

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO  
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA**

**PROYECTO FINAL**

# **EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL A PARTIR DE LAVANDA**

**AUTORES**

**LANA CASTRO, Nicolás  
PÉREZ, Fernanda Guadalupe**



**DIRECTORA**

**ING. MARTÍNEZ, Silvana**



**CODIRECTORA**

**DRA. LLANO, Carina**

**SAN RAFAEL, MENDOZA - 2025**

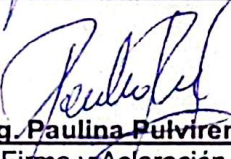
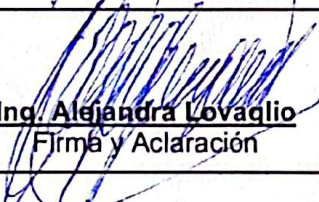
# Estudio de Prefactibilidad de Obtención de Aceite Esencial a partir de Lavanda

Autor/a: Pérez, Fernanda Guadalupe  
Lana Castro, Nicolás

Título al que se aspira: Ingeniero/a Químico/a con Orientación en  
Petroquímica

Nota Final: 10 (diez)

Trabajo aprobado por:

|                                                                                                                                                         |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Presidente:<br><br><u>Dra. Carina Llano</u><br>Firma y Aclaración     | Fecha:<br><br>19/12/2025 |
| Vocal:<br><br><u>Ing. Paulina Pulvirenti</u><br>Firma y Aclaración   | Fecha:<br><br>19/12/2025 |
| Vocal:<br><br><u>Ing. Alejandra Lovaglio</u><br>Firma y Aclaración   | Fecha:<br><br>19/12/2025 |
| Directora:<br><br><u>Ing. Silvana Martínez</u><br>Firma y Aclaración | Fecha:<br><br>19/12/2025 |

Observaciones de corrección: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO  
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA  
San Rafael, Mendoza, 2025

## AGRADECIMIENTO

### GUADALUPE PÉREZ

Este logro no me pertenece solo a mí; es el resultado de años de paciencia, apoyo incondicional y amor absoluto que recibí de las personas más importantes de mi vida.

Por eso quiero agradecer primero a Dios y a la Santísima Virgen por haberme acompañado estos años.

A mi familia principalmente a mis papás Silvia y Daniel.

A ustedes les debo el aliento para dar el primer paso y la fuerza para no rendirme jamás. Recuerdo cada llamada, cada mensaje, cada preocupación silenciada para no añadir peso a mis espaldas. Gracias por creer en mí incluso en esos semestres oscuros donde yo misma dudaba si podría con la presión, los cálculos interminables y las noches sin dormir. Gracias por la estabilidad emocional y económica que me permitieron concentrarme en mis estudios, sabiendo que siempre había un refugio seguro a donde volver. Este título es la materialización de su esfuerzo. Los amo más de lo que las palabras pueden expresar.

A mi novio Ing. Brian Villegas: has sido un ancla en la tormenta. Estuviste ahí para consolarme después de cada examen reprobado y para celebrar cada pequeño avance con una alegría que a veces superaba a la mía.

Gracias por entender que la ingeniería no solo consumía mi tiempo, sino también mi energía y mi paciencia. Gracias por cada mate, por tus consejos y explicaciones. Tu presencia fue el recordatorio constante de que existía una vida fuera de la Facultad. Me diste las fuerzas para no ahogarme en el estrés y la motivación para seguir luchando por nuestro futuro. Sos el mejor compañero y apoyo.

Gracias a la familia de Brian por entender mis ausencias, hoy da sus frutos

A mis Amigos y Compañeros

¡Qué habría sido de mí sin ustedes! Gracias por cada apunte compartido, por la explicación de ese tema que no entendía y, sobre todo, por las risas.

Principalmente agradecer a Nicolás Lana, mi amigo y coautor del proyecto y a William Escobar. Gracias por no permitirme abandonar.

A mis amigos más cercanos, aquellos que no son ingenieros, gracias por su paciencia infinita. Gracias por seguir a mi lado a pesar de mis cancelaciones, mi constante obsesión por los exámenes. Entendieron mi ausencia y celebraron mi regreso a la vida social. Son mi familia elegida.

## A Biblioteca

Una parte fundamental de mi trayecto universitario transcurrió entre sus pasillos y estanterías, un espacio que terminó siendo mucho más que un lugar de trabajo; fue mi cable a tierra. Quiero agradecer profundamente a Guillermo Poblete y Ariel Bellini, por su paciencia infinita, su guía constante y su enorme calidad humana. Gracias por recibirme siempre con una sonrisa, por hacer que las jornadas más pesadas se volvieran livianas y por brindarme un espacio de calma y compañerismo en medio del torbellino de la carrera. Esta meta alcanzada también tiene guardado un pedacito de ese refugio diario.

Nuestro proyecto marca el fin de una etapa. Gracias a todos por ser parte de esta historia.

## NICOLÁS LANA

A la Universidad Nacional de Cuyo y a la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, por haberme brindado las herramientas y el conocimiento necesarios para formarme como profesional.

A mi familia, pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional, sacrificio y por impulsarme a seguir adelante en cada etapa de esta carrera.

A mis compañeros y amigos, con quienes compartí largas horas de estudio y desafíos, por hacer este camino más ameno.

A mi compañera de proyecto y amiga, Guada, gracias por el compañerismo, la paciencia cuando los puntos de vista eran distintos, las horas destinadas a estudiar y el gran trabajo en equipo que logramos consolidar para alcanzar esta meta.

## AMBOS

Si bien hoy somos la cara visible de este logro, somos conscientes de que detrás de nosotros hay un gran equipo humano e institucional. Por ello, nuestro profundo agradecimiento:

- A la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, por habernos brindado no solo los conocimientos técnicos, sino también un espacio de crecimiento personal y profesional durante todos estos años.

- A las profesoras Ing. Silvana Martínez y Dra. Carina Llano, por habernos dedicado su tiempo, sus consejos y su guía constante en cada etapa de este proyecto.
- A “Eter dispensario”, por abrirnos sus puertas y facilitarnos las extracciones necesarias para nuestra investigación. Gracias por confiar en nosotros y apostar a nuestra formación profesional.

*Finalmente, queremos agradecer a cada persona que, de cerca o de lejos, aportó su granito de arena para que este proyecto hoy sea una realidad. Este logro es también de ustedes."*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                              | 8  |
| CAPÍTULO 1.....                                           | 9  |
| 1 ESTUDIO DE MERCADO .....                                | 9  |
| 1.1 INTRODUCCIÓN.....                                     | 9  |
| 1.2 DATOS ESTADÍSTICOS .....                              | 10 |
| 1.3 OFERTA Y DEMANDA DEL ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA ..... | 10 |
| 1.4 ANALISIS DEL MERCADO DE MATERIAS PRIMAS .....         | 15 |
| 1.5 CONCLUSIÓN .....                                      | 17 |
| CAPÍTULO 2.....                                           | 19 |
| 2 TAMAÑO.....                                             | 19 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN .....                                    | 19 |
| 2.2 FACTORES QUE ESTABLECEN EL TAMAÑO .....               | 19 |
| 2.3 DEMANDA PRONOSTICADA .....                            | 21 |
| 2.4 CONCLUSIÓN .....                                      | 23 |
| CAPÍTULO 3.....                                           | 24 |
| 3 LOCALIZACIÓN.....                                       | 24 |
| 3.1 INTRODUCCIÓN .....                                    | 24 |
| 3.2 MACROLOCALIZACIÓN .....                               | 24 |
| 3.3 MICROLOCALIZACIÓN.....                                | 28 |
| 3.4 LOCALIZACIÓN DEFINITIVA.....                          | 30 |
| 3.5 CONCLUSIÓN .....                                      | 32 |
| CAPÍTULO 4.....                                           | 33 |
| 4 TECNOLOGÍA .....                                        | 33 |
| 4.1 INTRODUCCIÓN .....                                    | 33 |
| 4.1.3 EQUIPOS PARA EL MÉTODO SELECCIONADO .....           | 35 |
| 4.1.3.1 EQUIPO DE DESTILACIÓN .....                       | 35 |
| 4.1.3.2 CONDENSADOR (INTERCAMBIADOR DE CALOR) .....       | 35 |
| 4.1.3.3 SEPARADOR DE FASES (VASO FLORENTINO) .....        | 36 |
| 4.1.4 EQUIPOS AUXILIARES Y SERVICIOS.....                 | 37 |
| 4.1.4.1 CALDERA GENERADORA DE VAPOR .....                 | 37 |
| 4.1.4.2 EQUIPO DE ENFRIAMIENTO (CHILLER).....             | 38 |
| 4.1.4.3 ABLANDADOR DE AGUA.....                           | 39 |
| 4.2 CONCLUSIÓN .....                                      | 40 |
| CAPÍTULO 5.....                                           | 41 |
| 5 INGENIERÍA DE PROCESO.....                              | 41 |
| 5.1 INTRODUCCIÓN .....                                    | 41 |
| 5.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO.....                   | 41 |
| 5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO COMPLETO.....      | 42 |
| 5.4 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA .....                       | 44 |
| 5.5 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE.....  | 48 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.6 DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA (LAYOUT) .....                           | 49 |
| 5.7 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA .....                                         | 52 |
| 5.8 CONCLUSIÓN .....                                                         | 54 |
| CAPÍTULO 6 .....                                                             | 55 |
| 6 ASPECTOS AMBIENTALES .....                                                 | 55 |
| 6.1 INTRODUCCIÓN .....                                                       | 55 |
| 6.2 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....                                    | 55 |
| 6.3 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS .....                                        | 55 |
| 6.4 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN .....                                     | 56 |
| 6.5 LISTA DE CHEQUEO .....                                                   | 58 |
| CAPÍTULO 7 .....                                                             | 60 |
| 7 ASPECTOS JURÍDICOS .....                                                   | 60 |
| 7.1 INTRODUCCIÓN .....                                                       | 60 |
| 7.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA: RAZÓN SOCIAL Y FUNCIONES .....            | 60 |
| 7.3 CONSTITUCIÓN LEGAL .....                                                 | 60 |
| 7.4 CLASIFICACIÓN DE LA EMPRESA .....                                        | 61 |
| 7.5 MARCO LEGAL .....                                                        | 61 |
| 7.6 CONCLUSIÓN .....                                                         | 62 |
| CAPÍTULO 8 .....                                                             | 64 |
| 8 ASPECTOS NORMATIVOS .....                                                  | 64 |
| 8.1 INTRODUCCIÓN .....                                                       | 64 |
| 8.2 DIFERENCIACIÓN DE NORMATIVAS: OBLIGATORIAS VS. VOLUNTARIAS .....         | 64 |
| 8.3 NORMAS ISO (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN) .....           | 64 |
| 8.4 NORMAS IRAM (INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN) ..... | 65 |
| 8.5 OTRAS NORMATIVAS RELEVANTES .....                                        | 65 |
| 8.6 CONCLUSIÓN .....                                                         | 66 |
| CAPÍTULO 9 .....                                                             | 67 |
| 9 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....                                                 | 67 |
| 9.1 INTRODUCCIÓN .....                                                       | 67 |
| 9.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO .....                                  | 67 |
| 9.3 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO .....                              | 79 |
| 9.4 PRECIO DE VENTA E INGRESOS TOTALES .....                                 | 81 |
| 9.5 CONCLUSIONES .....                                                       | 83 |
| CAPÍTULO 10 .....                                                            | 84 |
| 10 ANÁLISIS DE RIESGOS .....                                                 | 84 |
| 10.1 INTRODUCCIÓN .....                                                      | 84 |
| 10.2 ASPECTOS TECNOLÓGICOS Y OPERACIONALES .....                             | 84 |
| 10.3 ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS .....                                 | 85 |
| 10.4 SINIESTROS E IMPREVISTOS .....                                          | 86 |
| 10.5 MATRIZ DE RIESGOS DEL PROYECTO .....                                    | 88 |

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 10.6 CONCLUSIÓN .....                             | 88 |
| CAPÍTULO 11.....                                  | 89 |
| 11. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....                 | 89 |
| 11.1 INTRODUCCIÓN .....                           | 89 |
| 11.2 SELECCIÓN DE LA VARIABLE A SENSIBILIZAR..... | 89 |
| 11.3 CONCLUSIÓN .....                             | 91 |
| CAPÍTULO 12.....                                  | 92 |
| 12 CONCLUSIÓN .....                               | 92 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                 | 93 |
| ANEXOS .....                                      | 99 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Rendimientos promedio de Lavanda y Lavandín en Argentina. Elaboración propia en base a [19].....                            | 20 |
| Tabla 2 Evaluación de factores ponderados de Macrolocalización. Elaboración propia.....                                             | 27 |
| Tabla 3 Comparación de Alternativas Tecnológicas- Extracción de aceite de lavanda. Elaboración propia en base [37], [35]. .....     | 34 |
| Tabla 4 Especificaciones del Intercambiador de Calor [44] .....                                                                     | 36 |
| Tabla 5 Catálogo separador centrífugo de disco [46].....                                                                            | 37 |
| Tabla 6 Catálogo de Generadores de vapor [48] .....                                                                                 | 38 |
| Tabla 7 Catálogo de equipos de enfriamiento [51].....                                                                               | 39 |
| Tabla 8 Especificaciones bomba centrífuga [54], [55].....                                                                           | 40 |
| Tabla 9 Tabla de dimensiones y superficies ajustadas (1000 Kg/día). Elaboración propia. ...                                         | 52 |
| Tabla 10 Puestos. Elaboración propia. ....                                                                                          | 53 |
| Tabla 11 Lista de chequeo para la Evaluación preliminar de Impactos Ambientales I. Elaboración propia.....                          | 59 |
| Tabla12 Lista de chequeo para la Evaluación preliminar de Impactos Ambientales II. Elaboración propia.....                          | 59 |
| Tabla 13 Límites de Clasificación PYME- Sector "Industria" (Valores 2024). Elaborado en base a Resolución SEPyme 50/2024 [72] ..... | 61 |
| Tabla 14 Activos fijos tangibles. Elaboración propia. ....                                                                          | 70 |
| Tabla 15 Activos fijos intangibles. Elaboración propia .....                                                                        | 70 |
| Tabla 16 Capital de trabajo. Elaboración propia.....                                                                                | 71 |
| Tabla 17 Costos Fijos. Elaboración propia. ....                                                                                     | 72 |
| Tabla 18 Cálculo de Salarios Netos (Descuentos). Elaboración propia. ....                                                           | 73 |
| Tabla 19 Costo Empresa y Provisión por Despido. Elaboración propia .....                                                            | 73 |
| Tabla 20 Cálculo del Salario Neto (Descuentos). Elaboración propia. ....                                                            | 74 |
| Tabla 21 Costo Empleador y Provisión por Despido. Elaboración propia. ....                                                          | 74 |
| Tabla 22 Amortizaciones y Depreciaciones. Elaboración propia. ....                                                                  | 76 |
| Tabla 23 Valor Residual. Elaboración propia. ....                                                                                   | 78 |
| Tabla 24 Costos Variables. Elaboración propia.....                                                                                  | 79 |
| Tabla 25 Cálculos preliminares de Punto de Equilibrio. Elaboración Propia. ....                                                     | 80 |
| Tabla 26 Punto de Equilibrio. Elaboración propia.....                                                                               | 81 |
| Tabla 27 Precio de venta. Elaboración propia.....                                                                                   | 82 |
| Tabla 28 Flujo de caja .....                                                                                                        | 82 |
| Tabla 29 Matriz de riesgo del proyecto. Elaboración propia. ....                                                                    | 88 |
| Tabla 30 Punto de quiebre de Precio de venta. Elaboración propia.....                                                               | 89 |
| Tabla 31 Sensibilidad del Rendimiento de Extracción. Elaboración propia.....                                                        | 90 |
| Tabla 32 Resultado del Analisis de Sensibilidad. Elaboración propia. ....                                                           | 91 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Producción mundial de lavanda [89] .....                                                                           | 12 |
| Figura 2 Mercado del aceite de lavanda- Tasa de crecimiento anual compuesta de 2025 a 2035 [10].....                        | 12 |
| Figura 3 Tasa de crecimiento anual compuesto (TCAC) del mercado de aceites esenciales (%), por región, 2025-2030 [15] ..... | 21 |
| Figura 4 Cuota de mercado mundial de aceites esenciales, por tipo, 2024 [21].....                                           | 22 |
| Figura 5 Argentina-Provincia de Mendoza [90] .....                                                                          | 27 |
| Figura 6 San Rafael - Mendoza [91] .....                                                                                    | 29 |
| Figura 7 Imagen satelital de Parque Industrial San Rafael [31] .....                                                        | 31 |
| Figura 8 Plano de Parque Industrial. Brindado por Dirección de Vivienda San Rafael- Mendoza .....                           | 31 |
| Figura 9 Finca seleccionada para cultivo de materia prima. [31] .....                                                       | 32 |
| Figura 10 Distancia desde el Parque Industrial a la finca seleccionada para cultivo de materia prima [31].....              | 32 |
| Figura 11 Unidad industrial típica de destilación por vapor para extracción de aceites esenciales [35].....                 | 33 |
| Figura 12 Equipo de destilación de aceite esencial [98] .....                                                               | 35 |
| Figura 13 Intercambiador de calor Casco y Tubo Vertical [44] .....                                                          | 35 |
| Figura 14 Centrífuga de Discos (Separador) [46] .....                                                                       | 36 |
| Figura 15 Caldera de vapor [47] .....                                                                                       | 37 |
| Figura 16 Chiller mediano con tanque incorporado. [49].....                                                                 | 38 |
| Figura 17 Sistema de filtro de ablandador de agua para reducir la dureza del agua 1000 L/H [97] .....                       | 39 |
| Figura 18 Bomba centrífuga [93].....                                                                                        | 39 |
| Figura 19 Diagrama de flujo de proceso. Elaboración propia .....                                                            | 42 |
| Figura 20 Layout .Elaboración propia. ....                                                                                  | 51 |
| Figura 21 Organigrama de la empresa. Elaboración propia .....                                                               | 53 |
| Figura 22 Costos Totales. Elaboración propia.....                                                                           | 72 |
| Figura 23 Costos Variables. Elaboración propia. ....                                                                        | 79 |
| Figura 24 Punto de Equilibrio. Elaboración propia .....                                                                     | 81 |
| Figura 25 Punto de quiebre de Precio de venta. Elaboración propia.....                                                      | 90 |
| Figura 26 Punto de quiebre variación % Rendimiento. Elaboración propia.....                                                 | 91 |

## RESUMEN

El presente Proyecto Integrador aborda la prefactibilidad para la instalación de una planta industrial, denominada "AETHERIA LAVANTIS S.R.L.", dedicada a la extracción y comercialización de aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia*). El proceso seleccionado es la destilación por arrastre de vapor, tecnología que garantiza un producto de calidad cosmética y farmacéutica conforme a normas ISO 3515. La planta está dimensionada para una capacidad de procesamiento de \$1.000 kg de flor fresca por día, con una producción estimada de 14 kg de aceite esencial diario en temporada alta. La localización elegida es el Parque Industrial de San Rafael, Mendoza, debido a su infraestructura industrial consolidada y cercanía a las áreas de cultivo. Los análisis de ingeniería confirman la idoneidad de la tecnología de 500 kg/h de vapor y un destilador de 1.500 L. La evaluación económica a 10 años con una tasa de descuento del 16,24%, arrojó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de \$ 1.252.769.025,45 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 38,78%, demostrando solidez frente al análisis de sensibilidad lo que demuestra la rentabilidad del proyecto ante caídas de hasta 30% en el precio de venta y de un 0,7% en el rendimiento de la extracción.

El diseño cumple con las Buenas Prácticas de Fabricación (ANMAT) y propone la valorización total de la biomasa residual mediante compostaje, asegurando un impacto ambiental positivo y controlado.

**PALABRAS CLAVES:** Aceite Esencial, Destilación por Arrastre de Vapor, Ingeniería Química, Evaluación de Proyectos, Lavanda.

## CAPÍTULO 1

### 1 ESTUDIO DE MERCADO

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta sección es analizar la viabilidad comercial del aceite esencial de lavanda. Según la norma ISO 9235:2013 [1], un aceite esencial es “un producto obtenido de materia prima vegetal mediante destilación por arrastre de vapor, destilación en agua o procesos mecánicos, y que conserva el espectro aromático característico de la planta de origen”. Se trata de mezclas complejas de compuestos volátiles (principalmente monoterpenos y ésteres), insolubles en agua y responsables del aroma característico de la especie vegetal. En el caso de la lavanda, los componentes marcadores son el linalol y el acetato de linalilo, cuya proporción determina la calidad olfativa del aceite. En el contexto regulatorio argentino, la comercialización y uso de aceites esenciales en aplicaciones cosméticas y farmacéuticas requiere, además de la calidad química (ISO), el cumplimiento de las consideraciones regulatorias establecidas por la ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica). Según la Resolución 155/98 [2], los aceites esenciales se consideran ingredientes cosméticos y deben cumplir con las especificaciones de pureza, identidad y los límites de alérgenos (como linalol y limoneno) establecidos por normas internacionales reconocidas (como IFRA o ISO). Asimismo, el establecimiento elaborador debe operar bajo las Buenas Prácticas de Fabricación (Disposición 1112/2013 [3]) para garantizar que el perfil químico del aceite —definido por la cromatografía gaseosa— sea constante y seguro para el consumidor.

La industria del aceite esencial de lavanda se basa en dos materias primas diferenciadas. *Lavandula angustifolia*, conocida como “lavanda fina” o “espliego”, produce un aceite esencial de alta calidad, con un perfil aromático suave y elevado contenido de acetato de linalilo, motivo por el cual es el estándar para perfumería fina y aplicaciones cosméticas premium. Por otro lado, *Lavandula x intermedia* (lavandín) es un híbrido natural entre *L. angustifolia* y *L. latifolia*. Su rendimiento agrícola y su contenido de aceite por hectárea son superiores, pero su aceite contiene mayores proporciones de alcanfor y notas más agresivas, lo que lo orienta a usos aromaterapéuticos, limpieza o perfumería funcional. Ambas especies tienen mercados consolidados, pero presentan diferencias significativas en valor comercial, rendimiento y perfil químico que deben considerarse en el diseño productivo y económico del proyecto [4].

El estudio de mercado permite evaluar la situación actual del sector, identificar la demanda existente y proyectada, analizar la oferta disponible y determinar el posicionamiento del producto dentro del mercado nacional e internacional. Asimismo, la viabilidad comercial del aceite esencial de lavanda está directamente condicionada por su calidad química, definida internacionalmente por la norma ISO 3515:2002 [5] para *Lavandula angustifolia* oil. Esta especificación establece rangos característicos para los principales compuestos aromáticos —linalol (20–38%) y acetato de linalilo (25–46%)— cuyos porcentajes determinan la pureza y el valor de mercado del producto. Estudios recientes demuestran que aceites con mayor proporción de ésteres presentan un precio internacional de hasta cuatro veces superior respecto a aquellos con perfiles cromatográficos fuera de norma o provenientes de lavandín, debido a su mayor fineza aromática y estabilidad oxidativa [6] [7].

El aceite esencial de lavanda es un insumo ampliamente utilizado en la industria cosmética, de perfumería, farmacéutica, aromaterapia y productos de higiene personal.

En los últimos años su demanda ha crecido debido a la tendencia hacia productos naturales, la expansión del mercado de aceites esenciales y el aumento del consumo de bienes aromáticos. La dinámica del mercado también está fuertemente influida por las diferencias de precio según el origen geográfico y la calidad del aceite esencial. Informes recientes del comercio internacional indican que, para el período 2023–2025, el aceite esencial de lavanda proveniente de Bulgaria —principal productor mundial— se comercializa entre USD 70 y 90 por kilogramo, mientras que los aceites franceses de categoría *fine* alcanzan valores sensiblemente superiores, ubicándose entre USD 140 y 180 por kilogramo, debido a su mayor proporción de ésteres y estrictos estándares de control de calidad. Por su parte, China mantiene precios más competitivos, en el rango de USD 60 a 75 por kilogramo, impulsados por su escala productiva y costos operativos reducidos [8]. Estas diferencias reflejan cómo el perfil químico del aceite —especialmente el contenido de linalol y acetato de linalilo— y las

metodologías de destilación empleadas determinan significativamente el posicionamiento en los mercados internacionales y la oportunidad para productores emergentes de nicho

Para llevar adelante el estudio se consideran estadísticas del mercado global y regional, precios de referencia, principales países productores y consumidores, así como la disponibilidad local de materia prima (*Lavandula* spp.). Diversos estudios han demostrado que las condiciones agroclimáticas áridas y de elevada amplitud térmica, características de regiones como Cuyo y el sur de Mendoza, favorecen la síntesis de compuestos oxigenados en especies del género *Lavandula*, especialmente los ésteres responsables de la nota dulce y floral del aceite esencial. Investigaciones desarrolladas en ambientes mediterráneos y semiáridos indican que el estrés hídrico moderado, la alta radiación solar y los veranos secos incrementan de manera significativa el contenido relativo de acetato de linalilo —uno de los principales determinantes del valor comercial de la lavanda fina— sin afectar la estabilidad del aceite ni su rendimiento global [8], [7]. Esta respuesta metabólica adaptativa convierte al clima mendocino en un entorno particularmente propicio para la obtención de aceites esenciales de alta calidad, con perfiles cromatográficos comparables a los de las regiones premium de Francia, lo que posiciona a los emprendimientos locales con una ventaja competitiva basada en la composición química y el valor agregado sensorial del producto.

El presente proyecto propone la producción de aceite esencial de lavanda destinado a abastecer parte del mercado nacional e insertarse potencialmente en el mercado internacional, aprovechando la creciente demanda y la calidad del producto que puede obtenerse en la región. [7]

## 1.2 DATOS ESTADÍSTICOS

Para analizar el mercado del aceite esencial de lavanda se consideran los cinco submercados planteados por Sapag Chain [9]: proveedores, competidores, distribuidores, consumidores y entorno. Esta estructura permite identificar los agentes que influyen en la formación del precio, la posición competitiva y la demanda efectiva del producto.

- Proveedores: En este proyecto están conformados por productores de lavanda (flores frescas o secas), proveedores de envases, insumos para control de calidad (reactivos y estándares analíticos) y servicios esenciales como agua, energía y fabricantes de equipamiento para extracción. Además, en el caso de aceites esenciales destinados a mercados de calidad premium, los proveedores incluyen laboratorios especializados en análisis cromatográfico (GC-MS), ya que la certificación del perfil químico es un requisito clave para acceder a segmentos de alto valor.
- Competidores: El mercado presenta competencia directa con productores nacionales de aceites esenciales y competencia indirecta con aceites importados principalmente de países de Europa y Asia pacífico, que dominan gran parte de la oferta internacional y fijan precios de referencia según estándares de calidad como la norma ISO 3515 para *Lavandula angustifolia* [5].
- Distribuidores: Dependiendo de la estrategia comercial, los canales pueden incluir distribuidores mayoristas de insumos cosméticos, herboristerías, farmacias, tiendas naturistas, empresas de aromaterapia profesional y plataformas de e-commerce. La logística asociada es relativamente simple debido al bajo volumen y alto valor del producto.
- Consumidores: Los principales consumidores del aceite esencial de lavanda son los fabricantes de cosméticos, perfumería, productos de higiene, aromaterapia, farmacias, laboratorios y consumidores particulares del segmento wellness, especialmente aquellos orientados al uso terapéutico y al consumo de productos naturales certificados.

## 1.3 OFERTA Y DEMANDA DEL ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA

Conceptualmente, la demanda se define como la cantidad de bienes o servicios que los consumidores desean y están dispuestos a adquirir en el mercado bajo determinadas condiciones. Esta demanda incluye tanto a los consumidores actuales como a aquellos que potencialmente podrían incorporarse en el futuro. Su análisis resulta esencial, dado que las

variables que la determinan influyen directamente en los ingresos esperados del proyecto y en la capacidad de producción requerida para satisfacer el mercado.

