



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Anteproyecto de una planta industrial de destilación de
plantas aromáticas para la extracción de aceites
esenciales.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Química

AUTOR/A: Martínez López, Patricia

Tutor/a: Lerma Arce, Victoria

Cotutor/a: Lorenzo Sáez, Edgar

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Índice general:

1. Documento I: Memoria Técnica.....	1
2. Documento II: Presupuesto.....	62
3. Documento III: Planos.....	66

Índice Memoria Técnica

1.	Introducción	2
2.	Objetivos	3
3.	Justificación y alcance	3
4.	Antecedentes	5
5.	La destilación aromática en la actualidad	6
6.	Alineación con los ODS	7
7.	Proceso químico de destilación aromática por arrastre de vapor	8
	7.1 Materias primas, productos y residuos generados	8
	7.2 Descripción del proceso químico	12
	7.3 Equipos empleados	17
	7.4 Gestión de residuos	27
8.	Estudio de mercado	30
9.	Tamaño de planta	32
10.	Distribución en planta	36
11.	Localización	38
12.	Normativa de aplicación	45
13.	Evaluación económica	48
14.	Conclusiones	57
15.	Bibliografía	58

Índice de Tablas

Tabla 1: Perfil cromatográfico del aceite esencial de romero	14
Tabla 2: Datos técnicos del equipo de destilación.....	23
Tabla 3: Dimensionamiento y rendimiento de los equipos empleados	32
Tabla 4: Superficies de los equipos obtenidas con el método Guerchet.....	34
Tabla 5: Superficies de espacios	34
Tabla 6: Tiempos de actividad de los equipos	35
Tabla 7: Factores escogidos para la selección de la ubicación de la planta industrial.....	38
Tabla 8: Matriz de dominancia	39
Tabla 9: Porcentaje en base a los factores de localización.....	40
Tabla 10: Propuestas de polígonos para la ubicación de la planta industrial.....	41
Tabla 11: Restricciones de los polígonos industriales propuestos.....	41
Tabla 12: Tabla resumen de los criterios de localización con suma ponderada.....	42
Tabla 13: Resumen de los presupuestos calculados.....	48
Tabla 14: Amortizaciones	49
Tabla 15: Coste salarial	50
Tabla 16: Coste energético	51
Tabla 17: Cuenta de resultados del primer año de explotación	53
Tabla 18: Cuenta de resultados del horizonte temporal establecido	54
Tabla 19: Evaluación económica	56
Tabla 20: Presupuesto de redacción del anteproyecto.....	63
Tabla 21: Presupuesto de parcela y nave industrial.....	63
Tabla 22: Presupuesto de la mano de obra requerida para la construcción de la nave	64
Tabla 23: Presupuesto de los equipos	64
Tabla 24: Presupuesto de Ejecución Material (PEM).....	65
Tabla 25: Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)	65
Tabla 26: Presupuesto de Inversión (PI)	65

Índice de Figuras

<i>Ilustración 1: Compuestos químicos presentes en la planta del romero.....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 2: Productos generados de la destilación por arrastre de vapor del romero.....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 3: Esquema del proceso químico de destilación por arrastre de vapor</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 4: Equipo de lavado.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 5: Equipo de secado</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 6: Equipo de secado</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 7: Equipo de ósmosis inversa</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 8: Equipo de destilación</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 9: Quemador de gas.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 10: Depósito de almacenamiento de hidrolato.....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 11: Depósito de almacenamiento del aceite esencial de romero</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 12: Contenedor de planta agotada</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 13: Consumo y recirculación de agua de los equipos por lote</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 14: Esquema básico del proceso de compostaje.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 15: Creación de empleo en el sector de biomasa 2017-2021</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 16: Tamaño de mercado de aceite esencial de romero.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 17: Distribución en planta</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 18: Superficie de parcela requerida</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 19: Localización catastral de la parcela seleccionada.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 20: Información detallada de la parcela seleccionada.....</i>	<i>44</i>

DOCUMENTO I. Memoria Técnica

1. Introducción

En el presente anteproyecto se establecen las bases para el diseño de una industria de producción de aceites esenciales en base a un estudio de su viabilidad técnica, legal y económica. Para lograr este fin, resulta de gran importancia llevar a cabo un análisis íntegro que abarque diversos aspectos relevantes, con el objetivo de asegurar su factibilidad y éxito a largo plazo.

Es por ello que en el trabajo en cuestión incluye un enfoque descriptivo, en el que se contemplan de manera minuciosa aspectos tales como la naturaleza, los antecedentes y el alcance del proyecto. Esta parte contiene también información sobre el contexto en el cual se desarrolla el proyecto, permitiendo así proporcionar una visión global del mismo. Adicionalmente, se introduce la justificación del proyecto planteado en base a factores tales como las necesidades de la población en la actualidad en cuanto a aceites esenciales y su consecuente demanda, entre otros.

Por otra parte, en cuanto a los aspectos más técnicos de la propuesta de proyecto, se describe el proceso químico involucrado y se lleva a cabo un estudio exhaustivo de la localización geográfica más oportuna para la planta teniendo en cuenta sus características y requerimientos, así como la distribución de los equipos empleados y los procesos involucrados en ella. Asimismo, se incluye una estimación del tamaño de planta, es decir, la producción que se desea alcanzar para satisfacer la demanda prevista. De la misma manera, se hace alusión a los procedimientos administrativos que deben de ser llevados a cabo para obtener las normativas, autorizaciones y permisos necesarios para la ejecución de la actividad en cuestión, abarcando así el estudio del marco legal en el cual se encuentra sujeto el proyecto, asegurando su viabilidad.

Por último, el documento comprende información económica y financiera, la cual resulta ser un componente esencial que proporciona una visión precisa de los aspectos económicos y financieros relacionados con la planificación y ejecución del proyecto propuesto. Para ello se realiza un presupuesto y un estudio de las inversiones pertinentes, así como de las cuentas anuales mediante las cuales se pueda conocer la viabilidad económica del proyecto y su rentabilidad en los próximos años.

Cada uno de los contenidos involucrados desempeñan un papel crucial en la determinación del potencial del proyecto para alcanzar sus objetivos. Por lo tanto, abordar estas consideraciones resulta esencial para minimizar riesgos y maximizar las oportunidades de éxito en la ejecución del proyecto.

2. Objetivos

El objetivo principal del presente documento consiste en elaborar un anteproyecto como paso previo a la realización de un proyecto de ejecución que se culmine en la creación de una industria de elaboración de aceites esenciales, donde se recojan todas las fases previas de un proyecto de destilación industrial de plantas aromáticas para la obtención de aceites esenciales.

Durante dichas fases previas se estudiará y se analizará en detalle aspectos decisivos para la viabilidad y el buen desarrollo del proyecto en cuestión.

Los objetivos específicos que se desean alcanzar son los siguientes:

- Diseñar un proceso de destilación aromática, implementando tecnologías punteras que permitan lograr un proceso eficiente y con bajas emisiones. Ello incluye la selección de equipos modernos que garanticen la eficiencia del proceso productivo.
- Gestionar los residuos generados planteando su posible revalorización favoreciendo así la economía circular.
- Estudiar y evaluar la demanda prevista y la producción obtenida mediante un estudio de mercado.
- Calcular la superficie necesaria y el tamaño de la planta, así como su distribución óptima.
- Seleccionar la ubicación adecuada mediante la identificación y evaluación de las posibles ubicaciones potenciales para la planta.
- Analizar el marco normativo y viabilidad legal de la implantación de la planta.
- Estudiar la viabilidad económica y financiera.

3. Justificación y alcance

Con el actual aumento de la conciencia sobre los efectos negativos de los productos químicos sintéticos en la salud y el medio ambiente, muchas personas están recurriendo a productos naturales y orgánicos como alternativas más seguras y sostenibles. Es por ello que, durante los últimos años, el mercado ha experimentado una creciente demanda de productos derivados de ingredientes naturales y libres de químicos en varios sectores, incluyendo la cosmética, la aromaterapia, la industria alimentaria y la farmacéutica entre otros (Smith & Gómez de Tejada, 2022).

En este contexto los aceites esenciales, además de sus propiedades intrínsecas, al ser usados en su estado puro directamente, son componentes de los productos anteriormente mencionados por lo que según un estudio de la entidad de análisis de mercados internacionales Mondor

Intelligence (2024), el mercado de los aceites esenciales crecerá un 8.6% compuesto entre 2024 y 2029.

En este sentido y según el mismo informe la mayor parte de la demanda se concentra en Europa, siendo el mercado de Asia-Pacífico el de mayor expectativa de crecimiento en el periodo analizado.

A nivel nacional, según la Asociación Española de Fragancias y Aromas Alimentarios (AEFAA, 2023), España es un referente mundial en la producción de aceites esenciales, con 72000 hectáreas cultivadas, con una producción de 1.300 toneladas, generando unos ingresos de 34.5 millones de euros. España es líder mundial en la producción de romero y la gran mayoría procede de la recolección silvestre y limpieza de montes, lo que le hace especialmente atractivo como materia prima para la producción de aceite esencial.

Como consecuencia, numerosas industrias nacionales elaboran aceite esencial de romero, que resulta ser muy apreciado por sus características antibacterianas, antiinflamatorias y fragantes. Este se incluye de manera destacada como ingredientes en productos para el cuidado de la piel, el cabello, las fragancias y el cuidado bucal en la industria del cuidado personal y los cosméticos. Además, este tipo de aceites son muy empleados en aromaterapia, ya que influyen en el sistema nervioso y actúan de apoyo al sistema inmunológico, dado que se pueden emplear para fortalecer las defensas del cuerpo contra enfermedades y patógenos. Por último, estos productos aromáticos presentan usos terapéuticos en medicamentos y formulaciones de medicamentos que tratan enfermedades como infecciones, inflamaciones, alergias y trastornos neurológicos (Arenal Perfumerías, 2024).

Por otra parte, la producción y comercialización de aceites esenciales pueden representar una oportunidad económica para agricultores y empresas agrícolas, especialmente en regiones con condiciones climáticas favorables para el cultivo de plantas aromáticas. Además, la diversificación de cultivos puede contribuir a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico de las comunidades locales, generando así un impacto social positivo en los territorios agrícolas.

Finalmente, la destilación de plantas aromáticas promueve la conservación de la biodiversidad al fomentar el cultivo y la preservación de especies de plantas aromáticas. Además, el cultivo de estas plantas puede contribuir a la restauración de suelos degradados y a la protección de hábitats naturales.

En relación al alcance de este trabajo, se pretende elaborar un anteproyecto para la creación de una planta de destilación de aceite esencial de romero para su comercialización. Este tipo de industria resulta interesante por su multiplicidad de impactos positivos en muy diversos órdenes. Por un lado, tiene un importante impacto económico debido a la importancia del mercado en que se desarrolla generando oportunidades de negocio apreciables. Tiene un impacto social positivo al ser generadora de empleo de calidad y contribuir al desarrollo de la economía y población rural dando oportunidades mediante el comercio justo. Por último, tiene una componente ecológico o conservacionista ya que ayuda a la conservación y regeneración de nuestros montes.

El trabajo se focalizará en analizar la viabilidad técnica, económica y financiera de la creación de una planta de destilación de aceite esencial de romero generando un proceso circular, aprovechando al máximo la reutilización de residuos y desechos.

Este trabajo contribuye al fomento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 15, 3, 8 y 12.

4. Antecedentes

La destilación por arrastre de vapor de plantas aromáticas ha sido una técnica muy utilizada a lo largo de la historia, empleada por numerosas culturas para extraer los aceites esenciales de diferentes plantas como por ejemplo la lavanda, el eucalipto, la menta, el romero, y muchas otras más. Este método, que ha perdurado a lo largo de los siglos, se remonta a civilizaciones antiguas donde se reconocía el valor de los aromas naturales con destacables propiedades terapéuticas y culinarias, entre otras.

En sus inicios, dicha técnica se realizaba de manera rudimentaria, utilizando métodos empíricos y recipientes simples, a menudo improvisados, reflejando la naturaleza experimental y artesanal de la destilación en épocas pasadas.

Los alambiques empleados antiguamente eran construcciones básicas, principalmente de materiales disponibles localmente como la arcilla, la piedra o el cobre. Consistían en un recipiente inferior, donde se colocaba el agua y las plantas aromáticas, y un cuello de cisne que conducía el vapor hacia un recipiente superior, donde se condensaba y se recogía el aceite esencial (Valiente-Barderas, 1996).

El proceso en sí era relativamente sencillo, pero requería de cierta habilidad y experiencia por parte de la persona encargada de realizar la destilación. Se comenzaba calentando el agua, lo que generaba vapor que pasaba a través de las plantas aromáticas colocadas en una cesta perforada dentro del alambique. El vapor, en su camino, arrastraba consigo los componentes volátiles, incluidos los aceites esenciales, que luego se condensaban y se recogían en recipientes separados.

Aunque rudimentario, este método de destilación en el pasado sentó las bases para desarrollos posteriores en la técnica. Los avances en el conocimiento y la tecnología dieron lugar a mejoras en los diseños de los alambiques, lo que se tradujo en destilaciones con más rendimiento y eficiencia (Tuset, 2024).

5. La destilación aromática en la actualidad

En el contexto actual, la producción de aceites esenciales a través de la destilación de plantas aromáticas se ha convertido en un componente clave de la industria de productos naturales y terapéuticos. Este proceso artesanal, ha evolucionado para adaptarse a los estándares modernos de calidad, sostenibilidad y eficiencia, y, además, gracias al progreso continuo en la ciencia y la tecnología, se prevé que siga evolucionando para ser aún más eficiente y versátil en el futuro.

La destilación por arrastre de vapor sigue siendo el método generalmente más empleado para la extracción de aceites esenciales, ya que permite preservar la integridad de los compuestos aromáticos. Este proceso implica el calentamiento de agua en un recipiente, que produce vapor que atraviesa la materia prima vegetal, liberando así los aceites esenciales que se condensan posteriormente en forma líquida. Este enfoque delicado y controlado garantiza que los aceites esenciales conserven sus propiedades beneficiosas y su aroma distintivo (Panarom, 2024).

Uno de los aspectos más destacados de la producción de aceites esenciales en la actualidad es el énfasis en la trazabilidad y la transparencia. Los consumidores están cada vez más interesados en conocer el origen de los productos que utilizan, así como en asegurarse de que provengan de fuentes éticas y sostenibles. En respuesta a esta demanda, muchos productores de aceites esenciales han implementado prácticas de cultivo orgánico, que garantizan que las plantas sean cultivadas sin pesticidas ni productos químicos nocivos (Abad, 2023).

La calidad del producto obtenido es un aspecto fundamental en la producción de aceites esenciales hoy en día. Para ello, se realizan análisis de laboratorio para verificar la composición química y la calidad de sus productos. Además, muchas empresas optan por certificaciones que garantizan el cumplimiento de estándares rigurosos en términos de cultivo, producción y procesamiento.

Finalmente, la era actual está marcada por una fuerte globalización que ha dado pie al surgimiento de una comunidad global de productores y entusiastas de los aceites esenciales, que comparten conocimientos, técnicas y recursos a través de redes internacionales y eventos especializados. Esta colaboración facilita la difusión de las mejores prácticas en destilación y el intercambio de variedades de plantas aromáticas de todo el mundo, enriqueciendo la diversidad y calidad de los aceites esenciales disponibles en el mercado.

6. Alineación con los ODS

En un futuro impulsado por la sostenibilidad y el bienestar humano, la producción de aceites esenciales mediante la destilación de plantas aromáticas se perfila como una industria predominante con múltiples beneficios para el medio ambiente, la salud y la economía, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 (Ministerio de derechos sociales, 2024).

En el contexto del ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres, la producción de estas sustancias aromáticas puede desempeñar un papel importante en la conservación de la biodiversidad y la restauración de los ecosistemas degradados. Al adoptar prácticas agrícolas regenerativas y respetuosas con la naturaleza, como la agricultura orgánica y la agroforestería, los productores pueden contribuir a la protección de la flora y la fauna local, así como a la conservación de los suelos y la calidad del agua.

Además, el uso de prácticas de cultivo sostenible puede ser fundamental para mitigar los efectos del cambio climático y promover la resiliencia de los ecosistemas frente a las alteraciones ambientales. Por ejemplo, la diversificación de cultivos y la rotación de cultivos pueden ayudar a mejorar la salud del suelo y a reducir la erosión, mientras que la gestión del agua y el uso eficiente de recursos pueden minimizar el impacto ambiental de las operaciones agrícolas.

