

Propuesta de distribución en planta semi-industrial de aceites esenciales cumpliendo las buenas prácticas

Proposed layout distribution of essential oils in a semi-industrial factory according to best practices

Mareilys Guzmán Quintero¹ <https://orcid.org/0000-0002-0955-5972>

Elaine Díaz Casañas¹ <https://orcid.org/0000-0002-0145-5803>

Oriela Pino Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0002-9754-8966>

Nery de la Noval Estévez¹ <https://orcid.org/0009-0003-1893-9331>

¹Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

*Autor para la correspondencia: guzmanmareilys@gmail.com

RESUMEN

Con el propósito de diseñar el proceso de obtención de aceites esenciales en una planta semi-industrial, en el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), se ejecutó un diagnóstico integral a partir de técnicas como tormenta de ideas, diagrama causa-efecto, lista de chequeo (basada en NC ISO 22716:2017), criterio de expertos y se implementó el diagrama OTIDA para la descripción del proceso. Se determinó como prioridades definir el flujo del proceso por el método de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP), establecer la distribución de la instalación y diseñar los requisitos de Buenas Prácticas de Fabricación (BPF). La propuesta de remodelación incluye la microlocalización, la distribución del equipamiento y el diseño de los flujos de materiales y residuos. Su evaluación económica confirma la viabilidad, un Valor Actual Neto (VAN) positivo, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 14% y un período de recuperación de inversión de 11,1 meses.

Palabras claves: proceso; aceites esenciales; distribución en planta; buenas prácticas de fabricación.

ABSTRACT

With the aim of designing the essential oil extraction process in a semi-industrial plant at the National Center for Animal and Plant Health (CENSA), a comprehensive diagnosis was carried out using techniques such as brainstorming, cause-effect diagram, checklist (based on NC ISO 22716:2017), expert criteria, and the OTIDA

diagram was implemented for process description. The defined priorities were to establish the process flow using the Systematic Layout Planning (SLP) method, determine the facility layout, and design the Good Manufacturing Practices (GMP) requirements. The renovation proposal includes micro-location, equipment layout, and the design of material and waste flows. Its economic evaluation confirms feasibility, a positive Net Present Value (NPV), an Internal Rate of Return (IRR) of 14%, and an investment payback period of 11.1 months.

Keywords: process; essential oils; plant layout; good manufacturing practices.

Recibido: 07/01/26

Aceptado: 20/01/26

Introducción

Los aceites esenciales forman parte del metabolismo secundario de las plantas y cumplen funciones biológicas clave como la protección contra plagas y la atracción de polinizadores [1]. En la actualidad, la literatura reporta la exploración y caracterización fisicoquímica de más de 3000 aceites esenciales. De estos, alrededor de 300 se producen a escala industrial [2] mediante procesos como la destilación por arrastre de vapor [3], la hidrodestilación (HD) [4] y el prensado en frío [5].

Estos compuestos tienen beneficios terapéuticos [6] y propiedades inmunorreguladoras [7], además de un alto potencial antimicrobiano que permite su uso como conservantes naturales [8]. También tienen aplicaciones en productos cosméticos [9] y en la formulación de alimentos y bebidas [10].

La producción y venta de estos productos debe cumplir una serie de requisitos reglamentarios para garantizar la seguridad de los consumidores y la alta calidad del producto. Estas regulaciones abordan aspectos de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF), como el etiquetado y los estándares de pureza que se deben mantener. La adhesión a estas directrices es crucial para garantizar la integridad del producto y prevenir su adulteración [11].

Cuba posee una rica diversidad de especies botánicas aromáticas, muchas de ellas con usos alimentarios y medicinales populares. Aunque los aceites esenciales son fundamentales en la medicina tradicional, su investigación sistemática y aplicación industrial tienen el potencial de transformar el sector de los productos naturales del país. Este tema representa la unión de la sabiduría tradicional y la ciencia moderna, siendo de gran relevancia cultural y científica [12].

El Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) es pionero en estudiar la composición química y la actividad biológica de los aceites esenciales de plantas cubanas. Actualmente, su trabajo se desarrolla a partir del proyecto de investigación "Productos basados en aceites esenciales para el control de plagas de semillas de

interés económico”, que incluye, como una etapa esencial, el diseño de una planta para la producción semi-industrial de estos aceites.

La distribución de una instalación con estas características exige un flujo productivo lógico y eficiente, que reduzca al mínimo los tiempos, los movimientos y los riesgos de contaminación. Además, la distribución en planta debe optimizar el uso del espacio, facilitar la circulación del personal y los materiales, y separar las áreas críticas para evitar contaminaciones cruzadas. En este contexto, la metodología Systematic Layout Planning (SLP) es una herramienta fundamental.

Como pilar de la calidad, también es imperativo establecer desde la fase de diseño los requisitos de Buenas Prácticas de Fabricación (BPF). Estas se basan en pautas internacionales, adaptadas al contexto cubano, para garantizar que cada lote producido sea seguro, puro y eficaz [13, 14].

