

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE
ESENCIAL A PARTIR DE LA CÁSCARA DE NARANJA PARA
“APROCA/ECOFRUT”**

Por:

BORIX GONZALO SEGOVIA GUTIERREZ

**Modalidad de graduación Proyecto de Pre-Factibilidad, presentada a consideración de
la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Julio del 2025

TARIJA-BOLIVIA

Vº Bº

MSc. Ing. Marcelo Segovia Cortes

DECANO FACULTAD DE

CIENCIAS Y TECNOLOGIA

MSc. Ing. Fernando Cortez Michel

VICEDECANO FACULTAD DE

CIENCIAS Y TECNOLOGIA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

ING. RENE EMILIO MICHEL CORTES

ING. ERNESTO CAIHUARA

ING. JUAN CARLOS VEGA KNEZ

ÍNDICE GENERAL

Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Pensamiento.....	iv
Glosario.....	xviii
Resumen.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
Justificación.....	4
Objetivos.....	5
Planteamiento del problema.....	6

CAPÍTULO I. ESTUDIO DE MERCADO

1.1	Generalidades.....	8
1.2	Características del mercado internacional.....	9
1.3	Características del mercado nacional.....	13
1.4	Estructura del mercado regional.....	17
1.4.1	Mercado regional.....	17
1.5	Descripción y especificaciones de la materia prima y producto.....	18
1.5.1	Producción nacional de naranja dulce.....	18
1.5.2	Producción de naranja en el departamento de Tarija.....	20
1.5.3	Materia prima	23
1.5.4	Definición del producto.....	24

1.5.4.1 Aceite esencial.....	24
1.5.4.2 Descripción de los aceites esenciales.....	25
1.5.4.3 Clasificación de los aceites esenciales.....	26
1.6 Análisis de la oferta y la demanda de aceite esencial de cítricos (agrios).....	27
1.6.1 Oferta de aceite esencial de cítricos en Bolivia.....	27
1.6.2 Demanda de aceite esencial de naranja (cítricos) en Bolivia.....	30
1.7 Descripción geográfica del mercado y políticas de comercialización.....	32
1.7.1 Descripción geográfica del mercado.....	32
1.7.1.1 Departamento de Tarija.....	32
1.7.2 Políticas de comercialización.....	34
1.8 Análisis de precios: materia prima y producto.....	37
1.8.1 Materia prima	37
1.8.2 Producto: aceite esencial.....	38
1.9 Proyecciones de la oferta y demanda de aceite esencial.....	39
1.9.1 Proyección de la oferta de aceites esenciales a nivel internacional.....	39
1.9.2 Proyección de la demanda de aceites esenciales a nivel internacional.....	40
1.9.3 Proyección de la oferta de aceite esencial de naranja (agrios) en Bolivia.....	42
1.9.4 Proyección de la demanda de aceite esencial de naranja (agrios) en Bolivia.....	45
1.10 Balance de la oferta y demanda de aceites esenciales.....	48
1.10.1 Balance de la oferta y demanda proyectada a nivel internacional.....	48
1.10.2 Balance de la oferta y demanda proyectada de aceite esencial de naranja (agrios) a nivel nacional.....	49

CAPÍTULO II. TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

2.1	Justificación del tamaño.....	50
2.2	Justificación de la localización.....	51

CAPÍTULO III. INGENIERÍA DE PROYECTO

3.1	Características técnicas de la materia prima y producto.....	55
3.1.1	Características físicas	55
3.1.2	Características químicas.....	56
3.1.3	Características técnicas del producto	58
3.1.3.1	Aceite esencial de naranja.....	58
3.2	Descripción de los procesos existentes para la elaboración del producto.....	60
3.2.1	Extracción por prensado.....	60
3.2.2	Extracción con solventes volátiles.....	61
3.2.3	Método de enfleurage.....	61
3.2.4	Método de extracción con fluidos supercríticos.....	62
3.2.5	Destilación con agua o hidrodestilación.....	64
3.2.6	Destilación por arrastre con vapor de agua.....	65
3.2.7	Tanque extractor con caldera	66
3.2.8	Tanque extractor con cámara de agua.....	67
3.3	Procesos industriales aplicados a los A. E.....	67
3.4	Análisis de los diferentes métodos de extracción y selección del más adecuado	69
3.5	Descripción del proceso seleccionado.....	73
3.5.1	Fase de calentamiento.....	73