En el mercado de aceites esenciales, la demanda está fuertemente condicionada por la calidad química del producto, definida por el perfil cromatográfico (GC-MS) y los rangos establecidos por normativas como ISO 3515 para *Lavandula angustifolia*. La proporción de compuestos clave —principalmente linalol y acetato de linalilo— determina diferencias de precio significativas y limita la sustitución entre productos, por lo que la caracterización analítica se convierte en un factor determinante tanto para la demanda efectiva como para el posicionamiento competitivo del aceite.

Por su parte, la oferta comprende todas las empresas o productores que actualmente intervienen en la comercialización del bien estudiado. El conjunto de estos actores conforma una estructura de mercado cuya dinámica condiciona la competitividad, los precios y el posicionamiento del producto final. Analizar la oferta permite identificar el grado de concentración del mercado, los posibles competidores y el nivel de sustitución entre productos similares.

En el caso del aceite esencial de lavanda, la demanda está relacionada con su utilización en los sectores cosmético, farmacéutico, aromaterapéutico y de productos naturales, donde se lo emplea por sus propiedades aromáticas y funcionales. Estos segmentos conforman el núcleo principal de consumidores actuales, aunque también existe una demanda potencial creciente vinculada al aumento del interés por productos naturales y a la expansión de mercados artesanales y de bienestar.

La oferta, en cambio, está constituida por los productores nacionales e internacionales que participan en la destilación de especies del género *Lavandula*. En el ámbito global, la producción está dominada por países con tradición en cultivos aromáticos, mientras que a nivel nacional la oferta proviene de emprendimientos de pequeña y mediana escala que abastecen principalmente al mercado interno. Esta estructura fragmentada puede representar tanto una oportunidad de diferenciación para nuevos emprendimientos como un desafío en materia de estandarización y competitividad.

En conjunto, el estudio de la oferta y la demanda permite comprender el comportamiento actual del mercado del aceite esencial de lavanda y constituye una herramienta fundamental para estimar la viabilidad comercial del proyecto, orientar la estrategia de producción y establecer el posicionamiento deseado. [9]

### **1.3.1 MERCADO GLOBAL**

El análisis global permite identificar los principales países productores, las zonas de cultivo más favorables y las tendencias que afectan la disponibilidad de materia prima para la industria de aceites esenciales y derivados.

A nivel mundial, la producción y el cultivo de lavanda presentan una concentración geográfica marcada en regiones mediterráneas y áreas templadas con veranos secos y suelos bien drenados. Tradicionalmente Francia (Provenza) ha sido el referente histórico en superficie y calidad de lavanda fina (*Lavandula angustifolia*) manteniendo más de 22.000 hectáreas cultivadas en 2016 (incluyendo lavandín). Sin embargo, desde 2014 Bulgaria superó a Francia en producción total de aceite esencial —considerando *L. angustifolia*, lavandín y otras especies— alcanzando cerca de 250 toneladas anuales.

En las últimas décadas han emergido productores relevantes fuera de Europa—particularmente China e India— que han expandido superficie y volúmenes de producción, diversificando la oferta global. En el caso de China se estima una superficie superior a 8.000 hectáreas con una producción que representa aproximadamente el 12% del mercado mundial. [7]

Respecto a magnitudes de referencia, las estimaciones académicas y técnicas indican que la producción mundial de aceite esencial de lavanda *Lavandula angustifolia* se ubica en el rango de cientos de toneladas por año, mientras que la producción total —incluyendo lavandín y otras especies híbridas de mayor rendimiento— es significativamente mayor. Estas cifras funcionan como un proxy de la disponibilidad de materia prima (flores) para la destilación, sin

embargo, conviene señalar que la relación flor/aceite varía según la especie (el lavandín posee mayor rendimiento) y las prácticas agronómicas aplicadas. [7]

Además, la dinámica del mercado no depende únicamente de los volúmenes producidos, sino de la calidad química del aceite esencial, definida por normativas como ISO 3515 para *Lavandula angustifolia*. Los aceites con mayor proporción de acetato de linalilo y linalol —característicos de la lavanda fina francesa— mantienen precios hasta el doble de los obtenidos por aceites de lavandín búlgaro, debido a su superior fineza aromática y menor contenido de alcanfor [6] [7]. Esta segmentación por calidad explica por qué Francia sigue ocupando el segmento premium del mercado pese a no liderar el volumen total de producción.

En términos de dinámica de mercado, se observan dos puntos importantes:

- 1- Concentración regional de cultivo en países con tradición productiva y fuerte know-how técnico donde predominan normas estrictas de control de calidad y trazabilidad, y
- 2- Crecimiento de producción en países no tradicionales impulsado por políticas públicas y programas de expansión aromática (como la “Aroma Mission” en India, destinada a promover el cultivo de lavanda en zonas montañosas)

Esta combinación ha generado una oferta mundial cada vez más diversificada, influyendo tanto en precios internacionales como en la disponibilidad de materia prima para productores locales en mercados como Argentina.

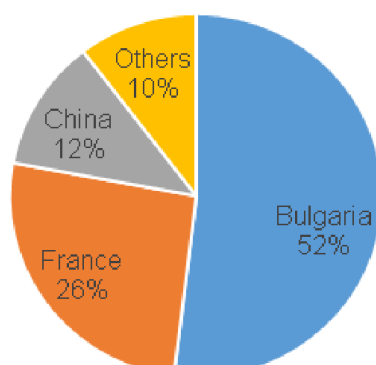


Figura 1 Producción mundial de lavanda [89]



Figura 2 Mercado del aceite de lavanda- Tasa de crecimiento anual compuesta de 2025 a 2035 [10]

### 1.3.2 MERCADO NACIONAL

El análisis del mercado nacional tiene como objetivo determinar la disponibilidad de materia prima, identificar las principales regiones productoras y evaluar la capacidad real de inserción de la producción de lavanda en los mercados locales destinados a la industria cosmética, la aromaterapia, la perfumería y el turismo rural.

La producción de lavanda en Argentina es todavía incipiente, y se concentra principalmente en las zonas con mayor desarrollo comercial de *Lavanda Angustifolia* provincia de Buenos Aires (Sierra de la Ventana), Córdoba (La Cumbre), seguidas por explotaciones menores en

Río Negro (El Bolsón), Mendoza, Catamarca, Neuquén (Bariloche), San Luis (Merlo). Estas regiones presentan condiciones climáticas favorables, suelos bien drenados, clima templado seco y tradición en cultivos aromáticos, que facilitan el desarrollo de proyectos de aceite esencial de lavanda y productos derivados. [11]

#### Disponibilidad de materia prima

La superficie cultivada de *Lavanda angustifolia* en Argentina se estima en menos de 80 hectáreas con fines comerciales. Esta producción es marcadamente incipiente y está concentrada en pequeñas explotaciones y cooperativas que abastecen primordialmente a mercados locales y a la industria cosmética artesanal. Para alcanzar volúmenes industriales estables, resulta necesario implementar programas de expansión de cultivos con financiamiento específico y acuerdos de compra garantizada. [12]

#### Distribución regional de la producción

La producción comercial de *Lavandula angustifolia* se concentra mayoritariamente en Sierra de la Ventana, Buenos Aires, donde se localiza el principal productor nacional de lavanda fina. Otras regiones relevante incluyen La Cumbre (Córdoba), con trayectoria en aromáticas, y las zonas de El Bolsón y Bariloche (Río Negro). Aunque Mendoza (Maipú, San Rafael, Tunuyán) y San Luis (Merlo) poseen proyectos activos, gran parte de su producción aromática no está orientada en la lavanda fina. [11]

#### Producción anual y destino de la materia prima

Debido a la naturaleza incipiente de la producción de *Lavandula angustifolia* en Argentina, no existen estadísticas oficiales consolidadas. No obstante, considerando que la mayor explotación nacional de lavanda fina es de aproximadamente 35 hectáreas y asumiendo un rendimiento promedio cercano al 2% de aceite sobre flor seca, la producción total nacional se estima por debajo de 200 kg anuales. Esta cifra confirma el carácter de nicho y baja escala de la producción argentina en comparación con el contexto global." [12]

La mayor parte de la producción, especialmente la de lavanda fina, se destina a la elaboración de aceites esenciales puros para el mercado de aromaterapia y cosmética artesanal. Una proporción significativa de las flores secas se utiliza para sachets, cosmética natural, productos de bienestar y, en gran medida, para el turismo rural y la venta directa en las explotaciones."

A diferencia del mercado internacional, donde los grandes volúmenes presionan a la baja los precios, en Argentina la limitada disponibilidad de aceite esencial de lavanda fina genera un mercado interno con demanda insatisfecha, especialmente en los segmentos de cosmética natural, aromaterapia profesional y perfumería artesanal. Esta escasez relativa produce un diferencial de precios favorable para los productores locales, que pueden comercializar aceites certificados a valores superiores a los internacionales, siempre que cumplan con parámetros de calidad química verificables por GC-MS. Como consecuencia, el país importa aceites esenciales —particularmente de Bulgaria y China— para abastecer a la industria, lo que evidencia una oportunidad clara de sustitución competitiva para nuevos emprendimientos.

### **1.3.3 MERCADO COMPETIDOR**

La competencia en un mercado se presenta cuando los agentes económicos tienen la libertad de ofrecer bienes y servicios y de decidir de dónde obtenerlos, lo que implica la existencia de múltiples oferentes y demandantes. Bajo estas condiciones, las empresas deben competir no solo en precio, sino también en calidad, innovación, distribución, reputación de marca y cumplimiento de estándares específicos, entre otros factores [13]. La rivalidad por atraer clientes y aumentar las ventas constituye la esencia de la competencia de mercado.

En el caso del aceite esencial de lavanda en Argentina, la competencia cobra relevancia desde dos dimensiones: por un lado, la posibilidad de que nuevos productores nacionales se incorporen al mercado aromático, de bienestar y cosmético; por otro, la presencia o potencial entrada de productos sustitutos, como aceites esenciales alternativos o importados. Por tanto, este escenario competitivo pide al proyecto contemplar no solo la introducción al mercado del

aceite esencial de lavanda, sino también definir una estrategia clara para distinguirse frente a oferentes presentes o futuros.

En el caso específico de los aceites esenciales, la competencia está fuertemente condicionada por la calidad química del producto, medida a través de análisis cromatográficos (GC-MS) y del cumplimiento de estándares internacionales como ISO 3515 para *Lavandula angustifolia*. Esta exigencia técnica actúa como una barrera de entrada relevante: solo los productores capaces de demostrar pureza, proporción adecuada de linalol y acetato de linalilo y ausencia de adulteración pueden competir en los segmentos de mayor valor agregado. Por ello, la estrategia competitiva debe considerar no solo la producción, sino también la certificación analítica como elemento diferenciador frente a los aceites importados y a los potenciales sustitutos nacionales.

En los siguientes apartados se desarrollará con detalle quiénes serían los competidores directos e indirectos, su grado de participación y las barreras de entrada relevantes para este sector.

### **1.3.4 COMPETIDORES DIRECTOS**

En Argentina, la producción de aceite esencial de lavanda fina (*L.angustifolia*) se encuentra aún en desarrollo, con pocos actores que procesen la materia prima a escala comercial e industrial. Los competidores directos son los productores nacionales que ofrecen un producto idéntico —aceite esencial de lavanda— destinado a aplicaciones cosméticas, aromaterapéuticas y de bienestar.

Estos competidores se concentran geográficamente en las pocas regiones con trayectoria consolidada en el cultivo de la especie *L.angustifolia*:

- Sierra de la Ventana, Buenos Aires: Sede del mayor productor nacional de lavanda fina, con desarrollo agrícola y capacidad de procesamiento relativamente estable.
- La Cumbre, Córdoba: Región con tradición en el cultivo de aromáticas y presencia de emprendimientos dedicados a la de lavanda.
- Patagonia (Ej. Lavandas del Limay): Iniciativas que, aunque geográficamente dispersas, se enfocan en la producción agroecológica de valor agregado.

Es importante señalar que no todos los productores nacionales etiquetados como “competidores” elaboran aceite esencial de *Lavandula angustifolia* con estándares equivalentes a la calidad internacional. En muchos casos, la producción incluye lavandín u otras variantes híbridas de mayor rendimiento pero menor valor comercial, o aceites sin certificación de calidad mediante GC-MS. Esta distinción reduce el número real de competidores directos en el segmento premium y constituye una oportunidad para proyectos que puedan garantizar trazabilidad, perfil químico controlado y cumplimiento de normas como ISO 3515.

Iniciativas como la de Lavandas del Limay, confirman que “la lavanda es un cultivo en crecimiento en Argentina, con un enfoque en producción orgánica y aromaterapia”. Este tipo de experiencia confirma que “la lavanda es un cultivo en crecimiento en Argentina, con un enfoque en producción orgánica y aromaterapia” [14]

Actualmente, no existen grandes industrias nacionales que procesen lavanda a nivel industrial ni cadenas consolidadas de comercialización. Esta situación representa tanto un desafío como una oportunidad: por un lado, la competencia es limitada y permite posicionarse; por otro, la infraestructura y el conocimiento técnico deben desarrollarse localmente para garantizar calidad y volumen suficiente para el mercado nacional.

### **1.3.5 COMPETIDORES INDIRECTOS**

Los competidores indirectos son aquellos agentes que ofrecen productos distintos pero que satisfacen la misma necesidad o función que el aceite esencial de lavanda. En este caso, los principales sustitutos son los aceites esenciales importados (principalmente de Bulgaria, Francia y China) y otros aceites aromáticos nacionales (e.g., aceite de limón, menta o naranja) que se utilizan en aromaterapia, cosmética o perfumería.

La presencia de aceites esenciales importados constituye un desafío significativo en términos de precio, volumen y disponibilidad, ya que estos países poseen escalas productivas muy superiores a las locales. La competencia de mercado en aceites esenciales se ve intensamente afectada por la entrada de productos importados y alternativas aromáticas que cumplen funciones similares, lo cual ejerce presión a la baja sobre los precios internos y condiciona el margen de maniobra de los productores nacionales [15]. Esto influye directamente en el precio y en la disponibilidad del mercado, constituyendo una variable clave para la estrategia de posicionamiento del proyecto.

se analizará en detalle el mercado importador, incluyendo las cantidades importadas, los precios promedio y los principales países de origen, evaluar el impacto del aceite esencial de lavanda producido localmente.

La presencia de aceites esenciales importados representa un desafío en términos de precio y volumen. La competencia de mercado en aceites esenciales se ve intensamente afectada por la entrada de productos importados y alternativas aromáticas que cumplen funciones similares, lo cual presiona a la baja los precios y la disponibilidad local [15]. Esto influye directamente en el precio y en la disponibilidad del mercado, constituyendo una variable clave para la estrategia de posicionamiento del proyecto.

#### **1.4 ANALISIS DEL MERCADO DE MATERIAS PRIMAS**

En este apartado se analiza el comportamiento del mercado de las materias primas principales. La disponibilidad, calidad, origen y precio de esta materia prima son factores críticos que determinan la viabilidad del proyecto y la competitividad del producto final en el mercado.

En el caso del aceite esencial de *Lavandula angustifolia*, la materia prima no se restringe únicamente a la flor fresca: incluye también la flor seca, el material vegetal certificado para implantación (plántulas y esquejes), los insumos agronómicos (riego, control de malezas y mano de obra especializada en cosecha) y los servicios analíticos necesarios para verificar la calidad del aceite mediante GC–MS. Estos factores tienen un peso significativo en el costo del producto final, especialmente porque el rendimiento por kilogramo de flor fresca es bajo (0,5–1,0 % para lavanda fina), lo que hace que la disponibilidad y el costo de la materia prima sean determinantes para la rentabilidad del proyecto.

##### **1.4.1 INDUSTRIA DE ACEITE ESENCIAL EN ARGENTINA**

El aceite esencial de lavanda es el principal producto industrial derivado de la planta. A diferencia de otros aceites esenciales más consolidados, como los cítricos, la producción de lavanda en Argentina aún se encuentra en etapas incipientes, con pequeños emprendimientos locales que procesan la materia prima desde la cosecha hasta la extracción y envasado [14].

La cosecha de lavanda presenta una marcada estacionalidad, concentrándose generalmente en primavera y principios del verano (según la provincia y condiciones climáticas). El rendimiento del aceite esencial muestra una fuerte variabilidad. Como referencia, estudios internacionales reportan que de cultivos de *Lavandula angustifolia* pueden obtenerse entre 30 y 40 litros de aceite por hectárea (L/ha) bajo condiciones óptimas de cultivo y extracción, o un rinde de 1.5% a 3.0% sobre la base de la flor seca [16]. Estos valores representan el potencial productivo a alcanzar en las condiciones agroclimáticas de Mendoza, caracterizadas por alta radiación y baja humedad relativa..

A nivel industrial, uno de los principales desafíos para la producción local es la ausencia de infraestructura estandarizada de destilación y de controles analíticos obligatorios, como los perfiles cromatográficos obtenidos mediante GC–MS. En Argentina, gran parte del aceite de lavanda se produce con equipos artesanales o de pequeña escala, lo que genera variabilidad en la composición química (particularmente en los porcentajes de linalol, acetato de linalilo y trazas de alcanfor) y limita la capacidad de competir con aceites importados certificados bajo normas ISO 3515. La consolidación de una industria nacional requiere, por tanto, incorporar tecnología de extracción eficiente y sistemas de control de calidad que permitan garantizar estándares exigidos por el mercado cosmético y aromaterapéutico.

En cuanto al mercado, la escala de producción nacional es todavía reducida, siendo el mercado argentino de aceites esenciales abastecido principalmente por importaciones. No obstante, existe un claro potencial para la expansión de la producción local, especialmente en nichos de productos naturales, orgánicos y de origen local, impulsado por una demanda creciente en la región [15].

#### **1.4.2 DEMANDA DE ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA**

El aceite esencial de lavanda presenta una demanda creciente debido a sus múltiples aplicaciones en las industrias cosmética, aromaterapéutica y farmacéutica. Según la literatura especializada, el aceite esencial de lavanda se utiliza como ingrediente activo o excipiente en productos como aceites de masaje, cremas hidratantes, jabones, velas aromáticas y formulaciones para aromaterapia, debido a sus reconocidas propiedades relajantes, antisépticas y calmantes [17].

En el sector farmacéutico se incorpora en preparados para aliviar estrés, ansiedad y promover la relajación, así como en ungüentos para uso tópico [18]. Esta diversificación de aplicaciones genera una demanda constante y creciente, tanto en el mercado local como internacional, que se proyecta en aumento dada la tendencia hacia productos naturales, orgánicos y libres de compuestos sintéticos. El conocimiento de los principales usos del aceite esencial de lavanda permite estimar la demanda potencial y orientar la producción del proyecto, identificando los canales más adecuados de comercialización según el segmento objetivo.

##### **1.4.2.1 APLICACIONES DE LOS ACEITES ESENCIALES**

###### **1.4.2.1.1 INDUSTRIA ALIMENTARIA**

El aceite esencial de lavanda se utiliza en la industria alimentaria como aromatizante natural en productos de confitería, chocolates, galletas y bebidas no alcohólicas. Además, se emplea en la elaboración de té, infusiones y licores por su aroma característico y propiedades conservantes [17]. Para su utilización en alimentos, el aceite esencial de lavanda debe cumplir con las normativas internacionales de inocuidad aplicables a ingredientes aromatizantes. No obstante, su incorporación requiere verificar la pureza mediante análisis GC-MS y asegurar que los niveles de compuestos potencialmente irritantes —como el alcanfor— se mantengan dentro de los límites establecidos por el CAA. Estas regulaciones condicionan su aceptación industrial y deben considerarse en la estrategia de producción y control de calidad.

###### **1.4.2.1.2 INDUSTRIA FARMACEÚTICA**

En la industria farmacéutica, el aceite esencial de lavanda se incorpora en preparados para aliviar ansiedad, estrés y trastornos del sueño. También se utiliza en ungüentos, cremas y geles de aplicación tópica por sus propiedades antiinflamatorias, antisépticas y calmantes [18]. Su inclusión en productos farmacéuticos busca tanto el efecto terapéutico como la mejora del aroma y la aceptabilidad sensorial y la adherencia del paciente al tratamiento.

En el ámbito farmacéutico internacional, el aceite esencial de *Lavandula angustifolia* ha sido objeto de estudios clínicos controlados, particularmente en su forma estandarizada utilizada en el fármaco Silexan®, aprobado por la Agencia Europea del Medicamento (EMA) como fitomedicamento para el tratamiento de ansiedad leve. Este tipo de desarrollos demuestra que la eficacia terapéutica del aceite está directamente vinculada a su composición química, por lo que la industria farmacéutica exige perfiles estandarizados mediante GC-MS y el cumplimiento de especificaciones como las establecidas en ISO 3515 [5]. En Argentina, si bien el aceite esencial no está registrado como medicamento, puede emplearse como insumo fitoterapéutico o aromático en productos aprobados por ANMAT, siempre que se garantice su pureza, trazabilidad y seguridad. Esta exigencia regulatoria refuerza la necesidad de asegurar calidad constante en el proceso de extracción.

###### **1.4.2.1.3 INDUSTRIA DE COSMÉTICOS**

La lavanda es ampliamente usada en la producción de cosméticos, incluyendo jabones, lociones corporales, cremas faciales, perfumes y aceites de masaje. Su aroma suave y propiedades calmantes la hacen ideal para productos de cuidado personal y bienestar.

En la industria cosmética, el uso del aceite esencial de *Lavandula angustifolia* está regulado por los lineamientos de ANMAT (Res. 155/98) [2] y por las recomendaciones internacionales de IFRA, que establecen límites de seguridad para alérgenos presentes naturalmente en los aceites esenciales, como el linalol y el geraniol. Por ello, los fabricantes requieren aceites con perfiles cromatográficos estables y certificados mediante GC–MS, lo que garantiza pureza, ausencia de adulteración y concentraciones adecuadas de los principales compuestos aromáticos. La lavanda fina es especialmente valorada frente al lavandín por su menor contenido de alcanfor y su aroma más suave, características que aumentan su preferencia en formulaciones de cuidado personal, perfumes y productos de bienestar.

#### **1.4.2.1.4 AROMATERAPIA Y PRODUCTOS DE BIENESTAR**

El aceite esencial de lavanda es uno de los más demandados en aromaterapia, siendo utilizado en difusores, velas aromáticas, sales de baño y aceites de masaje. Su función principal es promover la relajación, mejorar la calidad del sueño y reducir la ansiedad. También se emplea en prácticas de medicina alternativa y en centros de bienestar [17].

En el ámbito de la aromaterapia profesional, la demanda del aceite esencial de *Lavandula angustifolia* está estrechamente asociada a su calidad química, especialmente al quimiotipo definido por la proporción de linalol y acetato de linalilo. Este sector constituye uno de los segmentos premium del mercado, con consumidores dispuestos a pagar un mayor precio por aceites quimiotipados y de origen verificable, diferenciándolos claramente del lavandín y de otros aceites aromáticos de menor valor sensorial.

#### **1.4.2.1.5 INDUSTRIA VETERINARIA**

En menor medida, el aceite esencial de lavanda se utiliza en productos veterinarios como repelente natural de insectos y en tratamientos tópicos para calmar irritaciones de la piel de mascotas. Su bajo nivel de toxicidad lo hace seguro para aplicaciones externas cuando se utiliza en las concentraciones recomendadas [18].

En el ámbito veterinario, el uso del aceite esencial de *Lavandula angustifolia* requiere garantizar su pureza y seguridad, ya que los productos destinados a animales deben cumplir con la normativa de SENASA para productos veterinarios de uso externo. La lavanda es considerada uno de los aceites esenciales más seguros para perros, siempre que se utilice en formulaciones diluidas y certificadas mediante análisis GC–MS; sin embargo, su aplicación en gatos debe realizarse con precaución debido a su limitada capacidad de metabolizar ciertos compuestos aromáticos. Estas consideraciones regulatorias y toxicológicas determinan que el segmento veterinario demande aceites de alta calidad, libres de adulteración y con perfiles químicos estandarizados.

#### **1.4.2.1.6 OTROS USOS INDUSTRIALES**

La lavanda también se emplea en productos industriales para perfumar detergentes, ambientadores y productos de limpieza de bajo impacto ambiental. Su aroma agradable y natural permite mejorar la aceptación de productos en contacto con el consumidor final.

La elección del quimiotipo es determinante: aunque la lavanda fina aporta un aroma más suave, en este segmento suele emplearse lavandín por su menor costo y su mayor estabilidad aromática frente a condiciones exigentes de formulación (temperaturas elevadas, pH alcalino y presencia de surfactantes).

### **1.5 CONCLUSIÓN**

El análisis del panorama nacional y regional de la producción y consumo de aceite esencial de lavanda indica que esta industria se encuentra en etapas incipientes, con pequeños productores locales y limitada exportación. A pesar de ello, existen oportunidades de crecimiento importantes, dado el aumento de la demanda de productos naturales, aromaterapia, cosmética y aplicaciones industriales sostenibles.

El proyecto propuesto permitiría incrementar la disponibilidad de aceite esencial de lavanda producido localmente, generando valor agregado a la materia prima y fomentando emprendimientos de pequeña y mediana escala. Asimismo, contribuiría a diversificar la oferta

de productos aromáticos en el mercado regional y nacional, ofreciendo alternativas con un origen sostenible y potencialmente competitivo frente a importaciones.

En definitiva, la producción de aceite esencial de lavanda en Argentina presenta un mercado con alto potencial de expansión, tanto para consumo interno como para nichos de exportación, justificando la viabilidad de desarrollar un proyecto industrial que aproveche estos recursos y satisfaga las necesidades de los distintos sectores consumidores.

No obstante, para que este potencial pueda materializarse plenamente, resulta indispensable asegurar estándares de calidad acordes a los requisitos del mercado, incluyendo los establecidos por la ANMAT para los insumos destinados a las industrias cosmética y farmacéutica. La competitividad frente a aceites importados no solo depende del cumplimiento de normas internacionales como ISO 3515 [5], sino también de la capacidad de producir aceites esenciales con composición química controlada —particularmente en términos de linalol, acetato de linalilo y ausencia de adulterantes— y certificados mediante análisis GC–MS. Esta trazabilidad y certificación son esenciales para satisfacer la demanda del mercado formal argentino y consolidar un producto diferenciado y apto para competir en segmentos nacionales de mayor valor agregado.

## CAPÍTULO 2

### 2 TAMAÑO

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

La determinación del tamaño de un proyecto es un aspecto crucial, ya que define elementos fundamentales como los egresos, los costos de inversión y operación, y los posibles ingresos máximos basados en la capacidad de producción. Si bien la demanda del mercado suele ser la variable más importante, es un error considerarla como el único factor.

Complementariamente, se deben evaluar diversos aspectos como la tecnología necesaria, la disponibilidad de materias primas e insumos, la distribución geográfica del mercado, la localización, un plan estratégico comercial y la capacidad de financiamiento.

Es fundamental reconocer, definir y estudiar estas variables, ya que su influencia no es uniforme al determinar el tamaño. Existe una relación de interdependencia entre cada factor, lo que hace imposible analizarlos de forma individual y en un orden predeterminado.

En el caso particular de los proyectos de extracción de aceites esenciales mediante arrastre de vapor, el tamaño también se encuentra condicionado por variables tecnológicas críticas como el rendimiento del proceso (kg de flor fresca por kg de aceite producido), la capacidad nominal del equipo de destilación, el número de ciclos diarios posibles, el consumo de vapor y agua, y la energía térmica requerida para mantener la destilación. Estos factores determinan la productividad real de la planta y, en muchos casos, representan la principal restricción para definir el tamaño económico del proyecto, por encima incluso de la demanda potencial.

En este capítulo, se llevará a cabo una estimación preliminar de la capacidad del proyecto de obtención de aceite esencial de lavanda, compatible con una etapa de pre-factibilidad. El análisis se basará en algunas de las variables clave, estableciendo un rango de tamaño.

