

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de “Eucalipto” (*Eucalyptus globulus*).

Autores:

Arébalo Villagómez Lizeth Xiomara

Sánchez Luna Evelyn Mikaela

Tutor:

Mgs. Edmundo Cabezas PhD.

Riobamba - Ecuador

Año 2021

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación nos corresponde exclusivamente a Lizeth Xiomara Arébalo Villagómez, Evelyn Mikaela Sánchez Luna y director del proyecto Mgs. Edmundo Bolívar Cabezas Heredia, incluyendo todas las tablas y figuras que se encuentren en este trabajo, excepto las que contienen su propia fuente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



ARÉBALO VILLAGÓMEZ LIZETH XIOMARA

CC: 060378206-1

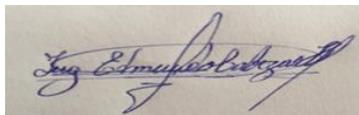
ESTUDIANTE



SÁNCHEZ LUNA EVELYN MIKAELA

CC: 060435280-7

ESTUDIANTE



MGS. EDMUNDO BOLÍVAR CABEZAS HEREDIA

CC: 060219465-6

TUTOR

CERTIFICADO DEL TUTOR

Riobamba, 25 de Junio del 2021

Mgs.

Edmundo Cabezas PhD.

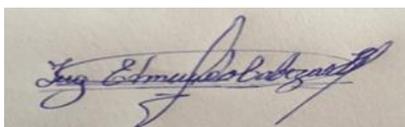
DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Presente. -

De mi consideración.

Por la presente pongo en su conocimiento que las estudiantes **ARÉBALO VILLAGÓMEZ LIZETH XIOMARA** con CC: **060378206-1**; y **SÁNCHEZ LUNA EVELYN MIKAELA** con CC: **060435280-7** han concluido bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado “Implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de “Eucalipto” (*Eucalyptus globulus*).” la misma que en mi criterio cumple con los requisitos exigidos para el efecto certifico que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a las estudiantes Arébalo Villagómez Lizeth Xiomara y Sánchez Luna Evelyn Mikaela, y sugiero sea sometido a la evaluación correspondiente por el Tribunal para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente



Mgs. Edmundo Bolívar Cabezas Heredia

TUTOR

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESTILADOR PROTOTIPO POR ARRASTRE DE VAPOR PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE “EUCALIPTO”**

(EUCALYPTUS GLOBULUS).”, presentado por Lizeth Xiomara Arévalo Villagómez y Evelyn Mikaela Sánchez Luna y dirigido por el Mgs. Edmundo Bolívar Cabezas Heredia PhD.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo. Para constancia de lo expuesto firman:



Firmado digitalmente por:
**EDMUNDO BOLIVAR
CABEZAS HEREDIA**

Mgs. Edmundo Bolívar Cabezas Heredia PhD.

Director del Proyecto de Investigación



Firmado digitalmente por:
**ANA
HORTENCIA**

Dra. Ana Hortencia Mejía López

Miembro del tribunal

**DIEGO
DAVID
MOPOSITA
VASQUEZ**

Firmado digitalmente por
DIEGO DAVID MOPOSITA
VASQUEZ
Nombre de reconocimiento
(DN): cn=DIEGO DAVID
MOPOSITA VASQUEZ,
serialNumber=059621572218,
c=ENTIDAD DE
CERTIFICACION, o=SECURITY
DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2021.10.05 08:57:47.2

Mgs. Diego David Moposita Vásquez

Miembro del tribunal



Firmado digitalmente por:
**DANIEL
ALEJANDRO LUNA
VELASCO**

MgS. Daniel Alejandro Luna Velasco

Presidente del Tribunal

VEREDICTO DE LA INVESTIGACIÓN POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL



DIRECCIÓN ACADÉMICA
VICERECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.19
Versión 2.

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Ingeniería
Carrera: Ingeniería Agroindustrial

1. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Cabezas Heredia
Nombres: Edmundo Bolívar
Cedula/Pasaporte: 060219465-6
Tutor/Miembro: Tutor

2. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Anébala Vilagómez
Nombres: Lizeth Xiomara
C.I / Pasaporte: 060378206-1
Título del Proyecto de Investigación: Implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de "Eucalipto" [*Eucalyptus globulus*].
Dominio Científico: Desarrollo territorial, productivo y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida
Línea de Investigación: DISEÑO DE PLANTAS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO ESCRITO DE INVESTIGACIÓN

3. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
I. Título	SI	
2. Introducción	SI	
3. Planteamiento del problema	SI	
4. Objetivos: General y Específicos	SI	
5. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	SI	
6. Metodología	SI	
7. Resultados y discusión	SI	
8. Conclusiones y Recomendaciones	SI	
9. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	SI	
III. Anexos	SI	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **SI** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empastado.

Lugar y Fecha: 02 de Agosto de 2021

Mgs. Edmundo Cabezas PhD.
DOCENTE TUTOR/MIEMBRO



Edmundo Bolívar
Cabezas Heredia



DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Ingeniería
Carrera: Ingeniería Agroindustrial

1. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Moposita Vásquez
Nombres: Diego David
Cedula/Pasaporte: 020197259-3
Tutor/Miembro: Miembro

2. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Arévalo Villagómez
Nombres: Lizeth Xiomara
C.I / Pasaporte: 060378206-1
Título del Proyecto de Investigación: Implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de "Eucalypto" (*Eucalyptus globulus*).
Domnio Científico: Desarrollo territorial, productivo y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida.
Línea de Investigación: DISEÑO DE PLANTAS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO ESCRITO DE INVESTIGACIÓN

3. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
1. Título	Si	
2. Introducción	Si	
3. Planteamiento del problema	Si	
4. Objetivos: General y Específicos	Si	
5. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	Si	
6. Metodología	Si	
7. Resultados y discusión	Si	
8. Conclusiones y Recomendaciones	Si	
9. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	Si	
10. Anexos	Si	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **Si** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empaquetado.

Lugar y Fecha: Riobamba, 2 de Agosto del 2021


 Mgs. Diego Moposita Vásquez
MIEMBRO



DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Ingeniería
Carrera: Ingeniería Agroindustrial

1. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Mejía López
Nombres: Ana Hortencia
Cédula/Pasaporte: 060194881-3
Tutor/Miembro: Miembro

2. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Arévalo Villagómez
Nombres: Lizeth Xiomara
C.I / Pasaporte: 060378206-1
Título del Proyecto de Investigación: Implementación de un desflador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de "Eucalipto" (*Eucalyptus globulus*).
Dominio Científico: Desarrollo territorial, productivo y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida
Línea de Investigación: DISEÑO DE PLANTAS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO ESCRITO DE INVESTIGACIÓN

3. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
1. Título	SI	
2. Introducción	SI	
3. Planteamiento del problema	SI	
4. Objetivos: General y Específicos	SI	
5. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	SI	
6. Metodología	SI	
7. Resultados y discusión	SI	
8. Conclusiones y Recomendaciones	SI	
9. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	SI	
10. Anexos	SI	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **SI** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empastado.

Lugar y Fecha: 02 de Agosto de 2021



ANA
HORTENCIA

Dra. Ana Mejía López
DOCENTE MIEMBRO



DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Ingeniería
Carrera: Ingeniería Agroindustrial

1. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Cabezas Heredia
Nombres: Edmundo Bolívar
Cédula/Pasaporte: 060219465-6
Tutor/Miembro: Tutor

2. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Sánchez Luna
Nombres: Evelyn Mikaela
C.I / Pasaporte: 060435280-7
Título del Proyecto de Investigación: Implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de "Eucalipto" (*Eucalyptus globulus*).
Domínio Científico: Desarrollo territorial, productivo y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida
Línea de Investigación: DISEÑO DE PLANTAS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO ESCRITO DE INVESTIGACIÓN

3. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
1. Título	SI	
2. Introducción	SI	
3. Planteamiento del problema	SI	
4. Objetivos: General y Específicos	SI	
5. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	SI	
6. Metodología	SI	
7. Resultados y discusión	SI	
8. Conclusiones y Recomendaciones	SI	
9. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	SI	
10. Anexos	SI	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **SI** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empastado.

Lugar y Fecha: 02 de Agosto de 2021

Mgs. Edmundo Cabezas Ph.D.
DOCENTE TUTOR/MIEMBRO



VERIFICAR FIRMA DIGITAL
EDMUNDO BOLLIVAR
CABEZAS HEREDIA



DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Ingeniería
Carrera: Ingeniería Agroindustrial

1. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Moposita Vásquez
Nombres: Diego David
Cedula/Pasaporte: 020197259-3
Tutor/Miembro: Miembro

2. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Sánchez Luna
Nombres: Evelyn Mikaela
C.I / Pasaporte: 060435280-7
Título del Proyecto de Investigación: Implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de "Eucalipto" (*Eucalyptus globulus*).
Domnio Científico: Desarrollo territorial, productivo y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida.
Línea de Investigación: DISEÑO DE PLANTAS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO ESCRITO DE INVESTIGACIÓN

3. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
1. Título	SI	
2. Introducción	SI	
3. Planteamiento del problema	SI	
4. Objetivos: General y Específicos	SI	
5. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	SI	
6. Metodología	SI	
7. Resultados y discusión	SI	
8. Conclusiones y Recomendaciones	SI	
9. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	SI	
10. Anexos	SI	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **SI** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empastado.

Lugar y Fecha: Riobamba, 2 de Agosto del 2021


 Mgs. Diego Moposita Vásquez
MIEMBRO



DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Ingeniería
Carrera: Ingeniería Agroindustrial

1. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Mejía López
Nombres: Ana Hortencia
Cedula/Pasaporte: 060194881-3
Tutor/Miembro: Miembro

2. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Sánchez Luna
Nombres: Evelyn Mikaela
C.I / Pasaporte: 060435280-7
Título del Proyecto de Investigación: Implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de "Eucalipto" (*Eucalyptus globulus*).
Domínio Científico: Desarrollo territorial, productivo y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida
Línea de Investigación: DISEÑO DE PLANTAS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO ESCRITO DE INVESTIGACIÓN

3. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
1. Título	Si	
2. Introducción	Si	
3. Planteamiento del problema	Si	
4. Objetivos: General y Específicos	Si	
5. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	Si	
6. Metodología	Si	
7. Resultados y discusión	Si	
8. Conclusiones y Recomendaciones	Si	
9. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	Si	
10. Anexos	Si	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **Si** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empastado.

Lugar y Fecha: 02 de agosto de 2021



ANA
HORTENCIA
Dra. Ana Mejía López
DOCENTE MIEMBRO

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar dando gracias a Dios por brindarme salud y sabiduría y por permitirme culminar con esta etapa, a mis padres por darme esta oportunidad, por brindarme su confianza, sus consejos y enseñanzas, a la Universidad Nacional de Chimborazo por permitirme estudiar ingeniería Agroindustrial, a mis docentes por compartir sus conocimientos durante mi preparación académica.

De manera especial quiero agradecer al MsC. Edmundo Cabezas por la colaboración y asesoramiento en la realización de cada una de las etapas de este proyecto y por haber compartido su conocimiento en todo el proceso de enseñanza

A mi familia por brindarme la confianza y comprensión en cada momento.

Arébalo Villagómez Lizeth Xiomara

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente a Dios por todas sus bendiciones en el transcurso de mi formación académica y por darme el regalo más bonito la vida, a toda la planta docente de la carrera de Ingeniería Agroindustrial que con sus conocimientos ayudaron en mi formación como profesional.

A mis padres Narcisa Villagómez y Román Arévalo quienes fueron el eje fundamental de mi vida para lograr un sueño de ser Ingeniera Agroindustrial es fruto de su amor y apoyo incondicional desde el primer día.

A mi hermano Andy quien me apoyo en todos los momentos buenos y malos.

A mis Abuelitos Blanca, Bertha y Efraín quienes con sus palabras siempre inculcaron valores importantes para poder llegar hasta aquí, a toda mi familia que formaron parte de mi vida durante esta etapa gracias por sus consejos y palabras de apoyo.

A mis amigos y a mis compañeros/as de aula con quienes compartí anécdotas y experiencias enriquecedoras que nutrieron mis conocimientos y mi vida contribuyendo así, en mi desarrollo personal y profesional que de una u otra manera confiaron en mí y me dejaron demostrarles que todo sueño se llega a cumplir en algún momento.

A mi mejor amiga y compañera de tesis por haberme apoyado durante los 5 años de vida universitaria, por todo su apoyo incondicional en la elaboración de este proyecto que juntas lo logramos.

A una persona en especial que me ha apoyado incondicionalmente durante este proceso.

Finalmente quisiera enfocarme específicamente en una persona muy especial que se encuentra en el cielo, mi Abuelito Aníbal Villagómez al cual dedico todo mi esfuerzo y el triunfo logrado sé que de donde estés, estarás orgulloso de mi.

Arévalo Villagómez Lizeth Xiomara

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero empezar agradeciendo a Dios, quien con su bendición me brindo la salud y sabiduría para poder continuar, a mis Padres por su apoyo incondicional que han sido mi ejemplo de lucha y perseverancia, por confiar en mí y forjarme de carácter para no darme por vencida por todos los sacrificios que hicieron para apoyarme por todos sus consejos y enseñanzas que solo me enseñaron a ser una mejor persona.

Agradezco a la prestigiosa Universidad Nacional de Chimborazo y especialmente a la carrera de Ingeniería Agroindustrial por haberme aceptado y permitirme ser parte de esta carrera y por abrirme las puertas de su seno científico y haberme permitido formarme como una profesional. En especial quiero agradecer al MsC. Edmundo Cabezas, quien ha sido un eje primordial para la culminación de este proyecto, por compartir todos sus conocimientos y por habernos apoyado incondicionalmente. Agradecer de manera especial a todos los docentes que impartieron sus conocimientos, sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos por todos los consejos sobre ser un profesional, gracias por su paciencia, dedicación perseverancia y tolerancia.

Quiero agradecer a toda mi familia por haber depositado toda su confianza en mí, por su amor y paciencia por ser quienes son y por creer en mí.

Sánchez Luna Evelyn Mikaela

DEDICATORIA

“Se siente como un final, pero es solo el inicio”

Son tantas las personas a las que quiero dedicar este triunfo, de haber alcanzado mi culminación académica, hoy miro hacia atrás y solo puedo sentirme orgullosa por todo lo que eh logrado.

El presente trabajo está dedicado principalmente a mis padres por haber sido el pilar más importante, por haberme apoyado a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de toda mi vida, por haberme ayudado con todo lo necesario para poder culminar con este logro por ser mi inspiración para alcanzar esta meta, por no dejar que me dé por vencida a pesar de los tropiezos, por enseñarme que todo esfuerzo tiene una recompensa y que cada sacrificio solo trae éxitos que cuando llegue a la cima sabré que todo valió la pena.

Les dedico este trabajo a mis hermanas quienes estuvieron conmigo y fueron mi apoyo incondicional por no dejarme vencer y por no dejarme renunciar a mis sueños. A mis sobrinos quienes con sus pequeñas locuras en los días malos solo me sacaban sonrisas, que este logro represente un estímulo para seguir adelante. Recuerden que hay mucho camino por recorrer.

A mis abuelitos quienes estuvieron a lo largo de mi formación por haberse preocupado siempre por mí, por enseñarme muchas cosas vitales para la vida por estar ahí como mis segundos padres.

A mis amigos y a mis compañeros/as y en especial a mi compañera de tesis porque este trabajo lo logramos juntas también a quienes me acompañaron a lo largo de esta travesía por todas las experiencias y anécdotas vividas.

Dedico esta tesis a una persona especial por haberme brindado su apoyo incondicionalmente durante todo este proceso motivándome para ser mejor cada día.

