

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El mercado de los aceites esenciales se encuentra en crecimiento, esto debido a que los consumidores toman más en cuenta los beneficios para la salud en el consumo de productos elaborados con aceites esenciales como ingredientes naturales y orgánicos en el cuidado personal, en bebidas, productos para el hogar, aromaterapia, etc.

Según el centro de investigación Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas (TRADAMEP) se comercializan unos 160 aceites esenciales a escala mundial. Pese a que cerca del 65% de toda la producción procede de países en desarrollo, la Unión Europea sigue dominando el comercio en un sector que abastece a los mercados de las fragancias, la cosmética, la aromaterapia y la alimentación.

Mercado mundial

Según análisis la EMR, el mercado latinoamericano de aceites esenciales alcanzó un valor de USD 2.280 millones en el año 2021. Durante 2023-2028, se anticipa que el mercado crezca a una tasa de crecimiento anual compuesta de 9,04%. (EMR, 2022)

Los aceites esenciales son materiales volátiles que generalmente se destilan de los tallos, hojas, semillas, raíces o flores de la planta. Algunos de sus métodos de extracción comunes incluyen la destilación al vapor, la extracción con solventes, la expresión, entre otros. Los aceites esenciales más comunes son lavanda, árbol de té, naranja, limón, menta, de maíz, etc. Estos aceites tienen propiedades antibacterianas, antivirales, antifúngicas y antimicrobianas, por lo que ayudan a tratar diversas enfermedades y afecciones de salud, incluida las afecciones de la piel, inflamación, estrés, resfriado y tos, problemas digestivos, depresión, ansiedad, etc.

El crecimiento del mercado de aceites esenciales en América Latina se ve estimulado por la creciente conciencia de los consumidores sobre las propiedades medicinales y calmantes de los aceites esenciales. Además, a medida que las personas se vuelven más

conscientes de la salud, aumenta el consumo de productos naturales y orgánicos, lo que, a su vez, ha impulsado la demanda de aceites esenciales en los últimos años.

(EMR, 2022)

Mercado nacional

Los aceites esenciales se elaboran principalmente en la ciudad de Cochabamba que elabora distintos aceites esenciales que abastecen solo al mercado nacional, y asegura su venta a los laboratorios.

- El agroquímico: Es un centro de investigación de extracción de aceites esenciales de plantas de la ciudad de Cochabamba, lleva muchos años en la producción de aceites esenciales entre los cuales está el de Eucalipto y Molle como principales productos.

El aceite esencial se comercializa en grandes cantidades con venta asegurada a los laboratorios que elaboran el Mentisan.

- A&E Uni-k: Laboratorio cosmetológico produce más de 25 tipos de aceites esenciales, la empresa cochabambina se enfoca a la producción de aceites esenciales y productos de cosmética natural de alta calidad elaborados con materia prima de la variada riqueza vegetal del país.

OBJETIVOS

Los objetivos de estudio planteados se presentan a continuación.

Objetivo general

Diseñar una planta piloto para la extracción de aceite esencial de lavanda para el municipio de El Puente.

Objetivos específicos

- Realizar el estudio de mercado del aceite esencial de lavanda.
- Calcular la disponibilidad de materia prima.
- Determinar la capacidad y localización de la planta piloto de extracción de aceite esencial de lavanda.
- Calcular la capacidad de los equipos de la planta piloto de extracción de aceite esencial de lavanda.
- Realizar el análisis económico del proyecto.

JUSTIFICACIÓN

- Con el diseño de la planta de extracción de aceites esenciales en el departamento de Tarija se busca impulsar la inversión en proyectos con este enfoque y de similar magnitud, a su vez abrir puertas de nuevos mercados que generaría mayor inversión en el departamento y flujo económico de ser puesta en marcha una planta de extracción de aceite esencial de lavanda aumentar la demanda de materia prima lo que generaría mayor impulso de los pequeños productores del departamento del municipio el Puente.
- La elaboración del diseño de la planta de extracción de aceite esencial de Lavanda busca determinar la capacidad de la planta y el diseño de los equipos necesarios para la extracción para posteriormente la puesta en marcha generando fuentes de empleo en las etapas que se vean establecidas para su implementación.

En el estudio de mercado establece un precio accesible para el consumo de la población tomando en cuenta que los múltiples beneficios de este aceite es el consumo personal.

- La demanda de aceite esencial de lavanda fue testigo de una tendencia significativamente creciente, debido a los beneficios que posee, como eliminar bacterias dañinas, aliviar espasmos musculares, aliviar flatulencias, desinfectar y calmar la piel inflamada, especialmente cuando es resultado de una picadura de insecto venenoso y con picazón, promover la curación rápida de la piel irritada y con cicatrices, y alivia la tensión muscular cuando se usa durante un masaje insomnio. El presente proyecto de investigación aplicada, está dirigido a incentivar el cultivo de flores de Lavanda en el departamento de Tarija, otorgándole valor agregado a través de su procesamiento, produciendo una alternativa agroindustrial con la obtención de un producto de buena calidad y rendimiento, como lo es el Aceite Esencial de Lavanda. Principalmente por sus variados beneficios en la salud, además de ser utilizado en el sector industrial como base para la elaboración de productos, por ejemplo, ambientadores, líquidos limpia pisos, perfumes, ungüentos, entre otros.

CAPÍTULO I ESTUDIO DE MERCADO

1.1. GENERALIDADES

Los aceites esenciales son productos volátiles olorosos generalmente de composición compleja que se obtienen a partir de materia prima vegetal (semillas, cortezas, tallos, raíces, flores y otras partes de las plantas) definida botánicamente. Al ser sustancias líquidas volátiles se pueden extraer mediante destilación, ya sea con vapor o por inmersión en agua caliente o por procesos mecánicos apropiados sin calentamiento. Los aceites esenciales se separan normalmente de la fase acuosa mediante un proceso físico que no afecte significativamente su composición.

El porcentaje de aceite que se encuentre en cada una de ellas depende del tipo de planta, cabe resaltar que las plantas con mayor potencial de aceites esenciales son las que pertenecen a la familia de las Labiadas; entre las que destacan plantas como la menta, tomillo, romero, lavanda, orégano, entre otras. (RomeroFaya, 2016).

1.1.1. Aceite esencial de lavanda

El constituyente principal del aceite de lavanda es el “linalol”, en estado libre, del 30 al 40% y bajo la forma de compuesto en los ácidos acético, butírico, valerianico y caproico. Se comprueba además la presencia de linoleno, alfa – pineno, cariofileno, geraniol, nerol y cineol, ésteres en pequeña proporción. Es decir, que posee abundancia de ésteres y carencia de alcanfor.

El aceite de lavanda, según la farmacopea, procede de *Lávandula angustifolia*, mientras que los aceites procedentes de los híbridos, también utilizados, son conocidos entre los destiladores como aceite esencial de lavandín. Las hojas y sumidades floridas de la lavanda, contienen 1% de derivados térpenicos, ácido ursólico; cumarina y herniarina en forma de glucósido: ácido rosmarínico y picrosalvina. (CAMARENA, 2015)

Los aceites esenciales puros de *Lavándula angustifolia* se utilizan en perfumería, cosmética, así como por sus propiedades antimicrobianas y gastrointestinales. Estos aceites se caracterizan por un elevado nivel de linalol y acetato de linalilo. La cantidad

de 1,8-cineol y alcanfor a menudo varía entre muy baja a moderada. (CAMARENA, 2015)

La lavanda se ha utilizado y apreciado desde hace siglos por su aroma inconfundible y sus innumerables beneficios. En la antigüedad, los egipcios y los romanos usaban lavanda para el baño, la relajación, para cocinar y como un perfume; es ampliamente utilizada por sus cualidades calmantes y relajantes que siguen siendo las cualidades más notables de la lavanda. La lavanda se usa con frecuencia para reducir la apariencia de las imperfecciones de la piel. Agrégala al agua del baño para liberarte del estrés o aplícala en las sienes y en la nuca. Agrega unas gotas de lavanda a las almohadas, a la ropa de cama o en las plantas de los pies para promover una noche de sueño reparador. Debido a las propiedades versátiles de la lavanda, se considera el aceite que se debe tener a mano en todo momento. (doTERRA, 2015)

1.2. MERCADO INTERNACIONAL DE ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA.

Desde el año 2018 el código del aceite de lavanda 330123 fue integrado al código 330129 de Aceites esenciales, destilados o no, incl. los "concretos" o "absolutos" (exc. de agrios "cítricos", de geranio, de jazmín, de lavanda "espliego", de lavandín, de mentas y de espicanardo "vetiver").

Por tanto, los valores siguientes incluyen valores de aceite esencial de lavanda

Tabla I-1 Valor Importado en dólares americanos

CÓDIGO	Valor importado en dólares americanos			
	2019	2020	2021	2022
330129	2.498.706	2.589.495	2.684.782	2.396.622

Fuente: TRADE MAP, 2024

Tabla I-2 Valor Exportado en dólares americanos

CÓDIGO	Valor Exportado en dólares americanos			
	2019	2020	2021	2022
330129	2.178.758	2.323.678	2.508.291	2.178.577

Fuente: TRADE MAP, 2024

1.2.1. Características del mercado regional

En la ciudad de Tarija no se realiza extracción de aceites esenciales de tipo semiindustrial o escala piloto, solamente se incursionó con la extracción del aceite esencial de manera artesanal.

La industrialización tarijeña se ha visto afectada los últimos años, sin embargo, nuevos proyectos e industrias se han visto beneficiadas con incentivos a la pequeña y media industria, mismas que han emprendido el camino de la innovación en productos principalmente en aquellos con beneficios a la salud, es así que se observa posibilidades

1.3. ESTRUCTURA DEL MERCADO

Se describe a continuación el alcance a cubrir en el mercado nacional del aceite esencial de lavanda del departamento de Tarija para satisfacer la demanda del consumidor.

La producción y demanda del aceite esencial de Lavanda tiene aplicabilidad para la elaboración de fármacos, cosméticos, productos de limpieza.

1.3.1. Características del mercado

Con el paso de los años y las constantes investigaciones para descubrir los beneficios de diferentes plantas que se eran usadas en la antigüedad, se pudo descubrir las múltiples aplicaciones y beneficios de los aceites esenciales. Por tanto, el consumo de dichos aceites fue creciendo y su demanda ha incrementado año con año. La gran aplicabilidad del aceite esencial de lavanda a dado una gran gama de nuevos subproductos en el mercado regional, nacional e internacional.

1.4. DESCRIPCIÓN Y ESPECIFICACIONES DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.

1.4.1. Materia prima: Lavanda

La lavanda (*lavandin Agustifolia*)

1.4.2. Descripción de la materia prima Lavanda

Arbusto de aroma característico, de 50 - 80 cm de altura. Tallos leñosos, muy ramificados, de los que nacen ramas herbáceas profusamente cubiertas de hojas opuestas, angostas y alargadas, de 2 - 5 cm de longitud. Flores pequeñas, de color azul-grisáceo o violáceo, reunidas en espigas cuyos pedúnculos pueden alcanzar entre 10 - 20 cm, que florecen desde mediados de verano hasta principios de otoño. Su fruto es un aquenio. (TRADICIONALES, s.f.)

Ilustración 1-1 Partes de la lavanda



Fuente: Medicamentos Herbarios Tradicionales.

La Flor de lavanda es resistente y puede crecer en casi cualquier suelo bien drenado; sin embargo, la planta promedio puede prosperar con ciertos requisitos de clima y suelo. Aunque una planta de lavanda promedio puede sobrevivir sin suministro de agua artificial o fertilización, el cultivo comercial de lavanda implica una serie de

actividades. La siembra, el riego, la fertilización, el control de malezas y la cosecha son muy importantes y afectan el rendimiento final. (WIKIFARMER, 2017)

1.4.3. Aplicabilidad del aceite esencial de lavanda

A nivel terapéutico, al aceite esencial de lavanda se le atribuyen las siguientes propiedades:

Propiedades relajantes y sedantes: Es tal vez lo más destacado del aceite esencial de lavanda, lo que lo hacen muy indicado para situaciones de estrés, para favorecer el sueño y combatir el insomnio, para calmar la ansiedad.

Propiedades anti dolor: Son las responsables de uno de los beneficios de la lavanda más conocidos, el de aliviar diferentes tipos de dolor, como el dolor de cabeza o el dolor de regla.

Propiedades hipotensoras: La lavanda ayuda a regular la tensión arterial activando un canal específico del potasio en los vasos sanguíneos que favorece su dilatación y reduce la presión arterial. Además, tranquiliza, lo que también contribuye a mantener la tensión arterial a raya.

Propiedades para la piel: El aceite esencial de lavanda también es un valioso remedio para cicatrizar diferentes tipos de heridas y quemaduras y se recomienda para tratar ciertos tipos de eccema y para calmar los picores. (JOVER, 2022)

1.5. Análisis de la oferta y la demanda de lavanda y aceite esencial de lavanda

1.5.1. Tipo de muestreo

El tipo de muestra que se utilizará en el presente proyecto será el muestreo probabilístico aleatorio simple sin reemplazo.

1.5.2. Tamaño de muestra

Para poder determinar el tamaño de muestra del presente proyecto se determinará mediante la fórmula de población finita, para lo cual se requiere calcular la población de estudio.

1.5.3. Determinación de la población de estudio

Para determinar la población que será evaluada para el desarrollo del estudio de mercado tomaremos en cuenta los diferentes lugares de abastecimiento como ser: centros naturistas, tiendas de maquillaje, perfumerías y eco-tiendas de maquillaje natural. Tomando en cuenta los datos proporcionados por las sedes tenemos un total de 50 lugares donde se emplean las actividades expuestas.

1.6. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA DE ESTUDIO

Para ejecutar las encuestas en línea, primeramente, se realizó una prueba piloto, se encuestó a 8 lugares al azar en la zona urbana de la ciudad de Tarija, para determinar las características más sobresalientes a cuestionar.

¿Utiliza o comercializa usted aceite esencial de lavanda?

Tabla I-3 Dirección de tiendas encuestadas

Virginio Lema esq Méndez
General Trigo entre Ingavi y Bolívar
15 de abril entre Daniel Campos y Colon
Galería plaza local C11
Av. Domingo Paz esq Campero
Gral. trigo entre Domingo paz y Corrado
15 de abril entre Colon y Suipacha
Froilán Tejerina esq av. Circunvalación

Fuente: Elaboración propia, 2023

Ilustración 1-2 Encuesta piloto para cálculo de población



Fuente: Elaboración propia, 2023

De la muestra de **8** Tiendas, 62,5% usan el aceite esencial de lavanda

Siendo:

Ec. (1-1) Ecuación de probabilidad

$$p = \frac{p}{n} * 100\% \quad \text{Ec. (1-1)}$$

Donde:

p = probabilidad de que ocurra un evento

$q = (1 - p)$ = probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

$$p = \frac{6}{8} * 100\%$$

$$p = 75\%$$

$$q = (100 - 75) = 25 \%$$

Por tanto, la probabilidad de que ocurra un evento estudiado es del 75%.

Considerando un intervalo de confianza del 95%, se determina el error de estimación máximo aceptado.

Siendo:

Ec. (1-2) Error máximo aceptado

$$e = \sqrt{\frac{Z_i * p * (1 - p)}{n}} \quad \text{Ec. (1-2)}$$

Donde:

Z = Parametro estadistico que depende del Nivel de Confianza

p = probabilidad de que ocurra un evento

n = Tamaño de muestra

Datos

e =?

