

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de un proceso de extracción de aceite esencial de limón para la
comuna Barcelona en la Provincia de Santa Elena.

INGE-2214

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros en Alimentos

Presentado por:

Carlos Alejandro Bravo Fernández

Joellyn Viviana Valencia Arteaga

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis
padres quienes me dieron el impulso
necesario vital a lo largo de mi carrera
académica y vida.

Carlos.

El presente proyecto lo dedico a mis
padres y hermanos, que son el pilar
fundamental de toda mi vida, son mi fuerza.

Joellyn.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que sumaron con su pequeño granito e inspiraron y me ayudaron al culmino de mi camino académico, a mis abuelos, mis tíos Arturo y Luisa Bravo, que estuvieron en momentos cruciales, a mi jefa Gabriela Céleri quien me apoyo empáticamente en los turnos de trabajo, amigos y a mi tutora quien me guio en este último gran proyecto.

Carlos.

Agradezco a mis abuelas por su dulce cariño. A mis tíos por siempre estar cuando los necesito. A mis padrinos por su apoyo. A mi familia que su amor y locura me formaron hasta llegar lo que soy el día de hoy. A mis mejores amigos por darme motivación y fuerzas paras seguir. A mis amigos de la universidad por hacer más divertida esta aventura. A mi tutora por su paciencia y guía.

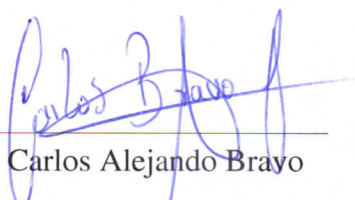
Joellyn.

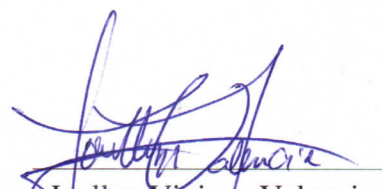
Declaración Expresa

Nosotros Carlos Alejandro Bravo Fernández y Joellyn Viviana Valencia Arteaga acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 7 de Febrero del 2024.


Carlos Alejandro Bravo
Fernández


Joellyn Viviana Valencia
Arteaga

Evaluadores

Msc. Andrea Ortega

Profesor de Materia

Msc. Priscila Castillo

Tutor de proyecto

Resumen

Este proyecto pretende diseñar un proceso de extracción de aceite esencial no comestible como emprendimiento sostenible para la comuna de Barcelona, mediante la hidrodestilación, permitiendo obtener los aceites esenciales temperaturas bajas para evitar descomponerlo. Analizaremos los requerimientos técnicos y restricciones, así como desarrollo del prototipo a nivel de laboratorio usando hidrodestilación por Clevenger y el rotavapor. Lo que evalúa el tratamiento es más viable a replicar, considerando el solvente y la variedad de limón como factores sobre el %R y el tiempo. También seleccionamos las tecnologías del proceso necesarias por etapa, acorde a la extracción para su futura implementación y transferencia. Finalmente, este proyecto permitirá diversificar el uso del limón en los meses de sobreproducción y bajo retorno económico. Todo para contribuir al desarrollo sustentable y económico de la comuna. La comuna posee los recursos necesarios para implementar la extracción, resultando más viable usar limón sutil criollo y agua, con un rendimiento de 0,47%, usando un alambique de 40 L ajustado a obtener 81 frascos con 10 ml de aceite esencial de limón diluido con P.V.P y TIR de \$6,41 y 6,67%, respectivamente. Siendo rentable para la comuna e impulsando su crecimiento económico y tecnológico.

Palabras Clave: Hidrodestilación, Limón sutil, Solvente, Clevenger, Sostenible.

Abstract

This project aims to design a process for the extraction of non-edible essential oil as a sustainable business for the Barcelona commune, through hydrodistillation, allowing the essential oils to be obtained at low temperatures to prevent decomposition. We will analyze the technical requirements and constraints, and the development of the prototype at the laboratory level using Clevenger hydrodistillation and the rotavapor. This evaluates which treatment is more viable to replicate, considering the solvent and the lemon variety as factors on the %R and time. We also select the process technologies needed per stage, according to the extraction for its future implementation and transfer. Finally, this project will allow the diversification of the use of lemon in the months of overproduction and low economic return. All to contribute to the sustainable and economic development of the commune.

The commune has the necessary resources to implement the extraction, making it more viable to use Sutil Criollo lemon and water, with a yield of 0.47%, using a 40 L still adjusted to obtain 81 bottles with 10 ml of lemon essential oil diluted, with a retail price and an IRR of \$6.41 and 6.67%, respectively. Being profitable for the commune and promoting its economic and technological growth.

Keywords: *Hydrodistillation, Sutil lemon, Solvent, Clevenger, Sustainable.*

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Simbología.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas.....	VIII
Índice de planos.....	IX
Índice de Ecuaciones.....	X
1. Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.1.1 Descripción del problema.....	3
1.1.2 Justificación del problema.....	4
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Marco teórico.....	5
1.3.1 Comuna Barcelona.....	5
1.3.2 Limón como materia prima.....	6
1.3.3 Aceites esenciales a base de limón.....	9
1.3.4 Proceso de elaboración de aceite.....	10
1.3.5 Factores determinantes en el método de extracción.....	12
2. Capítulo 2.....	14
2.1 Metodología.....	15
2.1.1 Diseño experimental.....	16
2.1.2 Diseño Factorial.....	16
2.1.3 Principios técnicos y selección de la tecnología.....	20
2.1.4 Diseño del equipo de extracción.....	22
2.2 Modelo de aprendizaje: autosostenible.....	24
2.3 Producto final.....	25
3. Capítulo 3.....	26
3.1 Análisis de resultados.....	27
3.1.1 Estudio de factores sobre el rendimiento y tiempo de extracción.....	28
3.1.2 Diagrama de flujo final del proceso de elaboración.....	33

3.2 Dimensionamiento escalado del equipo extractor	34
3.3 Selección de tecnologías y costos	36
3.4 Lay Out	38
3.5 Video tutorial	40
4. Capítulo 4.....	41
4.1 Conclusiones y recomendaciones	42
4.1.1 Conclusiones	43
4.1.2 Recomendaciones.....	45
Referencias.....	47
Apéndices.....	54

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
AEL	Aceite esencial de Limón
AEP	Aceite esencial Portador
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
TF	Tasa de Flujo
PVP	precio de venta al publico

Simbología

t	Tonelada Métrica
ha	hectárea
Kg	Kilogramo
ml	Mililitro
cm	Centímetro
°C	Grado Celsius
L	Litro
Kcal	Kilocaloría
mg	Miligramo
ug	Microgramo
ppm	Partes por millón
hPa	Hectopascal
ΔT	Diferencia de Temperatura

Índice de figuras

Figura 1. Partes del limón	8
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de aceite esencial de limón	11
Figura 3. Proceso de Hidrodestilación.....	11
Figura 4. Localización de la comuna Barcelona	15
Figura 5. Diagrama de flujo básico del proceso de Extracción	21
Figura 6. Gráfica de interacciones de los efectos en el rendimiento de aceite	30
Figura 7. Comparación de color entre sutil criollo y sutil mejorado.....	32
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso final para elaboración de aceite esencial de limón.....	33
Figura 9. Dimensionamiento del tanque de extracción o alambique	34
Figura 10. Diagrama de tecnologías	36

Índice de tablas

Tabla 1. Composición nutricional del limón.....	7
Tabla 2. Taxonomía y morfología del limón	7
Tabla 3. Propiedades físicas y químicas del aceite esencial puro de limón.....	10
Tabla 4. Diseño factorial con niveles	17
Tabla 5. Número de tratamiento con sus réplicas del diseño factorial.....	17
Tabla 6. Equipos y materiales para la extracción de aceite esencial de limón	18
Tabla 7. Parámetros de control.....	22
Tabla 8. Resultados obtenidos experimentalmente	29
Tabla 9. Resultados estadígrafos de prueba ANOVA de 2 vías	29
Tabla 10. Cantidad de materia prima que ingresa por etapa, operarios y máquinas a usar por Batch y día.....	35
Tabla 11. Consolidado de producción para la obtención de aceite esencial de limón	36

Índice de planos

Plano 1. Lay Out tentativo para una operación industrializada	39
---	----

Índice de Ecuaciones

Ecuación 2.1. Porcentaje de Rendimiento	20
Ecuación 2.2. Cantidad de materia prima a utilizar.....	23
Ecuación 2.3. Volumen de materia prima a ingresar al sistema	23
Ecuación 2.4. Volumen total del tanque de extracción	23
Ecuación 2.5. Diametro del cilindro.....	24

Capítulo 1

1.1 Introducción

La provincia de Santa Elena posee condiciones climáticas que en ciertas temporadas del año favorece la producción agrícola de cultivos variados, entre ellos el limón. Entre las comunas a lo largo del perfil costero en la llamada la ruta del Spondylus, encontramos la comuna Barcelona. La comuna es reconocida a nivel nacional, acogiendo el apelativo de “Capital toquillera” por su producción de paja toquilla, abasteciendo a varios artesanos del país y permaneciendo únicamente el 5 % de la producción a nivel local, manifestó Colón Quirumbay¹, directivo de la Asociación Primero de Mayo.

A los pies de la cordillera Chongón-Colonche otros cultivos toman relevancia como por ejemplo el limón. En la actualidad la importancia del cultivo radica en sostener cerca de 32 familias de la comuna dedicadas a la comercialización de limón fresco. Cuarenta agricultores de la zona Barcelona se encuentran agremiados en la Asociación Primero de Mayo, y otra gran parte es agremiada en la asociación localizada en Manglaralto.

Durante los meses de octubre a mayo la cosecha de limones es elevada, obteniéndose según ilustra (Pincay, 2021, p. 7) rendimientos altos por ha. El comercio de cítrico fresco es una fuente de ingresos para el sector productivo y sus familias, pero no la única, ya que su abundancia permite un uso más eficiente y rentable. La sobreproducción de este cítrico ocasiona que se sature el mercado, existiendo excesiva demanda que conlleva a la caída de precios. El mercado oscilante donde los productores no logran obtener mayores ingresos en los momentos cumbre de cosecha, conlleva a que se plantee un desarrollo de un emprendimiento creativo y atractivo para aprovechar el limón en esta época de sobreproducción.

Se plantea diseñar para la comuna Barcelona un proceso de obtención de aceite esencial de limón. Este proceso representará ingresos en virtud de un emprendimiento sostenible, de esta

¹ Los autores de esta investigación entrevistaron a Colón Quirumbay el 13 de octubre del 2023.

forma, el aceite esencial de limón es una alternativa muy atractiva y viable que a los comuneros les permitirá desarrollarse económica y socialmente. El método por implementar será la hidrodestilación en base a los principios de la destilación por arrastre de vapor, es la más económica y versátil para extraer la esencia. El fin de este proyecto es diseñar el proceso de obtención de aceite esencial junto con la transferencia técnica ajustada a sus necesidades y requerimientos.

1.1.1 Descripción del problema

La comuna Barcelona en la provincia de Santa Elena es conocida por ser la capital toquillera del país, siendo la paja toquilla su producto principal de comercialización. Desde 2015, la producción agrícola en la zona se diversificó con el cultivo de limón. Actualmente, la zona presenta un alto potencial en la producción de limones, cuya cosecha inicia de octubre a mayo. Como indica Guanoluisa (2018), se recolectan hasta 100 sacos por mes, aproximadamente de 800 a 1000 unidades por saco como describe Mero (2020).

Cada cosecha anual de limón representa la oportunidad de comercializar el producto fresco en la zona, principalmente en Santa Elena y Guayas. Sin embargo, debido a la alta fertilidad de la zona para la producción de limón, la comuna Barcelona cuenta con grandes volúmenes de producto y los comuneros se ven obligados a ofrecerlos a bajo costo durante los momentos de mayor cosecha. Es por esta razón, que se busca aprovechar el limón como materia prima y proponer un producto como solución para diversificar su uso. Este proceso será sostenible y contribuirá al desarrollo económico, social y al cuidado del medio ambiente de la comuna Barcelona.

En conversaciones con los limoneros agremiados en asociaciones de la comuna y estudiantes del curso ‘Emprendimientos Sostenibles en Comunidades’, se presentaron algunos productos, y los comuneros decidieron desarrollar un aceite esencial de limón. Este producto fue

escogido considerando las posibilidades de inversión y los atractivos retornos en caso de un desarrollo adecuado del proyecto.

El proyecto diseñará el proceso de extracción de aceite esencial de limón, proponiendo los equipos a adquirir, los protocolos necesarios para la implementación y la transferencia de conocimientos a los comuneros.

1.1.2 Justificación del problema

Esta investigación justifica la oportunidad de obtener aceite esencial de limón mediante la combinación de conocimientos teóricos y prácticos en un proceso piloto, con énfasis en la selección de tecnologías para la extracción. Esto proporciona ventajas significativas en el uso rentable del limón en la producción de aceite esencial en la comuna Barcelona. Históricamente pueden llegar a producir entre 240 a 540 sacos de limones por año dependiendo de la época de cosecha, tal como indica Guanoluisa (2018).