A todos aquellos, que me apoyaron para concluir con esta etapa GRACIAS

Sánchez Luna Evelyn Mikaela

ÍNDICE GENERAL

Contenido

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	II
CERTIFICADO DEL TUTOR	III
REVISIÓN DEL TRIBUNAL	IV
VEREDICTO DE LA INVESTIGACIÓN POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	V
AGRADECIMIENTO	XI
DEDICATORIA	XII
AGRADECIMIENTO	XIII
DEDICATORIA	XIV
ÍNDICE GENERAL	XV
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XIX
RESUMEN	XX
ABSTRACT	XXI
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Aceites	4
2.2. Aceite Esenciales	4
2.2.1. <i>Clasificación de los aceites esenciales</i>	5
2.2.2. <i>Aplicaciones de los aceites esenciales</i>	7
2.2.3. <i>Toxicidad de aceites esenciales</i>	7
2.3. Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	7
2.4. Aceite de eucalipto	8

2.5. Clasificación Botánica, origen y descripción general de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	8
2.5.1. Origen.....	9
2.5.2. Descripción General	9
2.5.3. Usos	9
2.6. Aceite esencial de Eucaliptus Globulus labill.....	10
2.6.1. Perfil cromatográfico	10
2.6.2. Química del aceite esencial de Eucalipto.....	11
2.6.3. Propiedades y usos del aceite de Eucalipto	12
2.7. Destilación	13
2.7.1. Componentes del equipo de destilación	13
2.8. Destilación por arrastre de vapor	14
2.8.1. Descripción del proceso	14
2.8.2. Ventajas	15
2.8.3. Desventajas.....	15
2.9. Escalas para proceso de destilación	15
2.9.1. Escala de laboratorio.	15
2.9.2. Escala intermedia o banco (bench).	16
2.9.3. Escala piloto	17
2.9.4. Escala industrial.....	18
CAPÍTULO III	19
3. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo de investigación.....	19
3.2. Diseño de investigación	19
3.3. Unidad de Análisis.....	19
3.4. Población finita	19
3.5. Población estadística.....	19
3.6. Métodos de investigación	19
3.6.1. Método inductivo	19
3.6.2. Método analítico.....	20
3.6.3. Método deductivo	20
3.6.4. Método experimental	20
3.7. Técnicas de Recolección de Datos.....	20
CAPÍTULO IV	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21

4.1. Diagramas	21
4.1.1. <i>Diagrama de proceso de construcción de un destilador prototipo por arrastre de vapor.</i>	21
4.1.2. <i>Características principales del destilador prototipo por arrastre de vapor</i> 21	
4.1.3. <i>Etapa de construcción</i>	21
4.1.4. <i>Diagrama de operaciones de cada etapa que compone el destilador prototipo por arrastre de vapor</i>	28
4.1.5. <i>Montaje del destilador</i>	29
4.2. Ensayos de operación caso práctico eucalipto	31
4.2.1. <i>Matriz de información</i>	31
4.3. Análisis de resultados	33
4.4. RECURSOS NECESARIOS	36
4.4.1. <i>Recursos humanos</i>	36
4.4.2. <i>Recursos físicos</i>	36
4.4.3. <i>Recursos económicos utilizados</i>	36
CAPÍTULO V	40
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1. Conclusiones	40
5.2. Recomendaciones	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. Componentes del Eucalipto	10
Tabla 3. Perfil cromatográfico	11
Tabla 4. Partes del destilador prototipo por arrastre de vapor	22
Tabla 5. Nomenclatura del destilador prototipo por arrastre de vapor	23
Tabla 6. Sistema de alimentación de producto y soporte	29
Tabla 7. Lente del destilador y accesorios	29
Tabla 8. Sistema de serpentín y soporte	30
Tabla 9. Matriz de información	32
Tabla 10. Rendimiento	33
Tabla 11. Rendimiento Aceite Esencial	36
Tabla 12. Recursos Humanos	36
Tabla 13. Recursos Físicos	36
Tabla 14. Recursos Económicos Utilizados para el destilador prototipo por arrastre de vapor	37
Tabla 15. Recursos económicos utilizados	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de operaciones de procesos constructivos, que compone el destilador prototipo por arrastre de vapor.....	28
Gráfico 2. Diagrama de operaciones de las tres etapas que componen el destilador prototipo por arrastre de vapor.	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Destilador por arrastre de vapor.....	22
Ilustración 2. Características de la planta después de la extracción.....	35

RESUMEN

Debido al constante crecimiento a nivel mundial sobre los productos naturales, los aceites esenciales son una novedad en el mercado ya que se encuentran en una constante evolución por lo que su investigación científica se ha hecho más extensa. En el presente estudio se realizó un ensayo sobre la obtención de aceite esencial de eucalipto, principalmente este aceite se extrae de las hojas y brotes, se caracteriza por tener un aroma refrescante, es por ello que el proyecto está encaminado a implementar un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales en el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial. Para el desarrollo de la propuesta se implementará un destilador, el mismo que se construyó en acero inoxidable AISI – 304, se procedió a elaborar manuales de Operaciones y Mantenimiento que facilitó identificar el funcionamiento de la máquina y de esta forma realizar prácticas. Además, sus operaciones están comprometidas a promover y asegurar que los estudiantes y docentes puedan realizar sus prácticas con una maquinaria adecuada desarrollando aptitudes relacionadas con la Industria de Aceites. El tipo de investigación que se utilizó es aplicada porque permitió generar conocimientos en forma teórica y práctica sobre el manejo y funcionamiento del destilador prototipo por arrastre de vapor, además se utilizó un método experimental que permitió determinar el rendimiento del aceite esencial de eucalipto que fue de 0,41% y las características organolépticas del mismo, este posee un color ligeramente amarillento y un olor fuerte característico de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

PALABRAS CLAVES: aceite, esencial, Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), destilador.

ABSTRACT

Due to the constant worldwide growth of natural products, essential oils are a novelty in the market since they are in a constant evolution, so scientific research has become more extensive. In the present study a test was conducted on the production of eucalyptus essential oil, mainly ,this oil is extracted from the leaves and buds, It is characterized by having a refreshing aroma, reason to implement a prototype steam distiller for obtaining essential oils in the Agroindustrial Engineering laboratory. For the development of the proposal a distiller will be implemented. It was built in stainless steel AISI – 304. Operations and Maintenance manuals were made to allowed us to identify the machine operation to perform practices. In addition, its operations have to promote and ensure students and teachers can perform their practices with appropriate machinery, developing skills related to the oil industry too. Applied research type was used because it allowed to generate knowledge in a theoretical and practical way about the handling and operation of the prototype steam distiller, also an experimental method was used to determine the yield of eucalyptus essential oil which was 0.41% and the organoleptic characteristics of the same, this has a slightly yellowish color and a strong odor characteristic of Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*).

KEY WORDS: Oil, essential, Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), distiller.

Reviewed by: Mgs. Janneth Caisaguano Villa.
ENGLISH PROFESSOR
c.c. 0602305443

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la industria de los aceites esenciales se encuentra en constante evolución, puesto que cada vez existen más investigaciones científicas que nos encaminan a ofrecer nuevos productos para los consumidores tanto en la industria alimenticia como no alimenticia, que confirman que el mercado de aceites esenciales ha ido incrementando tanto por usos y beneficios que ofrecen los mismos.

La Universidad Nacional de Chimborazo y la escuela de Ingeniería Agroindustria se encuentran particularmente involucrados en aportar al desarrollo de la ciencia y la tecnología que contribuya a la formación del futuro profesional, por tanto, se ha visto la necesidad de implementar dentro del laboratorio un equipo necesario para la extracción de aceites esenciales.

Mediante la ejecución de este proyecto se pretende mejorar el nivel académico de los estudiantes, particularmente los pertenecientes a la carrera de Ingeniería Agroindustrial.

Debido a la inexistencia de un equipo para obtener aceites esenciales, se pone a consideración la implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor que ayudará a mejorar los conocimientos teóricos para satisfacer la demanda de aprendizaje práctico en los laboratorios de nuestra institución.

El siguiente proyecto ha sido desarrollado mediante seis capítulos cuyo contenido se distribuye así: en el primer capítulo podemos encontrar la introducción, el segundo capítulo está compuesto por el marco teórico, en el tercer capítulo se describe la metodología, en el capítulo cuatro y cinco se refiere a los resultados, en el capítulo seis se describen las conclusiones y recomendaciones.

1.1. Planteamiento del problema

Es importante mencionar que para la asignatura Industria de Extractos y Aceites Esenciales de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, existe una escasez de maquinaria que permita obtener aceites esenciales, es por esta razón que el proyecto se encaminó a implementar un destilador por arrastre de vapor en el laboratorio, en donde los estudiantes

logren familiarizarse con el manejo y funcionamiento de la maquinaria, para que así puedan desarrollar de la mejor manera sus prácticas, mejorando la calidad de aprendizaje y subiendo el nivel académico.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la implementación de un destilador por arrastre de vapor de aceites esenciales puede influir en el nivel académico de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial?

1.3. Justificación

Según Peñuela et.al., (2017), “es factible mencionar que la tendencia del mercado de sabores y aromas naturales ha tenido un valioso aumento de consumo a partir de los años 90, con una creciente demanda de consumidores interesados en adquirir productos naturales, orgánicos, rastreados, ecológicos y sostenibles en el tiempo. A nivel mundial, diez aceites esenciales representan el 85% del mercado: naranja, limón, menta, citronela-de-java, cedro, romero, eucalipto, especies con limonaria, lavanda, lavandinas y pinos.” (pág. 63)

El presente proyecto está encaminado a la implementación de un destilador por arrastre de vapor posibilitará tener al alcance aceites esenciales, provenientes de diferentes materias primas y así obtener un producto con condiciones óptimas para su utilización, que mediante estudios previos permite aprovechar las propiedades y funcionalidad en varios procesos tanto alimenticios como no alimenticios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- ✓ Implementar un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceite esencial de “Eucalipto” (*Eucalyptus globulus*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Ensamblar las diferentes partes de un destilador prototipo por arrastre de vapor.
- ✓ Elaborar un manual de operaciones y mantenimiento del destilador prototipo por arrastre de vapor.
- ✓ Desarrollar una guía práctica de laboratorio para la obtención de aceites esenciales. caso práctico: aceite de “Eucalipto” (*Eucalyptus globulus*).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aceites

Según Mosquera (2014), “los aceites son compuestos fácilmente oxidables y líquidos a temperatura ambiente. Sus componentes lipídicos juegan un rol fundamental en las formulaciones cosméticas ya sea como activos emulsionantes y protectores, o como vehículo de otros compuestos Lipófilos. Luego de su extracción (por expresión de las semillas o por disolventes) sufren una serie de modificaciones tendencias a desodorizarlos, decolorarlos y reducirles su acidez e impurezas”. (pág. 19)

2.2. Aceite Esenciales

Según (Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, [AEMPS], 2018) Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes) obtenido a partir de una materia prima vegetal definida botánicamente, por destilación con vapor, por destilación seca, o por un proceso mecánico apropiado sin calentamiento. Los aceites esenciales normalmente se separan de la fase acuosa mediante un proceso físico que no afecta significativamente a su composición.

Los aceites esenciales se produjeron y usaron por primera ocasión en el Oriente principalmente en Egipto, Persia y la India, la humanidad utilizaba los aceites esenciales 3.500 años antes de Cristo. Los primeros en extraer aceites esenciales fueron los egipcios quienes lo hacían por medio de una destilación el mismo que consistía en calentar plantas en ollas a base de arcilla y las recubrían con lino, esto permitía que el vapor impregne los filtros del lino y al escurrirlos permitía extraer el aceite esencial de las plantas, esto lo hacían con fines medicinales, cosméticos, para embalsamar a los muertos y para fines espirituales. (Ccoñas, 2012)

Según Ccoñas (2012), “Los aceites esenciales son concentrados de materia prima vegetal, intensamente aromáticos, no grasos, volátiles y ligeros obtenidos directamente de plantas, flores, hojas, árboles”.

Los aceites esenciales son llamados también aceites etéreos o esencias principalmente son una mezcla compleja de sustancias aromáticas, que se obtienen generalmente por arrastre de vapor debido a que esos no se disuelven en el agua son insolubles en ella, tienen varias aplicaciones tanto en la industria farmacéutica, de alimentos entre otros. (León, 2005).

Los métodos de extracción de aceites varían de acuerdo con la naturaleza de la esencia, de sus características y en que parte de la matriz vegetal se encuentra. Los métodos clásicos son extracción por destilación (en corriente de vapor a presión reducida), por expresión, por extracción mediante grasas o solventes y por extracción con fluidos supercríticos. (Coronel, & Piedra, 2014)

El rendimiento de las esencias varía de 0,01% a 3% del peso seco de la planta. En cuanto a la composición química, son generalmente complejas varía dependiendo de la especie. Se puede encontrar más de cincuenta compuestos químicos en una planta, hay componentes químicos que no necesariamente se cuantifican en el aceite esencial, pero si influye cualitativamente en el mismo.

Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden tener la siguiente naturaleza química:

- ✓ Compuestos alifáticos de baja masa molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos).
- ✓ Monoterpenos
- ✓ Sesquiterpenos
- ✓ Fenilpropanos.

(Piedrasanta, 2007)

2.2.1. Clasificación de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se clasifican dependiendo del criterio: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

Según Piedrasanta, (2007) “Por su consistencia, los aceites esenciales se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas.

- ✓ Las Esencias Fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente como por ejemplo esencias de albahaca, caléndula, citronela, pronto alivio, romero, tomillo.
- ✓ Los Bálsamos son de consistencia más espesa, poco volátiles y son propensos a polimerizarse como por ejemplo bálsamos de Copaiba, bálsamo de Perú, bálsamo de Tolú.
- ✓ Las Oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada, son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas como por ejemplo el caucho, gutapercha, chicle, oleorresinas de páprica, de pimienta negra, de clavelero.”

De acuerdo con Piedrasanta, (2007) “el origen los aceites esenciales se clasifican como naturales, artificiales y sintéticos.

- ✓ Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosos.
- ✓ Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio, jazmín enriquecidas con linalool, o la esencia de anís enriquecida con anetol.
- ✓ Los aceites esenciales sintéticos como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría producidos por proceso de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes.”

Según Piedrasanta, (2007), “desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con sus componentes mayoritarios. Según esto los aceites son ricos en mono terpenos se denominan aceites esenciales monoterpénicos por ejemplo hierbabuena, albahaca, salvia entre otros. Los ricos en sesquiterpenos son los aceites sesquiterpénicos por ejemplo copaiba, pino, junípero. Los ricos en finilpropanos son aceites esenciales como el de clavel de olor, canela, anís”.

2.2.2. Aplicaciones de los aceites esenciales

Las aplicaciones de los aceites esenciales son variadas, ya que estas han sido utilizadas ampliamente en la industria como por ejemplo en la perfumería, como saborizante de alimentos, utilizada también en la industria de los cosméticos y principalmente en la medicina, ya que estas esencias tienen varias propiedades son utilizadas como insecticidas, antibacterial, antifúngico, analgésico, sedante, antiinflamatorio, relajantes y tonificantes.

2.2.3. Toxicidad de aceites esenciales

De acuerdo con Ccoñas, (2012), “Los efectos sobre el organismo pueden clasificarse en terapéuticos o tóxicos dependiendo de la forma de administración del aceite, dosis y susceptibilidad de la persona. Los Aceites esenciales en general, comparten ciertas propiedades como la antiséptica, antiinflamatoria y cicatrizante, pero cada esencia se destaca por alguna propiedad única y va a depender de la interacción molecular de sus componentes. Debido a la permeabilidad de los Aceites esenciales y por su alta lipofilidad, penetran a través de la piel y mucosas (boca, nariz, faringe) y en el tracto gastrointestinal, por lo tanto, se puede administrar por vía dérmica, respiratoria u oral. La toxicidad del aceite esencial está en relación con el ciclo vegetativo de la planta. Existen aceites que pueden causar convulsiones, efectos narcóticos o estupefacientes, asfixia, ampollas, entre otros”.

2.3. Eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

Según Di Marco, (2015), el *Eucalyptus globulus* es una de las primeras especies del género en ser descrita y conocida en el mundo. Se reconocen cuatro subespecies que algunos autores elevan a la categoría de especie: *globulus*, *maidenii*, *bicostata* y *pseudoglobulus*, todas ellas originarias de Tasmania y Australia, Se cultiva para la obtención de aceites esenciales para la medicina y sobre todo para producir pasta de papel, aunque también se utiliza en construcción naval y de aperos de labranza. (pág. 34).