En cuanto al ODS 3: Salud y Bienestar, la producción de estos productos fragantes puede contribuir a mejorar la salud física y mental de las personas. Dichos productos presentan propiedades terapéuticas que han sido empleadas durante siglos en la medicina tradicional y la aromaterapia para aliviar una amplia variedad de dolencias, desde dolores musculares hasta estrés y ansiedad. En el futuro, se espera que la investigación científica continúe descubriendo nuevas aplicaciones y beneficios para la salud de los aceites esenciales, lo que podría conducir al desarrollo de tratamientos alternativos más naturales y menos invasivos.

En términos de desarrollo económico, lo cual se encuentra estrechamente alineado con el ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico, la producción de esencias puede generar empleo en áreas rurales y contribuir al desarrollo de cadenas de valor locales, tal y como se ha mencionado anteriormente. El cultivo, la cosecha y la destilación de plantas aromáticas pueden proporcionar oportunidades de empleo para comunidades rurales, especialmente aquellas que dependen de la agricultura como principal fuente de ingresos. Además, el crecimiento de esta industria puede estimular la inversión en infraestructura rural.

Finalmente, en el marco del ODS 12: Producción y Consumo Responsables, la producción de elementos aromáticos puede promover prácticas de producción y consumo más sostenibles y éticas. Al adoptar estándares de producción orgánica, certificaciones de comercio justo y prácticas de gestión ambiental, los productores pueden minimizar el impacto negativo de sus operaciones en el medio ambiente y la sociedad. Además, al promover el consumo de productos naturales y sostenibles, se puede fomentar un cambio hacia un estilo de vida más consciente y respetuoso con el planeta.

7. Proceso químico de destilación aromática por arrastre de vapor

7.1 Materias primas, productos y residuos generados

Las plantas aromáticas son la materia prima fundamental en el proceso de destilación por arrastre de vapor. Concretamente, la planta seleccionada en este caso se trata del romero. Este pequeño arbusto de hojas que permanecen verdes todo el año, emite un aroma muy característico y puede alcanzar entre 0,5 y 1 metro de altura, aunque ocasionalmente puede crecer hasta los 2 metros. Florece dos veces al año, en la primavera y el otoño, y sus flores se distinguen por un tono azul con pinceladas violetas. Sus hojas, delgadas y alargadas, desprenden un aroma fuerte y agradable (Ministerio agricultura, 2024).

Suele encontrarse en áreas cercanas al mar y en zonas de montaña de baja altitud, preferiblemente en suelos calcáreos. Respecto a su nombre latino, se pensaba que derivaba de "ros" (rocío) y "marinus" (marino), sugiriendo su vínculo con las costas mediterráneas donde suele habitar. Sin embargo, actualmente, los expertos defienden una interpretación distinta, proponiendo que "ros" se relaciona con la voz griega "rwy" o "rhops", que significa arbusto, mientras que "marinus" se deriva de "murinoz" o "myrinos", indicando su carácter aromático (Avila-Sosa, y otros, 2011).

Para determinar las funciones orgánicas del romero que le confieren un amplio abanico de aplicaciones debemos de conocer su composición química.

Las hojas del romero albergan un aceite esencial que oscila entre el 1,0% y el 2,5%, y su composición puede experimentar variaciones notables, influenciadas por factores como la parte de la planta recolectada, su grado de madurez al momento de la cosecha o su origen geográfico, entre otros.

Además, las hojas de romero contienen principios amargos, compuestos por diterpenos como la picrosalvina, carnosol, epirosmanol, rosmadial, rosmaridifenol y rosmariquinona, así como triterpenos como los ácidos oleanólico y ursólico, junto con sus 3-acetil-ésteres. También se hallan flavonoides como la cirsimarina, diosmina, hesperidina, homoplantiginina, fegopolina, nepetina y nepitrina, y polifenoles como el ácido rosmarínico, ácido clorogénico, ácido cafeico y ácidos fenólicos derivados del ácido cinámico en su composición (Avila-Sosa, y otros, 2011).

El romero cuenta con propiedades carminativas, digestivas y antiespasmódicas. Su impacto beneficioso en la digestión opera en varios niveles: estimula la producción de jugos gastrointestinales, relaja el tracto gastrointestinal, eliminando espasmos y favoreciendo las secreciones.

También posee efecto diurético, antiinflamatorio y antioxidante, comprobados mediante estudios in vivo e in vitro, gracias a la presencia de compuestos bioactivos como el ácido carnósico, que se trata de un tipo de diterpenoide fenólico presente en varias plantas de la familia Lamiaceae, como es el romero.

Los estudios farmacológicos han revelado que el aceite esencial, extractos y componentes aislados relajan las musculaturas lisas traqueales, intestinales y vasculares en animales de experimentación.

Los estudios actuales se centran principalmente en los diterpenos, especialmente el rosmanol, debido a sus propiedades antioxidantes. Estos diterpenos se producen en las plantas en respuesta al estrés oxidativo, ejerciendo un efecto protector sobre las membranas celulares vegetales y mostrando actividad antioxidante y captadora de radicales libres. También se ha observado que inhiben la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y el envejecimiento de la piel causado por la oxidación.

El carnosol, presente en el romero, promueve la síntesis de un factor de crecimiento neuronal, fundamental para el desarrollo y mantenimiento del tejido nervioso. Por último, dicha planta exhibe propiedades antibacterianas, antisépticas, fungicidas y balsámicas, que lo hacen útil en el tratamiento de afecciones respiratorias.

A continuación, se pueden apreciar algunas de las estructuras químicas mencionadas anteriormente.

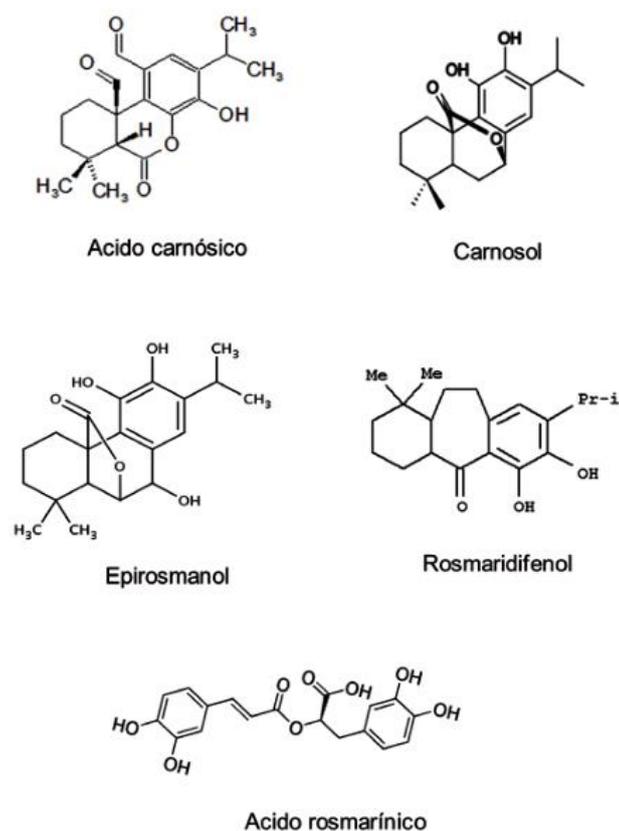


Ilustración 1: Compuestos químicos presentes en la planta del romero

(Avila-Sosa, y otros, 2011)

Respecto a los **productos generados**, podemos diferenciar dos:

- Aceites esenciales

Los aceites esenciales son el producto más destacado y valioso que se obtiene del proceso de destilación por arrastre de vapor de plantas aromáticas. Estos aceites poseen una compleja combinación de compuestos químicos que les confieren una amplia gama de propiedades terapéuticas y aromáticas, lo que los convierte en componentes clave en numerosas industrias y aplicaciones.

Es importante destacar que la concentración de compuestos aromáticos en los aceites esenciales es extraordinariamente alta. Este alto grado de concentración significa que solo se requiere una pequeña cantidad de aceite esencial para obtener sus beneficios, lo que los hace potentes y económicos en su uso.

Cada aceite esencial tiene su propio perfil químico único, determinado por la combinación específica de compuestos químicos presentes en la planta de origen. Para el aceite de romero podemos determinar que se encuentra compuesto mayormente por monoterpenos como el 1,8-cineol, alfa-pineno, alcanfor, alfa-terpineol, canfeno, borneol, acetato de bornilo, limoneno, linalol, mirceno y verbenona. También se encuentra una presencia de sesquiterpenos como el beta cariofileno (Pulido Arango, Riveros Loaiza, & Rodríguez Cabra, 2018).

En la región mediterránea se identifican principalmente dos variantes de aceites esenciales de romero: los de tipo Marruecos y Túnez, caracterizados por su alto contenido de 1,8-cineol, y el tipo español, que presenta una concentración menor de este compuesto. Esta diferencia se debe principalmente a factores ambientales y genéticos, así como a las prácticas agrícolas y de procesamiento que caracterizan a cada planta.

- Aguas florales o hidrolatos

Las aguas florales o hidrolatos son un subproducto valioso que se obtiene durante el proceso de destilación por arrastre de vapor de plantas aromáticas. Aunque el objetivo principal de la destilación es extraer los aceites esenciales de los vegetales, los hidrolatos son una parte esencial de este proceso y ofrecen una gama única de beneficios.

Durante la destilación, el vapor de agua arrastra no sólo los aceites esenciales de las plantas, sino también una variedad de compuestos solubles en agua y volátiles que se encuentran en las células de las mismas. Estos compuestos, que incluyen ácidos orgánicos, alcoholes, aldehídos, ésteres y otros constituyentes químicos, se dispersan en el agua condensada durante el proceso de enfriamiento.

Los hidrolatos son distintos de los aceites esenciales en términos de composición química y propiedades. Mientras que los aceites esenciales son lipofílicos, solubles en aceite, y contienen altas concentraciones de los compuestos aromáticos de las plantas, los hidrolatos son hidrofílicos, solubles en agua, y contienen una gama más amplia de

compuestos, incluidos aquellos que son solubles en agua y no se encuentran en los aceites esenciales (Aromaterapia, 2024).

Estos productos conservan una pequeña cantidad de aceites esenciales, lo que les otorga un aroma sutil pero distintivo que refleja las características de la planta de origen. Sin embargo, su principal valor radica en la presencia de los otros compuestos solubles en agua que poseen propiedades terapéuticas y beneficios en múltiples campos de aplicación.

Los hidrolatos tienen una variedad de aplicaciones en la industria cosmética y de cuidado personal debido a sus propiedades suavizantes, tonificantes y refrescantes. Se utilizan en la formulación de productos para el cuidado de la piel, como tónicos faciales, lociones, cremas hidratantes y limpiadores, donde pueden ayudar a equilibrar, calmar e hidratar la piel. Además, se pueden incorporar en productos para el cuidado del cabello, como acondicionadores y productos de peinado, para proporcionar beneficios adicionales como brillo, suavidad y fortalecimiento del cabello (NUA, 2022).

Además de sus beneficios para la piel y el cabello, los hidrolatos también se pueden utilizar como ingredientes en productos de aromaterapia y bienestar.

En la siguiente ilustración, podemos diferenciar a la izquierda, el aceite esencial, que presenta una tonalidad más amarilla, y a la derecha, el hidrolato, con un color menos intenso y un aspecto más cristalino debido a su bajo contenido en compuestos aromáticos.



Ilustración 2: Productos generados de la destilación por arrastre de vapor del romero

(Esenciales, 2023)

Finalmente, en cuanto a los residuos podemos diferenciar dos tipos:

- Agua residual

Es el agua rechazada del proceso de ósmosis inversa, la cual contiene tierra, polvo, arena, ramas y todo aquel elemento que haya sido rechazado por la membrana osmótica.

- Bagazo o planta agotada

Una vez que se ha completado el proceso de destilación, queda un residuo sólido compuesto por la planta agotada también conocido como bagazo, que es el material vegetal residual que queda después de extraer los compuestos volátiles.

Este residuo, que suele estar húmedo debido a la condensación del vapor, tiene una textura fibrosa o desintegrada dependiendo del tipo de planta y el tiempo de destilación. Su color es generalmente más oscuro que el de la planta fresca, con tonos marrones o apagados en comparación con el verde vibrante de la planta original.

Desde un punto de vista químico, la planta agotada tiene una concentración mucho menor de compuestos volátiles, pero aún contiene nutrientes y materia orgánica valiosa, como celulosa, lignina y minerales. Aunque su aroma es tenue y menos intenso que el de la planta original, puede retener un ligero olor característico de la planta.

Este material residual tiene varios usos potenciales, por lo que se propone su revalorización tal y como se explicará más adelante en el documento.

7.2 Descripción del proceso químico

La destilación por arrastre de vapor es el método más comúnmente utilizado para la extracción de aceites esenciales de plantas aromáticas, por ser eficiente y obtener aceites puros de alta calidad.

Este proceso se basa en la diferencia de las volatilidades y en las afinidades solubles de los componentes presentes en las plantas de origen. Los aceites esenciales son compuestos orgánicos volátiles que tienen una baja solubilidad en agua, pero una alta solubilidad en vapor de agua, lo que permite su extracción mediante este método.

El proceso productivo que se lleva a cabo es el siguiente:

1. Recepción materia prima

Para dar comienzo al proceso productivo tiene lugar la recepción de la materia prima.

2. Lavado, secado y triturado

Acto seguido se lleva a cabo el tratamiento previo de la planta escogida, en este caso del romero, el cual se lava, seca y se tritura para romper las estructuras celulares y facilitar la liberación de los compuestos aromáticos, ya que, en el vegetal, los aceites esenciales se encuentran almacenados en glándulas, conductos, o sacos, que actúan como reservorios. Es por ello que resulta conveniente desmenuzar el material para exponer dichos reservorios a la acción del vapor de agua.

3. Carga del alambique con la planta triturada

A continuación, se carga la caldera de destilación en la que se pueden diferenciar dos partes separadas por una rejilla.

Por la parte superior, la cual es mucho más amplia que la inferior, se introduce la materia prima vegetal, que es sometida a un proceso de prensado manual cuyo objetivo consiste en optimizar el espacio y facilitar la destilación eficiente de los compuestos aromáticos.

4. Adición de agua al compartimento inferior del alambique

Seguidamente, se introduce una determinada cantidad de agua por la parte inferior del depósito, que depende del tipo de planta con la que se va a trabajar y del diseño de la propia caldera.

5. Accionamiento del quemador de gas

El recipiente se calienta gradualmente empleando para ello una fuente de calor, la cual suele ser un generador de vapor o un quemador de gas.

6. Destilación por arrastre de vapor

A medida que aumenta la temperatura, se producen dos sucesos, por una parte, el agua hierve y se convierte en vapor, y por la otra, se produce la ruptura de las glándulas secretoras de la planta y la liberación de los aceites esenciales evaporados y otros compuestos volátiles. Estos compuestos son arrastrados junto con el vapor de agua a través del alambique.

7. Condensación

El vapor resultante enriquecido con compuestos volátiles pasa a través del condensador, donde se enfría y se transforma de nuevo en líquido.

8. Separación de fases

Como los aceites esenciales tienen una densidad menor que el agua, tienden a separarse y a flotar sobre el hidrosol generado, el cual contiene una baja concentración de los aceites esenciales, así como otros componentes hidrosolubles, como minerales, fitonutrientes y compuestos aromáticos menos volátiles.

9. Control de calidad del aceite de romero

Con el fin de evaluar la calidad del aceite esencial de romero en España, se define la norma UNE 84306 elaborada por el comité técnico AEN/CTN 84 Aceites esenciales y productos cosméticos cuya Secretaría desempeña STANPA.

El análisis del aceite esencial se hace mediante cromatografía de gases. Este método se trata de una técnica analítica utilizada para separar y analizar mezclas de compuestos volátiles basándose en sus propiedades de interacción con una fase estacionaria y una fase móvil en una columna cromatográfica.

En el cromatograma resultante, se deben de poder identificar los componentes característicos incluidos en la siguiente tabla, y su valor debe de estar comprendido entre los indicadores dados.

Tabla 1: Perfil cromatográfico del aceite esencial de romero
(UNE 84306, 2015)

Componentes	Mínimo %	Máximo %
α -pineno	18,0	26,0
canfeno	7,0	13,0
β -pineno	2,0	5,0
mircenol	2,5	4,5
limoneno	2,5	5,5
1,8-cineol	16,0	23,0
p-cimeno	1,0	2,0
alcanfor	12,5	22,0
linalol	0,5	2,5
acetato de bornilo	0,5	2,5
terpinen-4-ol	0,4	1,5
borneol	1,0	4,5
α -terpineol	1,0	4,0
verbenona	0,7	2,5

10. Almacenamiento del aceite esencial de romero

Finalmente, el aceite obtenido resulta ser volátil y puede oxidarse con el tiempo si no se almacena correctamente. Se recomienda almacenar los aceites esenciales en recipientes oscuros y herméticos, lejos de la luz y el calor, para protegerlos de la degradación.

