

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE GRADO



**DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN DE
ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA PARA EL MUNICIPIO DE
EL PUENTE**

Por:

CECILIA BELEN ALFARO URZAGASTE

**Modalidad de graduación (Prefactibilidad) presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Julio de 2024

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

M. SC. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO

M. SC. Ing. Clovis Gustavo Succi Aguirre

VIDECANO (a)

Ing. Enilce Jessica Cruz Humacata

TUTOR

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Natalia Ortega Barriga

Ing. Alvaro Velásquez Castro

Ing. Marcelo López Trujillo

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mi madre, no hay palabras suficientes para expresar mi amor y gratitud, tus virtudes, fortaleza y valores han sido la inspiración para que yo alcance cada uno de mis objetivos.

A mi padre por su amor incondicional, por siempre alentarme a ser mejor y creer en mi en todo momento.

A mis hermanos Rocío y Ezequiel por su paciencia y apoyo incondicional. A mi sobrina Zoé Cayetana.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por no soltarme la mano nunca y cuidar de mi en todo momento.

A mis padres y hermanos por su apoyo y amor incondicional, a mi familia por estar siempre presentes en cada momento de mi vida.

A mi profesor guía el Ing. Rene Emilio Michel por su paciencia y compromiso durante mi formación académica.

A mi Tutor la Ing. Enilce Cruz por su guía apoyo y compañía durante la elaboración de mi proyecto.

A mis compañeros, este camino hubiera sido mucho más difícil sin su compañía, amor y paciencia. Son el más lindo regalo que me llevo en esta etapa de mi vida, Gracias por convertirse en mi familia en todos años lejos de la mía.

PENSAMIENTO

"El costo de equivocarse es menor que el costo de no hacer nada"

- Shet Godin

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
Kg	Kilogramo
g	Gramo
mg	Miligramo
°C	Grados centígrados
mL	Mililitros
L	Litros
cm ³	Centímetros cúbicos
m ³	Metros cúbicos
min	Minutos
h	Hora
s	Segundos
°	Grados
\$	dólares americanos
Bs	Bolivianos
T	Temperatura
V	Volumen
M	Masa
ρ	Densidad

R	Rendimiento
% H	Porcentaje de humedad
Q	Caudal de agua
QT	Calor total
Qs	Calor sensible
Qlat	Calor latente
λ_{vap}	Calor latente de vaporización
F_v	Flujo de vapor
$P_{\text{t\u00e9rmica}}$	Potencia t\u00e9rmica
C_p	Calor espec\u00edfico
t	Tiempo
t_{ext}	Tiempo de extracci\u00f3n
kcal	Kilocalor\u00edas
W	Vatios
kW	Kilovatios
,	Decimal
UAJMS	Universidad Aut\u00f3noma Juan Misael Saracho
UMSS	Universidad Mayor de San Sim\u00f3n
CTA	Centro Tecnol\u00f3gico Agroindustrial
LOU	Laboratorio de Operaciones Unitarias
CEANID	Centro de An\u00e1lisis Investigaci\u00f3n y Desarrollo
UE	Uni\u00f3n Europea

ÍNDICE

ADVERTENCIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
PENSAMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	3

CAPÍTULO I ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Generalidades.....	5
1.1.1. Aceite esencial de lavanda.....	5
1.2. Mercado internacional de aceite esencial de lavanda.....	6
1.2.1. Características del mercado regional.....	7
1.3. Estructura del mercado.....	7
1.3.1. Características del mercado.....	7
1.4. Descripción y especificaciones de materias primas y productos.....	8
1.4.1. Materia prima: Lavanda.....	8
1.4.2. Descripción de la materia prima Lavanda.....	8
1.4.3. Aplicabilidad del aceite esencial de lavanda.....	9

1.5. Análisis de la oferta y la demanda de lavanda y aceite esencial de lavanda.....	9
1.5.1. Tipo de muestreo.....	9
1.5.2. Tamaño de muestra	10
1.5.3. Determinación de la población de estudio	10
1.6. Determinación del tamaño de muestra de estudio.....	10
1.6.1. Demanda Total	15
1.7. Descripción geográfica del mercado y políticas de comercialización.	17
1.7.1. Cosmética natural.....	17
1.8. Análisis de precios: Materias primas y comercializadores.	19
1.9. Proyecciones.	19
1.9.1. Proyección de materia prima.....	19

