

Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite Guía para facilitadores



Esterilización de racimos de fruta de palma

Edgar Eduardo Yáñez Angarita
Jesús Alberto García Núñez
Lina Pilar Martínez Valencia

Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite
Guía para facilitadores

Esterilización de racimos de fruta de palma

Edgar Eduardo Yáñez Angarita
Jesús Alberto García Núñez
Lina Pilar Martínez Valencia

Bogotá, D.C., Colombia, abril de 2010

Esterilización de racimos de fruta de palma

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), cofinanciada por Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero

Impresa con recursos del Convenio N° 00062/10 SENA-SAC. Contrato N° 012/10 SAC-Fedepalma

Autores

Edgar Eduardo Yáñez Angarita
Jesús Alberto García Núñez
Lina Pilar Martínez Valencia

Coordinador General

Jorge Alonso Beltrán Giraldo
División de Validación de Resultados de Investigación y Transferencia de Tecnología
Cenipalma

Coordinador didáctico

Vicente Zapata Sánchez

Coordinador Editorial

Donaldo Alonso Donado Viloría
Redactores Profesionales - www.redactores.org

Fotografías

Colección de Fedepalma 2009 - 2010

Diseño

Carlos Sandoval - Pigmalión

Impresión

Javegraf

Calle 20A N° 43A – 50. Piso 4°.
Teléfono: 2086300 Fax: 2444711
E-mail: eyanez@cenipalma.org
www.cenipalma.org
Bogotá, D.C. - Colombia

Abril de 2010

ISBN: 978-958-8360-10-2

Cita:

Yáñez Angarita, Edgar Eduardo; García Núñez, Jesús Alberto; Martínez Valencia, Lina Pilar. (2010). Esterilización de racimos de fruta de palma. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: Guía para facilitadores. Bogotá (Colombia). 86 p.

1. Procesamiento, control y mantenimiento. 2. Palma de aceite. 3. Guía para facilitadores.
 - I. Yáñez Angarita, Edgar Eduardo; García Núñez, Jesús Alberto; Martínez Valencia, Lina.
 - II. Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma)
 - III. Fondo de Fomento Palmero
 - IV. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma)

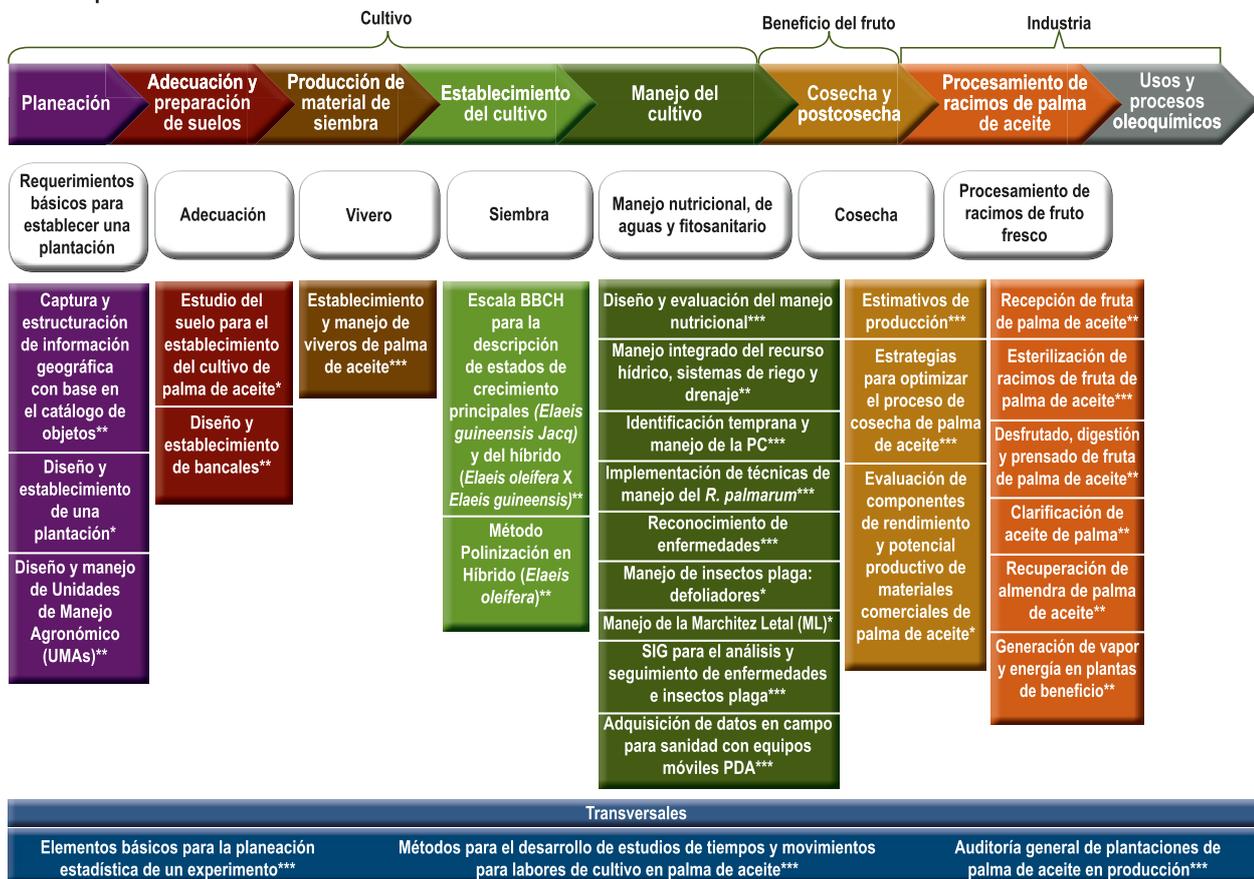
Títulos de esta serie

- **Diseño y establecimiento de una plantación de palma de aceite**
José Oscar Obando, Wilbert Castro y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite**
Dumar Motta Valencia y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Manejo integral del suelo para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite**
Diego Luis Molina López, Edna Margarita Garzón González y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite**
Nolver Atanacio Arias Arias y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Identificación temprana y manejo de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite**
Gabriel Andrés Torres Londoño, Greicy Andrea Sarria Villa y Gerardo Martínez López
- **Reconocimiento de enfermedades en palma de aceite**
Benjamín Pineda López y Gerardo Martínez López
- **Implementación de técnicas de manejo de *Rhynchophorus palmarum***
Oscar Mauricio Moya Murillo, Rosa Cecilia Aldana de la Torre y Hamilton Gomes de Oliveira
- **Captura y estructuración de información geográfica para el análisis y seguimiento de enfermedades e insectos plaga en las zonas palmeras de Colombia. Casos: Pudrición del cogollo (PC), *Rhynchophorus palmarum* y defoliadores**
Víctor Rincón Romero y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Adquisición de datos en campo para sanidad con equipos móviles PDA**
Leonardo Araque y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Estimativos de producción para determinar el potencial productivo de racimos de fruta fresca**
Rodrigo Ruiz Romero, Dumar Motta Valencia y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Estrategias para optimizar el proceso de cosecha de la palma de aceite**
Carlos Andrés Fontanilla Díaz, Andrés Camilo Sánchez Puentes y Mauricio Mosquera Montoya