11. Almacenamiento del hidrolato

El hidrolato se almacena con el objetivo de sacar beneficio mediante su comercialización, ya que, a pesar de no ser el producto objeto de la destilación, presenta un cierto valor debido a la gran variedad de aplicaciones en la industria cosmética y de cuidado personal que ofrece.

12. Purificación del agua de lavado

El agua empleada para el lavado de la materia prima es filtrada para eliminar arena, piedras, ramas y otros elementos presentes en la planta del romero que son carentes de interés, y que quedan atrapados en el agua tras el lavado del vegetal.

El método de filtración que se emplea es la ósmosis inversa. En esta técnica se aplica presión a la solución más concentrada para superar la presión osmótica y forzar el agua a pasar a través de la membrana semipermeable en la dirección opuesta a la ósmosis natural. Esto permite que solo el agua pura atraviese la membrana, dejando atrás las impurezas y los solutos en la solución concentrada.

Una vez el agua ha sido purificada, esta se recircula a los depósitos de agua de los alambiques. Esta recirculación permite reducir el consumo de agua y los costes operativos asociados, y adicionalmente, disminuye la generación de aguas residuales, lo que contribuye significativamente a las prácticas sostenibles dentro de las operaciones industriales.

13. Descarga material agotado

Una vez completada la destilación, el compartimento con la materia prima se levanta utilizando un polipasto y se descarga en un contenedor de material utilizado.

El manejo adecuado de la planta agotada es crucial para evitar problemas de olor y descomposición. Es por ello que interesa que este material abandone lo antes posible la industria tras su descarga de los alambiques.

En la siguiente figura se describe de forma esquemática el proceso.

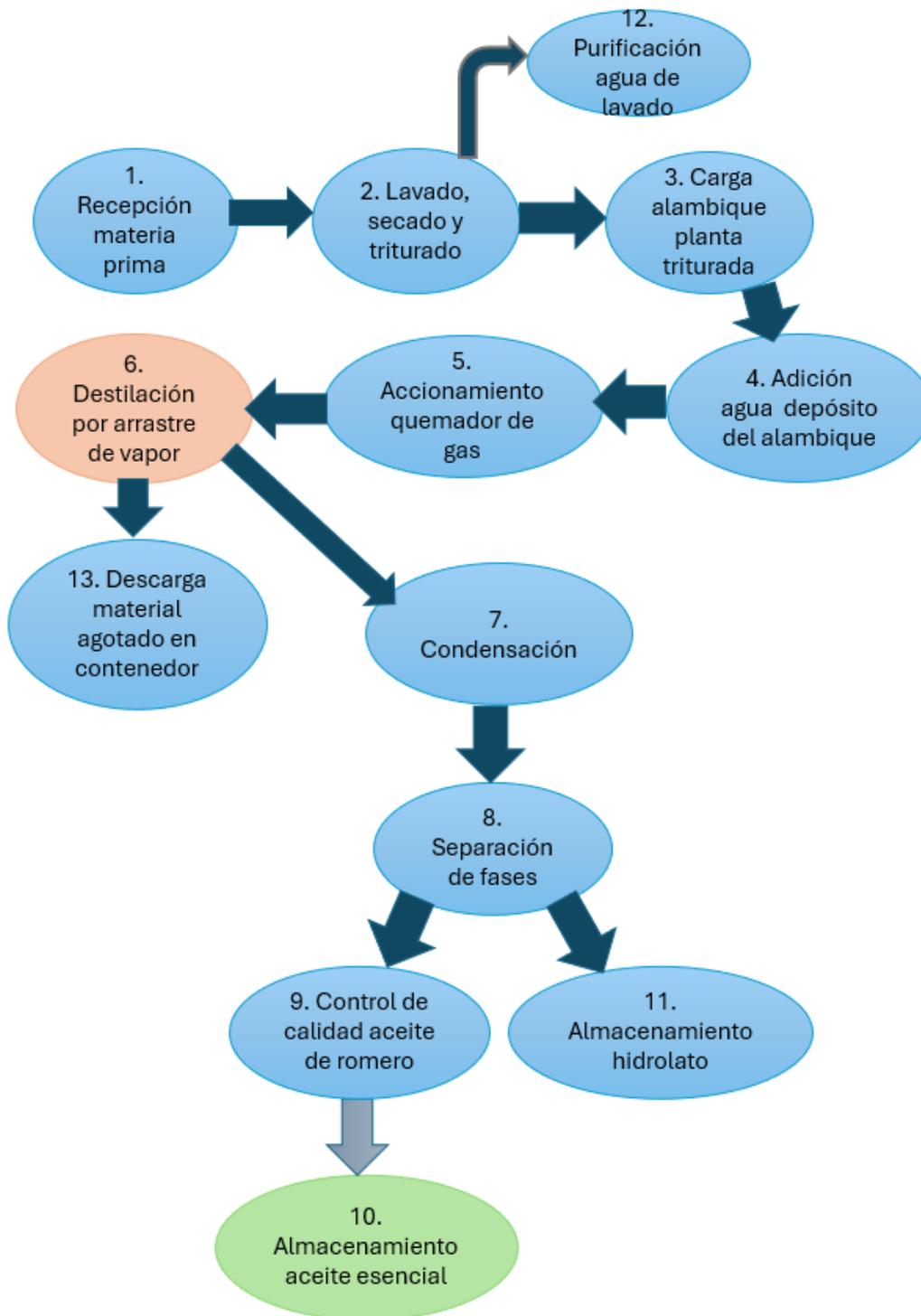


Ilustración 3: Esquema del proceso químico de destilación por arrastre de vapor

Fuente: elaboración propia

7.3 Equipos empleados

Con tal de presentar los equipos de forma organizada, se divide el proceso productivo en 4 fases:

A. Fase de pretratamiento

Para obtener aceite esencial de romero de la máxima calidad posible, resulta fundamental llevar a cabo una fase previa de tratamiento de la planta después de su recolección y antes de su incorporación al proceso de destilación, con el fin de adecuar el vegetal y acondicionarlo para los procesos posteriores.

1) Lavadora de vegetales

Con el objetivo de optimizar el proceso de lavado se utilizan equipos específicos de alto rendimiento que limpian y desinfectan por generación de ozono, para poder así eliminar tierra, insectos y otras impurezas que pueda contener la materia prima.

Concretamente se ha optado por el lavadero fabricado por Zhengzhou Known Imp.& Exp.Co. Ltd



Ilustración 4: Equipo de lavado

(Zhengzhou Known Imp & Exp Co, 2024)

Este equipo es capaz de lavar de forma automática el romero mediante el principio de burbujas de aire. El funcionamiento es sencillo, la máquina produce burbujas de aire a presión que son las

que separan el material residual adherido a la planta. Por cada 1200 kg de materia vegetal, el equipo requiere de 2000 L de agua para efectuar un lavado satisfactorio.

La capacidad de lavado oscila entre los 1200-1500 kg/h, con unas dimensiones de 5000Lx1250Wx1300H mm, y su potencia es de 5,1 kW.

2) Secadora

El secado del romero tras su lavado resulta ser de gran importancia puesto que evita la proliferación de microorganismos y retrasa la descomposición de la materia orgánica, conservando así el color natural y las esencias de la planta.

Este proceso es llevado a cabo por máquinas industriales capaces de procesar grandes cantidades de material en un tiempo bajo.

Se ha optado por una secadora fabricada por Manufacturer/Factory & Trading Company modelo BSO.



Ilustración 5: Equipo de secado

(Company, 2024)

El secado se realiza mediante circulación de aire caliente siendo la temperatura ajustable según las necesidades. La temperatura óptima de secado es alrededor de 35°C a una humedad relativa del 50%.

La capacidad de secado es de 500 kg, y sus dimensiones son de 4460 x 2200 x 2290 mm. La potencia eléctrica es de 3,6 kW.

3) Trituradora

El triturado del romero permite incrementar el rendimiento de la extracción, por eso esta etapa es importante, aunque no imprescindible.



Ilustración 6: Equipo de secado

(Wiesenfeld, 2024)

La trituradora elegida es de la marca Wiesenfeld modelo WIE-PM-400, que tritura de 60 a 120 Kg/h de romero. Se trata de una trituradora de molino de martillo, tecnología idónea para el triturado que necesitamos y que permitirá incrementar la eficiencia de la destilación. Su velocidad de rotación es de 2986 rpm.

La trituradora tiene una potencia máxima de 2,2 kW, con un rango de fase trifásico a 380V. Su velocidad de rotación es de 2986 rpm y sus dimensiones son: (l. x an. x al.) 59 x 55 x 90 cm.

B. Fase de purificación

Dado que el proceso productivo que nos ocupa consume grandes cantidades de agua, resulta crucial incorporar algún equipo que sea capaz de purificarla, con el fin de poder reciclar y recircular dicha agua al proceso que se describe.

Equipo de ósmosis

El agua procedente del lavado de los vegetales es tratada mediante ósmosis inversa con el fin de eliminar toda materia presente en ella y acondicionarla para que pueda ser recirculada y empleada de nuevo en el proceso productivo.

El equipo seleccionado es comercializado por AQUAENERGY Soluciones Técnicas y sus características se describen más abajo.



Ilustración 7: Equipo de ósmosis inversa

(Aquaenergy, 2024)

El presente equipo está fabricado con acero inoxidable AISI 304 y presenta una capacidad de 500L y una conversión del 40%, por lo que la producción nominal es de 200L en una hora. Sus dimensiones son 1010 x 650 x 1800 mm y su potencia es de 1,1 kW.

C. Fase de destilación

Desde tiempos antiguos, se han utilizado herramientas simples y básicas para llevar a cabo la destilación de plantas aromáticas. Estas herramientas eran necesariamente robustas y fáciles de transportar, ya que la materia prima se encontraba dispersa y debía de ser recolectada en diferentes áreas de producción. Sin embargo, con la mecanización del transporte en áreas rurales, este paradigma ha cambiado. Ahora, la materia prima se transporta desde las áreas de producción hacia instalaciones fijas, que también son en su mayoría simples y básicas. Hoy en día, son muy pocas las regiones donde todavía se trasladan los equipos de destilación.

La creciente tendencia hacia el establecimiento de plantaciones regulares de plantas aromáticas ha transformado la concepción de las instalaciones de destilación y los equipos asociados. Hasta la fecha, se han desarrollado cuatro tipos modernos de equipos, que se distinguen por su capacidad, estructura y materiales de construcción.

En términos generales, estos equipos modernos están compuestos por los siguientes elementos:

- Fuente de calor: Para conseguir generar vapor se requiere de una fuente de calor potente que suele ser, o bien un generador de vapor, o bien un quemador de gas. A nivel de funcionamiento, un generador de vapor y un quemador de gas presentan una serie de diferencias a destacar.

El generador de vapor calienta agua hasta su punto de ebullición empleando para ello diversas fuentes de energía como electricidad, carbón, etc, con sistemas de control que mantienen la presión y la temperatura del vapor dentro de límites seguros. Incluye una caldera y mecanismos de seguridad para prevenir sobrepresiones.

Por otro lado, el quemador de gas suele emplear como combustible gas natural, butano o propano, mezclado con aire en proporciones específicas para producir calor, utilizando para ello un inyector de gas, una cámara de mezcla, y un sistema de encendido como puede ser una chispa eléctrica. Adicionalmente también incorpora un control de flujo de gas y aire, y mecanismos de seguridad para detectar fugas de gas y evitar explosiones.

Para el proceso que nos ocupa, se escoge como fuente de calor un quemador de gas, ya que este presenta varias ventajas sobre un generador de vapor. En primer lugar, proporciona calor inmediato y directo, permitiendo un control más preciso y rápido de la temperatura. En segundo lugar, es más compacto y portátil, lo que facilita su instalación y mantenimiento debido a su simplicidad. En tercer y último lugar, presenta menor riesgo de explosiones al no operar bajo alta presión.

- Caldera de destilación o alambique: Cada equipo de destilación puede estar equipado con una o varias calderas, dependiendo de la escala de producción y la capacidad de la planta de destilación. Estas calderas tienen capacidades variables, y pueden cargar cantidades significativas de materia prima vegetal.

El diseño de las calderas, incluyendo su forma, capuchón y rejilla, es similar al de los equipos tradicionales utilizados en la destilación de plantas aromáticas. Sin embargo, los sistemas de cierre pueden ser más avanzados en los equipos modernos para garantizar un sellado hermético durante el proceso de destilación.

En los equipos modernos, las calderas suelen estar construidas con acero inoxidable. Este material es el preferido debido a su resistencia a la corrosión, durabilidad y capacidad para resistir altas temperaturas, asegurando la integridad del equipo a lo largo del tiempo y manteniendo la calidad de los productos destilados.

- Serpentín refrigerante o condensador: El serpentín utilizado en el proceso de destilación de plantas aromáticas es una parte esencial del sistema de condensación. Generalmente, está contenido dentro de un recipiente cilíndrico diseñado para recibir un flujo constante de agua fría. Este recipiente es crucial para facilitar la condensación de los vapores que contienen los compuestos aromáticos extraídos de las plantas.

El agua fría, que actúa como refrigerante, se introduce en el recipiente y fluye continuamente a lo largo del serpentín. Este diseño permite que los vapores calientes entren en contacto con las paredes frías del serpentín, lo que provoca su condensación y la transformación en líquido.

Es fundamental que el material utilizado en la construcción del serpentín sea resistente a la corrosión y a las altas temperaturas. Por esta razón, se prefieren materiales como el

acero inoxidable o el aluminio. Estos materiales garantizan la durabilidad del serpentín y evitan la contaminación de los aceites esenciales producidos durante el proceso de destilación.

Además, el diseño del serpentín sigue un recorrido helicoidal en el interior del recipiente. Esta disposición aumenta la superficie de contacto entre los vapores y el agua fría, lo que mejora la eficiencia del proceso de condensación. Al maximizar la transferencia de calor, se logra una condensación más rápida y efectiva de los vapores, lo que permite obtener aceites esenciales de alta calidad.

- Vaso florentino: El recipiente destinado a separar el aceite esencial y el agua que provienen del serpentín refrigerante es un componente clave en el proceso de destilación de plantas aromáticas, y se denomina vaso florentino. Su función principal es permitir la separación física de estos dos componentes. Este recipiente se conoce comúnmente como "separador" o "separador de aceite esencial".

Dicho recipiente separador permite que el aceite esencial, al ser menos denso que el agua, flote en la superficie de la mezcla. La fase acuosa, que contiene principalmente agua con pequeñas cantidades de aceites solubles en agua, se encuentra en la parte inferior del recipiente. Esto facilita la extracción y la separación posterior del aceite esencial de manera más efectiva.

En la actualidad, para constituir los equipos mencionados se prefieren materiales como el acero inoxidable, que ofrecen una mayor seguridad y durabilidad en el proceso de destilación, evitando la contaminación de los aceites esenciales como consecuencia de reacciones secundarias que tienen lugar entre el aceite y el material del equipo empleado, como por ejemplo zinc o hierro, que son los materiales generalmente más empleados en el pasado.

Para este anteproyecto, el equipo seleccionado para el proceso de destilación es el siguiente, fabricado en su totalidad en acero inoxidable AISI 304:



Ilustración 8: Equipo de destilación

(Destilador, 2024)

Como podemos observar en la imagen adjunta, la cuba es abatible, lo que facilita la carga y descarga del material, así como su limpieza.

Además, el presente equipo lleva incorporado un sistema de control de presión y temperatura encargados de verificar que las condiciones de destilación son favorables en todo momento.

El sistema de condensación también incorpora termómetros de temperatura de salida y media.

El vaso florentino ofrece una separación automática del aceite esencial y del agua aromatizada con un rendimiento estimado del 98%.

Otras características a destacar del equipo propuesto son:

Tabla 2: Datos técnicos del equipo de destilación

Fuente: elaboración propia

Datos Técnicos	
Volumen de la cuba	500 L
Capacidad de procesado	100 kg
Consumo agua depósito	60-65 L
Consumo agua condensador	650 L/h
Dimensiones	1600 x 1480 x 1872 mm

El destilador seleccionado tiene un tiempo de destilación de 120 a 180 minutos dependiendo de la planta que se utilice, en el caso del romero es de 120 minutos, teniendo un tiempo de preparación de 60 minutos.