CAPÍTULO II TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

2.1. Justificación del tamaño.....	21
2.1.1. Ciclo de vida del proyecto.....	21
2.1.2. Disponibilidad de materia prima.....	21
2.2. Justificación de la localización.....	22
2.2.1. Macro - localización.....	22
2.2.2. Características de la macro-localizacion.....	22
2.2.3. Micro-localizacion	23

Capítulo III INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. Características técnicas de las materias primas y productos.....	26
3.2. Composición química de la flor de lavanda (lavándula agustifolia).....	27
3.3. Variedad de lavanda.	27

3.3.1. Espliego.....	28
3.3.2. Lavanda.....	28
3.3.3. Lavandin.....	29
3.4. Rendimiento del cultivo	30
3.5. Densidad de plantación	30
3.6. Características técnicas del producto	30
3.6.1. Composición química del aceite esencial de lavanda	32
3.7. Descripción de los procesos existentes para la elaboración del producto.....	32
3.7.1. Enfleurage	32
3.7.2. Extracción con solventes.....	33
3.7.3. Extracción con fluidos supercríticos	33
3.7.4. Hidrodestilación	35
3.7.5. Arrastre de Vapor	36
3.8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	37
3.8.1. Recepción y almacenamiento.....	37
3.8.2. Pesado	37
3.8.3. Extracción	37
3.8.4. Control de Calidad	41
3.8.5. Envasado y almacenamiento	45
3.9. Gestión de residuos	46
3.10. Diagramas de Flujo.	47
3.11. Balances de Materia.	48
3.11.1. Balance de materia en base seca	49

3.11.2. Balance en la etapa de secado de materia prima	49
3.11.3. Balance en el extractor de aceite esencial	50
3.11.4. Balance en el condensador	52
3.11.5. Balance en la etapa de decantación	53
3.11.6. Pérdidas en el proceso de extracción	54
3.12. Balance de energía	54
3.12.1. Cálculo del Calor Sensible	54
3.12.2. Determinación del calor Latente	55
3.12.3. Calor total requerido para la extracción	55
3.12.4. Balance de energía en la condensación	55
3.13. Diseño de los equipos principales.	59
3.13.1. Tamaño de los cestos	59
3.13.2. Diseño de extractor	60
3.13.3. Condensador.....	64
3.13.4. Vaso florentino.....	69
3.14. Cronograma de ejecución, CPM y GANTT.....	70
3.14.1. Cronograma de ejecución.....	70
3.15. ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL	72
3.15.1. Personal de planta	72
3.15.2. Funciones	72
3.15.3. Personal temporal.....	72
3.16. lay out de la planta	73

CAPÍTULO IV INVERSIÓN DEL PROYECTO

4.1. Inversion del proyecto.....	74
4.1.1. Estructura de la inversión.....	74
4.1.2. Inversión fija	74
4.1.3. Inversión total requerida	79
4.1.4. Estructura del financiamiento	80
4.1.5. Costos fijos y variables	82
4.1.6. Costo unitario del producto.....	83
4.1.7. Estado de pérdidas y ganancia	85
4.2. financiamiento.....	86
4.2.1. Plan de pagos	86

CAPÍTULO V EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

5.1. Determinación del punto de equilibrio.....	87
5.2. Indicadores financieros VAN y tiR.....	88
5.2.1. Cálculo del valor actual neto (VAN)	88
5.2.2. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).....	89

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones	90
6.2. Recomendaciones.....	91