Otra oportunidad es una mayor intervención de las personas en las distintas etapas del proceso, es decir, generación de trabajo. Así como el mayor retorno de dinero al sector productivo limonero lo que impulsará su desarrollo económico local. Indiscutiblemente para que esta investigación aplicada tenga éxito, es necesaria una adaptación previa teórica de varias soluciones especialmente en el diseño de extracción, que puedan usar los beneficiarios. Como punto final para futuros proyectos de la misma índole, los microclimas, la variedad de plantas y frutos de la región costa de Ecuador ofrecen oportunidades para la producción de aceites esenciales, siendo atractivo para un mercado global en el que Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y Francia son los principales demandantes, en donde la participación de los aceites esenciales cubre cerca del 50% de las importaciones mundiales según afirma Hernández y Jibaja (2017, p. 8).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un proceso artesanal de extracción de aceite esencial de limón no comestible, a través del método de hidrodestilación, y cuyo producto sea un emprendimiento que contribuya al desarrollo sustentable y económico de la Comuna Barcelona.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Analizar los requerimientos técnicos y restricciones del sector productivo de limoneros para el diseño del proceso de extracción y futura implementación acorde a sus necesidades.
2. Desarrollar a nivel de laboratorio el prototipo del producto considerando los fundamentos teóricos del método de extracción por arrastre de vapor en hidrodestilación.
3. Seleccionar las tecnologías adecuadas en las distintas etapas del proceso para la obtención de aceite esencial de limón ajustándose a facilitar su implementación y transferencia a la comuna.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Comuna Barcelona

En la provincia de Santa Elena, costa de Ecuador, la comuna Barcelona en Manglaralto se destaca por la producción agrícola de limones, maíz, sandías, pimientos y otros alimentos. Para el año 2018, se reportaron cerca de 666 toneladas métricas de producción de limones en toda la provincia, según observó Bustamante et al. (2021). De manera que, la mayor cantidad de hectáreas destinadas a la cosecha de limones se encuentra en Manglaralto, entre Barcelona, Olón y Sinchal. De modo que, en la comuna Barcelona el 100% de agricultores incluye dentro sus

cultivos el limón como muestran Drouet et al. (2021). Esto indica que la producción de limones en esta zona es elevada, considerando la existencia de asociaciones de limoneros como la “Primero de Mayo” con alrededor de 40 a 60 miembros, los cuales obtienen entre 45 y 100 sacos por mes, dependiendo de la temporada como expone Guanoluisa (2018).

Las ganancias en la comercialización, mayormente la tienen los intermediarios y los precios varían según la demanda y la oferta. En consecuencia, los precios bajos con relación a la cantidad de limones vendidos provocan ingresos insuficientes para el sector productivo de limones, como indica Drouet et al. (2021) siendo un ingreso mensual de \$175.8 para cada agricultor.

1.3.2 Limón como materia prima

El limón es un cítrico con la taxonomía y morfología que se observa en la Tabla 2, Ecuador existen tres tipos que son los más cultivados. La variedad Tahití se exporta en su mayoría, la variedad “Criollo” y “Sutil” (Vanegas, 2021) son las de mayor consumo nacional, estos limones tienen un sabor propio del género Citrus, forma redonda y tamaño pequeño, siendo su pulpa muy valorada para jugos, postres y otros platos.

En sus primeras etapas tiene un color característico verde y con el paso de la maduración se torna color amarillento verdoso, su cáscara se endurece y su amargor aumenta poco agradable para consumir. Dentro de sus características químicas destaca el ácido cítrico, el cual es el compuesto más abundante de esta fruta, nótese en la Tabla 1, rica en flavonoides los cuales ayudan a ser la materia prima más deseada como antioxidante (Pinto, 2020).

Tabla 1.*Composición nutricional del limón*

Compuesto	Por cada 100 g de limón comestible
Energía (Kcal)	44
Proteínas (g)	0,7
Lípidos totales (g)	0,4
Agua (g)	88,9
Tiamina (mg)	0,05
Riboflavina (mg)	0,03
Vitamina C (mg)	50
Vitamina A (µg)	2,5

Nota. Datos obtenidos del MAPA de España (2019).

Su morfología y taxonomía se representan de la siguiente manera:

Tabla 2.*Taxonomía y morfología del limón*

Nombre científico	<i>Citrus limón</i>
Familia	Rutaceae
Género	Citrus

Nota. Datos extraídos de Frederick S. Davies, L. Gene Albrigo, (1999).

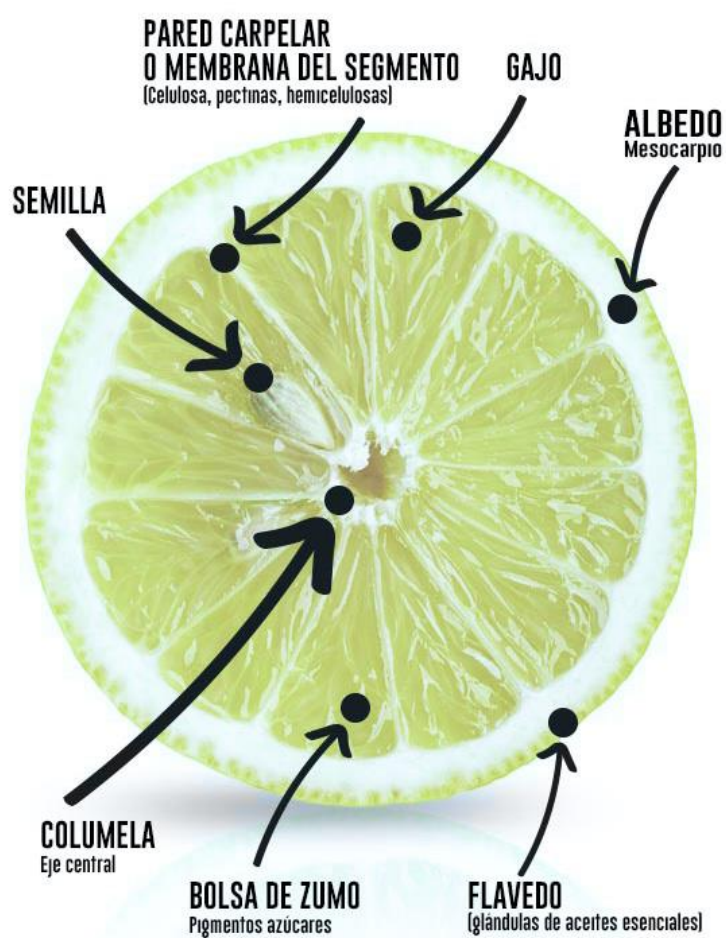
Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España en una revista publicada en el 2013, destaca la gran cantidad de ácido ascórbico. En la composición de su cáscara (específicamente del flavedo como se ve en la figura 1) Flores et al. (2021) encuentra mayormente la presencia de D-limoneno, seguido de a-pineno y C-pineno, los cuales dotan de

características odoríferas, bactericidas y antioxidantes al fruto y subproductos del mismos.

Además, dependiendo del método de extracción se puede obtener entre 0.46 a 13.23 % (p/v) de aceite esencial según Ambriz et al. (2020).

Figura 1.

Partes del limón



Nota. La figura muestra las diferentes partes que conforman a limón debido a que se puede extraer diferentes compuestos de ellas obtenida de Welcome to the lemon age. (2020).

La NTE INEN 1757 segunda revisión establece los requisitos para las variedades antes mencionadas del limón basándose en la clasificación por calibres y formas, sus límites de tolerancia pueden ser grado extra, uno y dos; por otra parte, debe cumplir con parámetros de calidad, basados en características organolépticas en relación con su maduración; por último su

estado físico, en general deben estar enteros, sanos (libres de ataques de insectos), libre de humedad, sin pedúnculo y consistentemente firmes.

En Ecuador, el P.V.P en buenas temporadas es de 1, 00 USD por 10 a 25 unidades, de manera que no es muy costosa su obtención del limón, sin embargo, su precio puede llegar a variar según factores como la temporada, tamaño y amenazas externas. En el segundo trimestre de 2023, aumentó debido a fenómeno de El Niño (Primicias, 2023).

1.3.3 Aceites esenciales a base de limón

Se puede definir a los aceites esenciales según el NIH, (2023) como una sustancia líquida odorífera extraída de ciertas plantas por métodos físicos o químicos como el vapor o prensado, las mismas que contienen sustancias químicas(volátiles) naturales que les dan su sabor y olor propio a las plantas.

Los aceites esenciales se emplean en la industria cosmética, farmacéutica, alimentaria, entre otras. El AEL contiene altos niveles de limoneno llegando a tener de 37,7 %, como indica Urrunaga et al. (2022). En segundo lugar, se encuentra el beta-pineno, conocido por su nombre Mono-terpeno bicíclico y por último se encuentra aproximadamente un 9% de gama-terpineno, el cual también se denomina mono-terpeno monocíclico (Cerutti et al, 2004).

El aceite de limón posee características, de las cuales se toman de referencia para el desarrollo del proceso y almacenamiento de este. Debe ser conservado en un lugar fresco, libre de humedad y ventilado, sin entrada de luz directa, para evitar su descomposición. El aceite esencial de limón se debe envasar en frascos de ámbar herméticamente cerrados para conservarlo adecuadamente según Plant be (2020) de forma que bloquee la luz solar e ingreso de oxígeno.

Tabla 3.*Propiedades físicas y químicas del aceite esencial puro de limón*

PROPIEDADES	RESULTADO
Estado físico	Líquido
Color	Transparente
Punto de Inicial de Ebullición	160 °C a 1.016 hPa
Punto de Inflamación	48 °C
Densidad	~ 0,85 g/cm ³ a 20 °C
Índice de Refracción	1,473 – 1,477 a 20 °C

Nota. Datos extraídos de la ficha técnica de Roth (2020) y Plant be (2022).

Métodos de extracción como la destilación por arrastre con vapor, sus variaciones y físicos como el prensado en frío permiten la obtención de aceites esenciales por su eficacia y versatilidad. El proceso mecánico, también llamado prensado en frío, es otra técnica común y económica para extraer aceites, ofreciendo ventajas en términos de calidad del producto final (Pinto, 2020).

1.3.4 Proceso de elaboración de aceite

En el proceso de obtención artesanal de aceites esenciales se llevan a cabo operaciones preliminares que incluyen la recepción de la materia prima, la selección, el lavado, el pelado y el troceado de los limones. Durante estas etapas, se reciben los limones, se verifica su calidad organoléptica, se elimina la suciedad visible mediante inmersión con agua usando cepillos, se desprende la cáscara con un pelador y se trocean en un procesador o licuadora, respectivamente,

como se observa en la Figura 2. Sin embargo, la operación principal es la destilación por arrastre de vapor, en virtud del mecanismo de migración del aceite desde la membrana hacia afuera, provocado por la corriente de vapor en sentido ascendente a través del material vegetal. Posteriormente será enfriada y condensada como propone Ruiz (2019).

Figura 2.

Diagrama de flujo para la obtención de aceite esencial de limón

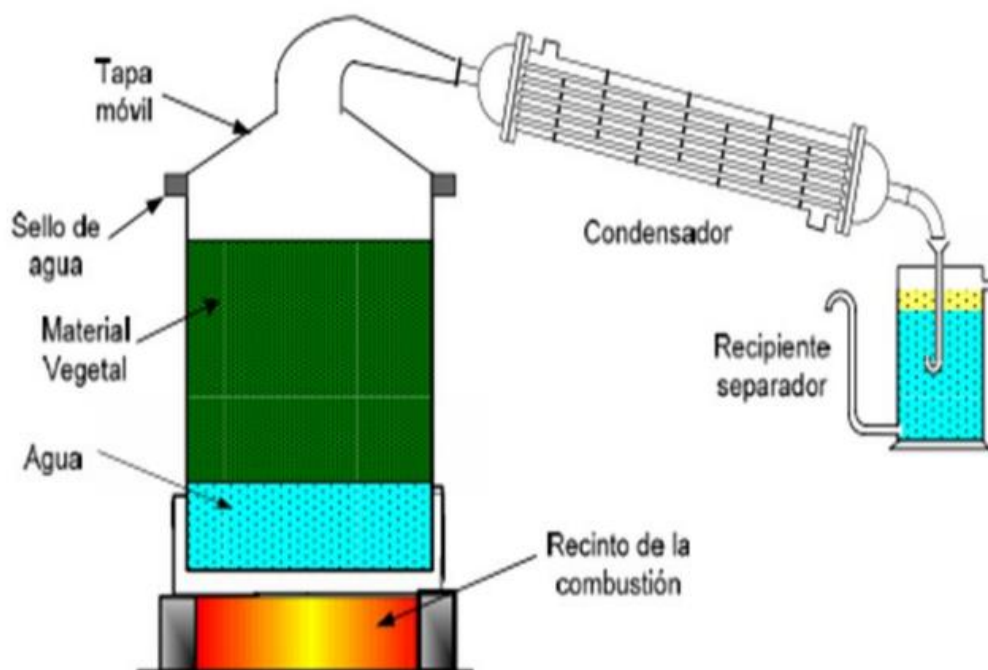


Nota. La figura muestra el flujo tentativo de las operaciones para obtener el aceite esencial.