Métodos

El diseño de una planta semi-industrial para la obtención de aceites esenciales requirió un enfoque metodológico integral. Este combinó métodos de investigación generales con herramientas específicas de ingeniería orientadas a garantizar el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) desde la etapa conceptual

Métodos Generales de Investigación

- Método Empírico-Observacional: Se empleó para identificar el objeto de estudio (el desarrollo del proceso de obtención de aceites esenciales) y el problema principal (la falta de una planta de producción a la escala requerida). La observación directa de las condiciones existentes fue fundamental para el diagnóstico inicial [15].
- Método Histórico-Lógico: Permitió analizar los antecedentes productivos a escala de laboratorio y las experiencias previas en el CENSA, lo que estableció la base lógica para el escalado, la distribución de equipos y el diseño del flujo productivo [16].
- Análisis-Síntesis: Fue esencial para desglosar los componentes del problema (distribución, calidad, logística) y luego integrar todos los elementos del diseño (flujos, equipos, normativa) en una propuesta de trabajo unificada y coherente [16].

Herramientas Específicas para el Diagnóstico y Diseño

Diagnóstico Integral:

- Tormenta de Ideas: Se utilizó con un grupo de expertos para generar soluciones creativas y priorizar acciones ante las no conformidades detectadas.
- Diagrama Causa-Efecto: Se elaboró siguiendo la técnica de las 6M (Método, Mano de obra, Materiales, Maquinaria, Medio ambiente, Medición) para identificar y categorizar las causas raíz de los problemas en el diseño del proceso y la planta.

- Lista de Chequeo: Se diseñó y aplicó basándose en la norma NC ISO 22716:2017 (Cosméticos - Guía de Buenas Prácticas de Fabricación). Esta herramienta permitió evaluar de manera estructurada el cumplimiento de 63 requisitos de BPF, agrupados en 14 categorías (Personal, Local, Equipos, Producción, etc.), identificando brechas específicas.
- Criterio de Expertos: Se conformó un panel multidisciplinario (ver Tabla 1 del artículo) cuyos miembros fueron seleccionados por su coeficiente de conocimiento y grado de competencia. Su juicio fue crucial para priorizar acciones y evaluar la propuesta de diseño.
- Diagrama OTIDA: Se empleó para describir y analizar de forma gráfica el proceso de extracción a escala de banco, identificando cada etapa, sus interconexiones y los tipos de actividad involucrados.

Diseño de la Distribución en Planta:

- Metodología de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (Systematic Layout Planning - SLP): Esta fue la metodología central para resolver los problemas de distribución. Se aplicó en sus primeras tres fases:
 1. Fase I - Localización: Selección de la microlocalización dentro del CENSA, considerando disponibilidad de servicios auxiliares y acceso.
 2. Fase II - Plan de Distribución General: Definición del flujo de materiales y relaciones de actividad entre áreas, utilizando el análisis producto-cantidad.
 3. Fase III - Plan de Distribución Detallada: Diseño específico de la disposición de equipos y mobiliario dentro del espacio disponible.
- Método de Guerchet: Se aplicó para calcular las áreas requeridas en la planta, considerando:
 1. Superficie Estática: Espacio ocupado por el equipo o mueble.
 2. Superficie de Gravitación: Zona de influencia o trabajo alrededor del equipo.
 3. Superficie de Evolución: Espacio necesario para el movimiento de operarios y materiales.
 4. La suma de estas superficies determinó la huella espacial total y confirmó la viabilidad del área disponible.

Evaluación Económica:

- Se realizó un análisis de factibilidad económica que incluyó el cálculo de indicadores financieros clave:
 1. Valor Actual Neto (VAN): Para determinar la rentabilidad del proyecto descontando los flujos de caja futuros.
 2. Tasa Interna de Retorno (TIR): Para estimar la rentabilidad porcentual de la inversión.
 3. Período de Recuperación de la Inversión: Para calcular el tiempo necesario para recuperar el capital invertido.

Resultados

En el marco de diferentes proyectos investigativos en los que participó el CENSA, varios aceites evidenciaron potencialidades para el desarrollo de productos destinados al control de organismos nocivos, algunos se utilizan en la industria de los cosméticos, y son muy demandados a nivel nacional. Los aceites esenciales estudiados se obtuvieron a nivel de laboratorio mediante hidrodestilación con equipo Clevenger. A esta escala, la capacidad de procesamiento de material vegetal está limitada (300 g en dispositivos de vidrio, tres kilogramos en equipo a escala de banco). Para responder al incremento actual de la demanda y aumentar la capacidad de producción, es necesario el desarrollo de una planta semi-industrial para la fabricación a escala piloto. Se seleccionó, dentro de la institución, un espacio con acceso directo a todos los servicios auxiliares necesarios (vapor de agua, aire comprimido, agua potable, electricidad y sistema de desagüe). Sobre esta base, se procedió al rediseño de las instalaciones existentes para adaptarlas al nuevo proceso productivo

Proceso de extracción de aceites esenciales a escala de banco

El proceso de obtención de aceites esenciales a escala de banco, inicia con la recepción y medición del material vegetal que se libera por calidad. Con él, se carga el equipo, se somete a una hidrodestilación controlada durante tres horas. El destilado resultante pasa por una separación para aislar el aceite de la fracción acuosa, se mide su volumen y se envasa, conformando un sublote. Como operación final, estos se almacenan durante 45 días en un gabinete hasta completar un lote. A continuación, en la figura 1 se muestra el diagrama OTIDA de este proceso:

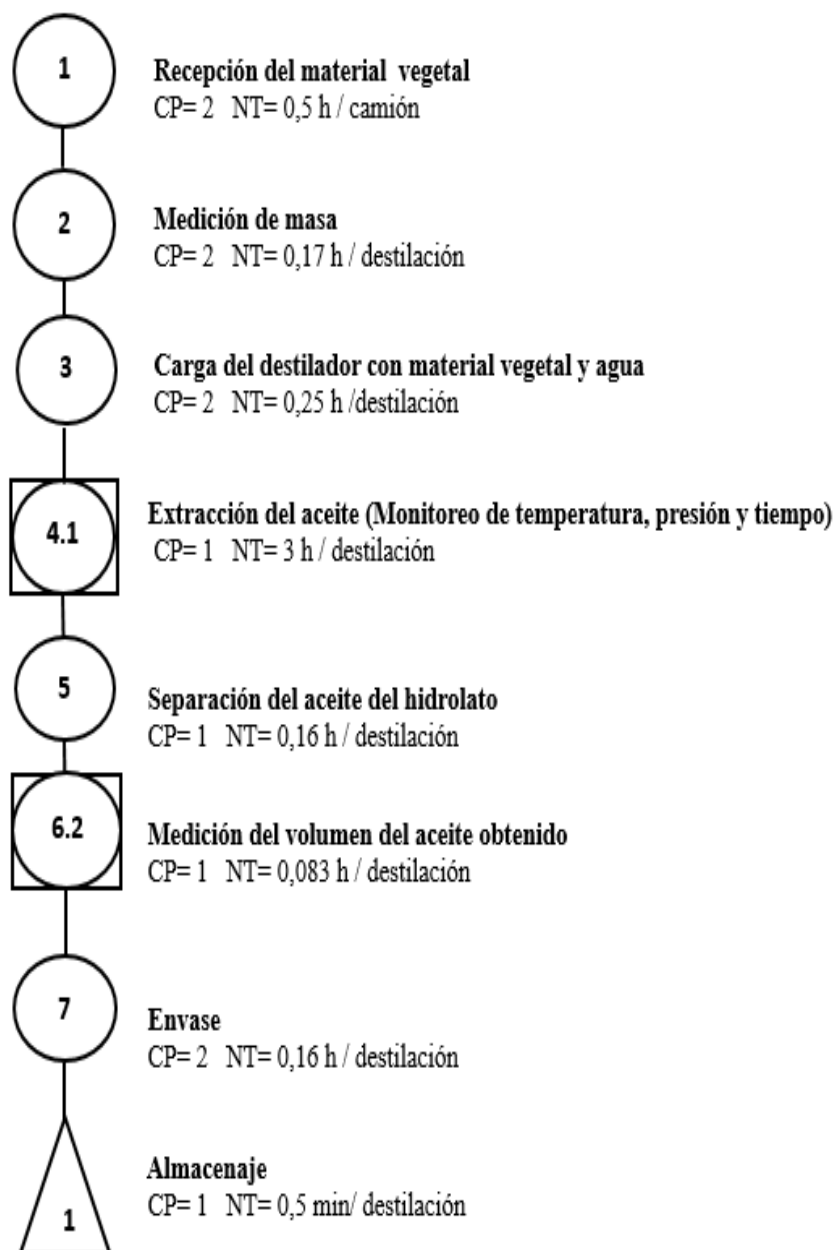


Fig.1 - Diagrama OTIDA

Fuente: Elaboración propia

Para diagnosticar y adecuar el local, se procedió al análisis con un grupo de expertos de composición heterogénea, con la conformación que se muestra en la tabla 1:

Tabla 1 - Grupo de expertos

Formación Profesional	Labor que realiza	Coefficiente de conocimiento (Kc)	Grado de competencia
Lic. Radioquímica, Dra.C. Químicas	Investigadora Titular del Grupo de Ecología Química	1	alto
Ing. Química, Dra.C. Técnicas	Investigadora Titular. Jefe Dpto. Producción	1	alto
Lic. Ciencias	Especialista Principal del Grupo de	0.9	alto

Farmacéuticas. MSc.	Aseguramiento de la Calidad.		
Ing. Industrial	Especialista Principal. Jefa de Grupo Producción	0.7	alto
Ing. Forestal. MSc.	Especialista Principal. Jefe de la Planta de ACB	0.6	medio
Técnico en Procesos Biológicos	Especialista	1	alto
Estudiante de Ing. Industrial	Estudiante	0.5	medio

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo una propuesta de los requisitos y normativas requeridos para las BPF en el proceso de obtención de aceites esenciales, se partió de los resultados del trabajo con expertos, donde se demostró que ya se cumple con algunos requisitos, dado que encuentran dentro del sistema integrado de gestión de la calidad del CENSA, además, con propios de las Buenas Prácticas de Laboratorio durante la transición a una mayor escala semi-industrial.

Los Productos a obtener son aceites esenciales, extraídos de plantas naturales nacionales y su distribución es para la industria cosmética por tal motivo se hace imprescindible ajustar los requisitos de la NC ISO 22716:2017. "Cosméticos -Guía de Buenas Prácticas de Fabricación" [17]. Para evaluar, proponer y controlar el diseño y cumplimiento de cada uno de los requisitos de esta norma de BPF para cosméticos se creó una lista de chequeo.