-
- **Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite**
Carlos Andrés Fontanilla Díaz, Andrés Camilo Sánchez Puentes y Mauricio Mosquera Montoya
 - **Esterilización de racimos de fruta de palma**
Edgar Eduardo Yáñez Angarita, Jesús Alberto García Núñez y Lina Pilar Martínez Valencia
 - **Elementos básicos para la planeación estadística de un experimento**
Eloína Mesa Fuquen
 - **Auditoría general de plantaciones de palma de aceite en producción**
Pedro Nel Franco, Nolver Atanacio Arias Arias, Juliana Medina Figueroa y Jorge Alonso Beltrán Giraldo

Guías metodológicas sobre tecnologías de producción de la palma de aceite

Proceso productivo



* Guías que se encuentran en proceso de realización por parte de los investigadores-autores.

** Guías que debido a su importancia se planean realizar próximamente.

*** Guías que serán publicadas en 2010.

La anterior figura representa el conjunto de publicaciones que abarca todo el proceso productivo (cultivo y beneficio del fruto) de la palma de aceite. Las guías fueron agrupadas de acuerdo con la fase del proceso a la que pertenecen, identificadas por colores de la siguiente manera:

Planeación (Morado): incluye las guías que abordan el tema de la planeación, además de los requerimientos básicos para establecer una plantación, los cuales son: a) captura y estructuración de información geográfica con

relación al catálogo de objetos en el sector palmicultor; b) diseño de una plantación; y c) diseño y manejo de las Unidades de Manejo Agronómico (UMA).

Adecuación y preparación de suelos (Vino tinto): conforman esta fase las guías que abordan las temáticas relacionadas con el manejo integral del suelo para el establecimiento del cultivo. El proceso de manejo se inicia con el conocimiento (estudio) del estado actual del suelo y la identificación de los requerimientos que el cultivo de la palma de aceite demanda con respecto a la calidad del mismo. El proceso continúa con la exploración de alternativas para su adecuación, como el diseño y establecimiento de bancales, y finaliza con la planificación e implementación en el campo de la alternativa seleccionada.

Producción de materiales para siembra (Café): agrupa las guías relacionadas con la fase de siembra, tales como: establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite y coberturas con leguminosas; igualmente, el conocimiento sobre los componentes de rendimiento y potencial productivo de materiales comerciales de la palma de aceite.

Establecimiento del cultivo (Verde claro): reúne las guías que abordan los temas para el establecimiento del cultivo, a saber: a) establecimiento y manejo de las coberturas; y b) siembra de la palma de aceite. Así mismo, para esta fase se incluyen las actividades que corresponden a las labores culturales, como limpieza de platos, interlíneas, poda y mantenimiento de la infraestructura.

Manejo del cultivo (Verde oscuro): pertenecen a esta fase las guías que abordan el manejo del cultivo desde diferentes áreas –nutricional, aguas y fitosanitario– en las que se ubican las siguientes guías: a) detección y manejo de la Pudrición del cogollo (PC); b) reconocimiento de otras enfermedades; c) manejo del *Rhynchosporium palmarum*; y d) detección y manejo de la Marchitez letal (ML). En esta fase también se incluyen las guías que representan herramientas de apoyo para la toma de decisiones: e) sistemas de información geográfica para el análisis y seguimiento de enfermedades e insectos plaga; y f) captura de datos en campo para la sanidad, con equipos móviles PDA.

Cosecha y postcosecha (Ocre): las guías que hacen parte de esta fase son: a) estimativos de producción; y b) estrategias para optimizar el proceso de cosecha de la palma de aceite.

Procesamiento de racimos de palma de aceite (Naranja): comprende las guías relacionadas con el procesamiento para la extracción del aceite de palma y sus subproductos. De acuerdo con el orden del proceso, se establecieron las siguientes: a) recepción de racimos de palma de aceite; b) esterilización de racimos; c) desfrutado, digestión y prensado de frutos de palma de aceite; e) clarificación de aceite de palma; f) recuperación de almendra de palma de aceite; y g) generación de vapor y energía en las plantas de beneficio.

Contenido



Presentación	9
Introducción	11
Modelo de aprendizaje	13
Exploración inicial de conocimientos	15
Unidad de aprendizaje 1. Generalidades	19
Introducción	21
Estructura de aprendizaje	21
Preguntas orientadoras	21
Objetivos de la unidad	21
Unidades y dimensiones	21
Ejercicio 1	27
Estados de la materia	28
Cambios de estado	28
Ejercicio 2	30
El fruto de la palma de aceite	33
Formación del aceite y sus características	33
Acidificación del aceite	34
Condiciones de los racimos	34
Objetivos de la esterilización	34
Ciclos de esterilización	35
Ejercicio 3	38
Retroinformación	38
Referencias bibliográficas	40
Unidad de aprendizaje 2. Materiales y equipos	41
Introducción	43
Estructura de aprendizaje	43
Preguntas orientadoras	43
Objetivos de la unidad	43
Materiales	44
Equipos	44
Ejercicio 4	50

Retroinformación	51
Automatización	51
Referencias bibliográficas	52
Unidad de aprendizaje 3. Proceso	53
Introducción	55
Estructura de aprendizaje	55
Preguntas orientadoras	55
Objetivos de la unidad	55
Mantenimiento	55
Procedimiento para la ejecución de la etapa de esterilización	58
Ejercicio 5	62
Retroinformación	63
Referencias bibliográficas	63
Unidad de aprendizaje 4. Gestión integrada de la calidad	65
Introducción	67
Estructura de aprendizaje	67
Preguntas orientadoras	67
Objetivos de la unidad	67
La gestión de la calidad	67
Control de la calidad total	70
Seguridad industrial	71
Salud ocupacional	74
Gestión ambiental	74
Ejercicio 6	76
Retroinformación	76
Referencias bibliográficas	78
Anexos	79
Evaluación final	81
Retroinformación de la evaluación final	81
Evaluación de la capacitación y el facilitador	84
Evaluación de la guía	84
Glosario	85

Presentación

La publicación de una serie de guías para compartir conocimientos acerca de las tecnologías para el manejo de la palma de aceite en Colombia, es un esfuerzo conjunto de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) y de la Corporación Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (Cenipalma), con la mirada puesta en el mejoramiento de la producción de los aceites y derivados que surgen de este importante cultivo en el país.