$Z_{95\%} = 1.96$ (dato de tablas)

p = 75%

$$e = \sqrt{\frac{1,96^2 * 0,75 * (1 - 0,75)}{8}} = 0,30 * 100$$

$$e = 30\%$$

Por tanto, el error de estimación máximo aceptado es del 30%

Para poder encontrar el tamaño de la muestra del presente proyecto se utilizó la fórmula de población finita ya que el alcance de nuestro proyecto tiene un número limitado de elementos es decir que se sabe la cantidad de población en la que se desea realizar el presente estudio

Ec. (1-3) Tamaño de la muestra

$$\mathbf{n} = \frac{Z^2 * N * p * q}{(e^2(N-1)) + (Z^2 * p * q)} \quad \text{Ec. (1-3)}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

Z = Nivel de confianza.

N = Población.

p = Probabilidad de confianza.

q = Probabilidad en contra.

e = Error de estimación o de precisión de los datos.

Datos

$n = ?$

$Z_{95\%} = 1.96$ (dato de tablas)

$p = 0.75$

$N = 50$

$q = 0.25$

$e = 0.30$

$$\mathbf{n} = \frac{1,96^2 * 50 * 0,75 * 0,25}{(0,30^2(50 - 1)) + (1,96^2 * 0,75 * 0,25)}$$

n = 8

Uso y comercialización de aceites

De los locales encuestados solo el 80% comercializa aceites esenciales en general

$$= \frac{80\% \text{ venta de A. E.}}{100\% \text{ venta de aceites en gral}} * 50 \text{ establecimiento.}$$

= 40 comercializan ACEITES ESENCIALES

Uso y Comercialización del A.E. de LAVANDA por mes

Del 100% de los lugares encuestados el 62,5% comercializa aceite esencial de lavanda

$$40 \text{ establecimientos comercializan } * \frac{62,5\% \text{ vende 5 unidades al mes}}{80\%}$$

156 unidades de 30 ml al mes

1.875 unidades de aceite esencial de lavanda al año

Tomando en cuenta que el abastecimiento de dichos aceites está siendo satisfecho por el mercado nacional e internacional ya que no existe un producto regional como ACEITE ESENCIAL en sí, solo presentados como aceite o extracto oleoso ya que estos no presentan aceite esencial puro y si otro tipo de diluyentes.

Ec. (1-4) Valor Futuro

$$VF = VA * (1+i)^n \quad \text{Ec. (1-4)}$$

VF= Valor futuro

VA= Valor actual

i = Índice de crecimiento de la población 0,021

n= Año de análisis

Tabla I-4 Análisis de demanda por año

AÑO	Demanda de aceite esencial de Lavanda	
	Cantidad de envases de 30 ml	Litros
2023	1.875	56,25
2024	1.914,37	58
2025	1.995,62	59,86
2026	2.124	63,72
2027	2.308.12	69,24
2028	2.560,86	76,83
2029	3.087,90	92,63
2030	3.571,44	107,14
2031	4.217,44	126,52
2032	5.084,87	152,55
2033	6.198.42	185,95

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En la tabla I-7 se observa la demanda de aceite esencial de lavanda en una progresión por año hasta el 2033, según la mayor presentación del mercado se encuentra en envases de 30 ml, motivo por el que se estima las unidades requeridas de estos envases. Los datos necesarios para el cálculo de la demanda se encuentran reflejados en el anexo II.

1.6.1. Demanda Total

Tomando en cuenta que ya existe un mercado que se encuentra abasteciendo la demanda del aceite esencial de lavanda tomaremos en cuenta un nivel de confianza al producto es de un 60% ya que existen productos ya establecidos en el mercado regional por tanto la aceptación del producto no será de un 100% de la población.

Tomando en cuenta que tenemos 240 días hábiles al año apropiadamente en jornadas de 5 días a la semana. Tomaremos en cuenta un periodo de 200 días de extracción por año.

La demanda final se obtuvo considerando un nivel de confianza del 60%, por susceptibilidad de aceptación de producto. (Vargas, 2021)

$$D_{final} = D_{total} * 0.60$$

Tabla I-5 Demanda final de aceite esencial de lavanda

AÑO	Demanda final de aceite esencial de Lavanda	
	l/año	ml/día
2024	34,8	174
2025	35,916	179,58
2026	38,232	191,16
2027	41,544	207,72
2028	46,098	230,49
2029	55,578	277,89
2030	64,284	321,42
2031	75,912	379,56
2032	91,53	457,65
2033	111,57	557,85

Fuente: Elaboración propia, 2023.

1.7. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO Y POLÍTICAS DE COMERCIALIZACIÓN.

La cosmética natural consiste en productos hechos con materia prima 100% natural, su impacto en el mundo es que no genera residuos químicos que perjudiquen al medio ambiente, no permite el uso de derivados del petróleo, no utiliza animales para tests y potencia el uso de elementos de procedencia vegetal.

El producto a realizar es una de las materias primas más importante para la elaboración de productos como ser los productos de cosmética natural que se encuentra en crecimiento debido a su gran aporte a la salud de la piel.

1.7.1. Cosmética natural

- **Botanika** es una línea de cosmética natural y de autor líder en Bolivia. Cuenta con una filosofía ecológica, natural, armoniosa y enfocada al cuidado del medio ambiente. Los productos que ofrece Botanika hacen posible que puedas lucir radiante y cuidar tu piel con cosméticos que son 100% naturales, libres de químicos y contaminación. (Mercado, 2013)

Ilustración 1-3 Botanika cosmética natural de Lavanda



Fuente: Bolivia emprende, 2013

- **Zabon** es una empresa boliviana que elabora productos de naturales establecido en La Paz, con una diversa gama de productos con lavanda de materia prima como ser: Shampo Sólido, jabón corporal y crema hidratante.

Ilustración 1-4 Cosmética natural de lavanda zabon



Fuente: Zabon, 2023.

- Lavanda-Cosmética natural es una empresa natural que se dedica a la elaboración de body splash, sales de baño.

1.8. ANÁLISIS DE PRECIOS: MATERIAS PRIMAS Y COMERCIALIZADORES.

Tabla I-6 Análisis de costo del aceite esencial de lavanda

Precio en bolivianos de AE Lavanda					
Empresa	DoTerra (15 ml)	Lab. AE (10ml)	blossom	Imaybe (20ml)	PARVATI (10ml)
Aceite esencial de lavanda	230	110	85	140	125

Fuente; Elaboración propia, 2022.

1.9. PROYECCIONES.

Para la realización de las proyecciones de materia prima tomaremos en cuenta los datos de rendimientos de los primeros años de producción de flor de Lavanda

1.9.1. Proyección de materia prima

En el departamento de Tarija en el municipio El Puente desde hace 7 años se inició con la actividad agropecuaria del cultivo de flor Lavanda en el cantón el Churqui, que se encuentra en este municipio donde en su mayoría, la producción es comercializada a los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz convirtiéndose en una actividad que se encuentra en crecimiento debido a su demanda. Considerando que las condiciones de suelo y agua para el cultivo de esta flor no son muy exigentes ya que la flor de lavanda tiene una capacidad de soportar altas y bajas temperaturas como también sequias.

Un rendimiento normal de producción en tallos florales secas en el primer año de cosecha es de 250 kg por hectárea, en el segundo año es de 1.000 kg por hectárea, en el tercer año 1.180 kg por hectárea y en el cuarto año 1.400 kg por hectárea. (WIKIFARMER, 2017)

El cultivo de la lavanda ha ido incrementando en los últimos años por la facilidad de crecimiento en la zona alta de Tarija, y se ha visto potencialidad en el mercado de la misma. Tomando en cuenta información recopilada de la municipalidad de El Puente se observa que el año 2018 se tiene un total de 4,5. (PDMA, 2017).

Tabla I-7 Proyección de cultivo de lavanda

Año	Producción de lavanda (Kg)
2016	1.125
2017	4.500
2018	5.310
2019	6.300
2020	6.885
2021	6.952
2022	6.500
2023	6.048

Fuente: Elaboración propia, 2023

En los últimos años la institución PROMETA que tiene como objetivo contribuir a la lucha contra la pobreza en zonas vulnerables del país, está desarrollando planes de trabajo en el municipio El Puente con la capacitación sobre cultivos de lavanda y sus múltiples aplicaciones y beneficios.

Ilustración 1- 5 Flor de lavanda



Fuente: Elaboración propia, 2024.

CAPÍTULO II

TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

2.1. JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO.

El proyecto a desarrollar tiene como objetivo el análisis técnico-económico para la implementación de una planta a escala semi industrial y así poder determinar si es viable la implementación de dicha planta. A su vez, establecer parámetros de trabajo sobre el proceso de extracción los equipos necesarios para su operación.

La producción de lavanda se encuentra en crecimiento exponencial en el departamento de Tarija en la provincia Méndez esto se debe a su facilidad de reproducción y mantenimiento tomando en cuenta las múltiples propiedades de dicha flor, se decidió enfocar este proyecto al diseño de una planta para la extracción del aceite esencial de esta manera incentivando su producción y generando un valor agregado a dicha flor.

La relación Tamaño-producción está dada por la disponibilidad de los recursos de materia prima, siendo esta la limitante para cubrir la demanda de aceite esencial de lavanda.

2.1.1. Ciclo de vida del proyecto

Vida del proyecto: 10 años

Etapa de instalación: 5 meses

Etapa operativa del proyecto: 10 años

2.1.2. Disponibilidad de materia prima

El crecimiento de la producción de la Flor de Lavanda en los últimos años esto debido al crecimiento de la demanda ya que actualmente esta flor se comercializa al interior del país.

La flor de lavanda se cosecha en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo en la comunidad el Curqui de la provincia El Puente del departamento de Tarija.

2.2. Justificación de la localización.

La localización de este proyecto será en la provincia Méndez del departamento de Tarija esto debido a que la producción principal de flor de lavanda considerando diversos factores que serán evaluados para poder determinar cuál será la ubicación.

Uno de los factores más importantes para considerar la localización de la planta a diseñar es la disponibilidad de materia prima y poder simplificar el proceso de producción.

2.2.1. Macro - localización

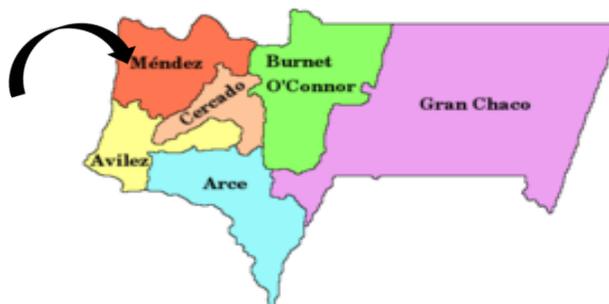
Se sabe que la localización de la planta semi industrial está en la Provincia Méndez del departamento de Tarija, debido a que el proyecto tiene como objetivo principal estar ubicado en la zona de mayor producción de materia prima.

2.2.2. Características de la macro-localización

El municipio de El Puente está ubicado al Nor Este del departamento de Tarija y en la zona Oeste del territorio de la provincia Méndez. Según la lectura de las cartas geográficas del I.G.M. el municipio se ubica entre las coordenadas 20° 56' y 21° 37' 45" de latitud Sur, y 64° 49' 30" y 65° 15' de longitud Oeste, respecto del meridiano de Greenwich. (PDMA, 2017)

La jurisdicción territorial de El Puente, tiene una superficie de 2106,25 km² o su equivalente de 210,625 ha; representando el 5,6% del territorio tarijeño y el 0,13% del territorio nacional.

Ilustración 2-1 Ubicación provincia Méndez



Fuente: PDMA, 2017

Tabla II-1 Extensión departamental y provincial municipio de el puente en el contexto nacional

ASPECTOS	EXTENSIÓN (km)	%
Bolivia	1.098.581	0.13
Departamento de Tarija	37.623	5.6
Provincia de Méndez	4.861	43.32
Municipio El Puente	2.106.25	

Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.3. Micro-localizacion

Para la micro localización se tomó en cuenta el municipio el Puente tomando en cuenta diversos factores como la disponibilidad de recursos y la disponibilidad de la materia prima tomando en cuenta diversos factores.

- a) Transporte de la materia prima: La localización a tomar en cuenta debe tener diversos factores uno de ellos la disponibilidad de materia prima la cercanía de su mercado y la facilidad de su transporte.
- b) Transporte de producto: se contempla la disponibilidad y acceso a vías terrestres. Para su facilidad de transporte y cercanía a su mercado consumidor.
- c) Servicios básicos: El acceso a los servicios básicos es un factor predominante al seleccionar la ubicación ya que la energía eléctrica, agua y otros son indispensables para el funcionamiento de la planta.
- d) Terreno: La disponibilidad de terrenos para la distribución optima de la planta cumplir con las necesidades de esta y las modificaciones que puedan considerar en un futuro para la ampliación o implementación de la planta.

2.2.3.1. Selección de Micro localización

La micro localización se seleccionará mediante una matriz de decisión tomando en cuenta los factores anteriormente expuestos.

Muy Bajo	1
Bajo	2
Regular	3
Bueno	4
Muy Bueno	5

TABLA II-2 Matriz de Decisión para Micro Localización

Criterios de selección	Valoración porcentual de los criterios (%)	Terreno Cantón El Curqui		Subsede Instituto Tecnológico 2 de agosto el Puente	
		Calif.	Pond. Final	Calif.	Pond. Final
Transporte de materia prima	30	5	30	4	24
Acceso a servicios básicos	30	4	20	5	30
Transporte de producto	20	3	12	4	16
Terreno	20	3	12	5	20
Total	100		74		90

Fuente: Elaboración propia, 2023

Ya realizada la matriz de decisión se llega a la conclusión que la localización de la planta semi industrial será en la subsede del INSTITUTO 2 DE AGOSTO en el municipio El Puente ya que en esta existe todas las condiciones necesarias para su implementación.

2.2.3.2. Características de la micro localización

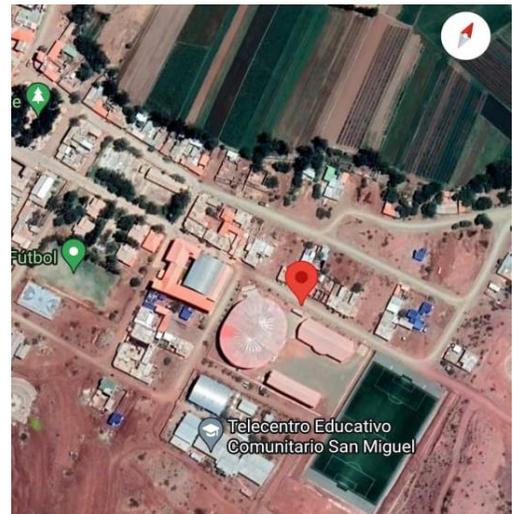
El Instituto 2 de Agosto fue una iniciativa de la sub gobernación el Puente el año 2016 en el cantón Iscayachi es una institución de educación superior donde se encuentra la carrera de técnico superior en agropecuaria y técnico en alimentos. Actualmente la carrera de alimentos se encuentra descentralizada de su sede principal encontrándose ahora en el municipio El Puente donde se implementará de la planta de extracción de aceite esencial de Lavanda.

Ilustración 2-2 Frontis Instituto 2 de Agosto



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Ilustración 2-3 Ubicación Instituto 2 de Agosto



Fuente: Google map.

CAPÍTULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO.

3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.