Dicho lo anterior, una variación de la destilación usada desde hace mucho tiempo es la hidrodestilación, que como su prefijo indica es cuando la generación de vapor se produce dentro de la base del recipiente o alambique. El contacto del agua con el lecho material promueve la liberación de aceite y posteriormente lo evapora debido a su alta volatilidad según propone Araujo (2023).

Luego, “las sustancias condensadas son inmiscibles dando lugar a una etapa de separación física por decantación”, expresa Mejía y Torres (2022). En la cual por la densidad del aceite se ubica en la parte de arriba y la fase acuosa abajo, haciendo uso de una estructura similar a un vaso florentino para mayor eficiencia; llevándose a cabo la extracción del aceite. Ver Figura 3.

Figura 3.
Proceso de Hidrodestilación



Nota. La figura muestra los componentes claves del equipo para extracción de aceites esenciales por hidrodestilación según Granados y Wilmer (2007).

1.3.5 Factores determinantes en el método de extracción

Los principales parámetros durante la destilación por arrastre de vapor son aquellos que impacten en el rendimiento, el cual, por este método puede estar en el rango del 34-46% como sostiene Mejía y Torres (2022). En su proyecto de grado, Pinto (2020) expone que una producción eficiente necesita optimizar las variables del proceso, como el tiempo y la

temperatura de extracción, el tamaño de partícula y la presión de vapor. Esto se debe a que los tiempos óptimos definen la viabilidad, la cantidad de aceite recuperado y la energía que se utilizará. Temperaturas muy elevadas descomponen ciertas sustancias del aceite, mientras que un tamaño de partícula más pequeño ayuda a aumentar la superficie de contacto entre el vapor y el material vegetal. La presión de vapor influye en la velocidad. Por tanto, estos parámetros se convierten en variables de operación que permiten ajustar el rendimiento, la calidad e incluso el dimensionamiento del equipo, según Sevillano et al. (2019). La calidad y tipo de acero que se utilice en el equipo de extracción de aceites esenciales es importante por las altas temperaturas, la acidez de la materia prima y presión del tanque. Según el portal Filimox (2023), el acero 316L es la mejor opción para este proceso.

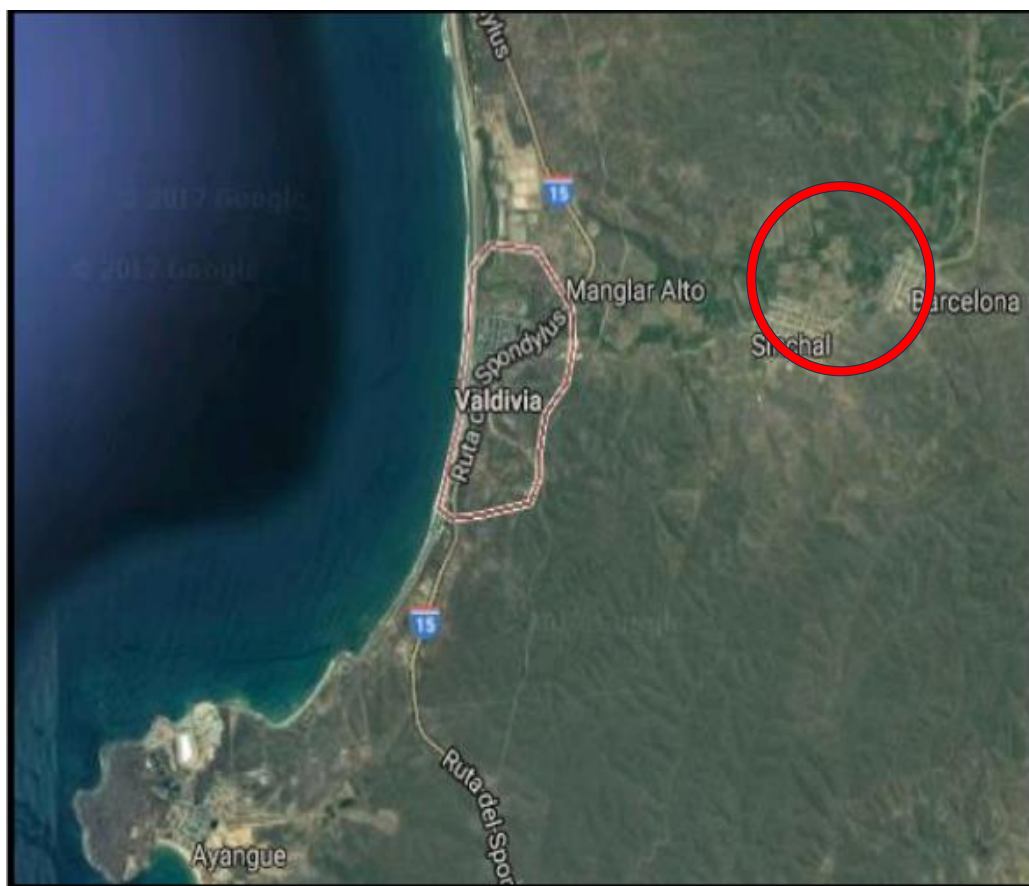
Capítulo 2

2.1 Metodología

Para el desarrollo de esta investigación empleamos la metodología mixta, es decir, cualitativa y cuantitativa, en primera instancia realizamos una entrevista a los productores de la asociación primero de mayor en la Comuna Barcelona ubicada en la zona de Santa Elena Ecuador como se ve en la Figura 4, haciendo uso de un cuestionario que puede visualizarse en el Apéndice 1 con el fin de conocer aquellos factores a considerar para el diseño de extracción, partiendo desde consideraciones respecto a su materia prima disponible, tecnologías y necesidades energéticas hasta su deseo por participar en el proceso. Esto permitió entender sus requerimientos técnicos relevantes, estableciendo las especificaciones y condiciones necesarias para el diseño.

Figura 4.

Localización de la comuna Barcelona



Nota. Localización geográfica de la comuna Barcelona por Guanoluisa (2018).

Cuantitativamente, el proyecto se basó en los fundamentos teóricos correspondientes a la destilación por arrastre de vapor aplicada en hidrodestilación, para esto se utilizó el procedimiento descrito por Gómez (2010) y se estableció un diseño experimental 2^K (de k factores de estudio con 2 niveles cada uno) para obtener un rendimiento alto que sume al cálculo de las dimensiones del equipo extractor y la estructura de las etapas respecto al acondicionamiento de la materia prima.

2.1.1 Diseño experimental

En virtud del objetivo de este estudio se planteó un diseño experimental 2^K usando la herramienta tecnológica de Minitab Statistical, de forma que se estableció las variables de estudio respecto a los requerimientos técnicos en el diseño de dos factores con 2 niveles cada una. Esto permitió obtener el número de tratamientos experimentales totales y elegir de forma eficiente aquel que permita a obtener un mayor rendimiento del aceite esencial y establecer el tiempo aproximado de la extracción que no influya negativamente en la calidad del producto final.

2.1.2 Diseño Factorial

Se estableció un diseño factorial completo de 2^K para evaluar el efecto de dos variables: el solvente utilizado para la hidrodestilación y la variedad de limón, con dos niveles cada una, como se observa en la Tabla 4. Estas variables se estudiaron sobre la cantidad final de aceite obtenido, es decir, el rendimiento y el tiempo de proceso adecuado. Con la información obtenida se calculó el número de tratamientos con tres réplicas, como se muestra en la Tabla 5. Estos resultados se utilizaron para modificar el diseño de extracción, teniendo en cuenta los requerimientos técnicos influyentes en los costos operativos por hora y batch.

Tabla 4.*Diseño factorial con niveles*

Factores	Niveles	
	Bajo (-1)	Alto (1)
Solvente	Agua	Hexano
Variedad de limón	Sutil Mejorado	Sutil Criollo

Nota. Diseño factorial con dos factores, cada uno con dos niveles.

Tabla 5.*Número de tratamiento con sus réplicas del diseño factorial*

Tratamiento	Replica	Factores	
		Solvente	Variedad
1	1	Agua	Sutil Mejorado
2	2	Agua	Sutil Criollo
3	3	Hexano	Sutil Mejorado
4	4	Hexano	Sutil Criollo
5	1	Agua	Sutil Mejorado
6	2	Agua	Sutil Criollo
7	3	Hexano	Sutil Mejorado
8	4	Hexano	Sutil Criollo
9	1	Agua	Sutil Mejorado
10	2	Agua	Sutil Criollo
11	3	Hexano	Sutil Mejorado
12	4	Hexano	Sutil Criollo

Nota. 12 réplicas por experimentar.

Dicho lo anterior, para llevar a cabo la experimentación a nivel laboratorio se hizo uso el método modificado de hidrodestilación con clevenger, sugerido por Gómez (2010), el cual es muy sencillo pero eficaz.

En primer lugar, se utilizaron los equipos y materiales descritos en la Tabla 6, de forma que durante el acoplamiento del sistema se hizo uso de un balón de 1000 ml, el cual era calentado con ayuda de una manta de calentamiento. El balón se conectaba con la trampa Clevenger, la cual tenía intersección con un refrigerante fijándose el sistema, que se puede ver en Apéndice 2.

Tabla 6.

Equipos y materiales para la extracción de aceite esencial de limón

Materiales	Equipos	Reactivos	Materia prima.
Trampa Clevenger	Manta de calentamiento	Agua destilada	Cáscara de limón troceada de Sutil Mejorado(200g).
Balón (1000 ml)	Balanza	Hexano (96%)	Cáscara de limón troceada de Sutil Criollo(200g).
Vaso de precipitación (200 ml)	Rota vapor R-300	Solución de cloro (60 ppm)	
Refrigerante			
Micropipeta			
Probeta (500 ml)			
Frascos ámbar (5 ml)			
Pelador			
Cuchillo			

Nota. Materiales y equipos utilizados durante la experimentación.

Como materia prima se utilizó 200 gramos de cáscara de limón, la cual fue previamente tratada. El tratamiento consistió en una limpieza de inmersión de los limones en una solución

desinfectante con 60 ppm de cloro durante 5 minutos. Luego, se dejó secar al ambiente y se procedió a pelar para separar las cáscaras de las pulpas. La pulpa se reservó para un uso futuro, guardándola asépticamente. Las cáscaras se trocearon en un rango entre 1 y 3 cm.

Posteriormente las cáscaras fueron colocadas dentro del balón con 350 ml del solvente elegido, como se estableció en el diseño experimental que debían ser agua y hexano al 96%. Se procedió a encender la manta de calentamiento de modelo HMS 100ml fijando su potencia en media alta para obtener una temperatura de 95 °C y 68 °C para la evaporación del agua y hexano, respectivamente.

Se esperó hasta que comience el primer goteo del destilado, para tomar el tiempo y en este punto el vapor comenzó a arrastrar de los aceites esenciales u otros componentes volátiles desprendidos de la cáscara de limón pasando por la trampa de clewenger, estos volátiles llegan al refrigerante donde se condensan y los fluidos bajan nuevamente por la trampa hacia el balón principal en forma de reflujo.

Este proceso se realizó en la hidrodestilación hasta observar que ya no había más aceite suspendido sobre el agua. En el sistema que empleó hexano, se detuvo el proceso después de 3 purgas de agua en el tubo de recolección.

Las extracciones con agua pasaron a la etapa de decantación en un lapso de 2-3 horas (Cerpa, 2007), después de este proceso se pudo ver las fases separadas. Luego se recolectó el aceite con la ayuda de una micropipeta para luego calcular los rendimientos obtenidos de todos los diseños experimentales para el proceso que se destilaba con agua.

Para las muestras que usaron hexano como solvente, fue necesario utilizar el rotavapor R-300. Este equipo permitió la separación y concentración de los aceites procedentes de una mezcla de hexano y volátiles (Siancas, 2021). Para ello, fue importante colocar la muestra en el matraz de evaporación y ajustar los parámetros de separación y evaporación del hexano. La

velocidad de rotación se estableció en 10 rpm y el vacío en 226 bar. Paralelamente, se fijó el baño María a 45 °C y el sistema de enfriamiento Chiller F-3xx a 10 °C (Buchi, 2019).

Finalmente, transcurridos 20 minutos, se detuvo el sistema recogiendo en el balón recolector el hexano extraído y quedando en el balón de evaporación el aceite esencial de limón deseado. El aceite obtenido se envasó en frascos ámbar de 5 ml. Para su cuantificación, se restó el peso del envase previamente registrado, calculándose la cantidad de aceite por extracción y tratamiento establecido. Así como la determinación del rendimiento con la Ecuación 1.