Un grupo de cerca de veinte investigadores de Cenipalma ha adoptado un modelo para compartir experiencias y conocimientos sobre temas clave que cubren la mayoría de los procesos productivos, que van desde la aplicación de criterios de decisión para iniciar una plantación, hasta el manejo del producto en planta, previo a su comercialización. Este amplio rango de temas, al cual se pueden agregar títulos adicionales sobre procesos de postcosecha y comercialización, constituye el corazón de un currículo básico sobre el manejo del cultivo que, sin duda, va a tener una gran utilidad, tanto en la actualización de los palmicultores y técnicos que se encuentran ya laborando en las plantaciones y en las plantas de beneficio, como en la formación de técnicos y profesionales en los niveles medio y superior.

Las guías, dirigidas a facilitadores en diferentes ámbitos de la transferencia tecnológica y de la formación, han sido diseñadas siguiendo una metodología centrada en el desarrollo de las competencias que requieren los propietarios de las plantaciones, los técnicos y los trabajadores de campo y plantas de beneficio, para responder en forma oportuna a los retos que plantea el cultivo en sus diferentes etapas de producción.

La estructura didáctica de las guías orienta a los facilitadores hacia el desarrollo de una capacitación centrada en la práctica de las capacidades requeridas para el manejo de cada una de las tecnologías presentadas. La inclusión de elementos didácticos tales como las estructuras de aprendizaje, las preguntas orientadoras y una variedad de ejercicios y prácticas de campo diseñadas en detalle, además de una serie de anexos didácticos y técnicos, permiten que el usuario de las guías tenga una plataforma metodológica bastante elaborada que, sin embargo, permite la inclusión de innovaciones creativas por parte de quienes dirijan la transferencia o la capacitación.

Es con particular orgullo que presentamos estos materiales a la comunidad palmera de Colombia y a todos aquellos técnicos, profesionales y docentes interesados en actualizar la transferencia de conocimientos y la formación de los futuros encargados de la expansión de este cultivo tan promisorio en la economía nacional.

Nuestro sincero reconocimiento a Jorge Alonso Beltrán, quien tomó sobre sus hombros la responsabilidad de coordinar la producción de las guías, desde la definición de los temas más relevantes sobre los cuales trabajar, hasta la publicación, pasando por su validación en campo. Nuestro agradecimiento a Vicente Zapata Sánchez, quien compartió con el grupo de autores su larga experiencia para que redactaran guías con un enfoque didáctico dirigido a la apropiación del conocimiento. Finalmente, nuestro sincero aprecio a los investigadores que invirtieron incontables horas de reflexión y elaboración creativa para la conformación final de productos que nos llenan de orgullo institucional.

JOSÉ IGNACIO SANZ SCOVINO

Director Ejecutivo

Cenipalma

Bogotá, D.C., marzo de 2010.

Introducción

La guía para la esterilización de racimos de fruto de palma de aceite está diseñada para apoyar de forma práctica a facilitadores como: supervisores de planta e ingenieros de proceso interesados en facilitar o transmitir sus conocimientos a una persona neófito en la etapa de esterilización, o dentro del sistema institucionalizado de capacitaciones. A operarios o estudiantes que se sienten motivados por ampliar sus conocimientos o desean aprender bases conceptuales y teóricas de la etapa de esterilización dentro de las plantas de beneficio de la fruta de la palma de aceite.

En ella, los usuarios encontrarán una recopilación de información de diferentes fuentes bibliográficas, investigaciones realizadas por Cenipalma en las diferentes zonas palmeras al cabo del tiempo y propuestas para el desarrollo de actividades, ejercicios y capacitaciones que permitan afianzar el conocimiento y la aplicación de mejores prácticas por parte del usuario.

La esterilización es la segunda etapa del proceso de beneficio de la fruta de palma, cuya tecnología y forma de ejecución se han mantenido relativamente constantes desde su diseño hace aproximadamente 50 años. La importancia de esta etapa radica en la influencia que ejerce sobre las etapas siguientes del proceso de beneficio; en las pérdidas de aceite tanto en condensados como en tusa, y en la separación del aceite en la clarificación, lo que refleja la eficiencia del proceso.

La guía busca dar respuesta a cuatro preguntas fundamentales: ¿Por qué se esteriliza el fruto? ¿Con qué se realiza la esterilización?, ¿Cómo se lleva a cabo este procedimiento?, y ¿Cómo garantizo un buen proceso? Para ello se desarrollan cuatro unidades de aprendizaje denominadas: (a) Generalidades, (b) Materiales y Equipos, (c) Proceso, y (d) Gestión integrada de la calidad.

En la primera unidad se desarrollan los conceptos básicos de la esterilización, acidez del aceite, unidades de medida y se establecen los objetivos que busca la esterilización como etapa de un proceso extractivo. En la segunda unidad se hace una breve descripción de los materiales y equipos utilizados; la tercera unidad, referente al proceso, integra las unidades anteriormente nombradas, con el fin identificar la ejecución correcta del proceso para lograr los objetivos de la esterilización, con un consumo adecuado de vapor y mínimas pérdidas de aceite en condensados y tusa. Para finalizar hacemos referencia a los sistemas integrados de calidad: aseguramiento de la calidad, seguridad industrial, salud ocupacional y gestión del medio ambiente, con el fin de resaltar la importancia que tiene el uso de los elementos de protección personal, limpieza, demarcación de zonas y equipos, sistematización de datos y protección del entorno.



Modelo de aprendizaje



La serie de guías para la formación de facilitadores sobre Tecnologías para la Agroindustria de la Palma de Aceite, está basada en un modelo didáctico fundamentado en el aprendizaje a través de la práctica. Este modelo propone a los usuarios inmediatos de estas guías -capacitadores y multiplicadores- un esquema de capacitación en el que los insumos de información resultantes de la investigación en campo sirven de materia prima para el desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes requeridas por los usuarios finales para la toma de decisiones acertadas y relacionadas con la agroindustria de la palma de aceite.

Al producir estas guías, Cenipalma está interesado en ayudar a sus usuarios a poner en práctica un enfoque que no sólo se ocupe de “comunicar bien”, sino también de crear las condiciones y usar las herramientas necesarias para que los beneficiarios de la capacitación o de las actividades de asistencia técnica tengan la oportunidad de ejercitarse en la construcción del conocimiento a partir de sus propias experiencias y saberes.

Estas guías están dirigidas a todos aquellos que tienen responsabilidades como capacitadores, maestros, tutores y facilitadores interesados en el aprendizaje de

sus alumnos, mediante la elaboración y utilización de materiales que tengan el enfoque de Gestión de Conocimientos.

Los usuarios de estas guías observarán que sus componentes metodológicos se diferencian de otros materiales de divulgación de tecnologías. Cada una de las secciones en que se dividen las guías contiene elementos de diseño que le facilitan al capacitador ejercer su labor de facilitador del aprendizaje.

Las guías están orientadas por un conjunto de objetivos que le sirven al instructor y al participante para dirigir los esfuerzos de aprendizaje. Éste se lleva a cabo a través de ejercicios en el campo o en otros escenarios reales, en los que se practican los procesos de análisis y toma de decisiones, usando para ello recorridos por plantaciones y plantas de beneficio, simulaciones, dramatizaciones y aplicación de diferentes instrumentos de recolección y análisis de información.