Las flores o sumidades floridas de las plantas que pertenecen al género Lavándula son hierbas perennes, sub – arbustivas o arbustivas con hojas numerosas en la base. Las flores se encuentran en espigas de cimas y cada cima tiene de una a cinco flores, las espigas cilíndricas, con brácteas frecuentemente imbricadas y a veces apenas superando el cáliz de forma tubuloso ovoideo, es dentado presentando cuatro dientes más o menos iguales, o dos anteriores más angostas. (MAREY, 1949)

Tabla III-1 Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
Phylum	Teleomorphytae
División	Tracheomorphytae
Subdivisión	Anthomorphyta
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Grado evolutivo	Tetracíclicos
Grupo de ordenes	Escrophulariales
Orden	Escrophulariales
Familia	Labiatae
Nombre científico	Lavándula sp
Nombre	Lavándula

Fuente: Soliz, 2021

3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA FLOR DE LAVANDA (LAVÁNDULA AGUSTIFOLIA)

El contenido de agua de la mayoría de las plantas aromáticas y medicinales frescas oscila entre el 60 % y el 80 % (Dossier Técnico, 2.006). En cuanto a la composición de las flores de lavanda, se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla III-2 Composición Química de la Flor de Lavanda

Alcoholes terpenicos libres (30 – 40%)	Esteres de Linalol (35% de la esencia)	Aceite esencial (0.8 % en la planta fresca)	Derivados Terpenicos (1 %)
Linalol	Acetato	Carburo Terpenicos	Acido ursólico
Borneol	Butirato	Ocimeno	Cumarina
		Diterpeno	Ácido cumarico
		Canfeno	Esteres de Umbeliferona
		Cariofileno	Cedreno
		Geraniol	Luteolina

Fuente: Soliz, 2021.

3.3. VARIEDAD DE LAVANDA.

Actualmente existe alrededor de 35 especies de lavanda y más de 100 variedades de la misma, las cuales muestran diferencias en hábitos de crecimiento, caracteres morfológicos, incluyendo la forma de la hoja, distribución de las flores, los verticilos y composición química.

Se pueden clasificar en tres principales variedades: espliego, lavanda y lavandín.

3.3.1. Espliego

El espliego (*lavándula latifolia*) es una especie mediterránea, la cual es una planta silvestre procedente de Europa. Es un arbusto con tallos florales ramificados y más largos que los de la lavanda fina o verdadera (*lavandula angustifolia*); las flores son más pálidas y las hojas más largas y anchas que las de la lavanda verdadera. Se cultiva aproximadamente entre los 700 y 1000 metros de altura, bajo un clima mediterráneo semiárido de inviernos fríos y veranos secos. El espliego vive sobre suelos calizos, pobres en materia orgánica, pedregosos, secos y que drenen bien. Esta especie se puede multiplicar por esqueje y por semilla, por lo cual su recolección se recomienda hacer durante a mediados del mes de agosto, cuando se encuentra en plena floración. Esta especie es utilizada fundamentalmente para la obtención de su aceite esencial sobre todo en el Sistema Ibérico y en las Sierras Béticas. (Soliz, 2021).

Ilustración 3-1 Espliego (*Lavándula Latiofila*)



Fuente: Infoagro, s.f., 2021.

3.3.2. Lavanda

La lavanda (*lavandula angustifolia*, antes conocida como *lavandula officinalis*), también conocida como lavanda verdadera, fina o lavanda inglesa. Es un arbusto perenne el cual es nativo del sur de Europa y la zona mediterránea, donde se cultiva ampliamente. Su periodo de floración es correspondiente a los meses de junio a julio y nace espontáneamente en altitudes aproximadamente de 500 a 1.800 m. de altura. La

lavanda crece en suelos de tipo pedregoso, terrazas fluviales, arenosas, matorrales secos o claros de encinares o pinares en sustratos calizos o arenosos. Este arbusto tiene hojas lineales, estrechas de verde pálido con llamativas flores de azul – violeta. El uso de esta planta se ha incrementado en los últimos años debido a su agradable aroma y a las diversas propiedades de su aceite esencial. (MORAL, 2016)

Ilustración 3-2 Lavanda (Lavándula Angustifolia)



Fuente: Soliz, 2021.

3.3.3. Lavandin

Lavandín El híbrido natural y estéril de la lavanda y el espliego es conocido como lavandín o lavanda holandesa. El lavandín es un arbusto aromático, más vigoroso y productivo que sus progenitores, la forma de la planta es más desarrollada y en forma de bola. Los tallos florales tienen una longitud de 60 a 80 cm y la espiga es grande, puntiaguda y de color violeta, caracterizándose por la existencia de dos espiguillas laterales situadas en la base. (Carrasco, 2015)

Ilustracion 3-3 Lavandin



Fuente: Carrasco, 2015.

3.4. RENDIMIENTO DEL CULTIVO

El rendimiento y calidad de la esencia de una plantación depende de diferentes factores como la variedad, el ecotopo o clon artificial seleccionado; la altitud; el clima; el suelo de la plantación; las labores; la edad de las plantas; la fertilización; el año climático; el momento de la cosecha y el sistema de destilación utilizado. En cualquier caso, la elección de la planta y las labores juegan un papel decisivo. (AGEXPORT)

Según la distancia adoptada en la plantación, el cultivar, los métodos culturales aplicados y la zona, los rendimientos pueden promediarse entre 2.000 hasta 5.000 kilogramos de flores frescas por hectárea, las cuales rinden entre 12 y 35 kilogramos de esencia. Estos valores representan el 4% de la materia seca y un 0.5 – 1% sobre la materia verde. La destilación se debe realizar inmediatamente después de la cosecha.

En general los rendimientos disminuyen a partir del séptimo u octavo año de plantación y si no está cuidada la plantación puede durar menos (AGEXPORT)

3.5. DENSIDAD DE PLANTACIÓN

Independientemente de la forma de producir las plantas de lavanda, ya sea de semillas o brotes, normalmente las plantas se siembran a una distancia de 0,40 a 0,65 m entre posturas y 1,20 m a 1,50 m entre surcos. Con estas distancias se obtendrá en promedio una densidad que va de 18.000 a 22.000 plantas de lavanda por hectárea.

En general, las plantas de lavanda en sitios de gran altitud se plantan de forma más densa, para que puedan protegerse del viento. En condiciones húmedas, es mejor dejar mayores distancias entre las plantas tanto entre posturas como entre los surcos, para aumentar la circulación de aire y prevenir la propagación de enfermedades provocadas por hongos. (AGEXPORT)

3.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO

El aceite esencial de lavanda se obtiene a partir de las flores o sumidades floridas de las plantas que pertenecen al género *Lavandula*, su principal constituyente es el “linalol”, en estado libre del 30 al 40 % y bajo la forma de compuesto en los ácidos acético, butílico, valeriano, y caproico. Además, está comprobada la presencia de

limoneno, alfa – pineno, cariofileno, geraniol, nerol y cineol, ésteres en pequeña proporción. Por tanto, se puede decir que posee abundancia de ésteres.

Es un líquido oleoso aromático, y es un compuesto biosintetizado en un órgano de la planta de lavanda como metabolito secundario; es decir, sus flores. Pueden ser extraídos por diferentes métodos, pero el más utilizado es la destilación por arrastre con vapor. Es un producto que se utiliza como base en la cosmetología, medicina y terapias alternativas.

El rendimiento del aceite esencial de lavanda con respecto a las flores, depende de la naturaleza del suelo, la madurez de las flores, la estación, el momento de recolección, etc. (Soliz, 2021)

Tabla III-3 Propiedades Químicas y Físicas del Aceite Esencial de Lavanda

PARÁMETRO	VALOR
Peso específico	0,8854
Densidad (g/cm ³)	0,88
Acidez en ácido acético por litro de agua recogida durante la destilación (g)	0,4716
Punto de inflamación (°C)	65 - 76
pH	
Punto de ebullición (°C)	185 - 188
Presión de vapor (hPa 20°C)	0,1
Rotación óptica	-12° / +2°
Índice de refracción a 20° C	1,45 – 1,47
Esteres (%)	40,4

Fuente: Soliz, 2021.

3.6.1. Composición química del aceite esencial de lavanda

La composición química de cualquier tipo de aceite esencial depende de la planta de origen, sin embargo, se toman en cuenta otros factores que influyen en su composición como ser: características del suelo, altura, luz, humedad, método de extracción y variedad o especie utilizada.

Tabla III-4 Rangos de Algunos Componentes de un Aceite Esencial de Lavanda de Calidad

COMPONENTE	RANGO %
Linalol	25 – 38
Acetato de Linalilo	25 – 45
Alcanfor	Máx. 0,5
Terpinen-4-ol	2 – 6
Acetato de Lavandulilo	Mín. 2
Lavandulol	Mín. 0,3
Limoneno	Máx. 0,5

Fuente: Soliz, 2021

3.7. Descripción de los procesos existentes para la elaboración del producto

3.7.1. Enfleurage

Para esto se utilizan grasas naturales con puntos de ablandamiento alrededor de 40 °C, normalmente manteca de cerdo RBD (Refinada, Blanqueada, Desodorizada). Se extiende en bandejas o “chasis” en profundidad no mayor a 5 mm y sobre ella se colocan los pétalos de flores o el material vegetal, desde donde se van a extraer los principios odoríferos, el contacto puede durar de 3 a 5 días. Luego el material vegetal es removido y reemplazado por material fresco, esta operación se repite buscando la saturación de la grasa. Posteriormente la grasa impregnada del principio activo, “le pomade”, se lava con alcohol libre de congéneres (alcohol de perfumería), relación 1/1 dos veces consecutivas. El alcohol se filtra y se destila a vacío (21 in Hg, T 30 °C) hasta

recuperar un 80 % del volumen de alcohol, como mínimo, en el fondo queda un residuo llamado “absolute”. (Paredes – Quinatoa, 2015)

3.7.2. Extracción con solventes

El material previamente debe de ser molido, macerado o picado, para permitir mayor área de contacto entre el sólido y el solvente. El proceso ha de buscar que el sólido, o el líquido, o ambos, estén en movimiento continuo (agitación), para lograr mejor eficiencia en la operación. Se realiza preferiblemente a temperatura y presión ambientes. El proceso puede ejecutarse por batch (por lotes o cochadas) o en forma continua (percolación, lixiviación, extracción tipo soxhlet). Los solventes más empleados son: Etanol, metanol, isopropano, hexano, ciclohexano, tolueno, xileno, ligroína, éter etílico, éter isopropílico, acetato de etilo, acetona, cloroformo; no se usan clorados ni benceno por su peligrosidad a la salud. Los solventes se recuperan por destilación y pueden ser reutilizados. El solvente adicionalmente extrae otros componentes como colorantes, gomas, mucílagos, ceras, grasas, proteínas, carbohidratos. En la etapa de recuperación de los solventes (atmosférica ó al vacío), después de los condensadores ha de disponerse de una unidad de enfriamiento, para la menor pérdida del solvente. El material residual en la marmita de destilación, contiene concentrados las materias odoríficas y se le conoce como “concrete”. En caso de emplear glicoles, aceites vegetales, aceites minerales, como solventes extractores, los componentes odoríficos son imposibles de recuperar desde allí y el producto se comercializa como un todo, conocido como “extractos”. (Paredes – Quinatoa, 2015)

3.7.3. Extracción con fluidos supercríticos

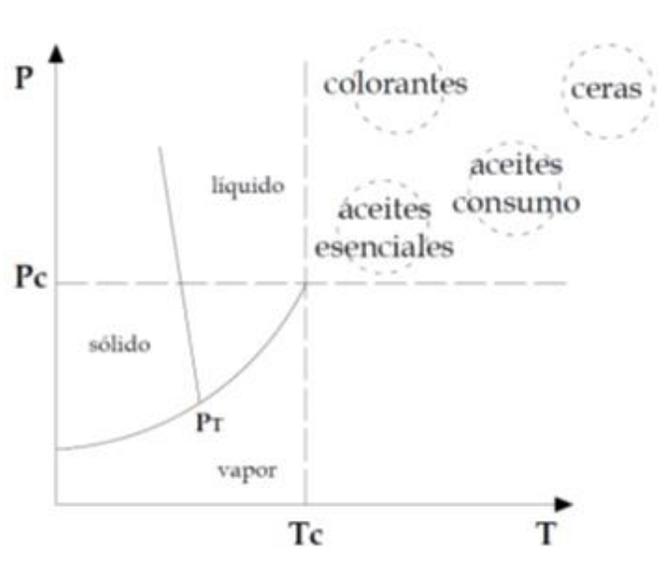
Punto crítico corresponde a las condiciones de temperatura y presión, para un gas o un vapor, por encima de las cuales la sustancia ya no puede ser “licuada” por incremento de presión. Adicionalmente, las propiedades de la fase líquida y/o vapor son las mismas, es decir, no hay diferenciación visible ni medible entre gas y líquido, se habla así de P_c , T_c , V_c , D_c . La sustancia más empleada es el CO_2 , que en estas condiciones presenta baja viscosidad, baja tensión superficial, alto coeficiente de difusión (10 veces más que un líquido normal), que conlleva a un alto contacto con la superficie del

material y puede penetrar a pequeños poros y rendijas del mismo lo que asegura una buena eficiencia en la extracción en un corto tiempo. (Martínez, 2015)

En la parte final del proceso hay una remoción total del solvente y se realiza a una temperatura baja, se disminuye la pérdida de sustancias volátiles y se evita la formación de sabores y olores extraños; presenta un C_p bajo, lo que disminuye notoriamente el consumo de energía del proceso, en intensidad y tiempo. El CO_2 no es tóxico, ni explosivo, ni incendiario, es bacteriostático y es clasificado como GRAS (Generally Recognized As Safe). La temperatura y presión críticas para el CO_2 son P_c 72,0454 atm y T_c 31°C. Los equipos se construyen en acero inoxidable tipo 316, deben soportar altas presiones en su operación y deben de ofrecer un manejo seguro. Por efecto mismo de la escala, para equipos más grandes, mayor debe ser la capacidad de la bomba industrial de compresión; mayor el espesor de las paredes, de las bridas en los mismos, de los cierres y sellamientos muy herméticos. (Martínez, 2015)

Diagrama P-T

Ilustración 3-4 Referencia Fluidos Super Críticos

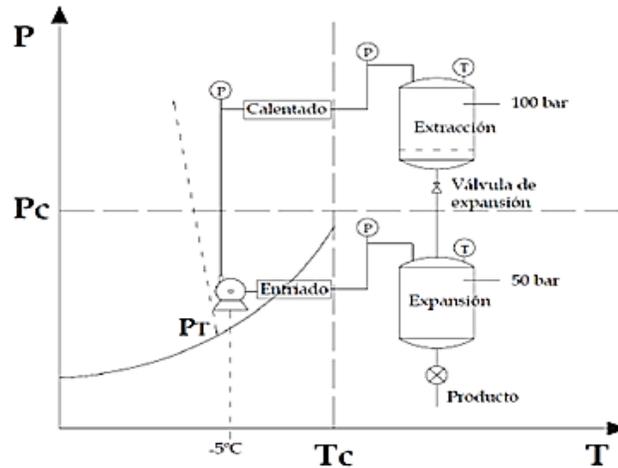


Fuente: Martínez, 2015.

Después de la extracción el CO_2 debe ser enfriado por debajo de 5°C, para que la bomba pueda tomarlo líquido y bombearlo.

Diagrama equipo de extracción supercrítica

Ilustración 3-5: Referencia Fluidos Super Críticos



Fuente: Martínez, 2015.

3.7.4. Hidrodestilación

En este proceso en la parte inferior del tanque extractor, el cual es normalmente basculante, se coloca agua, luego viene encima una parrilla que soporta el material que va a ser extraído. La salida de vapores, puede ser lateral al tanque o ubicarse en la tapa, pasa a un serpentín o espiral enfriado por agua y posteriormente el vapor condensado y el aceite esencial se recolectan en un separador de fases ó florentino, el cual debe de tener la suficiente altura y diámetro para evitar la pérdida de aceite y además permita la recolección fácil del mismo. El tanque extractor es calentado con fuego directo en su parte inferior (el fondo y hasta 1/3 de la parte inferior del tanque se construye en alfajor de 1/8 in, material que resiste bien el calor y la oxidación), el vapor producido allí causa el arrastre del aceite esencial. Cuando se emplea hidrodestilación no se requiere de un calderín generador de vapor. Estos sistemas son muy utilizados en el campo, son fáciles de instalar, se pueden llevar de un sitio a otro, son baratos, seguros, fáciles de operar y presentan un consumo energético bajo. (Paredes – Quinatoa, 2015).