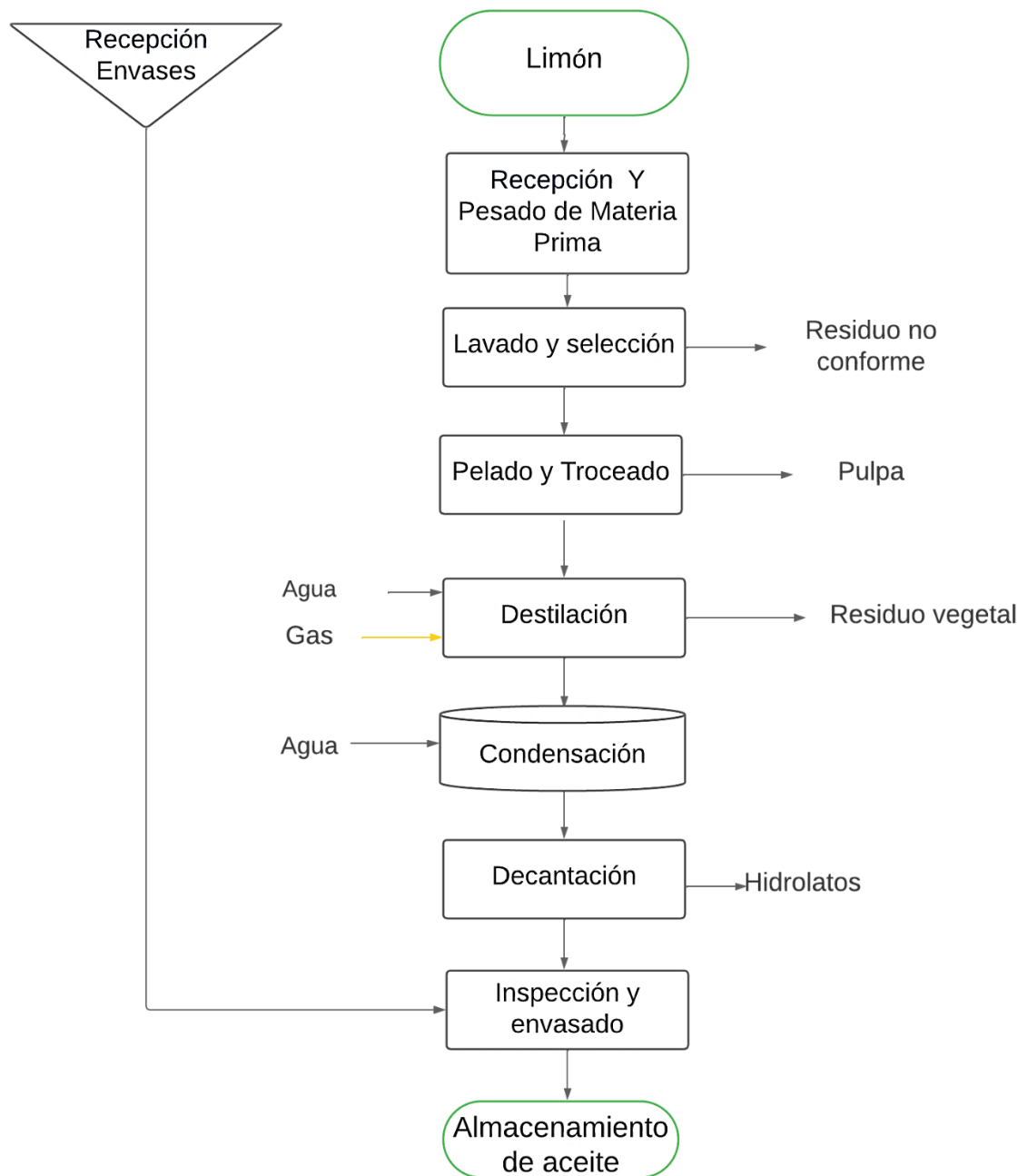
$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa de AEL}(g)}{\text{Masa de materia prima}(g)} \times 100 \quad (2.1)$$

2.1.3 Principios técnicos y selección de la tecnología

Para establecer los principales principios técnicos se fundamentó en aquellos conceptos termodinámicos, químicos y de diseño ingenieril que rigen en la operación principal de destilado, considerando de igual manera operaciones predecesoras e influyentes referente a la preparación de la materia prima, para esto se partió del diagrama de flujo en cual se puede observar sus respectivas entradas y salidas de productos como de subproductos, véase la Figura 5.

Figura 5.

Diagrama de flujo básico del proceso de Extracción



Nota. Elementos del lado derecho del diagrama ingresan al flujo. Del lado derecho salen del flujo.

A continuación, con la visualización global del diagrama se fijó las etapas en las cuales su procesamiento estaría regido por parámetros de control u operación. De manera que para

estimar la cantidad limones necesarios en la extracción 200 ml de aceite esencial puro de limón, se realizó un balance de materia y energía teniendo en cuenta los rendimientos de las distintas etapas del proceso observados en la Tabla 7.

Tabla 7.

Parámetros de control

Etapas	Rendimiento (%)	Parámetro de Operación
Lavado y Selección	98 (Mejía y Torres, 2022)	Concentración de la solución desinfectante: 60 ppm de cloro.
Pelado y Troceado	17 (Pinto, 2020)	Tamaño de Cáscara: 2 a 5 Cm
Destilación	36 (Pinto, 2020)	Temperatura del agua < 100°C
Condensación	-	Temperatura del intercambiador: $\Delta T < 40^{\circ}\text{C}$
Decantación	-	Tiempo de separación: 30 min
Envasado	-	Dosis por envase de 10 ml: 25% AEL+ 75% Aceite portador.

Nota. Rendimientos teóricos.

2.1.4 Diseño del equipo de extracción

Consecuentemente al fijar la cantidad de limones a manejar por batch o día, se estimó la cantidad de personas necesarias para la etapa de pelado y troceado, las dimensiones del alambique y sus requerimientos energéticos para obtener 200 ml de aceite esencial diluidos con aceite portador en 80 frascos de 10 ml como producto final.

Para las dimensiones del volumen total se utilizó la metodología de León Cesar (2017) y la Ecuación 2, 3, 4 junto con los métodos de cálculo explicados por Pinto Omar (2020) usando la Ecuación 5.

2.1.4.1 Cálculo de materia prima necesaria

$$Mp = AE \times \rho \times \frac{100}{R} \quad (2.2)$$

Donde:

Mp: Cantidad de cáscaras troceadas de limón(g).

AE: Aceite esencial de limón a obtener(ml).

ρ : Densidad del Aceite esencial de limón(g/ml).

R: Rendimiento (%)

2.1.4.2 Cálculo de volumen de las cáscaras de limón como materia prima.

$$Vc = Mp / \rho C \quad (2.3)$$

Donde:

Vc: Volumen de materia prima a ingresar en el tanque(m3)

Mp: Masa de cáscaras de limón(kg)

ρC : Densidad de cáscaras de limón (kg/ m3)

2.1.4.3 Cálculo del volumen total del tanque o alambique

Para este apartado es importante precisar que los cálculos de León Cesar (2017) resultaron prácticos por motivos técnicos ya que dentro del volumen total se toma a consideración un 25% del mismo para el agua necesaria y espacio libre de cabeza en el equipo, justificando el uso de la siguiente Ecuación 3. Obtenido el volumen total se usó el procedimiento de estimación de Pinto Omar (2020); el cual proporcionaba la Ecuación 5 para la estimación del diámetro y con operaciones matemáticas despejar y obtener la altura del tanque.

$$Vt = 2 (Vc) \quad (2.4)$$

Donde:

Vt: Volumen total del tante de extracción o alambique(L).

Vc: Volumen de materia prima a ingresar en el tanque(m3)

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times VT}{2 \times r}} \quad (2.5)$$

Donde:

VT: Volumen total del tante de extracción o alambique(m3).

r: Relación entre la H y D para equipos a pequeña escala o Bench scale.

2.2 Modelo de aprendizaje: autosostenible

Llegado a este punto con la información recopilada en la entrevista acerca de sus requerimientos y necesidades, más la elección óptima del tratamiento más viable que nos facilitará el establecimiento de parámetros de control ayudando a obtener el mejor rendimiento como un tiempo viable.

Más adelante el dimensionamiento aproximado del equipo de destilación permitió seleccionar las tecnologías necesarias para llevar a cabo el flujo del proceso, siendo necesaria una etapa previa de capacitación para los beneficiarios respecto al uso del alambique.

Por consiguiente, se realizó un video tutorial o de instrucción práctico de no más de 3 minutos que abordó los temas de:

- Concepto breve del método de extracción.
- Elementos que conforman el alambique.
- Procedimiento de extracción del aceite esencial mediante el correcto uso de un alambique y sus principales puntos de control.
- Dosificación, envasado y forma de conservación.

Esto permitió crear un modelo de aprendizaje autosostenible, es decir, que ayude de forma creativa a las personas de la comuna para que aprendan nuevos conceptos y habilidades sin necesidad de profesores o instalaciones físicas sofisticadas, ayudando a minimizar recursos.

2.3 Producto final

Como el aceite esencial que van a comercializar los comuneros no será para uso alimentario sino más bien cosmético, debe cumplir con los requisitos establecidos en la legislación vigente. En la Unión Europea, los aceites esenciales están regulados por el Reglamento (CE) N° 1223/2009 sobre productos cosméticos según la Dirección Europea para la Calidad del Medicamento y la Asistencia Sanitaria del Consejo de Europa (EDQM) (2016) establece un reglamento con los requisitos de seguridad que deben cumplir los aceites esenciales antes de poder utilizarse en productos cosméticos, es decir, deben ser seguros para la salud humana, no deben ser tóxicos ni irritantes, y no deben causar efectos adversos en la reproducción o el desarrollo. Además, los aceites esenciales deben ser estables y no deben degradarse durante el uso o almacenamiento.

Por cual es necesario diluir el aceite esencial puro en un aceite portador que para nuestro caso se eligió el aceite de manzanilla, con una relación de 25% AEL y 75% AEP ya que según estudios ilustrados por Herrera. et al (2019), sugiere que con un 25% no supone toxicidad.

Capítulo 3

3.1 Análisis de resultados

La metodología aplicada permitió establecer los parámetros del proceso con base en datos actualizados, lo que garantizará la calidad y eficiencia de la producción de aceite esencial de limón en presentación de 10 ml, logrando cumplir con los objetivos del proyecto de diseño del proceso de extracción. Con el fin de contextualizar y viabilizar el proyecto dentro de la comuna, fue necesario realizar una entrevista con los representantes de los productores de limón de la comuna Barcelona.

La entrevista fue realizada en diciembre 2023, a representantes de la asociación “Primero de mayo” se levantó información relevante para la toma de decisiones posteriores. A continuación, lo más destacado y discutido en la entrevista.

Se considera estratégicamente destinar hasta un 50% de la producción de limón de la zona, cuyos cultivos alcanzan 400 hectáreas de sembrío. Se recalcó que la cosecha de limón se realiza en el periodo de invierno, que va desde los meses de diciembre hasta mayo (Varela et al., 2022), sin embargo, en la entrevista se estableció que la producción en la zona se llega a extender hasta junio. En estos meses se puede obtener hasta 1.200 sacos semanales en toda su área sembrada. Es por esta razón que durante estos meses existe una sobreproducción y el valor del limón en el mercado disminuye.

Se sugirió que consideren espacios óptimos para desarrollar la implementación y producción del aceite esencial. Estos espacios debían contar con servicio de agua potable, eléctrico y gas natural para el funcionamiento de la línea de producción. De la conversación resultó que tienen el espacio que pertenece a la comuna, sin embargo, deben hacer adaptaciones para su habilitación como área de proceso.

Con respecto a los trabajadores y comuneros relacionados en el proceso. Los trabajadores y comuneros están dispuestos a recibir capacitaciones y talleres sobre la importancia del producto, normas establecidas para la comercialización y producción de este, así mismo, control de calidad e inocuidad del aceite esencial, como operar las nuevas máquinas y sus parámetros de control, uso correcto de los utensilios, además de todo lo relacionado a la producción, como el proceso de selección del producto, lavado, pelado, destilación, decantación y almacenamiento. Los salarios y horarios de los operarios deberán estar regidos y cumpliendo el Código de Trabajo (2023) con el fin de contribuir al trabajo decente y crecimiento económico de las familias de la comuna involucradas en el proceso según el ODS 8.

Otro punto que se destacó es la implementación del aceite esencial de limón en el mercado y el nicho de personas al que van dirigido, con esto ellos explicaron que tiene contactos con algunas líneas de supermercado a nivel nacional, por lo que sería un comienzo para la distribución del producto terminado.

3.1.1 Estudio de factores sobre el rendimiento y tiempo de extracción

Para determinar si los efectos de los dos factores y su interacción son estadísticamente significativos sobre las variables respuestas, se realizó una prueba ANOVA de dos vías. En la que se contempló gracias al estudio de los estadísticos F y p.

Los resultados del diseño experimental se muestran en las Tablas 8 y 9. Siendo los datos reproducidos en el contexto del proyecto.

Tabla 8.*Resultados obtenidos experimentalmente*

Tratamiento	Factores		Resultados	
	Solvente	Variedad	%Rend	Tiempo de Extracción (horas)
1	Agua	Sutil Mejorado	0,02	2,49
2	Agua	Sutil Criollo	0,50	2,38
3	Hexano	Sutil Mejorado	0,75	2,25
4	Hexano	Sutil Criollo	0,65	3,27
5	Agua	Sutil Mejorado	0,48	4,00
6	Agua	Sutil Criollo	0,46	2,52
7	Hexano	Sutil Mejorado	0,66	1,58
8	Hexano	Sutil Criollo	0,70	1,30
9	Agua	Sutil Mejorado	0,24	1,53
10	Agua	Sutil Criollo	0,47	3,00
11	Hexano	Sutil Mejorado	0,60	1,16
12	Hexano	Sutil Criollo	0,75	1,20

Nota. La tabla muestra la lista de tratamientos con sus réplicas y resultados.