Este rango se extenderá desde un mínimo, definido por la disponibilidad y escala de la tecnología de extracción de aceite esencial de lavanda, hasta un máximo determinado por la disponibilidad de materia prima (flores de lavanda), la capacidad de procesamiento y los recursos humanos especializados. Otros factores que pueden restringir el tamaño del proyecto incluyen la capacidad de gestión, las condiciones ambientales y las reglamentaciones vigentes aplicables. La demanda del mercado establecerá un límite superior potencial y, finalmente, el tamaño quedará acotado por la capacidad de financiamiento propio o externo para afrontar la inversión necesaria.

#### 2.2 FACTORES QUE ESTABLECEN EL TAMAÑO

##### 2.2.1 TAMAÑO VS CAPACIDAD DE FINANCIAMIENTO

Este factor deberá ser analizado en detalle en una etapa de factibilidad del proyecto, ya que las necesidades de inversión dependerán directamente de la escala productiva y de la tecnología seleccionada.

##### 2.2.2 TAMAÑO VS TECNOLOGÍA

El proceso operativo seleccionado es la **destilación por arrastre de vapor**. El equipo crítico es el destilador (cuerpo de la caldera/alambique), cuyo volumen define la capacidad del lote (**batch**). Al igual que en proyectos de referencia de la industria (como el caso de extracción de cítricos), la tecnología establece saltos discretos de capacidad. No se diseñan equipos de medidas aleatorias, sino que se seleccionan capacidades comerciales estandarizadas (ej. vasos de 500, 1000, 1500 o 3000 litros). Se priorizará el uso de tecnología nacional para asegurar servicio técnico y repuestos. Por ende, el tamaño vendrá acotado por la elección de un equipo comercial que se ajuste a la oferta estacional de la materia prima. Además del volumen del vaso extractor, la productividad de la planta está condicionada por variables tecnológicas críticas como el número de ciclos posibles por día, el tiempo de extracción por lote y la potencia de la caldera para generar el caudal de vapor requerido. Estas restricciones técnicas determinan la capacidad efectiva de procesamiento durante la ventana estacional, y por lo tanto influyen directamente en el tamaño óptimo del proyecto.

### 2.2.3 TAMAÑO VS DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA

La disponibilidad de flores frescas es el principal factor limitante (cuello de botella) del tamaño del proyecto. A diferencia de procesos continuos, la lavanda presenta una ventana de cosecha muy acotada (verano), lo que obliga a dimensionar la planta para procesar grandes volúmenes en poco tiempo (Diciembre-Febrero). La flor fresca de lavanda pierde rendimiento de aceite en pocas horas debido a la volatilización de monoterpenos y a procesos oxidativos, lo que exige su procesamiento el mismo día de la cosecha o dentro de las primeras 24 horas. Esta limitación poscosecha refuerza la necesidad de contar con una capacidad de extracción suficiente para evitar pérdidas de rendimiento durante el pico productivo.

| VARIABLE                             | Lavandula angustifolia (Lavanda) | Lavandula x intermedia (Lavandín) |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Rendimiento Agrícola (Materia Verde) | 2.000 - 4.000 kg/ha              | 5.000 - 10.000 kg/ha              |
| Rendimiento de Aceite (base fresca)  | 0,5% - 0,8%                      | 1,0% - 1,8%                       |
| Producción de Aceite por Hectárea    | 15 - 30 kg/ha                    | 50 - 120 kg/ha                    |
| Densidad de plantación               | 15.000 - 20.000 plantas/ha       | 8.000 - 10.000 plantas/ha         |

*Tabla 1 Rendimientos promedio de Lavanda y Lavandín en Argentina. Elaboración propia en base a [19]*

Análisis de la Tabla: Se observa que el Lavandín ofrece rendimientos superiores tanto en biomasa como en porcentaje de extracción de aceite esencial en comparación con la lavanda verdadera. Sin embargo, para el dimensionamiento de los equipos (volumen del vaso extractor), se debe considerar el escenario de mayor volumen biomasa, es decir, el procesamiento de Lavandín en pico de cosecha. Este criterio resulta fundamental porque el lavandín presenta mayor volumen de biomasa por hectárea y un rendimiento de aceite significativamente superior al de la lavanda fina, lo que implica un mayor requerimiento volumétrico en el vaso extractor. Dimensionar el equipo para el escenario más exigente evita subdimensionar la planta durante los picos estacionales de procesamiento.

### 2.2.4 TAMAÑO VS DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HUMANOS

La oferta de personal profesional y técnico cualificado para procesos de extracción de aceites esenciales es generalmente amplia en Argentina. La tecnología de extracción por arrastre de vapor, si bien requiere conocimientos específicos, no implica una mano de obra intensiva en términos de alta especialización masiva, sino más bien operarios capacitados. Mientras que las tecnologías alternativas que se analizarán en el Capítulo 4 si requieren una mano de obra más especializada.

Por lo tanto, la disponibilidad de recursos humanos para la operación de la planta de lavanda independientemente de la tecnología seleccionada no debería representar un problema limitante significativo para el tamaño del proyecto. Sin embargo, será crucial la capacitación del personal en las particularidades del manejo de la lavanda y el equipo de extracción para asegurar la calidad del producto.

### 2.2.5 TAMAÑO VS MEDIOAMBIENTE

Los factores medioambientales para un proyecto de extracción de aceite esencial de lavanda son, en general dependiendo de la tecnología seleccionada, más o menos favorables. Los residuos generados (biomasa agotada, agua de proceso) no suelen ser altamente contaminantes. La biomasa residual de lavanda puede tener usos diversos, como compost, acolchado o combustible, lo que contribuye a un impacto ambiental positivo. Los efluentes líquidos, principalmente agua de condensación en el caso de la destilación, requerirían un tratamiento básico antes de su descarga o reutilización. No se espera la necesidad de equipos

importantes para la mitigación o contención de residuos que representen una limitante para el tamaño del proyecto. Los costos de tratamiento no deberían ser elevados.

## 2.3 DEMANDA PRONOSTICADA

El análisis de la demanda para el aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia* y *Lavandula x intermedia*) se ha realizado bajo un enfoque mixto: cuantitativo, basado en las estadísticas de importación y consumo aparente en Argentina; y cualitativo, analizando las macro tendencias de consumo en la industria cosmética y farmacéutica global y local.

### 2.3.1 CONTEXTO GLOBAL Y REGIONAL

El mercado global de aceites esenciales está experimentando un crecimiento sostenido, impulsado por un cambio en las preferencias del consumidor hacia productos naturales y libres de sintéticos.

- Crecimiento Sostenido (CAGR): Según informes de Fortune Business Insights y Mordor Intelligence actualizados a 2024 [15], el mercado mundial de aceites esenciales se valoró en aproximadamente 12.47 mil millones de USD en 2024. Se proyecta una Tasa de Crecimiento Anual Compuesta (CAGR) de entre el 6.3% y el 10.69% para el período 2025-2032.



Figura 3 Tasa de crecimiento anual compuesto (TCAC) del mercado de aceites esenciales (%), por región, 2025-2030 [15]

- Motor de la Demanda: El segmento de "Aromaterapia y Bienestar" es el de mayor crecimiento, impulsado por la búsqueda de soluciones naturales para el manejo del estrés, la ansiedad y el insomnio, problemas que se agudizaron post-pandemia. El aceite de lavanda es el líder indiscutido en esta categoría debido a sus propiedades ansiolíticas comprobadas. [20]
- Situación en Latinoamérica: Se estima que el mercado regional alcanzará los 5.9 mil millones de USD para 2034. Argentina, junto con Brasil y México, lidera la demanda de ingredientes para la industria cosmética y de higiene personal. [15] [21] [22]

### 2.3.2 ANÁLISIS DEL MERCADO ARGENTINO: LA DEMANDA INSATISFECHA

En Argentina, la demanda de aceites esenciales de alta calidad supera ampliamente a la oferta local, lo que genera una fuerte dependencia de las importaciones.

**A) Análisis de Importaciones (Demanda Aparente)** Al no existir datos públicos desagregados exclusivamente para "aceite de lavanda" en tiempo real, se analiza la partida arancelaria 3301.29 ("Los demás aceites esenciales"), donde se clasifica la lavanda junto con otros aceites no cítricos.

- Volumen Importado: Según datos del OEC y estimaciones del INDEC, Argentina importó en 2023 aproximadamente \$26.3 millones USD en aceites esenciales. Los principales orígenes son Brasil, Estados Unidos y Francia (este último, referente mundial en lavanda).

- Dependencia: La industria cosmética y farmacéutica argentina importa la gran mayoría de sus aceites esenciales grado premium. Esto indica que existe una demanda insatisfecha de proveedores locales que puedan ofrecer calidad estandarizada (bajo normas IRAM/Farmacopea) sin los costos y complejidades logísticas de la importación. [23] [22] [24]

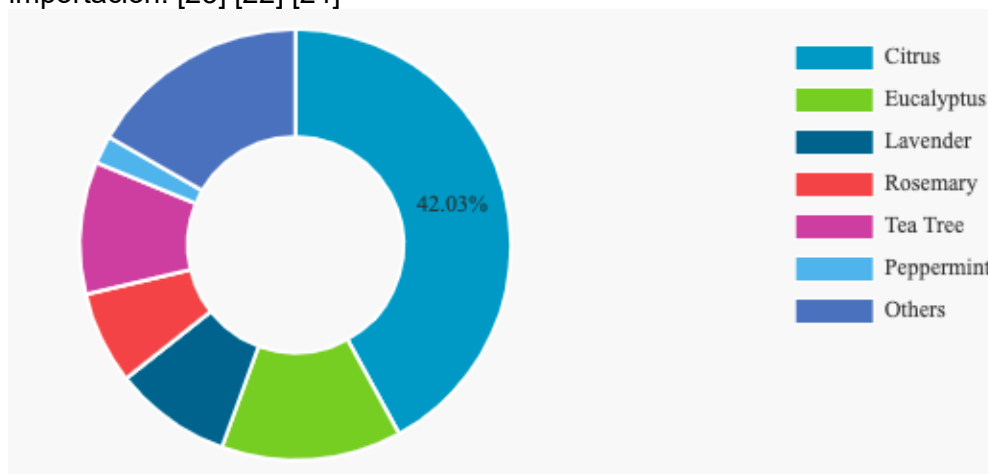


Figura 4 Cuota de mercado mundial de aceites esenciales, por tipo, 2024 [21]

**B) Industrias Demandantes en Argentina La demanda interna se segmenta en tres grandes grupos:**

- Industria Cosmética y de Higiene (60%): Es el mayor consumidor. Incluye desde grandes laboratorios hasta un creciente sector de PYMES de cosmética natural (champús sólidos, cremas, jabones artesanales) que requieren aceite esencial puro como ingrediente activo y aromatizante. Este sub-sector ha crecido por encima del promedio industrial.
- Aromaterapia y Bienestar (25%): Un nicho de alto valor agregado. Los consumidores finales y terapeutas buscan aceites 100% puros, no adulterados. La demanda aquí es inelástica respecto al precio pero muy elástica respecto a la calidad.
- Limpieza y Hogar (15%): Detergentes y suavizantes de gama alta que utilizan aceites naturales en lugar de fragancias sintéticas para justificar un precio premium ("con extracto real de lavanda").

**2.3.3 FACTORES IMPULSORES DE LA DEMANDA LOCAL (DRIVERS)**

- Sustitución de Importaciones: Dada la coyuntura económica y la escasez de divisas, los fabricantes nacionales buscan activamente proveedores locales confiables para reducir su exposición a la volatilidad del tipo de cambio y las trabas a la importación.
- Tendencia "Sin Parabenos / Sin Sintéticos": El consumidor argentino de clase media-alta revisa cada vez más las etiquetas. La presencia de "Aceite Esencial de Lavanda" (INCI: Lavandula Angustifolia Oil) es un activo de marketing poderoso frente a "Fragancia" (parfum).
- Auge del Turismo de Bienestar en Mendoza: La localización en Mendoza permite integrar el producto a la oferta turística (spas de hoteles, venta directa en bodega/finca), creando un canal de demanda directa de alto margen.

**2.3.4 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**

Considerando que "AETHERIA LAVANTIS S.R.L." ingresará al mercado como una Microempresa productora de aceite de alta calidad (grado cosmético/farmacéutico), no competirá por volumen con los commodities importados para limpieza masiva, sino en el nicho de calidad.

- Escenario Conservador: Se proyecta capturar una porción de la demanda de las PYMES de cosmética natural del Oeste Argentino (Cuyo) que actualmente compran a revendedores de Buenos Aires con sobreprecios.

- Tasa de Crecimiento Estimada: Alineada con el crecimiento del sector de cosmética e higiene en Argentina, se estima un crecimiento de la demanda dirigida a la empresa del 3% al 5% anual durante los primeros 5 años, apalancado por la tendencia de consumo local y la sustitución de importaciones.

## 2.4 CONCLUSIÓN

En base al análisis de los factores determinantes, se concluye que el Tamaño del Proyecto queda definido por la interrelación entre la Disponibilidad de Materia Prima (Estacionalidad de la cosecha) y la Tecnología de Extracción (proceso Batch por arrastre de vapor).

1. Capacidad de Procesamiento: Considerando una explotación inicial teórica de 10 hectáreas de lavanda (escenario de máximo volumen) con un rendimiento promedio de 6.000 kg/ha, se obtiene una biomasa total de 60.000kg por temporada estival.
2. Dimensionamiento Diario: La ventana de cosecha óptima se estima en 60 días efectivos. Esto requiere una capacidad de procesamiento diaria de:

$$\left(\frac{60.000 \text{ kg}}{60 \text{ días}}\right) = 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Dado que el proceso es discontinuo (batch), esta capacidad implica operar al menos dos ciclos completos por día, condicionados al tiempo de carga, extracción y descarga, y a la disponibilidad de vapor suficiente para sostener ambos ciclos.

3. Selección del Tamaño: Para procesar 1.000 kg/día operando en dos turnos (o dos destiladas por turno), se define el Tamaño del Proyecto mediante la instalación de un equipo de destilación con capacidad de carga de 500 kg de materia vegetal por batch (aprox. un vaso de 1.500 a 2.000 Litros).

Este tamaño clasifica a la empresa como una Microempresa industrial, permitiendo flexibilidad para procesar producción propia y brindar servicios a terceros (maquila) fuera de los picos de cosecha propia, satisfaciendo la demanda insatisfecha del mercado regional descrita en el punto 2.3. [25]

## CAPÍTULO 3

### 3 LOCALIZACIÓN

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizará la localización física del proyecto orientado a la obtención de aceite esencial de lavanda. El objetivo principal es determinar el emplazamiento más adecuado para la instalación de la planta de procesamiento, buscando maximizar el aprovechamiento de la materia prima, optimizar los recursos disponibles y minimizar tanto los costos de inversión como los costos operativos asociados al proceso productivo.

Para seleccionar la ubicación más conveniente se evaluarán distintas alternativas considerando criterios económicos (acceso a insumos, servicios e infraestructura), técnicos (cercanía a la producción de lavanda y a vías de transporte), estratégicos (potencial de expansión y articulación con entidades productivas), ambientales e institucionales. La localización de una agroindustria dedicada al procesamiento de plantas aromáticas —como la lavanda— depende, entre otros factores, de la disponibilidad territorial, el acceso a servicios básicos y la cercanía a las zonas de cultivo, variables fundamentales para el desarrollo eficiente de este tipo de actividades.

El análisis se organizará en dos niveles complementarios:

- Macro-localización: Donde se estudiarán las regiones del país con condiciones favorables para la implantación de cultivos de lavanda y el desarrollo de industrias asociadas.
- Micro-localización: Donde se evaluará un sitio puntual —preferentemente un parque industrial o tecnológico— que permita llevar adelante el estudio de prefactibilidad y, eventualmente, la construcción de la planta.

Este enfoque permitirá seleccionar la ubicación con mejor desempeño global considerando factores productivos, logísticos, ambientales y socioeconómicos, asegurando la viabilidad integral del proyecto.

#### 3.2 MACROLOCALIZACIÓN

Para comenzar a acotar la localización, se determina que Argentina será el país donde se instalará el proyecto de obtención de aceite esencial de lavanda. La producción de lavanda forma parte del sector de Plantas Aromáticas y Medicinales (PAM), un rubro que involucra procesos de cultivo, cosecha, procesamiento y comercialización.

Según reportes del sector, Argentina cuenta con más de 18,000 hectáreas dedicadas al cultivo de PAM, con fuerte presencia en provincias como Mendoza, Córdoba, Buenos Aires, Salta y Neuquén [26]. Estos territorios ofrecen condiciones agroecológicas favorables para el desarrollo de especies del género *Lavandula*, gracias a climas secos, amplitud térmica y suelos bien drenados.

Si bien la superficie actual de *L. angustifolia* es reducida, las regiones con infraestructura agrícola consolidada, como Cuyo (Mendoza), son clave. Por ejemplo, existen emprendimientos de aromáticas que incluyen lavanda en provincias como Neuquén [14], lo que evidencia la viabilidad local de la producción industrial vinculada al cultivo.

Con base en esta información, se determina estudiar la macro-localización del proyecto en las siguientes provincias, seleccionadas por sus ventajas productivas y antecedentes en aromáticas:

- Mendoza: Enfocada por su robusta infraestructura agroindustrial y parques tecnológicos.
- Córdoba: Por su tradición histórica en el cultivo de plantas aromáticas.
- Salta y Neuquén: Por presentar emprendimientos agroindustriales y condiciones agroclimáticas aptas.

Estas provincias reúnen los siguientes factores distintivos clave para una agroindustria:

- Condiciones agroclimáticas favorables para el cultivo de lavanda.
- Presencia de emprendimientos agrícolas y agroindustriales en aromáticas.
- Acceso a parques industriales o zonas productivas con servicios esenciales (energía, agua, transporte), factor crítico para la operación.

- Posibilidad de integración hacia la producción primaria, procesamiento y comercialización.

La mayoría de los establecimientos productivos en estas zonas están ubicados en fincas o parques industriales adyacentes a los cultivos, lo que permite reducir los costos logísticos y favorecer una integración mayor de la cadena de valor [26].

### **3.2.1 ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES PARA LA MACROLOCALIZACIÓN**

De acuerdo con el criterio de estudio, se definirán y analizarán los factores que ejercerán influencia, en distinto grado, sobre la macrolocalización del proyecto. Entre estos factores se incluyen tanto variables directamente vinculadas al cultivo y procesamiento de lavanda (disponibilidad de materia prima, infraestructura específica de extracción), como aspectos de contexto más amplios, tales como la infraestructura industrial y de servicios disponible en cada provincia y la proximidad a los principales mercados de consumo. Estos últimos se incorporarán de manera explícita en la matriz de factores ponderados presentada posteriormente. Este procedimiento permitirá identificar cuáles variables resultan determinantes en la selección del emplazamiento y, posteriormente, calificarlas según su impacto relativo. De esta manera, se obtendrá una evaluación integral y comparativa que facilitará la elección de la ubicación más conveniente para el desarrollo del proyecto.

#### **3.2.1.1 DISPONIBILIDAD DE PLANTAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA**

En Argentina, la infraestructura industrial para la extracción de aceite esencial de lavanda a escala industrial es limitada/inexistente [12]. La producción es realizada mayoritariamente en establecimientos de pequeña escala, de carácter familiar y artesanal.

Importancia Asignada: ALTA. La escasa oferta industrial preexistente implica que el proyecto debe asumir el 100% del Costo de Inversión para el diseño y construcción de la nueva planta de procesamiento. Este factor es un determinante clave en la viabilidad financiera del proyecto y una oportunidad de mercado.

#### **3.2.1.2 DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS**

La principal materia prima para la producción de aceite esencial es la flor de lavanda, cuya disponibilidad depende de las zonas de cultivo y de la estacionalidad de la cosecha. Aunque las provincias analizadas ofrecen condiciones agroclimáticas excelentes, la superficie cultivada actual es limitada y dispersa, lo que constituye el mayor riesgo de abastecimiento.

Estrategia de Mitigación: Para garantizar un suministro constante de materia prima, el proyecto deberá considerar la integración vertical (plantaciones propias) en el área de influencia del sitio elegido o el desarrollo de acuerdos de fomento con productores locales [14].

Importancia Asignada: CRÍTICA. El proyecto se ubicará en función de la capacidad de desarrollar el suministro de materia prima.

#### **3.2.1.3 INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL Y SERVICIOS**

Tanto Mendoza como Buenos Aires cuentan con una matriz energética consolidada y parques industriales que disponen de red de gas natural industrial, un insumo crítico para el funcionamiento eficiente de la caldera generadora de vapor, evitando el uso de combustibles líquidos más costosos o leña. La provincia de Mendoza destaca por poseer una red de proveedores de servicios metalmecánicos y de mantenimiento (calderería, refrigeración) superior a la de zonas incipientes como la Patagonia, lo que reduce los tiempos de parada por mantenimiento.

Importancia asignada: ALTA

### **3.2.1.4 PROXIMIDAD A MERCADOS Y LOGÍSTICA**

Si bien el mercado de consumo masivo está en Buenos Aires, Mendoza se posiciona como un *hub* logístico en el Corredor Bioceánico. Esto facilita no solo el envío terrestre del producto terminado (de bajo volumen y alto valor) a los centros de distribución nacionales, sino que también abre una puerta directa a la exportación vía puertos del Pacífico (Chile) para futuros mercados asiáticos, donde la demanda de aceites esenciales crece al 5.2% anual.

Importancia asignada: ALTA

### **3.2.1.5 DISPONIBILIDAD Y COSTOS DE MANO DE OBRA**

En el caso de la producción de aceite esencial, la tecnología utilizada para el procesamiento no requiere personal altamente calificado. En las provincias candidatas (especialmente Mendoza y Córdoba), existe mano de obra disponible con experiencia en manejo de cosechas, operaciones de planta básicas y control de calidad. [27]

Importancia asignada: MEDIA-BAJA. El factor no representa una restricción significativa ni un costo crítico.

### **3.2.1.6 REGLAMENTACIÓN MEDIOAMBIENTAL Y EFLUENTES**

La producción de aceite esencial de lavanda utiliza flores como materia prima, por lo que los residuos generados son principalmente biomasa vegetal (restos de flores y tallos). La incorporación de estos subproductos a otros sistemas, como compostaje o bioenergía, permite reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia del proceso productivo [26]. De esta manera, el aprovechamiento de los residuos vegetales tiene una relevancia tanto económica como ambiental.

Respecto a la ubicación de los equipos de destilación, no existen restricciones ambientales significativas para su instalación, y el impacto sobre el medio ambiente es considerado positivo o mínimo, siempre que se cumplan las normas vigentes de manejo de residuos vegetales.

En cuanto a la disposición de residuos líquidos o sólidos generados, es obligatorio cumplir con la legislación ambiental vigente en Argentina, tanto a nivel nacional, provincial como municipal. Dado que los subproductos son biodegradables, la gestión de los mismos no implica riesgos significativos de contaminación. No obstante, es importante señalar que los requerimientos de agua y energía para la generación de vapor se consideran dentro de los factores de infraestructura y servicios, más que como una restricción ambiental en sí misma, por lo que su evaluación se integra en otros apartados del análisis de localización.

Importancia asignada: BAJA en la localización del proyecto.

### **3.2.2 EVALUACIÓN: MÉTODO DE LOS FACTORES PONDERADOS**

Para determinar la mejor localización para la planta de extracción de aceite esencial de lavanda, se aplicó el método de factores ponderados. En primer lugar, se identificaron los aspectos más significativos para la localización y se asignó un peso relativo a cada uno, considerando su importancia para el proyecto.

Posteriormente, cada factor fue calificado en una escala de 1 (mínimo) a 10 (máximo), basándose en datos disponibles, tales como:

- Disponibilidad de plantas de extracción de aceites esenciales en cada provincia.
- Superficie cultivada y disponibilidad de lavanda fresca.
- Accesibilidad y costos de mano de obra local.
- Cumplimiento de normativas medioambientales y facilidad de gestión de residuos.

La calificación de cada factor se multiplicó por su peso relativo, obteniéndose un valor ponderado. La suma de los valores ponderados por provincia permitió comparar las zonas y elegir la localización óptima para la planta.

| Factor                               | Peso (W) | Mendoza | Córdoba | Salta | Neuquén |
|--------------------------------------|----------|---------|---------|-------|---------|
| Disponibilidad de Materia Prima      | 0.40     | 7       | 8       | 6     | 6       |
| Infraestructura Industrial/Servicios | 0.30     | 10      | 6       | 5     | 7       |
| Proximidad a Mercados/Logística      | 0.15     | 9       | 8       | 5     | 5       |
| Mano de Obra (Disponibilidad/Costo)  | 0.10     | 8       | 8       | 7     | 6       |
| Regulación Ambiental                 | 0.05     | 9       | 9       | 8     | 9       |
| Puntaje Ponderado (Total)            | 1.00     | 8.40    | 7.45    | 5.80  | 6.30    |

*Tabla 2 Evaluación de factores ponderados de Macrolocalización. Elaboración propia.*

Según esta evaluación, Mendoza resulta la mejor opción para la localización de la planta. El peso asignado a la Infraestructura Industrial y Servicios (factor con peso 0.30) y la Logística justifica la inversión en Mendoza para compensar la menor superficie de cultivo actual, priorizando la eficiencia operativa.

### 3.2.3 MENDOZA

Mendoza es una de las 23 provincias de la República Argentina. Su capital y ciudad más poblada es Mendoza, aunque el departamento de San Rafael, ubicado al sur de la provincia, constituye uno de los principales polos productivos y agroindustriales. La provincia se sitúa en la región de Cuyo, limitando al norte con San Juan, al este con San Luis, al sur con La Pampa y al oeste con la República de Chile, separada por la Cordillera de los Andes.

La actividad económica mendocina se sustenta principalmente en la agricultura, la agroindustria, la vitivinicultura y la industria turística [27], siendo una de las regiones productivas más importantes del país. Dentro de las actividades agrícolas se destacan el cultivo de vid, olivo, ciruelo, duraznero, almendro y hortalizas. En las últimas décadas, Mendoza ha impulsado la producción de plantas aromáticas, entre ellas la lavanda, favorecida por sus características climáticas: baja humedad ambiental, alta radiación solar y escasas precipitaciones.

La zona de San Rafael, donde se ubica el Industrial, presenta condiciones especialmente adecuadas para el desarrollo de cultivos aromáticos y para la instalación de emprendimientos agroindustriales destinados a la obtención de aceites esenciales.



*Figura 5 Argentina-Provincia de Mendoza [90]*

### 3.2.4 LA PRODUCCIÓN DE LAVANDA EN MENDOZA

La producción de lavanda en Mendoza se concentra principalmente en áreas con clima árido y semiárido. Las zonas más activas se encuentran en los departamentos de San Rafael, General Alvear, y en menor medida, Valle de Uco y Luján de Cuyo [19]. Estos departamentos aprovechan la infraestructura de riego existente para la diversificación de cultivos.

La escala productiva provincial aún es reducida en comparación con otras producciones agrícolas, lo que confirma la baja oferta de materia prima a nivel nacional identificada en el Capítulo 1 y genera un alto potencial de crecimiento para emprendimientos industriales.

#### **3.2.4.1 VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN**

No existen estadísticas oficiales consolidadas sobre la producción anual de lavanda a escala industrial en Mendoza. Sin embargo, para la planificación del proyecto, se utilizarán los siguientes valores técnicos de referencia:

- Rendimientos estimados (Flor Fresca): Entre 3.000 y 5.000 kg de flores frescas por hectárea, dependiendo del manejo y edad del cultivo. [16]; [28]
- Producción de aceite esencial: Se estima un rendimiento de 10 a 20 litros de aceite esencial por cada 1.000 kg de flor fresca, lo cual es consistente con los valores internacionales reportados para *Lavandula angustifolia* y *Lavandula × intermedia* [16].

#### **3.2.4.2 DESTINO DE LA PRODUCCIÓN**

En Mendoza, la producción de lavanda se orienta principalmente a la elaboración de valor agregado local. Los principales destinos son:

- Productos artesanales y cosmética natural.
- Turismo y experiencias rurales [29].
- Venta minorista de aceite esencial.