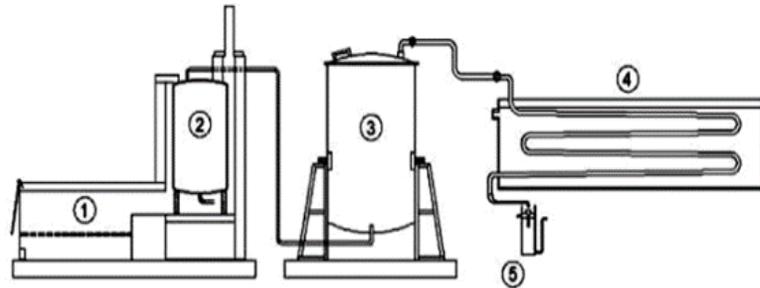
3.7.5. Arrastre de Vapor

Es un método de destilación en el cual se coloca la planta recomendablemente seca (por lo general depende del tipo de planta), pues fresca contiene mucílagos que enturbian el aceite y disminuyen su calidad, o parte que contenga el principio aromático en la caldera de un alambique de hierro, acero inoxidable, cobre o vidrio, y se cubre con agua. Al calentar la caldera se evapora el agua y el aceite volátil, que se condensa en el refrigerante, recogién dose con el agua en el colector, de la cual se separa al cabo de cierto tiempo por diferencia de densidades, y finalmente se aísla con un embudo provisto de un grifo en la parte más estrecha. En el arrastre de vapor se debe tomar en cuenta la calidad de vapor: la presión de vapor, por experimentación se conoce que la presión en la cual se obtiene mayor rendimiento es a 40 psi, la temperatura de vapor; el área de la columna de destilación, la cantidad de material vegetal que se va a alimentar; las condiciones de condensación, la temperatura de condensación debe estar alrededor de los 40°C, para una mejor separación del condensado: el flujo del agua de refrigeración; las condiciones de separación: diseño del vaso florentino, la temperatura del destilado.

Fundamento: Por efecto de la temperatura del vapor (93,7 °C) en un cierto tiempo, el tejido vegetal se rompe liberando el aceite esencial, el cual presenta a estas condiciones una presión de vapor: $P_T = P_v + P_a$.

Adicionalmente el aceite esencial debe de ser insoluble en agua, ya que después del condensador, en el separador (Florentino) debe de formarse dos fases: una de aceite esencial y otra de agua.

Ilustración 3-6 Diagrama Planta de Extracción de Aceite esencial



1) hogar. 2) hervidor. 3) extractor. 4) condensador. 5) separador (Florentino).

Fuente: Martínez, 2015

3.8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

3.8.1. Recepción y almacenamiento

La flor de lavanda se reciben en las épocas de cosecha los meses agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre una vez haya pasado por un proceso de secado que estará a cargo de los productores.

El proceso de almacenamiento se hará en cajas oscuras y totalmente herméticas para evitar la pérdida de aceite esencial por volatilización con el paso de los días hasta el momento del proceso de extracción.

3.8.2. Pesado

Con la ayuda de una balanza digital se procederá a pesar para la siguiente etapa que sería la extracción. Esta etapa se realiza para llevar un control de la materia prima a utilizar y determinar la cantidad de agua destinada para la extracción. De igual modo, permite cuantificar indicadores de rendimiento de extracción y pérdida de humedad en el secado.

3.8.3. Extracción

La extracción del producto se divide en las siguientes etapas:

3.8.3.1. **Generador de vapor**

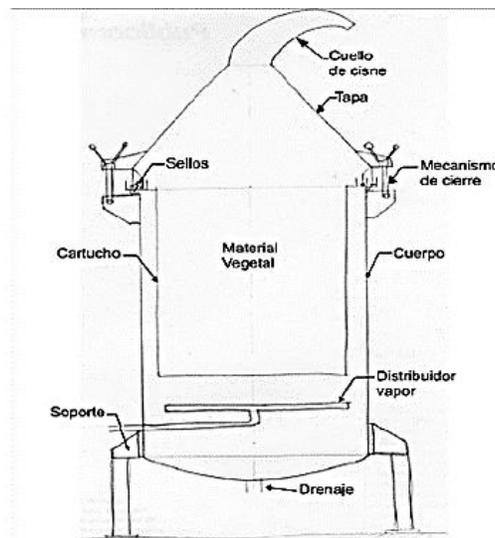
La destilación por arrastre con vapor utiliza una fuente generadora de vapor llamada caldera la cual se puede definir como un dispositivo a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía la transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor. La caldera utiliza como fuente de combustible el gas. (Martínez, 2015)

3.8.3.2. **Tanque Extractor**

Estos equipos generalmente son hechos con materiales como el acero inoxidable debido a su bajo costo en comparación a otros materiales. Generalmente estos son de forma circular y con cestos en su interior para poder distribuir la materia prima de forma optima

El cuello de cisne conecta el centro de la cubierta convexa o esférica al condensador, pero esta no debe ser tan alta que sirva de condensador de reflujo, cualquier sección vertical inevitable del cuello de cisne debe estar bien aislada. El tope de un alambique moderno es simplemente agujerado y una tubería insertada sirve como cuello de cisne. La cabeza de alambique perfecta es corta y bien aislada, si es convexa se curva gradualmente y modificado tal que se ajusta el cuello de garza. Debe evitarse cualquier diseño caprichoso, curvas inesperadas dobladas o tuberías muy angostas porque esto podría producir un estrangulamiento y una disminución de la presión dentro del tanque extractor. (Martínez, 2015)

Ilustración 3-7 Tanque extractor



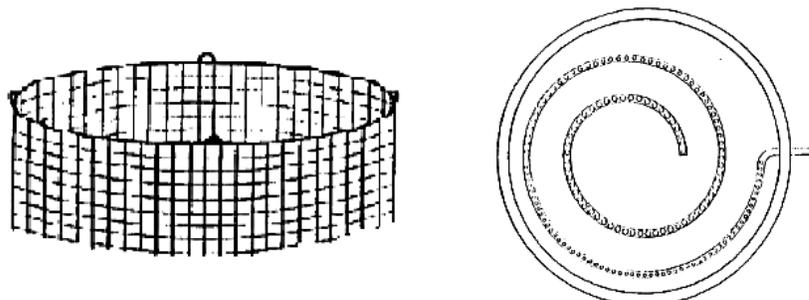
Fuente: Martínez, 2015.

3.8.3.3. Cesto

En el caso de las destilaciones con vapor es necesario modificar este arreglo simple insertando una canastilla o cestos dentro del tanque tal que el agua que condensa y el material no entre en contacto. El vapor es introducido a través de una línea de vapor colocado a un costado del extractor justo bajo el cesto por medio de un serpentín perforado de dos vueltas tal como se ve en la figura. Para asegurar la distribución adecuada de vapor, la tubería de vapor dentro del tanque debe ser arreglado en forma de serpentín de dos vueltas, con pequeños agujeros, taladrado en la superficie de cada brazo a través de su longitud. (Martínez, 2015)

El cesto y serpentín a emplear para el material vegetal en el extractor

Ilustración 3-8 Cesto y serpentín del Tanque



Fuente: Martínez, 2015.

3.8.3.4. Aislante del Extractor

Un buen aislante es el corcho utilizado en forma de aglomerado el cual puede aplicarse directamente al extractor en forma de paneles; estos se fabrican de corchos triturados y hervidos a altas temperaturas. En las instalaciones donde se requiere bastante vapor es muy importante un alto grado de aislamiento, allí todas las secciones calentadas y líneas de vapor requieren estar bien aisladas para prevenir los escapes de calor. En todo caso una capa de aislante debe tener dos pulgadas de ancho. (Martínez, 2015)

3.8.3.5. Enfriamiento

Un intercambiador tubo-coraza es el encargado de enfriar la mezcla de agua y aceite esencial que salen del extractor, con el paso de dos corrientes una de vapor agua-aceite y otra de agua fría que en su paso por el tubo y la coraza respectivamente, se genera un calor latente que nos da una sustancia líquida bifásica aceite esencial y agua que sería un subproducto denominado hidrolato. Las condiciones para la selección del tipo de intercambiador se encuentran en la Tabla III-11.

3.8.3.6. Separación

La separación de la mezcla agua-aceite se realiza en un vaso florentino que se encarga de la separación óptima de dicha mezcla para poder obtener el aceite esencial manera óptima.

Para su posterior envasado en botellas ámbar para proteger dicho aceite ya que son sustancias volátiles.

3.8.4. Control de Calidad

Tomando en cuenta la importancia del control de calidad en la materia prima se propone el control tanto en la materia prima como en el producto final.

3.8.4.1. Control de materia prima

Termobalanza

El proceso de secado será tercerizado por los productores lo que implica se llevaran controles durante la recepción de la materia prima tomando en cuenta el estado de la flor como ser: limpieza, color, olor y apariencia. Según, Soliz 2019 el porcentaje de Humedad debe ser del 10% para que el proceso de extracción cuenta con las misas condiciones del proceso experimental por tanto se realizara el control de humedad de la materia prima.

El equipo a ser utilizado será la termobalanza: Ohaus MB120 de industria argentina

Ilustracion 3-9 Termobalanza Ohaus



Fuente: Sipel, 2023.

3.8.4.2. Control del producto final

Controles fisicoquímicos

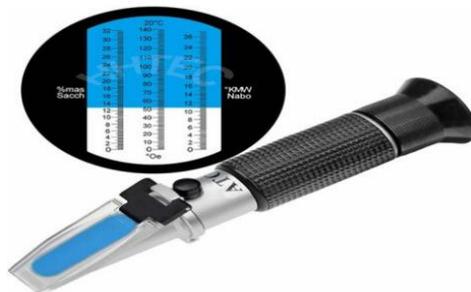
Para el control fisicoquímico del producto se tomarán en cuenta ciertos factores y la implementación de algunos equipos que nos brindarán los datos para su control necesario

Refractómetro Manual Medición (0-32% Brix)

Especificaciones:

- * Medición: 0-32% Brix.
- * División Mínima: 0,5% Brix
- * Tamaño: 30x40x14 0/mm
- * Peso: 195g
- * (ATC) Rango de compensación de temperatura: 10 °C ~ 30 °C
- * Aprobado por estrictos estándares de calidad y seguridad
- * Duradero y construido para durar mucho tiempo
- * Resistente y ligero con su construcción de aluminio
- * Fácil de enfocar y calibrar.
- * Preciso en los resultados de las pruebas garantizado.
- * Hecho con aluminio y caucho de la más alta y mejor calidad que lo hace ligero.
- * Acolchada con goma antideslizante suave y cómoda.
- * Equipado con ATC que se ajusta automáticamente para corregir las diferencias de temperatura durante el uso.
- * Muy fácil de usar y calibrar.
- * Utiliza solo luz ambiental y no se necesitan pilas.

Ilustración 3-10 Refractómetro Digital



Fuente: Sicbol, 2023.

En el instituto técnico 2 de agosto existe un laboratorio donde se podrán determinar los valores de: pH, densidad.

Ya que este instituto realiza el control de calidad de sus productos que se realizan en la carrera de alimentos.

3.8.4.3. Determinación de densidad

La densidad es una propiedad de la materia, en su estado sólido, líquido y gaseoso, representa la medida del grado de compactación de un material, es decir nos indica cuánto material se encuentra contenido en un espacio determinado; es la cantidad de masa por unidad de volumen, se expresa con la letra griega ρ (ρ):

$$\rho = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

La densidad se expresa en unidades de kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), aunque también se puede expresar en g/cm^3 o en g/mL para líquidos; para los gases cuyas densidades son muy bajas, se emplea la unidad de gramos por litro (g/L) (AMyD, 2022)

Picnómetro de vidrio tipo Gay Lussac de 10 ml

Ilustración 3-11 Picnómetro Gay Lussac



Fuente: Cromtek, 2021.

3.8.4.4. Purificación del aceite esencial

Para el proceso de separación del aceite y el hidrolato se realiza una separación física por diferencia de densidades se usa un embudo de separación de las fases acuosa y orgánica.

Posterior a la etapa de separación de las fases, donde se separa el aceite esencial del agua, la fase orgánica extraída presenta un contenido mínimo de agua, por este motivo es necesario realizar la purificación del aceite esencial extraído mediante la adición de sulfato de sodio anhidro, el cual presenta propiedades higroscópicas y es empleado como agente desecante.

El sulfato de sodio es una sustancia sólida, incolora, cristalina, con muy buena solubilidad en agua y mala en sustancias orgánicas a excepción de la glicerina.

Ilustración 3-12 Purificador de A.E.



Fuente: Fagalab, 2023.

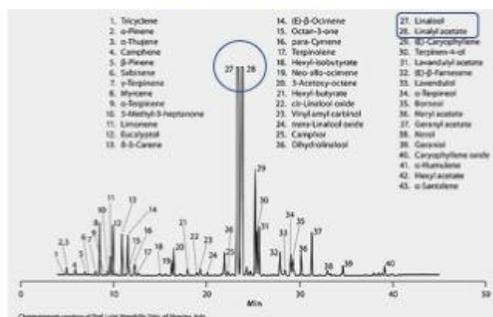
De la destilación se obtuvo una emulsión de agua y aceite que se separa por decantación simple, la cual se llevó a cabo en forma continua durante la destilación, el aceite se recogió en frascos de color ámbar para evitar la posible descomposición del aceite por efecto de la luz. El aceite esencial obtenido es deshidratado adicionando sulfato de sodio anhidro aproximadamente 3 gramos por cada 10 ml de aceite, el tiempo de contacto con agitación permanente entre el aceite y el sulfato debe ser de aproximadamente 20 a 30 minutos. (Ivonne Cerón-Salazar, 2010)

3.8.4.5. Cromatografía de gases

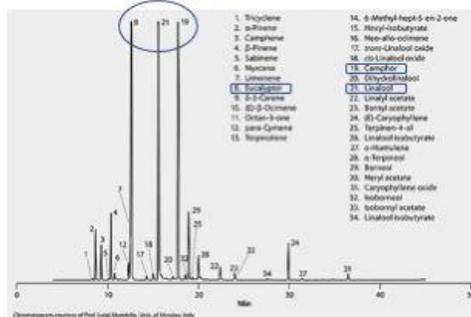
El estudio de la influencia del ciclo vegetativo en la producción de los aceites esenciales es un ejemplo de su aplicación ya que permite determinar la composición química del aceite en función del metabolismo vegetativo de la planta, además de evidenciar un eventual polimorfismo y, como consecuencia de estos resultados, el productor local de estos aceites esenciales, puede determinar el período correcto para la obtención de un producto de composición y calidad constante, con rendimientos óptimos. (Sagastume, 2008).

Ilustración 3-13 Cromatografía de gases de Aceite esencial de Lavanda

True lavender (*Lavandula Angustifolia*)



Spike lavender (*Lavandula Latifolia*)



Fuente: AGS ANALITICA, 2023.

3.8.5. Envasado y almacenamiento

Para su posterior envasado en botellas ámbar para proteger dicho aceite ya que son sustancias volátiles. Para su posterior almacenamiento hasta el momento de su comercialización.