La fuente de calor necesaria para llevar a evaporar el agua del depósito y generar el vapor no va incluida en el equipo de destilación, sino que es un complemento que se debe de adquirir aparte.

Concretamente se selecciona un quemador de gas del mismo fabricante.



Ilustración 9: Quemador de gas

(Quemador, 2024)

Este equipo se encuentra fabricado en acero inoxidable, al igual que el destilador, y tiene un diámetro de 74 cm. Su potencia es de 34 kW y puede emplear tanto gas natural como butano/propano a modo de combustible.

La incorporación de estos nuevos equipos descritos no solo reduce los costes de producción de los aceites esenciales al disminuir el tiempo requerido en cada destilación, sino que también aumentan el rendimiento haciendo al proceso más eficiente. Además, mejoran la calidad del aceite, que se muestra con un color más claro y con un contenido mayor de ésteres y componentes valiosos. La calidad del aceite se atribuye, en parte, a la prevención de reacciones secundarias entre los distintos componentes del aceite esencial y el hierro utilizado en la construcción de los alambiques tradicionales.

D. Fase de almacenamiento

Una vez obtenido el aceite esencial de romero se ha de almacenar en condiciones propicias para su conservación, teniendo en cuenta que es una sustancia volátil, hasta su envasado definitivo que dependerá del canal de distribución.

1) Depósito de almacenamiento de agua de romero

Se ha optado por un depósito de la marca INNOVACION Y GESTION MARITIMA S.L. con una capacidad de 1000 L, fabricado en pvc con estructura de acero galvanizado, montado sobre un

palé de madera que permite su transporte. El depósito favorece la conservación del producto, con facilidad de extracción.



Ilustración 10: Depósito de almacenamiento de hidrolato
(cubetos, 2024)

El depósito seleccionado se adapta de forma favorable a las necesidades de almacenamiento del agua residual del aceite esencial de romero. Las dimensiones son 1000 mm de ancho por 1200 mm de largo y 1160 mm de altura.

2) Depósito de almacenamiento de aceite esencial de romero

Para depositar la cantidad de aceite esencial producida se ha optado por un tanque de la marca POLSINELLI, de acero inoxidable íntegramente de fondo liso y con tapa. Su capacidad es de 50 L siendo sus dimensiones de 370 mm de diámetro y una altura de 580mm.



Ilustración 11: Depósito de almacenamiento del aceite esencial de romero
(Polsinelli, 2024)

El depósito dispone de tapa hermética, necesaria para controlar la volatilidad del producto y asas que permiten su fácil traslado. También dispone de válvula de seguridad inferior por si se requiere para su vaciado.

3) Contenedor de planta agotada

Definimos como planta agotada aquella que se obtiene tras el proceso completo de destilación. Esta planta, que puede considerarse un residuo, se vende para la elaboración de compost, de este modo tenemos un proceso limpio, sin residuos contaminantes.



Ilustración 12: Contenedor de planta agotada

(Variantico, 2024)

El contenedor escogido es de la marca VARIANTICO. Está fabricado en acero, abierto, con una capacidad de 5.5 m³, pudiendo transportarse en camión. Sus dimensiones son: L 3120 mm, A 1650 mm y H 1250 mm.

El proceso productivo que se describe en el presente anteproyecto es sencillo, carente de instalaciones y equipos complejos. Se trata de un proceso discontinuo, que no presenta un alto grado de automatización, por lo que la intervención humana resulta ser un factor crucial en el desarrollo de la actividad; todos los equipos funcionan de forma autónoma y la coordinación entre ellos se realiza por personal especializado.

Los equipos secundarios tales como bidones para recoger agua, carretillas y otro tipo de herramientas y utensilios se organizan en un almacén de utillaje.

7.4 Gestión de residuos

Como se ha descrito anteriormente, los residuos generados del proceso productivo son dos, por una parte, el agua de rechazo proveniente de la ósmosis inversa, y por la otra, la planta agotada tras el proceso de destilación.

En primer lugar, el agua residual se puede reutilizar para el riego de las propias plantas aromáticas o de otras especies vegetales si solo está contaminada con restos orgánicos y no contiene productos químicos tóxicos. Esto ayuda a reducir la demanda de agua limpia para fines de riego.

A continuación, se adjunta un esquema que refleja el consumo y la recirculación de agua de los equipos por cada lote de producción, donde se puede apreciar que únicamente se genera agua residual a la salida del equipo purificador de ósmosis inversa.

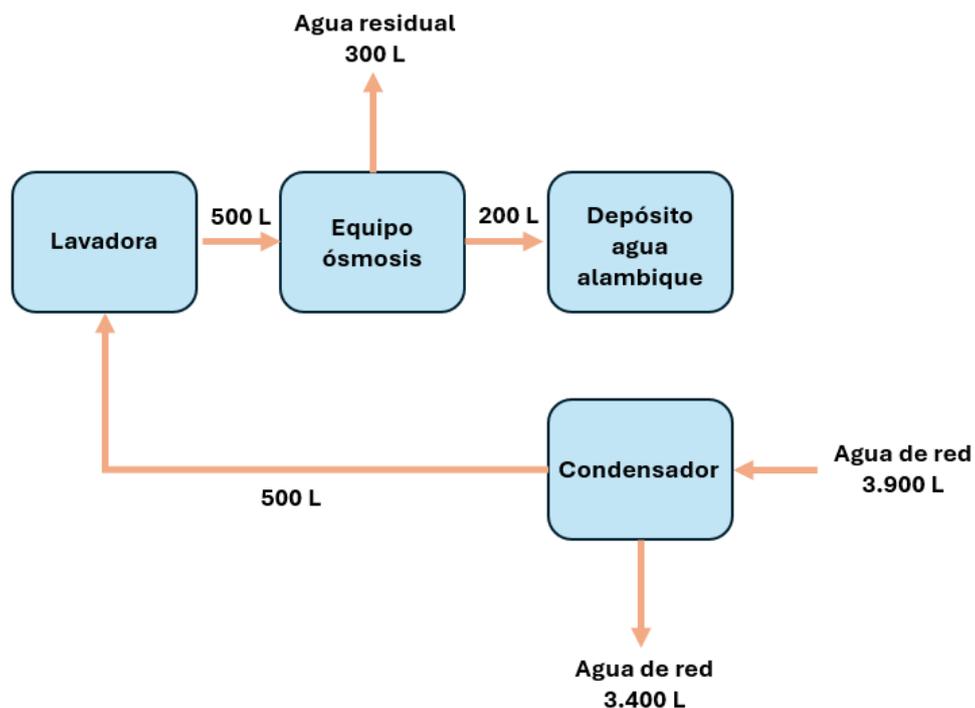


Ilustración 13: Consumo y recirculación de agua de los equipos por lote

Fuente: elaboración propia

En segundo lugar, el material vegetal que se obtiene tras la destilación todavía conserva una cantidad significativa de materia orgánica y nutrientes valiosos. Por lo tanto, una de las aplicaciones principales de dichos residuos podría ser el compostaje para la producción de abono orgánico.

El compostaje es un proceso natural en el que los microorganismos descomponen la materia orgánica en un elemento rico en nutrientes conocido como compost. Este puede utilizarse como enmienda del suelo en agricultura y jardinería, ya que mejora la estructura del terreno, aumentando su capacidad de retención de agua y nutrientes, y tiene una influencia directa sobre la salud de las plantas. Además, el compostaje de los residuos vegetales ayuda a reducir la cantidad de residuos enviados a los vertederos, lo que contribuye a la reducción de la contaminación ambiental y la conservación de los recursos naturales.

En la Ilustración 14, podemos apreciar un esquema básico de un proceso de compostaje. Este proceso cierra el ciclo de los nutrientes, reduciendo la necesidad de utilizar fertilizantes químicos y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema agrícola.

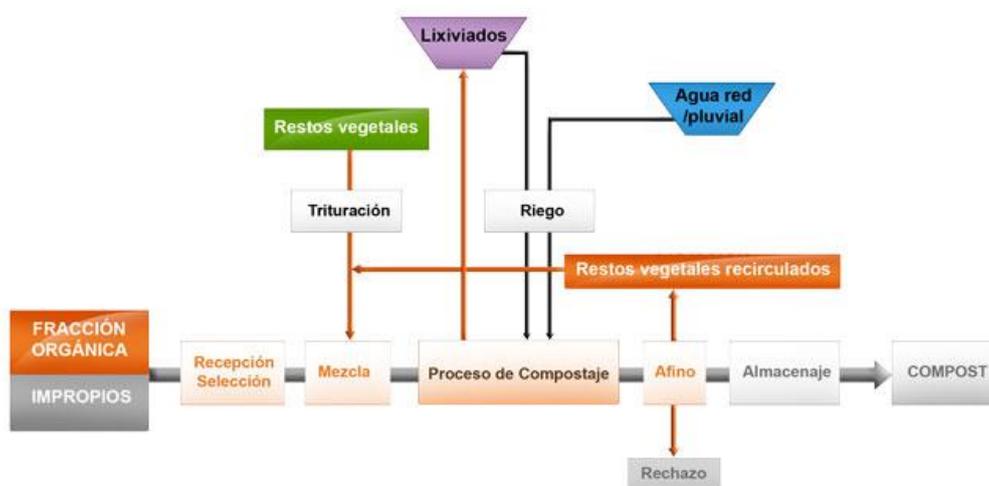


Ilustración 14: Esquema básico del proceso de compostaje
(demográfico, 2024)

Otra aplicación de los residuos vegetales es su utilización como biomasa para la generación de energía. Se considera biomasa a cualquier material orgánico que puede utilizarse como fuente de energía, ya sea directamente como combustible o mediante su conversión en biocombustibles como el biogás o el bioetanol. Los residuos vegetales de la destilación por arrastre de vapor pueden ser utilizados como biomasa para la generación de energía térmica, eléctrica o incluso biocombustibles líquidos, lo que contribuye a diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

La utilización de biomasa se traduce en ahorros significativos para el sistema eléctrico. Entre 2014 y 2019, la capacidad total de generación de energía a partir de biomasa aumentó un 9%.

Durante este período, la biomasa contribuyó con un total de 5,3 TWh de electricidad, lo que representa el 5% de la generación total de energía renovable en ese lapso (Energetica, 2021).

A pesar de contar con un abundante potencial en biomasa, nuestro país se sitúa rezagado en cuanto a su aprovechamiento para la generación de energía, a pesar de ser el tercer país de Europa con mayores recursos biomásicos. Aunque se prevé que el cumplimiento de los objetivos establecidos en el PNIEC 2021-2030 aumentaría la utilización de estos recursos, se estima que sólo representarían alrededor de un 5,8% del potencial total de esta fuente energética, generando aproximadamente 10.050 GWh anuales.

Además, el desarrollo de la biomasa es clave para generar empleo relacionado con las energías renovables. Según el “Balance socioeconómico de las biomásas en España 2017-2021” (Energetica, 2021), se estimó que en 2021 se crearon más de 12.000 empleos vinculados a esta tecnología con respecto al año 2017, especialmente en zonas rurales donde se encuentran los recursos de biomasa. Esto es importante para la Transición Justa y el Reto Demográfico, ya que contribuye al desarrollo económico, social y ambiental de estas regiones. Además, impulsa otros sectores como la agricultura y la ganadería, fomentando la industrialización, la competitividad y el emprendimiento en áreas con baja densidad de población.

En el siguiente gráfico se puede apreciar el considerable aumento de empleo que tuvo lugar en el sector de la biomasa en España entre los años 2017 y 2021.

Creación de empleo sector de la biomasa 2021

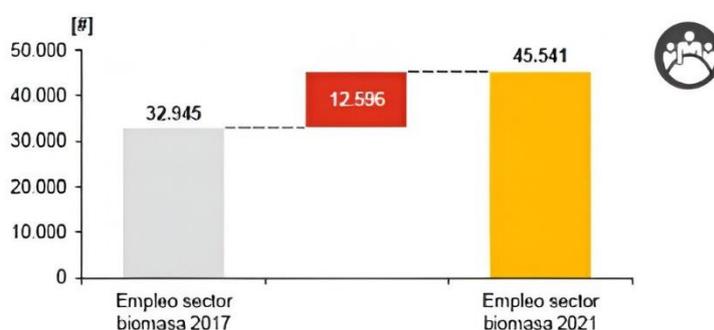


Ilustración 15: Creación de empleo en el sector de biomasa 2017-2021

(Energetica, 2021)

Además del compostaje y la producción de energía, los residuos vegetales también pueden tener otras aplicaciones secundarias. Por ejemplo, en algunas industrias, los residuos vegetales se utilizan como materia prima para la extracción de otros compuestos de interés, como extractos botánicos o aceites secundarios. Estos extractos pueden tener aplicaciones en la industria farmacéutica, cosmética o de alimentos, lo que agrega valor adicional a los residuos vegetales y contribuye a la economía circular.

A pesar de que las prácticas descritas no se llevan a cabo en la industria que se desea diseñar, se presentan a modo de propuesta con el fin de revalorizar los residuos y de sacarles rentabilidad. Al implementar este tipo de ejercicios se favorece la economía circular, ya que los residuos se convierten en recursos aprovechables en lugar de ser desechados. Esto no solo reduce la cantidad de materiales enviados a los vertederos, sino que también maximiza el uso de los recursos naturales disponibles y minimiza el impacto ambiental negativo a la vez que se generan ingresos adicionales y se agrega valor a los residuos.

8. Estudio de mercado

El estudio de la demanda va a permitir estimar que cantidad producir para que la industria encaje en el mercado, a los precios establecidos, en el momento de la constitución y en los años siguientes. Determinar la cantidad a producir es un elemento básico para definir el tamaño de la planta, teniendo esta decisión un fuerte impacto en la estructura de costes del anteproyecto.

El mercado mundial de aceites esenciales se espera que crezca a una tasa compuesta de 8.6% hasta el año 2029, alcanzando volúmenes de mercado superiores a los 22.000 millones de euros (Mondor Intelligence, 2024). Los datos del tamaño de mercado y por consiguiente de producción y demanda muestran una gran variabilidad dependiendo del aceite esencial del que se trate y de la zona geográfica a la que se aluda, siendo determinante para la elección del aceite esencial a producir, la calidad y cercanía a la materia prima necesaria.

Dados los precios y la ventaja que supone el cultivo y la proliferación silvestre del romero en la zona del mediterráneo occidental, no en vano España es el segundo productor mundial, y aprovechando la cercanía de la materia prima a la planta que se proyecta en la Comunidad Valenciana, teniendo en cuenta las ventajas de calidad, precio y frescura, se considera el aceite esencial de romero el más indicado como producto del proyecto.

Concretamente el mercado mundial de aceite esencial de romero fue de 13.210 millones de euros en 2021 y se prevé que alcance los 17.530 millones de euros para 2030 suponiendo tasas de crecimiento compuesto anual del 3.16%, según Business Research Insights (Insights, 2024). Teniendo en cuenta que España es uno de los principales productores mundiales, siendo el precio litro de aceite esencial de 291 € (ETSY, 2024)¹, la opción de producir aceite esencial de romero es muy interesante en un sentido económico.

¹ La variabilidad del precio de venta del aceite esencial de romero es enorme fluctuando entre 100,00 € y 1.500,00€ litro, por lo que se ha optado por un precio moderado para tener mayor penetración de mercado.

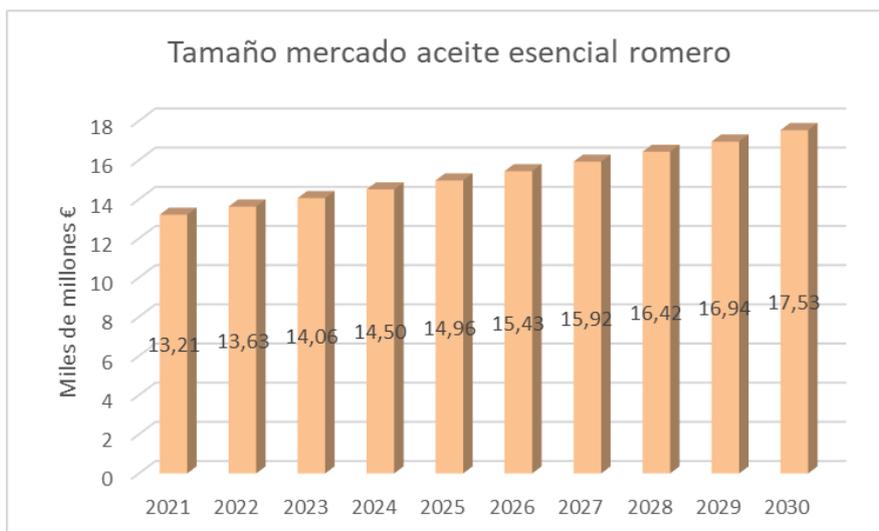


Ilustración 16: *Tamaño de mercado de aceite esencial de romero*

Elaboración propia. Fuente: (Insights, 2024)

Los principales actores del mercado a nivel mundial son Prinova (USA), Biolandes (Francia), Royal aroma (USA), Bordas SA (España), R.K. Compañía de aceites esenciales (India).