Otros componentes incluyen las secciones de información de retorno, en las cuales los participantes en la capacitación, junto con los instructores, tienen la oportunidad de revisar las prácticas realizadas y profundizar en los aspectos que deben ser reforzados. La información de retorno constituye la parte final de

cada una de las secciones de la guía y es el espacio preferencial para que el instructor y los participantes lleven a cabo la síntesis conceptual y metodológica de cada aspecto estudiado.

En resumen, el modelo consta de tres elementos:

- 1) La información técnica y estratégica, producto de la investigación realizada por Cenipalma y sus colaboradores, constituye el contenido tecnológico necesario para la toma de decisiones en el manejo de tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite.
- 2) La práctica, que toma la forma de ejercicios en el sitio de entrenamiento y de actividades de campo y que está dirigida al desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes para la toma de decisiones.
- 3) La información de retorno, que es un tipo de evaluación formativa que asegura el aprendizaje y la aplicación adecuada de los principios subyacentes en la teoría que se ofrece.

Las prácticas son el eje central del aprendizaje y simulan la realidad que viven quienes utilizan estos instrumentos presentados en cada guía. Mediante los ejercicios, los participantes en la capacitación experimentan el uso de los instrumentos, las dificultades que a nivel local surgen de su aplicación, y las ventajas y oportunidades que representa su introducción en los distintos ambientes de toma de decisiones.

Los ejercicios que se incluyen en la guías fueron extractados de las experiencias encontradas en cada zona palmera por los investigadores de Cenipalma. Sin embargo, los instructores de las regiones podrán extraer de sus propias experiencias de campo excelentes ejemplos y casos con los cuales pueden reconstruir las prácticas y adaptarlas al contexto de su localidad. Cada instructor tiene en sus manos guías que son instrumentos de trabajo flexibles que pueden adaptar a las necesidades de distintas audiencias en diferentes escenarios.

Usos y adaptaciones

Es importante que los usuarios (instructores y multiplicadores) de estas guías conozcan el papel funcional que brinda su estructura didáctica, para que la utilicen en beneficio de los usuarios finales. Son ellos quienes van a tomar las decisiones de introducir los instrumentos presentados, en los procesos de la agroindustria de la palma de aceite en cada región palmera.

Por ello, se hace énfasis en el empleo de los flujogramas por parte de los instructores, a quienes les sirven para presentar las distintas secciones; las preguntas orientadoras, que les permite establecer un diálogo y promover la motivación de la audiencia antes de profundizar en la teoría; los originales para las transparencias, los cuales pueden ajustarse a diferentes necesidades, introduciendo ajustes en su presentación; los anexos citados en el texto, que ayudan a profundizar aspectos tratados brevemente dentro de cada sección; los ejercicios y las prácticas sugeridos, los cuales, como se dijo antes, pueden ser adaptados o reemplazados por prácticas sobre problemas relevantes de la audiencia local; las secciones de información de retorno, en las cuales también es posible incluir datos locales, regionales o nacionales que hagan más relevante la concreción de los temas, y los anexos didácticos (postest, evaluación del instructor, del evento y del material, entre otros), que ayudan a complementar las actividades de capacitación.

Finalmente, se quiere dejar una idea central con respecto al modelo de capacitación que siguen las guías: si lo más importante en el aprendizaje es la práctica, la capacitación debe disponer del tiempo necesario para que quienes acuden a ella tengan la oportunidad de desarrollar las habilidades, destrezas y actitudes que reflejen los objetivos del aprendizaje. Solo así es posible esperar que la capacitación tenga el impacto esperado en quienes toman las decisiones.

Exploración inicial de conocimientos

Instrucciones para el facilitador

El facilitador de esta guía podrá utilizar las preguntas que aparecen a continuación, para identificar conocimientos previos de los participantes, motivar y generar interés por los contenidos que presenta la guía. Su fin no es evaluar al participante en la capacitación, por el contrario, es introducirlo al análisis de los contenidos requeridos para ejercer las competencias necesarias para llevar a cabo, en forma correcta, la esterilización del fruto.

Estas preguntas el facilitador las puede presentar impresas, proyectadas con ayuda de un proyector multimedia o simplemente formuladas de viva voz a los participantes. Así mismo, puede emplear una variedad de estrategias para incrementar la motivación de los participantes en la capacitación, como es la de entregar a cada participante una pregunta para presentar su respuesta al grupo completo, o formar grupos de discusión para analizar una o más preguntas.

1. ¿Cómo describiría usted un proceso de esterilización?
2. ¿Para qué cree usted que es útil la esterilización?
3. Según la idea que usted tiene de esterilización, ¿qué equipos considera se necesitan para realizarla?
4. ¿Qué entiende por ciclo de esterilización?
5. ¿Explique con sus palabras cómo se hace un proceso de esterilización?
6. ¿Influye de alguna manera la esterilización en la pérdida de aceite en la planta?
7. ¿Qué entiende por seguridad industrial?
8. ¿Cuáles cree que son las ventajas de que en una planta de procesamiento haya gestión de seguridad industrial?

Retroinformación

A continuación se dan unas posibles respuestas a la exploración de conocimientos que pueden ser complementadas por el facilitador. La guía dará respuestas más amplias a estas preguntas.

1. *¿Cómo describiría usted un proceso de esterilización?*

El proceso de esterilización es la segunda etapa en el beneficio de los frutos de la palma, después de la recepción y antes del desfrutado, digestión y prensado. En ella los racimos ingresan en vagonetas a unas autoclaves o esterilizadores, donde son sometidos a su cocción por medio de vapor de agua.

2. *¿Para qué cree usted que es útil la esterilización?*

La esterilización es útil para inactivar una enzima llamada lipasa, causante del proceso de oxidación (“rancidez”) del aceite contenido en el fruto; facilita el desprendimiento de los frutos del racimo y ablanda los frutos con el fin de poder extraer el aceite.

3. *Según la idea que usted tiene de esterilización, ¿qué equipos considera se necesitan para realizarla?*

Esterilizadores o autoclaves, tuberías, bombas y válvulas.

4. *¿Qué entiende por ciclo de esterilización?*

Es una secuencia de aumento y disminución de presión en una autoclave o esterilizador durante un cierto tiempo y a determinados valores de presión.

5. *¿Explique con sus palabras cómo se hace un proceso de esterilización?*

Un proceso de esterilización se hace introduciendo las vagonetas que contienen racimos de fruta fresca

a un esterilizador, en donde se les inyecta vapor de agua saturado. La presión dentro del esterilizador varía conforme al ciclo; primero se realiza la desaireación, luego dos picos y por último el sostenimiento.

6. *¿Influye de alguna manera la esterilización con la pérdida de aceite en la planta?*

Influye directamente en la pérdida de aceite en condensados, en tusas (por impregnación y fruto adherido) y en la separación del aceite en la clarificación.