La evaluación se estructuró en 14 categorías principales: personal, local, equipos, materias primas, producción, productos acabados, laboratorio de control de la calidad, tratamiento de productos fuera de especificaciones, residuos, subcontratación, desviaciones, control de cambios, auditoría interna y documentación. Los resultados determinaron que la norma comprende 63 requisitos. De estos, 33 se encuentran cubiertos por el Sistema de Gestión de la Calidad del CENSA, lo que representa un 53% de cumplimiento inicial de las BPF. Los 30 requisitos restantes requieren ser incorporados para alcanzar el cumplimiento total.

Las no conformidades se distribuyeron de manera heterogénea y se relacionan principalmente con:

- La falta de definición del flujo de materiales y personal (apartado 4.4).
- La inexistencia de instalaciones sanitarias adecuadas y separadas (apartado 4.6).
- La adecuación y diseño de equipos actualmente en proceso de rediseño (apartados 5.1 y 5.3).
- La ausencia de calibración e identificación de instrumentos de medición (apartado 5.4.1).
- La falta de un programa de limpieza documentado para equipos críticos (apartado 5.5.1).
- La gestión no definida de residuos (apartados 11.1 y 11.3.2).

Estos hallazgos subrayan la necesidad prioritaria de implementar mejoras en la planificación de la distribución física, los procedimientos operativos y los sistemas de

control, a fin de garantizar la calidad, seguridad y conformidad normativa en la futura producción semi-industrial.

Para diagnosticar de forma estructurada las brechas entre la situación actual y los requisitos de una planta semi-industrial bajo BPF, se elaboró un Diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa) utilizando la técnica de las 6M, el cual se muestra en la Figura 2. El efecto principal que se analizó fue el "Riesgo de incumplimiento de las BPF en la producción semi-industrial de aceites esenciales". El análisis permitió categorizar y priorizar las causas raíz, identificando como factores críticos: la falta de un diseño de planta integral (Método), la carencia de equipos y servicios auxiliares instalados (Maquinaria) y la ausencia de sistemas de control y documentación (Medición). Este diagnóstico fue la entrada fundamental para la fase de diseño, orientando específicamente la aplicación de la metodología SLP y la definición de los protocolos de calidad.

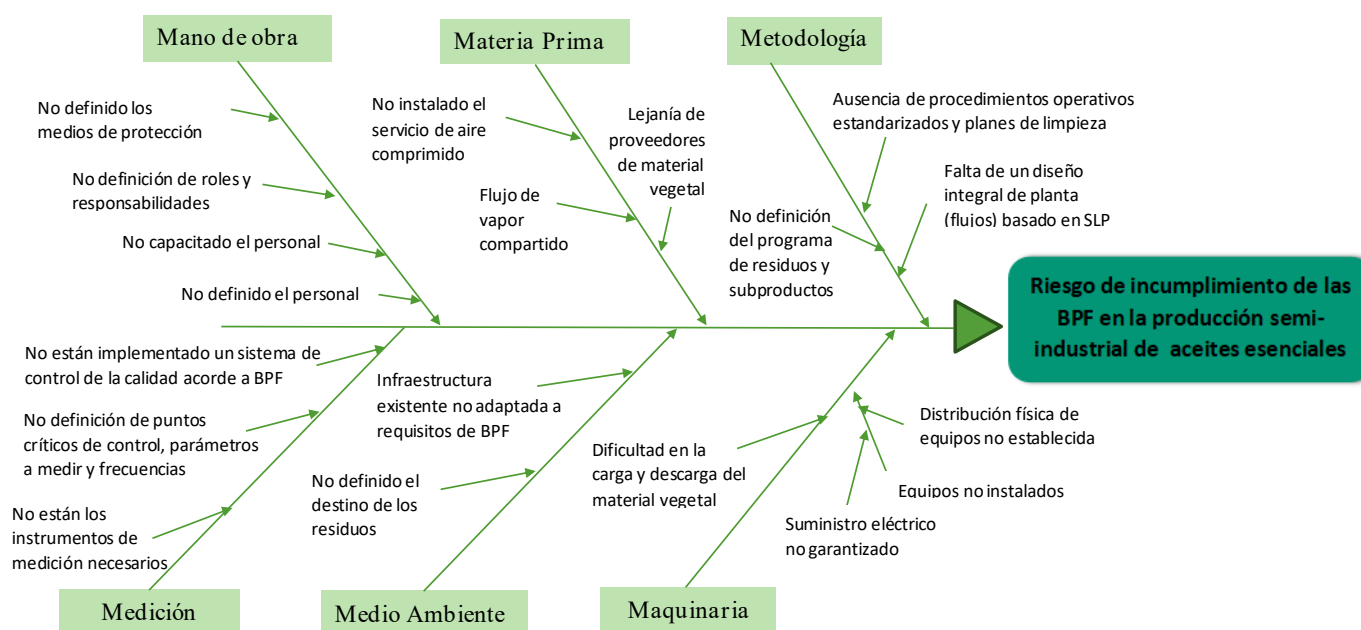


Fig. 2 - Diagrama Causa-Efecto
Fuente: Elaboración Propia

Resultados del diagnóstico

A partir del análisis de todas las técnicas y herramientas empleadas para el diagnóstico en la planta de aceites esenciales, resultó que por el estado temprano de su diseño:

- No está definido el flujo de materiales, productos y personal.
- Las instalaciones sanitarias están contiguas a la planta, pero aún no se define que formen parte de ella, o sean de uso común.

