso, mientras esto suceda existe un tiempo en el cual es necesario mantener el producto en un lugar bajo condiciones adecuadas, para evitar el deterioro del producto, lo cual se hará en cuarto controlado que esté dentro del rango de temperatura de 16° C a 25° C.

Continuación de la figura 13.

	3. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE PRENSADO EN FRIO	Fecha de ejecución

3.1. Materiales y equipo

- ✓ Bascula
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Pizeta
- ✓ Sistema hidráulico
- ✓ Prensa hidráulica
- ✓ Recipiente para la solución que se exprime
- ✓ Centrifuga de 8,000-10,000 rpm
- ✓ Centrifuga de 16,000-18,000 rpm

3.2. Insumos

- ✓ Materia prima (epicarpio de limón)
- ✓ Recipiente que contiene el aceite esencial

3.3. Procedimiento

El procedimiento se divide en dos partes.

3.3.1. Preparación del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

3.3.1.1. Recepción de la materia prima Limón Persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

La materia prima es trasportada a la planta en costales y es inspeccionada para luego ser almacenada en un cuarto frío a 40° F.

3.3.1.2. Lavado del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

El primer paso del lavado consiste en un asperjado con agua, la cual se encuentra a alta presión para eliminar los restos vegetales y minerales que trae consigo la materia prima, posteriormente se deja reposar en un recipiente con cloro a 60 ppm durante 1 minuto, después de trascurrido ese tiempo se procede a enjuagar con agua a alta presión y por último se deja reposar para que el agua destile.

3.3.1.3. Secado del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

Consiste en secar el limón ya sea con toallas secas o con aire comprimido, la forma más eficiente es el aire comprimido ya que permite secar un alto número de limones en menor tiempo.

Continuación de la figura 13.

	3. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE PRENSADO EN FRIO	Fecha de ejecución

3.3.1.4. Raspado del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka)

El limón persa es raspado manualmente con un raspador el tamaño del raspado es inversamente proporcional al rendimiento por lo que es necesario que las partículas sean de menor tamaño posible.

3.3.2. Extracción por prensado en frio.

Esta parte del proceso se empezará desde la limpieza del equipo a utilizar hasta obtener el aceite esencial de limón dentro de un vial.

3.3.2.1. Pesado de la materia prima

La masa de la materia prima que se determina es de 6 kilogramos como mínimo ya que el plato de la prensa requiere esa masa.

3.3.2.2. Lavado y Llenado del plato de la prensa

El plato de la prensa se lava con agua pero después de ello se seca con aire comprimido posteriormente a ello se llena con la materia prima.

3.3.2.3. Colocar un recipiente para la expresión

En este caso se uso un bote de un galón de capacidad colocándole un embudo para que la expresión caiga dentro del mismo.

3.3.2.4. Encendido del sistema hidráulico

El sistema hidráulico se enciende cuando la materia prima ya está en el plato y el plato en la prensa. El sistema debe de alcanzar una presión de 400 Kgf/cm^2, cuando alcanza esta presión se apaga el sistema y se deja exprimir.

Continuación de la figura 13.

	3. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR EL MÉTODO DE PRENSADO EN FRIO	Fecha de ejecución

3.3.2.5. Determinación de la masa del contenido exprimido

Se espera hasta que se obtengan las últimas gotas posteriormente se lleva a la bascula para determinar su masa.

3.3.2.6. Descargado y lavado.

Se vacía el plato que contiene el epicarpio de limón posteriormente se lava el plato conjuntamente con el resto del equipo. El secado del equipo de hace con aire comprimido.

3.3.2.7. Centrifugado del contenido exprimido.

Centrifugar de 8,000-10,000 rpm para separar la parte viscosa de la emulsión. Se separaron las fases y la emulsión se coloco dentro de un freezer durante 30 días con el objetivo de aumentar el volumen de aceite a recuperar.

Pasado estos días se vuelve a centrifugar con una centrifuga de 16,000 a 18,000 rpm para separar las ceras del aceite esencial.

3.3.2.8. Almacenado

Luego de separar las fases se almacena en cuarto controlado que esté dentro del rango de temperatura de 16° C a 25° C.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El Consumo Nacional Aparente (CNA), que en el estudio equivale a la demanda para el 2011, es de 11 348,20 kilogramos de aceite esencial de limón y para el mismo año existe una oferta de 5939,00.