Según la (Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación [FAO], 1981)” La principal especie de eucalipto plantada, *E. globulus*, fue inicialmente introducida en 1865 y vastamente plantada sobre la meseta central entre las

alturas de 1 800 y 3 300 m. El mejor crecimiento se presenta en localidades entre 2 000 y 2 900 m, donde la precipitación anual es de 1 000 a 2 000 mm, correspondiendo a la designación de Holdridge, zona de «bosque húmedo montano bajo» (pág. 77)

2.4. Aceite de eucalipto

El aceite esencial de *Eucalyptus globulus* es muy cotizado por sus propiedades medicinales, principalmente para la curación de las afecciones respiratorias. El aceite esencial del eucalipto es un líquido de olor característico, su mayor componente activo es el Cineol llamado también Eucaliptol. (Quilca, 2011)

Las especies de eucaliptos son bien conocidas como una fuente rica en aceites esenciales que, por lo general, se obtienen por medio de vapor o de hidrodestilación la composición química y los efectos biológicos de los AE, incluyendo sus propiedades antimicrobianas y potenciales aplicaciones en productos alimenticios (González et al., 2016, p. 205).

2.5. Clasificación Botánica, origen y descripción general de “Eucalipto” (*Eucalyptus globulus*).

Tabla 1.

Clasificación Botánica

División:	Angiospermae.
Clase:	Dicotyledonea.
Sub- clase:	Archichamydeae.
Orden:	Myrtales.
Familia:	Myrtaceae.
Género:	Eucalyptus.
Especie:	Eucalyptus Globulus.
Nombre científico:	<i>Eucalyptus Globulus</i> labill.

Adaptado de (Miranda, 2017)

Elaborado por: (Arévalo L, Sánchez E.)

2.5.1. Origen

El árbol de eucalipto hoy en día es el más difundido en la región andina en países como Colombia, Ecuador y Perú. Es originario de Australia se encuentra distribuido por gran parte del mundo debido a su rápido crecimiento, el mismo que es empleado en plantaciones forestales en la industria papelera, maderera, como aceite esencial o para obtener productos químicos. (Directorio Forestal Maderero [DFM], 2015).

2.5.2. Descripción General

Según Sánchez, (s.f.), “El Eucalipto es un árbol siempre verde que puede alcanzar hasta 60 m de altura, con la corteza blanquecina que se desprende en tiras en los ejemplares adultos, posee una copa piramidal alta.

- ✓ **Tallos:** jóvenes tetrágonos, blanquecino-pubescentes.
- ✓ **Hojas:** juveniles opuestas, sésiles, de base cordada, de color gris-azulado, de 8-15 cm de longitud y 4-8 cm de anchura. Las adultas alternas, pecioladas, con la base cuneada, linear-lanceoladas, de 15-25 cm de longitud, con el ápice acuminado. La textura es algo coriácea y son de color verde oscuro, con la nerviación marcada.
- ✓ **Flores:** **axilares**, solitarias o en grupos de 2-3, de hasta 3 cm de diámetro, con numerosos estambres de color blanco. Florece en septiembre - octubre.
- ✓ **Fruto:** en cápsula campaniforme de color glauco y cubierta de un polvo blanquecino, de 1.4-2.4 cm de diámetro”.

2.5.3. Usos

Principalmente este árbol es usado medicinalmente para tratar enfermedades que afectan las vías respiratorias, sobre todo las hojas de la especie de globulus suelen tener propiedades importantes es antiinflamatorio, antimicrobiano y expectorante. Otros de sus usos son en la industria maderera y papelera y en la obtención de productos químicos. (Propiedades, beneficios y usos del eucalipto, 2021).

Tabla 2.

Componentes del Eucalipto

Aceites esenciales	(1- 3,5%): cinerol (70-85%), alfa-pineno, d-limoneno, p-cimeno, alfa-felandreno, canfeno, gamma-terpineol, sesquiterpenos: aromadendreno, globulol, ledol, viridiflorol.
Flavonoides:	Eucaliptina, hiperósido, quercitina, quercitrina, rutina.
Ácidos	Ácido cafeico, ferúlico, gentístico

Adaptado de (Directorio Forestal Maderero [DFM], 2015)
Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

2.6. Aceite esencial de *Eucaliptus Globulus labill.*

El aceite esencial de *Eucaliptus Globulus* se produce por la destilación de hojas y brotes de la planta. El mismo que se caracteriza por su olor fresco suave amaderado y balsámico, nos ofrece beneficios tópicos y aromáticos debido a sus principales componentes químicos que son el eucaliptol y alfa – terpineol. El aceite de eucalipto contiene 70 - 85% 1,8-cineol (eucaliptol), el cual se encuentra presente en otros aceites de plantas. (Directorio Forestal Maderero [DFM] , 2015)

2.6.1. Perfil cromatográfico

El análisis del aceite esencial se realiza mediante cromatografía de gases. En el cromatograma obtenido se identificarán los componentes representativos y característicos que se muestran en la Tabla 3. Las proporciones de estos componentes, por el método de normalización indicado por el integrador, serán las que se muestran en la Tabla 3. Este constituye el perfil cromatográfico del aceite esencial. (The International Organization for Standardization [ISO], 2002)

Tabla 3.

Perfil cromatográfico

Componentes	Aceite crudo		Aceites rectificad			
			70% a 75%		80% a 85%	
	Min %	Max %	Min %	Max %	Min %	Max %
a-Pineno	10	22	1	10	1	10
a-Phellandrene Limonene	0,1	1	0,1	1,5	0,1	1
1,8-cineol	1	8	2	15	4	15
p-cimene	60	-	70	-	80	-
a-Pineno	1	2	1	6	1	4
trans-pinocarveol	1	6	huellas	5	Huellas	3
Aromadendreno	0,5	10	huellas	2	Huellas	1
Globulol	0,5	1,5	-	huellas	-	Huellas

Adaptado de (ISO, 2002)

Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

2.6.2. Química del aceite esencial de Eucalipto

Los componentes químicos principales son: eucaliptol – alfa terpinol.

El eucaliptol es uno de los varios óxidos prominentes que se encuentran en un grupo específico de aceites esenciales. Estos óxidos proporcionan beneficios entre ellos produce un vapor calmante y refrescante. Es el principal constituyente del eucalipto, su olor puede variar entre el de la menta y el de la trementina, es usado principalmente en la medicina y perfumería, el mismo que se encuentra en ungüentos linimentos, inhaladores para aliviar la congestión nasal y medicamentos para la boca garganta entre otros. (Cardenillas, 2020)

El alfa terpinol es una forma natural de monoterpeno de alcohol que ha sido aislado a partir de una variedad de fuentes tales como el aceite.

2.6.3. Propiedades y usos del aceite de Eucalipto

El aceite de eucalipto posee varias propiedades entre ellas podemos encontrar:

- ✓ **Antibacteriano y antiséptico:** Se encarga de combatir gérmenes y bacterias ayuda a tratar enfermedades respiratorias como la bronquitis, resfriados, sinusitis
- ✓ **Descongestionante y expectorante:** El aceite esencial de eucalipto permite expulsar la mucosidad y de esta forma ayuda aliviar enfermedades respiratorias como la tos.
- ✓ **Purificante y refrescante:** Es usado para purificar ambientes y así mejora la respiración, es usado principalmente por personas que sufren de sinusitis o **congestión** nasal.
- ✓ **Antiinflamatorio:** El aceite de eucalipto es utilizado para mejorar dolores musculares, reumáticos y artríticos es por esta razón que se lo utiliza en cremas ungüentos y linimentos.
- ✓ **Estimulante:** Este promueve la atención y concentración es muy útil para ambientes laborales se lo puede usar principalmente en difusores.
- ✓ **Limpiador dental:** La acción antibacteriana del aceite de eucalipto permite eliminar los gérmenes de la boca y así reducir enfermedades bucales.
- ✓ **Repelente de insectos:** Es utilizado como insecticida ya que su olor natural aleja a los insectos.
- ✓ **Aromaterapia:** Gracias a sus propiedades estimulantes y refrescantes permite obtener varios beneficios potencia la concentración y nos ayuda a mantener los niveles de energía. (Natividad, 2019)

2.7. Destilación

Proceso que consiste en separar por calentamiento, en alambiques u otros vasos, sustancias volátiles que se denominan esencias, relativamente inmiscibles con el agua, enfriando luego su vapor para reducirlos a estado líquido. Como la mayor parte de los aceites esenciales están formada por una mezcla de compuestos volátiles, lo que significa que, a una temperatura dada, la presión de vapor que ejerce el aceite será la misma de las presiones de vapor de sus componentes individuales, por lo que el proceso de destilación la vaporización del aceite ocurre a una temperatura menor que la del punto de equilibrio de agua. (Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA], 2018)

2.7.1. Componentes del equipo de destilación

Según SENA, (2018) indica que los componentes del equipo de destilación son:

✓ Fuentes de energía

Existen dos tipos muy importantes de fuentes de energía en el proceso de destilación de los aceites esenciales comerciales. La combustión de la madera que una vez iniciada se mantiene con el material vegetal desgastado de una destilación anterior y el vapor generado en una caldera.

✓ Destilador

Consiste en un recipiente donde se carga el material vegetal que se destila o denominado extractor generalmente lo encontramos de forma cilíndrica, su capacidad varía de acuerdo con la escala a operar.

✓ Intercambiador de calor

Se le denomina como condensador la función que desempeña dentro del equipo de destilación es la remoción de calor para transformar al estado líquido la mezcla de vapor y aceite esencial que emerge del destilador: existen dos diseños muy conocidos son el tipo serpentín y el de tipo coraza y tubo o tipo tubular.

✓ **Decantador**

Dentro del área de aceites se le conoce también como separador de aceite o vaso florentino, su función consiste en separar la mezcla de agua y aceite esencial que proviene del intercambio de calor. (SENA,2018, pág. 50)

2.8. Destilación por arrastre de vapor

Mediante el proceso de destilación, es el método más utilizado “El principio básico de la 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. Aceites esenciales con puntos de ebullición de hasta 300 ° C, evaporaran a temperaturas cercanas al punto de ebullición del agua. El vapor y el aceite esencial son condensados y separados “(Ceruti, & Neumayer., 2004, pág. 151)

En la destilación por arrastre con vapor de agua, la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, es encerrada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentado, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas especialmente las utilizadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada. (Martínez, 2003)

2.8.1. Descripción del proceso

Según SENA, (2018), menciona que la descripción del proceso se lleva a cabo mediante el siguiente procedimiento:

El vapor de agua se inyecta desde una caldera externa por medio de tubos difusores, ubicados en la parte inferior de la masa vegetal que se coloca sobre una parrilla interior que se encuentra en el tanque extractor.

El vapor de agua provoca que los aceites esenciales se difundan desde las membranas de la célula hacia fuera. Los vapores de agua y aceite esencial que salen se enfrían hasta regresar a la fase líquida, y se separan en un decantador.

2.8.2. Ventajas

- ✓ Energéticamente es más eficiente
- ✓ Se tiene un mayor control de la velocidad de destilación
- ✓ Existe la posibilidad de variar la presión del vapor,
- ✓ El método satisface mejor las operaciones comerciales a escala, al proveer resultados más constantes y reproducibles.

2.8.3. Desventajas

- ✓ Pueden ocurrir procesos colaterales como polimerización y resinificación de los terpenos.
- ✓ Produce hidrólisis de esteres y destrucción térmica de algunos componentes.

2.9. Escalas para proceso de destilación

2.9.1. Escala de laboratorio.

Según Gutierrez, (2018), “Es el más adecuado para la determinación del contenido total del aceite esencial de una planta aromática. Está compuesto de un balón, donde se deposita la materia prima molida y una cantidad conocida de agua pura. Se le calienta constantemente, el aceite esencial con el agua presente se evapora continuamente, pasa por un condensador y el condensado (mezcla agua-aceites) es depositado y posteriormente separado para obtener el aceite esencial e hidrolato (agua floral)”.

Ventajas:

- ✓ Simplicidad y flexibilidad para trabajar con aceites de diferente densidad y naturaleza.

Desventajas

- ✓ Incapacidad de usar los resultados obtenidos para un escalado.
- ✓ El material vegetal no forma un lecho fijo ya que está en contacto permanente con el agua.
- ✓ No responde al tipo de hidrodestilación industrial empleado comúnmente.

- ✓ El material al estar molido genera que el aceite se encuentre disponible para su vaporización y “arrastre”, lo cual no ocurre a mayores escalas.
- ✓ El tiempo de extracción es muy largo comparado con el tiempo usado industrialmente, ya que busca agotar todo el aceite contenido en la planta.
- ✓ No sirve para establecer el tiempo óptimo de operación.

2.9.2. Escala intermedia o banco (bench).

Por otro lado, Gutierrez, (2018), menciona que las capacidades están entre 5 a 50 litros, son construidos en vidrio, acero inoxidable o cobre. Están conformados de un hidrodestilador-generador, es decir el vapor de agua se genera en el mismo recipiente donde se almacena la materia vegetal, separados por medio de una rejilla o cesta. El vapor generado calienta la planta aromática y arrastra el aceite vaporizado. La tapa suele ser del tipo “cuello de cisne”.

Los condensadores son de doble tubo o de serpentín sumergido en un tanque o con alimentación constante, a contracorriente, de agua fría. El aceite esencial es obtenido en un florentino, a la salida del condensador. El agua floral puede ser reciclada, si el florentino es adaptable para que su brazo lateral se conecte con la sección de generación del vapor del hidrodestilador.

Ventajas:

- ✓ Movilidad y maniobrabilidad.
- ✓ Posibilidad de ser aislados fácilmente.
- ✓ Capacidad de ser instrumentado, para seguir el proceso internamente.
- ✓ Implementación de un control automático.
- ✓ Confiabilidad y reproducibilidad de los datos experimentales generados, para ajustarlos a modelados fenomenológicos.

Desventajas:

- ✓ El material vegetal debe estar seleccionado, debido a que el rendimiento y la velocidad de obtención son sensibles de las características físicas de material (molido, entero, trozado, etc.)

- ✓ La limpieza debe de ser periódica y exhaustiva, para evitar la contaminación de los productos y de la imposibilidad de trabajar con vapor saturado con mayor presión.

2.9.3. Escala piloto

Gutierrez, (2018), menciona que la capacidad está comprendida 50 a 500 litros. Son construidos en acero comercial, inoxidable o cobre. Pueden ser de dos tipos: con generador externo o acoplado al hidroddestilador. Están conformados de un hidroddestilador cilíndrico simétrico o de una altura ligeramente mayor al diámetro. El vapor de agua es inyectado por los fondos del equipo o generado en esa sección.

La materia prima suele estar compactada y almacenada en una cesta para su mejor carga y descarga. Los condensadores son coraza y de varios tubos internos o de un doble serpentín sumergido en un tanque de agua.

Los florentinos son diferentes a los de la escala intermedia y del laboratorio. Son decantadores en acero inoxidable, con un cuerpo cónico o cilíndrico y un fondo cónico.

El aceite esencial es recogido del florentino y almacenado en otro decantador. Se realiza esta segunda separación dinámica porque el flujo de vapor es alto y el tiempo necesario para que la emulsión aceite-agua se rompa suele ser mayor a la medida en la escala intermedia.

Ventajas:

- ✓ Mayor confianza en los datos experimentales generados, con respecto a los obtenidos a menores escalas, y que se esperan conseguir en una planta industrial.
- ✓ Permiten trabajar con materia prima molida, triturada parcialmente, entera o la combinación de ellas, en cualquier proporción
- ✓ Permiten operar con vapor saturado de mayor presión, con lo cual, se puede acelerar el proceso u obtener aceites de calidades diferentes.

Desventajas:

- ✓ Necesitan de un generador externo de vapor.
- ✓ No son móviles.

- ✓ La reproducibilidad de los datos experimentales es menor que los equipo banco y de laboratorio.
- ✓ No son flexibles.
- ✓ No están aislados térmicamente.
- ✓ Requieren de una inversión económica mayor a los bancos.

Los equipos piloto no suelen usarse con propósitos de investigación científica, sino de producción semi-industrial o de confirmación de los resultados a nivel banco (investigación tecnológica) y como centro de ensayos de una planta industrial. Por ello, son equipos comerciales y existen diversos proveedores internacionales.

2.9.4. Escala industrial.

Por otro lado Gutierrez, (2018), indica que la capacidad es mayor a 500 litros y son construidos en acero comercial; aunque si se usan diferentes materias primas, son construidos en acero inoxidable. Pueden ser de dos tipos: móviles o estáticos.