- Los equipos se encuentran en proceso de rediseño (se partió de dos marmitas y un reactor pequeño que se están remodelando para su funcionalidad como destiladores de aceites esenciales).
- No está definido la distribución del equipamiento y muebles.
- Los instrumentos de medición no están instalados, por lo tanto, no están calibrados.
- No se dispone de la base documental que exige el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Fabricación.
- La gestión para el manejo de los residuos no está definida.

Dicho diagnóstico demostró que el proceso ya cumple con varios requisitos afines a su Sistema de Gestión y a las Buenas Prácticas de Laboratorio, lo que sirve como base sólida para la transición a una escala semi-industrial. Teniendo en cuenta las no conformidades detectadas se efectuó una tormenta de ideas, a partir del criterio de expertos, para la toma de decisiones. Se determinó que la implementación prioritaria era definir del flujo del proceso, establecer la distribución de la planta y diseñar los requisitos de BPF. Estas medidas permitirán optimizar el espacio disponible, mejorar la circulación del personal y del material vegetal, así como garantizar una secuencia de producción eficiente y ordenada. Para alcanzar el estándar completo de BPF para aceites esenciales, es necesario ajustar e integrar los 30 requisitos restantes dentro del sistema de gestión de la planta. Su implementación se resume en el cumplimiento de cuatro etapas clave (Figura 3):

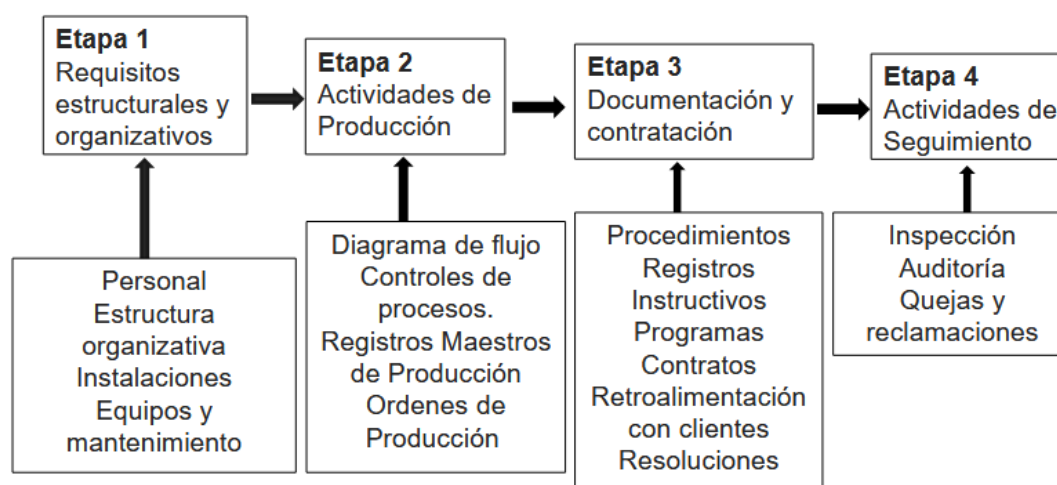


Fig. 3 - Etapas de Implementación de requisitos para alcanzar el estándar completo de BPF en la Producción semi-industrial de aceites esenciales en el CENSA

Fuente: Elaboración Propia

Para la resolución de problemas de distribución en planta la Metodología de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP) ha sido la más aceptada y utilizada [18]. Consta de cuatro fases o niveles de distribución: localización, plan de distribución

general, plan de distribución detallada e instalación. Los resultados de su aplicación se explican a continuación:

Localización

La planta se localizó en un antiguo laboratorio contiguo a la Planta de Reactores del Departamento de Producción. Para la selección de esta micro localización se tomó en cuenta la disponibilidad de servicios auxiliares para el proceso, las condiciones de la construcción civil y el acceso para la entrada de materia prima.

Análisis producto cantidad (plan de distribución general)