3.5.1.1 Maquinaria para fase de calentamiento: Generador de vapor.....	74
3.5.2 Fase de extracción.....	75
3.5.2.1 Maquinaria para fase de extracción: Extractor por arrastre de vapor.....	75
3.5.3 Fase de enfriamiento.....	76
3.5.3.1 Maquinaria para fase de enfriamiento: Condensador de serpentín.....	77
3.5.4 Decantación y separación.....	77
3.5.4.1 Maquinaria de decantación y separación.....	78
3.5.5 Envasado y Almacenamiento.....	79
3.5.5.1 Maquinaria de envasado y almacenamiento.....	80
3.6 Diagrama de flujo. Extracción de aceite esencial de naranja.....	81
3.7 Diagrama de flujo del proceso.....	82
3.8 Balances de materia y energía.....	83
3.8.1 Balance de materia.....	83
3.8.1.1 Balance del tanque extractor.....	83
3.8.1.2 Balance en el condensador.....	86
3.8.1.3 Balance en la caldera.....	87
3.8.2 Balance de energía.....	90
3.8.2.1 Caldero.....	90
3.8.2.2 Condensador.....	91
3.9 Dimensionamiento de equipos.....	92
3.9.1 Tanque extractor.....	92
3.9.2 Condensador.....	94
3.9.3 Dimensionamiento del serpentín.....	94

3.9.4	Decantador - centrífuga de discos.....	99
3.10	Distribución general de la planta.....	108
3.11	Obras civiles.....	111
3.12	Programa de producción.....	112
3.13	Requerimiento de mano de obra.....	112
3.14	Servicios auxiliares.....	113
3.14.1	Requerimiento de agua.....	114
3.14.2	Requerimiento de vapor.....	116
3.14.3	Requerimiento de energía eléctrica.....	117
3.14.4	Requerimiento de gas.....	118
3.15	Evaluación técnica de la planta.....	120
3.16	Cronograma de ejecución, GANTT.....	120
3.17	Organización de la planta.....	121
3.17.1	Descripción de funciones de los principales cargos.....	123

CAPÍTULO IV. ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

4.1	Inversión del proyecto.....	123
4.1.1	Costo de materia prima.....	123
4.1.2	Costos por personal necesario.....	124
4.1.3	Costos indirectos de producción.....	127
4.1.4	4.1.4 OTROS GASTOS GENERALES.....	129
4.1.5	Capital de trabajo.....	130
4.1.6	Maquinaria y equipo.....	131
4.1.7	Mantenimiento de maquinaria y equipos.....	133

4.1.8	Inversión y capital de trabajo.....	133
4.1.9	Costo unitario del producto.....	135
4.1.10	Precio de venta actual en el mercado.....	136
4.1.11	Estimación de ingresos.....	136
4.2	Depreciaciones.....	137
4.3	Financiamiento.....	138
4.3.1	Necesidad de capital.....	138
4.3.2	Fuentes de financiamiento.....	139
4.3.3	Amortizaciones.....	140

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

5.1	Estado de flujo económico.....	141
5.2	Determinación del punto de equilibrio.....	142
5.3	Tasa interna de retorno y valor actual neto.....	143
5.4	Tiempo de retorno de la inversión.....	145

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	146
6.2	Recomendaciones.....	153
BIBLIOGRAFÍA.....		155

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 1. PAÍSES EXPORTADORES DE ACEITE ESENCIAL A BOLIVIA.....	2
TABLA 1 1. PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE ACEITES ESENCIALES A NIVEL INTERNACIONAL.....	10
TABLA 1 2. PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE ACEITES ESENCIALES A NIVEL INTERNACIONAL.....	11
TABLA 1 3. PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE ACEITES ENSENCIALES A NIVEL INTERNACIONAL.....	12
TABLA 1 4. PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE ACEITES ENSENCIALES A NIVEL INTERNACIONAL.....	13
TABLA 1 5. PAÍSES IMPORTADORES DE ACEITES ESENCIALES DE BOLIVIA.....	14
TABLA 1 6. PAÍSES EXPORTADORES DE ACEITES ESENCIALES A BOLIVIA.....	16
TABLA 1 7. PRODUCCIÓN NACIONAL DE NARANJA DELCE EN TONELADAS.....	19
TABLA 1 8. PRODUCCIÓN DE NARANJA EN TARIJA.....	21
TABLA 1 9. VARIEDADES DE NARANJA.....	23
TABLA 1 10. ACEITES ESENCIALES IMPORTANTES DE DISTINTOS LUGARES.....	25
TABLA 1 11. BOLIVIA: EXPORTACIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE CÍTRICOS.....	29
TABLA 1 12. IMPORTACIONES DE ACEITES ESENCIALES DE CÍTRICOS EN BOLIVIA.....	31
TABLA 1 13. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 2015-2021.....	33
TABLA 1 14. MARCAS DE DEMANDA NACIONAL DE ACEITE ESENCIAL.....	38