Tabla 9.*Resultados estadígrafos de prueba ANOVA de 2 vías*

Factor	%Rendimiento		Tiempo de extracción	
	F	p	F	p
Solvente	20,74	0,002	2,67	0,141
Variedad	3,37	0,104	0,04	0,840
Solvente y variedad	1,94	0,201	0,08	0,783

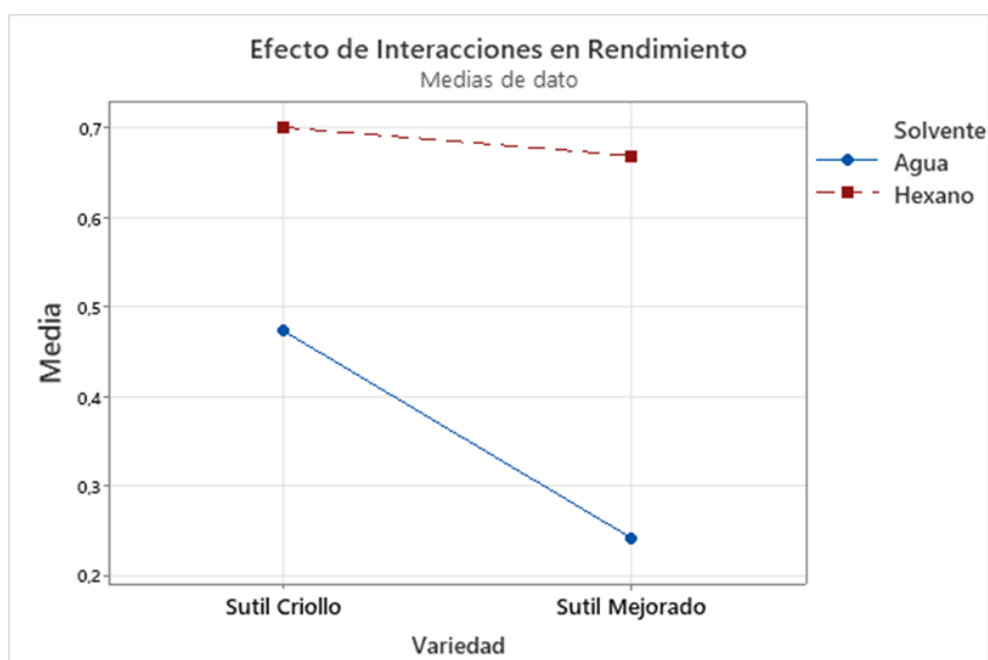
Nota. En la tabla aparecen los estadígrafos de prueba F y p determinados con un nivel de significancia de 0,05.

En el análisis de los resultados realizado con la prueba ANOVA de dos vías presentado en la Tabla 8, se contempló los estadígrafos F y p, y se concluyó que no hubo ningún efecto relevante sobre el tiempo de extracción. Sin embargo, sobre el rendimiento si existe al menos 1 efecto correspondiente al solvente tipo hexano, que presenta diferencias estadísticamente significativas, ya que fue el único con un valor p de 0,002 menor a 0,05, rechazando la hipótesis nula de igualdad de medias.

En la Figura 6, se observa como la interacción con un mayor rendimiento estadísticamente comprobado fue aquel con hexano y limón sutil criollo, por lo tanto, resultó factible usar como principal solvente hexano, entendiéndose por su gran capacidad de solubilidad por principio de no polaridad y afinidad de los compuestos con terpenos presentes, con un bajo punto de ebullición de 63-69 °C, como explica Hielscher (2023).

Figura 6.

Gráfica de interacciones de los efectos en el rendimiento de aceite



Nota. Resultado MiniTab®.

El uso del solvente hexano con cáscaras de limón sutil criollo triturados aumentó la superficie de contacto, lo que incrementó el contenido en un 20-40 % en comparación con el tratamiento que utilizó agua, disminuyendo 1 hora el tiempo de extracción y resultando en una mayor cantidad de aceite colorido, como justifica Venegas (2016).

Aunque los resultados fueron muy buenos con hexano, su aplicación en la comuna no sería pertinente por otras consideraciones, como su toxicidad, inflamabilidad, volatilidad y disponibilidad. Además, para asegurarse de extraer la mayor cantidad de aceite, es necesario dejar más tiempo en contacto (Hermógenes et al., 2010).

En particular, la Figura 6 expone como la interacción agua- sutil criollo es óptima para obtener buenos rendimientos aproximados al de autores como Casado (2018) y Thien et al. (2023) cercanos al 1% por hidrodestilación, valores análogos a los determinados en nuestra investigación.

El enfoque se centró en el agua (solvente) y la variedad de limón, de forma que la hidrodestilación al usar principalmente agua como vehículo (Colina et al., 2021), ayuda a desprender los compuestos volátiles y aceites contenidos, sin embargo por sí solo no logra penetrar completamente en la membrana celular en un tiempo corto, ya que la T cercana a los 100°C provocan que la fluctuaciones térmica no sean lo suficiente, para abrir los canales o poros hidrófobos, que permitan desprender los componentes deseados (Rehman, 2015) con valores de tiempo muy similares a los nuestros dentro de un rango de 100 a 180 minutos con hidrodestilación.

Es importante recordar que los limones tienen cerca de un 0,4% de aceite esencial, lo que implica que mientras más cáscaras, mayor será el rendimiento. Los estudios de Colina et al. (2021) recomienda usar partículas de tamaño medio entre 2 y 3 cm y tiempos de extracción cortos para evitar la hidrólisis de compuestos que dificultan la obtención de un mayor

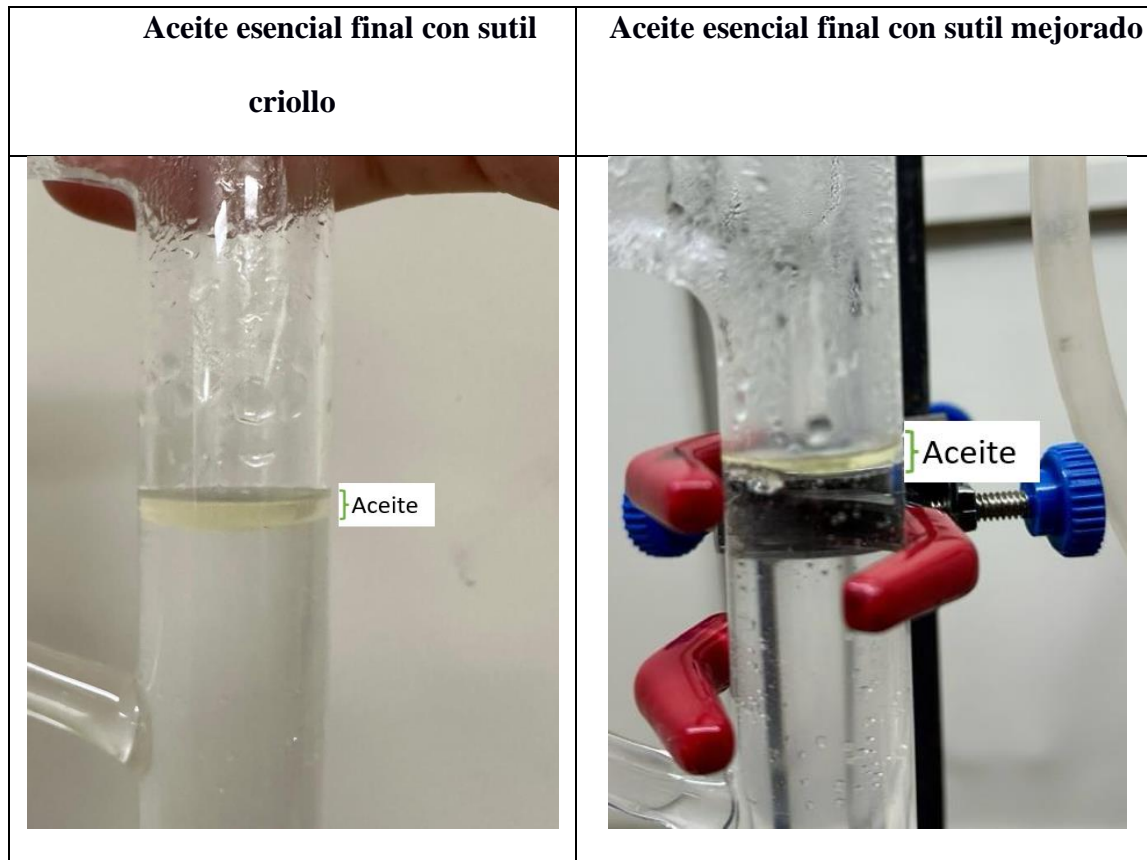
rendimiento. En las experimentaciones realizadas en el proyecto se alcanzó hasta un 0,47% con la variedad sutil criollo y agua.

Por otro lado, aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos en cuanto a la variedad, el limón sutil criollo tuvo un impacto relevante. Ya que su cáscara permite extraer más exocarpio que albedo durante el pelado (Cañadas, 2015). Esto resulta en un aumento de la cantidad de compuestos volátiles que se extraen, ya que permite un mayor contacto con más células vegetales, mejorando el arrastre de vapor de agua.

Además, el aceite obtenido presento un color amarillento pálido y aroma más intenso similar a los resultados de Fernández et al. (2021). Observar Figura 7.

Figura 7.

Comparación de color entre sutil criollo y sutil mejorado



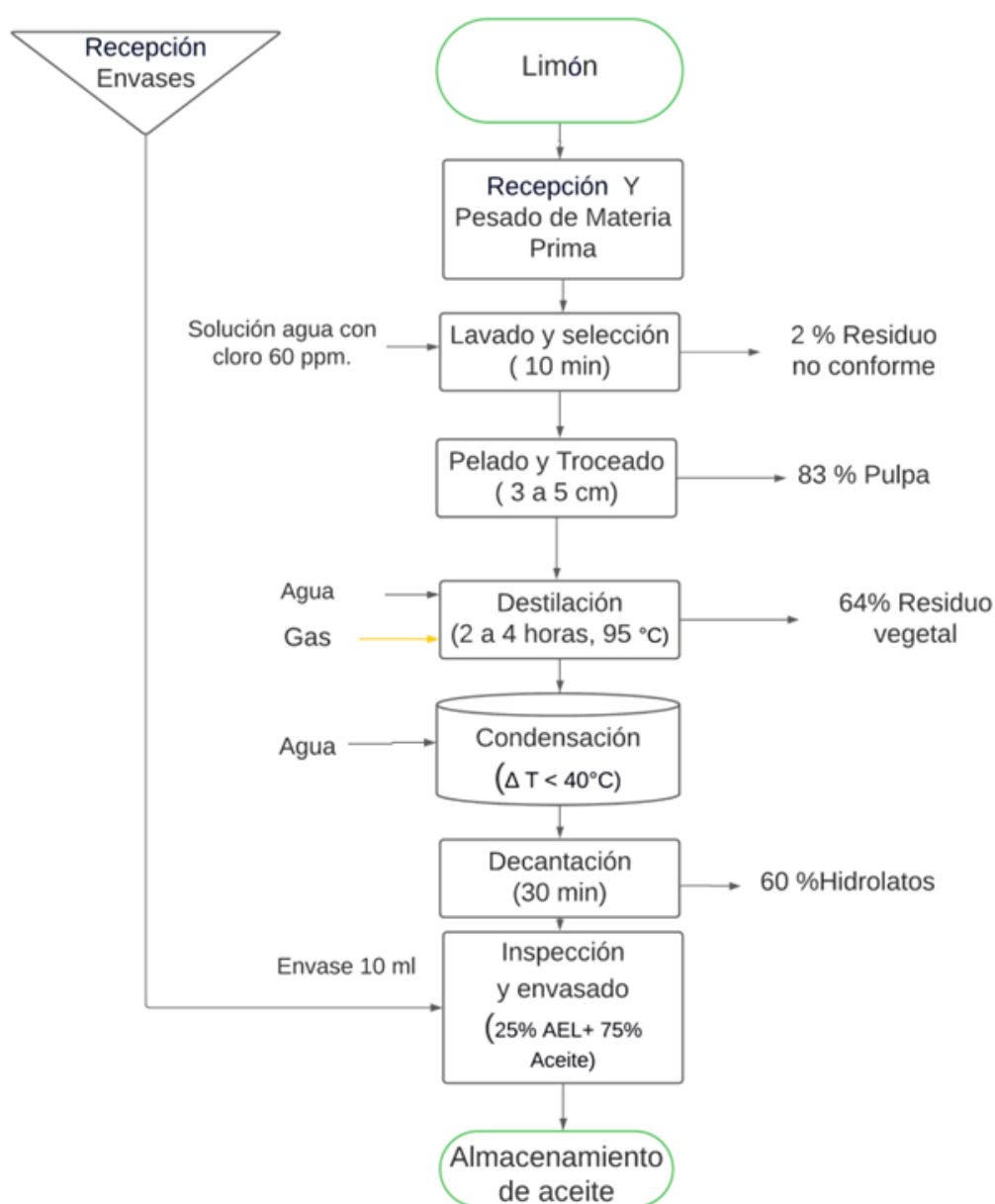
Nota. Fotos obtenidas durante la experimentación.