En cuanto a la demanda, más de la cuarta parte radica en Europa, teniendo un gran potencial de crecimiento basado en el desarrollo de la cosmética natural, perfumes y alimentación. Se espera que la mayor expansión de la demanda se de en el mercado Asia-Pacífico que se espera que tenga las mayores tasas de crecimiento.

Respecto a los canales de distribución la venta directa es la más importante utilizando los medios y plataformas electrónicas alojadas en internet, teniendo también importancia la distribución minorista a través de tiendas especializadas, farmacias, y alimentación (Emergen, 2024).

La producción nacional de aceite esencial de romero puro es de 1400 toneladas (STANPA, 2023). Asumiendo que su densidad es de 0.895 g/ml, la producción total en litros es de 1.564.245 litros, con estos datos y las expectativas de crecimiento del mercado podemos estimar que en un primer momento podemos colocar en el mercado 3.000 litros/año de aceite esencial de romero.

9. Tamaño de planta

Para poder dimensionar el tamaño de la planta de la que se va a hacer uso, se parte del estudio de mercado. Como bien se ha explicado, se busca alcanzar una producción de 3.000 litros de aceite de romero al año para satisfacer las necesidades del mercado y obtener beneficios.

Previamente a calcular la superficie total que ocupan los equipos necesarios se presenta tabla de equipos con rendimiento y dimensiones con objeto de facilitar el cálculo y verificar la idoneidad de los elementos escogidos.

Tabla 3: Dimensionamiento y rendimiento de los equipos empleados

Fuente: elaboración propia

Proceso	Equipo	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Diametro (mm)	Rendimiento
Pretratamiento	Lavadora de vegetales	5000	1250		1200-1500 kg/h
	Secadora	4460	2200		500 kg/2 h
	Trituradora	590	550		120 kg/h
Purificación	Equipo de ósmosis	1010	650		40%
Destilación	Destilador	1600	1480		2,66%/kg MP
Almacenamiento	Depósito hidrolato	1200	1000		1000 L
	Depósito aceite esencial			370	50 L
Residuos	Contenedor planta agotada	3120	1650		5500 L

Los rendimientos de los distintos equipos se han tomado de las especificaciones técnicas de los fabricantes, exceptuando el caso de la destiladora, donde el rendimiento depende de las condiciones en las que se desarrolla el proceso químico. La influencia que tienen ciertos factores como el flujo de vapor (kg/h), la carga de materia prima (kg) y el estado previo de la misma (seca o húmeda) sobre el rendimiento del proceso, resulta ser determinante para obtener un producto con el mayor porcentaje de pureza posible, tal y como se registra en las verificaciones experimentales contenidos en el estudio “Optimización de la extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) utilizando diseños secuenciales” (Sevillano, Siche, Castillo Martínez, & Silva, 2019).

A continuación, se determina la superficie total que ocupan todos los equipos requeridos para lograr la producción definida con objeto de determinar la superficie de la parcela o nave. Para ello, se emplea el método Guerchet.

Superficie estática (Ss) = Largo · Ancho; es el factor dimensional puro del equipo, expresándose en m². En el caso de equipos cilíndricos la superficie estática se calculará mediante $Ss = \pi \cdot r^2$, siendo r el radio en metros.

Superficie gravitacional (Sg) = Ss · n; siendo n el número de lados; Es la superficie circundante a la estática y que permite la accesibilidad al equipo por cualquiera de sus cuatro lados. Al ser n adimensional la superficie gravitacional se expresa en m²

Superficie de evolución (Se) = (Ss + Sg) · k; siendo k el coeficiente de evolución que se calcula a partir h1 que es la altura promedio ponderada de los elementos móviles y h2 que es la altura promedio ponderada de los elementos estáticos. En el caso que nos ocupa $k = (h1/2) \cdot h2 = 0,1$. Al ser k adimensional la superficie de evolución se expresa en m^2 .

Superficie total (St) = N · (Ss + Sg + Se); siendo N el número de elementos. Al ser N adimensional la superficie total resultante se expresa en m^2 .

A modo de ejemplo se calcula la superficie total de un equipo por el método de Guerchet, calculando de igual modo la totalidad de equipos necesarios, cuyo cálculo no se realiza para evitar la reiteración, pero cuyos resultados se explicitan en una tabla de apoyo.

Tomemos el equipo de lavado del que vamos a calcular su superficie total.

$$S_s = \text{largo} \cdot \text{ancho} = 5 \cdot 1,25 = 6,25 \text{ m}^2$$

$$S_g = S_s \cdot n = 6,25 \cdot 4 = 25 \text{ m}^2$$

Cómo queremos que el equipo esté accesible por todos los lados por cuestiones de limpieza y mantenimiento consideramos $n=4$

$$S_e = (S_s + S_g) \cdot k = (6,25 + 25) \cdot 0,1 = 3,13 \text{ m}^2$$

Por último, la superficie total del equipo será:

$$S_t = N \cdot (S_s + S_g + S_e) = 1 \cdot (6,25 + 25 + 3,13) = 34,38 \text{ m}^2$$

Las necesidades de superficie del anteproyecto se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4: Superficies de los equipos obtenidas con el método Guerchet

Fuente: elaboración propia

Equipos	N	Ss	Sg (m ²)	Se (m ²)	St (m ²)
Lavadora vegetales	1	6,25	25,00	3,13	34,38
Secadora	2	9,81	39,25	4,91	107,93
Trituradora	3	0,32	1,30	0,16	5,35
Equipo de ósmosis	1	0,66	2,63	0,33	3,62
Destilador	3	2,37	9,47	1,18	39,07
Depósito hidrolato	2	1,20	4,80	0,60	13,20
Contenedor planta agotada	1	5,15	10,30	1,54	16,99
				St equipos	220,55

El número de unidades que se requiere de cada equipo se ha escogido en función del rendimiento del mismo y de la producción que se desea alcanzar.

El valor de superficie obtenido se corresponde con el espacio imprescindible para el funcionamiento y accesibilidad de los equipos.

De manera adicional, se deben de contemplar todos aquellos espacios necesarios para el correcto desempeño de la actividad, así como almacenes y otras zonas. Dichas áreas a tener en cuenta quedan reflejadas en la siguiente tabla:

Tabla 5: Superficies de espacios

Fuente: elaboración propia

Instalación	Longitud (m ²)	Ancho (m ²)	Superficie (m ²)
Recepción de materias primas	12	12	144
Almacén aceites esenciales	7	5	35
Almacén de herramientas y utillaje	7	5	35
Vestuarios	5	5	25
Oficina	5	5	25
		St instal.	264

La superficie total necesaria para el desarrollo de la actividad productiva será la suma de las dos superficies:

$$ST = 220,55 + 264 = 484,55 \text{ m}^2$$

A continuación, se valora si con el tamaño de planta calculado se alcanza el objetivo de producción fijado en 3.000 L/año.

En base a las características técnicas de los equipos y a la dotación de personal el tiempo de ejecución de un lote se resume en la siguiente tabla de tiempos de fase:

Tabla 6: *Tiempos de actividad de los equipos*

Fuente: elaboración propia

Fase	Equipo	Tiempo (min)
Pretratamiento	Lavadora de vegetales	15
	Secadora	36
	Trituradora	50
Destilación	Preparación destiladora	60
	Destilador	120
Almacenamiento	Tiempo de carga, descarga y limpieza	60
		341

El equipo de ósmosis, al ser un proceso auxiliar que se ejecuta simultáneamente a otros procesos no supone una adición al tiempo total de producción de un lote.

El tiempo total de un lote es de aproximadamente 6 horas por lo que se realizan 2 lotes al día. Teniendo en cuenta que la cantidad inicial de materia prima para un lote es de 300 kg, correspondiente a la capacidad máxima de carga de los tres destiladores, y que el rendimiento establecido de obtención de aceite esencial (AS) es de 2.66% del input inicial, obtenemos por cada lote:

$$\text{AER lote} = 300 \text{ kg} \cdot 2,66 \% = 7,98 \frac{\text{kg}}{\text{lote}}$$

Teniendo en cuenta que cada día se procesan dos lotes tenemos:

$$\text{AER día} = 7,98 \frac{\text{kg}}{\text{lote}} \cdot 2 \frac{\text{lote}}{\text{día}} = 15,96 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Tomando la densidad del Aceite esencial de romero, $\rho = 0,895 \text{ g/ml}$, calculamos la producción diaria en litros:

$$\text{AER día} = 15,96 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \cdot \frac{1 \text{ mL}}{0,895 \text{ g}} = 17832,4 \frac{\text{mL}}{\text{día}}$$

$$\text{AER día} = 17832,4 \frac{\text{mL}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 17,83 \text{ L}$$

$$\text{AER año} = 17,83 \text{ L} \cdot 247 \text{ días} = 4.404,01 \frac{\text{L}}{\text{año}}$$

Teniendo en cuenta que la planta estará en funcionamiento todos los días laborables del año, calculados como 365 días menos 104 sábados y domingos menos 14 días de fiestas al año tenemos 247 días.

De esta manera se demuestra que el tamaño de planta calculado resulta ser más que suficiente para superar con creces la producción anual de aceite esencial establecida.

10. Distribución en planta

Con el fin de lograr una distribución en planta que resulte óptima, existen diversos factores que se deben tener en cuenta a la hora de plantear de qué manera se organizarán los diferentes equipos y procesos que hacen posible el correcto desarrollo de la actividad en cuestión.

Dichos factores presentan una influencia directa sobre la eficiencia del proceso y entre ellos podemos destacar:

- El peso, volumen y movilidad del producto.
- La complejidad del producto final.
- La medida en que el proceso tiende hacia la producción en masa.

Para proponer una distribución en planta idónea, se han seguido los seis principios R.Murther, quien fue un gran pensador que, en vista de la necesidad de establecer una industria que produjera a su máxima capacidad, propuso eliminar cualquier desperdicio en todos los sentidos. Consideró que implantar una metodología de distribución era tan importante como la industria en sí misma.

Los principios son los siguientes (SL, 2024):

-Integración de Conjunto:

La mejor distribución incluye a todos los operarios, equipos, actividades y factores del proceso de fabricación para lograr un mayor compromiso entre las partes involucradas. No se debe excluir nada relacionado con la producción en la industria; todo lo que comprende el proceso de fabricación debe estar incluido. La exclusión de cualquier parte o factor puede destruir la eficiencia del proceso de fabricación.

-Mínima Distancia Recorrida:

La distribución ideal es aquella que permite que la distancia recorrida por el material entre las operaciones sea lo más corta posible. Es crucial considerar la distancia en cada operación y seleccionar siempre la ruta más corta, cómoda y segura. Pensar que las operaciones no necesitan un orden específico es un error que se puede traducir en fallos e incidencias durante el proceso.

-Circulación o Flujo de Materiales:

Una de las mejores distribuciones organiza las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso siga el mismo orden o secuencia en que se tratan, montan o elaboran los materiales. Esto significa que la primera operación comienza con la integración del material en la industria y culmina con el almacenamiento del producto final, asegurando un flujo continuo y ordenado de materiales.

-Espacio Cúbico:

Se busca emplear de manera efectiva todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontal. Este principio implica aprovechar el espacio mediante el uso de estantes y otros métodos de almacenamiento vertical para maximizar la capacidad del área de trabajo sin desperdiciar espacio.

-Satisfacción y Seguridad:

La distribución más efectiva es aquella que hace el trabajo más satisfactorio y seguro para los operarios, así como para los materiales y la maquinaria. Un ambiente ordenado y seguro aumenta la satisfacción y confianza de los trabajadores, lo cual es fundamental para una producción eficiente y de alta calidad. Todo debe estar bajo control para minimizar riesgos y maximizar la comodidad y seguridad.

-Flexibilidad:

La distribución debe ser capaz de ajustarse o reordenarse en caso de imprevistos o necesidades de cambio. Evaluar la distribución regularmente asegura que la disposición sea útil y fluida para la producción. Una distribución flexible permite adaptarse a cambios en la demanda, en los procesos productivos o en la introducción de nuevas tecnologías, asegurando la continuidad y eficiencia de la producción.

A continuación, se propone una distribución en planta que se ha estructurado conforme a los criterios explicados.

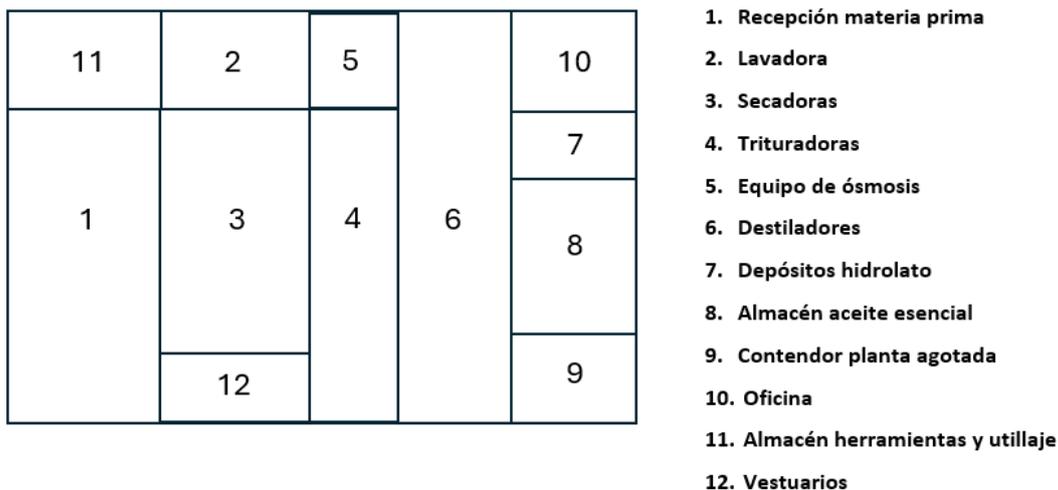


Ilustración 17: Distribución en planta

Fuente: elaboración propia.

11. Localización

La ubicación de la planta industrial es un factor crucial que puede afectar significativamente a su eficiencia, costes y relación con el entorno.

Para determinar un emplazamiento adecuado para el desarrollo de la actividad industrial en cuestión, se seleccionan un total de cinco factores que se consideran relevantes para esta elección.

Tabla 7: Factores escogidos para la selección de la ubicación de la planta industrial

Fuente: elaboración propia

F1. Proximidad a proveedores
F2. Accesibilidad
F3. Precio suelo
F4. Proximidad al mercado
F5. Cercanía a núcleos urbanos

A continuación, se priorizan los factores seleccionados empleando para ello una matriz de dominación factorial.

Para crear esta matriz, se asigna un peso a cada uno de los factores de localización según su importancia relativa en la toma de decisiones. Luego, se evalúa cada ubicación potencial en función de estos factores y se les asigna una puntuación o valor en relación con cada uno.

Por ejemplo, si el suelo es considerado muy importante, se le asigna un peso alto a este factor en la matriz. Luego, se evalúan las diferentes ubicaciones en términos de suelos y se asignan puntuaciones basadas en esa evaluación. Este proceso se repite para cada factor.

Al final, la matriz de dominación factorial proporciona una forma estructurada de comparar diferentes ubicaciones y tomar decisiones informadas sobre cuál es la mejor opción en función de los factores seleccionados y su dominancia asignada.

P_{ij}= prioridad de i sobre j

P_{ji}= prioridad de j sobre i

P_{ij}+P_{ji}=10

Tabla 8: Matriz de dominancia

Fuente: elaboración propia

	F1	F2	F3	F4	F5	Sumatorio (Σ)	Σ normalizado
F1	-	4	7	5	8	24	0,24
F2	6	-	8	6	9	29	0,29
F3	3	2	-	4	7	16	0,16
F4	5	4	6	-	8	23	0,23
F5	2	1	3	2	-	8	0,08

Tabla 9: Porcentaje en base a los factores de localización

Fuente: elaboración propia

FACTOR LOCALIZACIÓN	PESO (%)
F1	24
F2	29
F3	16
F4	23
F5	8

Como se puede observar en la tabla 8, se ha considerado que el factor más importante se corresponde con la accesibilidad, ya que influye directamente sobre el transporte y las infraestructuras logísticas. Los costes de transporte representan una parte significativa de los gastos operativos. Una ubicación accesible reduce estos costes, mejorando así la rentabilidad. Adicionalmente, la accesibilidad facilita la integración de la planta en las cadenas logísticas existentes, optimizando tiempos de transporte y reduciendo la necesidad de almacenamiento intermedio.