Móviles: Remolques-alambiques, son los más usados en EE. UU. y Europa El uso de remolques responde a la mecanización de la agricultura en estos países y a la gran producción de algunos aceites, así como la búsqueda de minimizar costos operativos y aumentar la eficiencia de la obtención, al disponer de una mayor flexibilidad en el retiro y acoplamiento de los remolques.

Estáticos: Hidrodestiladores verticales estos suelen encontrarse en Asia, África y Latinoamérica.

El uso de equipos verticales responde a otras necesidades: cosecha atomizada en varias regiones cercanas, mayor mano de obra disponible, menores niveles de producción, interés en agotar completamente el aceite contenido en la planta.”

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La investigación fue aplicada porque se generan conocimientos en forma teórica que permiten conocer el manejo y funcionamiento del destilador por arrastre de vapor, con el fin de poder elaborar de forma correcta el manual de mantenimiento, operaciones, manual de proceso constructivos y la guía de laboratorio para realizar las diferentes prácticas.

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es cuasi- experimental

3.3. Unidad de Análisis

- ✓ Destilador de Aceites Esenciales caso práctico Eucalypto (*Eucalyptus glóbulos*)

3.4. Población finita

Eucalypto (*Eucalyptus glóbulos*)

3.5. Población estadística

Se proceso 500 g de hojas y tallos de eucalypto obtenidos del cantón Guano en el año 2021.

3.6. Métodos de investigación

3.6.1. Método inductivo

Mediante este método de investigación permitió la identificación y funcionamiento de cada uno de los elementos que forman parte del destilador prototipo por arrastre de vapor, esto ayudó a determinar el funcionamiento en general del equipo.

3.6.2. Método analítico

Este método permitió comparar y analizar entre varios modelos de destiladores por arrastre de vapor existentes en el mercado y de esta forma seleccionar el equipo que cumpla con las características necesarias para satisfacer el procesamiento de obtención de aceite esencial el mismo que se construyó en acero inoxidable AISI-304 con una capacidad de 10 L/h .

3.6.3. Método deductivo

A través del método deductivo se determinó las características generales que debe tener un destilador por arrastre de vapor y los elementos que constituyen el mismo, está compuesto por tres sistemas como son un sistema de alimentación de producto y soporte, un lente de destilador y accesorios y finalmente un sistema de serpentín y soporte para la destilación se utilizó vapor de agua junto con el material que se va a destilar.

3.6.4. Método experimental

Empleando el método experimental se realizó un ensayo que permitió determinar la cantidad de materia prima, el tiempo, el volumen de aceite extraído y el rendimiento del mismo, además se determinó las variables cualitativas que debe poseer el aceite, conjuntamente permitió determinar el mecanismo adecuado y las condiciones óptimas para el funcionamiento del equipo.

3.7. Técnicas de Recolección de Datos

Para la obtención de aceite esencial se utilizó una matriz de información descrita en la tabla 9 en la cual se registraron los valores obtenidos de cada una de las variables cualitativas y cuantitativas que determinó las características que debe tener el aceite esencial de eucalipto.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagramas

4.1.1. Diagrama de proceso de construcción de un destilador prototipo por arrastre de vapor.

Los diagramas descritos a continuación muestran el diseño y construcción del equipo para uso de estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Chimborazo que se encuentran involucrados en el procesamiento de aceites esenciales.

4.1.2. Características principales del destilador prototipo por arrastre de vapor

A continuación, se muestran algunas de las características principales del destilador prototipo por arrastre de vapor:

- ✓ Las partes del destilador prototipo por arrastre de vapor se encuentran elaboradas en acero inoxidable AISI 304.
- ✓ Su montaje está realizado por tres partes.
- ✓ Artesana con una capacidad de 10 l/h
- ✓ Máquina conforme a lo establecido por las normas de higiene y seguridad.

4.1.3. Etapa de construcción

La etapa de construcción sigue una secuencia de procesos, para así optimizar el uso de los recursos y reducir el tiempo de construcción. La construcción se dividió en tres etapas para ser ensamblado el destilador prototipo por arrastre de vapor en su totalidad, lo cual da mayor eficiencia en el tiempo de construcción.

En la ilustración 1 se observa el destilador prototipo por arrastre de vapor construido y en la Tabla 4 se muestran las partes que lo componen.

Ilustración 1. Destilador prototipo por arrastre de vapor



Fuente: (Aréballo L, Sánchez E.)

Tabla 4.

Partes del destilador prototipo por arrastre de vapor

PARTES	ILUSTRACIÓN
Sistema de alimentación de producto y soporte	
Lente del destilador y accesorios	
Sistema de serpentín y soporte	

Elaborado por: (Aréballo L, Sánchez E.)

En la Tabla 5 se indica los elementos que componen los tres sistemas que conforman el destilador prototipo por arrastre de vapor y su respectiva nomenclatura que será utilizada en los diagramas de operaciones a continuación:

Tabla 5.

Nomenclatura del destilador prototipo por arrastre de vapor

SISTEMAS	ELEMENTO	No	OPERACIÓN
Sistema de alimentación de producto y soporte	Cilindro hogar de materia prima	1	Toma de medidas y trazado
		2	Corte con moladora
		3	Barolar
		4	Soldar
		5	Verificación
	Asiento de cilindro hogar	6	Toma de medidas y trazado
		7	Corte con plasma
		8	Pulido
		9	Curvatura del asiento
		10	Verificación
	Brida de cilindro	11	Toma de medidas y trazado
		12	Corte con plasma
		13	Pulido
		14	Taladrado de agujeros para pernos
		15	Verificación

		16	Toma de medidas y trazado
		17	Corte con moladora
	Patatas soporte	18	Pulido
		19	Soldar
		20	Verificación
		21	Toma de medidas y trazado
		22	Corte con plasma
	Brida de cono truncado	23	Pulido
		24	Taladrado de agujeros para pernos
		25	Verificación
		26	Toma de medidas y trazado
		27	Corte con la moladora
		28	Pulido
	Cono truncado	29	Barolar
		30	Soldar
		31	Verificación
Inspección completa 1			
		32	Toma de medidas
		33	Corte con moladora
		34	Pulido
		35	Verificación
Lente del destilador y accesorios	Tubería de 2 plg	36	Toma de medidas y trazado

	37	Corte con moladora
Anillo tapa de tubería de 2 plg	38	Pulido
	39	Verificación
	40	Toma de medidas
Tubería de 1 plg	41	Corte con moladora
	42	Pulido
	43	Verificación
Cuerpo semiesférico	44	Toma de medidas y trazado
	45	Corte con plasma
	46	Pulido
	47	Prensado
	48	Verificación
Semitapa rectangular	49	Toma de medidas y trazado
	50	Corte con moladora
	51	Pulido
	52	Perforado para tubería de 1 plg
	53	Verificación
Tapa circular	54	Toma de medidas y trazado
	55	Corte con plasma
	56	Pulido
	57	Perforado para tubería de 3/4 plg
	58	Verificación

	59	Toma de medidas y trazado
	60	Corte con moladora
	61	Pulido
Cuello de lente	62	Barolar
	63	Soldar
	64	2 Perforaciones para tubería de 1 plg
	65	Verificación
	66	Toma de medidas
	67	Corte con moladora
Tubería de salida de lente	68	Pulido
	69	Colocar universal
	70	Verificación
Inspección completa 2		
	71	toma de medidas y trazado
	72	Corte con moladora
Sistema de serpentín y soporte	73	Barolar
	74	Soldar
	75	Perforación para tubería de 3/4 plg
	76	Verificación
	77	Toma de medidas y trazado
Asiento de cilindro del serpentín	78	Corte con plasma
	79	Pulido

	80	Curvatura del asiento
	81	Verificación
Patatas de cilindro	82	Toma de medidas y trazado
	83	Corte con moladora
	84	Pulido
	85	Soldar
	86	Verificación
Serpentín de 3 vueltas	87	Toma de medidas y trazado
	88	Corte con moladora
	89	Doblado tipo espiral 3 vueltas
	90	Verificación
Tubería de $\frac{3}{4}$ plg	91	Toma de medidas y trazado
	92	Corte con moladora
	93	Pulido
	94	Doblado
	95	Colocación de universal
	96	Verificación
<hr/> Inspección completa 3 <hr/>		
Ensamble de los tres sistemas		
<hr/> Inspección producto terminado <hr/>		

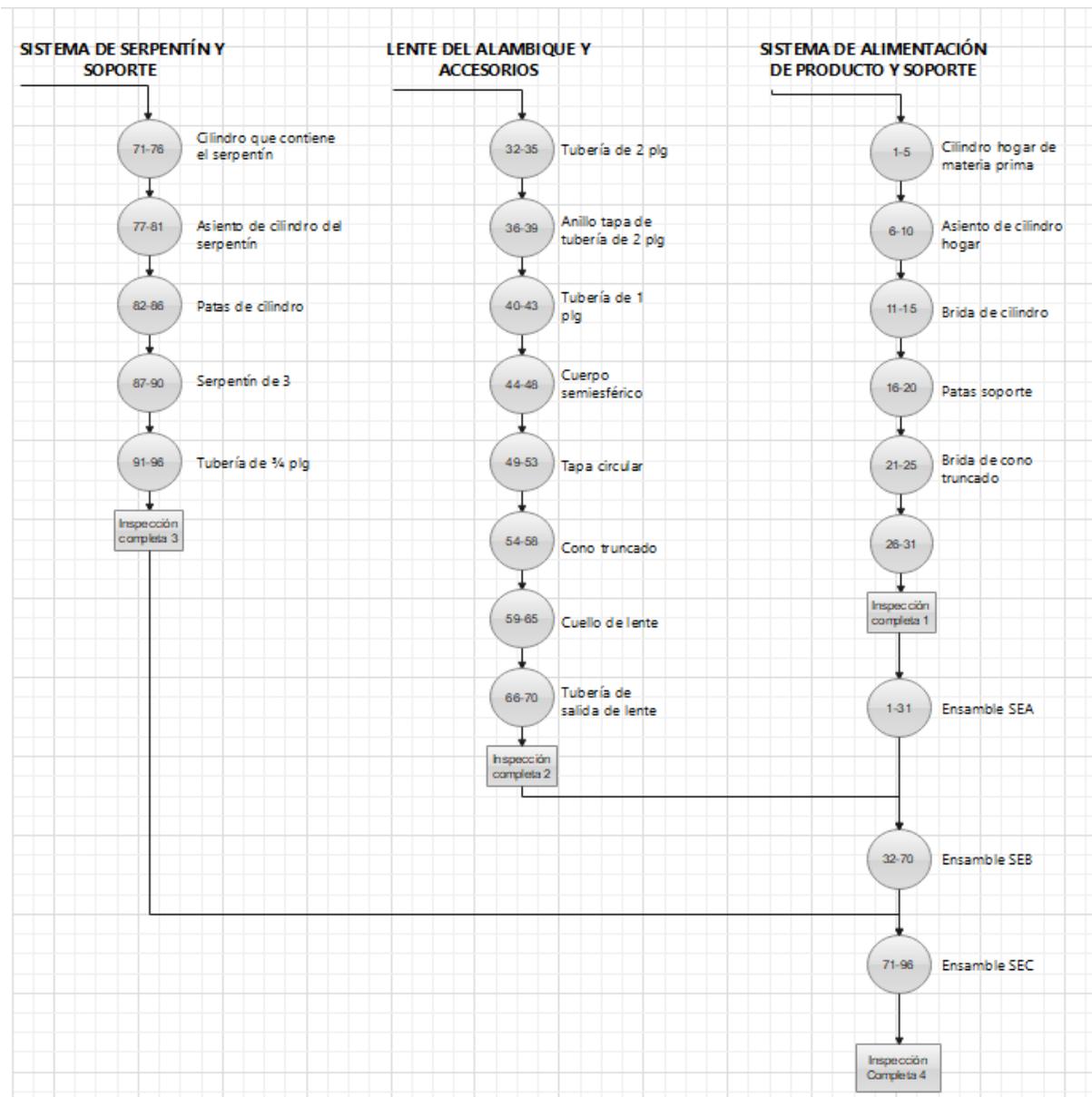
Elaborado por: (Aréballo L, Sánchez E.)

4.1.4. Diagrama de operaciones de cada etapa que compone el destilador prototipo por arrastre de vapor

Este diagrama nos indica la secuencia a seguir durante la construcción del destilador prototipo por arrastre de vapor, cada diagrama está de acuerdo con la siguiente simbología:

El círculo (○) indica operación, el cuadrado (□) indica la inspección.

Gráfico 1. Diagrama de operaciones de procesos constructivos, que compone el destilador prototipo por arrastre de vapor



Elaborado por: (Arévalo L, Sánchez E.)

4.1.5. Montaje del destilador

Los tiempos de montaje se dan de acuerdo con cada sistema del destilador prototipo por arrastre de vapor.

En las tablas 6, 7 y 8 se indican las operaciones y la simbología en este caso descrita como (M) de los tres sistemas que componen el destilador prototipo por arrastre de vapor. Finalmente, en el gráfico 4 podemos observar las tres etapas con sus operaciones que componen el destilador.

Tabla 6.

Sistema de alimentación de producto y soporte

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE PRODUCTO Y SOPORTE	
OPERACIÓN	SÍMBOLO
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M1
Montaje de asiento y cilindro a través de soldadura Tig	M2
Montaje de brida	M3
Montaje de patas	M4

Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

Tabla 7.

Lente del destilador y accesorios

LENTE DEL DESTILADOR Y ACCESORIOS	
OPERACIÓN	SÍMBOLO
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M5

Montaje de cuerpo semiesférico con tapa rectangular, circular y cuello del lente a través de suelda Tig	M6
Montaje de M2 con tubería de 2 pulgadas y 1 pulgada a través de suelda Tig	M7
Montaje de M3 con brida y cono truncado	M8
Ajuste de pernos	M9

Elaborado por: (Arébaló L, Sánchez E.)

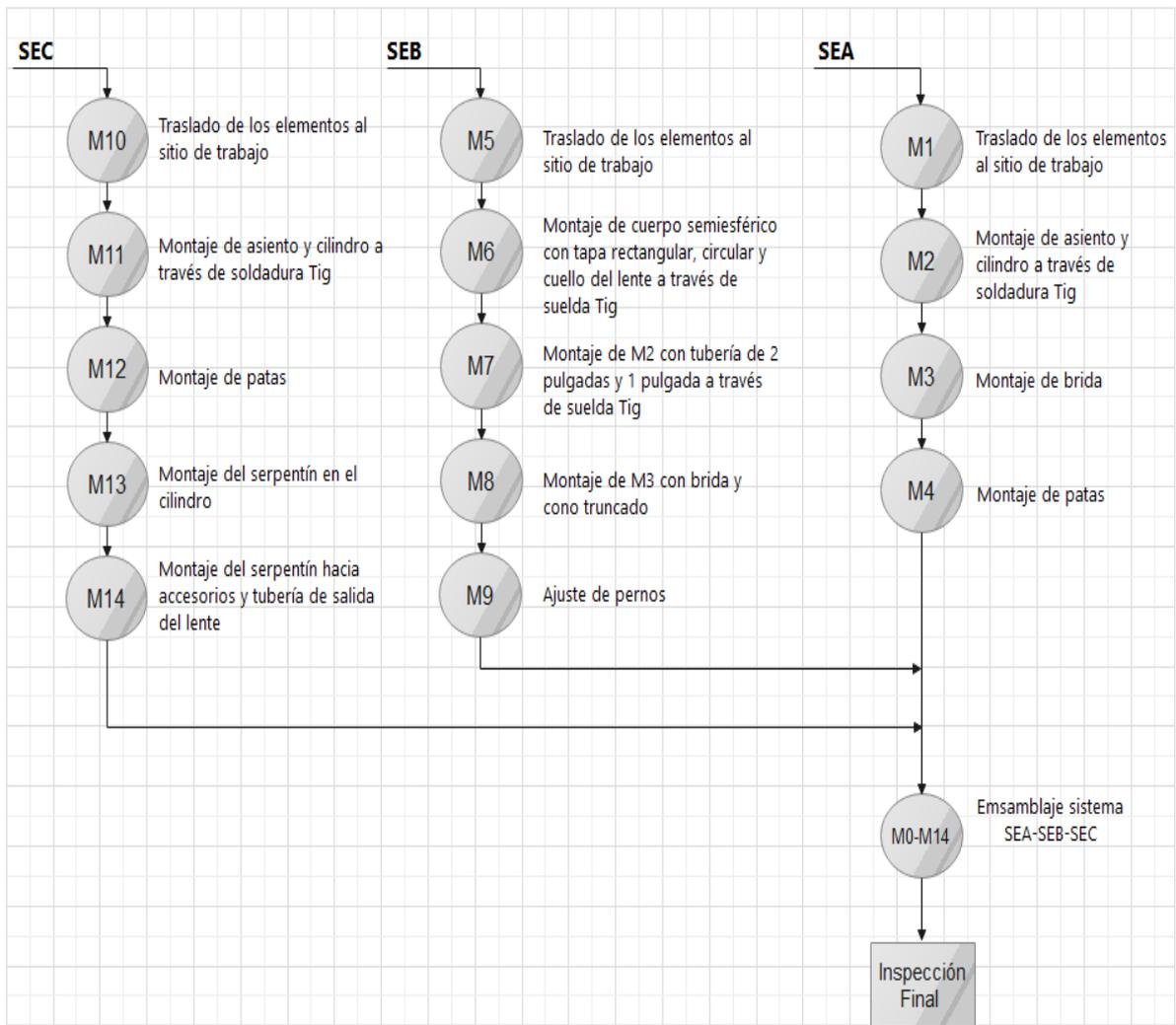
Tabla 8.