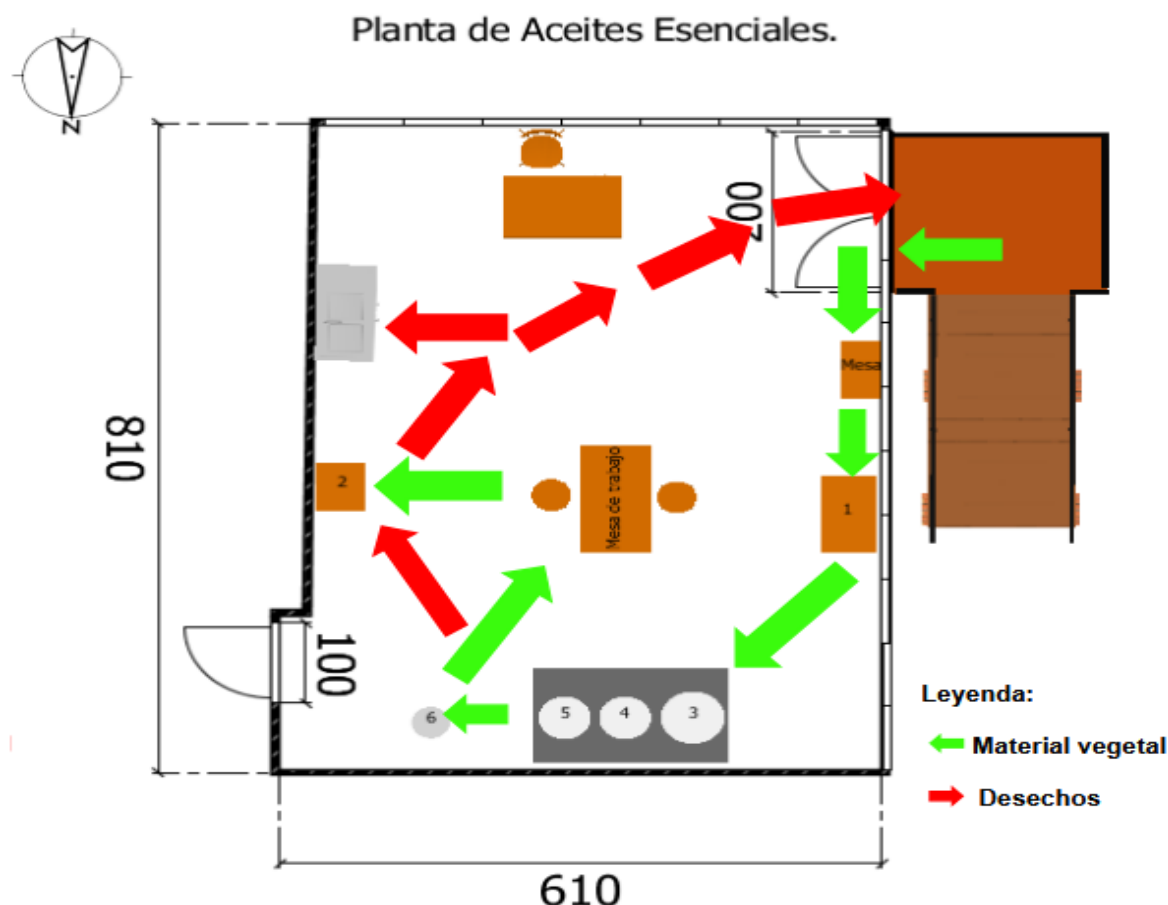
El producto que se va a producir con la nueva distribución en planta es el aceite esencial de citronela (alto rendimiento), se dispone de tres equipos de destilación con una capacidad de 52,761 Kg para el material vegetal y un volumen de 3 077,20 m³. Este se obtendrá como se explicó con anterioridad mediante destilación por arrastre con vapor, se utilizarán tres destiladores de capacidad total de 147 L (un destilador) y 65 L (dos destiladores). Se estima que con una capacidad de carga del 70 % de estos equipos, un tiempo de destilación de tres horas y un rendimiento de 2,5 % se producirán 41 L de aceite esencial.

Recorrido de los productos o flujo de materiales

El recorrido de los productos en el área de producción, a lo largo de las diversas etapas antes descritas del proceso, estos desplazamientos deben evitar retornos o contracorriente. En la figura 4, se muestra el flujo de material que se propone. El diseño de la planta semi-industrial se realizó para que funcionara como multipropósito y de forma discontinua por campañas, atendiendo a las demandas que pueda tener de diferentes aceites esenciales.

El Método de Guerchet permite determinar las áreas requeridas para el puesto de trabajo, por lo que es necesario conocer el número y tamaño de las máquinas y equipos imprescindibles para la producción; además, se tiene en cuenta requerimientos de personal y consideraciones respecto al inventario del proceso [19].

Tras analizar las dimensiones de todo el equipamiento y mobiliario requerido en la instalación, así como la cantidad de lados operativos en el proceso productivo, se registraron las longitudes necesarias en metros mediante el uso de una cinta métrica. A partir de estos datos, se calcularon las diferentes superficies requeridas: la estática, la de gravitación y la de evolución, lo cual permitió establecer la huella espacial total de cada máquina. La suma de estos valores determinó, mediante un diseño híbrido, un requerimiento total de planta de 46,81 m². Dado que el espacio disponible cuenta con 49,41 m², se concluye que es suficiente para alojar la distribución propuesta.



Con el establecimiento de la distribución de diseño híbrido por célula de trabajo se pretende que un trabajador pueda hacer diferentes operaciones en su jornada laboral, generando así un flujo en línea. En la figura 4, se muestra el recorrido del material vegetal (materia prima) en líneas verdes y posterior al proceso de obtención del aceite esencial el recorrido de los desechos (hidrolato y material vegetal agotado) en líneas rojas.