En segundo y tercer lugar, se encuentran la proximidad a proveedores y la proximidad al mercado, respectivamente. A pesar de que ambos criterios tienen un peso importante a la hora de seleccionar una ubicación adecuada, se ha considerado que la proximidad a los proveedores es ligeramente más importante dado que el mercado se encuentra más disperso y resulta más complejo abarcar a la mayoría de interesados a partir de una única ubicación.

Seguidamente, se ha determinado que el precio del suelo es el factor que ocupa el cuarto lugar. Dicha variable se debe de valorar detenidamente puesto que tendrá una repercusión directa sobre el presupuesto de ejecución y por lo tanto, sobre la rentabilidad económica y financiera del proyecto.

Finalmente, a la cercanía a núcleos urbanos se le ha otorgado la menor relevancia, a pesar de ser un factor a tener en cuenta dado que ofrece acceso conveniente a una amplia gama de mano de obra cualificada, aprovechando la densidad poblacional y minimizando los tiempos de desplazamiento para los empleados. Además, estar cerca de áreas urbanas mejora la imagen de la empresa, pudiendo atraer así a posibles clientes e inversores.

Atendiendo al tamaño de la planta, este resulta ser un criterio fundamental para la selección de la ubicación de la planta industrial. Como se ha calculado anteriormente, la superficie útil es de 484,55 m², sin embargo, la superficie total de la planta deberá ser considerablemente mayor para poder cumplir con todos los criterios y restricciones obligatorias dictadas en las ordenanzas urbanísticas.

Se proponen tres polígonos situados en municipios distintos:

Tabla 10: Propuestas de polígonos para la ubicación de la planta industrial

Fuente: elaboración propia

Polígono 1	Polígono Industrial de Paterna. Fuente del Jarro.
Polígono 2	Polígono Industrial de Aiello de Malferit. Els Serrans.
Polígono 3	Polígono industrial de Alcalá de Henares. El Cerrillo.

A continuación, se busca para cada polígono la información urbanística a la cual se encuentra sujeto. Para llevar a cabo un análisis contrastado, los resultados se presentan en una tabla para facilitar la comparación entre ellos.

Tabla 11: Restricciones de los polígonos industriales propuestos

Elaboración propia. Fuente: (Ordenanzas municipales, 2024)

Criterios/Restricciones	Polígono 1	Polígono 2	Polígono 3
Coefficiente de ocupación sobre parcela (%)	100	100	50
Coefficiente de edificabilidad (m ² /m ²)	1	1	0,745
Retranqueos respecto vial principal (m)	5	0	6
Retranqueos a <u>linde lateral</u> /trasero (m)	Lateral : 3 Trasero : 5	Lateral : 3 Trasero : 3	Lateral : 3 Trasero : 6
Altura máxima de cornisa (m)	3 plantas en edificación de fachada. Dentro de parcela no hay límite	2 plantas o 9m	3 plantas o 12m
Aparcamientos (exigencia mínima) (m ²)	10%	1 por cada 150m ²	<u>Habrán como máximo</u> 755 plazas de 12m ²
Porcentaje superficie ajardinada (%)	-	-	-

Con el fin de poder determinar el mejor emplazamiento, se hace una suma ponderada, de manera que el polígono que obtenga un valor mayor será el seleccionado.

Para ello, se emplean los pesos de cada factor recogidos en la tabla 8 y la siguiente escala para evaluar los polígonos para cada uno de los factores:

1. Cumple el criterio muy mal
2. Cumple el criterio mal
3. Cumple el criterio regular
4. Cumple el criterio bien
5. Cumple el criterio muy bien

Tabla 12: Tabla resumen de los criterios de localización con suma ponderada

Fuente: elaboración propia

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Suma ponderada
Peso (%)	24	29	16	23	8	100
Polígono 1	5	3	4	4	3	77,4
Polígono 2	3	5	3	5	5	84
Polígono 3	4	2	2	3	3	55,8

En base a los resultados obtenidos, el polígono seleccionado se corresponde con:

Polígono Industrial de Aiolo de Malferit. Els Serrans.

Dicho polígono es el que cumple más satisfactoriamente los factores seleccionados para el emplazamiento de la actividad industrial propuesta.

Una vez se conoce la ubicación del polígono donde se va a desarrollar nuestra actividad industrial, se calcula la superficie de parcela necesaria atendiendo las ordenanzas urbanísticas correspondientes y siempre en busca de optimizar el espacio de la nave en planta, pero sin exceder el coeficiente de edificabilidad indicado en las ordenanzas.

Además, se debe de considerar un espacio de aparcamiento de vehículos, exigiéndose como mínimo 1 plaza por cada 150 m² útiles, tal y como se registra en la ordenanza del municipio seleccionado. En este caso, la industria dispondrá de 10 plazas, con una superficie media de 10,8 m² cada una asumiendo unas dimensiones de 4,5 m de largo por 2,40 m de ancho por cada plaza. Este número de plazas resulta ser más que suficiente teniendo en cuenta tanto trabajadores como clientes y visitas.

Por lo tanto la superficie de parcela requerida sin tener en cuenta el retranqueo se calcula como:

$$484,55 \text{ m}^2 (\text{nave}) + 10 \text{ plazas} \cdot 10,8 \text{ m}^2 (\text{aparcamientos}) = 592,55 \text{ m}^2$$

Finalmente, se calcula la superficie de retranqueo teniendo en cuenta que se debe de dejar 3 metros de separación en los laterales y en la parte trasera.

$$\text{Superficie de retranqueo: } (29,65 \cdot 3) \cdot 2 + (20 - 6) \cdot 3 = 219,9 \text{ m}^2$$

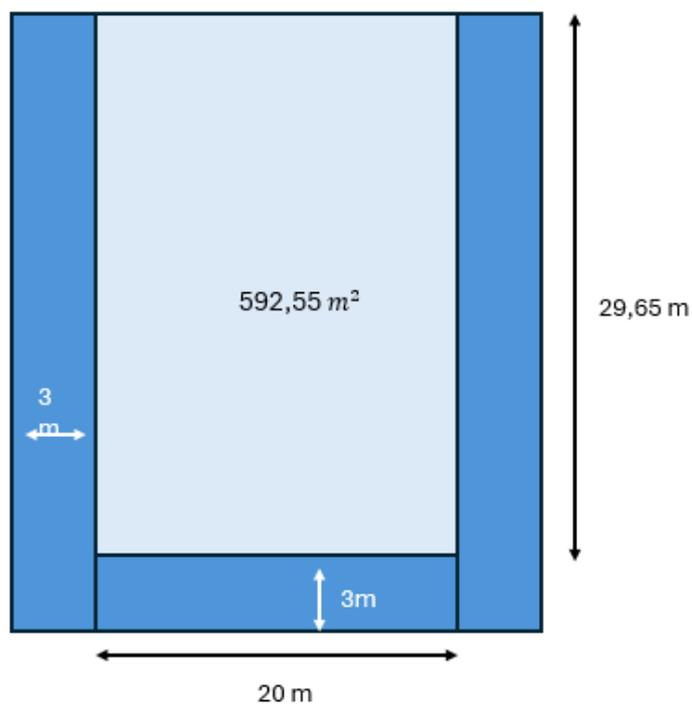


Ilustración 18: Superficie de parcela requerida

Fuente: elaboración propia

Finalmente, la superficie de parcela total necesaria es de:

$$SP = 592,55 \text{ m}^2 + 219,9 \text{ m}^2 = 812,45 \text{ m}^2$$

Llegados a este punto, se visita la Sede Electrónica del Catastro y se selecciona aquella parcela que cumpla con las necesidades planteadas.

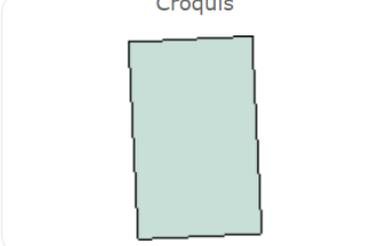


Ilustración 19: Localización catastral de la parcela seleccionada
(Catastro, 2024)

Información de parcelas e inmuebles

PARCELA CATASTRAL 9675703YJ0097N 

Croquis



Fotografía fachada



FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE

AV CEPES MARES 13
AIELO DE MALFERIT (VALENCIA)
938 m²

Más información de la parcela 

INFORMACIÓN DE LOS INMUEBLES 

 Excel

9675703YJ0097N0001RA AV CEPES MARES 13 Suelo
Suelo sin edif., obras urbaniz., jardinería, constr. ruinosa | | 100,00% | 0

Ilustración 20: Información detallada de la parcela seleccionada
(Catastro, 2024)

Por lo tanto, la parcela seleccionada se corresponde con la parcela número 03 con código 96757-03 y referencia catastral 9675703YJ0097N0001RA, situada en el polígono Els Serrans, ubicado en el municipio de Aielo de Malferit, perteneciente a la provincia de Valencia, con superficie de 938 m².

Como se puede apreciar, se ha seleccionado una parcela con un tamaño superior al requerido, considerando así la posibilidad de crecimiento y expansión en caso de futuros cambios en la producción.

12. Normativa de aplicación

La ley que aplica a un proyecto depende en gran medida de su alcance y naturaleza debido a las diferentes necesidades regulatorias y preocupaciones asociadas con los diferentes tipos de actividades existentes. Además, proyectos con un impacto significativo en el medio ambiente, la salud pública o la comunidad local pueden estar sujetos a regulaciones más estrictas para garantizar su protección. Esto puede incluir evaluaciones de impacto ambiental y cumplimiento de normativas específicas.

La **Ley 6/2014, de 25 de Julio, de Prevención, Calidad, y Control Ambiental de Actividades** en la Comunidad Valenciana reconoce cuatro tipos de clasificación de actividades en función de cómo responden ante unos criterios definidos.

Se diferencia entre la autorización ambiental integrada, la licencia ambiental, la declaración responsable ambiental y la comunicación de actividades inocuas, en función del grado de contaminación que ejercen los residuos generados de la actividad industrial en cuestión, sobre el medio ambiente.

Concretamente, el tipo de actividad que ocupa el presente proyecto queda recogida en el punto 4 "Industria Química" del Anexo II de la Ley mencionada. Es por ello que, para tramitar el proyecto será necesaria una licencia ambiental. Esta licencia llevará implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios por el tiempo de vida útil del proyecto, obra o actividad.

Por otra parte, como también es necesaria la edificación de la planta, será imprescindible la tramitación de una licencia de obras que será concedida por el ayuntamiento de la localidad donde se instala la planta de destilación aromática, por lo que en este caso se deberá acudir al ayuntamiento de Aielo de Malferit para la solicitud de la misma.

Una vez hayan finalizado las actividades de ejecución precedentes, será obligatorio certificar que las obras se han desarrollado conforme a lo estipulado en el proyecto y se deberá de incluir si procede, aquellas modificaciones que hayan podido tener lugar durante el transcurso de las obras.

Cabe señalar que, al tratarse de una industria, es preceptiva la solicitud de inscripción en el registro industrial de la Conselleria de Innovación, Industria, Comercio y Turismo de la Generalitat Valenciana, en un solo acto realizado tras el proyecto y certificado final de obra.

A continuación, se presenta la normativa mínima que se exige a nivel estatal y autonómico para las licencias ambientales con habilitación de obras.

a) NORMATIVA ESTATAL

Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y sus modificaciones.

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

b) NORMATIVA AUTONÓMICA

P.G.O.U. y Ordenanzas pertinentes

Ley 5/2022, de 29 de noviembre, de la Generalitat, de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular en la Comunitat Valenciana.

Decreto 65/2019, de 26 de abril, del Consell, de regulación de la accesibilidad en la edificación y en los espacios públicos.

Ley 6/2014, de 25 de julio, de la Generalitat de Prevención, Calidad y Control Ambiental de Actividades en la Comunitat Valenciana.

Decreto 81/2013, de 21 de junio, del Consell, de aprobación definitiva del Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana.

Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.

Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.

Ley 1/1998, de 5 de mayo, de la Generalitat Valenciana, de Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas, Urbanísticas y de la Comunicación.

13. Evaluación económica

Toda la fundamentación y análisis del proceso pierde su sentido si finalmente el proyecto no es rentable en términos económicos y financieros. Se entiende por rentabilidad económica la relación entre el beneficio antes de impuestos y el activo total, determinando cual es la capacidad de generar resultados por parte del activo independientemente de la financiación, a su vez entendemos por rentabilidad financiera la relación entre el beneficio neto y los capitales propios, es decir, establece la capacidad de generar beneficios los fondos propios (Prieto & Espinosa Salas, 2024).

Para realizar esta evaluación económica partiremos de la estimación del presupuesto inicial, compuesto por todos los elementos indispensables para que la actividad pueda comenzar. Este presupuesto equivale a la inversión inicial necesaria.

Después de la estimación de la inversión inicial calcularemos el presupuesto de explotación y la predicción de ventas en base a precios de venta prudentes dentro del mercado y los costes en base al método de Peters & Timmerhuse (Trejo Salas, 2024), para por último calcular el valor actual neto (VAN), tasa interna de rendimiento (TIR) y payback (tiempo en que la inversión inicial es recuperada). Se establece un horizonte temporal de 10 años.

El horizonte temporal escogido es lo suficientemente largo como para poder realizar evaluaciones de largo plazo. Un horizonte mayor nos haría caer en incoherencias como consecuencia de la incertidumbre de los parámetros de cálculo que se tiene. Hacer una predicción razonable y certera de, por ejemplo, la inflación a más de 10 años es una hipótesis sobre la que no tenemos fundamentos racionales.

Seguidamente se calculan ambos presupuestos y se termina con una tabla resumen y cuenta de pérdidas y ganancias.

Se parte de los presupuestos calculados en el Documento II.

Tabla 13: Resumen de los presupuestos calculados

Fuente: elaboración propia

Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	296.939,47 €
Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)	350.388,57 €
Presupuesto de Inversión (PI)	423.970,17 €

En este punto se dispone de las condiciones necesarias para elaborar el presupuesto de explotación.

Presupuesto de explotación

En primer lugar, calcularemos la amortización, que consiste en el cálculo del importe del gasto que repercutiremos anualmente, de aquellos elementos que su vida útil es superior a un año y que sufren una depreciación real por el uso. El importe fiscalmente deducible por la amortización es un valor tabulado establecido por la Agencia Tributaria que se aplicará en su valor máximo, sin considerar valores superiores a los establecidos por simplicidad de cálculo y no afectar seriamente a la viabilidad del negocio. Se utiliza la amortización lineal, es decir un porcentaje fijo sobre el valor del bien.

El importe de la amortización recoge el coste efectivo de los bienes más todos los gastos inherentes a ellos hasta su puesta en funcionamiento (transporte, licencias, impuestos no deducibles, etc).

Aplicando los coeficientes lineales máximos aportados por la Agencia Tributaria (2024), la amortización que se obtiene es la siguiente:

Tabla 14: Amortizaciones

Fuente: elaboración propia

Tipo de elemento	Importe	Coefficiente lineal máximo	Amortización anual	Valor residual
Nave	96.910,00 €	3%	2.907,30 €	67.837,00 €
Terrenos	93.800,00 €	0	- €	- €
Equipos	74.717,97 €	12%	8.966,16 €	- €
			11.873,46 €	67.837,00 €

El valor residual se considera como la diferencia entre el coste y la amortización acumulada en el periodo de tiempo considerado, que en este caso es de 10 años, aunque se debe de tener en cuenta que para los equipos el periodo de tiempo que se emplea para su completa amortización es de algo más de 8 años, por lo que al final del periodo de cálculo su valor residual es cero al estar completamente amortizado.

Los terrenos se consideran que no se deprecian por el uso por lo que su vida útil es infinita, salvo catástrofe natural, consecuentemente no se amortizan.

Seguidamente se procede a calcular los ingresos anuales, suponiendo que la producción anual se vende completamente, teniendo en cuenta el precio por litro de aceite esencial de romero, calculamos el ingreso anual total como:

$$\text{Ingreso anual por venta de AER} = 4.404,01 \frac{L}{\text{año}} \cdot 291 \text{ €} = \mathbf{1.281.566,91 \text{ €}}$$

A continuación, calculamos el presupuesto de los gastos de explotación. Se consideran como gastos de explotación el coste de la materia prima, coste de la energía, coste del agua y el coste de personal.