3.9. GESTIÓN DE RESIDUOS

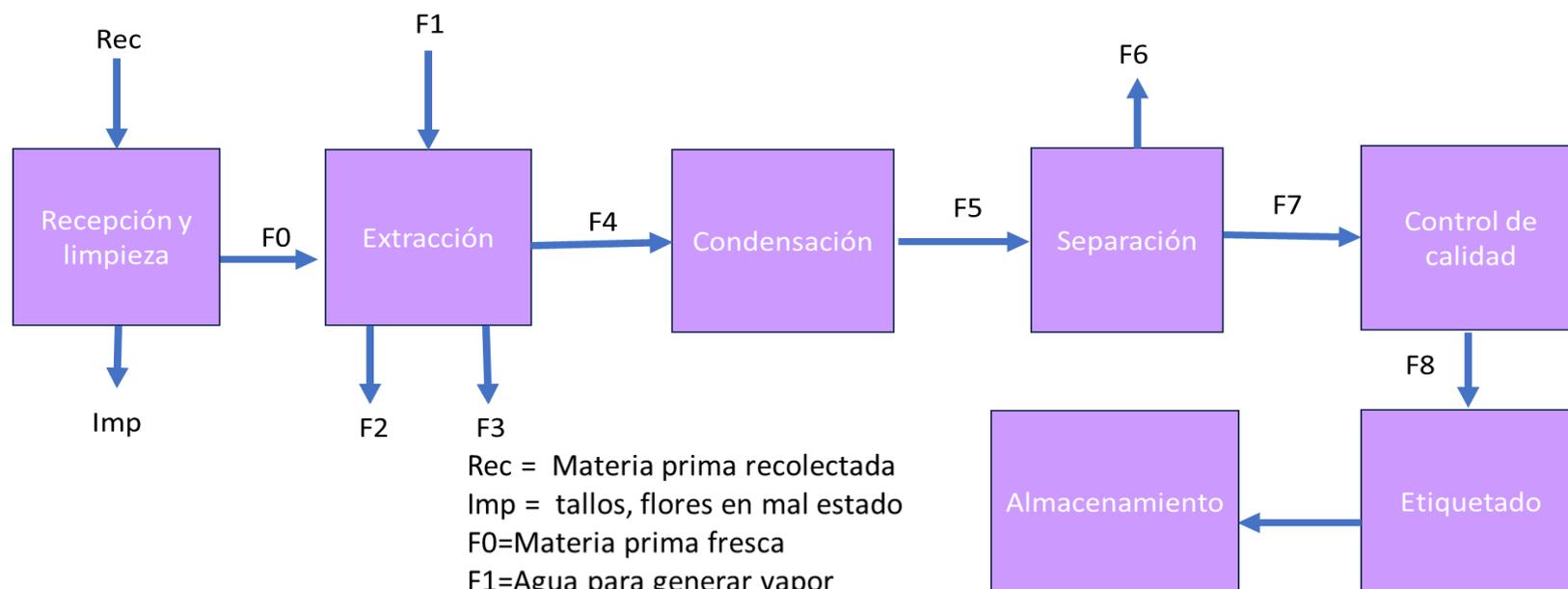
Existen gestión de residuos en la producción de aceites esenciales como ser el compostaje del bagazo, esta toma en cuenta diversos factores para su realización ya que se necesita una investigación y realización de algunas pruebas para cumplir con requisitos indispensables para obtener compost de buena calidad que pueda ayudar como nutrientes a la tierra donde puede ser aplicada para su enriquecimiento.

El hidrolato tiene una amplia gama de aplicaciones para la creación de subproductos ya sea para el área de cosmética, perfumería y productos de limpieza ya que estos deben cumplir con diversos parámetros por tanto se deben realizar pruebas y análisis pertinentes para poder determinar la calidad cumpliendo parámetros para el área que se desee usar. Se sugiere elaborar un proyecto de investigación para la realización del tratamiento de dichos residuos.

Debido a estos factores el tratamiento de residuos está fuera del alcance de este proyecto se desecharán los residuos provenientes de la extracción tomando en cuenta que cualquier sugerencia implica el desarrollo de otro trabajo, sugiriendo la investigación y desarrollo de usos y aplicaciones de estos

3.10. DIAGRAMAS DE FLUJO.

Ilustración 3-14 Diagrama de Flujo del proceso



Rec = Materia prima recolectada
Imp = tallos, flores en mal estado
F0=Materia prima fresca
F1=Agua para generar vapor
F2=Residuo agua
F3= Residuo de materia prima agotada
F4= Mezcla de vapores AE + Hidrolato
F5= Mezcla AE + Hidrolato
F6=Hidrolato
F7= Aceite Esencial de lavanda
F8= Producto Final

3.11. BALANCES DE MATERIA.

Los cálculos y cantidades de entrada y salida del sistema de extracción de aceite esencial de lavanda a escala piloto se realizan a partir de datos experimentales del proyecto de grado “Extracción de aceite esencial de lavanda (*Lavándula Angustifolia*) mediante el método destilación por arrastre con vapor” de Soliz, 2021.

Tabla III-5 Resumen de flujos

RESUMEN DE FLUJOS	
Rec	Masa de flores recolectadas
Imp	Impurezas y pérdidas
F0	Materia de prima seca
F1	Agua para generar vapor
F2	Residuo de agua
F3	Residuo (flores y agua)
F4	Extracto vapor agua y aceite
F5	Condensado
F6	Hidrolato
F7	Aceite extraído

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla III-6 Datos experimentales

DATOS	VALOR	UNIDAD
Densidad del agua (16°C)	0,9988	g/ml
Densidad del aceite de lavanda	0,889	g/ml
Temperatura agua grifo	16	°C
Calor específico Cp	1	Kcal/kg°C
Densidad del GLP	2,23	Kg/m ³
Poder calorífico del GLP	11.867	Kcal/kg
Datos recolectados		
Peso total de flores secas	6	Kg/día

Fuente: Soliz, 2021.

3.11.1. Balance de materia en base seca

Así mismo según Soliz (2021), se pierde aproximadamente un 28,3% de materia prima en el proceso de selección de la materia prima por tanto del valor total de Flor recepcionada será menor al valor de flor a usar en el proceso de producción. (Soliz, 2021)

Para la recolección de materia prima se toma en cuenta la disponibilidad de 22 kg de materia prima en un periodo de 200 días hábiles.

3.11.2. Balance en la etapa de secado de materia prima

Según Soliz, 2021. El porcentaje de humedad final debe estar en un valor aproximado de 10 % por tanto las consideraciones deben ser las misma en el proceso de selección para su extracción valor que debe ser medido por una termobalanza.

Tabla III-7 Tabla Datos para el balance de materia

Porcentaje de humedad de la lavanda en el municipio El Punte	
Humedad inicial (%)	69,41
Humedad final (%)	10,36
Porcentaje de agua evaporada (%)	58,22

Fuente: Soliz, 2021.

3.11.3. Balance en el extractor de aceite esencial

Consideraciones:

El porcentaje de extracción de aceite esencial de lavanda se obtuvo tomando en cuenta el factor de empaquetamiento y el tiempo de extracción, siendo así el rendimiento de extracción de 2,73%. (Soliz, 2021)

Según Soliz (2021), obteniendo de los datos experimentales que se requiere 1,4 kg de masa de vapor de agua para 0,15 kg y el porcentaje de masa de agua evaporada es del 25% de la masa inicial.

Para la determinación de agua luego de la extracción tenemos un incremento de masa de 1.44 y una humedad del 32,46%.

Siendo:

M_{ai} = masa de agua inicial.

M_{va} = masa de vapor de agua =56kg

M_{ar} = masa de agua de residuo

Se tiene para la masa de agua inicial la Ec.(3-1):

$$M_{ai} = M_{va} + M_{ar} \quad \text{Ec. (3- 1)}$$

Y para la Masa de agua Residual la Ec. (3-2):

$$M_{ar} = M_{ai} * 0,75 \quad \text{Ec. (3- 2)}$$

Reemplazamos la Ec. (3-2) en la Ec. (3-1)

$$M_{ai} = M_{va} + M_{ai} * 0,75$$

$$M_{va} = M_{ai} - M_{ai} * 0,75$$

$$56\text{kg} = M_{ai} (1-0,75)$$

$$M_{ai} = 224 \text{ kg} = F1$$

Entonces:

$$M_{ar} = M_{ai} * 0,75$$

$$M_{ar} = 224 \text{ kg} * 0,75$$

$$M_{ar} = 168 \text{ kg.} = F2$$

La masa de flor seca se obtiene de la relación del incremento de masa de 1,44

$$M_{\text{Flor seca}} = F0 * 1,44$$

$$M_{\text{Flor seca}} = 8,64 \text{ kg} = F3$$

La masa de salida del tanque se determina con la Ec. (3-3)

$$F4 = M_{ar} + M_{\text{Flor seca}} \quad \text{Ec. (3-3)}$$

$$F4 = 168\text{kg} + 8,648\text{kg}$$

$$F4 = 176, 65 \text{ kg}$$

Del balance total del tanque de extracción

$$F1 + F0 = F2 + F3 + F4$$

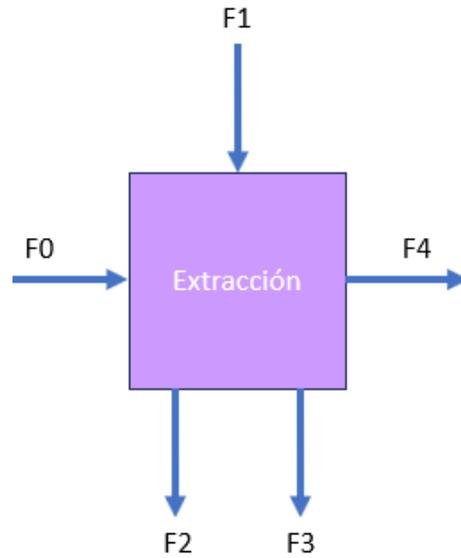
Entonces:

$$F4 = F1 + F0 - F2 - F3$$

$$F4 = 224 + 6 - 168 - 8,64$$

$$F4 = 53,36 \text{ Kg.}$$

Ilustración 3-15 Tanque de extracción



3.11.4. Balance en el condensador

Ilustración 3-16 Condensador



Mezcla agua-aceite

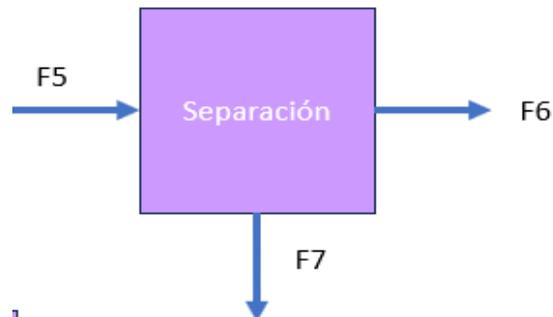
$$F4 = F5$$

$$F5 = 53,36 \text{ kg de aceite y agua condensado}$$

3.11.5. Balance en la etapa de decantación

Considerando que el rendimiento del proceso de extracción en flor seca es de 2,73%, se tiene:

Ilustracion 3-17 Decantacion



Sabiendo que F0 es el flujo de entrada de flor seca para la extracción este es igual a 6kg y F7 el valor de Aceite esencial obtenido que será expresado con el rendimiento del proceso.

La masa de Aceite esencial (F7) se determina Ec. (3-4)

$$F7 = F0 * \% R \quad \text{Ec. (3-4)}$$

$$F7 = 6\text{kg} * 0,0273$$

$$F7 = 0,16\text{kg}$$

Tenemos como resultado una extracción de 0,16 kg de aceite esencial por extracción.

Tomando en cuenta la densidad de 0,889 g/ml del AE, se tiene 180 ml por extracción.

Del balance de la etapa de separacion:

$$F5 = F6 + F7$$

Despejamos y obtenemos la masa de hidrolato (F6)

$$F6 = F5 - F7$$

$$F6 = 53,36\text{kg} - 0,16\text{kg}$$

$$F6 = 53,2 \text{ kg}$$

3.11.6. Pérdidas en el proceso de extracción

Tabla III-8 Pérdidas de materia en porcentajes

Pérdidas de la materia prima	Flujo	Masa (kg)	Porcentaje (%)
Masa de vapor de agua	M_{va}	56	25
Residuo Flor seca	$M_{Flor\ seca}$	6	1,14

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.12. BALANCE DE ENERGÍA

Para empezar la destilación, se debe lograr la generación de vapor por lo que se necesita llegar al punto de ebullición del agua dentro de la torre. Por tanto, existe una etapa de calentamiento, la cual en este caso se logra utilizando una hornalla a base de gas natural.

En esta etapa solo hay un cambio de temperatura por lo que se trata de calor sensible, el cual se calcula a partir de la siguiente expresión:

3.12.1. Cálculo del Calor Sensible

$$Q_s = m_{agua\ introducida} * C_{p\ Agua} * (\Delta T) \quad \text{Ec. (3-5)}$$

$$Q_s = 70\ kg * 1\ \frac{kcal}{kg\ ^\circ C} * (93^\circ - 22^\circ)$$

$$Q_s = 4.970\ kcal$$

Donde:

Q_s = Calor sensible

$m_{agua\ introducida}$ = Masa de agua introducida a la torre de destilación

C_p = Calor específico del agua $1\ kcal/kg * ^\circ C$

T_2 = Temperatura de ebullición

T_3 = Temperatura inicial del agua

3.12.2. Determinación del calor Latente

Determinación del calor latente durante la generación de vapor en la extracción:

P_{ter} = Potencia térmica de la hornalla a gas natural

P_{ter} = 668.211 Kcal/h

Q_L = Calor latente durante la generación de vapor

t_{ext} = Tiempo de extracción

$$Q_{lat} = P * t_{ext} \quad \text{Ec. (3- 6)}$$

Q_{lat} = 8.520 kcal/h* 3 h

Q_{lat} = 25.560 kcal

3.12.3. Calor total requerido para la extracción

Q_T = Calor total requerido

Q_s = Calor sensible

Q_{lat} = Calor latente durante la generación de vapor

$$Q_{Total} = Q_s + Q_{lat} \quad \text{Ec. (3- 7)}$$

Q_{Total} = 4.970 kcal+25.560 kcal

Q_{Total} = 30.530 kcal

Se determina el calor latente de vaporización del agua a 93°C.

3.12.4. Balance de energía en la condensación

En la etapa de condensación se produce transferencia de calor entre el líquido refrigerante (agua) y la mezcla de vapores (aceite esencial y agua).

La mezcla de vapores cede calor al agua.

El calor cedido se debe a que el vapor se pone en contacto con el agua refrigerante, elevando su temperatura.

Cálculo de calor cedido

Para calcular el calor cedido se debe calcular en primer lugar el calor latente de vaporización del agua el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\lambda_v = \frac{Q_{lat}}{m_v} \quad \text{Ec. (3-8)}$$

$$\lambda_v = \frac{25.560 \text{ kcal}}{56 \text{ kg}}$$

$$\lambda_v = 456,4286 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Donde:

λ_v = Calor latente de vaporización del agua

Q_{lat} = Calor latente durante la generación de vapor

m_v = Masa de vapor de agua generada en la torre de destilación

Entonces, el calor cedido se puede obtener a partir de la ecuación (3-9).

$$Q_c = Q_{Lv} + Q_{sv} = m_v * \lambda_v + m_v * c_{pH2O} * (T_c - T_v) \quad \text{Ec. (3-9)}$$

$$Q_c = 56 \text{ kg} * 456,4286 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} + 56 \text{ kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (22^\circ\text{C} - 93^\circ\text{C})$$

$$Q_c = 21584 \text{ kcal}$$

Donde:

Q_c = Calor cedido

Q_{Lv} = Calor latente de vaporización

Q_{sv} = Calor sensible de vaporización

m_v = Masa de vapor de agua generada en la torre de destilación

λ_v = Calor latente de vaporización del agua

CP_{H_2O} = Calor específico del agua

T_c = Temperatura de condensados

T_v = Temperatura de vapor del agua

- **Volumen del agua refrigerante**

Se calculó a partir del caudal de agua estimado por Soliz (2021) y el tiempo de extracción.

$$F_{vol} = \frac{V}{t} \quad \text{Ec. (3-10)}$$

Despejando el volumen de la Ec. (3-10):

$$V = F_{vol} * t$$

$$V = 0,03247 \frac{l}{s} * 3 h * 3.600 \frac{s}{h}$$

$$V = 350,676 l$$

Donde:

F_{vol} = Caudal de agua

V = Volumen de agua inicial

t = tiempo de extracción en horas

- **Masa de agua refrigerante**

$$M_{Agua\ ref} = V_{Agua\ ref} * \rho_{Agua}$$

$$M_{Agua\ ref} = 350,676 l * 0,9978 \frac{kg}{l}$$

$$M_{Agua\ ref} = 349,23 kg$$

Donde:

ρ = Densidad del agua

m =Masa de agua

v = Volumen de agua

- **Cálculo del calor ganado**

$$Q_g = m_a + * cpH2O * (T_s - T_e) \quad \text{Ec. (3-11)}$$

$$Q_g = 349,23 \text{ kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (27^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C})$$

$$Q_g = 1.399,60 \text{ kcal}$$

Donde:

Q_g = Calor ganado

m_a = Masa de agua refrigerante

$cpH2O$ = Calor específico del agua

T_s = Temperatura en la salida del condensador

T_e = Temperatura en la entrada del condensado

- **Volumen de gas combustible consumido**

$$m_{gnv} = \frac{Q}{P_q} \quad \text{Ec. (3-12)}$$

$$m_{gnv} = \frac{30.503 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{13.184,14 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}$$

$$m_{gnv} = 2,31 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 3,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

m_{gnv} = masa de gas natural

P_{calf} = Poder calorífico del gas natural = 13.184,14 kcal/kg

3.13. DISEÑO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES.

3.13.1. Tamaño de los cestos

Teniendo el análisis estadístico del diseño experimental tenemos el valor del factor de empaquetamiento $F = 0,015$. Con los datos experimentales obtenidos y comando en cuenta el mejor rendimiento. (SOLIZ, 2021)

Tomando en cuenta que la masa inicial de flor seca es $F1 = 6$ kg consideramos poner en cada cesto 1kg de flor seca.