7. *¿Qué entiende por seguridad industrial?*

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos de la industria. Parte de un supuesto: toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan una correcta gestión.

8. *¿Cuáles cree que son las ventajas de que en una planta haya gestión de seguridad industrial?*

En una planta con un sistema de seguridad industrial se hace énfasis en el cuidado del recurso humano mediante la asignación de dotación que debe ser utilizada en todo momento dentro de la planta, como: casco, guantes, botas, protección auditiva y visual, y overol, para disminuir la posibilidad de accidentes de trabajo.

Exploración de expectativas

Instrucciones para el facilitador

Con el fin de motivar a los asistentes, el facilitador entregará hojas de colores o, en su defecto, hojas blancas y marcadores de colores diferentes, con los cuales se escribirá qué es lo que espera el participante del curso, las dudas específicas que quiera resolver, conceptos que desea aprender o ampliar, y las destrezas manuales o mentales. Estas hojas serán recopiladas por el facilitador y pegadas en un tablero o pared en forma de mapa conceptual, árbol u organigrama, siguiendo la secuencia lógica del proceso de esterilización u orden cronológico, según el desarrollo de la capacitación.

Este diagrama se comparará con los objetivos de aprendizaje de la guía, para enfocar a los participantes en el tipo de capacitación, y permanecerá pegado hasta la finalización del programa de capacitación, con el fin de apreciar en qué forma la capacitación ha dado respuesta a dichas expectativas. También es importante identificar en esta parte introductoria cuáles de las expectativas de los participantes no corresponden a los objetivos de la capacitación, pero que podrían ser aprovechadas para el mejoramiento de la misma.

Objetivos de aprendizaje

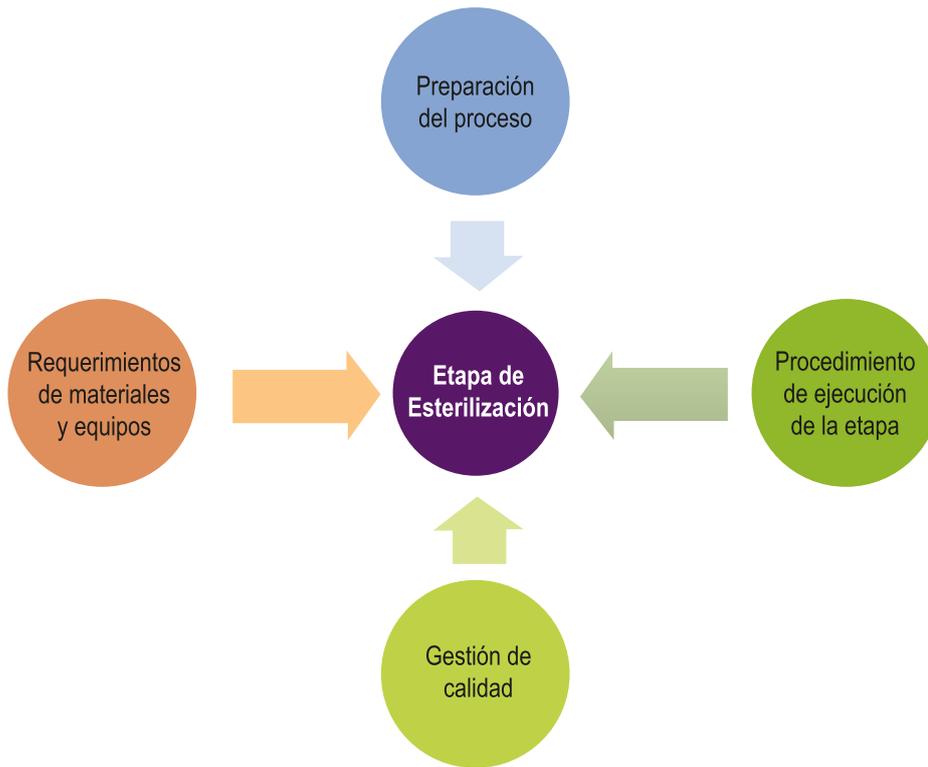
El facilitador, en este punto, comparte con los participantes los objetivos de la guía y la respectiva capacitación.

Al finalizar la capacitación los participantes podrán:

1. Explicar la etapa de esterilización, incorporando los objetivos, ciclos y condiciones de los racimos.
2. Identificar en una planta de beneficio los diferentes equipos usados en la esterilización, indicando su forma de uso.
3. Interactuar con un ciclo de esterilización a escala industrial o piloto.
4. Explicar la influencia de la esterilización en las pérdidas de aceite y en la eficiencia de la planta.
5. Explicar la importancia de los sistemas integrados de calidad.

Estructura de aprendizaje

Para el completo entendimiento de la etapa de esterilización es necesario responder cuatro preguntas fundamentales: ¿Por qué se hace?, ¿Con qué se hace?, ¿Cómo se hace? y ¿Cómo garantizo un buen proceso? En este caso se han ubicado arriba, lado izquierdo, derecho y debajo, respectivamente, de un círculo que representa el tema fundamental de la guía, que es la etapa de esterilización. Estas preguntas se responden en cuatro unidades de aprendizaje que han sido denominadas: (a) Generalidades, (b) Materiales y equipos, (c) Proceso, y (d) Gestión integrada de calidad.







Unidad de aprendizaje 1

Generalidades

Introducción	21
Estructura de aprendizaje	21
Preguntas orientadoras	21
Objetivos de la unidad	21
Unidades y dimensiones	21
Ejercicio 1	27
Estados de la materia	28
Cambios de estado	28
Ejercicio 2	30
El fruto de la palma de aceite	33
Formación del aceite y sus características	33
Acidificación del aceite	34
Condiciones de los racimos	34
Objetivos de la esterilización	34
Ciclos de esterilización	35
Ejercicio 3	38
Retroinformación	38
Referencias bibliográficas	40

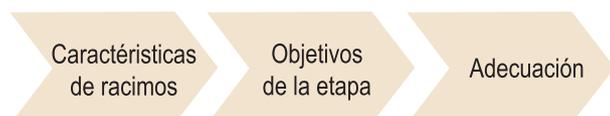


Figura 1. Esterilizadores industriales.

Introducción

En esta unidad de aprendizaje, denominada “Generalidades”, buscamos compartir conceptos básicos y fundamentos de la etapa de esterilización, que nos permitan establecer el porqué se hace y la importancia que ella tiene. Es por esto que empezamos con una breve descripción de las partes del fruto de palma, la acidificación del aceite, el objetivo de la esterilización, la explicación de los diferentes pasos que la componen y, adicionalmente, conceptos sobre unidades de medida y dimensiones que nos permiten comprender algunos de los conceptos.

Estructura de aprendizaje



Los frutos de la palma de aceite, por sus características físicas y químicas, requieren un acondicionamiento para poder extraerles el aceite contenido en ellos. Este acondicionamiento debe cumplir unos objetivos específicos, con el fin de facilitar y llevar a buen término las etapas posteriores del proceso. Para ello se lleva a cabo una adecuación de los mismos, empleando vapor de agua (a alta temperatura) y ejerciendo diferentes presiones en un periodo de tiempo, lo que se denomina comúnmente como ciclo de esterilización.