3.1.2 Diagrama de flujo final del proceso de elaboración

A continuación, en la Figura 8 se detalla los parámetros de control técnicos en cada etapa, junto con sus entradas, salida y mermas correspondientes.

Figura 8.

Diagrama de flujo del proceso final para elaboración de aceite esencial de limón



Nota. El flujo del proceso incluye sus respectivos parámetros de control y operación.

3.2 Dimensionamiento escalado del equipo extractor

La estimación de la capacidad de la línea producción en la planta piloto se desarrolló a partir del volumen total del alambique. Luego, se realizó el escalamiento de la línea de proceso teniendo en cuenta la relación de diámetro y altura como se observa en la Figura 9. Se tuvo en cuenta la densidad de la cáscara y el aceite esencial de limón.

Figura 9.

Dimensionamiento del tanque de extracción o alambique



Nota. La figura muestra las estimaciones finales del diseño del equipo principal.

Esto sirvió para establecer cuanta materia primera entrará por cada etapa teniendo en cuenta el rendimiento, como se puede observar en la Tabla 10, se realizó un balance de la línea en donde se hará uso de una maquina extractora. En la etapa de pelado, se presentan uno de los posibles cuellos de botella, por esto, resultó factible incluir la mano de obra de 12 operarios para disminuir el tiempo a un máximo de 2 horas. Teniendo un tiempo de producción total de 7 horas por batch.

Tabla 10.

Cantidad de materia prima que ingresa por etapa, operarios y máquinas a usar por Batch y día

Etapas	% Rend	Por Batch (kg)	Por día	T.F.	Unidad	Operario	kg/min	Tiempo (min)	Tiempo (h)
Recepción y pesado	100	95,93	191,854	0,5	saco/min	1**	20	4,80	0,08
lavado y selección	98	95,93	191,854	27	limón/min	3	0,648	26,65	0,44
Pelado y troceado	17	94,01	282,026	2	limón/min	12	0,048	89,93	1,50
Destilación	36	15,98	31,963	1,016	ml/min	1**	0,056	248,02	4,13
Decantación	40	250*	500	6,66	ml/min	1	0,01	37,54	0,63
Envasado	-	66,67*	133,33	5	ml/min	1	0,04	13,333	0,22
Almacenamiento	-	66,67*	133,33	-	-				
Total								420,26	7,00

Nota. En la tabla se muestra la tasa de flujo con sus respectivas unidades y el tiempo total que se demoraría en cada etapa por batch. Las etapas de color rosa son los posibles cuellos de botella. Los valores de la columna Por Batch (kg) con * representan la unidad de volumen de ml. Los valores de la columna Operarios con ** representan también el número de máquinas usadas en el proceso.

Para satisfacer el requisito del cliente de 200 ml de aceite esencial de limón semanales, se planificó que se realice 3 batch, cada uno produce 67 ml de aceite puro, una vez diluidos se obtienen 27 frascos. Un batch utiliza 3 sacos de limón con 900 limones en promedio cada uno.

Considerando la disposición de los operarios necesarios por etapa y su tiempo de producción. En el diagrama de Gantt, ver Apéndice 6, se estimó las horas hombre para 12

personas que trabajen 2 horas y 1 alrededor de 5 por producción, siendo 72 y 15 respectivamente por producción, influyendo en el costo por mano de obra.

Adicional se estimó la cantidad de gas a usar y los requerimientos de agua por destilado, pudiendo ser observado en la Tabla 11.

Tabla 11.

Consolidado de producción para la obtención de aceite esencial de limón

Batch	Sacos de limón	Limón por Saco	Producto final (ml)	Frascos 10 ml	Horas de trabajo	Gas (GLP Kg)	Agua L
1	3	900	67	27	7	1,45	95
2	3	900	67	27	7	1,45	95
3	3	900	67	27	7	1,45	95
Total	9	2700	201	81	21	4,35	285

Nota. Una producción está compuesta por 3 batches.

3.3 Selección de tecnologías y costos

Para la selección de tecnologías que se implementó se realizó diferentes cotizaciones que se ajusten a los modelos de alambique para la extracción de aceites utilizado en la etapa de destilación y decantación como se muestra en la Figura 10.

Figura 10.

Diagrama de tecnologías



Nota. Maquinaria utilizada en cada etapa del proceso.

Tomando en cuenta la calidad de los diferentes aceros que los proveedores manejaban (316 L), su precio en el mercado y la mano de obra total se obtuvieron 3 en total, las cuales pueden ser visualizadas en la sección de Apéndices. En el Apéndice 3 encontramos la primera cotización, en la se detalla que un costo de inversión de \$1.568,00, al ser este un servicio de construcción personalizada se incluyó un termómetro el cual permitirá mantener los parámetros de control estables para el beneficio del producto, además este precio ya incluye impuestos y capacitación para su uso. La segunda cotización se realizó mediante una red social, ver Apéndice 4, en la cual se encontró un alambique de segunda mano a un valor de \$1.350,00, y cuenta con la capacidad deseada para cumplir las exigencias del cliente, además está hecho con el tipo de acero ideal para el proceso (Acero inoxidable 316L). Por último, se realizó una cotización a una empresa proporciona alambiques prediseñados en España, ver Apéndice 5. Esta empresa ajustó nuestra demanda en dos equipos de su catálogo, donde cada uno tiene el valor de \$689,99, dando un costo total de \$1.373,98. Para esta cotización se trajo a colación el Artículo 17, sección C de la Ley de Defensa del Artesano en Ecuador (2023), donde se expresa: “La exoneración del impuesto a las exportaciones de artículos de producción artesanal”, esto infiere la ventaja de 0 costos en la importación de la maquinaria.

Tomando en cuenta estas tres opciones se decidió que la opción más viable es comprar el alambique de segunda mano, debido a que se acopla a las dimensiones necesarias para el proceso, su precio es menor y su entrega es inmediata al encontrarse dentro del país.

Dicho lo anterior, para la inversión inicial (3 primeros meses) de \$7.885,59, se consideró el rubro del equipo, y adicional los costos de producción como: materia prima, empaque, etiqueta, mano de obra, distribución, costos fijos relacionados al agua y gas. El P.V.P. se determinó considerando un 40% de rentabilidad y los costos antes mencionados, obteniendo \$8, 01 por frasco de 10 ml. Suponiendo un aumento del 7% anual en los ingresos, se calculó para 5 años, un TIR de 18% y VAN de \$ 7.153(beneficio neto), recuperando la inversión de los

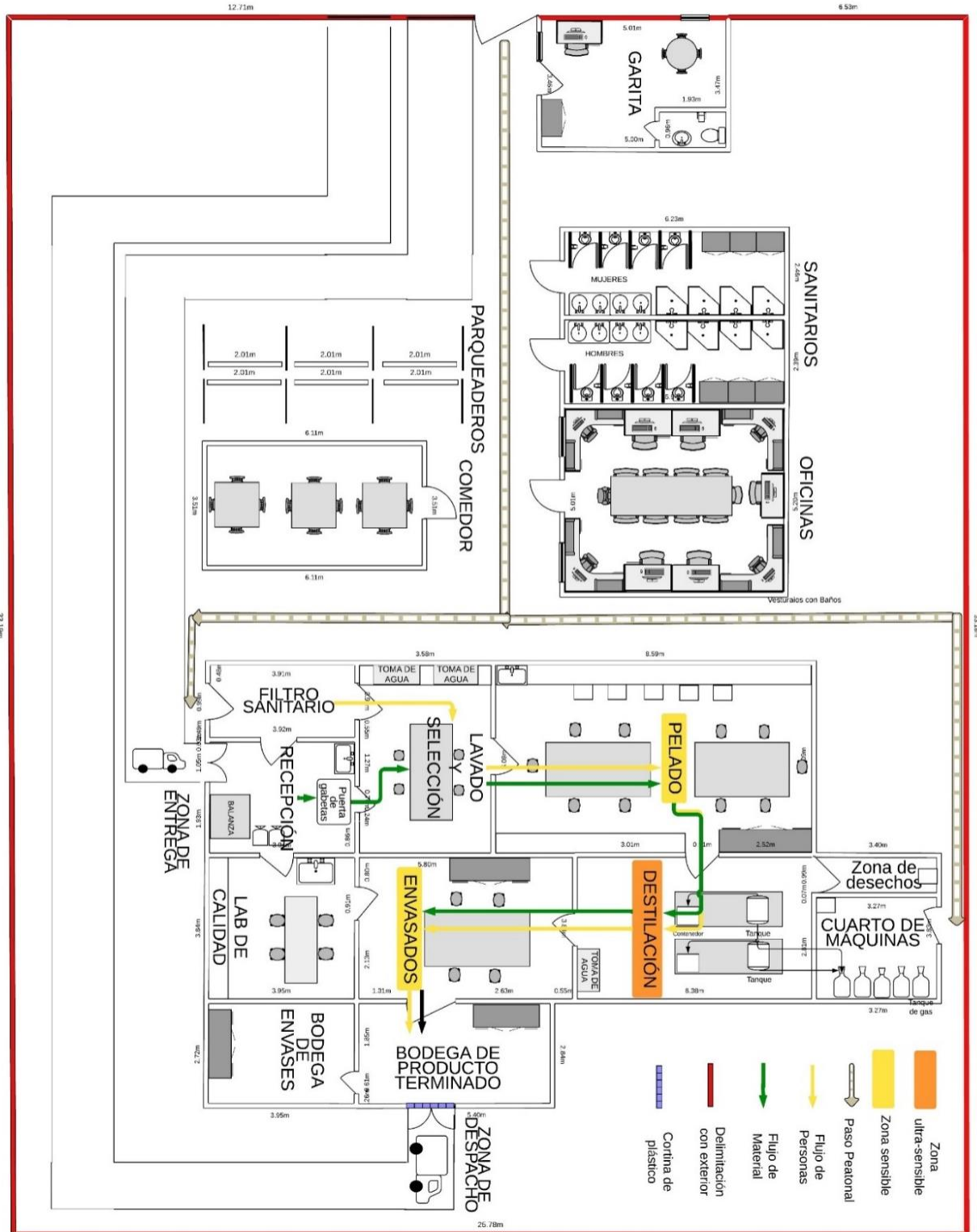
activos en los 4 primeros meses, lo que nos indicó que el proyecto es rentable, ya que generará un rendimiento real positivo y aportará al crecimiento económico de la comuna.

3.4 Lay Out

Para realizar este proceso de forma más industrializada en el futuro, se debe de tomar en cuenta áreas como un laboratorio de calidad, una zona de desechos, la cual al ser un área con bajo nivel de inocuidad requiere mayor cuidado para no contaminar el producto terminado. Hay que destacar los puntos de entrega (Recepción) y despacho (Bodega de producto terminado) con el fin de siempre tener un flujo de personas y material hacia delante para disminuir el riesgo de contaminaciones cruzadas. Ver Plano 1.

Plano 1.
Lay Out tentativo para una operación industrializada

LAY OUT PLANTA ARTESANAL DE ACEITES ESENCIALES



Nota. Lay out realizado en Lucid.

3.5 Video tutorial

Para la explicación del correcto uso de la maquinaria implementada se realizó un video tutorial donde se explica los pasos correctos para el funcionamiento. El guion, el cual se podrá visualizar en el Apéndice 1.

Este video tutorial se podrá visualizar en el siguiente enlace:

<https://youtu.be/Dqlhn9T1r0w?si=OsBmGKyfXiBbU2Nd>

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

Este proyecto se realizó cumpliendo los ODS 8 y 12, los cuales estuvieron estipulados como meta para este emprendimiento sostenible en la comuna Barcelona, además al ser productores de su materia prima, los costos relativamente bajos, pudiendo escoger su calidad. Todo esto asegura la viabilidad de este proyecto sostenible.

En la actualidad, el uso de aceites esenciales está siendo cada vez mayor, por lo que aprovechar el trending como estrategia de mercado asegurará que este producto tenga alta aceptación. Por otro lado, con la oportunidad que tienen los comuneros de aprovechar las conexiones con supermercados, organizaciones gubernamentales y fundaciones, pueden crear una excelente vía de alcance para el producto. El proyecto al mantener su forma artesanal existe la posibilidad de afiliarse a la Junta Nacional de Defensa del Artesano (JNDA) para recibir sus beneficios como aranceles 0 y exoneración de ciertos impuestos.

Una debilidad que presenta el proyecto es que tiene un enfoque limitado, ya que esta evaluado únicamente para los meses de invierno, y debido a que sus costos de inversión son altos, estos podrían llegar a tardar más en tener una rentabilidad. Sin embargo, una de las estrategias que se podría llegar a implementar sería destinar cierta cantidad materia prima(almacenada) para clientes específicos, es decir aplicar la metodología de ventas Make to Order. Siendo importante mencionar, que el aceite puede llegar a degradarse, debido a diferentes factores como la presencia de luz y mal almacenamiento, es por eso por lo que se debe priorizar una correcta capacitación a los empleados, así como entrenarlos para que logren diversificar el trabajo para evitar cuellos de botella durante la producción.