Sistema de serpentín y soporte

SISTEMA DE SERPENTÍN Y SOPORTE	
OPERACIÓN	SÍMBOLO
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M10
Montaje de asiento y cilindro a través de soldadura Tig	M11
Montaje de patas	M12
Montaje del serpentín en el cilindro	M13
Montaje del serpentín hacia accesorios y tubería de salida del lente	M14

Elaborado por: (Arébaló L, Sánchez E.)

Gráfico 2. Diagrama de operaciones de las tres etapas que componen el destilador prototipo por arrastre de vapor.



Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

4.2. Ensayos de operación caso práctico eucalipto

4.2.1. Matriz de información

En la tabla 9 se registraron los valores obtenidos de cada una de las variables cualitativas y cuantitativas que determinó las características que debe tener el aceite esencial de eucalipto la misma información que será utilizada para comparar mediante otras investigaciones el rendimiento hay las características del aceite esencial de eucalipto.

Tabla 9.

Matriz de información

MATRIZ DE INFORMACIÓN						
VARIABLES CUALITATIVAS				VARIABLES CUANTITATIVAS		
N°	MUESTRA	COLOR	OLOR	TIEMPO (min)	PESO MATERIA PRIMA (g)	VOLUMEN EXTRAIDO (ml)
1	Hojas frescas de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	Ligeramente amarillento	Fuerte – característico	80 min	500 g	1,5 ml
2	Ramas completas con hojas y tallos frescos de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	Ligeramente amarillento	Fuerte – característico	60 min	820 g	2,4 ml
3	Hojas viejas de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	Ligeramente amarillento	Fuerte – característico	60 min	505 g	1,7 ml
4	Ramas completas con hojas y tallos viejos de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	Ligeramente amarillento	Fuerte – característico	70 min	750 g	2,9 ml

Elaborado por: (Arébaló L, Sánchez E.)

Ecuación 1. Rendimiento

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(\text{ml de aceite esencial})}{\text{Peso en gramos del material vegetal}} * 100.$$

Adaptado de (Granados, Santafé, & Acevedo, 2015)

Elaborado por: (Arébaló L, Sánchez E.)

Tabla 10.

Rendimiento

RENDIMIENTO						
N°	MUESTRA	TIEMPO (min)	PESO MATERIA PRIMA (g)	VOLUMEN EXTRAIDO (ml)	APLIACIÓN DE LA ECUACIÓN	RESULTADO
1	Hojas frescas de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	80 min	500 g	1,5 ml	$\% R = \frac{1,5 \text{ ml}}{500 \text{ g}} * 100.$	0.30%
2	Ramas completas con hojas y tallos frescos de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	60 min	820 g	2,4 ml	$\% R = \frac{2,4 \text{ ml}}{650 \text{ g}} * 100$	0.36%
3	Hojas viejas de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	60 min	505 g	1,7 ml	$\% R = \frac{1,7 \text{ ml}}{505 \text{ g}} * 100$	0.33 %
4	Ramas completas con hojas y tallos viejos de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).	70 min	750 g	2,9 ml	$\% R = \frac{2,9 \text{ ml}}{700 \text{ g}} * 100$	0.41 %

Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

4.3. Análisis de resultados

En un tiempo aproximado entre 20 a 40 minutos se observó una sustancia líquida incolora denominado hidrolato, con un olor característico a eucalipto y un sabor amargo al inicio del descenso del mismo, la intensidad del sabor disminuyó a medida que transcurre el tiempo de la destilación por arrastre de vapor esta

disminución indica que el aceite esta por descender , el hidrolato es el agua floral que resulta del proceso de la destilación y es aprovechado para varios usos, actúa como antibacteriano, antioxidante, calmante, estimulante, aromatizador, tónico, limpiador facial entre otros, la gran ventaja del hidrolato es que concentra las propiedades del eucalipto.

Luego de aproximadamente 60 y 90 min se logró observar ya el aceite esencial suspendido en la parte superior del recipiente, este posee varias características como su color es ligeramente amarillento, su olor es fuerte característico a eucalipto.

En la tabla 10 se muestra los rendimientos de cuatro pruebas realizadas con diferentes variables como son tiempo, peso, tipo de hojas frescas y viejas, en la primera muestra se utilizó 500 g de hojas frescas de eucalipto y fueron colectados 1,5 ml de aceite esencial con un rendimiento del 0,30 % siendo el tiempo total de destilación de 80 min, en la muestra dos se utilizó 650 g de ramas completas con hojas y tallos frescos de eucalipto y fueron colectados 2,4 ml de aceite esencial con un rendimiento del 0,36 % siendo el tiempo total de destilación 60 min, en la muestra tres se utilizó 505 g de hojas viejas de eucalipto y fueron colectados 1,7 ml de aceite esencial con un rendimiento de 0,33 % siendo el tiempo total de destilación de 60 min finalmente en la muestra cuatro se utilizó 700 g de ramas completas con hojas y tallos viejos de eucalipto y fueron colectados 2,9 ml de aceite esencial con un rendimiento del 0,41%.

De las cuatro muestras analizadas se determinó que la muestra con mayor porcentaje de rendimiento fue el número cuatro en la que se utilizó 750 g de ramas completas con hojas y tallos viejos de eucalipto y fueron colectados 2,9 ml de aceite esencial con un rendimiento del 0,41%. Esto se debe a que las hojas y tallos viejos de eucalipto poseen un gran contenido de aceite esencial debido a los contenidos químicos como son *a*-PINENO, LIMONENO, 1-8- CINEOL, *p*-CIMENO, AROMADENDRENO, Trans-PINOCARVEOL, GLOBULOL.

Dichos resultados coinciden con la investigación de Lima, (2005), en el cual manifiesta que el rendimiento del aceite esencial de eucalipto por el método de extracción por arrastre de vapor en una escala a nivel planta piloto es de 0.56% utilizando 2268 gramos de materia prima seca, en comparación a con los resultados obtenidos de rendimiento en el caso práctico de eucalipto es de 0.41% utilizando 750 g de materia prima seca. Por lo cual se puede manifestar que el comportamiento de los resultados fué similar ya que se realizaron por el mismo método, pero existió una

variación puesto que las escalas que se utilizó es de tipo BENCH (capacidad de 10L/h) y la que utilizaron en está investigación es de nivel planta piloto (capacidad de 50-500 L).

Tabla 11.

Rendimiento Aceite Esencial

Especie	Tiempo óptimo (hrs)	%Rendimiento	Ganancia por producto obtenido (Q)
E. Globulus	1.697	0.569	-20.52
E. Cinerea	1.884	2.363	80.56

Adaptado de (Lima, 2005)

Elaborado por: (Aréballo L, Sánchez E.)

Ilustración 2. *Características de la planta después de la extracción*



Elaborado por: (Aréballo L, Sánchez E.)

Después de ser extraído el aceite se dio por terminado el proceso, se apaga el sistema de gas y se procede al enfriamiento del equipo, finalmente destapamos la brida donde podemos observar cómo cambian las características de la planta después de la extracción, como se observa en el grafico 9 las plantas presentan una coloración diferente, además se pierde la concentración del olor característico a eucalipto de las hojas, al retirar la materia prima aprovechada, se observó en el fondo del extractor

una agua residual que se produjo durante el proceso, la misma denomina “agua aromatizada”, que también puede ser aprovechada para varios usos.

4.4. RECURSOS NECESARIOS

4.4.1. Recursos humanos

Tabla 12.

Recursos Humanos

Autores Responsables	Lizeth Xiomara Arébalo Villagómez Evelyn Mikaela Sánchez Luna
Tutor	MsC. Edmundo Cabezas

Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

4.4.2. Recursos físicos

Tabla 13.

Recursos Físicos

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Plancha de acero inoxidable AISI 304

Sueldas

Interruptores

Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

4.4.3. Recursos económicos utilizados

Tabla 14.

Recursos Económicos Utilizados para el destilador prototipo por arrastre de vapor

N°	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO	COSTO
			UNITARIO	TOTAL
			(USD)	(USD)
1	Tanque capacidad 10 litros construido en acero inoxidable 304 2mm de espesor para generar vapor.	1	158.00	158.00
2	Quemador a gas propano para hervir el agua dentro del tanque generador de vapor incluye válvula industrial y manguera de gas	1	65.00	65.00
3	Torre de destilación para refinado de condensado construido en acero inoxidable 304 2mm	1	188.00	188.00
4	Serpentín de acero inoxidable 304 de 20 mm de diámetro por 6 m de largo para condensar el aceite esencial	1	145.00	145.00
5	Tanque de enfriamiento de agua para el serpentín construido en acero inoxidable 430 capacidad 10 litros.	1	95.00	95.00
6	Mano de Obra	-	150.00	150.00
			TOTAL	801.00
				USD

Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

Tabla 15.

Recursos económicos utilizados

N°	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
1	Eucalipto	800 g	0.50	0.50
2	Mandil	2	15.00	30.00
3	Botas	2	20.00	40.00
4	Cofia	2	1.00	2.00
5	Mascarilla	2	1.00	2.00
SUBTOTAL				74.50
MATERIALES DE OFICINA				
1	Hojas (paquetes)	800 g	0.50	20.00
2	Tinta de impresión	2	5.00	10.00
3	Perfiles	10	0.60	6.00
4	Lápices y bolígrafos	6	0.30	1.80
5	Anillados	10	2.00	20.00
6	Empastados	4	10.00	40.00
7	Copias	100	0.02	2.00
SUBTOTAL				99.80
RECURSOS ADMINISTRATIVOS				
1	Hojas de papel Bonn	800 g	0.50	0.50

2	Internet	-	25.00	25.00
----------	----------	---	-------	-------

SUBTOTAL				25.50
-----------------	--	--	--	--------------

INPREVISTOS DEL 10%				20.00
----------------------------	--	--	--	-------

TOTAL				219.80
--------------	--	--	--	---------------

Elaborado por: (Arébaló L, Sánchez E.)

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ En los ensayos realizados se obtuvo el aceite esencial de eucalipto con un color ligeramente amarillento y un olor fuerte característico a Eucalipto, se pudo comprobar la eficiencia del equipo con muestras de las diferentes partes que conforman la planta.
- ✓ Con el manual de procesos constructivos elaborado en el que se documenta las operaciones de los tres sistemas que complementan el equipo de destilación, permitirá ensamblar el destilador por arrastre de vapor y de esta forma se optimizará el tiempo y los recursos utilizados.
- ✓ El manual de operaciones y mantenimiento elaborado permitirá a los usuarios del equipo operar adecuadamente con mayor seguridad y eficiencia y prolongar la vida útil, pues en este se encuentra detallado los pasos para su operación y los procedimientos para su mantenimiento.
- ✓ Las guías de laboratorio realizadas contienen los procedimientos para la producción de aceite esenciales a partir de hojas y tallos de Eucalipto que relacionaran los conocimientos teóricos con la practica en diferentes asignaturas.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Previo a la utilización del destilador prototipo por arrastre de vapor es importante revisar los manuales de operación y mantenimiento o a su vez acudir a la ayuda de la encargada del laboratorio.
- ✓ Es necesario seguir las instrucciones del manual de seguridad que permitirán prevenir accidentes, debemos estar conscientes de los riesgos que conlleva no usar las normas de seguridad establecidas dentro del laboratorio.
- ✓ Después de realizar cualquier práctica es necesario recurrir al manual de limpieza para evitar contaminaciones que pueden incidir en el producto al momento de usar nuevamente el equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [DFM] Directorio Forestal Maderero . (06 de 10 de 2015). *EUCALIPTO: Eucalyptus globulus*. Obtenido de EUCALIPTO: Eucalyptus globulus: <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/eucalipto-eucalyptus-globulus.html>
- [AEMPS], Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (Octubre de 2018). Guía sobre aceites esenciales en productos cosméticos. *EDQM Calidad de Medicamento y la Asistencia Sanitaria del Consejo*, 5. Recuperado el 02 de Febrero de 2021, de https://www.aemps.gob.es/publicaciones/publica/docs/Guia_Aceites_Esenciales.pdf
- [FAO], Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación. (1981). *El eucalipto en la repoblación forestal* (Primera Edición ed., Vol. 11). (O. d. Alimentación, Ed.) Recuperado el 04 de Febrero de 2021, de <http://www.fao.org/3/AC459S/AC459S04.htm#ch4.1.20>
- [SENA], Servicio Nacional de Aprendizaje. (20 de Enero de 2018). *Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales Extraídos de Plantas Medicinales Y Aromáticas*. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/#
- Arévalo L, S. E. (s.f.). *Destilador prototipo por arrastre de vapor*. UNACH, Riobamba.
- Cardenillas, D. A. (2020). Aceites esenciales del eucalipto. *Calameo*. Obtenido de Aceites esenciales del eucalipto: <https://es.calameo.com/read/006177057df1ee24716a5>
- Ccoñas, A. W. (2012). *Extracción y Caracterización de Aceite Esencial de Chikchimpay*. Obtenido de Extracción y Caracterización de Aceite Esencial de Chikchimpay: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2311/TESIS-ING-AGROINDUSTRIAL-2012-CCO%c3%91AS%20ANTEZANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ceruti, M. , & Neumayer, F. (12 de Junio de 2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de Limón. *Invenio: Revista de Investigación*, 7(12), 151. Recuperado el 22 de Febrero de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/877/87701214.pdf>

- Coronel, I. A. & Piedra, J. S. (01 de 2014). *Estudio de las propiedades físicas y composición química de los aceites esenciales de las hojas de Peperomia Inaequalifolia Ruiz & Pav. y Piper Pubinervulum c. Dc., y del rizoma de Renealmia Thyrsoides subsp. Thyrsoides*. Obtenido de Estudio de las propiedades físicas y composición química de los aceites esenciales de las hojas de Peperomia Inaequalifolia Ruiz & Pav. y Piper Pubinervulum c. Dc., y del rizoma de Renealmia Thyrsoides subsp. Thyrsoides: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6632/1/UPS-QT04525.pdf>
- Di Marco, E. (2015). *Dirección de Producción Forestal*. Recuperado el 05 de Febrero de 2021, de <http://forestaindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/eucalyptus-globulus-sp-globulus-labill-familia-myrtace.pdf>
- González-Guñez, R., Silva-Aguayo, G., Urbina-Parra, A., & Gerding-González, M. (2016). Aceite Esencial de Eucalyptus globulus Labill y Eucalyptus nitens H. Deane & Maiden (MYRTACEAE) para el control de Sitophilus zeamais Motschulsky. *Chilean*, 205. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-38902016000300005&script=sci_arttext&tlng=e
- Granados, C., Santafé, G., & Acevedo, D. (2015). COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL FOLIAR DE Eucalyptus camaldulensis DE FOLIAR DE Eucalyptus camaldulensis DE FOLIAR DE Eucalyptus camaldulensis DE NORTE DE SANTANDER. *scielo*, 236.
- Gutierrez, R. (Noviembre de 2018). *Instituto Politécnico Nacional*. Recuperado el 27 de Marzo de 2021, de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25926/EXTRACCION%20DE%20L%20ACEITE%20DE%20COPAL%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- León, M. M. (02 de 2005). *Extracción de aceite esencial crudo de hierbabuena (mentha citrata Ehrh.) Con la aplicación del método de extracción por arrastre con vapor variando los tamaños de muestra y humedad a partir de pruebas a nivel de laboratorio*. Obtenido de Extracción de aceite esencial crudo de hierbabuena (mentha citrata Ehrh.) Con la aplicación del método de extracción por arrastre con vapor variando los tamaños de muestra y humedad a partir de pruebas a nivel de laboratorio.: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0945_Q.pdf