   La demanda potencial insatisfecha proyectada para el 2020 estará alrededor de los 9,384.11 kilogramos de aceite esencial de limón. El precio de importación del aceite esencial de limón más los impuestos a pagar es de Q 104.76 utilizando un tipo de cambio de 1$ = Q 7.82371.

   El canal de comercialización del aceite esencial es el de productor-usuario industrial. Este canal se selecciona ya que el mercado objetivo son los importadores y exportadores de aceite esencial limón.

2. En el estudio técnico la capacidad óptima de la planta es de 1.057176 kg/día (24 horas), la localización óptima de la planta según los puntos considerados se concluye que el departamento de Guatemala es el mejor, en la ingeniería del proyecto se hace el diagrama de flujo de proceso en el cual se observa que el raspado requiere mucho tiempo para una producción, en la organización del recurso humano se contemplan los puestos de gerente general, jefe de operaciones, encargado de compra-venta y operarios.

3. El método de mayor rendimiento es el de hidrodestilación que es de 2.1655%, seguido del método de arrastre por vapor directo que es de 1.6147% y por último el rendimiento del prensado en frío es de 1.4128%.

   La densidad relativa por el método de arrastre por vapor directo es de 0.9026, el de hidrodestilación es de 0.9253 y el de prensado en frío es de 0.962.

   El índice de refracción para el método de arrastre por vapor directo es de 1.474, el de hidrodestilación es de 1.473 y el de prensado en frío es de 1.365.

4. Por medio de la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas se analizó la composición del aceite esencial, el cual se identificó como componentes mayoritarios el limoneno, siendo el porcentaje promedio para el método de arrastre por vapor directo de 43.56%, hidrodestilación de 52.53% y el de prensado en frío de 4.49%

5. El costo para la obtención de un mililitro de aceite esencial de limón es de Q 8.41 por mililitro en un turno de producción, y de Q 6.33 por mililitro en tres producciones; esto por el método de arrastre de vapor directo.

RECOMENDACIONES

1. El alto costo que se obtiene del proceso es debido a la mano de obra, ya que el método de obtención del epicarpio por raspado se necesitan dos personas específicamente para obtener la masa de una producción. Debido a ello se recomendable la utilización de equipo que facilite la obtención del mismo. Según investigaciones hechas por el Laboratorio de Investigación de Extracto Vegetales (LIEXVE) el rendimiento de aceite esencial es de 2.935 % al utilizar una máquina peladora utilizando el método de Hidrodestilación.

2. Determinar la factibilidad de la obtención de aceite esencial con equipo industrial que extrae el zumo y aceite esencial del cítrico de forma simultánea.

3. El método de prensado en frío no se obtuvo la calidad deseada para ello es necesario contar con el equipo idóneo para obtener la calidad que se describe teóricamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Angiosperm Phylogeny Group*. Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.

2. *Cálculo de impuestos y flete*. [en línea]. https://farm3.sat.gob.gt/saqbe-arancel-publico/. [Consulta: 4 de noviembre de 2012].

3. *Consecuencias ambientales del uso del agua.* [en línea]. http://www.k4health.org/pr/prs/sm14/sm14chap4_1.shtml. [Consulta: 20 de marzo de 2012].

4. *Cultivo de limón*. [En línea]. http://www.buenastareas.com/ensayos/ Cultivo-Del-Limon-Persa/1043703.html. [Consulta: 2 de febrero de 2013].

5. *Diagrama de Flujo*. [en línea]. http://es.wikipedia.org/wiki/ Diagrama_de_ flujo. [Consulta: 20 de marzo de 2012].

6. *Diagrama de recorrido*. [en línea]. http://www.mitecnologico.com/Main/ DiagramaProcesoDeRecorridoDefinicion. [Consulta: 20 de marzo de 2012].

7. *Distribución de planta*. [en línea]. http://www.mitecnologico.com/Main/ DefinicionDeDistribucionDePlanta. [Consulta: 20 de marzo de 2012].

8. *Limón persa*. [en línea]. http://w4.siap.gob.mx/AppEstado/Monografias/Frutales/LimonP.html. [Consulta: 2 de febrero de 2013].