Análisis de factibilidad económica

Los resultados del análisis de factibilidad demuestran que el valor actual neto es de 3976217, 19 \$/años que al ser positivo indica que se debe recuperar la inversión y comenzar a generar ganancias. La tasa interna de recuperación es de 14 % demostrando que presenta valores mayores por encima de la tasa de interés estimada de un 10 % y por otra parte se recupera la inversión en un periodo de 11,1 meses tiempo inferior a cuatro años lo que resulta favorable. Estos datos se obtuvieron a partir de los datos que refleja la tabla 2:

Tabla 2 - Valoración Económica

Índice económico	Unidades	Valor
Demanda de aceite esencial de citronela	mL/ año	11 935,5
Días anuales de trabajo	días/ año	312

Inversión	\$	901 000
Plazo de vida útil de la planta	Años	5
Precio de venta de aceite esencial de citronela	\$/ mL	132
Densidad del aceite	kg/ mL	0,001
Costo de mantenimiento	\$/año	136 000
Horas de trabajo al día	H	15

Fuente: Elaboración propia

Discusión

El diseño presentado demuestra la viabilidad de implementar una planta semi-industrial para aceites esenciales dentro de las limitaciones espaciales y de infraestructura existentes en el CENSA. Los resultados obtenidos permiten un análisis crítico en varios aspectos clave: la eficacia de la metodología de distribución, el cumplimiento normativo y la factibilidad económica.

En primer lugar, la aplicación de la metodología de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP), complementada con el método de Guerchet para el cálculo de áreas, resultó ser una estrategia efectiva para optimizar un espacio limitado. La superficie total requerida (46,81 m²) es inferior al área disponible (49,41 m²), lo que confirma la suficiencia del local. La elección de un diseño híbrido por célula de trabajo es acertada para una operación discontinua y multipropósito, ya que otorga flexibilidad para procesar diferentes materias primas por campañas y prioriza la adaptabilidad sobre la producción en línea rígida.

El segundo punto de discusión se centra en las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF). El diagnóstico inicial que reveló un 53% de cumplimiento con la NC ISO 22716:2017, lo que es esperable en la transición de un proceso de laboratorio a uno semi-industrial. Las no conformidades identificadas, de manera particular en flujos de materiales, gestión de residuos y calibración de instrumentos, coinciden con los desafíos típicos durante el escalado. La propuesta de integrar los 30 requisitos pendientes en un sistema de gestión estructurado en cuatro etapas (Definir, Diseñar, Documentar e Implementar) sigue un enfoque por fases ideal para minimizar riesgos y costos. [20] Es crucial destacar que el diseño del flujo de materiales y residuos (Figura 4), es un elemento proactivo que previene la contaminación cruzada e ineficiencias operativas posteriores.

Los indicadores de factibilidad económica (un VAN positivo, una TIR (14%) superior a la tasa de descuento estimada (10%) y un período de recuperación de la inversión corto (11,1 meses)) son de muy alta favorabilidad. Este rápido retorno se atribuye principalmente a la estrategia de rediseño, que reduce en gran medida la inversión de capital al reacondicionar equipos existentes (marmitas y reactores). La viabilidad económica está respaldada por la demanda identificada y el valor comercial de los aceites esenciales en la industria cosmética. No obstante, estos cálculos dependen de la capacidad de operación planificada y del rendimiento promedio del material vegetal;

variaciones en estos parámetros podrían afectar la proyección financiera, lo que subraya la importancia de un control de proceso estricto una vez implementada la planta.

En comparación con otros estudios de distribución para la extracción de aceites esenciales, este trabajo integra de forma singular el diseño físico (SLP), el marco de calidad (BPF) y el análisis económico en una sola propuesta coherente. El presente artículo, prioriza la logística interna y la conformidad regulatoria desde la fase de diseño. La principal limitación del estudio, reconocida por los autores, es la falta de una fase de instalación y validación operativa. Por lo tanto, se recomienda que trabajos futuros se centren en la implementación práctica del diseño, el monitoreo de su eficiencia en la reducción de tiempos y movimientos, y la verificación exhaustiva del cumplimiento de todas las BPF durante las operaciones de producción

Conclusiones

1. A partir del diagnóstico al proceso de obtención de aceites esenciales en el CENSA se detectaron un conjunto de no conformidades, desde las cuales se determina que las implementaciones prioritarias son: diseñar los requisitos de Buenas Prácticas de Fabricación (BPF), establecer la distribución de la planta y definir el flujo productivo.
2. Se estableció el diseño de los requisitos de Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) y través de una remodelación, la micro localización, la distribución del equipamiento y muebles, así como el flujo del proceso y de los materiales en la planta semi-industrial de aceites esenciales.
3. El Método de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta es la metodología más aceptada y la más utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta, es aplicable a cualquier sector industrial, como es el caso de la producción de aceites esenciales a través de la tecnología de arrastre con vapor.