- Lima, S. (05 de 2005). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de Análisis de los rendimientos obtenidos de dos especies de Eucalipto trabajados en seco a nivel laboratorio y a nivel planta piloto en la extracción de su aceite esenciales: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0955_Q.pdf
- Martínez, A. (2003). *Aceites Esenciales*. Recuperado el 21 de febrero de 2021, de http://www.med-informatica.net/TERAPEUTICA-STAR/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf
- Miranda, Z. N. (2017). *Biosorción de cromo Cr (vi) de soluciones acuosas por la biomasa residual de hojas de eucalipto (globulus labill)*. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8747/Norberto_Sixto_Miranda_Zea.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mosquera, T. T. (Marzo de 2014). *Estudio comparativo de la eficiencia antibacteriana de una mezcla de parabenos frente al aceite de romero (Rosmarinus officinalis Lamiaceae) utilizados como conservantes en una formulación cosmética (Master's thesis)*. Recuperado el Febrero02 de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7248/1/UPS-QT05931.pdf>
- Natividad, M. . (2019). *Diseño de una planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto (eucalyptus globulus), no convencional, bajo la filosofía “zero waste”*. Obtenido de <http://200.48.129.167/bitstream/handle/UNJFSC/3044/JOS%c3%89%20LUIS%20NATIVIDAD%20MERCEDES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peñuela et.al. (Septiembre de 2017). Análisis exploratorio de las exportaciones de aceites esenciales en Brasil: evidencia desde 2000 hasta 2015. *SCIELO*, 35(3), 63. Recuperado el 27 de Enero de 2021, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v35n3/0718-3429-idesia-00301.pdf>
- Piedrasanta, B. R. (10 de 2007). *Comparación química y de rendimiento del aceite esencial de hoja y raíz de valeriana prionophylla standl de dos diferentes localidades de Guatemala*. Obtenido de Comparación química y de rendimiento del aceite esencial de hoja y raíz de valeriana prionophylla standl de dos diferentes localidades de Guatemala: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2612.pdf
- Propiedades, beneficios y usos del eucalipto. (07 de 03 de 2021). *Propiedades, beneficios y usos del eucalipto*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/eucalipto/>
- Quilca, R. C. (2011). *Rendimiento de aceites esenciales en hojas y opérculos de eucalyptus globulus Labill- Bosque el dorado el Tambo , Huancayo*. Recuperado

el 02 de Febrero de 2021, de
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2603/Quilca%20Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, M. J. (s.f.). *Árboles ornamentales*. Obtenido de
<https://www.arbolesornamentales.es/Eucalyptusglobulus.htm>

The International Organization for Standardization [ISO]. (01 de 07 de 2002). *Crude or rectified oils of Eucalyptus*. Obtenido de
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/32028/f9c63e940b3f4d9cb3b039368833c105/ISO-770-2002.pdf>

ANEXOS

ANEXO No 1.

MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA	
MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO		VERSIÓN: 1
Fecha:	Versión:	Código:
Riobamba, 08 de abril del 2021	001	FIAGR-01
Destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de “Eucalipto” (<i>Eucalyptus globulus</i>).		
INTRODUCCIÓN <p>Este manual establece normas y procedimientos para la operación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo del destilador prototipo por arrastre de vapor, y ha sido desarrollado con el fin de apoyar en la comprensión de los requerimientos técnicos relacionados con la instalación, uso y mantenimiento es de gran importancia para la realización de las prácticas de laboratorio y en actividades de investigación.</p> <p>El mantenimiento del equipo tiene una incidencia importante no solo en la adecuada conservación del mismo, sino con respecto a las acciones de Formación Profesional de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial.</p>		
OBJETIVOS <ul style="list-style-type: none">✓ Indicar al operador el uso, mantenimiento y cuidado adecuado del equipo, fomentando el seguimiento de las recomendaciones del fabricante.✓ Describir las disposiciones generales para regular el uso y préstamo de los equipos en el laboratorio.		
ALCANCE <p>El presente manual aplica a todo aquel personal que opera o proporciona mantenimiento preventivo a los equipos del laboratorio.</p>		

FACTORES CUALITATIVOS DEL MANTENIMIENTO

Toda acción de mantenimiento debe estar procedida del análisis de tres factores que deben guardar una estrecha relación de equilibrio, para que la acción sea benéfica, estos son:

- a. Calidad y economía del servicio
- b. Tiempo productivo de la maquina o equipo después del mantenimiento
- c. Costos de mantenimiento

DESARROLLO

1. Características principales

A continuación, se muestran algunas de las características principales del destilador prototipo por arrastre de vapor:

- ✓ Las partes del destilador prototipo por arrastre de vapor se encuentran elaboradas en acero inoxidable AISI 304.
- ✓ Su montaje está realizado por tres partes.
- ✓ Artesana con una capacidad de 10 l/h
- ✓ Máquina conforme a lo establecido por las normas de higiene y seguridad.

1.1. Instrucciones de uso

- ✓ Lea detenidamente estas instrucciones
- ✓ Compruebe que el lente del destilador y el sistema de serpentín y soporte tenga todos los empaques
- ✓ Compruebe que el sistema de alimentación de producto y soporte tenga todos los pernos para el ajuste de esta
- ✓ Antes de su uso limpie el sistema de alimentación de producto y soporte para evitar una contaminación.
- ✓ Para protegerse de riesgo comprobar que el sistema del gas se encuentre en perfecto estado sin obstrucciones de la salida de este.
- ✓ Como estudiantes declinamos cualquier responsabilidad por daños derivados del uso inadecuado, incorrecto o imprudente del equipo.

2. . INSTRUCCIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL DESTILADOR PROTOTIPO POR ARRASTRE DE VAPOR

El manual describe las precauciones, especificaciones, operación, mantenimiento, ajustes, soluciones de problemas; y es muy necesario para operadores y mecánicos.

INSTRUCCIONES	ILUSTRACIÓN
<p>En la caldera se introduce agua hasta el nivel indicado, se coloca la rejilla para insertar el producto que se va a destilar (frutas, tallos de plantas, hojas y semillas).</p>	
<p>Se tapa con la cúpula y se ajustan los pernos de la brida</p>	
<p>Se enciende el quemador y se coloca a una temperatura elevada el sistema de alimentación de producto y soporte (caldera), que contiene agua y la materia prima que se va a destilar.</p>	
<p>El agua caliente se evapora por el calor y arrastra consigo la esencia.</p> <p>NOTA: Antes se debe hacer pasar por el serpentín que está totalmente cubierto de agua fría para obtener la esencia</p>	

3. Mantenimiento

3.1. Mantenimiento preventivo

Consiste en la serie de trabajos que es necesario realizar en máquinas, equipos o instalaciones, para evitar interrupciones en el servicio que proporcionan. Para estos trabajos generalmente se toman las instrucciones que dan los fabricantes al respecto y lo experiencia de los técnicos de mantenimiento en cada especialidad.

Este mantenimiento se lo realiza mediante trabajos asignados en periodos de tiempo, el mismo que ayudará a mejorar el rendimiento del equipo y aumenta la vida útil, la limpieza del equipo debe ser constante para evitar el deterioro y daños prematuros, el objetivo de este mantenimiento es evitar el paro repentino.

En forma general se debe realizar el siguiente mantenimiento:

- ✓ Limpieza después de cada proceso de extracción del aceite
- ✓ Inspección visual del equipo
- ✓ Reparación o cambio de piezas dañadas en especial los empaques.
- ✓ Cambio de pernos de la brida debido a un desgaste o aislamiento.
- ✓ Limpieza externa de la maquina con ácido nítrico para recuperar el brillo.

3.1.1. Limpieza después de cada proceso de extracción del aceite

Se lo debe realizar con agua a presión, el objetivo es mejorar la calidad del producto evitando la acumulación de suciedad.

3.1.2. Inspección visual del equipo

Esta inspección debe ser constante, revisar cualquier daño en el equipo procedemos a una revisión de tal forma que evitemos algún daño y revisar que todos los elementos del equipo se encuentren ubicados correctamente para iniciar el proceso caso contrario se debe proceder a un paro inmediato del equipo para el posterior mantenimiento.

3.1.3. Reparación o cambio de piezas dañadas o intercambiables en especial los empaques y pernos de la brida.

La máquina está compuesta por elementos que se desgastan, los mismos que deben ser reemplazados después de un tiempo ya que los mismos pueden causar accidentes y permitirán que el equipo tenga un buen rendimiento.

3.1.4. Limpieza externa de la maquina con ácido nítrico para recuperar el brillo.

La limpieza externa del equipo permitirá que tenga mayor durabilidad, permite remover manchas de óxido se lo debe realizar con una concentración del ácido nítrico del 20%.

3.1.5. Limpieza después de cada proceso de extracción del aceite

La limpieza después de cada proceso de extracción permitirá que no exista una contaminación en el proceso además obtendremos la esencia deseada puesto que si no se realiza esta limpieza las esencias pueden tener un olor no deseado.

Luego de un proceso de obtención del aceite esencial es necesario realizar la limpieza del equipo, para una buena limpieza se recomienda seguir el siguiente procedimiento.

3.2. Instrucciones de limpieza

- ✓ Dejar en reposo absoluto para que el equipo se enfríe

- ✓ Con el equipo totalmente frío retirar los pernos de la brida
- ✓ Retirar toda la mezcla que fue agregada en la caldera
- ✓ La limpieza se la realiza con una fibra limpiadora para retirar todos los residuos que se adhiere al equipo.
- ✓ Enjuague final del equipo con agua.

3.3. Plan de mantenimiento mensual del destilador prototipo por arrastre de vapor

Las actividades que se realizan para el mantenimiento mensual se encuentran detalladas en la siguiente tabla correspondientes a cada actividad que se debe realizar:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
MÁQUINA	DESTILADOR PROTOTIPO POR ARRASTRE DE VAPOR			
Actividad	Realizó	Frecuencia	Período	Observaciones
Limpieza interna	Operario	Diario	20 min	Lavar con detergente alcalino el sistema de alimentación de producto y soporte y secar con un paño limpio.
Limpieza externa	Operario	Semanal	10 min	Limpieza con ácido nítrico al 20%, secar con un paño limpio.
Cambio de empaques	Operario	Semestral	10 min	
Cambio de pernos de la brida	Operario	Semestral	30 min	
Revisar el sistema de gas	Técnico	Diario	20 min	Si existe un taponamiento llevar a mantenimiento el sistema para evitar accidentes.
Revisar la estructura del equipo	Operario	Diario	5 min	Limpieza con ácido nítrico al 20%, secar con un paño limpio.

3.4. Mantenimiento correctivo

Consiste en el cambio de piezas o elementos que conforman el destilador prototipo por arrastre de vapor, ya que pueden existir daños como es en los pernos de la brida, los empaques del sistema de alimentación, o en el sistema de gas ya que pueden existir taponamientos, esto se da debido a que existe un desgaste de estos elementos en el equipo, se da debido a un mal mantenimiento preventivo.

4. SEGURIDAD

4.1. Seguridad industrial

La seguridad industrial tiene por objeto la prevención y limitación de riesgos en entornos industriales, abarca aspectos como la seguridad física de los trabajadores, bienestar a largo plazo, tener una infraestructura idónea. Tiene como finalidad garantizar que las actividades realizadas en el lugar de trabajo no perjudiquen a los trabajadores a causa de accidentes laborales.

4.2. Riesgos generales

Los accidentes de trabajo se deben a varias causas que ponen en peligro la integridad física del trabajador.

4.3. Actos inseguros

- I.** Levantar cargas de forma incorrecta.
- II.** Situarse en lugares peligrosos.
- III.** No utilizar la protección personal.
- IV.** Poner máquinas en marcha sin autorización.
- V.** No avisar previamente de la intervención crítica que se practica.
- VI.** No asegurar los dispositivos de corte en las reparaciones.
- VII.** Quitar las protecciones.
- VIII.** Utilizar equipos y materiales inadecuados para trabajos concretos.
- IX.** Consumir bebidas alcohólicas en el trabajo.
- X.** No respetar las normas de circulación.

4.4. Condiciones inseguras:

- I.** Puntos de operaciones desprotegidos.
- II.** Protecciones inadecuadas. Falta de protecciones.
- III.** Materiales o herramientas defectuosos.
- IV.** Deficiencias en cuanto a orden y limpieza.
- V.** Sistema de avisos incorrectos.
- VI.** Niveles excesivos de polvo, gases y radiaciones.
- VII.** Deficiente ventilación e iluminación
- VIII.** Puntos calientes en atmósferas de materiales peligrosos.

4.5. Equipos de protección personal

Es necesario utilizar equipos de protección personal especializados para evitar riesgos y accidentes laborales:

4.5.1. Ropa Protectora

La ropa protectora puede proteger al trabajador del contacto con el polvo, aceite e incluso sustancias causticas o corrosivas.

Mandiles:

Gráfico N° 1

Ropa protectora



Fuente: <https://textilsanpedro.com/web/index.php/tejidos/tejido-para-hospitales/telas-para-batas>

Las prendas de tela se utilizan cuando se requiere una ligera protección, en especial contra el polvo. La tela utilizada más corrientemente es la de algodón estrechamente tejido, y el modelo más aceptado es el mandil con puños ajustados en las muñecas.

4.5.2. Protección de ojos y cara

Debido a la diversidad de condiciones de trabajo, los peligros existentes para los ojos y de acuerdo con el tipo de protección.

4.6. Contra líquidos, humos y vapores y gases

Gráfico N° 2

Gafas



Fuente: <https://www.soefecepp.com/gafas-de-seguridad/>

Estos anteojos deben proporcionar un cierre hermético para los ojos, evitando el contacto con el líquido, humo, vapor o gas.

Los materiales de fabricación son diversos y se caracterizan porque sus bordes van en contacto con la piel.

4.7. Protección de manos y brazos

Las extremidades superiores son la parte del cuerpo que se ven expuestas con mayor frecuencia al riesgo de lesiones. Las manos y brazos se deben proteger contra riesgos materiales calientes, abrasivos, corrosivos esto se lo debe realizar con guantes adecuados.

Guantes de asbesto

Gráfico N° 3

Guantes de asbesto



Fuente: <https://www.amazon.com.mx/BENZI-Aislamiento-Resistente-Industriales-Incrustaciones/dp/B07KF82317>

Los guantes elaborados con este material son principalmente resistentes al calor y al fuego tienen en su interior un forro de algodón.

5. Medidas preventivas

Verificar que la máquina se encuentre en buen estado:

- ✓ Utilizar los guantes de asbesto cuando el equipo se encuentre caliente
- ✓ Evitar abrir el equipo mientras que este permanezca aún caliente
- ✓ Usar siempre el EPP individual adecuado para proteger la salud del trabajador y evitar accidentes.
- ✓ Mantener un nivel de higiene alto
- ✓ Estar siempre atentos a las posibles fuentes de inflamación.