TABLA 1 15. OFERTA HISTÓRICA.....	39
TABLA 1 16. PROYECCIÓN DE LA OFERTA DE ACEITES ESENCIALES A NIVEL INTERNACIONAL.....	39
TABLA 1 17. DEMANDA HISTÓRICA.....	41
TABLA 1 18. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ACEITES ESENCIALES A NIVEL INTERNACIONAL.....	41
TABLA 1 19. OFERTA HISTÓRICA.....	43
TABLA 1 20. PROYECCIÓN DE LA OFERTA NACIONAL DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA.....	44
TABLA 1 21. DEMANDA HISTÓRICA.....	45
TABLA 1 22. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA NACIONAL DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA.....	46
TABLA 1 23. BALANCE DE LA OFERTA Y DEMANDA PROYECTADA A NIVEL INTERNACIONAL.....	48
TABLA 1 24. BALANCE DE LA OFERTA Y DEMANDA PROYECTADA DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA (AGRIOS) A NIVEL NACIONAL.....	49
TABLA 2 1. CALENDARIO ANUAL DE PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA NARANJA.....	51
TABLA 3 1. PARÁMETROS PROMEDIOS DE LA VARIEDAD SELECCIONADA...	56
TABLA 3 2. COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CASCARA DE NARANJA ...	57
TABLA 3 3. COMPOSICIÓN DE DIFERENTES VARIEDADES DE NARANJA.....	58
TABLA 3 4. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE ACEITE ESENCIAL DE LA CASCARA DE NARANJA.....	60
TABLA 3 5. VENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.....	70
TABLA 3 6. DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.....	71

TABLA 3 7. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA.....	72
TABLA 3 8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONDENSADOR CON SERPENTÍN.....	98
TABLA 3 9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS QUE SE REQUIEREN IMPLEMENTAR PARA LA ELABORACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA.....	104
TABLA 3 10. DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA CONSTRUIDA.....	111
TABLA 3 11. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN.....	112
TABLA 3 12. REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA.....	113
TABLA 3 13. AGUA REQUERIDA PARA LA PRODUCCIÓN.....	114
TABLA 3 14. REQUERIMIENTO DE AGUA PARA EL CALDERO.....	115
TABLA 3 15. REQUERIMIENTO DE AGUA POR EL CONDENSADOR.....	115
TABLA 3 16. COSTOS DE AGUA.....	116
TABLA 3 17. VAPOR REQUERIDO PARA LA PRODUCCIÓN.....	117
TABLA 3 18. COSTOS DE VAPOR.....	117
TABLA 3 19. ENERGÍA REQUERIDA PARA LA PRODUCCIÓN.....	118
TABLA 3 20. COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	118
TABLA 3 21. GAS REQUERIDO PARA LA GENERACION DE VAPOR.....	119
TABLA 3 22. COSTO DE GAS NATURAL.....	119
TABLA 3 23. EVALUACIÓN TÉCNICA.....	120
TABLA 3 24. DIAGRAMA DE GANTT.....	121
TABLA 4 1. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PLANIFICADA.....	123