Consideraciones

V = Volumen de cesto

F = Factor de empaquetamiento

Mh = Masa de flor seca

R = radio del cesto

h = Altura del cesto

Volumen del cesto

Con la ecuacion de Factor de empaquetamiento Ec. (3-13) calculamos el volumen del cesto.

$$V = \frac{m}{F} \quad \text{Ec. (3-13)}$$

$$V = \frac{1.000g}{\frac{0,015g}{cm^3}}$$

$$V = 66.666,6 \text{ cm}^3$$

$$V = 67l$$

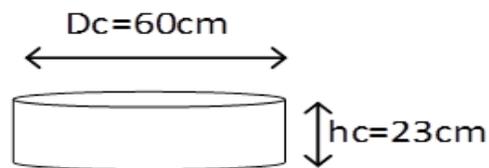
Altura del cesto

$$h = \frac{V}{\pi r^2} \quad \text{Ec. (3-14)}$$

$$h = \frac{66.666,66 \text{ cm}^3}{\pi * (30 \text{ cm})^2}$$

$$h = 23,57 \text{ cm}$$

Ilustración 3-18 Dimensiones del Cesto



Tenemos un volumen de cesto de 67 lt con una masa de 1.000 g tomando en cuenta el factor de empaquetamiento de 0,015 g/cm³ con una altura total de 141,42 cm.

3.13.2. Diseño de extractor

Tomando en cuenta que se pretende procesar 6 kg de flor seca preparada para su extracción la columna extractora debe tener un volumen adecuado, las variables consideradas para su dimensionamiento son la altura y diámetro.

Para fines de cálculo y dimensionamiento, la tabla nos muestra las medidas del tanque extractor cilíndrico a escala laboratorio.

Tabla III-9 Datos de medidas del tanque extractor a escala laboratorio

Indicador	Medida	Unidad
Diámetro interno del tanque extractor	0,20	m
Altura del tanque extractor	0,65	m
Diámetro del canastillo	0,18	m
Altura del canastillo	0,13	m
Altura del fondo	0,21	m

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Volumen del extractor a escala laboratorio:**

$$V_l = \pi r^2 h$$

$$V_l = \pi * (10cm)^2 * 65cm$$

$$V_l = 20.420,35cm^3 = 20,4 \text{ litros}$$

El extractor a escala de laboratorio de 20,4 litros la carga de materia prima usada según la experimentación planteada por Soliz, 2.020 es de 150gr.

3.13.2.1. Dimensionamiento del extractor y de los canastillos de carga de materia

El volumen del canastillo de carga de materia prima a escala laboratorio es de 3.308 cm³ como el extractor cuenta con 3 canastillos, el volumen dispuesto para toda la materia prima es de 9.924,29 cm³, por lo tanto, escalando el volumen dispuesto para la materia prima por cada cesta a escala piloto será de 66.666,67cm³, y tomando en cuenta 6 canastillos será:

Tabla III-10 Datos de dimension del area de extraccion

Indicador	Medida	Unidad
Volumen del Extractor	400.000	cm ³
Altura del extractor	147,47	cm
Volumen total del extractor	416.000	cm ³

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Con la Ec. (3-15) Podemos determinar el volumen de la zona de extracción

$$V_C = \frac{V'_E}{N_c} \quad \text{Ec. (3-15)}$$

$$V'_E = 6 * 66666,67cm^3$$

$$V'_E = 400.000cm^3$$

$$V'_E = 400 l$$

Con la Ec. (3-16) determinamos la altura de la zona de extracción

$$h_E = \frac{V'_E}{\pi r^2} \quad \text{Ec. (3-16)}$$

$$h_E = \frac{400.000 \text{ cm}^3}{\pi * (30 \text{ cm})^2}$$

$$h_E = 141,47 \text{ cm}$$

Altura de Fondo de fondo del extractor tenemos

Masa de agua inicial es la cantidad de agua que necesitamos para generar vapor

mai = Masa de agua inicial

$$mai = 224 \text{ kg}$$

$$Vai = 224 \text{ l} = 0,224 \text{ m}^3$$

Con la Ec. (3-17) Determinamos la altura de fondo zona de generación de vapor

$$h_f = \frac{V'_f}{\pi r^2} \quad \text{Ec. (3-17)}$$

$$h_f = \frac{0,224 \text{ m}^3}{\pi * (0,31 \text{ m})^2}$$

$$h_f = 0,71 \text{ m}$$

Como los cestos están contenidos en el tanque, el diámetro se calcula con una holgura de 1 cm con respecto al de los cestos, con el fin de facilitar el ensamble de los cestos.

Con la Ec. (3-18) Cálculo del diámetro externo

$$D_E = D_c + 2 \text{ cm} \quad \text{Ec. (3-18)}$$

$$D_E = 60 \text{ cm} + 2 \text{ cm}$$

$$D_E = 62 \text{ cm}$$

Se calcula la Altura total con la Ec. (3-19) Entonces la altura total del tanque extractor será:

H_e = Altura total del extractor

h_E = Altura de zona de los cestos

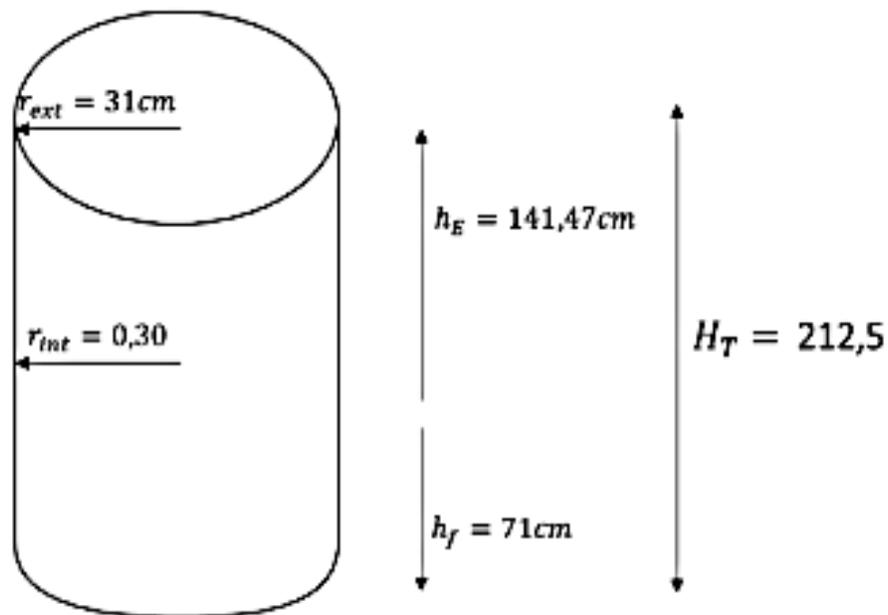
h_f = Altura de zona de generacion de vapor

$$H_E = h_E + h_f \quad \text{Ec. (3-19)}$$

$$H_E = 141,47\text{cm} + 71\text{cm}$$

$$H_E = 212,47 \text{ cm}$$

Ilustracion 3-19 Dimensiones del Tanque



Fuente: elaboración propia, 2023.

3.13.2.2. Conclusiones de tamaño y capacidad del tanque

El dimensionamiento del tanque de extracción es calculado con los datos experimentales de Soliz, 2019. Ya que estos nos indican la cantidad de vapor necesaria para una extracción correcta, la cantidad de agua necesaria en el caldero para generar vapor para determinada cantidad de materia prima. Estos valores son utilizados para evitar sobrecocción de la materia prima por exceso de vapor, gasto innecesario de energía y equipos extras no necesarios para la extracción lo que generaría una elevación en los costos de inversión.

Tabla III-11 Consideraciones tamaño de tanque.

Rendimiento de extracción	2,73%
Factor de empaquetamiento	150gr/cm ³
Cantidad de vapor	1,4kg de vapor / 0,15kg de mat. prima
Volumen de tanque laboratorio	20,4 litros

Fuente: (SOLIZ, 2021)

3.13.3. Condensador

Para el diseño del condensador se escogerá un condensador de carcasa y tubos, y se hallará la longitud necesaria para cada una de las dos etapas que ocurren en él.

MUY BAJO	1
BAJO	2
REGULAR	3
BUENO	4
MUY BUENO	5

Tabla III-12 Matriz de Selección para Intercambiador

Criterios de selección	Valoración porcentual de los criterios (%)	Intercambiador Doble tubo		Intercambiador Tubo-Coraza	
		Calif.	Pond. Final	Calif.	Pond. Final
Montaje y costo	20	5	20	4	16
Mayor rango de T de operación	30	4	24	5	30
Transferencia de calor	30	4	24	5	30
Vida útil	20	3	12	5	20
Total	100		80		96

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla III-13 Datos para el diseño del condensador

Datos			
Temperatura del vapor saturado (agua-aceite)	T_1	201,2	F
Temperatura de salida del agua refrigerante	T_2	77	F
Calor latente del agua	λ	2,256	kJ/kg
Caudal másico de vapor saturado (agua-aceite)	\dot{m}_v	40,785	lb/h
Temperatura entrada del agua refrigerante	T_e	73,4	F

Fuente: (SOLIZ, 2021).

Ecuación (3-20) Temperatura promedio de los tubos

$$T_P = \frac{T_1 - T_2}{2} \quad \text{Ec. (3-20)}$$

$$T_P = \frac{201,2 + 77}{2}$$

$$T_P = 139,1 \text{ F}$$

$$C_P = 0,45 \text{ BTU/Lb} * h$$

Ecuación (3-21) Cálculo de calor en la zona de subenfriamiento:

$$m_{va} = m_{ai} * 0,25 \text{ (SOLIZ, 2021)}$$

$$m_{va} = 56 \text{ kg} * 0,25$$

$$m_{va} = 14 \text{ kg/ 3h}$$

$$m_{va} = 4,67 \text{ kg}$$

$$m_{va} = 10,29 \text{ lb}$$

$$Q_{sup} = m_v C_p (201,2 - 77) \quad \text{Ec. (3-21)}$$

$$Q_{sup} = 10,29 * 0,45 (201,2 - 77)$$

$$Q_{sup} = 575,108 \frac{\text{Btu}}{h}$$

Suponiendo que se trabajará con agua de chorro, sin ningún sistema de bombeo en el cual a través de ensayos prácticos se tiene:

$m_c = \text{caudal del agua que entra al int a chorro}$

$$m_C = \frac{32,47 \text{ ml}}{s} \quad \text{Ec. (3-22)}$$

$$m_c = \frac{257,61 \text{ lb}}{h}$$

$$Q_{sup} = Q_{agua}$$

Ec. 3-23 Calculo de T1= Temperatura a la entrada del condensador

$$t' = \frac{Q_{agua}}{m_c + Cp_c} + t_1$$

Ec. (3-23)

$$t' = \frac{575,108 \text{ Btu}}{h} \div \left(257,61 \frac{\text{lb}}{h} * 0,999 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * h} \right)$$

$$t' = 2,23 + 73,4 \text{ f} = 75,63 \text{ F}$$

Ecuación (3-24) Cálculo de Temperatura Media Logarítmica

$$LMTD = \frac{(201,2-75,63)-(77-73,4)}{\ln \frac{(201,2-75,63)}{(77-73,4)}} \quad \text{Ec. (3-24)}$$

$$LMTD = 34,34 \text{ F}$$

Ec. (3-25) Área en la zona de Subenfriamiento

$$A_{sub} = \frac{Q}{u_{asumido} * LMTD}$$

Ec. (3-25)

$$A_{sub} = \frac{575,108 \frac{\text{Btu}}{h}}{43 \frac{\text{Btu}}{\text{hft}^2 * \text{F}} 34,34 \text{ F}}$$

$$A_{sub} = 0,39 \text{ ft}^2$$

Ec. (3-26) Cálculo del Área de Condensado:

En esta zona se tiene un cambio de fase por lo cual el calor de condensación que se debe remover es un calor latente por parte del vapor.

hfg = calor latente

$$Q_{cond} = m_v * h_{fg}$$

Ec. (3-26)

$$Q_{cond} = 10,29 \frac{lb}{h} * 970 \frac{btu}{lb}$$

$$Q_{cond} = 9.981,3 \frac{btu}{h}$$

Ec. (3-27) Calculo de la temperatura a la salida del condensador

$$t_2 = \frac{Q_{agua}}{m_c + Cp_c} + t_1$$

**Ec.
(3-27)**

$$t_2 = \frac{9.981,3}{257,61 * 0,99} + 75,63$$

$$t_2 = 51,14 + 75,63$$

$$t_2 = 114,77 F$$

Ec. (3-28) Ecuación de la temperatura intermedia del refrigerante

$$t_p = \frac{t' + t_2}{2}$$

Ec. (3-28)

$$t_p = \frac{75,63 + 144,77}{2} = 110,2 F$$

Ec. (3-29) Ecuacion temperatura media logaritmica zona condensada

$$LMTD = \frac{(201,2-75,63)-(201,2-114,77)}{\ln \frac{(201,2-75,63)}{(201,2-114,77)}} = 107,36 F \quad \text{Ec. (3-29)}$$

$$A_{cond} = \frac{9.981,3 \text{ Btu/h}}{88 \frac{\text{Btu}}{\text{hft}^2 * F} * 107,36 F} = 1,06 \text{ ft}^2$$

Ec. (3-30) Ecuación del área total

$$At = A_{sup} + A_{cond}$$

Ec. (3-30)

$$At = 1,06 + 0,37 = 1,43 \text{ ft}^2$$

Ec. (3-31) Cálculo de numero de tubos **$Nt_T = \text{Numero total de tubos}$**

$$A_t = \text{Area total} \qquad Nt_t = \frac{A_{total}}{A_{t_1}} \qquad \text{Ec. (3-31)}$$

$$A_{t_1} = \pi * r * L_{real}$$

$$L_{real} = L_{sup} - 2e_e$$

$$L_{real} = 120 \text{ cm} - 2 * 0,3 = 119 \text{ cm}$$

$$A_{t_1} = \pi * 0,15 \text{ cm} * 119 \text{ cm} = 56 \text{ cm}^2 \frac{1 \text{ ft}}{(30,48 \text{ cm})^2} = 0,06 \text{ ft}$$

Ec. (3 -32) Número total de tubos

$$Ntt = \frac{0,68 \text{ ft}}{0,06 \text{ ft}} = 11 \text{ tubos} \qquad \text{Ec. (3 -32)}$$

El condensador tendría 11 tubos en un arreglo cuadrado.