9. *Partes del fruto de cítricos*. [en línea]. http://www.fomesa.net/Calidad/Factores/F_01_01.htm. [Consulta: 2 de febrero de 2013].

10. *Política del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).* Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII). Guatemala, 2008, 30 p.

11. URBINA, Bacca G. (2001). *Evaluación de proyectos* 6a ed. México: D.F.: Mc Graw-Hill 2011. 214 p.

12. *Usos del agua*. [en línea]. http://mimosa.pntic.mec.es/~vgarci14/usos_agua.htm. [Consulta: 20 de marzo de 2012].

ANEXOS

Figura A. **Equipo de hidrodestilación neoclevenger**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

Figura B. **Raspador manual utilizado para quitar el pericarpio del limón**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

Figura C. **Plato de prensa secado con aire comprimido**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)

Figura D. **Bote con embudo**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

Figura E. **Centrifugado antes y después de congelación por 30 días**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

Figura F. **Platos de la marmita con agujeros que permiten el paso del vapor**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

Figura G. **El vaso florentino con sus aberturas**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

Figura H. **Simbología del método SLP**

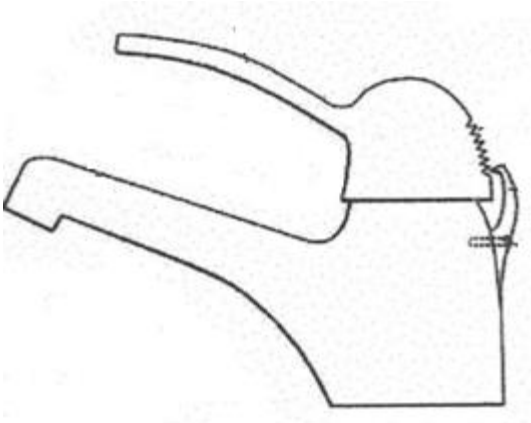
Letra	*Orden de proximidad*	*Valor en líneas*
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinaria o normal	
U	Unimportant (sin importancia)	
X	Indeseable	
XX	Muy indeseable	

Fuente: URBINA, Bacca. Evaluación de Proyectos. p. 121. 2006.

Figura I. **Grifo de cartucho con dos manijas**

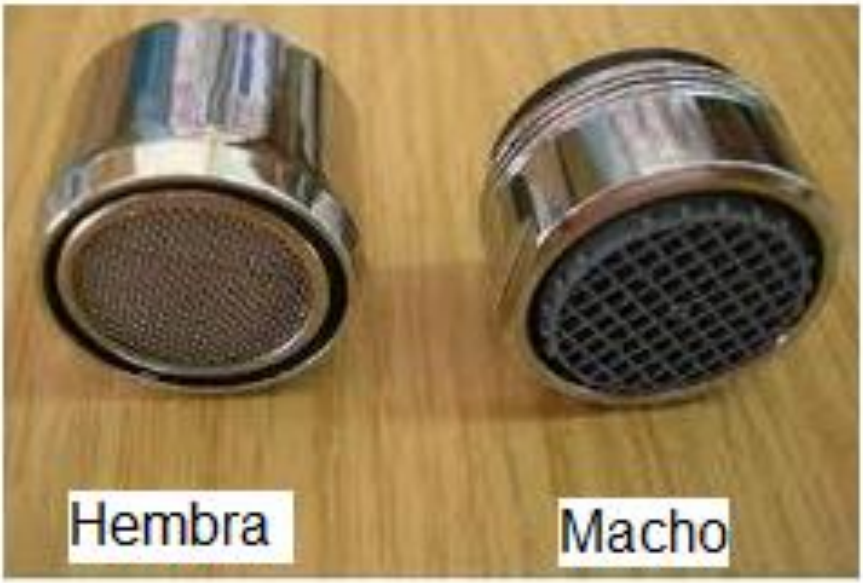
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

Figura J. **Grifo monomando**



Fuente: http://patentados.com/invento/grifo-monomando-ecologico.1.html.
Consulta: 9 de marzo del 2013.

Figura K. **Aireadores**



Fuente: http://ferreteria-sanchez.es/es/griferia/658-aireador-macho-24-100-economizador-para-grifo-cromado-atomizador.html. Consulta: 9 de marzo del 2013.