La exportación es limitada debido al bajo volumen producido, lo que significa que existe un amplio margen para el desarrollo de proyectos industriales de mayor escala.

#### **3.2.4.3 EMPRESAS INDUSTRIALIZADORAS DE AROMÁTICAS EN LA REGIÓN**

En la provincia de Mendoza no existen plantas industriales de extracción de aceites esenciales de lavanda a escala significativa [12]. La región cuenta, en cambio, con:

- Pequeños emprendimientos y destilerías artesanales.
- Instituciones de apoyo técnico: INTA Rama Caída e IDR (Instituto de Desarrollo Rural).

### **3.3 MICROLOCALIZACIÓN**

En esta sección se analiza el sitio específico elegido para el desarrollo del proyecto de prefactibilidad el cual es el departamento de San Rafael, Mendoza. Permitiendo confirmar su idoneidad y garantizar que las condiciones locales sean compatibles con los requerimientos técnicos, ambientales y operativos del proyecto.

La elección de San Rafael por sobre otros oasis productivos de Mendoza (como Valle de Uco o Maipú) responde a una decisión estratégica empresarial basada en la integración de la cadena de valor. San Rafael concentra históricamente una importante tradición en el turismo rural y agroindustria (frutihortícola). Esto permite no solo la producción industrial, sino la venta directa en origen vinculada al turismo ('Turismo de la Lavanda'), maximizando la rentabilidad.

Dentro del departamento, el proyecto se localizará en el Parque Industrial San Rafael que cuenta con 42 hectáreas, el cual ofrece ventajas en materia de acceso a servicios básicos (energía eléctrica, agua, redes viales internas), una ventaja competitiva frente a zonas rurales del Valle de Uco que carecen de este servicio de red, cercanía a rutas provinciales y nacionales, disponibilidad de terrenos destinados a emprendimientos productivos y un entorno industrial consolidado, [30]

### **3.3.1 SAN RAFAEL**

San Rafael es el segundo departamento más poblado de la provincia de Mendoza y uno de los polos económicos más importantes del sur provincial. Su ciudad cabecera se encuentra en el valle formado por los ríos Atuel y Diamante, cuyas aguas garantizan la disponibilidad hídrica para actividades agrícolas e industriales. [27]

El departamento posee un clima semidesértico templado, con una marcada amplitud térmica y escasas precipitaciones anuales (aprox. 300–350 mm/año). Estas condiciones favorecen intensamente los cultivos aromáticos y plantas medicinales, siendo un factor crítico para la calidad del aceite esencial [19]

La economía local se sustenta en la agricultura, la vitivinicultura, la fruticultura y el turismo, lo que indica una cultura agroindustrial consolidada. San Rafael cuenta con infraestructura adecuada para instalaciones industriales. Se destaca el Parque Industrial (Zona Cuadro Nacional), el cual brinda servicios para proyectos productivos, facilitando el acceso a energía industrial, agua y caminos. Su localización estratégica, próxima a rutas provinciales y nacionales, reduce los costos logísticos [30]. Por estas razones, San Rafael constituye un lugar óptimo para la instalación de una planta de extracción de aceite esencial de lavanda, combinando disponibilidad de recursos, entorno productivo apropiado, y accesibilidad a infraestructura.



Figura 6 San Rafael - Mendoza [91]

### **3.3.2 FACTORES DE MICROLOCALIZACIÓN**

#### **3.3.2.1 DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS**

La disponibilidad de servicios básicos es un aspecto fundamental para garantizar el correcto funcionamiento de cualquier planta industrial. En el caso del proyecto de obtención de aceite esencial de lavanda, la localización dentro del Parque Industrial (San Rafael, Mendoza) constituye una ventaja significativa, ya que este predio cuenta con suministro eléctrico estable, adecuado para alimentar los equipos así como de acceso a agua potable. Además, la zona cuenta con servicios de telecomunicaciones, lo que facilita la gestión administrativa, el monitoreo del proceso y la comunicación con proveedores y clientes.

Asimismo, el Parque Industrial posee accesos viales internos consolidados, lo que permite la entrada de materia prima y la salida del producto final sin inconvenientes. Por la naturaleza industrial del predio, no se prevén restricciones operativas asociadas a servicios críticos, razón por la cual este factor no representa una limitación para el desarrollo del proyecto. [30]

En consecuencia, la disponibilidad de servicios en el área seleccionada es adecuada y suficiente, por lo que no requiere ser reconsiderada como un factor condicionante.

#### **3.3.2.2 COSTO Y DISPONIBILIDAD DE TERRENOS**

En el análisis de microlocalización también resulta relevante evaluar la disponibilidad y el costo de los terrenos aptos para la instalación de la planta industrial. En este caso, la propuesta se ubica en el Parque Industrial, en San Rafael, una zona destinada específicamente al desarrollo de actividades productivas y tecnológicas, lo que garantiza la presencia de infraestructura adecuada para el funcionamiento de la operación. [30]

Al analizar la disponibilidad de terrenos dentro del Parque y en áreas aledañas, se observa que existe una oferta suficiente de parcelas sin edificar, con superficies adecuadas para el montaje de planta y para el movimiento de materia prima, almacenamiento y circulación interna. La zona presenta una planificación ordenada, accesos consolidados y una proyección de crecimiento que favorece la instalación de nuevos emprendimientos.

Respecto al costo, los terrenos dentro del Parque Industrial poseen valores competitivos en comparación con otras zonas industriales del departamento y presentan la ventaja de contar con infraestructura básica ya instalada, lo que reduce significativamente los costos iniciales de obra civil y de conexión a servicios. Esto contribuye a mejorar la factibilidad económica del proyecto y disminuye las inversiones necesarias para la etapa de puesta en marcha.

Por lo anterior, la disponibilidad y costo de los terrenos en el área seleccionada resultan favorables, por lo que este factor no representa una limitación para la ejecución del proyecto.

### **3.3.2.3 COSTO DE TRANSPORTE**

El costo de transporte es un factor relevante debido al traslado de la materia prima (flores de lavanda). La ubicación en San Rafael, cerca de las zonas productoras [19], asegura que las distancias de traslado hacia la planta sean relativamente cortas, minimizando los costos logísticos y asegurando que la flor fresca llegue en condiciones óptimas. Esta proximidad es especialmente relevante en el caso de la lavanda, cuya flor presenta pérdidas de rendimiento de aceite si se prolonga el tiempo entre la cosecha y la destilación, por lo que mantener recorridos cortos resulta crítico tanto en términos logísticos como de eficiencia del proceso.

Además del transporte de materia prima, será necesario considerar el costo del traslado inicial de los equipos lo cual representa un gasto único dentro de la inversión inicial del proyecto. Una vez instalados, los costos de transporte se limitarán casi exclusivamente al movimiento continuo de materia prima y, en menor medida, al despacho del producto final hacia distribuidores locales o regionales.

Debido a la cercanía entre las zonas productoras y la planta, y la baja demanda de transporte de insumos adicionales, el costo total asociado al transporte se considera moderado a bajo, sin representar un obstáculo significativo para la operación del proyecto.

### **3.4 LOCALIZACIÓN DEFINITIVA**

De acuerdo con el análisis de macrolocalización y microlocalización, se establece que la localización óptima para la instalación de la planta de extracción de aceite esencial de lavanda será el Parque Industrial, Zona Cuadro Nacional, situado en el departamento de San Rafael, Mendoza.

- Infraestructura industrial adecuada: El Parque Industrial dispone de servicios esenciales como Gas Natural, energía eléctrica industrial y agua, permitiendo una operación eficiente. [30]
- Potencial de vinculación: Aunque no está en un parque *científico* puro, la cercanía a la FCAI-UNCuyo (ubicada en la misma ciudad) facilitará la vinculación tecnológica y los análisis de calidad.
- Condiciones regulatorias y ambientales favorables: la actividad propuesta posee bajo impacto ambiental y se ajusta a la normativa vigente, siendo adecuada para desarrollarse dentro de un entorno industrial controlado.

#### **3.4.1 ZONA PARQUE INDUSTRIAL SAN RAFAEL – MENDOZA**

El Parque Industrial ubicado en Cuadro Nacional (a menudo referido como Parque Industrial de San Rafael) está situado estratégicamente con accesos directos a la Ruta Nacional 143 y Ruta Provincial 165, lo cual minimiza los costos de transporte de la materia prima. Este predio garantiza la provisión de servicios de alto consumo (Gas Natural y electricidad industrial) esenciales para la operación de la caldera en el procesamiento.

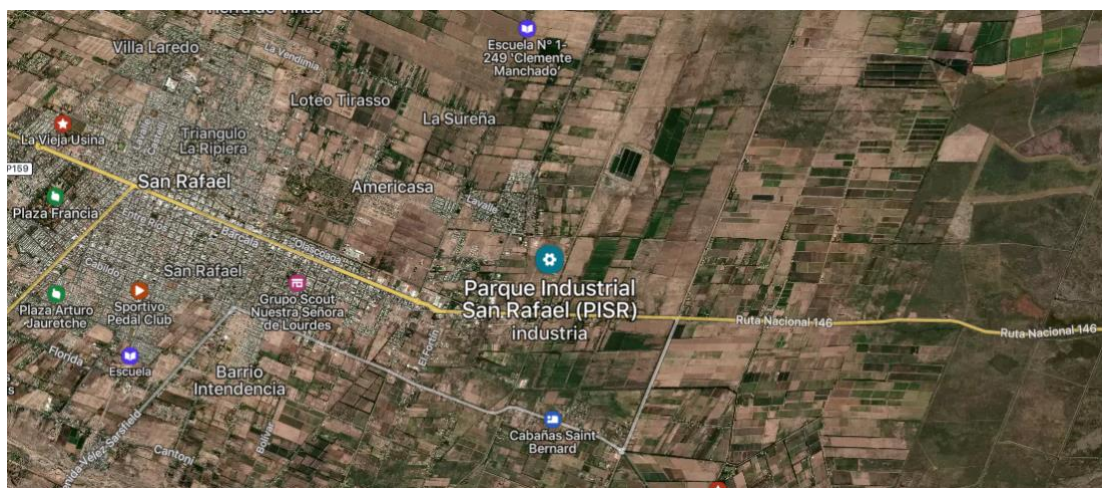


Figura 7 Imagen satelital de Parque Industrial San Rafael [31]

De acuerdo a la información brindada en Dirección de Vivienda se obtuvieron los datos de los terrenos del Parque Industrial. Los cuales tienen distintas superficies que ya están dimensionadas. Los de menor tamaño son de 2400 m<sup>2</sup> con un precio de \$4100 m<sup>2</sup>.

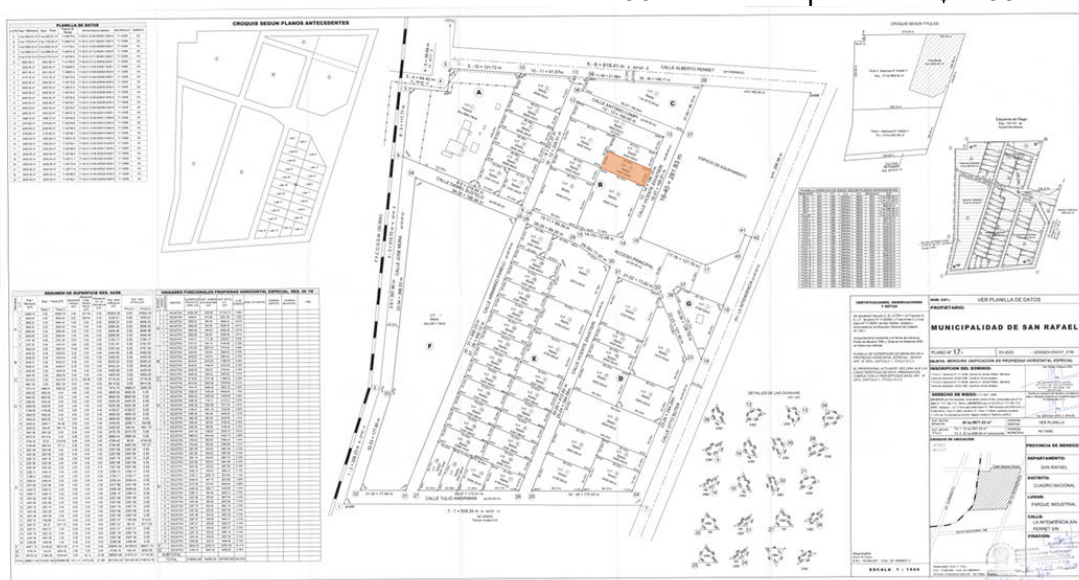


Figura 8 Plano de Parque Industrial. Brindado por Dirección de Vivienda San Rafael- Mendoza

La parcela seleccionada es la que se puede observar en color naranja, la misma se encuentra cercana a la zona de Aduana del Parque Industrial y cuenta con un tamaño de 2400m<sup>2</sup>

### 3.4.2 RED DE PAVIMENTOS

La red vial es crucial para la logística. El Parque Industrial se vincula con la red troncal nacional a través de la Ruta Nacional 143 y rutas provinciales como la 165, que a su vez conectan en forma rápida con la Ruta Nacional 40 y otros corredores de transporte. Esta accesibilidad reduce los costos logísticos del producto final (aceite esencial) y permite una distribución fluida a los mercados nacionales.

### 3.4.3 TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA

La materia prima (flores de lavanda) es voluminosa y perecedera. La localización es óptima porque permite concentrar los cultivos de fomento en un radio de máximo 5 Km del Parque Industrial. Esto es crítico para asegurar que el tiempo de tránsito desde la cosecha hasta el procesamiento sea mínimo (idealmente dentro de las 24 a 48 horas), garantizando la máxima eficiencia y rendimiento del aceite esencial.



Figura 9 Finca seleccionada para cultivo de materia prima. [31]

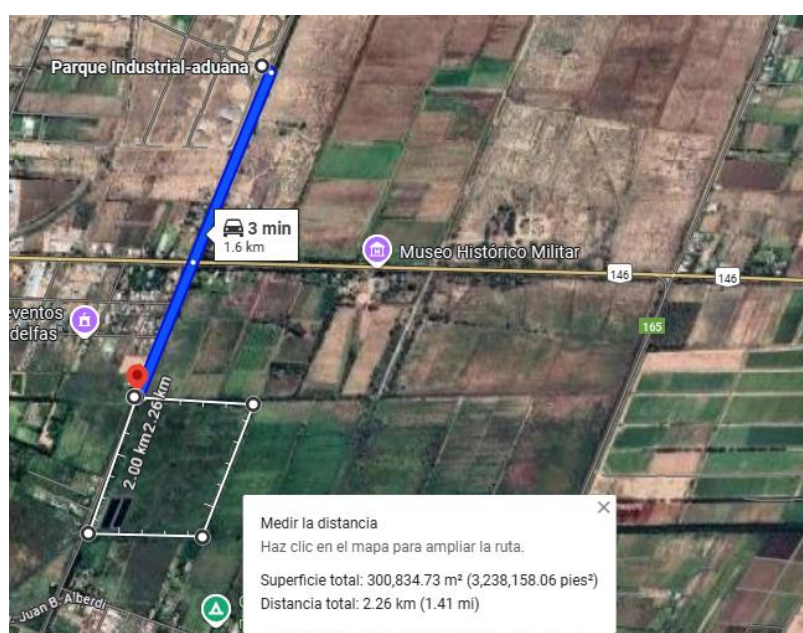


Figura 10 Distancia desde el Parque Industrial a la finca seleccionada para cultivo de materia prima [31]

### 3.5 CONCLUSIÓN

Para el análisis de localización de la planta productora de aceite esencial de lavanda, se utilizó el Método de los Factores Ponderados. Los resultados indicaron que Mendoza ofrece condiciones superiores debido a su infraestructura industrial, logística y clima seco apto para aromáticas.

En cuanto a la microlocalización, se seleccionó un terreno dentro del Parque Industrial (Zona Cuadro Nacional) en el departamento de San Rafael. Esta elección asegura servicios básicos y buena conectividad vial. Adicionalmente, la localización propuesta permite articular de manera eficiente la cercanía a las zonas potenciales de cultivo de lavanda con el acceso a los recursos energéticos e hídricos necesarios para la operación de la caldera y del sistema de destilación, reduciendo así los riesgos asociados a la estacionalidad y a la logística de la materia prima.

Se concluye que esta ubicación representa la alternativa más conveniente para el desarrollo del proyecto, optimizando los costos operativos y la eficiencia del proceso productivo.

## CAPÍTULO 4

### 4 TECNOLOGÍA

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza un análisis de las alternativas y condiciones tecnológicas existentes para lograr el producto deseado: aceite esencial de lavanda. El objetivo es seleccionar los parámetros y el proceso productivo óptimos. De esta elección derivarán las distintas necesidades del proyecto, sean de equipos, materiales, personal, espacios u obras físicas, para luego poder realizar los cálculos de los diversos costos de inversión y operación. Asimismo, la selección tecnológica deberá garantizar que el aceite obtenido cumpla con los perfiles composicionales exigidos por las normas de referencia (por ejemplo, ISO 3515) y pueda ser validado mediante análisis cromatográficos (GC-MS), condición indispensable para acceder a los segmentos cosmético y farmacéutico de mayor valor agregado.

##### 4.1.1 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS: ACEITE DE LAVANDA

Existen diversos métodos para la obtención de aceite esencial de lavanda. Los principales a nivel industrial y semiindustrial son:

###### 4.1.1.1 DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR

Es el método estándar a nivel industrial. El proceso se basa en la inyección de vapor saturado a través de un lecho poroso de material vegetal contenido en un reactor o alambique.

- **Fundamento Termodinámico:** El proceso se rige por la Ley de Dalton de las presiones parciales para líquidos inmiscibles. La mezcla heterogénea (agua + aceite esencial) alcanza su punto de ebullición cuando la suma de sus presiones de vapor iguala la presión atmosférica ( $P_{atm} = P_{agua} + P_{aceite}$ ). Esto permite que los componentes volátiles del aceite, cuyos puntos de ebullición individuales superan los 150 °C, sean arrastrados a una temperatura inferior a 100°C, minimizando la degradación térmica [32], [33].
- **Proceso:** El vapor atraviesa el lecho de material vegetal y rompe los tricomas glandulares de las inflorescencias, liberando el aceite esencial, que difunde hacia la fase vapor. La mezcla se condensa en un intercambiador de calor y se separa por decantación en un vaso florentino, aprovechando la diferencia de densidad entre el aceite ( $\approx 0.88 \text{ g/mL}$ ) y el agua [6].
- **Parámetros Críticos:** El control del tiempo de residencia es vital (45-90 min). Tiempos excesivos en contacto con vapor húmedo favorecen la hidrólisis de ésteres, específicamente la degradación del acetato de linalilo, reduciendo la calidad olfativa [34], [6].

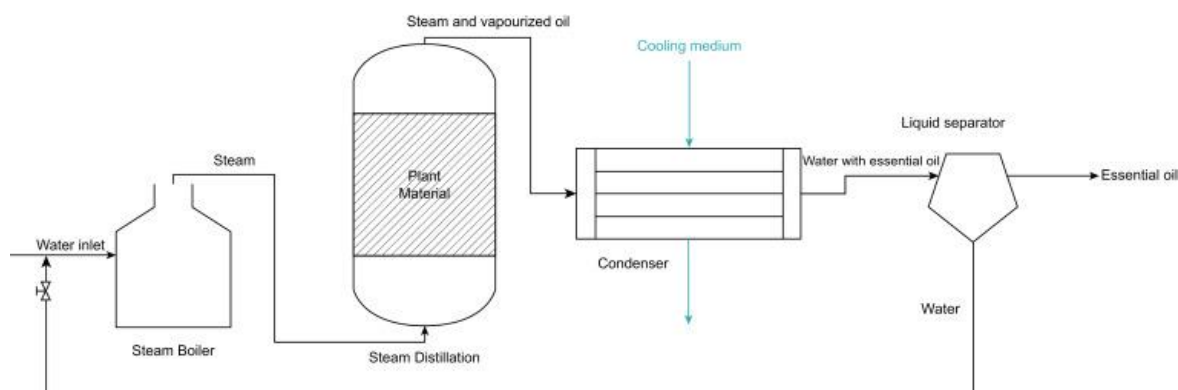


Figura 11 Unidad industrial típica de destilación por vapor para extracción de aceites esenciales [35]

###### 4.1.1.2 EXTRACCIÓN CON DISOLVENTES ORGÁNICOS

Este método no produce un aceite esencial según normas ISO, sino un "concreto" y posteriormente un "absoluto", productos de alta viscosidad utilizados en perfumería.

- **Fundamento:** Se basa en la extracción sólido-líquido (lixiviación) utilizando disolventes apolares (hexano) para solubilizar compuestos aromáticos, ceras y pigmentos [36].
- **Proceso:** Tras el lavado con hexano y la evaporación del solvente, se obtiene el "concreto". Este se redisuélve en etanol y se enfría (winterización) para precipitar ceras insolubles, obteniendo finalmente el "absoluto" tras evaporar el alcohol [37], [6].
- **Limitaciones:** Aunque evita la degradación térmica, conlleva altos riesgos operativos por inflamabilidad y la posible presencia de trazas de solventes (ppm) en el producto final, limitando su uso en aromaterapia y farmacia.

#### 4.1.1.3 EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS (SFE)

Tecnología de separación avanzada que utiliza gases por encima de su punto crítico (generalmente CO<sub>2</sub>) como solventes.

- **Fundamento:** El CO<sub>2</sub> en estado supercrítico ( $T > 31.1^{\circ}C$ ,  $P > 73.8 \text{ bar}$ ) combina la difusividad de un gas con el poder de solvatación de un líquido. Variando la presión y temperatura, se ajusta la densidad del fluido para extraer selectivamente compuestos específicos sin arrastrar ceras o degradar termolábiles [38], [39].
- **Ventajas y Desventajas:** Permite obtener extractos de pureza superior ("full spectrum") libres de solventes. Sin embargo, el costo de capital (equipos de alta presión) es extremadamente elevado comparado con la destilación convencional [40].

#### 4.1.2 COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para seleccionar la tecnología más adecuada para el proyecto, se comparan las alternativas en función de factores clave:

| FACTORES             | Alternativa Disolventes Orgánicos (Absoluto) | Alternativa Gases Supercríticos (CO <sub>2</sub> ) | Alternativa Destilación por Arrastre de Vapor |
|----------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Costo (Inversión)    | Medio                                        | Muy Alto                                           | Medio-Bajo                                    |
| Vida útil (Equipo)   | Media-Alta                                   | Alta                                               | Alta                                          |
| Calidad del Producto | Absoluto (con posibles trazas)               | Muy Alta (Pura, espectro completo)                 | Alta (Aceite esencial puro)                   |
| Rendimiento          | Alto                                         | Muy Alto                                           | Bueno                                         |
| Mantenimiento        | Alto (Manejo de solventes)                   | Alto (Sistemas de alta presión)                    | Medio                                         |
| Riesgo               | Fuga/Inflamabilidad de disolventes           | Fuga de gas (alta presión)                         | Fuga de Vapor (presión/calor)                 |
| Subproducto          | Ceras residuales                             | Ninguno significativo                              | Hidrolato (Comercializable)                   |
| Estándar de Mercado  | Perfumería nicho                             | Extractos de alta gama                             | Referente ISO / Farmacopea                    |

*Tabla 3 Comparación de Alternativas Tecnológicas- Extracción de aceite de lavanda. Elaboración propia en base [37], [35].*

#### Selección de la Alternativa

El proceso de extracción del aceite elegido para este proyecto es la destilación por arrastre de vapor.

Esta elección se justifica por las siguientes ventajas:

- Balance Costo-Beneficio: Ofrece el mejor equilibrio entre el costo de inversión y la alta calidad del producto final.
- Calidad y Normativa: Es el único método que produce "Aceite Esencial" según definición ISO [41], cumpliendo los estándares de la farmacopea y el mercado masivo.
- Valor Agregado: Permite la recuperación y venta del hidrolato (agua floral), un subproducto de demanda creciente en cosmética natural.
- Eficiencia: Aunque la extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico ofrece una calidad marginalmente superior, su costo de inversión es prohibitivo para la mayoría de los proyectos iniciales. A largo plazo, la destilación por vapor resulta ser el método más económico y rentable para una producción a escala [35].

#### 4.1.3 EQUIPOS PARA EL MÉTODO SELECCIONADO

##### 4.1.3.1 EQUIPO DE DESTILACIÓN

El núcleo del proceso es el sistema de destilación. Para cumplir con el tamaño de planta definido en el Capítulo 2 (procesamiento intensivo estacional), se requiere un equipo de escala industrial, descartando modelos de laboratorio.

- Especificaciones Técnicas:
  - Material: Acero Inoxidable AISI 316 (partes en contacto) y AISI 304 (estructura) para garantizar inocuidad, resistencia a la corrosión por el pH ácido del hidrolato y cumplimiento de normas GMP [42].
  - Capacidad Operativa: Vaso de 1500 Litros, permitiendo cargas de 350-500 kg de materia vegetal por lote.
  - Diseño: Sistema modular con caldera externa (generación de vapor independiente). El vaso debe incluir canastos internos de acero inoxidable y/o sistema basculante para optimizar los tiempos muertos de carga y descarga.
- Proveedor Seleccionado: Se opta por tecnología nacional FIGMAY (Argentina) o similar importado (Lavelis, España), adaptado a 1500L. Estos equipos integran cámara de extracción, condensador de carcasa y tubos de alto coeficiente de transferencia térmica y vaso florentino con sifón automático para separación continua [42], [43].



Figura 12 Equipo de destilación de aceite esencial [98]

Se inyecta vapor saturado por la base del destilador. Si bien la caldera genera vapor a 8 bar para el transporte, el equipo cuenta con una válvula reductora que alimenta el vaso a baja presión controlada (0.2 a 0.5 bar manométricos). Según el catálogo de Lavelis es 0,4 la presión de vapor. Este rango es crítico: presiones mayores elevarían la temperatura por encima de los 100°C, provocando la hidrólisis del *acetato de linalilo*, el compuesto principal de calidad según la norma ISO 3515 [Crişan et al., 2023].

##### 4.1.3.2 CONDENSADOR (INTERCAMBIADOR DE CALOR)

Equipo crítico para el cambio de fase del vapor saturado cargado de aceite.

- Selección: Intercambiador de Calor de Casco y Tubos en disposición vertical.

El vapor ingresa por los tubos y el agua fría circula por la carcasa en contracorriente. La disposición vertical favorece el escurrimiento del condensado por gravedad hacia el vaso florentino. A diferencia de los de placas, este diseño es más fácil de limpiar en



Figura 13 Intercambiador de calor Casco y Tubo Vertical [44]

caso de arrastre de ceras vegetales y soporta mejor las variaciones de presión del vapor.

| Parámetros del producto |                           |                                             |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| No                      | Nombre                    | El parámetro                                |
| 1                       | Zona de calefacción       | 0.5~500M <sup>2</sup>                       |
| 2                       | La presión de trabajo     | La barra de 0.1-100                         |
| 3                       | La temperatura de trabajo | ≤350°C                                      |
| 4                       | Diámetro nominal          | 150-2000mm                                  |
| 5                       | La instalación            | Horizontal Vertical.                        |
| 6                       | Material                  | SS304,SS316,Hastelloy C-276,Nickle,Titanium |

*Tabla 4 Especificaciones del Intercambiador de Calor [44]*

#### 4.1.3.3 SEPARADOR DE FASES (VASO FLORENTINO)

Recipiente diseñado para la separación gravitacional continua del destilado.

Este equipo recibe el líquido condensado (mezcla de aceite y agua/hidrolato) y utiliza la diferencia de densidad para separarlos. El aceite de lavanda es menos denso que el agua, por lo que flotará. El vaso florentino tiene dos salidas a diferentes alturas para recolectar el aceite por la parte superior y el hidrolato por la inferior.

- Características: Construcción en acero inoxidable AISI 316 con visores de vidrio borosilicato para control de la interfase. Diseño cilíndrico vertical que favorece la coalescencia de las gotas de aceite. Salida inferior para el hidrolato (fase pesada) y rebalse superior para el aceite esencial (fase liviana) [45].