TABLA 4 2. RELACIÓN DE MATERIA PRIMA Y PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL.....	123
TABLA 4 3. ESTIMACIÓN DE COSTOS POR MATERIA PRIMA.....	124
TABLA 4 4. COSTOS DE PERSONAL GESTIÓN 2024.....	125
TABLA 4 5. COSTOS DE PERSONAL GESTIÓN PROYECTADOS AL 2033 (DIEZ AÑOS DE OPERACIÓN).....	126
TABLA 4 6. COSTOS DE PRODUCCIÓN INDIRECTOS 2024.....	127
TABLA 4 7. COSTOS DE PRODUCCIÓN INDIRECTOS 2025.....	128
TABLA 4 8. OTROS GASTOS GENERALES.....	129
TABLA 4 9. CÁLCULO DEL CAPITAL DE TRABAJO.....	131
TABLA 4 10. MAQUINARIA, EQUIPO Y VEHÍCULOS.....	132
TABLA 4 11. MOBILIARIO DE OFICINA EN FÁBRICA.....	132
TABLA 4 12. MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y VEHÍCULOS.....	133
TABLA 4 13. INVERSIÓN Y CAPITAL DE TRABAJO.....	134
TABLA 4 14. CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO.....	135
TABLA 4 15. CÁLCULO DE PRECIO UNITARIO DE VENTA.....	135
TABLA 4 16. PRECIO ACTUAL DEL MERCADO.....	136
TABLA 4 17. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PLANIFICADA.....	136
TABLA 4 18. ESTIMACIÓN DE INGRESOS EN (BS).....	137
TABLA 4 19. DEPRECIACIÓN DE LOS ACTIVOS.....	137
TABLA 4 20. NECESIDAD DE CAPITAL EN (BS).....	138
TABLA 4 21. FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	139
TABLA 4 22. CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN.....	140

TABLA 5 1. ESTADO DE FLUJO ECONÓMICO.....	141
TABLA 5 2. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.....	142
TABLA 5 3. DATOS PARA CÁLCULO DE VAN Y TIR.....	143
TABLA 5 4. FLUJO DE CAJA.....	144
TABLA 5 5. TASA DE ACTUALIZACIÓN.....	145
TABLA 5 6. TIR Y VAN.....	145
TABLA 5 7. TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN.....	145

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 1. PAÍSES EXPORTADORES DE ACEITE ESENCIAL A BOLIVIA.....	3
FIGURA 1 1. PRODUCCIÓN NACIONAL DE NARANJA DULCE.....	20
FIGURA 1 2. PRODUCCIÓN DE NARANJA EN TARIJA.....	22
FIGURA 1 3. DEPARTAMENTO DE TARIJA.....	33
FIGURA 1 4. CANAL DE DISTRIBUCIÓN: PRODUCTOR – CONSUMIDOR.....	37
FIGURA 1 5. PROYECCIÓN DE LA OFERTA INTERNACIONAL DE ACEITES ESENCIALES.....	40
FIGURA 1 6. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA INTERNACIONAL DE A.E.....	42
FIGURA 1 7. PROYECCIÓN DE LA OFERTA NACIONAL DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA.....	44
FIGURA 1 8. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA NACIONAL DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA.....	47
FIGURA 2 1. PROCESADORA APROCA/ECOFRUT.....	52
FIGURA 3 1. ESTRUCTURA DE LA NARANJA.....	58
FIGURA 3 2. ESTRUCTURA DE ALGUNOS COMPONENTES DEL ACEITE ESENCIAL.....	59
FIGURA 3 3. MÉTODO DE ENFLEURAGE.....	62
FIGURA 3 4. MÉTODO DE EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS.....	63
FIGURA 3 5. EQUIPO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL POR HIDRODESTILACIÓN.....	64
FIGURA 3 6. TANQUE EXTRACTOR CON CALDERA.....	66
FIGURA 3 7. TANQUE EXTRACTOR CON CÁMARA DE AGUA.....	67
FIGURA 3 8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	82

FIGURA 3 9. BALANCE DEL TANQUE EXTRACTOR.....	83
FIGURA 3 10. BALANCE EN EL CONDENSADOR.....	86
FIGURA 3 11. DIMENSIONAMIENTO DEL SERPENTÍN.....	95
FIGURA 3 12. ESQUEMA DEL DISCO DE CENTRÍFUGA.....	100
FIGURA 3 13. ESPECIFICACIONES DE LA CENTRÍFUGA.....	102
FIGURA 3 14. LAYOUT 3-7: DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS EN PLANTA.....	109
FIGURA 3 15. LAYOUT 3-8: DISTRIBUCIÓN DE GENERAL DE LA PLANTA.....	110
FIGURA 3 16. ORGANIGRAMA DE LA PLANTA.....	123