Preguntas orientadoras

Orientación para el facilitador

El facilitador, para inducir a los participantes y motivarlos en los temas a tratar, generará una serie de preguntas como las que se encuentran a continuación, a través de cuyas respuestas los participantes podrán

expresar sus conocimientos o apreciaciones. Se recomienda utilizar preguntas relacionadas a su medio y costumbres.

1. ¿Cómo describiría un fruto de palma de aceite?
2. ¿Qué son las unidades y dimensiones? ¿En qué se diferencian?
3. ¿Conoce alguno de los propósitos de la esterilización?
4. ¿En qué estado de maduración cree que deben estar los racimos de fruto de palma para ser procesados?
5. ¿Conoce algunos de los pasos de un ciclo de esterilización?
6. ¿En qué estado debe estar el agua para realizar la esterilización, y por qué?

Objetivos de la unidad

Al finalizar esta unidad el usuario de esta guía estará en capacidad de:

1. Definir con sus propias palabras la estructura de un fruto de palma de aceite.
2. Reconocer el estado de maduración del racimo de fruta de palma a ser esterilizado.
3. Identificar los cambios de estado de la materia.
4. Identificar los cinco objetivos de la etapa de esterilización.
5. Explicar las características de un ciclo de esterilización.

Unidades y dimensiones

Las dimensiones son nuestros conceptos básicos de medición, como longitud, tiempo, masa y temperatura. Las unidades son la forma de expresar las dimensiones, como pies o centímetros para la longitud, u horas o

segundos para el tiempo, Ton y kg para masa, PSI, bares o atmósferas para presión. Al anexar unidades a todos los números, se obtienen los siguientes beneficios prácticos:

1. Menor probabilidad de cambiar, sin darse cuenta, una parte del cálculo.
2. Reducción en el número de cálculos intermedios y en el tiempo durante la resolución de un problema.
3. Analizar un problema, en cambio de memorizar una fórmula.
4. Fácil interpretación del significado físico de los números empleados.

En general, una unidad de medida toma su valor a partir de un patrón o de una composición de otras unidades definidas previamente. Las primeras se conocen como unidades básicas o de base, mientras que las segundas se llaman unidades derivadas.

Unidades base

Se han establecido unidades base que son medidas, en muchos casos, de acuerdo con la cultura del país o región; sin embargo, las más utilizadas hacen parte del sistema internacional y el sistema inglés.

Tabla 1. Unidades de medida

Unidad de medida	Sistema internacional (SI)	Sistema inglés
Longitud	Metro (m)	Pulgada (in)
Masa	Kilogramo (kg)	Libra (lb)
Tiempo	Segundo (s)	Segundos (s)
Temperatura	Kelvin (K)	Rankie (R)
Cantidad de sustancia	Mol (mol)	Libra mol (lb mol)

Estas unidades comúnmente se encuentran acompañadas de otras letras que son símbolos de unos prefijos como km, donde k es el símbolo del prefijo kilo, el cual hace relación a una magnitud.

Estos prefijos nos permiten conocer qué tan grande o tan pequeño es lo que estamos midiendo con respecto a la unidad estándar y además poder hacer conversiones

Tabla 2. Prefijos de unidades

Prefijo	Símbolo	Magnitud
Kilo	k	1000
Hecto	h	100
Deka	da	10
deci	d	0.1
centi	c	0.01
Mili	m	0.001

entre ellos. Por ejemplo, si tengo un dulce que mide 1 cm, necesitaría 100 dulces para regalar 1 m de dulce, ya que 1m= 100 cm. También 1000 g de azúcar son 1kg.

- **Longitud:** expresa la distancia entre dos puntos. Por eso decimos: Tunja está a 123 Km de Bogotá.
- **Masa:** cuantifica la cantidad de materia.
- **Tiempo:** mide la duración o separación de acontecimientos.
- **Temperatura:** todos tenemos la experiencia sensorial de calor o de frío, también sabemos que si dejamos un café bien caliente servido en la mesa, éste terminará por enfriarse, o si mezclamos agua fría con agua caliente, el calor de una pasa a la otra hasta alcanzar el “equilibrio térmico” correspondiente al estado de agua tibia, pero no todos saben qué es la temperatura. Tratar de construir una definición de temperatura no es tarea fácil, por lo que partimos diciendo que el calor es una forma de energía, y que las diferentes formas de energía pueden convertirse unas en otras; en tanto, la temperatura mide la intensidad del calor de un cuerpo como “calentura” o “frialdad”.

Para esto se cuenta con sistemas que permiten una medición, gracias a la propiedad de algunas sustancias líquidas y gaseosas de variar de acuerdo con el calor o el frío (termómetro). El termómetro más conocido es el de mercurio, formado por un capilar de vidrio de diámetro uniforme, unido por un extremo a una ampolla llena de mercurio y sellado por el otro para mantener vacío parcial al interior de él. Al aumentar

la temperatura, el mercurio se dilata y asciende por el capilar; la altura alcanzada es proporcional a la temperatura ($^{\circ}\text{C}$). La lectura del valor correspondiente se realiza sobre una escala apropiada anotada junto al capilar.

Para medir la temperatura, además de la propiedad termométrica, también es preciso establecer una escala apropiada. Una forma de hacerlo es asignar, primero, valores numéricos a ciertos estados que fácilmente se puedan reproducir con precisión. Históricamente se han utilizado el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua a la presión de una atmósfera (101,3025 kPa o 14,696 psia). En la escala Celsius se asignan para estos dos estados los valores de 0 y 100 grados, respectivamente. En la escala Fahrenheit los valores asignados son 32 y 212. En Kelvin, 273,15 y 375,15. En Rankie, 491,67 y 671,67.

Sólo es posible sumar, restar o igualar cantidades si las unidades de dichas cantidades son las mismas.

Por ejemplo: 5 kilogramos + 3 metros no puede realizarse, porque tanto las dimensiones como las unidades de los dos términos son distintas. La operación numérica 10 libras y 5 gramos sí puede efectuarse (porque las dimensiones son las mismas: masa), pero sólo después de transformar las unidades, de modo que sean iguales (las mismas), ya sean libras, gramos u otras.

Podemos multiplicar o dividir unidades distintas conservando cada una de ellas; no podemos cancelar ni combinar unidades si no son idénticas.