En la extracción de lavanda tradicional se usa un "Vaso Florentino" (decantación por gravedad). Al usar la separadores por centrifugación:

Podemos romper la emulsión ya que a veces el hidrolato (el agua) se lleva micro-gotas de aceite que no flotan rápido. La centrifuga, al girar a miles de RPM, fuerza esa separación. Además obtenemos mayor Rendimiento ya que se podría recuperar entre un 5% y un 10% más de aceite que con un decantador simple, lo cual en 7 kg/h suma mucho valor al final del proceso.



*Figura 14 Centrifuga de Discos (Separador) [46]*

| El modelo       | EI DHC220 | EI DHC270 | EI DHC360 | EI DHC4 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Capacidad(L/H ) | 1000      | 2000      | 3000      | 7000    |
| Motor(kw).      | 4         | 4         | 7.5       | 15      |
| Peso (kg)       | 580       | 600       | 1000      | 1720    |

#### 4.1.4 EQUIPOS AUXILIARES Y SERVICIOS

Para la operatividad del sistema de destilación, se dimensionan los siguientes servicios industriales, priorizando proveedores locales (Mendoza/Argentina) para asegurar el servicio post-venta.

##### 4.1.4.1 CALDERA GENERADORA DE VAPOR

Fuente energética del proceso. Se requiere suministro de vapor saturado seco y constante.

- Tipo: Humotubular de 3 pasos, fondo húmedo, alimentada con gas natural. Este diseño garantiza una alta eficiencia térmica (>85%) y estabilidad en la presión de vapor.
- Presión de Trabajo: La caldera generará vapor saturado a una presión de trabajo de 6 a 8 bar. Esta presión es necesaria para el transporte eficiente del vapor por las cañerías y para asegurar la sequedad del mismo.
- Cuadro de Regulación: Antes del ingreso al destilador, se instalará una estación reductora de presión para disminuirla a 0,2 - 0.5 bar (baja presión), evitando así la degradación térmica de los compuestos termolábiles (ésteres) de la lavanda [7]
- Capacidad: Producción de 300 - 500 kg vapor/hora (acorde al vaso de 1500L) (hasta 10.000 kg/v/h.).
- Rendimiento superior al 85%.
- Proveedor: CALDIMET (San Rafael, Mendoza). La elección de un proveedor local es estratégica para el mantenimiento y cumplimiento de normativas provinciales de aparatos a presión [47]. La caldera deberá contar con válvulas de seguridad, manómetros, purgadores automáticos y sistemas de control de nivel y presión que aseguren su operación dentro de los límites establecidos por la normativa vigente para equipos sometidos a presión, minimizando riesgos para el personal y las instalaciones.



Figura 15 Caldera de vapor [47]

Proveedor: CALDIMET (San Rafael, Mendoza). La elección de un proveedor local es estratégica para el mantenimiento y cumplimiento de normativas provinciales de aparatos a presión [47]. La caldera deberá contar con válvulas de seguridad, manómetros, purgadores automáticos y sistemas de control de nivel y presión que aseguren su operación dentro de los límites establecidos por la normativa vigente para



equipos sometidos a presión, minimizando riesgos para el personal y las instalaciones.

| Model  | Steam Capacity | Working Pressure | Steam Temperature | Available Fuel                                                                                                                | Control Method                                                                                                                      |
|--------|----------------|------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LHS0.1 | 100 KG/H       | 7 Bar            | 170°C             | Gas (natural gas, LPG, biogas)<br>Light Oil (2# diesel, kerosene)<br>Heavy Fuel Oil (6# bunker C, fuel oil 380, fuel oil 180) | Micro-Computer ON-OFF smart control:<br>1.Adjustable working pressure<br>2.Automatic pressure control, Automatic water level contro |
| LHS0.2 | 200 KG/H       | 7 Bar            | 170°C             |                                                                                                                               |                                                                                                                                     |
| LHS0.3 | 300 KG/H       | 7 Bar            | 170°C             |                                                                                                                               |                                                                                                                                     |
| LHS0.5 | 500 KG/H       | 7 Bar            | 170°C             |                                                                                                                               |                                                                                                                                     |
| LHS0.7 | 700 KG/H       | 7 Bar            | 170°C             |                                                                                                                               |                                                                                                                                     |
| LHS1   | 1000 KG/H      | 7 Bar            | 170°C             |                                                                                                                               |                                                                                                                                     |
| LHS1.5 | 1500 KG/H      | 7 Bar            | 170°C             |                                                                                                                               |                                                                                                                                     |
| LHS2   | 2000 KG/H      | 7 Bar            | 170°C             |                                                                                                                               |                                                                                                                                     |

*Tabla 6 Catálogo de Generadores de vapor [48]*

#### 4.1.4.2 EQUIPO DE ENFRIAMIENTO (CHILLER)

Dado que la cosecha de lavanda ocurre en verano (temperaturas ambientes  $>30^{\circ}\text{C}$  en Mendoza), el enfriamiento por torre de agua no garantiza la condensación total de los volátiles ligeros. Se requiere refrigeración activa.

- Equipo: Chiller industrial aire-agua (ciclo de compresión de vapor).
- Función: Suministrar agua tratada a  $7\text{-}12^{\circ}\text{C}$  al condensador de placas. Mantener el agua de servicio en este rango de temperaturas es clave para asegurar la condensación eficiente de los monoterpenos más volátiles y evitar pérdidas de fracción aromática ligera en condiciones de verano, lo que impactaría negativamente en el rendimiento global y en el perfil olfativo del aceite.
- Proveedor: ULLER (San Rafael, Mendoza) o Frío 21. Equipos con compresores herméticos y control electrónico de temperatura, diseñados para la industria alimenticia regional [49], [50].



*Figura 16 Chiller mediano con tanque incorporado. [49]*

## DATOS TÉCNICOS

| Modelo AW                                    |      | 60                                        | 100    | 130    | 200    | 260    |
|----------------------------------------------|------|-------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Capacidad de refrigeración*                  | KW   | 65                                        | 97,5   | 130    | 195    | 260    |
| Entrada de potencia de refrigeración         | KW   | 20,8                                      | 31,4   | 42,1   | 63,6   | 84,2   |
| Capacidad de calefacción**                   | KW   | 68                                        | 102    | 136    | 204    | 272    |
| Entrada de potencia de calefacción           | KW   | 20,2                                      | 30,6   | 41     | 61,2   | 82     |
| Potencia de entrada máxima                   | KW   | 24                                        | 35,7   | 47,7   | 71,4   | 95,4   |
| Corriente de entrada máxima                  | R    | 50                                        | 74     | 97     | 148    | 194    |
| Corriente de funcionamiento de refrigeración | R    | 46                                        | 68     | 89     | 136    | 178    |
| Corriente de arranque                        | R    | 167                                       | 187    | 206    | 374    | 412    |
| Compresor                                    |      |                                           |        |        |        |        |
| Fuente de alimentación                       | /    | 380/3/50                                  |        |        |        |        |
| Marca/Tipo                                   | /    | Panasonic Copeland / Scroll               |        |        |        |        |
| Refrigerante                                 | /    | R410A                                     |        |        |        |        |
| Cant./circuito de refrigerante               | No   | 2                                         | 3      | 4      | 6      | 8      |
| Entrada de potencia de refrigeración*        | KW   | 2*9,4                                     | 3*9,63 | 4*9,77 | 6*9,63 | 8*9,77 |
| Entrada de potencia de calefacción**         | KW   | 2*9,1                                     | 3*9,36 | 4*9,5  | 6*9,36 | 8*9,5  |
| Ajuste de energía                            | %    | 0-25-50-75-100                            |        |        |        |        |
| Ventilador axial                             |      |                                           |        |        |        |        |
| Cantidad                                     | No   | 2                                         | 2      | 2      | 4      | 4      |
| Entrada de alimentación                      | KW   | 2                                         | 2,5    | 3      | 5      | 6      |
| Flujo de aire                                | m3/h | 24000                                     | 36000  | 48000  | 72000  | 96000  |
| Evaporador                                   |      |                                           |        |        |        |        |
| Tipo                                         | /    | Intercambiador de calor de tubo y carcasa |        |        |        |        |
| Flujo de agua al enfriar                     | m3/h | 11,2                                      | 16,8   | 22,4   | 33,6   | 44,8   |
| Flujo de agua al calentar                    | m3/h | 11,7                                      | 17,6   | 23,4   | 35,1   | 46,8   |
| Caída de presión del lado del agua ***       | KPa  | 46                                        | 52     | 55     | 52     | 55     |

Tabla 77 Catálogo de equipos de enfriamiento [51]

### 4.1.4.3 ABLANDADOR DE AGUA

El agua de la zona (San Rafael) suele presentar dureza media-alta. El ingreso de agua dura a la caldera generaría incrustaciones de carbonatos, reduciendo la eficiencia y la vida útil de los equipos.

- Tecnología: Intercambio Iónico (Resina Catiónica).
- Especificación: Cabezal automático por volumen/tiempo para regeneración con salmuera. Tanque de PRFV y resina apta para uso industrial.
- Proveedor: Pure Aqua o similar local (Runxin). Capacidad de caudal acorde a la reposición de la caldera [52], [53].

#### CARACTERÍSTICAS:

Regeneración automática de 5 ciclos.

Contador volumétrico (por tiempo)

Caudal de trabajo de 1.000 lts/hora.

Resina catiónica fuerte importada 100 lts

Tanque salero en rotomoldeo de 230 lts.



Figura 17 Sistema de filtro de ablandador de agua para reducir la dureza del agua 1000 L/H [97]

### 4.1.4.4 BOMBAS CENTRÍFUGAS

Para el movimiento de fluidos (agua de enfriamiento, trasvase de hidrolatos y alimentación de caldera).

- Tipo: Centrífuga Sanitaria, construida en acero inoxidable AISI 304/316, con sello mecánico y diseño higiénico (sin puntos muertos).
- Especificaciones



Figura 18 Bomba centrífuga [93]

| MODEL<br>MODELO<br>MODÈLE | DN<br><br>mm | Power<br>Potencia<br>Puissance<br><br>kw   hp |     | Q-DELIVERY/CAUDAL/DÉBIT  |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|---------------------------|--------------|-----------------------------------------------|-----|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                           |              |                                               |     | l/min                    | 150  | 200  | 300  | 333  | 400  | 600  | 700  | 900 | 1200 | 1900 | 2100 | 2200 | 2300 | 2500 | 3400 | 3600 | 3800 | 4000 |  |
|                           |              |                                               |     | m³/h                     | 9    | 12   | 18   | 20   | 24   | 36   | 42   | 54  | 72   | 114  | 126  | 132  | 138  | 150  | 204  | 216  | 228  | 240  |  |
|                           |              |                                               |     | H=Head/Altura/Hauteur(m) |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| PZ 32-160/11              | 50x32        | 1.1                                           | 1.5 | 22.5                     | 19.9 | 18.4 | 14.1 | 12   | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 32-160/15              | 50x32        | 1.5                                           | 2   | 29.5                     | 26.5 | 24.5 | 19.2 | 17   | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 32-160/22              | 50x32        | 2.2                                           | 3   | 37                       | 34   | 32   | 27   | 25   | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 32-200/30              | 50x32        | 3                                             | 4   | 44                       | 40   | 37.5 | 31   | 28   | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 32-200/40              | 50x32        | 4                                             | 5.5 | 55                       | 52   | 49.5 | 43.5 | 40.5 | 37   | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 32-200/55              | 50x32        | 5.5                                           | 7.5 | 70.5                     | 67.5 | 65   | 58.5 | 55   | 51   | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 40-125/15              | 65x40        | 1.5                                           | 2   | 20                       | -    | 19   | 17.6 | 17   | 15.7 | 10.3 | 7    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 40-125/22              | 65x40        | 2.2                                           | 3   | 26.5                     | -    | 25.5 | 24   | 23.5 | 22   | 16.4 | 13   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 40-160/30              | 65x40        | 3                                             | 4   | 31                       | -    | 29.5 | 27.5 | 27   | 25.5 | 20   | 17   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 40-160/40              | 65x40        | 4                                             | 5.5 | 40                       | -    | 38.5 | 37   | 36   | 34.5 | 29   | 25.5 | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 40-200/55              | 65x40        | 5.5                                           | 7.5 | 47                       | -    | 45.5 | 44   | 43   | 41   | 35   | 31   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 40-200/75              | 65x40        | 7.5                                           | 10  | 58                       | -    | 57   | 55.5 | 55   | 53.5 | 47.5 | 44   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |
| PZ 40-200/110             | 65x40        | 11                                            | 15  | 72                       | -    | 71   | 70   | 70   | 68.5 | 63   | 59   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |  |

Tabla 88 Especificaciones bomba centrífuga [54], [55]

## 4.2 CONCLUSIÓN

Se ha definido la ingeniería básica del proceso seleccionando la Destilación por Arrastre de Vapor como la tecnología óptima para el proyecto. Esta elección equilibra la calidad del producto (aceite puro grado farmacéutico/cosmético) con la viabilidad económica de la inversión.

Para la implementación física, se ha seleccionado un mix tecnológico estratégico:

Equipos Críticos de Proceso: Tecnología sanitaria estándar (Figmay/Alfa Laval) para garantizar la inocuidad y calidad del aceite.

Servicios Auxiliares: Proveedores locales de Mendoza (Caldimet, Uller) para la generación de vapor y frío, asegurando soporte técnico inmediato y reduciendo costos logísticos.

Esta configuración tecnológica asegura una capacidad de procesamiento industrial (lotes de 1500L), flexibilidad operativa y cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad. De este modo, la ingeniería básica definida en este capítulo resulta coherente con el tamaño de planta establecido en el Capítulo 2, permitiendo procesar del orden de 1.000 kg/día de flor fresca durante la ventana estacional de cosecha.

## CAPÍTULO 5

### 5 INGENIERÍA DE PROCESO

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

La ingeniería de proceso es el pilar fundamental de este proyecto. Define y articula todas las etapas, operaciones unitarias, equipos y recursos humanos necesarios para transformar la materia prima (flores de lavanda) en el producto final deseado (aceite esencial de lavanda) de manera eficiente, segura y rentable.

En este capítulo se desarrolla la ingeniería de detalle requerida para la materialización del proyecto de inversión de AETHERIA LAVANTIS S.R.L. Se define la tecnología del proceso productivo, cuantificando los flujos de materia y energía para el dimensionamiento final de los equipos. Asimismo, se establece la estructura organizacional y la distribución física (Layout) de la planta, asegurando el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) según la Disposición ANMAT 1112/13 [3]

#### 5.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO

El proceso de obtención de aceite esencial de lavanda es un proceso batch (por lotes) centrado en la operación unitaria de destilación por arrastre de vapor.

Descripción del Flujo Principal:

1. Recepción y Oreado: Materia Prima (Flores de Lavanda) Ingresan a la planta, pasan por control de calidad y se dirigen a una zona de oreado o marchitamiento.
2. Carga: La biomasa se carga en el destilador (alambique).
3. Destilación: Se inyecta vapor saturado desde una caldera. El vapor atraviesa la cama de flores, volatilizand o el aceite esencial.
4. Condensación: La mezcla de vapor (agua + aceite) sale del destilador y entra a un condensador (generalmente de carcasa y tubos), donde el agua de enfriamiento lo licúa.
5. Separación: El condensado líquido fluye a un separador florentino (decantador).
6. Productos:
  - Aceite Esencial: Por diferencia de densidad (el aceite de lavanda es más ligero,  $\rho \approx 0.88 \text{ g/mL}$ ), el aceite flota y se recoge por el vertedero superior.
  - Hidrosol (Hidrolato): El agua de destilación, saturada con componentes aromáticos, sale por el vertedero inferior. Puede ser recirculada o comercializada como subproducto.
7. Residuos: La biomasa agotada (bagazo de lavanda) se descarga del destilador y se destina a compostaje.
8. Almacenamiento: El aceite esencial se filtra (si es necesario) y se almacena en tanques de acero inoxidable o vidrio ámbar, en un lugar fresco y oscuro.

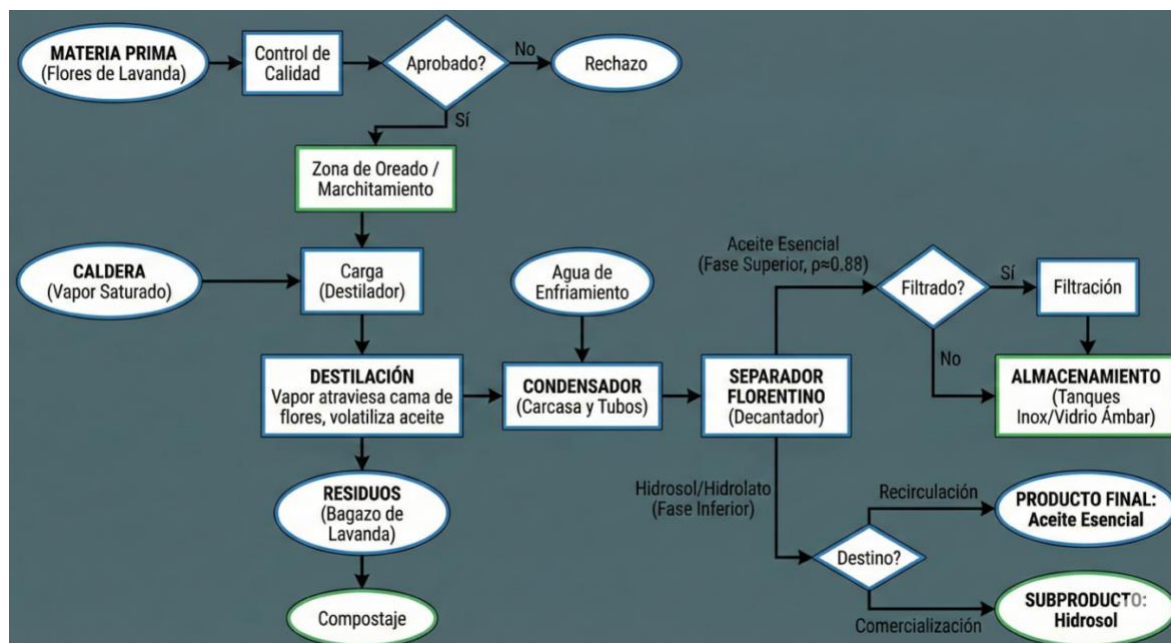


Figura 19 Diagrama de flujo de proceso. Elaboración propia

Descripción de Corrientes:

1. Entrada: Flor fresca oreada + Agua tratada (Caldera).
2. Proceso: Inyección de vapor → Intercambio Térmico → Condensación.
3. Salida: Aceite Esencial (Producto) + Hidrolato/Hidrosol (Subproducto) + Biomasa Agotada (Residuo/Compost).

### 5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO COMPLETO

El diseño contempla procesar 1.000 kg diarios en 2 ciclos (batches) de 500 kg, con una duración total de ciclo de 3 a 4 horas.

#### 5.3.1 RECEPCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima consiste en las sumidades floridas de *Lavandula angustifolia* o *Lavandula x intermedia* (Lavandín). La calidad del aceite depende críticamente del momento de la cosecha (plena floración).

Al llegar a la planta, la lavanda se inspecciona visualmente. Un paso crucial es el marchitamiento o pre-secado. La lavanda fresca contiene hasta un 80% de humedad. Dejarla orear entre 24 y, como máximo, 48 horas en capas delgadas y en condiciones controladas de ventilación reduce esta humedad, lo que disminuye el consumo de vapor durante la destilación (menor energía para calentar agua) y puede prevenir la hidrólisis de ésteres clave como el acetato de linalilo, mejorando la estabilidad y calidad del aceite [34], [25]. No obstante, periodos de oreado excesivos o en capas muy gruesas pueden favorecer fermentaciones indeseadas y pérdida de compuestos volátiles.

#### 5.3.2 CARGA DEL DESTILADOR

El material vegetal oreado se carga en el destilador, un recipiente cilíndrico de acero inoxidable. La densidad de carga es un parámetro crítico; si se compacta demasiado, el vapor formará canales (camino preferencial), resultando en una extracción ineficiente. Si queda muy suelta, se desperdicia espacio y vapor. Se busca una densidad aparente de 150 - 200 kg/m<sup>3</sup>. Una compactación uniforme es crítica para evitar el "Efecto Canalización", donde el vapor busca el camino de menor resistencia sin extraer el aceite de toda la masa [56]

#### 5.3.3 DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR

Esta es la operación unitaria central. Se inyecta vapor saturado (generalmente a baja presión, 0.2– 0.5 bar manométricos) por la base del destilador. El vapor asciende a través de la biomasa de lavanda, cumpliendo dos funciones:

2. Transfiere calor a la biomasa, elevando su temperatura.
2. Provoca la ruptura de los tricomas glandulares que contienen el aceite.

El aceite esencial es inmiscible en agua, pero es volátil en presencia de vapor. Según la Ley de Dalton de las presiones parciales, la mezcla heterogénea (agua + aceite) hierve cuando la suma de sus presiones de vapor iguala la presión externa. Esto permite arrastrar componentes de alto punto de ebullición (150°C-250°C) a una temperatura cercana a 98°C-100°C, minimizando la degradación térmica. [32]

El tiempo de destilación varía según el tamaño del equipo y la densidad de carga, pero típicamente oscila entre 45 y 90 minutos. [25]

#### **5.3.4 CONDENSACIÓN**

La mezcla de vapor (que ahora contiene vapor de agua y vapor de aceite esencial) sale por la parte superior del destilador (cuello de cisne) y se dirige a un condensador. Se utiliza un intercambiador de calor, comúnmente de carcasa y tubos en posición vertical, donde por los tubos circula la mezcla de vapor y por la carcasa fluye agua fría en contracorriente, proveniente del chiller, a aproximadamente 10°C. El destilado debe salir a 35–40 °C: temperaturas mayores provocan pérdida de volátiles, mientras que temperaturas menores dificultan la decantación por aumento de viscosidad y cambios en la densidad.

La eficiencia del condensador es vital para evitar pérdidas de los componentes más volátiles.

#### **5.3.5 SEPARACIÓN (DECANTACIÓN)**

El condensado líquido (una mezcla de aceite esencial y agua) fluye del condensador a un separador de fases, conocido como vaso florentino o separador florentino.

Este equipo aprovecha la inmiscibilidad y la diferencia de densidad entre el agua ( $\rho \approx 1 \text{ g/mL}$ ) y el aceite de lavanda ( $\rho \approx 0.88 \text{ g/mL}$ ). El aceite, al ser más ligero, flota. El separador tiene dos salidas a diferentes alturas:

1. Salida de Aceite: Un vertedero superior por donde rebalsa el aceite esencial acumulado.
2. Salida de Agua (Hidrosol): Un sifón o salida inferior por donde se evacúa el hidrolato (agua de lavanda). Esta agua no es un desecho, sino un subproducto valioso en la industria cosmética [6]

#### **5.3.6 DESCARGA Y TRATAMIENTO DEL RESIDUO SÓLIDO**

Una vez que el rendimiento de aceite disminuye (lo cual se monitorea en el separador), se corta el suministro de vapor. El destilador se despresuriza y se abre. La biomasa agotada, ahora un material húmedo y desaromatizado, se retira. Este residuo es 100% orgánico y es excelente para compostaje, reincorporándose al ciclo agrícola.

#### **5.3.7 FILTRADO Y ALMACENAMIENTO**

El aceite esencial recogido del separador puede contener trazas de humedad. A menudo se deja reposar y luego se filtra (por ejemplo, a través de sulfato de sodio anhidro) para eliminar el agua disuelta, lo que mejora su estabilidad.

El producto final se almacena en botellas de 1L y botellas de 10 mL de vidrio ámbar, completamente llenas. Se guarda en un lugar fresco (< 20 °C) y oscuro para prevenir la oxidación y la degradación de los componentes en 2 módulos de racks doble de 4 filas y dos niveles. Las botellas de 1L son almacenadas de 6 unidades en cajas dobles (reforzadas) y las botellas de 10ml en cajas simples de 100 unidades.

## 5.4 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Este cálculo valida el dimensionamiento de la caldera, del ablandador, del condensador, y del chiller.

**BALANCE DE MASA:** (Base: 1 Batch de 500 kg)

- Entrada (Materia Prima): 500 kg Lavanda Oreada.
- Consumo de Vapor: Se estima un ratio de 0.7 kg vapor / kg planta para una extracción exhaustiva
- Para el dimensionamiento de la caldera y el cálculo de servicios auxiliares, se estableció una relación másica de operación de 0,7 kg de vapor por kg de materia prima.

Este valor se justifica considerando:

El balance térmico necesario para llevar la biomasa a temperatura de operación.

Los parámetros cinéticos de extracción sugeridos por Baser & Buchbauer [57], quienes establecen rangos típicos de 0,5 a 1,5 para hierbas aromáticas.

La optimización energética para un ciclo de destilación de 45-60 minutos, evitando el consumo excesivo de vapor (sobre-ebullición) que no aporta incremento significativo en el rendimiento según los modelos de Denny [58].

$$M_{vapor} = 500 \frac{kg}{batch} * 0,7 = 350 \frac{kg vapor}{batch}$$

**Rendimiento de Aceite:** Estimado en 1.4%. [57]

Para los balances de masa, se estimó un rendimiento de extracción de aceite esencial del 1,4% (p/p).

Este valor se justifica considerando:

El uso de materia prima sometida a un proceso previo de oreo (pérdida de humedad del 30-40 %), lo cual concentra el rendimiento respecto a la planta fresca. [32] [59]

Los antecedentes regionales reportados por el INTA [60] para la zona de Cuyo, donde la alta heliofanía estimula la síntesis de metabolitos secundarios.

Valores de referencia de Bandoni [61] y literatura especializada que sitúan el rendimiento de clones de alta productividad (tipo Maillette) entre el 1,2% y 1,6% en condiciones semiáridas.

$$M_{aceite} = 500kg * 0,014 = 7 \frac{kg aceite}{batch}$$

**Producción Diaria (2 Batches):**

$$Vapor total diario = 700 kg (350 * 2 batches).$$

$$Aceite extraído diario = 14 kg.$$

$$Agua restante (Hidrolato) = 700 kg - 14 kg = 686 kg.$$

$$Como la densidad del hidrolato es  $\approx 1 \frac{kg}{L}$ , son 686 Litros.$$

**BALANCE DE ENERGÍA** (Dimensionamiento de Caldera)

- Se requiere generar 350 kg de vapor en 60 minutos (tiempo efectivo de inyección).
- Demanda: 350 kg vapor/hora.
- Factor de Seguridad: 20% (pérdidas por radiación y arranque).
- Capacidad Requerida:  $350 * 1.2 = 420$  kg/h.

- Selección: Se valida la selección de la Caldera de 500 kg/h realizada en el Cap. 4. En conjunto, estos resultados confirman que la configuración tecnológica seleccionada en el Capítulo 4 es coherente con el tamaño de planta definido en el Capítulo 2, permitiendo alcanzar la capacidad objetivo de 1.000 kg/día de flor fresca durante la ventana estacional de operación.