1. Coste de materia prima (CMP)

La materia prima necesaria para la producción de un año se calcula como 300 kg que es el input de un lote por el número de lotes anuales:

$$\text{CMP} = 300 \text{ kg} \cdot 2 \text{ lotes} \cdot 247 \text{ días} \cdot 7,24 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = \mathbf{1.072.968,00 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

El precio de la rama de romero fresca tiene fluctuaciones por lo que se ha tomado un valor prudente dentro las ofertas mostradas en el mercado de hierbas aromáticas (AgroMarket 24, 2024)

2. Coste salarial

Por las características del proceso productivo discontinuo se precisa de la contratación de personal en la línea de producción, en la gestión administrativa y en la dirección.

En la línea de producción se precisan dos turnos de seis horas correspondiente a la asistencia de los dos lotes de producción diarios, por lo que se tendrán 6 trabajadores a tiempo parcial de seis horas diarias cada uno. Adicionalmente se contrata a jornada completa un administrativo y un ingeniero químico.

Tabla 15: Coste salarial

Fuente: elaboración propia.

Puesto	Cantidad	Salario	Seguridad Social	Coste total
Operario	6	15.390,02 €	5.848,21 €	21.238,23 €
Administrativo	1	20.520,02 €	7.797,61 €	28.317,63 €
Ingeniero químico	1	46.877,72 €	17.813,53 €	64.691,25 €
				114.247,11 €

Los costes salariales se obtienen del convenio colectivo nacional de las empresas y personas trabajadoras de perfumería y afines (BOE, 2024), convenio de adscripción dada la actividad de la empresa. Al coste salarial se ha añadido el coste social correspondientes a las cotizaciones a la Seguridad Social a cargo de la empresa.

3. Coste de la energía

Resumimos la tabla de gasto energético de cada uno de los equipos intervinientes del proceso, datos obtenidos de la ficha de características técnicas de cada uno de ellos.

Tabla 16: Coste energético

Fuente: elaboración propia.

Equipo	Unidades	Potencia (kW)	Tiempo trabajo (h)	Consumo diario (kWh)	Consumo anual (kWh)
Lavadero	1	5,1	0,25	2,55	629,85
Secadora	2	3,6	0,6	8,64	2.134,08
Trituradora	3	2,2	0,83	10,956	2.706,13
Purificador	1	1,1	1	2,2	543,4
					6.013,46
Quemador de gas	3	34	2	408	100.776,00

Teniendo en cuenta que el precio de la electricidad es de 0.15 € kWh (ESIOS Red eléctrica, 2024), el coste anual de la energía eléctrica es:

$$CE = 6.013,46 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot 0,15 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 902,02 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Hacer notar que el quemador de gas funciona mediante gas natural por lo que no consume energía eléctrica.

El coste del gas de los quemadores es:

$$CG = 100.776 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot 0,084 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} + 12 \text{ meses} \cdot 6,15 \text{ €} = 8.538,98 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Al precio del consumo de gas se ha añadido un término fijo de suministro que cobra la compañía distribuidora (Guillen Amo, 2024).

4. Coste del agua

El único equipo que necesita de un aporte de agua de red continuo durante su funcionamiento es el condensador. Concretamente precisa de una alimentación de 650 L/h por destilador por cada lote que se efectúa. Por lo tanto, por cada lote se consumen 3.900 L de agua, como al día se efectúan dos lotes, el consumo diario de agua se cifra en 7.800 L.

De dicha cantidad, 500 L se recirculan a la fase de lavado, y el resto se desecha. Esta decisión se toma en base a que el agua que abandona el condensador presenta una temperatura elevada como consecuencia del contacto con el vapor. Es por este motivo que dicha agua habría que refrigerarla o esperar a que se enfríe antes de volver a ser empleada en una condensación. Sin embargo, esto no supone un problema para la fase de lavado, donde las altas temperaturas del agua pueden llegar incluso a favorecer al proceso. Como el tiempo y el espacio son parámetros clave que se traducen directamente en términos económicos, y teniendo en cuenta que el precio de agua por litro es considerablemente bajo, no vale la pena conservar dicha agua, sino que es dirigida hacia la zona de pluviales al no requerir de ningún tipo de gestión dado que no contiene residuos ni ha sido manipulada químicamente.

Por otra parte, los 500 L de agua que se emplean en la lavadora, son tratados mediante ósmosis inversa, por lo que se consigue purificar un total de 200 L de agua por lote, la cual es dirigida a los depósitos de los alambiques donde pasará a fase vapor durante el proceso de destilación.

Gracias a este equipo de purificación se logra un ahorro de 400 L de agua al día, lo que se traduce en 98.800 L de agua anuales.

Por lo tanto, se concluye que para el correcto funcionamiento de la industria se requieren 7.800 L de agua de red al día, es decir, 1.926.600 L al año, que equivale a 1.926,6 m³.

El precio por m³ de agua en la Comunidad Valenciana es de 2,23 €/m³ (Zvik, 2024) por lo que el coste anual en agua será de **4.296,32 €**

Llegados a este punto, se tienen las partidas básicas para poder plantear una cuenta de resultado del primer año de actividad del modo:

Tabla 17: Cuenta de resultados del primer año de explotación

Fuente: elaboración propia.

700	Ingresos explotación	1.281.566,91 €
602	Aprovisionamientos	1.072.968,00 €
640	Sueldos y salarios	114.247,11 €
628	Suministros	13.737,32 €
	Energía	9.441,00 €
	Agua	4.296,32 €
680	Dotacion Amortización	11.873,46 €
	Beneficio explotación	68.741,02 €
630	I. Sociedades (25%)	17.185,26 €
129	Beneficio Neto	51.555,76 € ²

Como se observa el beneficio después de impuesto es de 51.555,76€, partiendo de esta situación podemos simular su desarrollo en los siguientes 9 años y calcular la VAN y la TIR del anteproyecto, pero para ello se han de realizar una serie de precisiones en lo referente a los parámetros de la simulación.

Tanto los ingresos como los gastos se han indexado al Índice de Precios al Consumo (IPC), que se ha situado en un 3% anual, una tasa razonable dado el escenario económico actual, no así la amortización que al ser lineal no sufre modificaciones.

Se considera que toda la producción de aceite esencial es vendida por lo que al cierre del ejercicio no hay stock. Igual ocurre con las materias primas, solo se adquieren las necesarias para abastecer los lotes planificados por lo que tampoco hay stock al final del ejercicio, por esta razón no hay existencias.

También se considera que todo lo vendido se ha cobrado, y de forma paralela, todo lo comprado se ha pagado, por lo que no hay saldo de clientes ni de proveedores, de este modo se ha simplificado el cálculo de los flujos de caja.

La partida de energía está compuesta por la suma del coste anual de electricidad y gas.

La tabla de resultados del horizonte temporal establecido es la siguiente:

² Los códigos de la primera columna se corresponden con los códigos del Plan General de Contabilidad 2008 PYMES para esas partidas

Tabla 18: Cuenta de resultados del horizonte temporal establecido

Fuente: elaboración propia

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Inversión inicial</i>	-423.970,27€										
Ingresos		1.281.566,91€	1.320.013,92€	1.359.614,33€	1.400.402,76€	1.442.414,85€	1.485.687,29€	1.530.257,91€	1.576.165,65€	1.623.450,62€	1.672.154,14€
Materia prima		1.072.968,00€	1.105.157,04€	1.138.311,75€	1.172.461,10€	1.207.634,94€	1.243.863,98€	1.281.179,90€	1.319.615,30€	1.359.203,76€	1.399.979,87€
Salarios		114.247,11€	117.674,52€	121.204,76€	124.840,90€	128.586,13€	132.443,71€	136.417,02€	140.509,53€	144.724,82€	149.066,57€
Energía		9.441,00€	9.724,23€	10.015,96€	10.316,44€	10.625,93€	10.944,71€	11.273,05€	11.611,24€	11.959,58€	12.318,36€
Agua		4.296,32€	4.425,21€	4.557,97€	4.694,70€	4.835,55€	4.980,61€	5.130,03€	5.283,93€	5.442,45€	5.605,72€
Amortización		11.873,46€	11.873,46€	11.873,46€	11.873,46€	11.873,46€	11.873,46€	11.873,46€	11.873,46€	11.873,46€	11.873,46€
Beneficio Bruto		68.741,02€	71.159,45€	73.650,44€	76.216,16€	78.858,85€	81.580,82€	84.384,44€	87.272,18€	96.224,02€	102.276,31€
Impuesto (25%)		17.185,25€	17.789,86€	18.412,61€	19.054,04€	19.714,71€	20.395,20€	21.096,11€	21.818,05€	24.056,01€	25.569,08€
Beneficio Neto	-423.970,27€	51.555,76€	53.369,59€	55.237,83€	57.162,12€	59.144,14€	61.185,61€	63.288,33€	65.454,14€	72.168,02€	76.707,23€

Para el cálculo del Valor Actual Neto se emplea la fórmula:

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{(\text{beneficio neto} + \text{amortización})}{(1 + t)^i}$$

Donde n es el número de flujos de caja, entendidos como el beneficio neto más la amortización, y “t” es el tipo de interés al que se descuenta el valor futuro actualizando al valor actual.

Operando de este modo se tiene:

$$\mathbf{VAN = 180.131,94 \text{ €}}$$

El VAN obtenido resulta ser un valor positivo, por lo que el proyecto resulta ser viable. De esta manera se confirma que la inversión producirá beneficios sobre la inversión inicial requerida.

Para obtener el valor de la TIR (tasa interna de retorno), se busca aquel valor que hace que VAN = 0.

$$\mathbf{TIR = 10,47\%}$$

En base al valor obtenido de la TIR, se puede considerar que la rentabilidad es superior a la rentabilidad mínima que se requiere, por lo que es aconsejable acometer la inversión y llevar a la práctica el anteproyecto.

Calculamos ahora el periodo de retorno de la inversión o *payback*, para ello acumulamos los flujos de caja netos detrayendo el valor de la inversión inicial hasta llegar al periodo en que se hace positivo. El *payback* serán los años enteros del periodo anterior a aquel que la acumulación se hace positiva, más la fracción del valor absoluto del último flujo de caja negativo, entre el siguiente flujo de caja.

$$\mathbf{PAYBACK = 7,54 \text{ años}}$$

Podemos considerar el valor del *payback* razonable.

Finalmente, se evalúa tanto la rentabilidad económica como la rentabilidad financiera del presente anteproyecto.

Se entiende por rentabilidad económica el cociente entre los beneficios antes de impuestos y el activo total. En el anteproyecto y bajo los supuestos enunciados anteriormente, el activo total está compuesto por la inversión inicial menos la amortización del primer año más las ventas, que se suponen totalmente cobradas, por lo que existirá un saldo positivo.

$$\mathbf{Activo = 423.970,27\text{€} - 11.873,46\text{€} + 1.281.566,91\text{€} = 1.693.663,72\text{€}}$$

$$\mathbf{Rentabilidad\ econ\ omica = \left(\frac{68.741,02\text{€}}{1.693.663,72\text{€}} \right) \cdot 100 = 4,06\%}$$

Se observa que la capacidad del activo en generar beneficios es considerable, por lo que se asume que la industria diseñada es capaz aprovechar de manera eficiente sus activos y generar beneficios significativos.

Se entiende por rentabilidad financiera el cociente entre los beneficios después de impuestos y los recursos propios. En el caso de estudio que nos ocupa, los recursos propios están constituidos por el capital inicial más los beneficios después de impuestos.

$$\text{Recursos propios} = 423.970,27\text{€} + 51.555,76\text{€} = \mathbf{475.523,03\text{€}}$$

$$\text{Rentabilidad financiera} = \left(\frac{51.555,76\text{€}}{475.523,03\text{€}} \right) \cdot 100 = \mathbf{10,84\%}$$

Se tiene que la capacidad de generar beneficio en relación con la inversión inicial también es elevada, lo que resulta muy satisfactorio.

A modo de resumen, se adjunta una tabla que recoge los valores más destacables de la evaluación económica.

Tabla 19: Evaluación económica

Fuente: elaboración propia

VAN	180.131,94 €
TIR	10,47%
PAYBACK	7,54 años
ACTIVO	1.693.663,72 €
RENTABILIDAD ECONÓMICA	4.06%
RECURSOS PROPIOS	475.523,03 €
RENTABILIDAD FINANCIERA	10,84%

14. Conclusiones

En síntesis, este estudio ha culminado en el exitoso diseño de una instalación de destilación por arrastre de vapor de plantas aromáticas, concretamente de romero, para la obtención de aceites esenciales. Dicha planta industrial, posee una capacidad de generar 4.404,01 litros de aceite esencial de romero al año, cuya comercialización se estima en 291 euros el litro. Esta proyección financiera indica que, en el octavo año de operación, se logrará amortizar la inversión inicial.

Además del logro del objetivo principal, se ha satisfecho de manera íntegra cada uno de los objetivos específicos previamente delineados en este proyecto. Se ha realizado un análisis minucioso del mercado, tanto nacional como internacional de aceites esenciales, que ha permitido predecir una demanda y fijar un nivel de producción en función de esta, se ha propuesto también la revalorización de los diversos residuos generados, favoreciendo así la economía circular y las prácticas sostenibles, se han seleccionado los equipos más modernos que garantizan la eficiencia del proceso productivo, se ha analizado el marco normativo así como la viabilidad legal de la implantación de la planta, y se ha evaluado con detenimiento la ubicación óptima, considerando para ello, múltiples factores relevantes. Asimismo, se ha concebido una disposición en planta que garantiza una operación efectiva, y finalmente, se ha llevado a cabo una evaluación presupuestaria y económica. Los valores de VAN (180.131,94 €) y de TIR (10,47%) calculados en la cuenta de resultados, confirman la viabilidad y rentabilidad de este proyecto desde una perspectiva financiera.

Adicionalmente se quiere destacar que, con el presente trabajo se ha fomentado la persecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible incluidos en la Agenda 2030. La actividad industrial desarrollada contribuye a la preservación del medio ambiente y de la vida de los ecosistemas terrestres, la mejora de la salud y el bienestar, el desarrollo económico inclusivo, y la promoción de prácticas de producción y consumo responsables. Todo ello en conjunto, supone el camino hacia un futuro más equitativo y sustentable.

Finalmente, la ejecución de este último ejercicio del grado universitario, ha supuesto una valiosa oportunidad para aplicar de forma práctica tanto los conocimientos teóricos como las competencias transversales adquiridas y trabajadas durante el transcurso de la titulación. Lo que ha permitido desarrollar ciertas destrezas que serán determinantes en la profesión, tales como la visión técnica y el carácter resolutivo.