Por ejemplo: $50 \text{ kg} * 10 \text{ m} / 25 \text{ s} = 20 \text{ (kg)(m)/(s)}$

Hay otras unidades derivadas de estas unidades básicas, como el volumen, la densidad, la fuerza y la presión:

- **Volumen:** es el lugar que ocupa un cuerpo en el espacio. Susceptible a variaciones por efecto de la temperatura y la presión. Se deriva de la unidad base longitud, ya que en él se consideran las tres dimensiones, largo, alto y ancho. Para encontrar el volumen de los diferentes cuerpos se utilizan formulas geométricas establecidas. En ocasiones, cuando

las sustancias no tienen forma definida, el volumen que ocupan se haya con relación al agua que desalojen de un recipiente (Principio de Arquímedes); si es sustancia líquida o gaseosa se hace la relación con la capacidad de un recipiente.

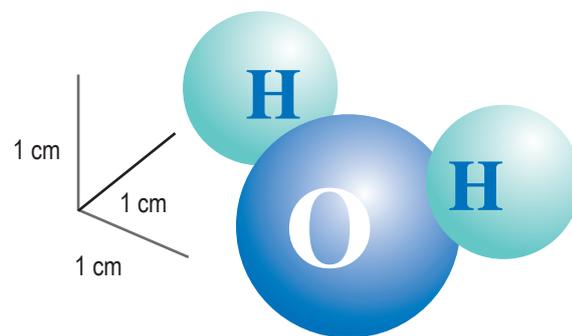
Por ejemplo, el volumen de agua se haya con respecto al volumen de una botella u otro recipiente de capacidad conocida.

Las unidades de volumen tienen relación con las unidades de capacidad:

$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$, donde cm^3 es una unidad de volumen, ya que tiene en cuenta las 3 dimensiones, mientras ml es una unidad de capacidad que hace referencia a la cantidad de líquido o gas que puede contener un recipiente.

$$1 \text{ Litro} = 1 \text{ dm}^3 \quad 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Litros}$$

- **Densidad:** es la división de la masa por unidad de volumen, por ejemplo, kg/m^3 o lb/ft^3 , lo que representa qué cantidad de materia está contenida en un espacio determinado. Por ejemplo: una cantidad de agua que pese 1g ocupará un volumen de 1 cm^3 (1 cm de largo * 1 cm de ancho * 1 cm de alto), entonces la densidad del agua es $1 \text{ g}/\text{cm}^3$, a temperatura de 25° C y 1 atm de presión, ya que como se nombró anteriormente, el volumen cambia con la temperatura y la presión.



Para determinar la densidad de una sustancia es preciso conocer tanto su volumen como su masa, a unas condiciones de presión y temperatura determinadas. Las densidades de los líquidos y los sólidos no cambian significativamente con la presión en condiciones

normales, pero si cambian con la temperatura. A mayor temperatura su densidad es menor. En el caso de los gases la densidad varía con la presión y la temperatura.

- **Fuerza:** la fuerza es conocida como la multiplicación entra la masa y la aceleración.

$$F = m * a$$

Puede definirse como toda acción o influencia capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo (imprimiéndole una aceleración que modifica la dirección, o sentido de su velocidad), o bien de deformarlo. En el sistema internacional (SI) la unidad es el Newton (N), en el sistema inglés, la libra fuerza (lb_f).

- **Presión:** mide la fuerza por unidad de superficie y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

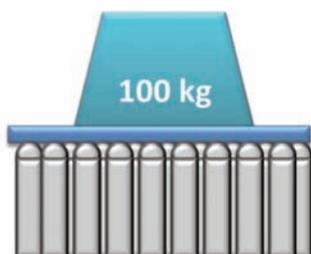


Figura 2. Ilustración de presión: fuerza sobre unidad de área.

En el sistema internacional la unidad utilizada es el Pa (Pascal), que es equivalente a una fuerza total de un Newton actuando uniformemente en un metro cuadrado. En el sistema inglés es PSI, libra por pulgada cuadrada (lb_f/in²); otras unidades para presión son: atmósferas (atm), bares (bar), milímetros de mercurio (mmHg) y Torricellis (Torr).

Donde: 1 atm = 760 Torr = 760 mmHg = 1.013 bar = 101.3 kPa = 14.696 PSI

Ejercicio 1

Uso de instrumentos de medida y diferenciación de unidades.

Objetivo: familiarizar a los participantes con el uso de

instrumentos de medida y las unidades utilizadas en cada sistema.

• Orientaciones para el facilitador

El facilitador debe tener en cuenta la selección de un recinto donde los participantes se puedan distribuir en grupos de trabajo. Cada grupo de trabajo debe ser provisto de materiales e instrumentos de medida, tales como: botellas, vasos de precipitado, probetas, jeringa, metro o regla, balanza y termómetro; sustancias líquidas (agua, aceite crudo de palma y aceite de palmiste), sólidas de formas regulares (cubo) e irregulares (frutos de palma de aceite, almendras, nueces); hojas para apuntes, lápiz y cinta de enmascarar.

Cada grupo hallará el peso y longitud de todos los materiales a su disposición y realizará las respectivas anotaciones en una tabla de datos entregada previamente. Posteriormente, tomará los datos de temperatura del medio ambiente y de cada uno de los integrantes del grupo u otros cuerpos, los cuales serán adjuntados en la tabla.

Los diferentes recipientes se llenarán con agua u otras sustancias y realizarán las comparaciones de capacidad y las relaciones entre capacidad y volumen; se hallarán también los volúmenes de cuerpos regulares e irregulares, teniendo en cuenta su forma geométrica y el principio de Arquímedes (desplazamiento de agua), como también las diferentes unidades de medida utilizadas en cada caso.

Es importante en cada ocasión tener en cuenta otras propiedades observables en los materiales, como densidad, viscosidad y estado de la materia.

• Instrucciones para el participante

Cada grupo observará los diferentes materiales dispuestos en la mesa de trabajo y realizará una adecuada clasificación de los mismos. Luego procederá a medir la longitud y peso de cada material y hará las respectivas anotaciones en la hoja para apuntes. Es importante tener en cuenta la temperatura ambiente y de los participantes, al inicio y final de la práctica.



Llene los vasos de precipitado con agua y péselos, anote la medida de capacidad y peso, luego deposite esta agua en la probeta y pésela, haga las respectivas observaciones y anotaciones de medidas. Repita este ejercicio con los otros líquidos disponibles, haciendo

observaciones de la fluidez. ¿Cuál es el peso del agua contenido en el vaso de precipitado y la probeta?

Llene un vaso de precipitado con agua, coloque junto a la boquilla una probeta y deposite en el vaso un fruto de palma, recoja con cuidado el agua desalojada en la probeta y mida la cantidad. La cantidad de agua desalojada es igual al volumen del fruto, ejemplo, 5 ml de agua = a 5 cm^3 de volumen del fruto. Repita éste ejercicio con otros sólidos irregulares.

Tome un cubo, caja u otro utensilio de forma cuadrada y mida cada uno de sus lados, multiplique el valor de los tres lados y dé este resultado como medida de volumen. Ejemplo: 3 de largo, 4 de ancho y 5 de alto; entonces $3 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} = 60 \text{ cm}^3$

A otro fruto de palma, hállele el peso y el volumen, luego divida el valor del peso entre el del volumen. El resultado es la densidad del fruto. Realice el mismo ejercicio con 10 ml de agua y 10 ml de aceite. Posteriormente, vierta el aceite y el agua en un vaso de precipitado, observe lo que sucede y compare con los resultados obtenidos de la densidad.