ANEXOS

Anexo I	Datos auxiliares.....	96
Anexo II	Estudio de mercado.....	98
Anexo III	Planos y ubicación del proyecto.....	106
Anexo IV	Cotizacion de equipos e insumos	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1 Valor Importado en dólares americanos.....	6
Tabla I-2 Valor Exportado en dólares americanos.....	7
Tabla I-3 Dirección de tiendas encuestadas	10
Tabla I-4 Análisis de demanda por año.....	15
Tabla I-5 Demanda final de aceite esencial de lavanda	16
Tabla I-6 Análisis de costo del aceite esencial de lavanda	19
Tabla I-7 Proyección de cultivo de lavanda.....	20
Tabla II-1 Extensión departamental y provincial municipio de el puente en el contexto nacional	23
Tabla II-2 Matriz de Decisión para Micro Localización.....	24
Tabla III-1 Clasificación taxonómica.....	26
Tabla III-2 Composición Química de la Flor de Lavanda	27
Tabla III-3 Propiedades Químicas y Físicas del Aceite Esencial de Lavanda.....	31
Tabla III-4 Rangos de Algunos Componentes del Aceite Esencial de Lavanda.....	32
Tabla III-5 Resumen de flujos	48
Tabla III-6 Datos experimentales.....	49
Tabla III-7 Tabla Datos para el balance de materia	50
Tabla III-8 Pérdidas de materia en porcentajes.....	54
Tabla III-9 Datos de medidas del tanque extractor a escala laboratorio	60
Tabla III-10 Datos de dimension del area de extraccion.....	61
Tabla III-11 Consideraciones tamaño de tanque.....	64
Tabla III-12 Matriz de Selección para Intercambiador	65
Tabla III-13 Datos para el diseño del condensador.....	65

Tabla III-14 Cronograma de ejecución	70
Tabla III-15 Diagrama de Gantt.....	71
Tabla IV-1 Costo de maquinaria.....	75
Tabla IV-2 Costos de materia prima y control de calidad	76
Tabla IV-3 Materiales directos e indirectos	76
Tabla IV-4 Detalle de mano de obra.....	77
Tabla IV-5 Detalles de muebles y enseres	77
Tabla IV-6 Detalle de requisitos medioambientales	78
Tabla IV-7 Detalles de obras civiles	78
Tabla IV-8 Inversión total.....	79
Tabla IV-9 Estructura del financiamiento.....	81
Tabla IV-10 Proyección de costos anuales	82
Tabla IV-11 Costo unitario de producto	84
Tabla IV-12 Estado de perdidas y ganancias	85
Tabla IV-13 Plan de pagos.....	86
Tabla V-1 Ingresos anuales proyectados.....	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 Partes de la lavanda	8
Ilustración 1-2 Encuesta piloto para cálculo de población.....	11
Ilustración 1-3 Botanika cosmética natural de Lavanda	17
Ilustración 1-4 Cosmetica natural de lavanda zabon.....	18
Ilustración 1- 5 Flor de lavanda	20
Ilustración 2-1 Ubicación provincia Méndez.....	22
Ilustración 2-2 Frontis Instituto 2 de Agosto	25
Ilustración 2-3 Ubicación Instituto 2 de Agosto	25
Ilustración 3-1 Espliego (Lavándula Latiofila).....	28
Ilustración 3-2 Lavanda (Lavándula Angustifolia).....	29
Ilustracion 3-3 Lavandin	29
Ilustración 3-4 Referencia Fluidos Super Críticos	34
Ilustración 3-5: Referencia Fluidos Super Críticos.....	35
Ilustración 3-6 Diagrama Planta de Extracción de Aceite esencial	37
Ilustracion 3-7 Tanque extractor	39
Ilustración 3-8 Cesto y serpentín del Tanque.....	40
Ilustracion 3-9 Termobalanza Ohaus	41
Ilustración 3-10 Refractómetro Digital	42
Ilustración 3-11 Picnómetro Gay Lussac	43
Ilustración 3-12 Purificador de A.E.	44
Ilustración 3-13 Cromatografía de gases de Aceite esencial de Lavanda.....	45
Ilustración 3-14 Diagrama de Flujo del proceso.....	47

Ilustración 3-15 Tanque de extracción	52
Ilustración 3-16 Condensador	52
Ilustracion 3-17 Decantacion	53
Ilustración 3-18 Dimensiones del Cesto	60
Ilustracion 3-19 Dimensiones del Tanque.....	63
Ilustración 3-21 Organización empresaria	72
Ilustración 3-23 Lay Out de la Planta	73
Ilustración 4-1 Ejemplo de utilidades en función a deuda	80