Elaborado por:	Arébalo Villagómez Lizeth Xiomara Sánchez Luna Evelyn Mikaela
Aprobado por:	Mgs. Edmundo Cabezas
Fecha de Revisión y Aprobación:	Riobamba, 08 de Junio de 2021

ANEXO N° 2

GUÍA DE LABORATORIO RECONOCIMIENTO Y ENSAMBLAJE DEL DESTILADOR

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA			
GUÍA DE PRÁCTICAS PERIODO ACADÉMICO: DICIEMBRE 2020 – ABRIL 2021				VERSIÓN: 1	Página 1 de 2
CARRERA: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL		DOCENTE:		SEMESTRE: PARALELO:	
NOMBRE DE LA ASIGNATURA:		CÓDIGO DE LA ASIGNATURA:		LABORATORIO A UTILIZAR: Procesos Agroindustriales	
Práctica No.:	Tema: Reconocimiento y ensamble del destilador por arrastre de vapor	Duración (horas) 20 min	No. Grupos	No. Estudiantes (por Grupo)	
Objetivos de la Práctica: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocer las partes del destilador por arrastre de vapor para un manejo adecuado 					
Objetivos específicos <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aprender a realizar el montaje y desmontaje del destilador por arrastre de vapor 					
Equipos, Materiales e Insumos: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Destilador por arrastre de vapor ✓ Indumentaria apropiada ✓ Agua 					
Procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar la caldera en un lugar adecuado asegurándose que se mantenga estable las 3 patas. 					

- ✓ En la caldera se introduce la mezcla de agua hasta el nivel de la canasta donde se coloca el producto que se va a destilar puede ser, tallos de plantas, hojas, semillas, etc)
- ✓ se tapa con la cúpula y se ajustan los pernos de la brida
- ✓ verificar que la hornilla se encuentre ubicada correctamente con fuego encendiendo para elevar la temperatura de la mezcla de agua y el producto que se va a destilar
- ✓ El agua caliente se evapora por el calor y arrastra consigo la esencia
- ✓ Antes se debe hacer pasar por el serpentín que está totalmente cubierto de agua fría para obtener la esencia
- ✓ Se deja enfriar de 15 a 20 minutos para proceder abrir el destilador.

NOTA: Es muy importante que la brida del equipo sea bien cerrada, las 8 perillas deben ser cerradas en cruz, para que la misma presión sea aplicada en todos, garantizando un cierre adecuado y seguro. Antes de realizar cualquier trabajo o procedimiento verificamos que el equipo se encuentre frío, utilizar indumentaria apropiada para evitar riesgos y accidentes como también daños en el destilador.

Conclusiones

Con un buen ensamblaje tanto Sistema de alimentación de producto y soporte, Lente del destilador y accesorios y el sistema de serpentín y soporte se procede a ensamblar correctamente el destilador y evitar riesgos durante el proceso de obtención de aceite esencial.

Al reconocer e identificar las partes del destilador existirá un riesgo menor de accidentes y daños del equipo por mal uso del mismo.

Anexos:

Elaborado por:	Arébalo Villagómez Lizeth Xiomara Sánchez Luna Evelyn Mikaela
Aprobado por:	Mgs. Edmundo Cabezas
Fecha de Revisión y Aprobación:	Riobamba, 08 de Junio de 2021

ANEXO N° 3

OBTENCIÓN DE ACEITE ESCENCIAL DE LAS HOJAS DEL EUCALIPTO

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA				
GUÍA DE PRÁCTICAS PERIODO ACADÉMICO: DICIEMBRE 2020 – ABRIL 2021					VERSIÓN: 1 Página 1 de 2	
CARRERA: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL		DOCENTE:		SEMESTRE: PARALELO:		
NOMBRE DE LA ASIGNATURA:		CÓDIGO DE LA ASIGNATURA:		LABORATORIO A UTILIZAR: Procesos agroindustriales		
Práctica No.:	Tema: Obtención de aceite esencial de las hojas de Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Duración (horas) 4	No. Grupos	No. Estudiantes (por Grupo)		
Objetivos de la Práctica: <p>✓ Obtención de aceite esencial de las hojas de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) mediante un proceso de destilación por arrastre de vapor.</p>						
Introducción: <p>La destilación por arrastre con vapor de agua es el método más común para la obtención de aceites esenciales. Se trata de un proceso de separación por el cual, mediante el uso de vapor de agua, se vaporizan los componentes volátiles de la materia vegetal. El proceso de obtención de aceite esencial implica la selección de materia prima, un proceso de limpieza, pesado, un proceso de destilación por arrastre de vapor por 60 minutos para luego proceder al envasado.</p>						
Equipos, Materiales e Insumos: <ul style="list-style-type: none"> ✓ 1 Vaso de precipitación ✓ 1 Embudo de decantación ✓ 5 Papel filtro ✓ 10 Envases ✓ 1 Bandeja de plástico ✓ 1 Tijeras ✓ 1 Destilador por arrastre de vapor (acero inoxidable 304) Capacidad 10 L 						

- ✓ 1 Estufa
- ✓ 1 Balanza
- ✓ 500 g Eucalypto (*Eucalyptus globulus*)
- ✓ 10 L Agua
- ✓ 10 ml Cloro

Procedimiento:

- ✓ Recolectar la materia prima en este caso Eucalypto (*Eucalyptus globulus*).
- ✓ Se procede a lavar la materia prima en este caso el Eucalypto (*Eucalyptus globulus*) se utiliza 10 L de agua purificada con 10 ml de cloro para evitar una contaminación por las impurezas de este al momento de obtener el aceite esencial.
- ✓ Se procede a pesar 500 g de Eucalypto (*Eucalyptus globulus*)
- ✓ A primera destilación se realiza utilizando apenas las hojas, las cuales se separa de los tallos con la ayuda de una tijera y colocadas en una bandeja plástica la cantidad ideal es de 500 gramos de materia prima.
- ✓ Las hojas fueron e colocadas en el cesto y el mismo fue tapado y colocado dentro de la cuba del equipo, la cual fue abastecida con agua a temperatura ambiente, con el nivel interno aproximadamente 10 cm abajo del nivelador.
- ✓ Durante el funcionamiento del equipo, ocurre el calentamiento de la caldera, causando ebullición del agua. El vapor pasa por las hojas, rompiendo los depósitos y cavidades, y liberando la esencia que consecuentemente se evapora juntándose al vapor. En el vidrio colector lateral va ocurriendo condensación y, consecuentemente, la acumulación de agua, y en seguida la acumulación del aceite esencial, que posee una densidad menor, quedando en la parte superior.
- ✓ Después de 30 minutos en funcionamiento, la fase oleosa comenzó a aparecer, y después de 1 hora de funcionamiento del equipo se consideró el final de la extracción.
- ✓ Se procede a envasar el aceite esencial de Eucalypto (*Eucalyptus globulus*).

NOTA: Es muy importante que la brida del equipo sea bien cerrada, las 8 perillas deben ser cerradas en cruz, para que la misma presión sea aplicada en todos, garantizando un cierre adecuado y seguro.

Anexos:

Elaborado por:	Arébalo Villagómez Lizeth Xiomara Sánchez Luna Evelyn Mikaela
Aprobado por:	Mgs. Edmundo Cabezas
Fecha de Revisión y Aprobación:	Riobamba, 08 de Junio de 2021

ANEXO N° 4

OBTENCIÓN DE ACEITE ESCENCIAL DE LAS HOJAS Y TALLOS DEL EUCALIPTO

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA			
GUÍA DE PRÁCTICAS PERIODO ACADÉMICO: OCTUBRE 2019 – FEBRERO 2020				VERSIÓN: 1 Página 57 de 2	
CARRERA: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL		DOCENTE:		SEMESTRE: PARALELO:	
NOMBRE DE LA ASIGNATURA:		CÓDIGO DE LA ASIGNATURA:		LABORATORIO A UTILIZAR: Procesos agroindustriales	
Práctica No.:	Tema: Obtención de aceite esencial de las hojas y tallos de Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Duración (horas) 4	No. Grupos	No. Estudiantes (por Grupo)	
Objetivos de la Práctica: ✓ Obtención de aceite esencial de las hojas y tallos de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) mediante un proceso de destilación por arrastre de vapor.					
Introducción: La destilación por arrastre con vapor de agua es el método más común para la obtención de aceites esenciales. Se trata de un proceso de separación por el cual, mediante el uso de vapor de agua, se vaporizan los componentes volátiles de la materia vegetal. El proceso de obtención de aceite esencial implica la selección de materia prima, un proceso de limpieza, pesado, un proceso de destilación por arrastre de vapor por 60 minutos para luego proceder al envasado.					
Equipos, Materiales e Insumos: ✓ 1 vaso de precipitación ✓ 1 embudo de decantación ✓ 5 papel filtro ✓ 10 envases					

- ✓ 1 bandeja de plástico
- ✓ 1 tijeras
- ✓ 1 destilador por arrastre de vapor (acero inoxidable 304) Capacidad 10 L
- ✓ 1 estufa
- ✓ 1 balanza
- ✓ 500 g Hojas y tallos de Eucalypto (*Eucalyptus globulus*)
- ✓ 10 L Agua
- ✓ 10 ml Cloro

Procedimiento:

- ✓ Recolectar la materia prima en este caso Eucalypto (*Eucalyptus globulus*).
- ✓ Se procede a lavar la materia prima en este caso las hojas y tallos de Eucalypto (*Eucalyptus globulus*) se utiliza 10 L de agua purificada con 10 ml de cloro para evitar una contaminación por las impurezas de este al momento de obtener el aceite esencial.
- ✓ Se procede a pesar 500 g de Eucalypto (*Eucalyptus globulus*)
- ✓ Las hojas y los tallos fueron e colocadas en el cesto y el mismo fue tapado y colocado dentro de la caldera del equipo, la cual fue abastecida con agua a temperatura ambiente, con el nivel interno aproximadamente 10 cm abajo del nivelador.
- ✓ Durante el funcionamiento del equipo, ocurre el calentamiento de la caldera, causando ebullición del agua. El vapor pasa por las hojas, rompiendo los depósitos y cavidades, y liberando la esencia que consecuentemente se evapora juntándose al vapor. En el vidrio colector lateral va ocurriendo condensación y, consecuentemente, la acumulación de agua, y en seguida la acumulación del aceite esencial, que posee una densidad menor, quedando en la parte superior.
- ✓ Después de 30 minutos en funcionamiento, la fase oleosa comenzó a aparecer, y después de 1 hora de funcionamiento del equipo se consideró el final de la extracción. Inicialmente fue colectada la fase acuosa que queda en la parte inferior del vidrio colector y en seguida la fase oleosa fue colectada.
- ✓ Se procede a envasar el aceite esencial de Eucalypto (*Eucalyptus globulus*).

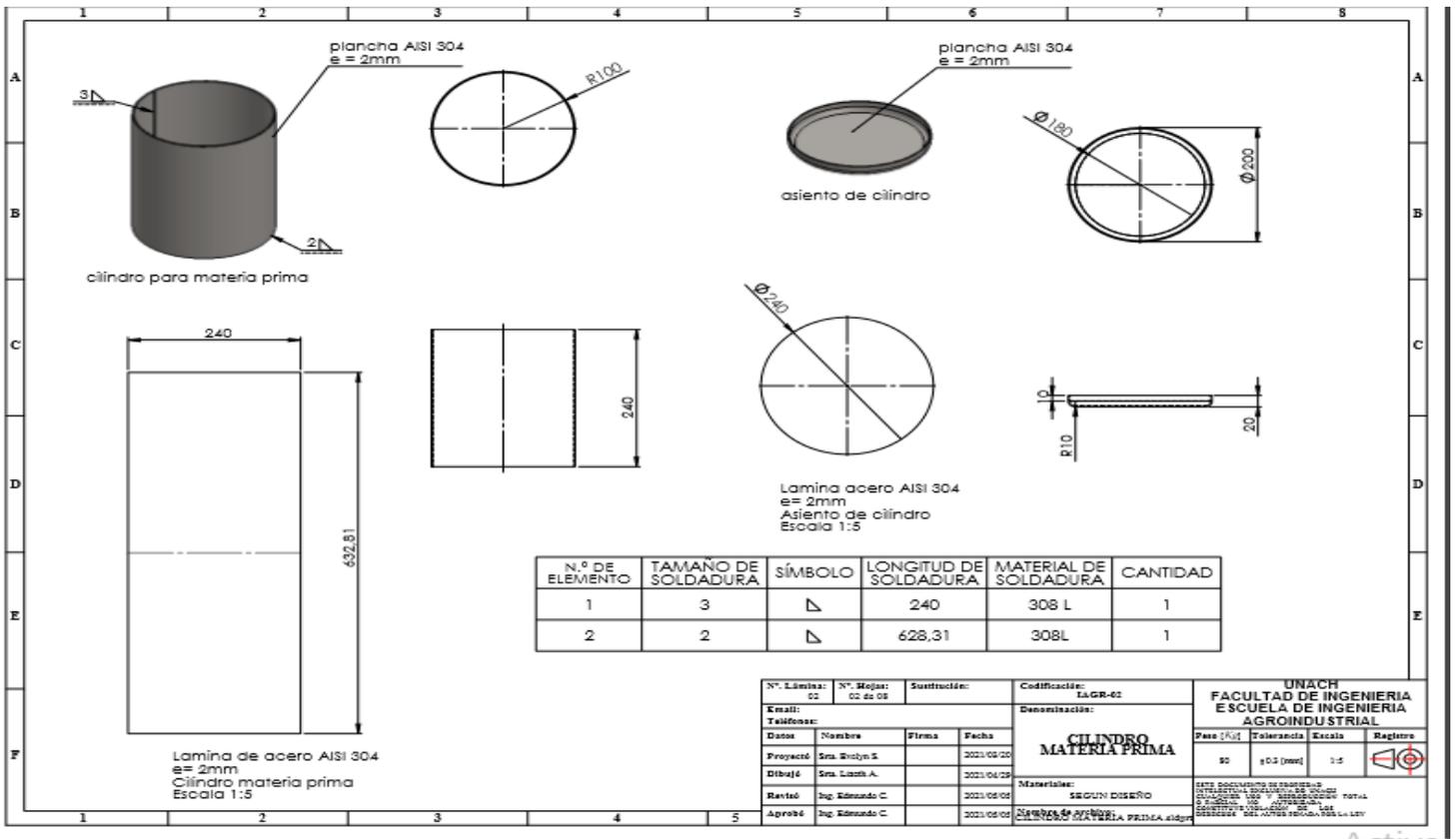
Anexos:

Elaborado por:	Arébalo Villagómez Lizeth Xiomara Sánchez Luna Evelyn Mikaela
Aprobado por:	Mgs. Edmundo Cabezas
Fecha de Revisión y Aprobación:	Riobamba, 08 de Junio de 2021