Existen factores que no se pueden controlar que afectarían directamente a la producción. El cambio climático y desastres naturales afectan tanto a la producción de limones como a la línea de proceso de extracción de aceite esencial, por lo que es importante tomar en cuenta

medidas de prevención como contar con pozos de agua, una planta energética. Además, adquirir seguros que ayuden a mitigar con indemnizaciones en casos extremos. Debido a las diferentes crisis sanitarias recientes, tal como la pandemia de COVID-19, es importante siempre asegurar la inocuidad de los productos y salud de los trabajadores, pues es necesario evitar que las aglomeraciones se vuelvan un punto de contagio. En consecuencia, a la reciente situación de incertidumbre que se vive en el país, es recomendable analizar la posibilidad de exportar, en el que el producto llegue a un mercado internacional donde las leyes e impuestos lleguen a ser favorables para los comuneros y la asociación “Primero de Mayo”.

4.1.1 Conclusiones

- La comuna Barcelona tiene sembríos de limón de la variedad sutil mejorado, sutil criollo y Tahití, en orden de producción de mayor a menor respectivamente. Acorde al comportamiento del mercado anual, durante los meses de mayor producción (invierno) se obtienen ganancias muy bajas debido al exceso de oferta del mercado. Es en este momento que la alternativa de diversificación del producto se hace atractiva al sector limonero en los meses de exceso de producción.
- En la entrevista se determinó la predisposición del 50% de la cosecha para llevar a cabo el proyecto, es decir, 600 sacos semanales en invierno, adicional cuentan con el espacio adecuado con los servicios básicos y Gas, lo que pone a disposición los insumos como agua. Por otro lado, los comuneros tienen el ímpetu de seguir creciendo y aprendiendo, lo que refleja una alta disposición en las futuras capacitaciones, así como alcance con organizaciones gubernamentales, fundaciones y empresas privadas, lo que viabilizaría la distribución del aceite esencial.

- Según la experimentación y el análisis del Anova de dos vías utilizado, se estableció que el tratamiento para la obtención de aceite esencial con limón que podría replicarse en la comuna Barcelona es aquel con cáscaras de limón sutil criollo y agua a 95°C. Se espera que el rendimiento que alcance sea de aproximadamente el 0,47%. De igual forma, la variedad y el solvente no afecta de forma relevante al tiempo de extracción, teniendo en cuenta el tipo de proceso a realizar, ya que para ambos niveles de las variables el tiempo aproximado fue entre 2 a 3 horas.
- En la experimentación se obtuvo una diferencia significativa ($p < 0.05$) con el tratamiento que utiliza hexano y limón sutil criollo. Sin embargo, se considera que no es recomendable el manejo de esta sustancia en la comuna, ya que requiere mayores medidas de seguridad, control y regulaciones en la compra del reactivo.
- En la producción de aceite esenciales, se destaca la etapa de destilación y se define los requerimientos del equipo necesario para el proceso. El proceso se llevará a temperatura de 95 °C por lo que se requiere utilizar acero inoxidable 316L. Llegando a tomar la decisión de adquirir un equipo de segunda mano, el cual se ajusta a los requerimientos necesarios. El cual tiene un valor de \$1.350,00.
- El aceite esencial de limón obtenido en las experimentaciones tiene características organolépticas como un color amarillo claro, fuerte aroma cítrico y de textura espesa. Sin embargo, la diferencia más destacada proviene de la variedad sutil criollo, que tiene un aroma más intensificado.
- Un factor relevante en la obtención del aceite esencial resultó ser el pelado y cortado, puesto que el aumento del rendimiento es directamente proporcional a la superficie de contacto de las cáscaras, y a la menor cantidad de albedo en el grosor. Para la hidrodestilación, se recomienda un tamaño medio de entre 2 y 5 cm con al menos 10 mm

de grosor. Sin embargo, esta etapa puede convertirse en un cuello de botella si no se cuenta con la cantidad de personas necesarias para realizarla de manera eficiente.

- Se realizó un video tutorial dirigido hacia los comuneros y su equipo de trabajo con el fin de explicarles el procedimiento y sus puntos más importantes del proceso. En este video se destacó las partes del alambique y su correcto uso y manejo del equipo. Se dictó recomendaciones y puntos para tener en cuenta.
- Con una inversión inicial de \$8.085,59, un P.V.P de \$8,01 con margen de rentabilidad del 40% y un aumento anual del 7% en los ingresos, se concluye que el TIR Y VAN son de 18% y \$7.153, lo que indica que el proyecto es económicamente rentable y viable, porque genera un rendimiento real positivo y un beneficio neto.

4.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda que para realizar un proceso más integral se aproveche las mermas de la pulpa y el bagazo, con procesos paralelos de obtención de jugo concentrado de limón y pectina, respectivamente, de forma que aumentaría la diversificación del limón, y el consumo responsable de recursos.
- A futuro como mejora del proceso para eliminar cuellos de botella se puede implementar un prensado con tornillo helicoidal de capacidad de al menos 25 kg/h, ya que este ayudará a disminuir los tiempos de pelado.
- Resulta factible la creación una campaña de marketing y publicidad que impulse y posicione al aceite esencial de la comuna Barcelona. Lo que logrará que sea conocido por futuros compradores y así lograr un mayor retorno económico.
- Para validar el contenido de limoneno y otros compuestos característicos presentes en los tratamientos con sutil criollo y sutil mejorado, se recomienda realizar a futuro un análisis

infrarrojo. Este análisis permitirá obtener la cantidad de limoneno en cada tratamiento, lo que proporcionará información valiosa para la evaluación de los resultados.

- Se recomienda hacer un estudio de vida útil para el aceite esencial de limón no comestible, enfocado en mantener su calidad organoléptica y determinar si es necesario cubrir posibles deterioros por rancidez oxidativa y cuidar la experiencia del consumidor.

Referencias

- Ambriz, D., Palomares, I., Gómez, F., Mejías, N., Araiza, N., Luna, K., & Santos, D. (2020). Potencial de la cáscara residual de limón persa como fuente de biocombustibles. *Identidad Energética*, 3, 1-7. https://www.researchgate.net/profile/David-Santos-Ballardo/publication/352149274_Potencial_de_la_cáscara_residual_de_limon_persa_como_fuente_de_biocombustibles/links/60bae817299bf10dff971a8f/Potencial-de-la-cáscara-residual-de-limon-persa-como-fuente-de-biocombustibles.pdf
- Bustamante, R., Vinueza, M., & Pibaque, T. (2021). Canales de distribución en las ventas de limón de los productores de la parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana, provincia de Manabí. *Publicando*, 8(31), 240-257. <https://doi.org/10.51528/rp.vol8.id2247>
- Buchi. (2019). Operation Manual(original) Rotavapor R-300. BUCHI Labortechnik AG.
- Cerpa, M. (2007). Hidrodestilación de Aceites Esenciales: Modelado y Caracterización. [Tesis de doctorado Universidad Valladolid]. Researchgate. https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Cerpa-2/publication/235356074_Hidrodestilacion_de_aceites_esenciales_Modelado_y_Caracterizacion/links/54f8f71d0cf28d6deca2dbdc/Hidrodestilacion-de-aceites-esenciales-Modelado-y-Caracterizacion.pdf
- Cerutti, M. & Neumayer, F. (2004) Introducción a la obtención de aceite esencial del limón. *Invenio*. 149-155.
- Dirección Europea para la Calidad del Medicamento y la Asistencia Sanitaria del Consejo de Europa (EDQM). (2016). *Guía Sobre Aceites Esenciales En Productos Cosméticos*. Ministerio de Sanidad, Consumo y Binestar Social. https://www.aemps.gob.es/publicaciones/publica/docs/Guia_Aceites_Esenciales.pdf
- Código del Trabajo. (2023, 12 de mayo). Congreso Nacional. Registro Oficial Suplemento 167. <https://www.lexis.com.ec/biblioteca/codigo-trabajo?download=codigo-trabajo>.

- Colina, J., Ruiz, J., Contreras, E., & Monroy L. (2021). Comparación de dos métodos de extracción para el aceite esencial de la cáscara de pomelo (*Citrus máxima*). *Ing-nova*, *1(1)*, 85-98. <https://orcid.org/0000-0001-9801-2146>
- Casado, I. (2018). *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor* [Tesis de grado Universidad Politécnica de Madrid]. Redalyc. https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf
- Cañadas, A. (2015). Informe Técnico. Iniap fruticultura. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5605/1/iniapeepia2015fruticultura.pdfultasonication.htm#:~:text=El%20hexano%20se%20utiliza%20ampliamente,63%2D69%C2%20B0C>
- Drouet, A., Pérez, T., & Cruz, O. (2021). Los sistemas de producción agrícola de las parroquias del norte de la provincia Santa Elena, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, *42(4)*, 1-13. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193270002002/html/>
- Fernández, M., Manosalva, A., Arias, D., Pérez, V., Escorihuela, J., Gonzales, I., Villaroel, E., Pérez, E., Tresinari, D., & Marquina G. (2021). *The Food Industry: Perceptions, Practices and Future Prospects*. Nova Science. https://www.researchgate.net/publication/355493310_Evaluation_of_Different_Essential_Oil_Extraction_Techniques_for_Venezuelan_Lemons
- Filimox. (2023). El Acero Inoxidable 316L y su durabilidad. Filimox.
- Flores, D., Gonzales R., Ruiz, L., & Pereyda, J. (2021). Métodos de extracción de aceite esencial de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle), análisis y efecto en *Candida albicans*.

Foro de Estudios sobre Guerrero, 8(1), 807-815.

<https://revistafesgro.cocytieg.gob.mx/index.php/revista/article/view/217>

Frederick S. Davies, L. Gene Albrigo. (1999). Citricos. Libro Historia, distribucion y usos de los citricos. Taxonomia, cultivares y mejora de arboles. Editorial Acribia.

https://books.google.com.ec/books/about/C%C3%ADtricos.html?id=agMczQEACAAJ&redir_esc=y Fecha de acceso 25/10/2023.

Gomez, M. (2010). Manual de prácticas Química Orgánica I (1311). Universidad Nacional Autónoma de México. 80-87. <https://organica1.org/1311/1311pdf10.pdf>

Guanoluisa, D. (2018). *Caracterización de la comercialización de limón en la asociación de agricultores y citricultores primero de mayo de la comuna Barcelona, provincia de santa elena* [Tesis de grado Universidad estatal de la provincia de Santa Elena]. Redalyc. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4492/UPSE-TAA-2018-0024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Granados, R., & Wilmer, A. (2007). Diseño de una planta extractora de aceites esenciales por arrastre de vapor, 195.

Hielscher, U. (28 de diciembre de 2023). Extracción de hexano con mayor eficacia mediante ultrasonidos. Hielscher Ultrasonics. <https://www.hielscher.com/es/hexane-extraction-with-improved-efficiency-by-ultrasonication.htm#:~:text=El%20hexano%20se%20utiliza%20ampliamente,63%2D69%C2%B0C>

- Hermógenes, G., Siche, R., Velázquez, J., & Cuartas P. (2010). Extracción con solventes y purificación de aceite a partir de semillas de *jatropha curcas*. *Investigaciones aplicadas*, 4(2), 77-86. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3688108>.
- Herrera, P., García, C., & Delgado, L. (2019). Eficacia disolvente y citotoxicidad del aceite de cáscara de limón (*Citrus limon*), 29(3), 196-202. <https://doi.org/10.20453/reh.v29i3.3603>
- Hernández, I., & Jibaja, M. (20 de Julio de 2017). *Plan de negocios para producción y exportación de aceites esenciales extraídos de plantas aromáticas de ciclo corto*. Eumendnet. <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/aceites-esenciales-ecuador.html>
- INEN. (2016). *NTE 1757 Frutas Frescas Limón requisitos*. <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/index.php/s/JmiCpiiZ5sYMqoW>.
- Ley de defensa del Artesano. (2023, 08 de mayo). Junta Nacional de Defensa del Artesano. Registro Oficial 71. <https://www.lexis.com.ec/biblioteca/ley-defensa-artesano?download=ley-defensa-artesano>.
- Leon, C. (2017). *Aprovechamiento industrial del caeite ecencial del limón sutil citrus aurantifolia* [Tesis de grado Universidad católica de Loja]. Redalyc. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/21327/1/Le%c3%b3n%20Rodr%c3%adguez%2c%20Cesar%20El%c3%adas.pdf>
- Mero, A. (2020). *Análisis de la producción y comercialización del limón (citrusaurantifolia) en la zona de cerecita Guayas investigación descriptiva* [Tesis de grado Universidad agraria del Ecuador]. Redalyc. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MERO%20CIRINO%20KEVIN%20ROBERHT.pdf>

Mejía, L., & Torres, J. (2014). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de aceite esencial de limón* [Tesis de grado Universidad de Lima]. Redalyc.

https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/16469/Mejia-Chavez_Torres-Bedoya_Estudio-Prefactibilidad_Instalacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. (2013). Limón. URL

https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/limon_tcm30-102531.pdf

Fecha de acceso 20/10/2023.

NIH. (2023). Diccionario del NCI.

<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/aceite-esencial>.