Referencias

- [1] Feng, Y. X., Wang, Y. N., Zhang, L., Wang, J. H., Huang, Q., & Liu, Z. L. (2022). Synergized potential, insecticidal and repellent activity of essential oils from two *Rhododendron* species against three stored product insects. *Journal of Essential Oil Research*, 35(1), 91–101. <https://doi.org/10.1080/10412905.2022.2118879>
- [2] Zhang, L., & Piao, X. (2023). Use of aromatic plant-derived essential oils in meat and derived products: Phytochemical compositions, functional properties, and encapsulation. *Food Bioscience*, 53, 102520. <https://doi.org/10.1016/j.FBIO.2023.102520>
- [3] Ramos-Hernández, E., Zaragoza, C. A., Reyes-Reyes, J., Osorio-Gordillo, G. L., Vargas-Méndez, R. A., & Arce-Landa, J. (2024). Oportunidades de mejora en la supervisión de procesos de destilación por arrastre de vapor. *Tendencias en energías renovables y sustentabilidad*, 3(1), 190-195. <https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.259>

- [4] Shaw, D., Tripathi, A. D., Paul, V., Agarwal, A., Mishra, P. K., & Kumar, M. (2023). Valorization of essential oils from citrus peel powder using hydro-distillation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 32, 101036. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2023.101036>
- [5] Prestes, A. A., Canella, M. H., Helm, C. V., Gomes da Cruz, A., & Prudencio, E. S. (2023). The use of cold pressing technique associated with emerging nonthermal technologies in the preservation of bioactive compounds in tropical fruit juices: An overview. *Current Opinion in Food Science*, 51, 101005. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2023.101005>
- [6] Righi, N., Bouziane, N., Kabouche, A., Bensouici, C., Aouf, A., Bensouici, C., & Kabouche, Z. (2023). Chemical composition and in vivo/in silico anti-inflammatory activity of an antioxidant, non-toxic essential oil from *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. *South African Journal of Botany*, 157, 64–74. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2023.03.050>
- [7] Tang, Y. Q. N., Wang, Y. N., Zhang, L., Feng, Y. X., Liu, Z. L., & Li, H. Y. (2022). Essential oil from *Prunella vulgaris* L. as a valuable source of bioactive constituents: In vitro anti-bacterial, anti-viral, immunoregulatory, anti-inflammatory, and chemical profiles. *South African Journal of Botany*, 151, 614–627. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2022.10.029>
- [8] Islam, F., Saeed, F., Afzaal, M., Hussain, M., Shah, Y. A., & Ofoedu, C. E. (2023). Bio-preservatives and essential oils as an alternative to chemical preservatives in the baking industry: A concurrent review. *Journal of Food Science and Technology*, 60(5), 1463–1474. <https://doi.org/10.1007/S13197-023-05762-8>
- [9] Antoniotti, S., Lecourt, M., Chietera, G., Jullien, F., & Blerot, B. (2022). From biosynthesis in plants to post-biosynthetic enzymatic conversion, Generation of odor-impact rose oxides from citronellol-rich essential oils. *Botany Letters*. <https://doi.org/10.1080/23818107.2022.2100476>
- [10] Tsitlakidou, P., Tasopoulos, N., Chatzopoulou, P., & Mourtzinis, I. (2023). Current status, technology, regulation and future perspectives of essential oils usage in the food and drink industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/JSFA.12695>
- [11] Sattariazar, S., Arsalani, N., & Nejad Ebrahimi, S. (2023). Biological assessment of synthesized carbon dots from polyphenol enriched extract of pomegranate peel, incorporated with *Mentha piperita* essential oil. *Materials Chemistry and Physics*, 294, 126981. <https://doi.org/10.1016/J.MATCHEMPHYS.2022.126981>
- [12] Pino, J. A. (2022). Aceites esenciales de plantas cubanas: un ensayo sistemático. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 53(1), 113-140.

- [13] Ortiz Naranjo EJ, Zúñiga Valle AX. Distribución de planta y sus factores: Incidencia en el mejoramiento de la productividad. Revista RIEMAT. 2022;7(1). <https://doi.org/10.33936/riemat.v7i1.4840>
- [14] Hidalgo, G. y Romero, A. (2016). *Diseño de una planta piloto para la extracción de aceites esenciales mediante destilación por arrastre de vapor* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura].
- [15] Pascual, V. A., Hernández Rodríguez, A. A., & Palacios, R. H. (2021). Métodos empíricos de la investigación. *Ciencia huasteca boletín científico de la escuela superior de Huejutla*, 9(17), 33-34.
- [16] Somano, A. K., & Medina León, A. (2020). *Métodos teóricos de investigación: análisis-síntesis, inducción-deducción, abstracto-concreto e histórico-lógico*. Universidad de Matanzas.
- [17] Norma ISO 22716:2017: Buenas prácticas para la fabricación de productos cosméticos
- [18] Bone, Á. A. (2020). Propuesta de distribución de planta y mejoramiento de la producción en la empresa Induhorst Cía Ltda del cantón Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/8a7801d7-7f97-48c9-8ef4-4d8ffc66b50e>
- [19] Luis, S. A. S., & Ordoñez, M. B. (2020). Diseño de herramienta para la estimación del tamaño de las instalaciones de la empresa estructuras y montajes Europa S.A.S
- [20] Morales, Onivia. (2017). Procedimiento para la documentación de los procesos en los sistemas de gestión de la calidad de la ciencia y la técnica universitaria http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552017000200008

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Contribución de cada autor:

Mareilys Guzmán Quintero: Análisis formal, investigación, redacción y preparación del borrador original, redacción – revisión y edición.

Elaine Díaz Casañas: Análisis formal, investigación, redacción y preparación del borrador original, redacción – revisión y edición, trabajo en software con los datos.

Oriela Pino Pérez: Conceptualización, investigación, redacción y preparación del borrador original, redacción – revisión y edición.

Nery de la Noval Estévez: Conceptualización, investigación, redacción y preparación del borrador original, redacción.