### **Estimación del consumo diario**

Para procesar 1.000 kg de flor/día en dos ciclos (batch) de 500 kg cada uno:

Consumo de Vapor: Considerando un ratio de 0.7 kg vapor/kg materia prima.

$$\text{Consumo} = 1000 \frac{\text{kg}_{MP}}{\text{día}} * 0.7 \frac{\text{kg}_{vapor}}{\text{kg}_{MP}} = 700 \frac{\text{kg}_{vapor}}{\text{día}}.$$

### **Consumo de Gas Natural:**

Asumiendo un poder calorífico del GN de 9.300 kcal/m<sup>3</sup> y una eficiencia de caldera del 95%, para generar 700 kg de vapor se requieren aproximadamente 55 a 60 m<sup>3</sup> de Gas Natural por día de operación.

$$\text{Energía necesaria para 700 kg vapor} \approx 450.000 \text{ kcal}.$$

$$\text{Gas} \left( 9.300 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} * 0,95 \text{ efic.} \right) = 8835 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} \text{ útiles.}$$

$$\frac{450.000 \text{ kcal}}{8835 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}} = 50,93 \text{ m}^3.$$

### **CÁLCULO DE ABLANDADOR**

Datos de Entrada:

- Dureza del Agua: Mendoza tiene agua dura/muy dura. Para diseño seguro, asumimos 400 ppm (mg/L) de CaCO<sub>3</sub> (aprox. 40°F Dureza Francesa).
- Caudal Máximo: La caldera utiliza 500 L/h cuando está a tope. El ablandador debe dejar pasar este caudal sin caída de presión.
- Consumo Diario: Calculamos antes 700 kg/día (vapor) + 10% purgas = aprox. 800 Litros de agua/día.
- Retorno de Condensado: 0%. Todo el vapor se condensa y sale como hidrolato
- Capacidad de Intercambio Requerida: Un pie cúbico (28,3 L) de resina catiónica estándar remueve aproximadamente 30.000 granos de dureza (o unos 2.000 gramos de CaCO<sub>3</sub>).

Carga de Dureza Diaria:

$$0,8 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 400 \frac{\text{gCaCO}_3}{\text{m}^3} = 320 \frac{\text{gCaCO}_3}{\text{día}}$$

### **Autonomía del Equipo (Frecuencia de Regeneración):**

$$\frac{2.000\text{g (Capacidad Resina)}}{320 \frac{\text{g}}{\text{día}} (\text{Consumo})} \approx 6,25 \text{ días}$$

Con un equipo de 1 pie cúbico (30 litros), se tendría que regenerar (lavar con sal) una vez por semana (cada 6 días). Además de un tanque salero de 70 a 100 Litros.

### **CÁLCULO DEL CONDENSADOR**

Datos de Diseño:

Tipo de Equipo: Intercambiador de Calor de Casco y Tubos (Shell and Tube), disposición vertical.

**FLUIDO CALIENTE (LADO TUBOS):** Mezcla de Vapor de Agua y Aceite Esencial.

- Masa por Batch: 350 kg<sup>2</sup>
- Tiempo de Destilación: 1 hora.
- Caudal Másico (mv): 350 kg/h.
- Temperatura de Entrada (Tsat): 100°C (Vapor saturado a presión atm).
- Temperatura de Salida deseada (Tout): 40°C (Subenfriado).

FLUIDO FRÍO (LADO CARCASA): Agua helada (proveniente del Chiller).

- Temperatura Entrada ( $t_{in}$ ): 7°C<sup>4</sup>.
- Temperatura Salida ( $t_{out}$ ): 12°C.

### CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA (Q)

El calor total a retirar (QT) es la suma del calor latente de condensación (Qlat) más el calor sensible de subenfriamiento (Qsen).

#### 1. A Calor Latente (Q<sub>lat</sub>)

Consideramos la entalpía de vaporización del agua ( $\lambda$ ) a 100°C como aproximación segura (el aceite es <2% de la masa).

$$\lambda_{agua} \approx 2.260 \frac{kJ}{kg}$$

$$Q_{lat} = m_{vapor} * \lambda_{agua}$$

$$Q_{lat} = 350 \frac{kg}{h} * 2.260 \frac{kJ}{kg} = 791.000 \frac{kJ}{h}$$

#### 2. Calor Sensible (Q<sub>sen</sub>)

Para enfriar el condensado líquido de 100°C a 40°C.

$$C_p (\text{Calor específico agua}) \approx \frac{4,18 kJ}{kg^{\circ}C}$$

$$\Delta T_{sub} = 100^{\circ}C - 40^{\circ}C = 60^{\circ}C.$$

$$Q_{sen} = m_{vapor} * C_p * \Delta T_{sub}$$

$$Q_{sen} = 350 \frac{kg}{h} * 4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * 60^{\circ}C = 87.780 kJ/h$$

#### 3. Carga Térmica Total (Q<sub>Total</sub>)

$$Q_{Total} = 791.000 + 87.780 = 878.780 kJ/h$$

$$Q_{Total} \approx 244 kW$$

### CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO (m<sub>agua</sub>)

Este valor dimensiona la bomba de recirculación y confirma la carga del Chiller.

$$\text{Salto térmico permitido } (\Delta T_{agua}): 12^{\circ} - 7^{\circ}C = 5^{\circ}C.$$

$$m_{agua} = \frac{Q_{Total}}{C_p * \Delta T_{agua}}$$

$$m_{agua} = \frac{878.780 \frac{kJ}{h}}{4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * 5^{\circ}C} = 42.046 kg/h$$

$$\text{Resultado: Se requiere un caudal de bombeo de } 42 \frac{m^3}{h}.$$

Este caudal es elevado debido al pequeño salto térmico (5 °C) del chiller. Esto garantiza una condensación muy rápida y eficiente, vital para no perder volátiles.

Como 42.000 L/h es un caudal grande se requiere una bomba importante y tuberías de 2.5 o 3 pulgadas. Para bajar el caudal, se tendría que usar agua de torre ( $\Delta T_{\text{agua}} = 10 \text{ °C}$ ), pero para asegurar calidad y no perder volátiles, el uso de Chiller (7 – 12 °C) está bien justificado.

### CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSFERENCIA (A)

Se utiliza la ecuación fundamental de diseño:

$$Q = U * A * LMTD$$

#### 1. Diferencia de Temperatura Logarítmica Media (LMTD)

Como hay dos zonas (condensación y enfriamiento), se calcula una LMTD conservadora asumiendo la temperatura de condensación dominante (100 °C) frente al agua de enfriamiento promedio.

$$\Delta T_1 = T_{\text{vapor}} - t_{\text{out}} = 100 - 12 = 88 \text{ °C}.$$

$$\Delta T_2 = T_{\text{condensado}} - t_{\text{in}} = 40 - 7 = 33 \text{ °C}$$

*(Se toma la salida del subenfriamiento para ser conservadores en el diseño).*

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = \frac{88 - 33}{\ln\left(\frac{88}{33}\right)} \approx 56,1 \text{ °C}$$

#### 2. Coeficiente Global de Transferencia (U)

Para un sistema Vapor de Agua / Agua en intercambiador de casco y tubos de acero inoxidable.

Valor típico de diseño:  $1.000 - 2.500 \frac{W}{m^2 \text{ °C}}$ .

Seleccionamos un U

$$U = 1.200 \frac{W}{m^2 \text{ °C}} = 1,2 \frac{kW}{m^2 \text{ °C}}.$$

Se elige un valor conservador (bajo) para tener en cuenta el posible "ensuciamiento" (fouling) por las ceras y aceites de la lavanda en los tubos.

#### 3. Área Requerida

$$A = \frac{Q_{\text{Total}}}{U * LMTD}$$

$$A = \frac{244 \text{ KW}}{1200 \frac{W}{m^2 \text{ °C}} * 56,1 \text{ °C}} = 3,62 m^2 \approx 4 m^2$$

### ESPECIFICACIÓN DEL CONDENSADOR

- Equipo: Condensador Vertical
- Tipo: Casco y Tubos (TEMA BEM o similar)
- Carga Térmica (Q) = 244 kW (210.000 kcal/h)
- Área de Intercambio =  $3,62 m^2 \approx 4 m^2$  (Redondeado con factor de seguridad)
- Material Tubos = Acero Inoxidable AISI 316L (Contacto con producto)
- Material Carcasa = Acero al Carbono o AISI 304
- Fluido Lado Tubos = Vapor de Lavanda (100 °C → 40 °C)
- Fluido Lado Carcasa = Agua de Chiller (7 °C → 12 °C)
- Caudal Agua Servicio = 42 m³/h
- El cálculo arroja un área teórica de  $3,62 m^2$ .

Se selecciona un equipo comercial estándar de  $4\text{ m}^2$  para proporcionar un exceso de área del 10%, lo que permite operar con flexibilidad si se aumenta ligeramente la carga de materia prima o si la eficiencia de transferencia disminuye por ensuciamiento de los tubos con el tiempo.

## **5.5 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE**

La implementación de la planta es un subproyecto en sí mismo que requiere una planificación detallada que va más allá de la simple compra de equipos. Se divide en fases secuenciales que aseguran la correcta construcción y operatividad [62]

### **5.5.1 FASE 1: OBRAS CIVILES Y PREPARACIÓN DEL SITIO**

Esta fase involucra la preparación del terreno y la construcción de la infraestructura necesaria.

1. Fundaciones: Se realizan los cimientos para el galpón de procesos, oficinas y laboratorio. De particular importancia son las zapatas de hormigón armado reforzadas para los equipos pesados, como la caldera y los destiladores, calculadas para soportar el peso operativo (equipo + agua + biomasa) y las vibraciones [62]
2. Nave de Proceso: Se erige el galpón industrial. Este debe contar con altura suficiente para la operación de carga de los destiladores (posiblemente mediante un puente grúa o riel) y una excelente ventilación (natural y forzada) para disipar el calor y los vapores.
3. Suelos y Drenajes: El piso del área de destilación debe tener una pendiente adecuada que dirija los derrames y el agua de limpieza hacia canaletas de recolección (preferentemente de acero inoxidable). El piso mismo debe ser de un material resistente, antideslizante y de fácil limpieza.
4. Sala de Caldera: Debe ser un cuarto separado, con muros cortafuego y ventilación adecuada, cumpliendo con las normativas locales para equipos de generación de vapor.

### **5.5.2 FASE 2: ADQUISICIÓN Y MONTAJE MECÁNICO**

Esta fase se centra en la instalación de los equipos principales.

1. Adquisición y Recepción: Gestión de compra de equipos de largo plazo de entrega (*long-lead items*), como la caldera y los tanques de acero inoxidable. Es común realizar una Prueba de Aceptación en Fábrica (FAT) antes de que el proveedor envíe los equipos [63]
2. Posicionamiento (Setting): Los equipos (caldera, destiladores, condensadores, separadores) se ingresan a la nave y se posicionan en sus fundaciones definitivas, nivelando y anclándolos.
3. Montaje de Tuberías (Piping): Este es uno de los trabajos más críticos. Las tuberías deben seguir estándares de ingeniería de proceso (p.ej., ASME B31.3). Se instalan diferentes tipos de tuberías:
  - *Línea de Vapor*: Tubería de acero al carbono (ej. ASTM A106) de alta presión, desde la caldera hasta los destiladores, correctamente aislada térmicamente.
  - *Línea de Condensado*: Tubería de acero inoxidable (ej. 304L o 316L) desde el destilador al condensador y de allí al separador. Las soldaduras que estarán en contacto con el producto deben ser sanitarias.
  - *Líneas de Agua de Enfriamiento*: Acero al carbono o PVC de alta presión, formando un circuito cerrado (loop) entre los condensadores y una torre de enfriamiento o chiller.
  - *Retorno de Condensado*: Tubería desde las trampas de vapor de vuelta a la caldera [64]

### **5.5.3 FASE 3: INSTALACIÓN DE SERVICIOS (UTILITIES)**

En paralelo al montaje mecánico, se instalan los servicios auxiliares:

1. Sistema de Vapor: Incluye la caldera, el sistema de tratamiento de agua (ablandador) para prevenir incrustaciones, y las trampas de vapor para purgar el condensado de las líneas.
2. Sistema Eléctrico: Instalación de un Centro de Control de Motores (CCM) para bombas (agua de enfriamiento, agua de caldera) y ventiladores.
3. Instrumentación y Control: Conexión de sensores de temperatura (termocuplas), presión (manómetros) y flujo. Se instala un panel de control (puede ser un PLC simple o control manual) para que el operario monitoree y controle el flujo de vapor y la temperatura de condensación.

#### **5.5.4 FASE 4: COMISIONAMIENTO, CAPACITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA**

Esta es la fase final de transferencia del proyecto a la operación [65]

1. Comisionamiento (Commissioning): Es la verificación de que cada componente individual funciona correctamente. Por ejemplo, se enciende la bomba de agua de enfriamiento sin correr el proceso; se prueba el encendido de la caldera y se verifica que alcance la presión de diseño. Se realizan pruebas de estanqueidad en las tuberías (pruebas hidrostáticas).
2. Capacitación del Personal: Los operarios son entrenados formalmente por los proveedores de equipos (especialmente la caldera) y por el jefe de producción en el Manual de Operación (SOP). Se enfatiza la seguridad en el manejo de vapor a presión.
3. Puesta en Marcha (Start-Up) y Pruebas con Agua: Se hace funcionar el sistema completo por primera vez, pero usando solo agua (simulando una destilación) para verificar que no haya fugas, que los flujos sean los correctos y que el sistema de control responda.
4. Prueba de Aceptación del Sitio (SAT): Es la primera "destilación de prueba" utilizando materia prima (lavanda). Se valida el rendimiento, el tiempo de ciclo y la calidad del aceite obtenido, comparándolo con los objetivos de diseño.

#### **5.6 DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA (LAYOUT)**

Para este diseño, utilizaremos un enfoque de Flujo en "U" que es muy eficiente para plantas de tamaño mediano porque:

1. Centraliza la logística: La entrada de materia prima y la salida de producto terminado están en el mismo lado del edificio, facilitando el acceso de camiones y el control de inventario.
2. Facilita la supervisión: Permite una visión más compacta de toda la operación.
3. Separa ambientes: Mantiene las áreas "sucias" (recepción de campo) separadas de las áreas "limpias" (envasado y laboratorio), aunque estén cerca físicamente.

##### Consideraciones para el diseño de la planta

- Separación de Zonas: Clara distinción entre zona "sucia" (materia prima del campo, bagazo), zona "caliente" (caldera, destiladores) y zona "limpia" (laboratorio, filtrado, almacenamiento final).
- Flujo Unidireccional de Material: La lavanda no debe retroceder para evitar contaminación cruzada.
- Seguridad: La caldera y el taller de mantenimiento están aislados de la zona de proceso principal.

##### Descripción de las Áreas

#### **ZONA 1: Logística y Pre-tratamiento (Área "Sucia"/Húmeda)**

1. Recepción y Muelle de Carga: Entrada de camiones con flores frescas. Báscula de entrada.

2. Área de Oreado/Marchitamiento: Un espacio amplio, techado pero muy bien ventilado (posiblemente con paredes laterales abiertas o ventiladores industriales) donde la lavanda se extiende sobre catres o el suelo limpio para perder humedad antes de la destilación.

Procesar 1 tonelada diaria requiere un espacio considerable si se pretende realizar un oreo natural de 24 horas. Un apilado excesivo favorece fermentaciones que deterioran la calidad del aceite, por lo que es necesario extender los 1.000 kg de flor en “camas” o estanterías. Con una densidad de carga de 5 kg/m<sup>2</sup>, se requieren aproximadamente 200 m<sup>2</sup> netos solo de superficie de secado; al sumar pasillos para carretillas, zonas de maniobra y muelles, el área bruta fácilmente supera los 350 m<sup>2</sup>.

## **ZONA 2: Procesamiento Central (Área "Caliente")**

3. Nave de Destilación: El corazón de la planta. Aquí se ubican los alambiques (destiladores) y los condensadores. Debe tener techos altos para disipar calor y facilitar la carga/descarga con polipastos o grúas pequeñas.
4. Sala de Calderas (Servicios Auxiliares): Separada por pared cortafuegos de la nave principal. Esto es necesario por normativa de seguridad. Contiene la caldera generadora de vapor y el sistema de tratamiento de agua para la caldera. Tiene acceso exterior propio para mantenimiento y suministro de combustible.
5. Taller de Mantenimiento: Ubicado estratégicamente cerca de la sala de calderas y la nave de destilación para reparaciones rápidas. Contiene herramientas, repuestos básicos y banco de trabajo.

## **ZONA 3: Post-Procesamiento y Almacenamiento (Área "Limpia")**

6. Zona de Separación y Filtrado: Donde se ubican los vasos florentinos (decantadores). Es un área más limpia. Aquí se separa el aceite del hidrosol y se realiza el filtrado del aceite esencial.
7. Laboratorio de Control de Calidad (QC): Ubicado estratégicamente entre la recepción de materia prima y el almacenamiento final. Tiene acceso rápido a la nave de proceso para tomar muestras. Debe estar climatizado y libre de polvo.
8. Almacenamiento de Producto Terminado (Bodega): Sala climatizada (fresca y oscura). Tanques de acero inoxidable para el aceite y contenedores para el hidrosol.
  - Aceite: 1000 kg de lavanda producen aprox. 10-15 kg de aceite. Esto ocupa poco espacio.
  - Hidrolato: Se producen aprox. 1000 litros por día. En una semana de producción (5 días), acumulas 5000 litros. Necesitas espacio para almacenar múltiples contenedores IBC (GRG) de 1000L, que ocupan 1.2m x 1.2m de base cada uno, más espacio de maniobra para el montacargas.
9. Muelle de Expedición: Salida del producto final envasado o a granel.

## **ZONA 4: Administración y Servicios al Personal**

10. Oficinas Administrativas: Entrada principal de la planta. Oficinas para el Gerente, Administración y Jefe de Producción. Alejadas del ruido de la producción.
11. Vestuarios y Sanitarios: Actúan como "esclusa" sanitaria. El personal operativo entra por aquí, se cambia la ropa de calle por ropa de trabajo antes de ingresar a la planta.
12. Comedor/Office: Pequeña área de descanso para el personal.

## **ZONA EXTERNA**

13. Área de Compostaje: Ubicada lejos de la recepción y de la nave de proceso (por olores y plagas), donde se deposita el bagazo de lavanda agotado.

14. Sistema de Enfriamiento: Torre de enfriamiento o chiller, ubicado en el exterior, conectado a los condensadores.

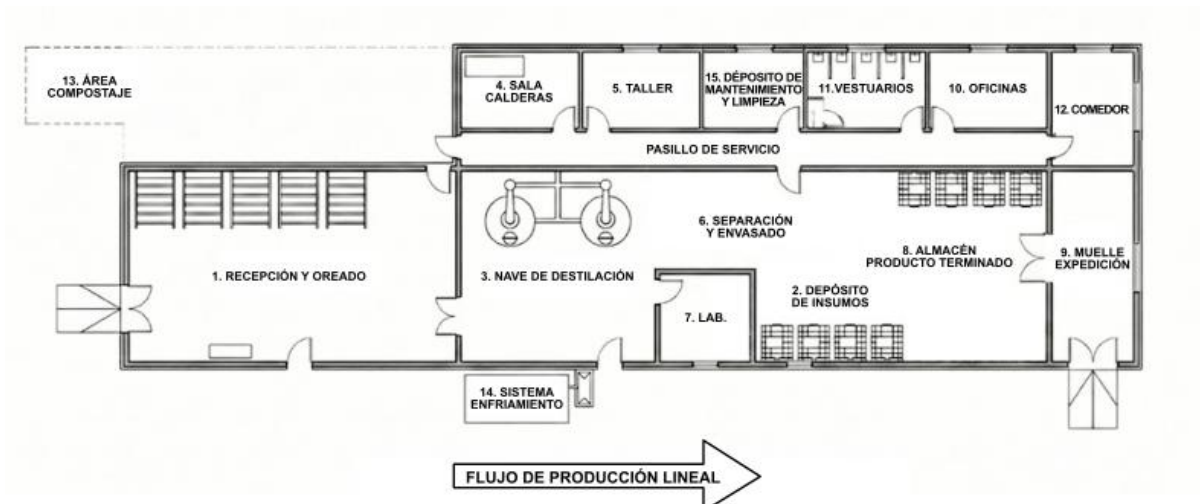


Figura 20 Layout .Elaboración propia.

| ZONA (Ref. Plano)                          | SECTOR / ÁREA             | DIMENSIONES SUGERIDAS (Largo x Ancho) | SUPERFICIE (m <sup>2</sup> ) | JUSTIFICACIÓN DEL AJUSTE                                                                   |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ALA IZQUIERDA (Entrada)</b>             |                           |                                       | <b>~380 m<sup>2</sup></b>    |                                                                                            |
| <b>1</b>                                   | <b>Recepción y Oreado</b> | <b>24m x 16m</b>                      | <b>384 m<sup>2</sup></b>     | Dimensionado para extender 1T de lavanda en racks y permitir circulación de maquinaria.    |
| <b>ALA INFERIOR (Proceso Caliente)</b>     |                           |                                       | <b>~280 m<sup>2</sup></b>    |                                                                                            |
| <b>3</b>                                   | Nave de Destilación       | 18m x 10m                             | 180 m <sup>2</sup>           | Espacio para 2 destiladores industriales grandes (ej. 1500L de vaso), altura de techo 7m+. |
| <b>4</b>                                   | Sala de Calderas          | 6m x 10m                              | 60 m <sup>2</sup>            | Caldera industrial de mayor capacidad y tratamiento de agua.                               |
| <b>5</b>                                   | Taller de Mantenimiento   | 4m x 10m                              | 40 m <sup>2</sup>            | Adyacente a calderas y destilación.                                                        |
| <b>ALA DERECHA (Proceso Limpio/Salida)</b> |                           |                                       | <b>~288 m<sup>2</sup></b>    |                                                                                            |

|                                   |                                              |                                          |                            |                                                                                             |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6                                 | Separación y Filtrado                        | 8m x 8m                                  | 64 m <sup>2</sup>          | Vasos florentinos de mayor caudal y zona de filtrado.                                       |
| 7                                 | Laboratorio QC                               | 4m x 8m                                  | 32 m <sup>2</sup>          | Control de calidad ubicado estratégicamente.                                                |
| 8                                 | <b>Almacén Producto Terminado</b>            | <b>14m x 12m</b>                         | <b>168 m<sup>2</sup></b>   | Ampliado para alojar múltiples IBCs de 1000L de hidrolato y tanques de aceite. Climatizado. |
| 9                                 | Muelle de Expedición                         | 14m x 6m                                 | 84 m <sup>2</sup>          | Zona de preparación de pedidos paletizados (hidrolato) y carga.                             |
| <b>ESPINA CENTRAL (Servicios)</b> |                                              |                                          | <b>~120 m<sup>2</sup></b>  |                                                                                             |
| <b>10, 11 y Pasillos</b>          | Oficinas, Vestuarios, Pasillo Limpio Central | 30m x 4m (aprox. lineal)                 | 120 m <sup>2</sup>         | El eje conector que separa áreas limpias y sucias, y filtra al personal.                    |
| <b>TOTAL SUPERFICIE CUBIERTA</b>  |                                              | <b>(Aprox. nave de 44m x 24m global)</b> | <b>~1068 m<sup>2</sup></b> | Se redondea por ajustes constructivos y paredes.                                            |
| <b>ÁREAS EXTERNAS</b>             |                                              |                                          | <b>~250 m<sup>2</sup></b>  |                                                                                             |
| 13                                | Área de Compostaje                           | 20m x 10m                                | 200 m <sup>2</sup>         | Debe gestionar 1000 kg diarios de residuo húmedo en rotación.                               |
| 14                                | Sistema de Enfriamiento                      | 5m x 10m                                 | 50 m <sup>2</sup>          | Base para torre de enfriamiento industrial potente.                                         |

*Tabla 9 Tabla de dimensiones y superficies ajustadas (1000 Kg/día). Elaboración propia.*

## 5.7 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

Para garantizar una operación fluida y un control de calidad riguroso, se propone una estructura organizativa ágil, adecuada para una planta de producción especializada. La estructura organizativa debe responder a la operatividad de una planta con picos estacionales de trabajo intensivo (cosecha) y actividad comercial anual.

### 5.7.1 ORGANIGRAMA

La estructura jerárquica propuesta busca optimizar la comunicación y la toma de decisiones, agrupando las funciones por especialidad:

- Gerencia General / Gerencia de Planta: Responsable último de la operación, finanzas y estrategia.

- Departamento de Producción: A cargo de la operación de los equipos de destilación, recepción de materia prima y manejo de residuos.
- Departamento de Control de Calidad: Responsable de analizar la materia prima, el aceite en proceso y el producto final (cromatografía de gases, análisis organolépticos).
- Departamento de Administración y Comercialización: Encargado de la logística, compras (insumos, materia prima), ventas y finanzas.

### 5.7.2 DISEÑO DE PUESTOS

El personal es un componente clave. Se definen los siguientes puestos críticos para la operación:

| Área       | Puesto                  | N° de Personas  | Turno               | Formación Requerida                                  | Funciones Principales                                                         |
|------------|-------------------------|-----------------|---------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Gerencia   | Gerente de Planta       | 1               | Diurno              | Ingeniería Química, Industrial o afín.               | Gestión integral, planificación, finanzas.                                    |
| Producción | Jefe de Producción      | 1               | Diurno              | Técnico Químico o Ingeniero.                         | Supervisar destilaciones, balance de materia, Mantenimiento.                  |
| Producción | Operario de Destilación | 2-4 (por turno) | Rotativo (en zafra) | Secundario técnico (deseable). Capacitación interna. | Carga y descarga de destiladores, control de vapor, operación de separadores. |
| Calidad    | Técnico de Calidad      | 1               | Diurno              | Técnico Químico, Lic. en Química.                    | Análisis de pureza (GC), densidad, índice de refracción, control de calidad.  |
| Admin.     | Auxiliar Administrativo | 1               | Diurno              | Administración.                                      | Logística, facturación, compras.                                              |

Tabla 1010 Puestos. Elaboración propia.

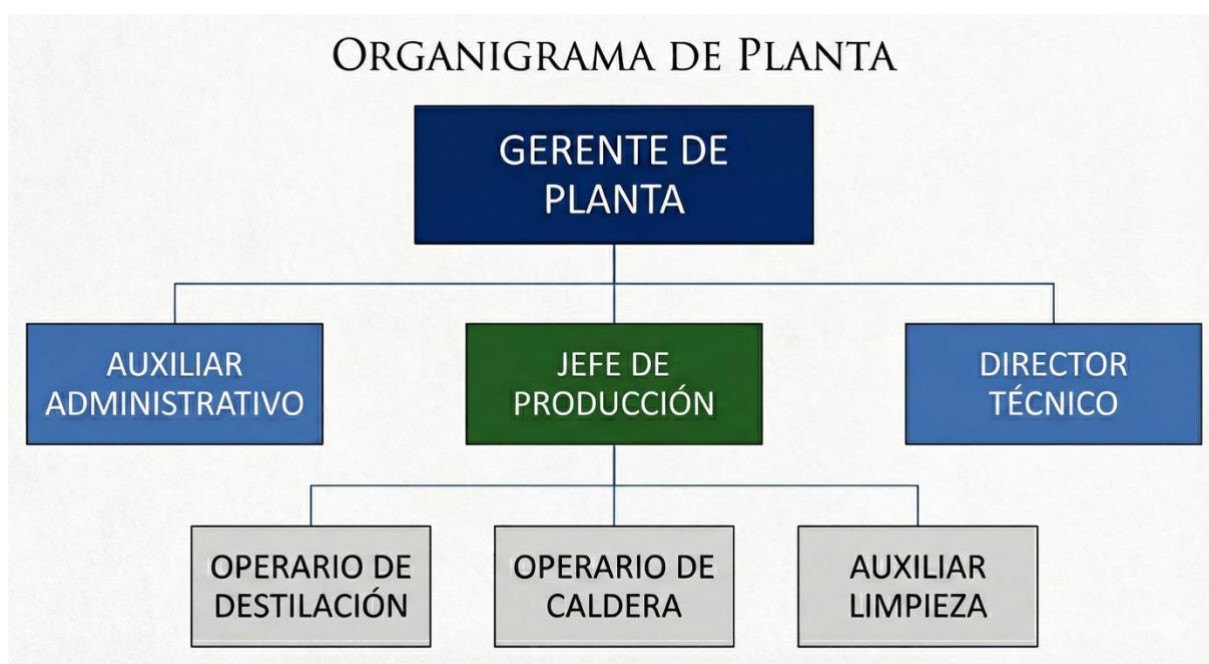


Figura 21 Organigrama de la empresa. Elaboración propia

## 5.8 CONCLUSIÓN

La ingeniería de proceso para la obtención de aceite esencial de lavanda se basa en la destilación por arrastre de vapor, una tecnología robusta y probada. El diseño exitoso de la planta depende de la correcta selección y dimensionamiento de la caldera, el destilador y el sistema de condensación-separación, así como del manejo adecuado de la materia prima (marchitamiento) y del producto final. El proceso genera, además del aceite, un subproducto valioso (hidrosol) y un residuo orgánico fácilmente gestionable (compost), alineándose con principios de economía circular.