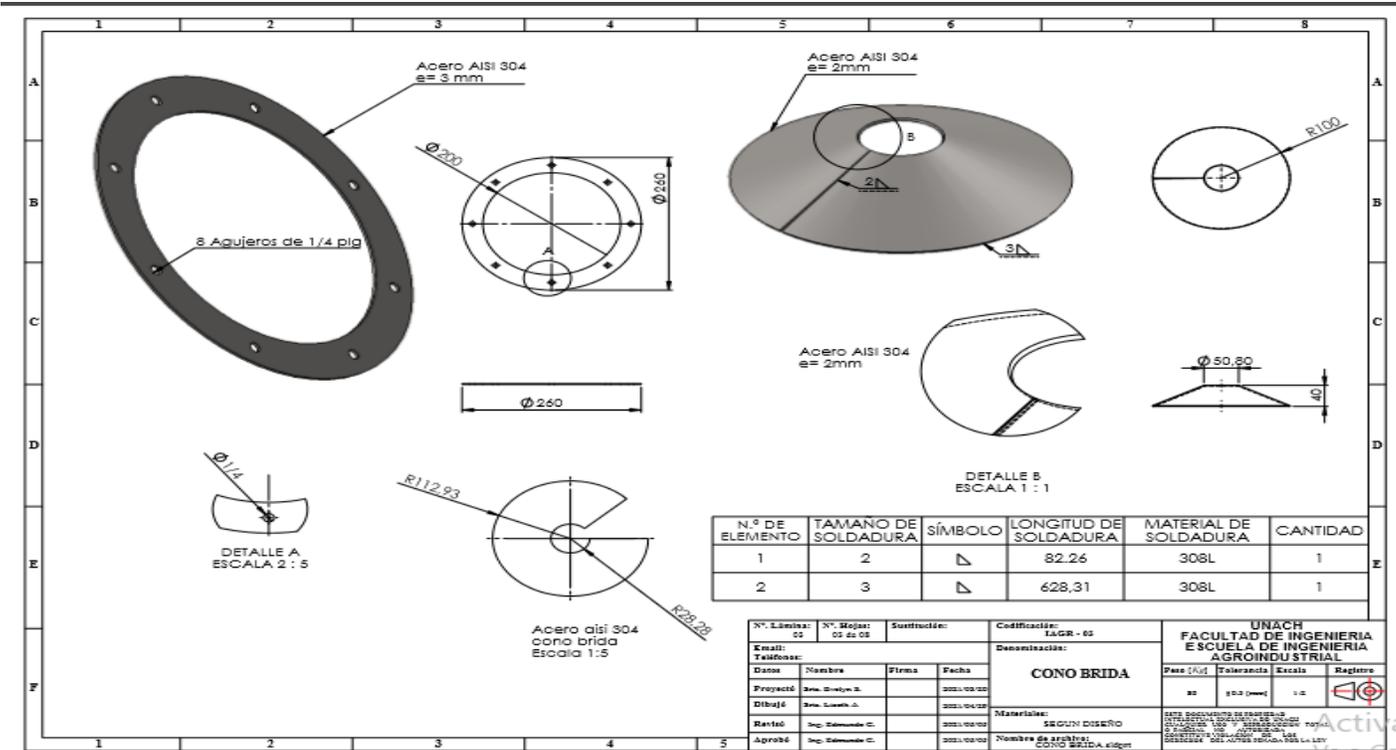
ANEXO N° 5

Planos de destilador prototipo por arrastre de vapor

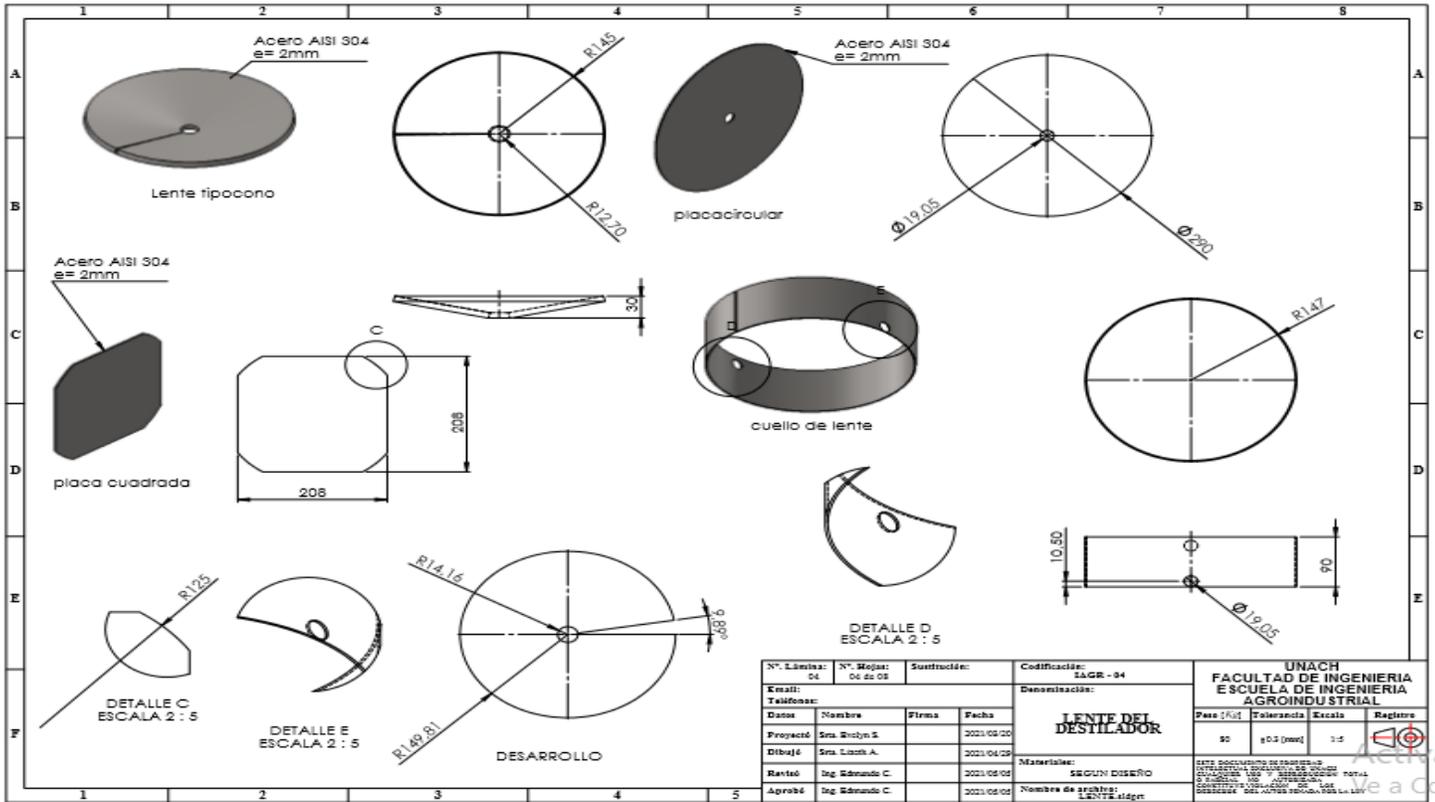
A



B



C



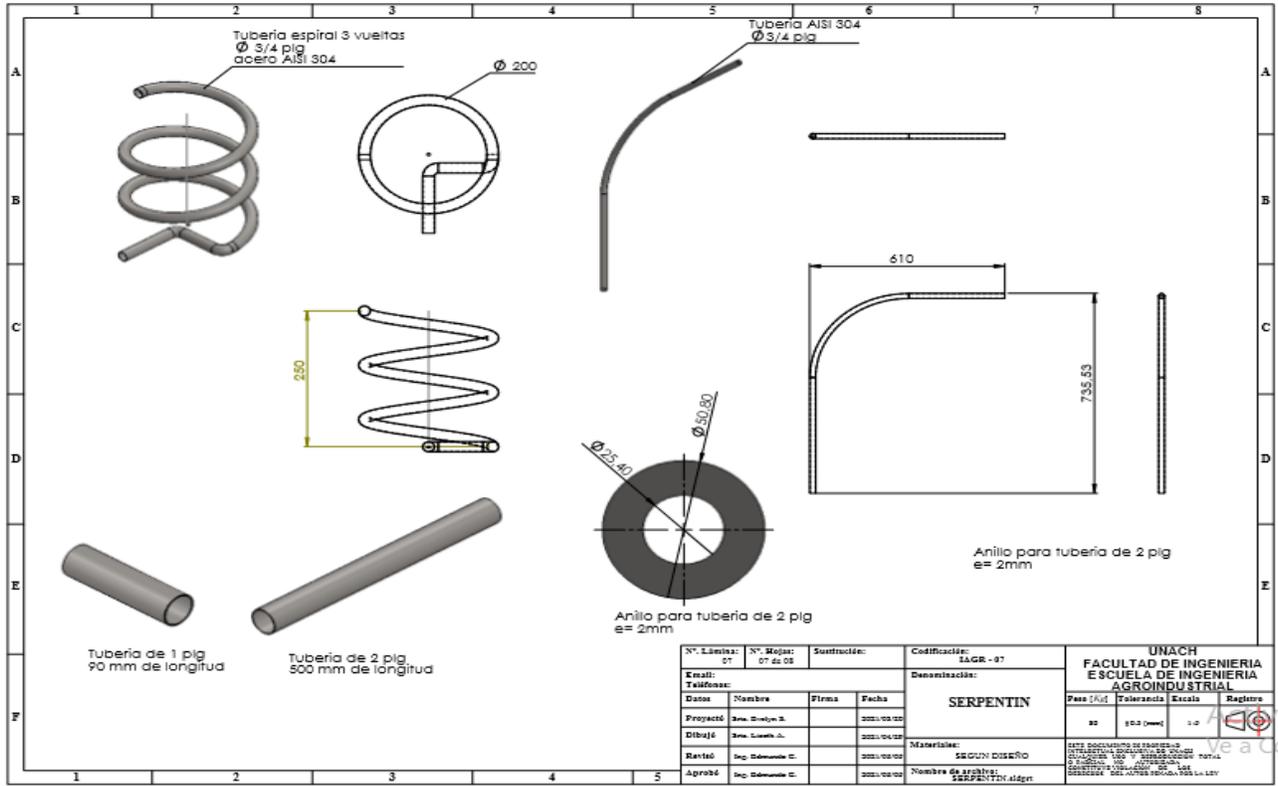
Nº. Lámina: 04	Nº. Hoja: 04 de 08	Sustitución:	Codificación: IAGR - 04	UNACH FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL		
Email: Telfonos: Datos: Proyectó: Dibujó: Revisó: Aprobó:			Denominación: LENTE DEL DESTILADOR		Paso [Kil]: Tolerancia: Escala: Registro:	
Fecha: Firma: Fecha: Firma: Fecha: Firma:			Materiales: SEGUN DISEÑO		50 ±0.3 (mm) 1:5	
Nombre de profesor: Nombre de profesor:			Nombre de profesor: Nombre de profesor:		Este documento pertenece a: UNACH - FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL QUITO - ECUADOR 2023	

D

N.º DE ELEMENTO	TAMANO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	2		300	308L	1
2	3		816,41	308L	1

N.º Límite: 02	N.º Hojas: 05 de 05	Sustitución:	Codificación: EAGR-05	UNACH FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL	
Email:			Denominación:		
Datos:		Nombre	Firma	Fecha	Pase [AV] Tolerancia Escala Registro
Proyectó	Ing. Dreyer R.			2021/03/02	00 0.0 (mm) 1:0
Dibujó	Ing. Leiva J.			2021/04/02	
Revisó	Ing. Edmundo C.			2021/03/02	
Aprobó	Ing. Edmundo C.			2021/03/02	
Materiales:			SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO SE ENVIARÁ A LA FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL PARA SU REGISTRO Y VALIDACION. SE DEBE ENTREGAR EN SU ORIGINAL Y EN COPIA. SE ENTREGARÁ EN SU ORIGINAL Y EN COPIA. SE ENTREGARÁ EN SU ORIGINAL Y EN COPIA. SE ENTREGARÁ EN SU ORIGINAL Y EN COPIA.
Nombre de archivo:			CILINDRO SERPENTIN.dwg		

F

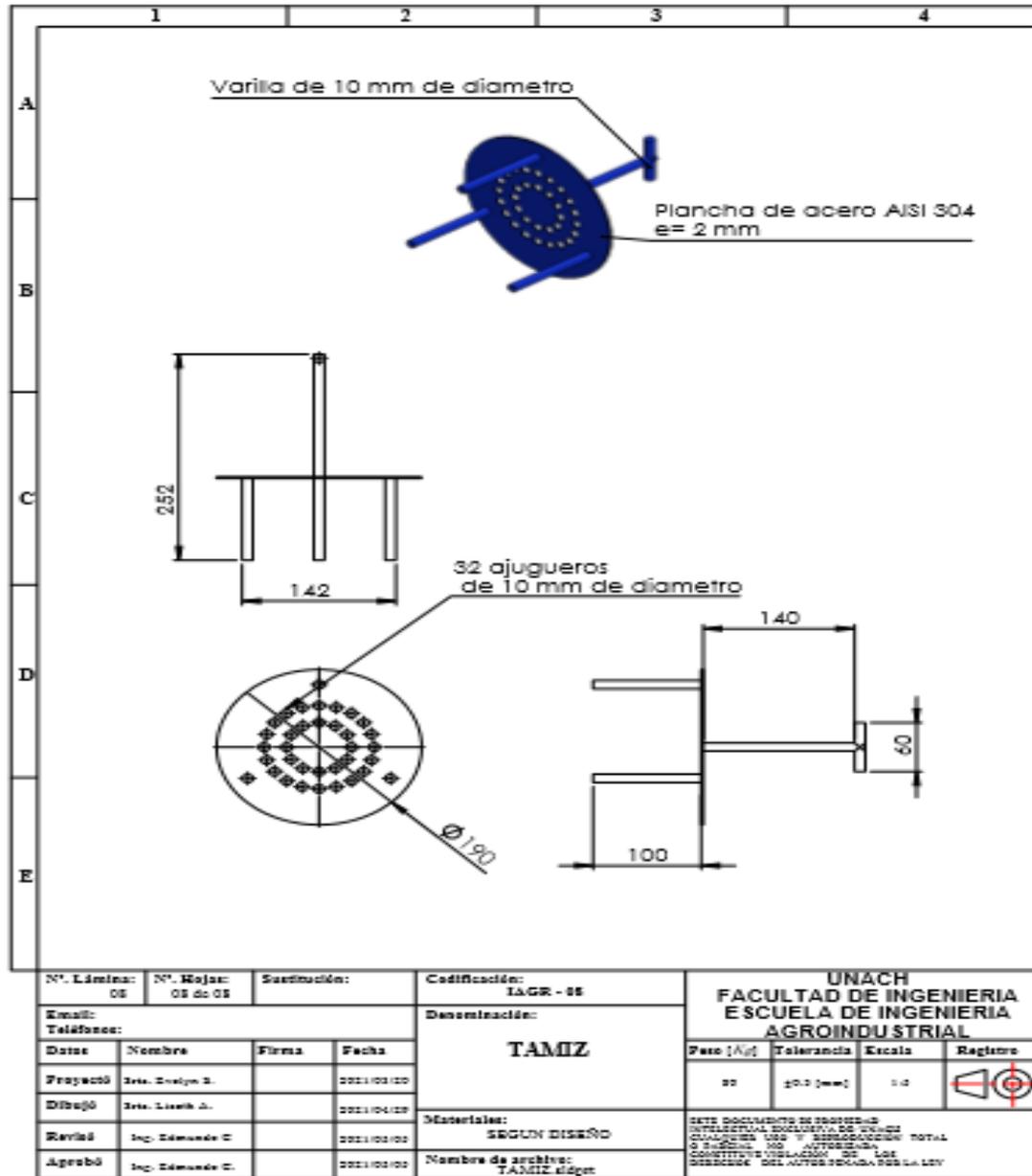


Nº. Lámina:	07	Nº. Hoja:	07 de 08	Sustitución:		Codificación:	LAGR - 07
Email:						Denominación:	SERPENTIN
Teléfono:							
Datos	Nombre	Firma	Fecha				
Proyectó	Eng. Eduardo C.		2021/08/02				
Dibujó	Eng. Leonardo C.		2021/04/28				
Revisó	Eng. Eduardo C.		2021/08/02	Material: SEGUN DISEÑO			
Aprobó	Eng. Eduardo C.		2021/08/02	Nombre de archivo: SERPENTIN.dwg			

UNACH			
FACULTAD DE INGENIERIA			
ESCUELA DE INGENIERIA			
AGROINDUSTRIAL			
Peso (kg)	Tolerancia	Estado	Registro
00	00.0 (mm)	1.0	

ESTE DOCUMENTO DE TRANSFERENCIA DE DISEÑO ES UNO DE LOS RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA UNACH. SE REGISTRA DE ACUERDO A LA LEY DE DERECHOS DE AUTORÍA DE LA UNACH.

H



Elaborado por: (Arébalo L, Sánchez E.)

Interpretación:

A: Plano del cilindro de materia prima. **B:** Plano del cono brida. **C:** Plano del lente del destilador. **D:** Plano del cilindro para serpentín. **E:** Plano de las patas del cilindro. **F:** Plano del serpentín. **G:** Plano del destilador prototipo por arrastre de vapor. **H:** Plano del tamiz.

ANEXO N° 6

Ensayo para la obtención de aceite esencial de eucalipto a partir de una destilación simple por arrastre de vapor

A



B



C



D



E



F



G



H



I



Interpretación:

A: Pesaje de la materia prima. **B:** Adición de agua y colocación de la rejilla en la caldera. **C:** Adición de la materia prima (Hojas y tallos de eucalipto) en la caldera. **D:** Cerramiento de la cúpula y ajuste de pernos de la brida. **E:** Adición de agua en el cilindro que contiene el serpentín. **F:** Encendido del quemador. **G:** Aparición del hidrolato y obtención del aceite. **H:** Decantación para la separación del aceite esencial de eucalipto y el hidrolato. **I:** Obtención del aceite esencial de eucalipto.