3.13.4. Vaso florentino

Tenemos un flujo de agua-aceite de 53,02kg con un exceso del 25% teniendo un valor final de 66,275kg

Masa agua-aceite= 66,275 kg = 0,066cm³/s

Ec. (3-33) Volumen de Vaso Florentino

$$V = \frac{0,066 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}}{10.800 \text{ s}} = 71,28 \text{ cm}^3 \qquad \text{Ec. (3-33)}$$

$$71,28 \text{ cm}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{1.000.000} = 0,07128 \text{ cm}^3$$

$$0,07128 \text{ cm}^3 \frac{10^{-3}}{0,013} * \frac{1000 \text{ lt}}{\text{m}^3} = 5,5 \text{ lt}$$

El volumen del vaso de florentino es de 6 Litros.

3.14. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN, CPM Y GANTT.

El programa de actividades en la fase de instalación debe contemplar el estudio Técnico Económico Social, licitación y contratación de servicios de supervisión y obras, construcción de obras civiles, adquisición de equipos, pruebas iniciales de la planta piloto de extracción de aceite esencial. Requiriendo estas actividades un año calendario correspondiendo el año 2023 y se detalla el desarrollo de las actividades de la siguiente forma en la tabla y diagrama

3.14.1. Cronograma de ejecución

El periodo de ejecución tiene un estimado de 5 meses tomando en cuenta diferentes actividades que deben desarrollarse previo a la ejecución del proyecto.

Tabla III-14 Cronograma de ejecución

N	ACTIVIDAD	DURACIÓN	INICIO	FIN
1	Adquisición de financiamiento	3 semanas	05/01/2025	26/01/2025
2	Compra de maquinaria	3 semanas	26/01/2025	17/02/2025
3	Montaje de la planta	2 semana	17/02/2025	31/02/2025
4	Instalación de las máquinas	2 semana	02/03/2025	16/03/2025
5	Instalación de servicios	3 semanas	16/03/2025	05/04/2025
6	Contratación y capacitación de personal	2 semanas	02/04/2025	14/04/2025
7	Pruebas de funcionamiento	4 semanas	14/05/2025	16/05/2025
8	Puesta en marcha	2 semana	16/05/2025	30/05/2025

Fuente: Elaboración propia, 2024

3.14.1.1. Diagrama de Gantt

Tabla III-15 Diagrama de Gantt

ANALISIS		2025																	
N	ACTIVIDAD	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO					
1	Adquisición de financiamiento																		
2	Compra de maquinaria																		
3	Montaje de la planta																		
4	Instalación de las maquinas																		
5	Instalación de servicios																		
6	Contratación y capacitación de personal																		
7	Pruebas de funcionamiento																		
8	Puesta en marcha																		

Fuente: Elaboración propia, 2023

3.15. ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

La estructura de la empresa es pequeña debido a que esta planta tiene un tamaño reducido es por eso que no es necesario de mucho personal.

Ilustración 3-20 Organización empresaria



PERSONAL DE PLANTA

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

3.15.1. Personal de planta

El personal de planta consta de un operario debido a que durante el día se realizara una extracción cumpliendo con una jornada laboral de 8 horas diarias con una jornada laboral de 240 días laborales tomando en cuenta 200 días de trabajo en periodos de trabajo de cinco días, la extracción con 40 días para la selección de materia prima recepcionada y el almacenamiento necesario para las debidas extracciones.

3.15.2. Funciones

- Recepción y almacenamiento de la materia prima.
- Realizar el proceso de extracción
- Recolección y almacenamiento del producto

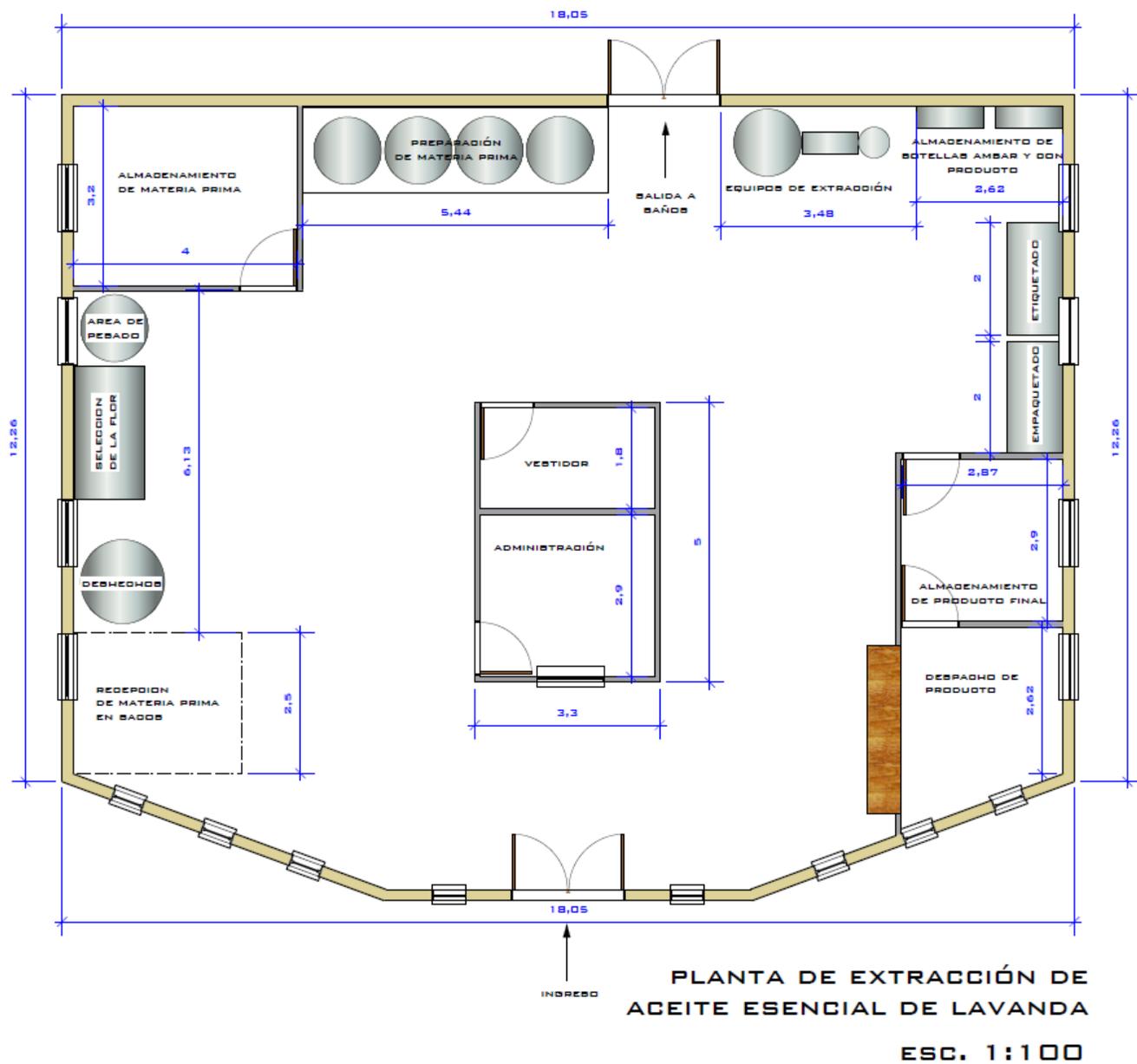
3.15.3. Personal temporal

Se considera contratar personal temporal ya sea jornal o mensual para el apoyo de ciertas actividades donde demanden mayor tiempo de trabajo como ser la recepción y almacenamiento de materia prima.

Tomando en cuenta que existe personal fijo en la institución que cumplen con la función de limpieza y orden de los predios del instituto.

3.16. LAY OUT DE LA PLANTA

Ilustración 3-21 Lay Out de la Planta



CAPÍTULO IV

INVERSIÓN DEL PROYECTO

4.1. INVERSION DEL PROYECTO

Un proyecto de inversión, es una propuesta de acción que, a partir de la utilización de los recursos disponibles, considera posible obtener ganancias. Estos beneficios, que no son seguros, pueden ser conseguidos a corto, mediano o largo plazo.

Todo proyecto de inversión incluye la recolección y la evaluación de los factores que influyen de manera directa en la oferta y demanda de un producto. Esto se denomina estudio de mercado y determina a qué segmento del mercado se enfocará el proyecto y la cantidad de producto que se espera comercializar.

El proyecto de inversión, en definitiva, es un plan al que se le asigna capital e insumos materiales, humanos y técnicos. Su objetivo es generar un rendimiento económico a un determinado plazo. Para esto, será necesario inmovilizar recursos a largo plazo.

Las etapas del proyecto de inversión implican la identificación de una idea, un estudio de mercado, la decisión de invertir, la administración de la inversión y la evaluación de los resultados. (Porto, 2021)

4.1.1. Estructura de la inversión

En este punto se señalarán en forma desagregada la cantidad de recursos a utilizarse, así como sus costos unitarios y totales.

4.1.2. Inversión fija

Se caracteriza por su materialidad (se pueden tocar y ver), y está sujeta a su mayor depreciación que es sinónimo de desvalorización gradual a lo largo de su uso, ya sea por desgaste y obsolescencia.

Se le llama inversión fija por que el proyecto no puede desprenderse fácilmente de estos activos sin que con ello perjudique las actividades productivas.

4.1.2.1. Requerimiento de máquinas y equipos

Las cotizaciones de los equipos se encuentran en los anexos IV teniendo un total en costo de 58.420 Bs.

Tabla IV-1 Costo de maquinaria

REQUERIMIENTO DE MÁQUINAS				
item	Descripción	costo unitario	Cantidad	Valor Total (Bs)
1	Balanza	350,00	1	350
2	Cestos del condensador	500,00	6	3.000,00
4	Tanque extractor	10.000,00	1	10.000,00
5	Intercambiador	12.000,00	1	12.000,00
6	Vaso Florentino	800,00	1	800,00
7	Refractómetro	1.300,00	1	1.300,00
8	Termobalanza	30.250,00	1	30.250,00
9	Picnómetro 5ml	360,00	2	720,00
10	Probeta de 50ml	95,00	2	190,00
11	Pipeta doble aforo 5ml	80,00	2	160,00
			Total	58.420,00

Fuente: elaboración propia, 2024.

4.1.2.2. Insumos generales y materia prima

Tomamos en cuenta la cantidad de materia prima necesaria para la producción a su vez el material necesario para la realización del control de calidad y el análisis necesario para su debido control teniendo un total de 162.696,37 Bs.

Tabla IV-2 Costos de materia prima y control de calidad

Insumos generales y materia prima					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)
Materia Prima					
1	FLOR DE LAVANDA	Kg	720	190	136.800,00
2	AGUA	m3	1377,6	2,93	4.036,37
Control de Calidad					
3	SULFATO DE SODIO	KG	11	1.250,00	13.750,00
4	PAPEL FILTRO	paquete	1	110,00	110,00
5	CROMATOGRFÍA GASEAOSA		4	2.000,00	8.000,00
Total Bs.					162.696,37

Fuente: Elaboración propia, 2024

4.1.2.3. Material directo e indirecto

Se reflejan los costos generales de los materiales que se necesitan para la producción y empaquetamiento.

Tabla IV-3 Materiales directos e indirectos

Materiales directos e indirectos					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)
1	Gasolina	L	180,00	3,72	669,60
2	Energía eléctrica	Kw	2.000,00	0,90	1.800,00
3	Gas	m3	1.818,00	1,66	3.017,88
4	Botellas Ambar	envase	1.176,00	3,10	3.645,60
5	Etiqueta	pieza	1.176,00	0,20	235,20
Total, Bs					8.463,48

Fuente: Elaboración Propia, 2024

4.1.2.4. Detalle de mano de obra

Estimamos el costo de mano de obra del personal tomando en cuenta un personal fijo doce meses de trabajo y un mes de aguinaldo correspondiente por ley.

Tabla IV-4 Detalle de mano de obra

Detalle de Mano de Obra Directa e Indirecta					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Valor Total (Bs)
1	Operador de planta de extracción	1	13	2800	36.400,00
				Total Bs.	36.400,00

Fuente: Elaboración propia, 2024

4.1.2.5. Detalle de Muebles y enseres

Detallamos el costo del equipamiento del área administrativa y equipos auxiliares para la planta teniendo un monto de 10.590 Bs.

Tabla IV-5 Detalles de muebles y enseres

Detalle de Muebles y enseres					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)
1	Muebles administración				
	Impresora	pza	1	1.100,00	1.100,00
	Silla	pza	3	120,00	360,00
	Escritorios	pza	1	300,00	300,00
	Estantes	pza	1	250,00	250,00
	Equipos computación	pza	1	5.000,00	5.000,00
2	Muebles de Planta				
	Estantes	pza	4	120	480,00
	Basurero	pza	2	150	300,00
	Mesas	pza	7	400	2.800,00
				Total	10.590,00

Fuente: Elaboración propia, 2024

4.1.2.6. Gastos de organización

Tabla IV-6 Detalle de requisitos medioambientales

Detalle de requisitos medio ambientales	Valor total (Bs)
Costo de la Lic. Ambiental categoría 3	2.500
Preparación de requisitos ambientales	1.500
Gatos administrativos	4000
Total	8.000

Fuente: Elaboración propia, 2024

4.1.2.7. Detalles de obras civiles y enseres

Nos refleja el monto para poder adaptar las instalaciones para diversas áreas de trabajo.

Tabla IV-7 Detalles de obras civiles

Detalle de Obras Civiles e instalaciones					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Valor Total (Bs)
1	área vestidor	m2	2,5	120	300
3	Área de almacén	m ²	3	120	360
5	Terminaciones para equipos	m ²	2	150	300
				Total Bs.	960,00

Fuente: Elaboración propia, 2024

4.1.3. Inversión total requerida

La inversión total nos indica la inversión fija y diferida tenemos todos los costos necesarios para el funcionamiento de la planta teniendo un total de 284.019,85 Bs.

Tabla IV-8 Inversión total

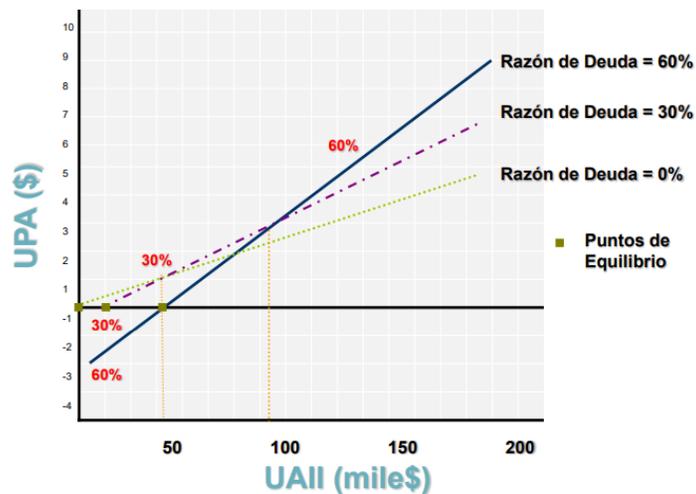
N°	DETALLE	VALOR
1	Inversion (a+b)	121.323,48
	a) Inversion Fija	104.860,00
	-Maquinaria y Equipos	58.420,00
	- Mano de Obra Directa e Indirecta	36.400,00
	- Obras civiles y montaje	960,00
	-Muebles y Enseres	9.080,00
	b) Inversion Diferida	16.463,48
	Insumos y materia prima	162.696,37
	-Gastos de Organización	8000
	- Materiales Directos e Indirectos	8.463,48
2	Capital de Trabajo	162.696,37
	Inversion Total Requerida (1+2)	284.019,85

Fuente: Elaboracion propia, 2024

4.1.4. Estructura del financiamiento

El valor de la empresa se ve maximizado cuando el costo de capital es minimizado, ya que el mismo es utilizado habitualmente como la tasa de descuento apropiada para los flujos de efectivo generados por la empresa. (Esparza, 2024).