Capacidad: La planta está dimensionada para procesar 1.000 kg de flor/día, obteniendo 14 kg de aceite esencial diario en temporada alta.

Equipamiento: El balance de masa y energía confirma la idoneidad de una Caldera de 500 kg/h y un Destilador de 1.500 L, equipos seleccionados en el capítulo tecnológico.

Diseño: El Layout propuesto cumple con la unidireccionalidad de flujo y zonificación higiénica exigida por ANMAT, asegurando la factibilidad de la habilitación sanitaria futura.

## CAPÍTULO 6

### 6 ASPECTOS AMBIENTALES

#### 6.1 INTRODUCCIÓN

Se define como impacto ambiental a toda acción que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de sus componentes [66]. El análisis de los efectos del proyecto sobre los factores socioeconómicos y ambientales se realiza mediante una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Este estudio preliminar identificará los posibles impactos en las etapas de construcción, operación y abandono del proyecto en San Rafael, Mendoza, y propondrá medidas de gestión para minimizar o mitigar los efectos negativos. En la provincia de Mendoza, la Evaluación de Impacto Ambiental se rige por la Ley 5961 y su Decreto Reglamentario 820/06, que establecen la categorización de proyectos industriales según su magnitud e impacto esperado. El proceso de extracción de aceites esenciales mediante destilación se considera una actividad de bajo impacto ambiental (Categoría III), por lo que habitualmente requiere la presentación de una Declaración Jurada Ambiental más que un Estudio de Impacto Ambiental completo. No obstante, este proyecto incorpora de forma preventiva una evaluación más exhaustiva, alineada con buenas prácticas de gestión ambiental.

#### 6.2 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

##### 6.2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL RELATIVA AL PROYECTO

La principal problemática ambiental del proyecto de extracción de aceite esencial de lavanda se centra en la gestión eficiente de la biomasa vegetal residual (flores y tallos agotados).

A diferencia de otros residuos agroindustriales, la biomasa de lavanda se clasifica como un residuo no peligroso [67]. Sin embargo, su alto volumen y posterior degradación deben ser controlados para evitar la acumulación e impacto negativo en el Parque Industrial (Zona Cuadro Nacional). El proyecto aborda esta problemática mediante la valorización integral de la materia prima, lo que reduce drásticamente el volumen de residuos a disposición final.

##### 6.2.2 USO DE LA BIOMASA RESIDUAL DE LAVANDA

La biomasa vegetal agotada después de la extracción del aceite esencial por arrastre de vapor constituye el principal subproducto. El proyecto propone su valorización total a través de dos vías principales:

- **Abono Orgánico / Compostaje:** La biomasa puede ser incorporada en sistemas de compostaje o utilizada directamente como *mulch* en las plantaciones de lavanda cercanas en San Rafael, devolviendo materia orgánica y nutrientes al suelo, mejorando su estructura y fertilidad.
- **Bioenergía:** Los tallos leñosos de la lavanda poseen un poder calorífico considerable [19]; permitiendo su uso como combustible sólido en la caldera generadora de vapor. Esto promueve un ciclo energético cerrado y sustentable, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles (Gas Natural) del Parque Industrial.

#### 6.3 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

Los flujos generados se clasifican de la siguiente manera:

Subproducto Valioso

- **Hidrolato Post-Decantación (Agua de Lavanda):** Es el subproducto acuoso resultante de la destilación por arrastre de vapor. Posee valor comercial potencial (cosmética, aromaterapia), pero su explotación y comercialización quedan fuera del alcance del presente proyecto. Para su gestión, el hidrolato se almacenará temporalmente en tanques segregados para su posterior análisis o uso interno (ej., limpieza de equipos de destilación), evitando su vertido inmediato al sistema cloacal.

Residuos Líquidos

- Efluentes de Limpieza y Sanitarios: Agua utilizada para la limpieza de la planta y residuos cloacales de oficinas.
- Aguas de Regeneración: El agua de descarte del equipo ablandador de agua, la cual contiene una concentración de sales (sodio/calcio) y es el principal efluente líquido a controlar.

#### Residuos Sólidos

- Biomasa Agotada: Flores y tallos post-extracción (clasificado como residuo no peligroso, destinado a valorización).
- Domésticos y de Oficina: Residuos del área administrativa.
- Residuos de Taller: Materiales de mantenimiento y envases.

#### Emisiones Gaseosas

- Gases de combustión de la caldera
- Vapor de Agua emitido en el proceso de extracción, que no presenta características peligrosas.

### **6.4 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN**

La prevención de la contaminación se implementará a través de buenas prácticas operacionales y el principio de las 3 R (Reducción, Reuso y Reciclaje), aplicado de forma sistemática en las distintas fases del proyecto.

#### **6.4.1 ACTIVIDADES DEL PROYECTO EN SUS DISTINTAS FASES**

Fase de Construcción e Instalación:

- Mitigación: Control de ruido y polvo; gestión segregada de residuos inertes de obra (ej. escombros).

Fase de Operación:

- Impacto Positivo: Valorización total de la biomasa residual.
- Mitigación de Riesgos: Mantenimiento preventivo para evitar fugas y fallas en los equipos de procesamiento.

Fase de Mantenimiento y Abandono:

- Mitigación: Recuperación y reciclaje de los equipos de vidrio borosilicato y acero inoxidable (Extractor) para reuso o descarte responsable.

##### **6.4.1.1 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL GALPÓN E INSTALACIONES**

Esta etapa incluye el acondicionamiento del terreno y la construcción del galpón industrial en la Zona Cuadro Nacional de San Rafael.

- Estudio y Diseño de Equipos: Se enfoca en el uso de materiales de bajo impacto, como el vidrio borosilicato y el acero inoxidable para los extractores, minimizando el riesgo de corrosión y toxicidad en el producto final. Además, estos materiales no generan lixiviados ni residuos peligrosos durante su vida útil, lo que contribuye a que el impacto ambiental de la instalación sea mínimo y fácilmente controlable.
- Acondicionamiento del Terreno: Las labores preliminares generarán polvo y residuos inertes (escombros). Las medidas de mitigación incluyen el riego de suelos durante los movimientos de tierra y la disposición controlada de escombros en vertederos autorizados.

##### **6.4.1.2 ETAPA DE INSTALACIÓN Y PUESTA A PUNTO**

- Instalación de Servicios: Se realizará la conexión a las redes de Gas Natural y electricidad industrial del Parque Industrial, lo cual es ventajoso para una operación limpia en comparación con el uso de GLP o combustibles sólidos.

- Prueba de Estanqueidad: Se prueba la estanqueidad de las tuberías y equipos para evitar fugas de agua o vapor, lo cual es crítico para el control de inventario y la seguridad operativa.
- Capacitación de Personal: Se capacitará a los operarios sobre los procedimientos de seguridad e higiene y el manejo correcto de los equipos de extracción.

#### **6.4.1.3 ETAPA DE MANTENIMIENTO Y RECUPERACIÓN DE LOS EQUIPOS USADOS**

- Mantenimiento Preventivo: Se establecerán programas de mantenimiento preventivo y predictivo, especialmente para la caldera y el ablandador de agua, para evitar fallas que generen paradas de producción o efluentes por descarte de agua mal tratada.
- Recuperación de Materiales: Al final de la vida útil, los equipos se desarmarán. Los materiales, como el acero inoxidable de los reactores y el vidrio borosilicato, son totalmente reciclables, reduciendo el impacto de los residuos finales.

#### **6.4.1.4 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN**

Se detalla el tratamiento de los efluentes sólidos y líquidos generados durante la operación.

- Gestión de Subproductos (Hidrolato): El hidrolato se gestiona mediante almacenamiento temporal en tanques para conservar su potencial valor comercial o para ser reusado en el proceso (ej., pre-hidratación de la biomasa). No se considera vertido residual.
- Residuos Líquidos (Efluentes a Vertido): Los efluentes residuales (principalmente agua de regeneración del ablandador) deben someterse a un ajuste de pH (Neutralización) para cumplir con el rango exigido por la autoridad sanitaria y ambiental de Mendoza, el Departamento General de Irrigación (DGI). El rango de pH para vertido a cauces o al sistema cloacal debe estar típicamente entre 6.5 y 8.5 [68]
- Residuos Sólidos (Biomasa): La biomasa vegetal agotada será clasificada y destinada a su valorización (compostaje o bioenergía) según lo detallado en 6.2.2, evitando su disposición final como residuo inútil.

#### **6.4.1.5 TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS**

- Ajuste de pH (Neutralización): Los efluentes líquidos que serán vertidos (agua de regeneración, limpieza) deben ser tratados con una solución alcalina (ej., NaOH) para alcanzar el rango neutro de 6.5 a 8.5, tal como lo exige el Departamento General de Irrigación (DGI) de Mendoza. [68]
- Reuso Operacional: Se implementará el reuso de parte del agua blanda en el ciclo de vapor y se gestionará el almacenamiento del hidrolato para su potencial reuso o futura comercialización, disminuyendo así el volumen de vertido total.

#### **6.4.1.6 TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

El tratamiento de desechos sólidos se enfoca en la Valorización de la biomasa de lavanda.

- Clasificación y Valorización de Biomasa: Los desechos sólidos serán clasificados. La biomasa agotada será destinada a compostaje o como combustible de biomasa, evitando que se convierta en un residuo que deba ser almacenado o vertido. [69]
- Residuos Domésticos: Los residuos no peligrosos (domésticos y de oficinas) serán clasificados y entregados al sistema de recolección de basura urbana de San Rafael para su disposición en un vertedero de residuos urbanos.

#### **6.4.1.7 COSTOS DE RESIDUOS GENERADOS**

El costo de la gestión de residuos se considera bajo debido a la estrategia de valorización.

- Costo de Biomasa (Flores Agotadas): Se asume que el costo es cero o negativo (ingreso por venta como biocombustible/compost), ya que la biomasa se valoriza y no se paga por su disposición final.

- Costo de Residuos Domésticos: Los residuos generados por el personal serán depositados en contenedores de 1100L de capacidad [70]. Estos costos se limitan al pago de las tasas de servicios municipales por recolección de residuos sólidos urbanos y cloacas, ya incluidos en los costos fijos del Parque Industrial.
- Costo de Tratamiento Líquido: Incluye el costo del insumo alcalino para el ajuste de pH, considerado un costo variable menor debido al bajo volumen de efluentes residuales que requieren neutralización.

## 6.5 LISTA DE CHEQUEO

Para determinar el alcance de la Evaluación de Impacto Ambiental, se utilizará una lista de chequeo que categoriza los factores afectados.

### I. Características del Proyecto (Fases de Construcción y Operación)

| Preguntas sobre las Actividades del Proyecto                                      | Sí | No | Justificación (Impacto Específico del Proyecto)                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fase de Construcción / Instalación</b>                                         |    |    |                                                                                                                                              |
| ¿Conlleva la construcción de nueva infraestructura (galpón, fundaciones)?         | X  |    | Necesario para albergar la planta de procesamiento en el Parque Industrial.                                                                  |
| ¿Labores de eliminación de vegetación o suelos?                                   | X  |    | Implica movimientos de tierra para la nivelación y replanteo del terreno.                                                                    |
| ¿Se instalarán nuevos servicios esenciales (conexión a Gas Natural industrial)?   | X  |    | El Gas Natural es crítico para la caldera (generación de vapor).                                                                             |
| <b>Fase de Operación (Extracción y Procesamiento)</b>                             |    |    |                                                                                                                                              |
| ¿El proceso generará un residuo sólido no peligroso (biomasa vegetal agotada)?    | X  |    | Generación de flores y tallos agotados post-extracción.                                                                                      |
| ¿Se consumirá un recurso natural no renovable o escaso (agua para caldera/vapor)? | X  |    | Uso continuo de agua blanda para la operación (se mitiga con reuso).                                                                         |
| ¿Se utilizará o almacenará sustancias que requieran control de pH?                | X  |    | Se almacenarán soluciones alcalinas (ej. NaOH) para el ajuste de pH de los efluentes líquidos.                                               |
| ¿Se emitirán contaminantes a la atmósfera (gases de combustión de caldera)?       | X  |    | Emisiones controladas debido al uso de Gas Natural y al tamaño pequeño del equipo.                                                           |
| ¿Se consumirá un recurso natural no renovable o escaso (agua para caldera/vapor)? | X  |    | Uso continuo de agua blanda para la operación. Se mitiga con reuso interno de agua y la segregación del hidrolato (subproducto no residual). |

|                                                                                   |   |                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Se producirán efluentes líquidos que requieran tratamiento o control de vertido? | X | El agua de regeneración del ablandador y los efluentes de limpieza deben cumplir la normativa provincial de vertido (pH 6.5 - 8.5), controlada por el DGI. El hidrolato se gestiona por separado como subproducto. |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Tabla 11 11Lista de chequeo para la Evaluación preliminar de Impactos Ambientales I. Elaboración propia.

## II. Características del Ambiente Afectado (San Rafael, Mendoza)

| Características del Ambiente Afectado por el Proyecto                                           | Sí | No | Justificación / Impacto en el Entorno                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Existe río u otra masa de agua superficial cercana?                                            | X  |    | Cercanía a los ríos Atuel y Diamante (fuente de agua de riego).                                                       |
| ¿Está el proyecto en una zona sin urbanizar o agrícola (adyacente)?                             | X  |    | El Parque Industrial colinda con zonas de cultivo de aromáticas en San Rafael.                                        |
| ¿Existe un área densamente poblada o urbanizada que pueda verse afectada (por ruido, tránsito)? | X  |    | Debe considerarse la cercanía del Parque Industrial a zonas residenciales (impacto bajo debido a la zona industrial). |
| ¿Existe en el entorno alguna previsión sobre futuros usos del suelo que puedan ser afectados?   |    | X  | El uso es industrial, acorde con la zonificación del Parque Industrial (Zona Cuadro Nacional).                        |
| ¿Es probable que el proyecto afecte a la salud humana o al bienestar de la comunidad?           |    | X  | El impacto es predominantemente positivo (generación de empleo, uso de tecnología limpia).                            |

Tabla12 12Lista de chequeo para la Evaluación preliminar de Impactos Ambientales II. Elaboración propia.

El análisis preliminar indica que el impacto ocasionado al medio ambiente es de carácter positivo. Las mayores ventajas se deben a la valorización total de la materia prima y la generación de empleo.

## 6.6 CONCLUSIÓN

Se concluye que el proyecto posee impactos significativos en el medio ambiente de carácter positivo, cumpliendo uno de sus objetivos principales. Los impactos negativos son pequeños y mitigables (ajuste de pH de efluentes líquidos, gestión de residuos sólidos) y están contemplados dentro de la planificación del proyecto, el cual resulta compatible con el entorno industrial controlado de San Rafael. Dada la ubicación del proyecto en la provincia de Mendoza, una zona sísmica activa según CIRSOC 103, la infraestructura incorpora criterios de diseño sismorresistente en sus fundaciones y estructura metálica, lo cual asegura la integridad de los equipos y minimiza cualquier riesgo asociado a fenómenos naturales.

## CAPÍTULO 7

### 7 ASPECTOS JURÍDICOS

#### 7.1 INTRODUCCIÓN

La viabilidad de cualquier proyecto de inversión no solo depende de su rentabilidad económica o factibilidad técnica, sino también de su estricto cumplimiento del ordenamiento jurídico vigente. Este marco legal regula la acción del proyecto en todas sus etapas: constitución, implementación, operación y eventual cese. Un análisis jurídico exhaustivo es fundamental para prevenir contingencias, sanciones y barreras de entrada al mercado [9]. En este capítulo se definirán en detalle los aspectos societarios, la clasificación legal de la empresa y, fundamentalmente, el complejo marco normativo que regirá la habilitación de la planta, producción y comercialización de aceite esencial de lavanda en la provincia de Mendoza.

#### 7.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA: RAZÓN SOCIAL Y FUNCIONES

Se propone la constitución de una Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.) bajo la razón social "AETHERIA LAVANTIS S.R.L.". La elección de la S.R.L. se fundamenta en su idoneidad para proyectos PYME con una estructura de socios reducida. Su principal ventaja jurídica radica en que la responsabilidad de los socios se limita estrictamente a la integración de las cuotas que suscriban o adquieran, tal como lo establece el Art. 146 de la Ley General de Sociedades N° 19.550 [71]. Esto protege el patrimonio personal de los socios ante eventuales pasivos de la sociedad, ofreciendo un equilibrio óptimo entre simplicidad administrativa (menores requisitos de sindicatura que una S.A.) y protección patrimonial.

Objeto Social: La función principal será la *"Producción, extracción por destilación, fraccionamiento, envase y comercialización de aceites esenciales y subproductos (hidrolatos) derivados de especies aromáticas, para su uso como insumo industrial, cosmético y de aromaterapia"*.

#### 7.3 CONSTITUCIÓN LEGAL

La empresa se constituirá legalmente siguiendo los lineamientos de la Ley General de Sociedades N° 19.550 [71]. El proceso formal de constitución implica una serie de pasos secuenciales:

1. Contrato Social: Se redactará el contrato social, que debe ser otorgado por instrumento público (escritura pública) o instrumento privado con firma certificada por escribano. Deberá incluir (Ley N° 19.550, 1984, Art. 11):
  - Datos de los socios.
  - Razón social, domicilio y sede social.
  - Designación de su objeto (claro y preciso).
  - Capital social (con suscripción e integración de aportes).
  - Plazo de duración.
  - Organización de la administración (gerencia) y fiscalización.
  - Reglas para la distribución de utilidades y soporte de pérdidas.
2. Publicación de Edictos: Se deberá publicar un aviso por un día en el Boletín Oficial de la provincia de Mendoza. Este edicto informa a terceros sobre la constitución de la sociedad, su razón social, objeto y capital.
3. Inscripción Registral: El contrato social y la constancia de publicación de edictos se presentarán para su inscripción en la Dirección de Personas Jurídicas (DPJ) de Mendoza (organismo provincial que reemplaza al Registro Público de Comercio para sociedades). La DPJ fiscaliza el cumplimiento de la ley y otorga la personería jurídica definitiva.
4. Alta Fiscal: Obtención de la Clave Única de Identificación Tributaria (CUIT) ante AFIP e inscripción en Ingresos Brutos ante la Administración Tributaria Mendoza (ATM).
5. Rúbrica de Libros Societarios: Habilitación de los libros contables y societarios obligatorios (Diario, Inventario y Balances, Actas de Gerencia y Asambleas).

### 7.4 CLASIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Para determinar el encuadre tributario y el acceso a beneficios de fomento, se clasifica la empresa según los parámetros de la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo (Resolución 50/2024) [72].

| Categoría       | Ventas Totales Anuales (Pesos) | Personal Ocupado |
|-----------------|--------------------------------|------------------|
| Micro           | \$ 283.650.000                 | 15               |
| Pequeña         | \$ 1.905.790.000               | 60               |
| Mediana Tramo 1 | \$ 10.999.630.000              | 235              |
| Mediana Tramo 2 | \$ 16.592.740.000              | 655              |

Tabla 1313 Límites de Clasificación PYME- Sector "Industria" (Valores 2024). Elaborado en base a Resolución SEPYME 50/2024 [72]

Conclusión: Considerando el volumen de facturación proyectado en la evaluación económica (Capítulo 9) y la nómina de personal (Capítulo 5), "AETHERIA LAVANTIS S.R.L." clasifica como Microempresa del sector Industria.

### 7.5 MARCO LEGAL

La operación industrial y comercial estará regida por una estructura piramidal de normas nacionales y provinciales.

#### 7.5.1 LEGISLACIÓN NACIONAL

- Regulación Sanitaria (ANMAT- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica). Al tratarse de un producto con destino cosmético/aromaterapia, la planta queda bajo la órbita de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica.
  - Resolución 155/98: Marco regulatorio para productos cosméticos y de higiene personal [2].
  - Disposición ANMAT N° 1112/2013: Establece las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF). El cumplimiento de esta norma es condición *sine qua non* para la habilitación del establecimiento. Exige áreas limpias, flujos unidireccionales, control de calidad de agua y trazabilidad de lotes [3]. Además del cumplimiento de las BPF, la empresa deberá inscribirse como establecimiento elaborador ante ANMAT y gestionar el correspondiente registro de los productos cosméticos que contengan aceite esencial de lavanda como ingrediente, lo cual implica la presentación de fichas técnicas, rotulado y estudios de seguridad según la normativa vigente.
  - Dirección Técnica: Es obligatorio contar con un Director Técnico (Farmacéutico o Químico según alcance del título) responsable de la calidad (Res. GMC 26/01).
- Seguridad e Higiene Industrial
  - Ley N° 19.587 y Decreto 351/79: Regulan las condiciones de seguridad. Para este proyecto, es crítico el cumplimiento del Capítulo 16 (Aparatos sometidos a presión) debido al uso de la caldera de vapor, exigiendo la prueba hidráulica anual y la habilitación del foguista [73], [74].
  - Ley N° 24.557 (Riesgos del Trabajo): Obligación de contratar ART y realizar los exámenes preocupacionales y periódicos al personal expuesto a riesgos (ej. carga

térmica por el destilador, ruido por calderas) [75]. En este tipo de planta, los principales riesgos identificados incluyen la exposición a calor y vapor en la zona de destilación, la manipulación de equipos sometidos a presión (caldera y líneas de vapor), el contacto ocasional con aceites esenciales concentrados y con agentes químicos de limpieza, por lo que deberán implementarse programas específicos de Elementos de Protección Personal (EPP), capacitación y procedimientos escritos de trabajo seguro.

### 3. Legislación Ambiental y Residuos

- Ley N° 25.675 (General del Ambiente): Presupuestos mínimos de gestión sustentable.
- Ley N° 24.051 (Residuos Peligrosos): Aplica a la gestión de aceites usados de mantenimiento, envases de químicos de limpieza, etc. La empresa deberá inscribirse como "Generador de Residuos Peligrosos" [67].

### 4. Encuadre Laboral

- Convenio Colectivo de Trabajo N° 77/89: Se encuadra al personal bajo el convenio de la Industria Química y Petroquímica. Este CCT regula las categorías específicas para operadores de planta química, técnicos de laboratorio y personal de mantenimiento, diferenciándose del CCT de Alimentación utilizado en proyectos de jugos [76].

## 7.5.2 LEGISLACIÓN PROVINCIAL (MENDOZA)

La localización en Mendoza impone normativas específicas, particularmente rigurosas en el cuidado del recurso hídrico.

### 1. Ambiental

- Ley N° 5.961 (Preservación del Medio Ambiente): Exige la presentación de un Aviso de Proyecto o una Manifestación General de Impacto Ambiental (MGIA) ante la Dirección de Protección Ambiental (DPA) provincial antes del inicio de obras. La obtención de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), emitida por la DPA tras la evaluación de la MGIA, es requisito previo a la habilitación municipal [77].
- Ley N° 5.917: Adhesión provincial al régimen de Residuos Peligrosos. Designa a la DPA como autoridad de aplicación y control del manifiesto de transporte y disposición final [78].

### 2. Recurso Hídrico (Departamento General de Irrigación - DGI)

Dado que el proceso de destilación consume agua para generación de vapor y refrigeración, se debe cumplir con:

- Ley General de Aguas (1884) y Ley N° 6.045: Regulan el uso del dominio público hídrico. Se debe tramitar el "Permiso de Uso Industrial" para la captación de agua (pozo o red superficial) [79].
- Resolución 778/96 (DGI): Regula el Vuelco de Efluentes Industriales. El agua de purga de la caldera y del sistema de enfriamiento debe cumplir parámetros físicos (temperatura < 40°C, pH 6.5-8.5) antes de ser vertida a cauces o colectores, exigiendo un sistema de tratamiento o enfriamiento previo si fuera necesario.

### 3. Municipal

- Habilitación Comercial e Industrial: Trámite ante la municipalidad de San Rafael, que verifica la zonificación (uso del suelo apto para industria), seguridad edilicia (aprobación de Bomberos) y pago de tasas (Ley Orgánica de Municipalidades N° 1079) [80].

## 7.6 CONCLUSIÓN

El proyecto se enmarca legalmente como una Microempresa industrial bajo la figura de "AETHERIA LAVANTIS S.R.L". Su principal desafío regulatorio no es solo la constitución societaria, sino la habilitación del establecimiento ante múltiples organismos.

El desafío más complejo será cumplir con las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) exigidas por ANMAT para productos cosméticos, lo cual requiere una inversión específica en diseño de planta y la contratación obligatoria de un Director Técnico. Simultáneamente, deberá gestionar rigurosamente el cumplimiento de la Ley de Higiene y Seguridad (especialmente por el uso de calderas) y obtener la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) —previa presentación de la Manifestación General de Impacto Ambiental (MGIA)— y los permisos de uso de agua del DGI en Mendoza. El marco laboral estará regido por el CCT de la Industria Química (77/89). En conjunto, el diseño de la planta (Capítulo 5) y la estrategia de gestión ambiental (Capítulo 6) se han concebido precisamente para cumplir con este entramado normativo, reduciendo el riesgo de observaciones regulatorias y facilitando la futura habilitación integral del establecimiento.

## CAPÍTULO 8

### 8 ASPECTOS NORMATIVOS

#### 8.1 INTRODUCCIÓN

Mientras que el Capítulo 7 (Aspectos Jurídicos) se centró en el marco legal y las obligaciones para la constitución y habilitación de la empresa, este capítulo se enfoca en los Aspectos Normativos y de Calidad. Estos estándares definen las especificaciones técnicas, de seguridad y de gestión que el producto y los procesos deben cumplir para ser competitivos y aceptados en el mercado [81]. Para un producto como el aceite esencial de lavanda, cuyo destino es el uso cosmético, aromaterapéutico o farmacéutico, la adhesión a normativas de calidad no es una opción, sino un requisito de barrera de entrada. En este capítulo se analizarán las normas internacionales (ISO), nacionales (IRAM) y especificaciones de referencia (Farmacopea) aplicables al proceso de AETHERIA LAVANTIS S.R.L.

#### 8.2 DIFERENCIACIÓN DE NORMATIVAS: OBLIGATORIAS VS. VOLUNTARIAS

Es crucial diferenciar la jerarquía normativa que aplica a este proyecto:

1. Normativa Obligatoria (Habilitación): Son requisitos legales. Como se detalló en el Capítulo 7, las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) dispuestas por ANMAT (Disposición 1112/2013) son el estándar mandatorio que la empresa debe cumplir para obtener la habilitación sanitaria del establecimiento. Sin esto, no se puede operar legalmente.
2. Normativas de Especificación (Calidad de Producto): Son documentos técnicos (normas IRAM o monografías de Farmacopea) que definen los parámetros físico-químicos (densidad, índice de refracción, perfil cromatográfico) que el aceite debe cumplir para ser considerado "puro" y de "calidad comercial".
3. Normativas Voluntarias (Gestión Estratégica): Estándares internacionales (familia ISO) que la empresa decide certificar para sistematizar su gestión, reducir costos de no-calidad y acceder a mercados de exportación.

#### 8.3 NORMAS ISO (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN)

La adopción de un sistema de gestión basado en normas ISO es una decisión estratégica para diferenciar a la empresa en un mercado competitivo.

##### 8.3.1 ISO 22716:2007 - COSMÉTICOS: BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)

Esta es la norma técnica más crítica para el proyecto. Es el estándar internacional específico para la industria cosmética. La regulación argentina (ANMAT) ha armonizado su normativa con esta norma ISO [82]. Si bien la certificación ISO 22716 no es obligatoria en Argentina, ANMAT utiliza esta norma como referencia técnica para auditar el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Fabricación. Por ello, el diseño de planta, los flujos de materiales, las áreas limpias y los procedimientos de higiene deben ser compatibles con los criterios de ISO 22716 para evitar observaciones durante la habilitación sanitaria.