Primicias. (2023). ¿Por qué el precio del limón ha subido en Ecuador en las últimas semanas? Primicias El Periodismo Comprometido.com.

<https://www.primicias.ec/noticias/economia/limon-carro-precio-ecuadorproduccion/#:~:text=Sánchez%20explica%20que%20actualmente,%20un,25%20en%20época%20de%20cosecha>.

Pincay, W. (2021). *Renovación de cultivo de limón de la asociación de producción agrícola y citricultores 1° de Mayo (Asopacima), en la comuna Barcelona, provincia de Santa Elena* [Tesis de grado Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Redalyc.

<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6295>

Pinto, O. (2020). *Obtención de aceite esencial a partir de cáscaras de limón para la industria cosmética a nivel Bench scale* [Tesis de grado Universidad Mayor de San Andrés].

Redalyc. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/32449/PG-7399.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Plant be. (2022). Limón. Aceite esencial. Plant be.

Roth, C. (2020). Ficha de datos de seguridad. Aceite de limón italiano. Carl Roth.

Ruiz, J. (2019). *Ingeniería Básica de una Planta de Extracción de Aceite Esencial de "Mentha arvensis L." por Destilación de Arrastre con Vapor* [Tesis de grado Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla]. Redalyc. <https://hdl.handle.net/11441/94165>

Rehman, A. (2015). A practical study for new design of essential oils extraction apparatus using ohmic heating. *International Scholars Journals*, 4(12), 351-266. https://www.researchgate.net/publication/270275570_A_practical_study_for_new_design_of_essential_oils_extraction_apparatus_using_ohmic_heating

Siancas, J. (2021). Determinación de la presión de vacío óptima para mejorar el rendimiento y la calidad del aceite esencial de limón sutil (*citrus aurantifolia*) obtenido por hidrodestilación. [Tesis de grado Pontificia Universidad Nacional De Piura]. Repositorio de UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2821/IQUI-SIA-FEB-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sevillano, R., Siche, R., Castillo, W., & Silva E. (2014). Optimización de la extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) utilizando diseños secuenciales. *Manglar*, 16(1), 53-61. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/117/217>

Thien, T., Thi, T., Tien Le, X., Long Tran, B., & Phong X. (2023). Application of pressing and hydro distillation technology in the extraction of seedless lemon essential oil (*Citrus*

latifolia Tanaka). *E3S Web of Conferences*, 434(03001), 1-6.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403001>

Urrunaga, M., Del Carpio, C., Gutiérrez, R., & Tomaylla, C. (2022). Propiedades fisicoquímicas, composición química y actividad antioxidante del aceite esencial de *Citrus jambhiri* (Limón rugoso). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(3), 277-288.

<https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i3.403>

Varela, A. & Ron, S. () Geografía y Clima del Ecuador. PUCE

Venega, P. (2016). Evaluación de las condiciones experimentales para la extracción de aceites esencial de romero para uso como antioxidante en aceites comerciales [Tesis de grado Universidad de Costa Rica]. Redalyc.

<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4008/1/40654.pdf>

Vaca, T. (2023). Obtención de Aceite Esencial a partir de la Cáscara y Bagazo de Naranja por Arrastre de Vapor e Hidrodestilación [Tesis de grado Universidad Central del Ecuador].

Redalyc. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/30004/1/FIQ-SA-VACA%20TAMIA.pdf>

Vanegas, J. (2021). Evaluación del efecto del aire caliente seco en almacenamiento de limón Meyer (*Citrus meyerii* Y.) [Tesis de grado Universidad Central del Ecuador]. Redalyc.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23496/1/UCE-FAG-VENEGAS%20JAIME.pdf>

Welcome to the lemon age. (2020). Blog web, Partes del limón. URL:

<https://thelemonage.eu/elige-tus-limones/vamos-por-partes/> Fecha de acceso 25/10/202

Apéndices

Apéndice 1

CUESTIONARIO PARA ENTREVISTADOS DE LA COMUNA BARCELONA

Nombre del entrevistado:

Cedula:

Labor/Cargo en la comuna:

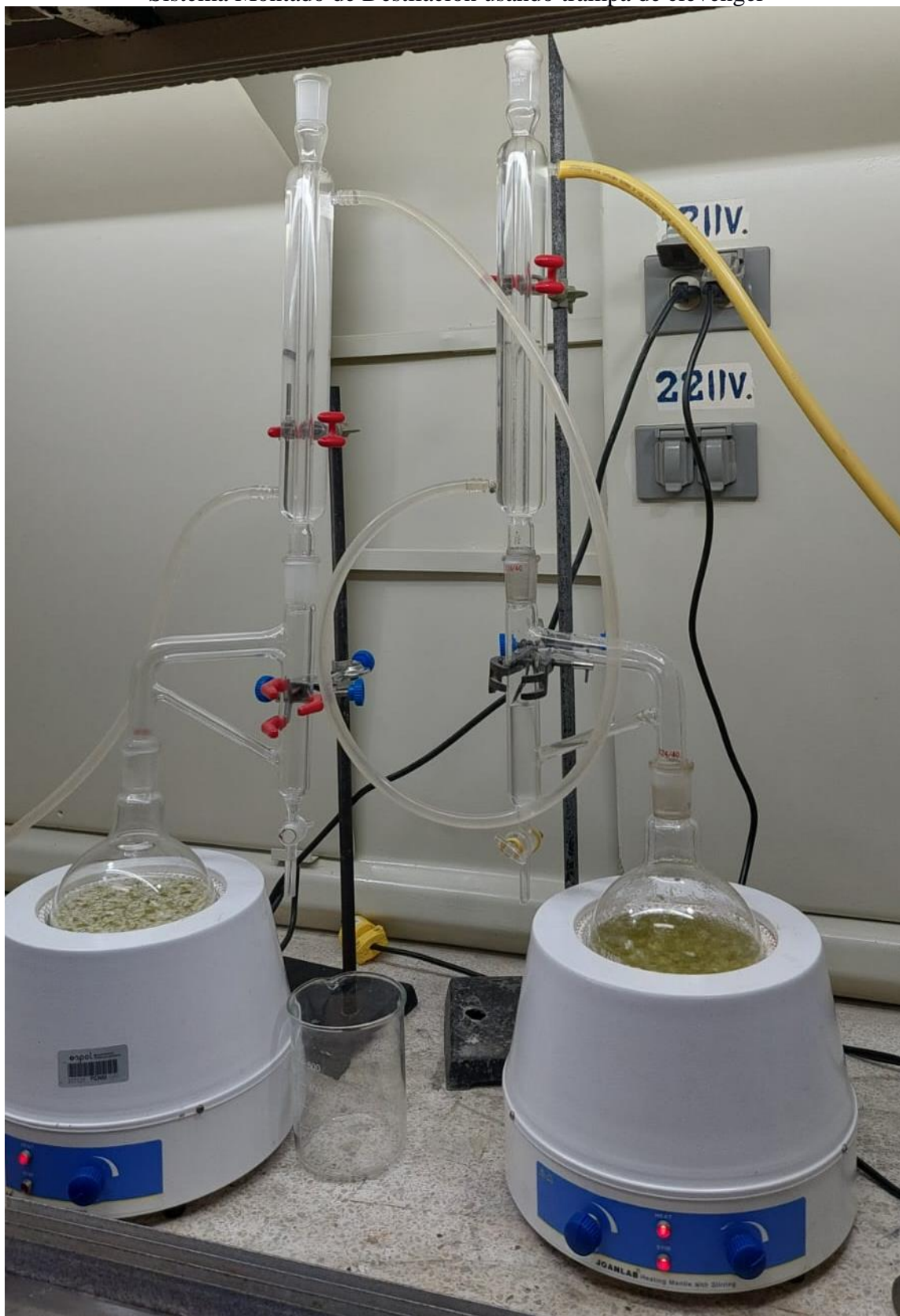
1. ¿Cuántas hectáreas tiene la comuna para la cosecha o cultivo de Limones?
2. ¿Cuántos sacos de limones se cosecharon en el 2022 en la comuna Barcelona?
3. ¿Que realizan con los limones luego de cosecharlos, previo a su venta?
4. ¿Quiénes son los principales compradores de limones al mayoreo, quien paga mejor?
5. ¿Cómo fluctúa el precio del limón en el año según su apreciación?
6. ¿Cuántos Sacos de limones aproximadamente estarían dispuestos como comuna a procesar por día para obtener un nuevo producto?
7. ¿Cómo se manejan las jornadas de trabajo en la comuna?

Nota:

El proyecto tiene estimado la producción de aceite esencial de limón envasados en 80 frascos de vidrio de 10 ml, en una jornada de trabajo con un mínimo de 10-12 trabajadores. Las siguientes preguntas están relacionadas al desarrollo de este proceso en la comuna.

8. ¿Cuál es la fuente agua potable de la Comuna Barcelona para sus necesidades cotidianas y productivas?
9. Para el pelado del limón y obtener la cáscara se necesitan un mínimo de 12 personas. ¿Habría personas de la comuna dispuestas a hacer este proceso?
10. ¿Están dispuestos a capacitarse sobre cómo realizar la producción de aceites esenciales de limones?
11. Para la producción de aceite esencial de limón se estima el uso de 55 metros cuadrados de espacio total, con servicios básicos (energía eléctrica, agua y gas), suelo de cemento, techo y ventanas. ¿Cuenta con un espacio de trabajo con estos requerimientos? ¿Qué lugar propondría?
12. ¿Cuáles serían sus principales canales de comercialización/ distribución del nuevo aceite esencial de limón?
13. ¿Según su criterio y visión les conviene desarrollar subproductos a partir del limón o si es posible aplicar tecnologías para la conservación del limón fresco?

Apéndice 2
Sistema Montado de Destilación usando trampa de clewenger



Apéndice 3 Cotización 1

De mi consideración:

Ponemos a su disposición nuestro Taller y productos, nuestro objetivo es ofrecer excelente calidad y servicio en cuanto a diseño y construcción según las necesidades de nuestros clientes cumpliendo con normas estándares del mercado industrial. Brindamos garantía de un año en la parte mecánica constructiva.

A continuación detallo la cotización según lo solicitado

ÍTEM	ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT	V. TOTAL
1	MICRO DESTILERIAS DE 40 LITROS, ALAMBIQUE PARA DESTILACION ACEITES ESENCIALES	DE CONSTRUCCION MIXTA EN ACERO INOXIDABLE NORMADO PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA DE 2MM DE ESPESOR Y COBRE EN SU INTERIOR PLATOS E INTERCAMBIADOR DE CALOR. SOLDADO POR PROCESO DE GAS INERTE ARGON, CON PULIDOS SANITARIOS TIPO 2B, CONSTA DE CALDERA DE 100 LITROS, COLUMNA CONLENTE DE REFINACION, PLATOS INTERNOS DE BARBOTEOS CON TECNOLOGIA PATENTADA, REFLUJO, CUELLO DE SISNE INOXIDABLE E INTERCAMBIADOR CONDENSADOR DE COBRE . INCLUYE CAPACITACION DEL PROCESO FERMENTATIVO USO ADECUADO DE LEVADURAS, INOCULACION, MANEJO DE INSTRUMENTOS DE CONTROL, SEPARACION DE ALCOHOLES SUPERIORES Y TOXICOS, USO DE ALAMBIQUE PARA INDUSTRIA DE CONSUMO HUMANO .	1	1.400,00	\$1.400,00
				Subtotal	1.400,00
				IVA 12%	168,00
				Total	1.568,00

GARANTÍA DEL PRODUCTO

INDUSTRIAS ROMERO garantiza sus equipos por el término de 12 meses a partir de la fecha de entrega; de lo primero que suceda sobre el correcto diseño y buena construcción estructural, y accesorios; pero no se responsabiliza por daños ocasionados por falta de tratamiento y control, mal manejo, deficiencia eléctrica y de los equipos auxiliares e instalaciones que afecten al equipo, además por la intervención en el equipo de terceros no autorizados y daños ocasionados por terremotos, incendios e inundaciones etc. que no podrán ser imputados como responsabilidad de INDUSTRIAS ROMERO, esta garantía no cubre valores económicos por lucro cesante ni daños a terceros en trabajos por garantía. INDUSTRIAS ROMERO no re responsabiliza sobre cuestiones eléctricas ni tableros.

Tiempo de entrega: 15 días laborables

Apéndice 4
Cotización 2



Alambique rectificador
En acero inoxidable
Capacidad 40 litros
Funciona con gas
100/100 operativo
se lo vende por qué se lo utiliza



\$1,350 · LOJA, LOJA

Alambique

Message

Apéndice 5

Cotización 3



MARITAS

ALAMBIQUE INOX 30 LITROS COMPLETO

Referencia: AI30LC

799,99 € impuestos excluidos

Modelo apto para **destilaciones alcohólicas y aromáticas.**

Tiene una capacidad de 30 litros y un rendimiento del 10-15 % para destilaciones alcohólicas.

Se obtiene de 3 a 5 litros de alcohol por destilación.

En destilaciones aromáticas, tiene una capacidad de 2 kg de plantas o flores y un rendimiento de 8-10 litros de hidrolato por destilación.

1

AÑADIR AL CARRITO

✓ EN STOCK

♥ Añadir a favoritos