Ilustración 4-1 Ejemplo de utilidades en función a deuda



Fuente: (Esparza, 2024)

La estructura del financiamiento será de 40% de aporte propio y un 60% aporte solicitado para la evaluación de estos porcentajes se toma en cuenta diversos factores, según bibliografía podemos reflejar que a mayor porcentaje de endeudamiento mayor utilidad por acción, tomando en cuenta que el valor sugerido de 60%.

Teniendo en cuenta la inversión fija y diferida estimamos el monto del financiamiento de 199.000 Bs.

Tabla IV-9 Estructura del financiamiento

Nº	DETALLE	VALOR	Aporte Propio	Aporte Solic.	TOTAL
1	Inversión (a+b)	285.529,48	114.211,79	171.317,69	285.529,48
	a) Inversión Fija	106.370,00	42.548,00	63.822,00	
	-Maquinaria y Equipos	58.420,00	23.368,00	35.052,00	
	-Obras civiles e instalaciones	960,00	384,00	576,00	
	- Mano de Obra Directa e Indirecta	36.400,00	14.560,00	21.840,00	
	-Muebles y Enseres	10.590,00	4.236,00	6.354,00	
	b) Inversión Diferida	179.159,48	71.663,79	107.495,69	
	-Gastos de Organización	8.000,00	3.200,00	4.800,00	
	- Materiales Directos e Indirectos	8.463,48	3.385,39	5.078,09	
	- Insumos generales y Materia prima	162.696,00	65.078,40	97.617,60	
	- Imprevistos		0	0	
2	Capital de Trabajo	44.863,48	17.945,39	235.139,69	253.085,08
	Inversión Total Requerida (1+2)	330.392,96	132.157,18	198.235,78	330.392,96

Fuente: Elaboración propia, 2024

4.1.5. Costos fijos y variables

Tabla IV-10 Proyección de costos anuales

Nº	Detalle	Producción				
		1	2	3	4	5
1	Costos Totales (a+b)	227.639,72	294.975,06	292.985,06	290.995,06	289.005,06
	a) Costos Fijos	28.543,35	26.553,35	24.563,35	22.573,35	20.583,35
	Depreciacion	6.997,00	6.997,00	6.997,00	6.997,00	6.997,00
	Amort. Inver. Dif.	1.646,35	1.646,35	1.646,35	1.646,35	1.646,35
	Costo Finacier	19.900,00	17.910,00	15.920,00	13.930,00	11.940,00
	b) Costos Variables	199.096,37	268.421,71	268.421,71	268.421,71	268.421,71
	Mat. Prima Directa	162.696,37	191.981,71	191.981,71	191.981,71	191.981,71
	Mano de Obra Dir.	36.400,00	76.440,00	76.440,00	76.440,00	76.440,00
		6	7	8	9	10
	costos totales(a+b)	287.970,80	285.980,80	283.990,80	282.000,80	280.010,80
	a)costos fijos	9.950,00	7.960,00	5.970,00	3.980,00	1.990,00
	depreciacion	6,997,00	6,997,01	6,997,02	6,997,03	6,997,04
	Amort. Inver. Dif.	1,839,37	1,839,38	1,839,39	1,839,40	1,839,41
	Costo Finacier	9.950,00	7.960,00	5.970,00	3.980,00	1.990,00
	b) Costos Variables	278.020,80	278.020,80	278.020,80	278.020,80	278.020,80
	Mat. Prima Directa	201.580,80	201.580,80	201.580,80	201.580,80	201.580,80
	Mano de Obra Dir.	76.440,00	76.440,00	76.440,00	76.440,00	76.440,00

Fuente: Elaboracion propia, 2024

4.1.6. Costo unitario del producto.

El costo unitario se determina del capital total de trabajo entre la producción por días del año. El cálculo se realiza de la siguiente forma

Ec. 4-1 Costo unitario de producción

$$\text{CUP} = \frac{\text{C. T}}{\text{Q. T}}$$

Donde:

C.U. P= Costo unitario de producción

C.T= Costo total

Q. T= Cantidad total

Para el cálculo de la cantidad total de producto necesario tomamos una pérdida de producto del 2% del volumen ya que se producen pérdidas en el proceso de envasado y en el control de calidad de los productos.

El costo total está constituido por la suma de costos fijos (CF) y el costo variable (CV) en cuyas estructuras se consideran todos los costos del proceso de producción.

$$\text{CT} = \text{CF} + \text{CV}$$

Por lo tanto, el costo Unitario del Producto desde el primer año de producción hasta el quinto es:

Tabla IV-11 Costo unitario de producto

Año	Costo Total CT= CF + CV (A)	Cantidad Total QT (B)	Costo Unitario de Producción C.U.P. A/B
1	227.639,72	1.160,00	196
2	272.197,57	1.197,20	227
3	278.342,39	1.274,40	218
4	289.368,10	1.384,80	209
5	300.393,81	1.536,60	195
6	352.384,92	1.852,60	190
7	377.727,91	2.142,80	176
8	398.697,62	2.530,40	158
9	413.391,67	3.051,00	135
10	432.034,29	3.719,00	116

Fuente: Elaboración propia, 2024

Ec. 4-2 Determinación de costo unitario

$$P_V = CUP(1 + h)$$

El valor de “h” representa el porcentaje de utilidad que se espera obtener para cada unidad del producto. Se asume un porcentaje de 25% en la relación de ganancia.

Entonces tendríamos un precio unitario de: 245 Bs. Por unidad de producto en presentación de 30ml.

4.1.7. Estado de pérdidas y ganancia

Tabla IV-12 Estado de perdidas y ganancias

No.	Detalle	Produccion				
		1	2	3	4	5
1	Ingresos	284.550	293.675	312.612	339.693	395.777
	Ventas	284.550	293.675	312.612	339.693	395.777
2	Costos Totales (a+b)	222.004	272.198	278.342	289.368	300.394
	a) Fijos	22.908	26.553	24.563	22.573	20.583
	Depreciacion	1.361	1.361	1.361	1.361	1.361
	Amortizacion					
	Inversion Diferida	1.646	1.646	1.646	1.646	1.646
	Costo Finaciero	19.900	17.910	15.920	13.930	11.940
	b) Variables	199.096	245.644	253.779	266.795	279.810
	Materia prima	162.696	169.204	177.339	190.355	203.370
	Mano de ob. Dir	36.400	76.440	76.440	76.440	76.440
3	Utilidad Bruta (1-2)	62.546	21.477	34.270	50.325	95.383
4	Impuestos	10.007	3.436	5.483	8.052	15.261
5	Utilidad Neta Anual(3-4)	52.538	18.041	28.787	42.273	80.122
		6	7	8	9	10
1	Ingresos	477.168	551.913	651.746	785.835	957.890
	Ventas	477.168	551.913	651.746	785.835	957.890
2	Costos Totales (a+b)	355.393	380.736	401.705	416.399	435.042
	a) Fijos	12.958	10.968	8.978	6.988	4.998
	Depreciacion	1.361	1.361	1.361	1.361	1.361
	Amortizacion					
	Inversion Diferida	1.646	1.646	1.646	1.646	1.646
	Costo Finaciero	9.950	7.960	5.970	3.980	1.990
	b) Variables	342.435	369.768	392.728	409.412	430.044
	Materia prima	227.775	255.108	278.068	294.752	315.384
	Mano de ob. Dir	114.660	114.660	114.660	114.660	114.660
3	Utilidad Bruta (1-2)	121.775	171.178	250.041	369.436	522.848
4	Impuestos	19.484	27.388	40.007	59.110	83.656
5	Utilidad Neta Anual(3-4)	102.291	143.789	210.034	310.326	439.192

Fuente: Elaboracion propia, 2024

4.2. FINANCIAMIENTO

En el caso del financiamiento se consideran los elementos de los montos económicos que se requieren para la implementación de la planta.

Esto se llevará solicitando un crédito con un plan de pagos que será desarrollado en la siguiente tabla.

4.2.1. Plan de pagos

El plan de pagos se establece según la tasa de oportunidad del mercado de 10%, con: ecuación 1 Cálculo de amortización

Ec. (4-3) Cálculo de la amortización

$$M = k \left[\frac{(1+i)^{n*1}}{(1+i)^n - 1} \right] \quad \text{Ec. (4-3)}$$

$$i=0,1 \quad n=10$$

Tabla IV-13 Plan de pagos

Año	Saldo Capital	Interés "I"	Amortización "A"	Total (I+A)
1	199.000,00	19.900,00	0,00	19.900,00
2	199.000,00	19.900,00	12.486,33	32.386,33
3	186.513,67	18.651,37	13.734,97	32.386,33
4	172.778,70	17.277,87	15.108,46	32.386,33
5	157.670,24	15.767,02	16.619,31	32.386,33
6	141.050,93	14.105,09	18.281,24	32.386,33
7	122.769,68	12.276,97	20.109,37	32.386,33
8	102.660,32	10.266,03	22.120,30	32.386,33
9	80.540,02	8.054,00	24.332,33	32.386,33
10	56.207,69	5.620,77	26.765,56	32.386,33
11	29.442,12	2.944,21	29.442,12	32.386,33
		124.863,34	199.000,00	323.863,34

Fuente: Elaboración propia, 2024

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.

5.1. Determinación del punto de equilibrio.

El punto de equilibrio llamado también por algunos autores umbral de rentabilidad se da cuando el valor de los ingresos es igual al valor de los costos de producción.

Es el nivel de producción donde los beneficios por ventas son igual a la suma de los costos fijos y variables.

Ec. 5-1 Punto de equilibrio

$$P.E. = \frac{\text{Costo Fijo Total}}{1 - \frac{\text{Costo variable total}}{\text{Ventas Totales}}}$$

El resultado nos dice que para obtener utilidades se tendrá que vender en monto dicha cantidad calculada para poder encontrar el punto de equilibrio, a su vez proponiendo un incremento del 5% a partir del quinto año de producción.

Tabla V-1 Ingresos anuales proyectados

Año	Produccion "Q"	Precio de Venta "P"	Ingreso Total I= QxP
1	1.160,00	245	284.549,65
2	1.197,20	245	293.674,86
3	1.274,40	245	312.612,13
4	1.384,80	245	339.693,40
5	1.536,60	258	395.776,67
6	1.852,60	258	477.167,68
7	2.142,80	258	551.913,47
8	2.530,40	258	651.746,24
9	3.051,00	258	785.835,36
10	3.719,00	258	957.889,77

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para generar utilidades la empresa debe vender en valor económico y por producto

P.E.monetario=	95.046
----------------	--------

P.E. producto=	590
----------------	-----

5.2. INDICADORES FINANCIEROS VAN Y TIR

5.2.1. Cálculo del valor actual neto (VAN)

Se determina mediante la actualización de los flujos de gastos e ingresos futuros del proyecto, menos la inversión inicial. Si el resultado de esta operación es positivo, es decir, si refleja ganancia se puede decir que el proyecto es viable. (Ramírez, 2022)

Ec. 5-2 Determinación del VAN

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3} + \frac{FN_4}{(1+i)^4} + \frac{FN_n}{(1+i)^n}$$

INSERTAR LA TASA DE INTERES DE V.A. N=	0,12
--	------

	0	1	2	3	4	5
Flujo EC Actual (1-2)	133.704,70	55.545,97	21.048,52	31.794,18	45.280,85	83.129,20

	7	8	9	10
	105.298,74	146.797,09	213.042,06	313.333,91
				442.199,82

V.A.N=	492.409,81
--------	------------

Tenemos un VAN mayor a cero por tanto la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida.

El valor del

VAN=492. 409,81 Bs Indica que el proyecto es rentable.

5.2.2. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

Se utiliza frecuentemente para analizar la viabilidad de un proyecto y determinar la tasa de beneficio o rentabilidad que se puede obtener de dicha inversión. Estrechamente ligado al VAN, el TIR también es definido como el valor de la tasa de descuento que iguala el VAN a cero, para un determinado proyecto de inversión. Su resultado viene expresado en valor porcentual. (Ramírez, 2022)

INSERTAR LA TASA DE INTERES DE 0,46
V.A.N Hasta que sea negativo

	0	1	2	3	4	5
Flujo EC Actual (1-2)	133.704,70	55.545,97	21.048,52	31.794,18	45.280,85	83.129,20

V.A.N= -1056,46947

T.I.R= 45,93

6	7	8	9	10
105.298,74	146.797,09	213.042,06	313.333,91	442.199,82

El valor mayor a cero nos indica

TIR= 45,93 % nos indica que el proyecto es aceptable.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se llevó a cabo un estudio de mercado en el departamento de Tarija, considerando una base de 50 lugares de comercialización de perfumería. Con un error máximo del 30% y un nivel de confianza del 95%, se determinó un tamaño de muestra de 8 lugares. De estos, el 80% comercializa aceites esenciales en general, y dentro de este grupo, el 62,5% vende aceite esencial de lavanda. El promedio de unidades vendidas es de 5 unidades por mes, resultando un valor total de 156 unidades año.
- En cuanto a la disponibilidad de la materia prima, se determinó que existen proveedores suficientes para abastecer el proyecto, no existe un peligro relacionado con la escasez debido a que las condiciones de producción son favorables, según la proyección de materia prima realizada para el año 2023 se llega a una producción de 6048 Kg.
- Se determinó la localización de la planta de extracción de aceite esencial de lavanda teniendo en cuenta diversos factores tales como: transporte de materia prima, acceso de servicios básicos y terreno, mediante una matriz de decisión se pudo determinar la macro localización el municipio de El PUENTE. En el cual se encuentra la sub sede del INSTITUTO 2 DE AGOSTO la cual cuenta con previos disponibles para el montaje de la planta con una capacidad de producción por día de 0,16 kg de aceite esencial de Lavanda.
- Se calculó la capacidad de los equipos teniendo en cuenta nuestros equipos principales: tanque de extracción, el intercambiador y vaso florentino.
- El cálculo del tanque de extracción con un volumen total de cestos de 400 litros con una altura total de 270,28 cm que cuenta con 6 cestos con volúmenes de 20,4 litros. Se tomaron diversos criterios y se realizó una matriz de decisión para la selección del tipo de intercambiador que cuenta con 11 tubos y una longitud de 119cm y un cálculo de vaso florentino de 5 litros.

- En el análisis económico del proyecto se calculó el VAN y TIR donde se obtuvo indicadores de evaluación positivos un VAN 492. 409,81 Bs de y un TIR de 45,93%, indicadores que al ser positivos confirman que el proyecto es viable, convirtiendo la creación de la planta en una alternativa atractiva para las inversiones ya que como proyecto es factible y coherente en el desarrollo de los criterios técnicos y económicos y financieros.

6.2. RECOMENDACIONES

Para el mejor aprovechamiento de la planta se podría recomendar en la innovación de nuevos productos ya sea en la implementación del producto aceite esencial de lavanda en diferentes áreas de cosmética, farmacia y otras.

Se recomienda a su vez una implementación de gestión de residuos sólidos para poder generar nuevos productos con los residuos con el hidrolato ya que conserva propiedades que pueden emplearse para realizar desinfectantes, detergentes y otros artículos de limpieza para poder darle un valor agregado a lo que sería un residuo ya que la implementación de nuevos productos necesita una debida investigación para su ejecución. A su vez, una gestión de residuos de los desechos de la flor seca para la realización de abono que debe cumplir diversos parámetros para poder implementar la producción de abono y realizar su comercialización.

Por tanto, eso podría generar mayores utilidades para la planta