A diferencia de ISO 9001 (gestión), ISO 22716 se enfoca en la operación física de la planta. Sus directrices impactan directamente en el diseño de ingeniería:

- Flujo de Materiales y Personal: Exige diseños de planta que eviten la contaminación cruzada (ej. separación física entre la zona "sucia" de descarga de biomasa agotada y la zona "limpia" de envasado de aceite).
- Equipos: Requiere que los equipos en contacto con el producto (destilador, vaso florentino) sean de diseño sanitario, drenables y de fácil limpieza.
- Agua de Proceso: Establece requisitos estrictos para la calidad del agua utilizada, lo que justifica la inversión en el sistema de ablandamiento y tratamiento descrito en el Capítulo 4.

### 8.3.2 ISO 9001:2015 - SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Se centra en la capacidad de la empresa para proveer productos que satisfagan los requisitos del cliente de forma consistente [83].

Implementar un SGC bajo esta norma permitiría a la empresa:

- Estandarización: Crear Procedimientos Operativos Estandarizados (POEs) para la destilación (ej. curva de temperatura, tiempo de residencia), reduciendo la variabilidad entre lotes.
- Trazabilidad: Implementar un sistema documental que vincule cada botella de aceite vendida con el lote de flor de lavanda cosechada y las condiciones de proceso de ese día.

### 8.3.3 ISO 14001:2015 - SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Dada la localización del proyecto en Mendoza, una zona con crisis hídrica estructural, la gestión ambiental es un pilar de sostenibilidad [84]. Estas prácticas se articulan directamente con las estrategias de mitigación y valorización de residuos desarrolladas en el Capítulo 6, permitiendo que el sistema de gestión ambiental ISO 14001 se implemente sobre una base ya compatible con la normativa provincial (Ley 5961 y resoluciones del DGI).

- Recurso Hídrico: Gestionar el ciclo del agua de enfriamiento (circuito cerrado con chiller) para minimizar el consumo de agua de pozo/red.
- Residuos: Formalizar la gestión del bagazo de lavanda (residuo sólido orgánico) para su compostaje y revalorización agrícola, transformando un pasivo ambiental en un abono orgánico.

## 8.4 NORMAS IRAM (INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN)

IRAM es el organismo nacional de normalización. Su rol es adaptar normas internacionales (ISO) y crear normas nacionales específicas (IRAM-SAIPA para productos agropecuarios). Para este proyecto, las normas IRAM no son para certificar la planta, sino para definir la calidad del producto en el laboratorio. Estas normas no son de cumplimiento obligatorio a nivel regulatorio, pero funcionan como estándares técnicos de referencia para el control de calidad. Su adopción es habitual en laboratorios cosméticos y aromaterapéuticos porque armonizan con la práctica internacional y proporcionan criterios reproducibles para la evaluación del aceite esencial.

- IRAM-SAIPA 18503: Aceites Esenciales - Aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia* Miller).
- IRAM-SAIPA 18536: Aceites Esenciales - Aceite esencial de lavandín (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.).

Estas normas serán la guía del Director Técnico para el control de calidad.

Establecen los rangos de aceptación para:

Propiedades Físicas: Densidad relativa (20°C), Índice de refracción, Rotación óptica.

Perfil Cromatográfico (GC-MS): Definen los porcentajes mínimos y máximos de los componentes marcadores (Linalol y Acetato de Linalilo) y los límites de impurezas (ej. Alcanfor, que debe ser bajo en una lavanda de alta calidad) [4].

## 8.5 OTRAS NORMATIVAS RELEVANTES

### 8.5.1 FARMACOPEA ARGENTINA (FA)

La Farmacopea Nacional Argentina (7ma Edición) es el código oficial de calidad para productos farmacéuticos. Es una norma de rango superior para productos de grado medicinal [85].

- Monografía "Aceite de Espliego": Establece los criterios de pureza más estrictos. Cumplir con esta monografía permitiría a AETHERIA LAVANTIS S.R.L. vender su aceite esencial no solo como insumo cosmético, sino como materia prima para la

industria farmacéutica (ej. productos para quemaduras o relajantes), accediendo a un nicho de mercado de mayor valor agregado. La monografía de la Farmacopea posee mayor jerarquía técnica que las normas IRAM-SAIPA, ya que establece criterios de pureza y límites analíticos diseñados para aplicaciones medicinales. En consecuencia, su cumplimiento implica controles más estrictos de cromatografía de gases, composición química y ausencia de contaminantes, lo que la convierte en el estándar de referencia para productos de uso terapéutico.

## **8.6 CONCLUSIÓN**

El análisis del marco normativo revela un ecosistema de tres niveles que estructuran la ingeniería y gestión de AETHERIA LAVANTIS S.R.L.:

- Nivel de Habilitación (Obligatorio): El cumplimiento de las BPF de ANMAT (Disposición 1112/2013) es la condición indispensable para operar. La inversión inicial en infraestructura y equipos sanitarios (Cap. 4 y 5) está dictada por esta norma.
- Nivel de Producto (Técnico): Las normas IRAM-SAIPA y la Farmacopea Argentina definen las especificaciones técnicas de calidad. El laboratorio de control de calidad de la empresa deberá equiparse y operar para validar que cada lote cumpla estos parámetros antes de su liberación al mercado.
- Nivel de Gestión (Estratégico): Las certificaciones ISO 9001 y 14001 se plantean como objetivos de mediano plazo (fase de operación) para optimizar procesos y mejorar el posicionamiento de la marca en mercados exigentes.

Este alineamiento progresivo entre normativas obligatorias, especificaciones técnicas y certificaciones voluntarias permite que el proyecto sea escalable sin generar incompatibilidades regulatorias futuras.

## CAPÍTULO 12

### 12 CONCLUSIÓN

La realización del presente Proyecto Integrador ha permitido demostrar la viabilidad integral (técnico-económica y ambiental) de la empresa "AETHERIA LAVANTIS S.R.L." para la producción de aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia*) en el Parque Industrial de San Rafael, Mendoza demostrando la aplicación integral de los conocimientos de la carrera de ingeniería química.

Desde la perspectiva técnica, la selección de la destilación por arrastre de vapor, dimensionada para procesar 1.000 kg/día, resulta la tecnología más eficiente para equilibrar calidad de producto y costos de inversión además de que garantiza el cumplimiento de la norma internacional ISO 3515, requisito indispensable para un producto premium destinado a la industria cosmética y de aromaterapia. La ingeniería de detalle y el layout propuesto aseguran el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) exigidas por ANMAT, asegurando la calidad sanitaria del producto final.

Desde la óptica económica, la inversión inicial se encuentra justificada por la rentabilidad proyectada a diez años. Los indicadores de la Evaluación Económica resultaron positivos, con un Valor Actual Neto (VAN) considerable y una Tasa Interna de Retorno (TIR) superior al costo de capital, confirmando la viabilidad financiera del proyecto. El análisis de sensibilidad corrobora la robustez del modelo, demostrando que el proyecto es capaz de absorber variaciones negativas significativas en el precio de venta o aumentos en los costos de materia prima sin caer en la inviabilidad.

Finalmente, el análisis ambiental y legal confirma que el proyecto se inserta armónicamente en el ecosistema productivo de Mendoza demostrando un claro compromiso con la sostenibilidad al proponer la valorización total de la biomasa residual mediante compostaje, minimizando el impacto ambiental.

En síntesis, el trabajo presenta un diseño de ingeniería solvente, alineado con las exigencias normativas del sector, y sustentado por una evaluación económica favorable. En definitiva, se dispone de una oportunidad de inversión sólida, capaz de sustituir importaciones y generar valor agregado en la agroindustria regional.

El Proyecto Integrador se considera viable y listo para la etapa de factibilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] International Organization for Standardization (ISO), «ISO 9235:2013 - Aromatic natural raw materials — Vocabulary,» ISO, Ginebra, 2013.
- [2] Ministerio de Salud y Acción Social, «Resolución 155/98 - Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Productos Cosméticos,» Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 1998.
- [3] Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), «Disposición 1112/2013: Buenas Prácticas de Fabricación para Productos Cosméticos,» Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 2013.
- [4] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), «Catálogo de Normas IRAM-SAIPA: Aceites Esenciales,» Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, 2023.
- [5] International Organization for Standardization (ISO), «ISO 3515:2002 - Oil of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.),» ISO, Ginebra, 2002.
- [6] R. Prusinowska y K. B. Śmigielski, «Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula angustifolia* L). A review,» *Herba Polonica*, vol. 60, nº 2, pp. 56-66, 2014.
- [7] I. Crișan, A. Ona, D. Vârban, L. Muntean, R. Vârban, A. Stoie, T. Mihăiescu y A. Morea, «Current trends for lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) crops and products with emphasis on essential oil quality.,» *Plants*, vol. 12, nº 2, p. 357, 2023.
- [8] R. Wells, F. Truong, A. M. Adal, L. S. Sarker y S. Mahmoud, «Lavandula essential oils: a current review of applications in medicinal, food, and cosmetic industries of lavender.,» *Natural Product Communications*, vol. 13, nº 10, p. 1934578X1801301038., 2018.
- [9] N. Sapag Chain y R. Sapag Chain, Preparación y evaluación de proyectos, McGraw-Hill Interamericana, 2014.
- [10] Fact.MR, «Fact.MR,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.factmr.com/report/lavender-oil-market>. [Último acceso: 19 Noviembre 2025].
- [11] N. José, «Producción nacional y comercialización de lavanda,» Universidad Abierta Interamericana, Rosario, 2007.
- [12] «La Nación,» 12 Octubre 2022. [En línea]. Available: <https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/como-en-francia-el-imponente-campo-de-lavandas-que-se-puede-visitar-en-la-provincia-de-buenos-aires-nid26122022/>. [Último acceso: 17 Noviembre 2025].
- [13] P. Kotler y G. Armstrong, Principios de marketing, Bookman Editora, 2023.
- [14] «Argentina.gob.ar,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/lavandas-del-limay-una-experiencia-de-produccion-agroecologica>.
- [15] «Mordor Intelligence,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/essential-oils-market>.
- [16] ATTRA, «Lavender production, markets, and agritourism».
- [17] R. Tisserand y R. Young, Essential oil safety: a guide for health care professionals., Elsevier Health Sciences, 2013.
- [18] M. Lis-Balchin, Ciencia de la aromaterapia: una guía para profesionales de la salud, Prensa farmacéutica, 2006.
- [19] INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), «INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria),» s.f.. [En línea]. Available: <https://inta.gob.ar/sanrafael>. [Último acceso: 19 Noviembre 2025].
- [20] Informes de Expertos, «Mercado Latinoamericano de Aceites Esenciales, Informe 2025-2034,» Informes de Expertos, 2024. [En línea]. Available: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-aceites-esenciales>. [Último acceso: 20 noviembre 2025].

- [21] Fortune Business Insights, «Mercado de Aceites Esenciales,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.fortunebusinessinsights.com/es/industry-reports/essential-oils-market-101063>. [Último acceso: 19 Noviembre 2025].
- [22] Data Bridge Market Research, «Global Essential Oils Market – Industry Trends and Forecast to 2032,» Data Bridge Market Research, 2025. [En línea]. Available: <https://www.databridgemarketresearch.com/es/reports/global-essential-oils-market>. [Último acceso: 20 noviembre 2025].
- [23] Observatorio de Complejidad Económica (OEC), «OEC - Aceites esenciales en Argentina,» Observatorio de Complejidad Económica, 2023. [En línea]. Available: <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/essential-oils/reporter/arg>. [Último acceso: 20 noviembre 2025].
- [24] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), «Intercambio comercial argentino. Cifras estimadas de octubre de 2024,» Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2024. [En línea]. Available: <https://www.indec.gob.ar/>. [Último acceso: 20 noviembre 2025].
- [25] A. Bandoni, os recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica, Buenos Aires: CYTED, 2003.
- [26] I. Paunero, «Situación actual del cultivo de plantas aromáticas y medicinales en Argentina,» INTA EEA San Pedro, San Pedro, 2017.
- [27] DEIE Mendoza, «Dirección de estadísticas e investigaciones económicas,» s.f.. [En línea]. Available: <https://deie.mendoza.gov.ar/#/>. [Último acceso: 19 Noviembre 2025].
- [28] G. Cartuccia, «Evaluación de cuatro especies aromáticas en el marco de la red de cultivos aromáticos del Sudoeste bonaerense,» Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2021.
- [29] R. Provincia, «Radio Provincia,» Radio Provincia, 18 noviembre 2022. [En línea]. Available: [https://radioprovincia.gba.gob.ar/noticia.php?noti\\_id=9290](https://radioprovincia.gba.gob.ar/noticia.php?noti_id=9290). [Último acceso: 19 noviembre 2025].
- [30] Municipalidad de San Rafael, «Municipalidad de San Rafael,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.sanrafael.gov.ar/>. [Último acceso: 19 Noviembre 2025].
- [31] Google, «Google Maps,» 2025. [En línea]. Available: <https://maps.google.com/>. [Último acceso: 19 Noviembre 2025].
- [32] E. Guenther, The Essential Oils (Vol. 1), New York: D. Van Nostrand Company, 1948.
- [33] Z. A. A. Aziz, A. Ahmad, S. H. M. Setapar y A. Karakucuk, «Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential - A Review,» *Current Drug Metabolism*, vol. 19, n° 13, pp. 1100-1110, 2018.
- [34] V. K. Koul, B. M. Gandotra, S. Koul y S. Ghosh, «Steam distillation of lemon grass (*Cymbopogon* spp.),» *Journal of Scientific and Industrial Research*, vol. 63, n° 2, pp. 135-139, 2004.
- [35] A. Stratakis y A. Koidis, «Methods for Extracting Essential Oils,» de *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, San Diego, Academic Press, 2016, pp. 31-38.
- [36] P. R. Venskutonis, Natural Products Utilization in Plants, Berlin: Springer, 2016.
- [37] S. Roohinejad, M. Koubaa, F. J. Barba, R. Greiner y F. Chemat, «Extraction Methods of Essential Oils From Herbs and Spices,» de *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications*, Hoboken, John Wiley & Sons, 2018, pp. 21-55.
- [38] L. J. Rovetto y N. V. Aieta, «Supercritical Fluid Extraction,» de *Natural Product Extraction: Principles and Applications*, Cambridge, Royal Society of Chemistry, 2013, pp. 147-182.
- [39] E. Reverchon y I. De Marco, «Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter,» *The Journal of Supercritical Fluids*, vol. 38, n° 2, pp. 146-166, 2006.
- [40] R. P. F. F. Da Silva, T. A. P. Rocha-Santos y A. C. Duarte, «Supercritical fluid extraction of bioactive compounds,» *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 76, pp. 40-51, 2016.
- [41] Association Française de Normalisation (AFNOR), «Huiles essentielles - Dénomination. NF T 75-001,» AFNOR, Paris, 2000.

- [42] Lavelis, «Planta de destilación de aceites esenciales en acero inox 1500 l compacta,» Lavelis, [En línea]. Available: <https://www.lavelis.com/producto/planta-de-destilacion-de-aceites-esenciales-en-acero-inox-1500-l-compacta/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [43] Figmay S.R.L., «Equipos extractores de aceites esenciales,» Figmay S.R.L., [En línea]. Available: <https://figmay.com/extractor-de-aceites-esenciales/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [44] Jiangsu Pretank Process Co., Ltd., «Intercambiador de calor de carcasa y tubos con placa tubular 316L,» Jiangsu Pretank Process Co., Ltd., [En línea]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_sinoprettech/product\\_316L-Tubesheet-Shell-and-Tube-Heat-Exchanger-for-Cooling-Asphalt-Emulsion\\_ysrhoiiuig.html](https://es.made-in-china.com/co_sinoprettech/product_316L-Tubesheet-Shell-and-Tube-Heat-Exchanger-for-Cooling-Asphalt-Emulsion_ysrhoiiuig.html). [Último acceso: 11 diciembre 2025].
- [45] C. Boutekedjiret, F. Bentahar, R. Belabbes y J. M. Bessière, «Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation,» *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 18, nº 6, pp. 481-484, 2003.
- [46] Liaoyang Sinotech Technology Development Co., Ltd., «Separador centrífugo de pila de discos de separación de aceite residual de fase industrial,» Liaoyang Sinotech Technology Development Co., Ltd., [En línea]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_sinotech-technology/product\\_Industrial-Phase-Waste-Oil-Separation-Disc-Stack-Centrifuge-Separator-for-Solid-Liquid-Liquid-Separation\\_ysonsuhuiy.html](https://es.made-in-china.com/co_sinotech-technology/product_Industrial-Phase-Waste-Oil-Separation-Disc-Stack-Centrifuge-Separator-for-Solid-Liquid-Liquid-Separation_ysonsuhuiy.html). [Último acceso: 10 diciembre 2025].
- [47] Caldimet, «Caldera generadora de vapor,» Caldimet, [En línea]. Available: <https://caldimet.com.ar/caldera-generadora-de-vapor/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [48] Henan Taiguo Boiler Manufacturing Co., Ltd., «00kg/H 300kg/H 500kg/H Generador de vapor de caldera de tubo de fuego de aceite de gas natural,» Henan Taiguo Boiler Manufacturing Co., Ltd., [En línea]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_cntaiguoboiler/product\\_100kg-H-300kg-H-500kg-H-Fire-Tube-Oil-Natural-Gas-Boiler-Steam-Generator\\_yseoieeory.html](https://es.made-in-china.com/co_cntaiguoboiler/product_100kg-H-300kg-H-500kg-H-Fire-Tube-Oil-Natural-Gas-Boiler-Steam-Generator_yseoieeory.html). [Último acceso: 10 diciembre 2025].
- [49] Frío 21, «Chillers - Enfriadores de agua industriales,» Frío 21, [En línea]. Available: <https://frio21.com.ar/tmec-chillers-medianos-con-tanque-incorporado/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [50] Uller S.R.L., «Sistemas Frigoríficos,» Uller S.R.L., [En línea]. Available: <http://www.uller.com.ar/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [51] Jinan Amrta Air Conditioning Co., Ltd., «Chiller modular de tornillo enfriado por aire,» Jinan Amrta Air Conditioning Co., Ltd., [En línea]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_jinanamrtaac/product\\_60kw-80kw-130kw-Low-Temperature-Free-Cooling-Glycol-Modular-Scroll-Air-Cooled-Water-Chiller-Industrial-Chiller-for-Cooling-Plastic-Injection-Textile-Machine\\_reuyiugug.html](https://es.made-in-china.com/co_jinanamrtaac/product_60kw-80kw-130kw-Low-Temperature-Free-Cooling-Glycol-Modular-Scroll-Air-Cooled-Water-Chiller-Industrial-Chiller-for-Cooling-Plastic-Injection-Textile-Machine_reuyiugug.html). [Último acceso: 10 diciembre 2025].
- [52] Acquabio, «Ablandador Runxin 10.000 por tiempo,» Acquabio, [En línea]. Available: <https://acquabio.com/producto/ablandador-runxin-10000-por-tiempo/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [53] Pure Aqua, Inc., «Sistema suavizador de agua industrial serie SF-100S,» Pure Aqua, Inc., [En línea]. Available: <https://es.pureaqua.com/suavizador-de-agua-industrial/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [54] Purity Pump Co., Ltd., «Bomba centrífuga de agua al por mayor 5.5 HP,» Purity Pump Co., Ltd., [En línea]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_cnpurity/product\\_Wholesale-Centrifugal-Water-Pump-5-5-HP-Electric-Horizontal-Stainless-Steel-Centrifugal-Pump\\_yynngesoig.html](https://es.made-in-china.com/co_cnpurity/product_Wholesale-Centrifugal-Water-Pump-5-5-HP-Electric-Horizontal-Stainless-Steel-Centrifugal-Pump_yynngesoig.html). [Último acceso: 10 diciembre 2025].
- [55] Fujian Elestar Motor Co., Ltd., «0.5HP Bomba Centrífuga Horizontal Multietapa Eléctrica,» Fujian Elestar Motor Co., Ltd., [En línea]. Available: <https://es.made-in->

- china.com/co\_elestar/product\_0-5HP-Horizontal-Multistage-Electric-Water-Pumps-Centrifugal-Pump-for-House\_uounsoueu.html. [Último acceso: 10 diciembre 2025].
- [56] E. F. K. Denny, *Field Distillation for Herbaceous Oils*, Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2002.
- [57] K. H. C. Baser y G. Buchbauer, *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*, Boca Raton: CRC Press, 2020.
- [58] E. F. K. Denny, *Field Distillation for Herbaceous Oils*, Lilydale (Tasmania): Denny, McKenzie Associates, 2001.
- [59] Y. Soysal y S. Öztekin, «Technical drying of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) flowers,» *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 79, nº 1, pp. 67-71, 2001.
- [60] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), «Informes Técnicos de Aromáticas - Estación Experimental La Consulta,» INTA, La Consulta, Mendoza, s.f..
- [61] A. L. Bandoni, *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica: su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores*, Buenos Aires: CYTED, 2003.
- [62] M. S. Peters, K. D. Timmerhaus y R. E. West, *Plant design and economics for chemical engineers* (5th ed.), New York: McGraw-Hill, 2003.
- [63] Center for Chemical Process Safety (CCPS), *Guidelines for mechanical integrity systems*, Hoboken: Wiley-AIChE, 2006.
- [64] American Society of Mechanical Engineers (ASME), *ASME B31.3-2020: Process Piping*, New York: ASME, 2020.
- [65] A. D. Lestari y M. R. Mubarak, «Commissioning and start-up strategy for chemical processing plant,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 257, nº 1, p. 012028, 2017.
- [66] V. Conesa Fernández-Vitoria, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.*, Ediciones Mundi-Prensa, 2009.
- [67] Congreso de la Nación Argentina, «Ley N° 24.051: Residuos Peligrosos,» Argentina.gob.ar / Poder Legislativo, Buenos Aires, 1991.
- [68] Departamento General de Irrigación (DGI), «Reglamento General para el Control de la Contaminación Hídrica (Res. N° 778/96, modif. Res. N° 51/20 HTA),» Departamento General de Irrigación (DGI), Mendoza, 2020.
- [69] Secretaría de Energía, «Energía Biomasa (Capítulo del Libro Blanco de la Energía en Argentina),» Secretaría de Energía, Buenos Aires.
- [70] Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, «Manual de cálculo de costos para la Matriz Económico-Financiera para la Gestión de RSU,» Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2016.
- [71] Congreso de la Nación Argentina, «Ley N° 19.550 - Ley General de Sociedades,» Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 1984.
- [72] Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo, «Resolución 50/2024 - Clasificación y definición de PYME,» Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 2024.
- [73] Congreso de la Nación Argentina, «Ley N° 19.587 - Higiene y Seguridad en el Trabajo,» Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 1972.
- [74] Poder Ejecutivo Nacional, «Decreto N° 351/79 - Reglamentación de la Ley 19.587,» Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 1979.
- [75] Congreso de la Nación Argentina, «Ley N° 24.557 - Riesgos del Trabajo,» Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 1995.
- [76] Federación Argentina de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas (FATIQYP), «Convenio Colectivo de Trabajo N° 77/89 - Industria Química y Petroquímica,» Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 1989.
- [77] Legislatura de Mendoza, «Ley N° 5.961 - Preservación del Medio Ambiente,» Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza, Mendoza, 1992.

- [78] Legislatura de Mendoza, «Ley N° 5.917 - Régimen de Residuos Peligrosos,» Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza, Mendoza, 1992.
- [79] Legislatura de Mendoza, «Ley N° 6.045 - Protección de la Calidad del Agua,» Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza, Mendoza, 1993.
- [80] Legislatura de Mendoza, «Ley N° 1079 - Ley Orgánica de Municipalidades,» Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza, Mendoza, 1934.
- [81] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), «El rol de la normalización en la calidad,» Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, 2023.
- [82] International Organization for Standardization (ISO), «ISO 22716:2007 - Cosmetics — Good Manufacturing Practices (GMP),» ISO, Ginebra, 2007.
- [83] International Organization for Standardization (ISO), «ISO 9001:2015 - Quality management systems — Requirements,» ISO, Ginebra, 2015.
- [84] International Organization for Standardization (ISO), «ISO 14001:2015 - Environmental management systems — Requirements with guidance for use,» ISO, Ginebra, 2015.
- [85] Ministerio de Salud de la Nación, «Monografía: Aceite de Lavanda/Espliego,» de *Farmacopea Argentina* (7.ª ed., Vol. II), Buenos Aires, Ministerio de Salud de la Nación, 2003.
- [86] Corporate Finance Institute, «What is CAPM? - Capital Asset Pricing Model,» CFI Education Inc., [En línea]. Available: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/what-is-capm-formula/>. [Último acceso: 13 diciembre 2025].
- [87] Ámbito, «Riesgo país argentino,» Nefir S.A., [En línea]. Available: <https://www.ambito.com/contenidos/riesgo-pais.html>. [Último acceso: 13 diciembre 2025].
- [88] A. Damodaran, «Betas by Sector (US),» New York University, enero 2025. [En línea]. Available: [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html). [Último acceso: 13 diciembre 2025].
- [89] N. Dobros, K. D. Zawada y K. Paradowska, «Katarzyna. Phytochemical profiling, antioxidant and anti-inflammatory activity of plants belonging to the Lavandula genus,» *Molecules*, vol. 28, n° 1, p. 256, 2022.
- [90] «“Mendoza tiene todo para vivir como un país independiente”,» *Diario San Rafael*, 1 Julio 2020.
- [91] Estadía Mágica, «Estadía Mágica,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.estadiamagica.com.ar/san-rafael>. [Último acceso: 19 Noviembre 2025].
- [92] M. A. Elechosa, Producción de plantas aromáticas y medicinales en Argentina, Buenos Aires: Ediciones INTA, 2016.
- [93] Beltrando SRL, «Bomba centrífuga sanitaria PREMIUM (Czerweny),» Beltrando SRL, [En línea]. Available: <https://beltrando.com.ar/bomba-centrifuga-sanitaria-premium-czerweny/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [94] R. H. Perry y D. W. Green, Perry's Chemical Engineers' Handbook (8th Ed.), New York: McGraw-Hill, 2008.
- [95] M. d. s. y. a. social, «Resolución N° 155/98 - Productos cosméticos,» Ministerio de salud y acción social, 13 Marzo 1998. [En línea]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-155-1998-50139/texto>. [Último acceso: 6 Diciembre 2025].
- [96] Alfa Laval, «Intercambiadores de calor de casco y tubo (Aalborg MC),» Alfa Laval, [En línea]. Available: <https://www.alfalaval.es/productos-y-soluciones/transferencia-de-calor/intercambiadores-de-calor-tubulares/intercambiadores-de-calor-de-carcasa-y-tubos/aalborg-mc/>. [Último acceso: 24 noviembre 2025].
- [97] Guangzhou Kai Yuan Water Treatment Equipment Co., Ltd., «1000L/H Sistema de filtro de ablandador de agua para reducir la dureza del agua,» Guangzhou Kai Yuan Water

Treatment Equipment Co., Ltd., [En línea]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_kaiyuan-water/product\\_1000L-H-Water-Softener-Filter-System-for-Reducing-Hardness-of-Water\\_ronggsnrg.html](https://es.made-in-china.com/co_kaiyuan-water/product_1000L-H-Water-Softener-Filter-System-for-Reducing-Hardness-of-Water_ronggsnrg.html). [Último acceso: 10 diciembre 2025].

- [98] Zhangjiagang Genyond Machinery Co., Ltd., «Equipo de destilación de aceite esencial de árbol de té Genyond de fábrica,» Zhangjiagang Genyond Machinery Co., Ltd., [En línea]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_genyondmachine/product\\_Factory-Genyond-Tea-Tree-Essential-Oil-Distillation-Equipment-Distiller-Extractor-Extraction-Machine\\_reyoothngg.html](https://es.made-in-china.com/co_genyondmachine/product_Factory-Genyond-Tea-Tree-Essential-Oil-Distillation-Equipment-Distiller-Extractor-Extraction-Machine_reyoothngg.html). [Último acceso: 11 diciembre 2025].