15. Bibliografía

- Ávila-Sosa, R., Navarro-Cruz, A., Vera-López, O., Dávila-Márquez, R., Melgoza-Palma, N., & Pluma, R. (2011). Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): una revisión de sus usos no culinarios. *Ciencia y Mar*, 23-36.
- Abad, A. (3 de noviembre de 2023). ASOBIO. Obtenido de Normativa europea en el futuro del sector ecológico: <https://asobio.org/2023/11/01/la-alimentacion-ecologica-un-mercado-en-crecimiento/>
- AEFAA. (5 de julio de 2023). España y su gran relación con el sector de los aceites esenciales. Obtenido de <https://www.aefaa.com/blog/espana-aceites-esenciales/>
- AgroMarket 24. (2024). Bolsa agrícola internacional. Obtenido de <https://agro-market24.es/hierbas-romero-precio-compro-vendo-333>
- Aquaenergy. (2024). Osmosis inversa industrial. Obtenido de <https://aquaenergy.es/producto/osmosis-inversa-industrial-200-litros-hora/>
- Arenal Perfumerías, S. (13 de junio de 2024). Aceite de romero: beneficios, usos y propiedades. Obtenido de <https://www.arenal.com/blog/aceite-de-romero-beneficios-usos-y-propiedades>
- Aromaterapia. (2024). Sobre los hidrolatos. Obtenido de <https://premium.aromasquecuran.es/aromaterapia-que-es/sobre-los-hidrolatos/>
- BOE. (2024). Boletín Oficial del Estado. Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2023/01/26/pdfs/BOE-A-2023-2146.pdf>
- Boletín Oficial de la Provincia de Valencia. (2024). BOPV. Obtenido de <https://stics.intersindical.org/web/attachments/article/17/Convenio%20colectivo%20oficinas%20y%20despachos%20Valencia%202021-23.pdf>
- Boletín Oficial de la Provincia de Valencia. (2024). convenio colectivo del sector de la construcción y obras públicas de la provincia de Valencia. Obtenido de <https://citopcv.com/sites/default/files/BOP%20Valencia%20num%2034%2016.02.2024.pdf>
- Company, M. &. (2024). Hot Air-Drying Method. Obtenido de https://brightsailmachinery.en.made-in-china.com/product/MxRUDFEvvpWn/China-Industrial-Oven-Brightsail-Fruit-Drying-Machine-Hot-Air-Circulating-Drying-Oven.html?pv_id=1hsqnn3j3647&faw_id=1hsqnornkef2
- Cubetos, A. y. (2024). Bidón 1000l. Obtenido de https://www.absorbentesycubetos.com/grg-recuperado-segunda-mano-homologado-adr/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Pmax_ABS_CUB_2024&utm_term=&utm_campaign=&utm_source=google&utm_medium=cpc&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwx-CyBhAqEiwAeOcTdc6QZIkB81Y

- Demográfico, M. p. (2024). Tratamientos biológicos. Compostaje. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/tratamientos-biologicos-compostaje.html>
- Destilador. (2024). Extractor destilador de aceites esenciales. Obtenido de <https://lacasadelchef.net/productos-cosmeticos-e-industria-farmaceutica/destiladores-de-aceites-esenciales-/extractor-destilador-de-aceites-esenciales-industrial-para-plantas-hierbas-y-flores-de-500-lt.html>
- Emergen. (2024). Mercado de Aceites Esenciales. Obtenido de <https://www.emergenresearch.com/es/industry-report/mercado-de-aceites-esenciales>
- Energética. (29 de marzo de 2021). La biomasa se posiciona como la tecnología renovable más rentable. Obtenido de <https://www.energetica21.com/noticia/la-biomasa-se-posiciona-como-la-tecnologia-renovable-mas-rentable>
- ESIOS Red eléctrica. (2024). TÉRMINO DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA ACTIVA DEL PVPC. Obtenido de <https://www.esios.ree.es/es/pvpc>
- ETSY. (2024). Precios aceite de romero. Obtenido de <https://citopcv.com/sites/default/files/BOP%20Valencia%20num%2034%2016.02.2024.pdf>
- FORPOL Estructuras. (2024). Obtenido de <https://www.forpol.es/naves-prefabricadas/naves-industriales-prefabricadas/>
- Guillen Amo, R. (11 de junio de 2024). Precio Gas hoy en España y evolución del precio del kWh. Obtenido de <https://tarifasgasluz.com/comparador/precio-kwh-gas>
- Idealista. (2024). Obtenido de <https://www.idealista.com/inmueble/104404687/>
- Insights, B. R. (2024). Tamaño del mercado de aceite de romero. Obtenido de <https://www.businessresearchinsights.com/es/market-reports/rosemary-oil-market-102302>
- Ministerio agricultura, p. y. (2024). Romero. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/romero_tcm30-102884.pdf
- Ministerio de derechos sociales, c. y. (2024). Objetivos de desarrollo sostenible. Obtenido de <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/index.htm>
- Mondor Intelligence. (31 de mayo de 2024). Tamaño del mercado de aceites esenciales y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029) . Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/essential-oils-market>
- NUA. (enero de 2022). ¿Qué son los hidrolatos y como se usan? Obtenido de <https://www.nuaperu.com/que-son-los-hidrolatos-y-para-que-se-usan/>

- Panarom. (15 de junio de 2024). La destilación de aceites esenciales. Obtenido de <https://www.pranarom.es/pages/la-destilacion-de-aceites-esenciales>
- Polsinelli. (2024). Bidón 50 litros. Obtenido de <https://www.polsinelli.it/es/bid%C3%B3n-inox-fondo-liso-50-l-P854.htm>
- Prieto, G., & Espinosa Salas, D. (2024). Rentabilidad Económica y Rentabilidad Financiera. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/32889464/RENTABILIDAD-ECONOMICA-Y-RENTABILIDAD-FINANCIERA>
- Pulido Arango, A., Riveros Loaiza, L., & Rodríguez Cabra, J. (2018). Identificación de componentes químicos del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) . Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 6-19.
- Quemador. (2024). Quemador a gas. Obtenido de <https://lacasadelchef.net/menaje-y-utensilios-de-cocina/paelleras/quemador-paellero-a-gas-en-acero-inox-con-soporte-diametro-74cm-potencia-34kw-valvula-seguridad-llama-piloto-y-encendido.html>
- Sevillano, R., Siche, R., Castillo Martínez, W., & Silva, E. (2019). Optimización de la extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) utilizando diseños secuenciales. Manglar. Revista de investigación científica.
- SL, G. (2024). Principios de la distribución en planta (Layout). Obtenido de <https://grumeber.com/principios-de-la-distribucion-en-planta/>
- Smith , M., & Gómez de Tejada, P. (20 de Julio de 2022). Tendencias y perspectivas de los productos naturales y ecológicos. Obtenido de <https://www.bioecoactual.com/2022/07/20/2022-tendencias-y-perspectivas-de-los-productos-naturales-y-ecologicos/>
- STANPA. (23 de Junio de 2023). España supera 72.000 hectáreas de cultivos para aceites esenciales y se mantiene como el segundo país exportador mundial de perfume. Obtenido de <https://www.stanpa.com/notas-de-prensa/espana-supera-72-000-hectareas-de-cultivos-para-aceites-esenciales-y-se-mantiene-como-el-segundo-pais-exportador-mundial-de-perfume/>
- Trejo Salas, F. (2024). Evaluación de Proyectos de la Industria Química. 71-80.
- Tuset, S. (14 de junio de 2024). Breve historia de las tecnologías de destilación. Obtenido de <https://condorchem.com/es/blog/breve-historia-de-las-tecnologias-de-destilacion/>
- Valiente-Barderas, A. (1996). Historia de la destilación. Educación química, 76-82.
- VARIANTICO. (2024). contenedor. Obtenido de https://variantico.es/equipamiento-de-construccion/contenedores-obras/contenedor-de-residuos-abierto.html?utm_source=google&utm_campaign=Shopping%2FAll_Products&utm_medium=cpc&gclid=CjwKCAjwx-CyBhAqEiwAeOcTdZOj3525yJzAZgRoe8hLO3KNaRG3DXLtlLxSMa-rdEP0uwo
- Wiesenfield. (2024). Molino de martillo. Obtenido de <https://www.expondo.es/wiesenfield-molino-de-martillo-2-2-kw-60-120-kg-h->

[10280324?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw3ZayBhDRARIsAPWzx8qd2dR2DRoc3buxqS
VxIj3Jdkx7grCXvKMeCfpnLCpQBPa7Pfe5qPQaAp73EALw_wcB](https://www.aliexpress.com/item/1005002220408184.html?src=google)

Zhengzhou Known Imp & Exp Co, L. (2024). Lavadora Industrial. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/1005002220408184.html?src=google>

Zvik, B. (25 de junio de 2024). Precio de agua en España: Toda la información. Obtenido de <https://tarifasdeagua.es/info/precio>

DOCUMENTO II. Presupuesto

Presupuesto de inversión

En este presupuesto recogemos todos los costes necesarios para construir la nave y su puesta en funcionamiento.

1. Elaboración anteproyecto

Tabla 20: Presupuesto de redacción del anteproyecto

Fuente: elaboración propia

Código	Unidades	Descripción	Medición	Precio Unitario (€)	Coste (€)
623	h	Ingeniero químico	300	20,00 €	6.000,00 €

Las horas son un tiempo medio estimado calculado en base a las horas empleadas para la redacción del proyecto, siendo el precio hora el obtenido como el salario más complementos anuales correspondiente a la categoría de ingeniero del convenio colectivo de oficinas y despachos de Valencia (Boletín Oficial de la Provincia de Valencia, 2024), dividido por el número de horas de trabajo efectivo al año ajustado a precios profesionales.

2. Nave industrial

Tabla 21: Presupuesto de parcela y nave industrial

Fuente: elaboración propia

Código	Unidades	Descripción	Medición	Precio Unitario (€)	Coste (€)
220	m ²	Terreno industrial	938	100,00 €	93.800,00 €
221	m ²	Estructura prefabricada	484,55	200,00 €	96.910,00 €
					190.710,00 €

El precio del terreno industrial se obtenido por comparación de entre terrones de las mismas características en el mismo polígono industrial del proyectado (Idealista, 2024), el terreno valorado es un suelo industrial con una repercusión de 78.58€ m², por prudencia valorativo se presupuesta por 100.00€ m², para cubrir la volatilidad del precio. La nave se construye con una estructura prefabricada cuyo coste medio es el indicado (FORPOL Estructuras, 2024).

La mano de obra necesaria para su construcción en términos de coste se resume en el siguiente cuadro.

Tabla 22: Presupuesto de la mano de obra requerida para la construcción de la nave

Fuente: elaboración propia.

Código	Unidades	Descripción	Medición	Precio Unitario (€)	Coste (€)
640.1	h	Peón construcción	350	16,87 €	5.904,50 €
640.2	h	Técnico de montaje	350	18,36 €	6.426,00 €
640.3	h	Oficial 1ª construcción	350	18,83 €	6.590,50 €
640.4	h	Oficial 1ª instalaciones	350	18,83 €	6.590,50 €
					25.511,50 €

El coste de mano de obra se estima por los salarios vigentes en el Convenio colectivo del sector de la construcción y obra civil de la provincia de Valencia para 2024 (Boletín Oficial de la Provincia de Valencia, convenio colectivo del sector de la construcción y obras públicas de la provincia de Valencia, 2024).

3. Equipos

Tabla 23: Presupuesto de los equipos

Fuente: elaboración propia.

Código	Unidades	Descripción	Medición	Precio Unitario (€)	Coste (€)
213.1	cantidad	Lavadero	1	3.480,70 €	3.480,70 €
213.2	cantidad	Secadora	2	3.732,04 €	7.464,08 €
213.3	cantidad	Trituradora	3	718,80 €	2.156,40 €
213.4	cantidad	Purificador	1	7.440,00 €	7.440,00 €
213.5	cantidad	Destilador	3	16.614,40 €	49.843,20 €
213.6	cantidad	Quemador de gas	1	1.235,25 €	1.235,25 €
214.1	cantidad	Depósito hidrolato	2	157,95 €	315,90 €
214.2	cantidad	Depósito aceite esencial	6	49,59 €	297,54 €
214.3	cantidad	Contenedor	1	2.484,90 €	2.484,90 €
					74.717,97€

Todas cantidades se expresan en euros, los equipos cuyo precio es en dólares se le ha aplicado el tipo de cambio oficial a 30 de abril de 2024. Su precio se puede consultar en los enlaces incorporados en las fichas de equipos del apartado anterior.

Establecido el presupuesto inicial, podemos calcular el presupuesto de ejecución material (PEM), el presupuesto por contrata (PPC) y el presupuesto de inversión (PI).

Tabla 24: Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Fuente: elaboración propia.

Presupuesto de ejecución material (PEM)		
Código	Descripción	Importe
623	Elaboración proyecto	6.000,00 €
220	Terreno industrial	93.800,00 €
221	Estructura prefabricada	96.910,00 €
640	Sueldos y salarios	25.511,50 €
213	Equipos	74.717,97 €
		296.939,47 €

Tabla 25: Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)

Fuente: elaboración propia.

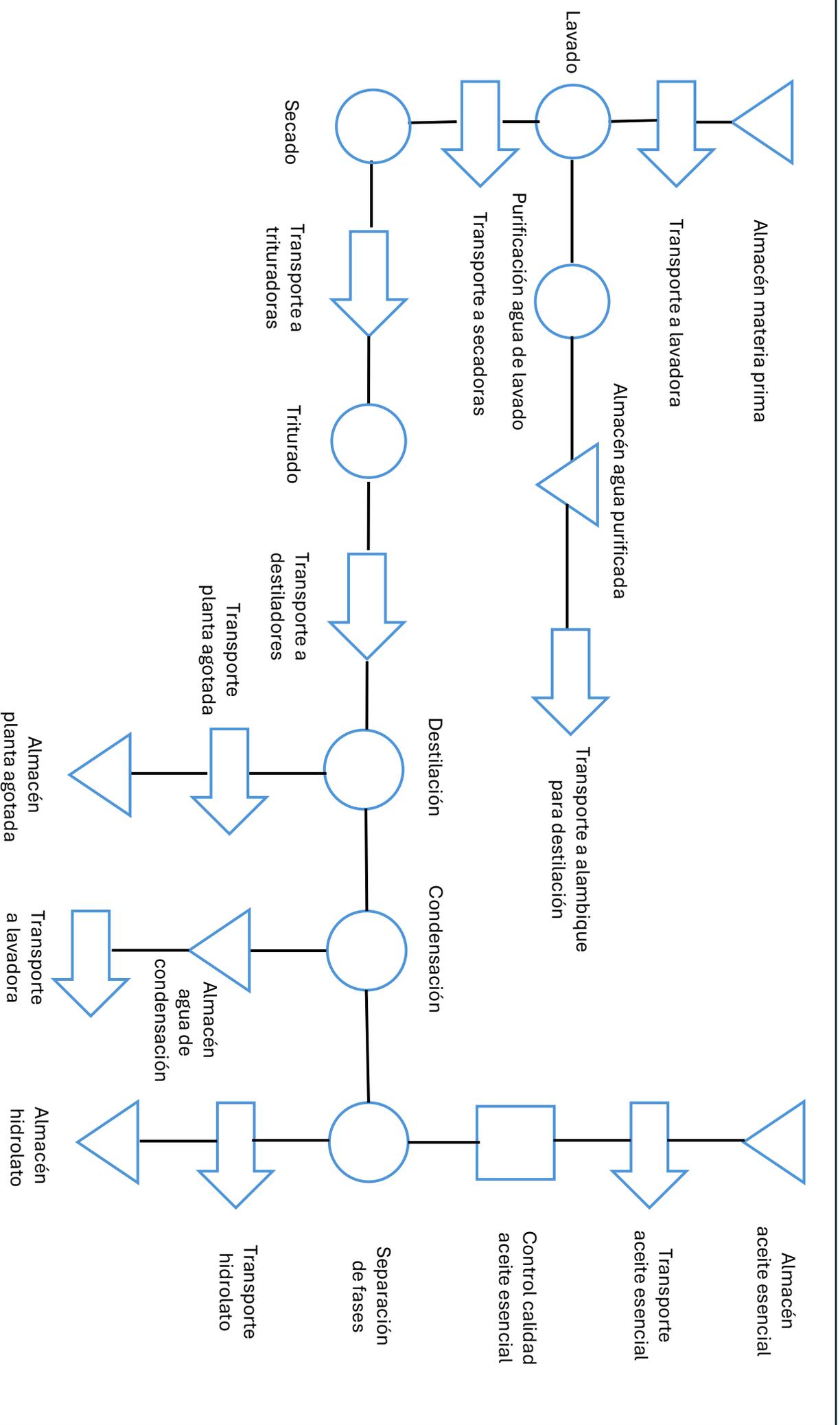
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)	
Descripción	Importe
Presupuesto de ejecución material (PEM)	296.939,47 €
Gastos generales (GG) 12%	35.632,74 €
Beneficio Industrial (BI) 6%	17.816,37 €
	350.388,57 €

Tabla 26: Presupuesto de Inversión (PI)

Fuente: elaboración propia.

Presupuesto de inversión (PI)	
Descripción	Importe
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)	350.388,57 €
IVA 21%	73.581,60 €
	423.970,17 €

DOCUMENTO III. Planos



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL VALÈNCIA		Proyecto: Anteproyecto de una planta industrial de destilación de plantas aromáticas para la extracción de aceites esenciales	
Plano: Proceso de destilación aromática		Fecha: Junio 2024	
Autor: Patricia Martínez López		Escala: s/e	
2			

11	2	5			10
1	3	4	6	7	8
				9	
				12	

- 1. Recepción materia prima**
- 2. Lavadora**
- 3. Secadoras**
- 4. Trituradoras**
- 5. Equipo de ósmosis**
- 6. Destiladores**
- 7. Depósitos hidrolato**
- 8. Almacén aceite esencial**
- 9. Contendor planta agotada**
- 10. Oficina**
- 11. Almacén herramientas y utillaje**
- 12. Vestuarios**

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR D'ENGINYERIA
INDUSTRIAL VALÈNCIA

Proyecto:

Anteproyecto de una planta industrial de destilación de plantas aromáticas para la extracción de aceites esenciales

Plano:

Distribución en planta de la planta de destilación aromática

Autor:

Patricia Martínez López

Fecha:

Junio 2024

Escala:

s/e

Nº Plano:

3