• Recursos necesarios para el ejercicio

- Botellas
- Vaso de precipitado
- Probetas
- Jeringa
- Metro o regla
- Balanza
- Termómetro
- Agua
- Aceite crudo de palma
- Aceite de palmiste
- Cajas
- Frutos de palma
- Almendras

- Nueces
- Lápiz
- Cinta de enmascarar
- Hoja de trabajo.

Retroinformación

Finalizada la actividad, el facilitador realizará una síntesis de los instrumentos y sistemas de medida utilizados en la práctica, haciendo relación con las diferentes unidades utilizadas e instrumentos de medida que se usan en las plantas de beneficio.

Se sugiere mantener la atención de los participantes mediante preguntas enfocadas en el desarrollo de la práctica y vivencias del día a día. Algunas de las

preguntas sugeridas son las siguientes:

1. ¿Qué otros instrumentos de medida conocen para hallar el peso de los cuerpos?
2. De los materiales utilizados en la práctica, ¿cuáles fueron más familiares para ustedes?
3. ¿Recuerdan cuáles son las diferentes unidades de peso?
4. ¿Qué diferencia hay entre capacidad y volumen?
5. ¿Cómo definirían el concepto de densidad?
6. ¿Por qué es importante saber la densidad de diferentes sustancias?
7. ¿En qué momento se identifican diferencias de densidades en la planta de beneficio?

Ejercicio 1

Uso de instrumentos de medida y relaciones entre unidades.

Material	Peso		Longitud
	Vacío	Con agua	
Vaso de precipitado			
Probeta			

- Temperatura inicial:
- Temperatura final:
- Peso del fruto de palma:
- Volumen del agua desalojada:
- Densidad del fruto de palma:
- Volumen del cuerpo geométrico:
- Medidas del cuerpo geométrico:
- Densidad del aceite:
- Densidad del agua:

Observaciones: _____

Tabla 3. Propiedades de los estados de la materia

Propiedad	Sólido	Líquido	Gaseoso
Rigidez	Rígido	Fluye y adopta la forma del recipiente	Llena completamente cualquier recipiente
Expansión al calentar	Ligero	Ligero	Se expande infinitamente
Compresibilidad	Ligera	Ligera	Fácilmente compresible

Estados de la materia

La materia se presenta en la naturaleza en tres estados distintos: sólido, líquido y gaseoso.

Los sólidos se caracterizan por su resistencia a cualquier cambio de forma, resistencia que se debe a la fuerte atracción entre las moléculas que los constituyen. En estado líquido, la materia tiende a cambiar su forma porque sus moléculas pueden moverse libremente unas respecto de otras. Los líquidos, sin embargo, presentan una atracción molecular suficiente para resistirse a las fuerzas que tienden a cambiar su volumen. Los gases, en los que las moléculas están muy dispersas y se mueven libremente, no ofrecen ninguna resistencia a los cambios de forma y muy poca a los cambios de volumen. Como resultado, cuando un gas no se encuentra dentro de un recipiente, tiende a propagarse indefinidamente, aumentando su volumen y disminuyendo su densidad.

La mayoría de las sustancias son sólidas a temperaturas bajas; líquidas a temperaturas medias, y gaseosas a temperaturas altas; pero los estados no siempre están claramente diferenciados, como por ejemplo, cuando el agua empieza a hervir donde la fase líquida y gaseosa están presentes al mismo tiempo. La temperatura en la que una sustancia pasa del estado sólido al líquido se denomina punto de fusión, y la temperatura a la que pasa del estado líquido al gaseoso, punto de ebullición. El rango de temperaturas de los puntos de fusión y ebullición es muy amplio; en el caso del agua el punto de fusión es 0° C y el de ebullición es de 100° C.

Cambios de estado

El calor es una forma de energía que siempre fluye

espontáneamente del cuerpo más caliente al más frío, nunca en sentido inverso.

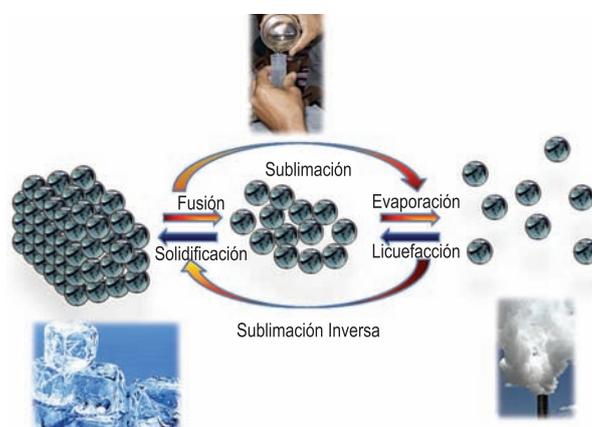


Figura 3. Cambio de estado.

Los cambios de estado ocurren cuando ha variado la temperatura o la presión de una sustancia; es así como el agua a presión atmosférica y por debajo de 0° C forma una fase sólida, entre 0° C y 100° C es líquida y por encima de 100° C estará como vapor. Esto ocurre porque las moléculas ganan o pierden energía, lo que las hace agruparse o separarse (Figuras 3 y 4).

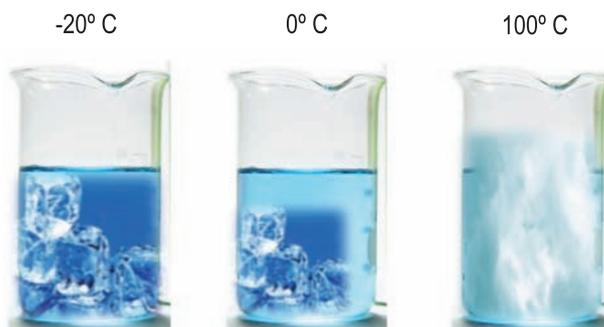


Figura 4. Cambios de fase a 1 atm de presión.

La Figura 5 muestra la curva de calentamiento de una sustancia pura como el agua. En ella se observan diversos segmentos que representan el cambio de temperatura en función del calor suministrado en cada una de las fases. Así, la línea entre A y B representa el calentamiento de un sólido hasta que alcanza su temperatura de fusión (punto donde es tanto sólido como líquido); la línea entre B y C corresponde al cambio de fase de sólida a líquida, y por eso la temperatura permanece constante, ya que la energía es absorbida por las moléculas. Al continuar suministrando calor, el líquido adquiere más energía, lo cual se manifiesta en una mayor movilidad de las moléculas, hasta cuando se alcanza el valor de 100°C . En este punto nuevamente la temperatura permanece constante, pues el calor suministrado se consume en el cambio de fase de líquido a vapor. El tramo entre C y D corresponde al calentamiento del líquido entre las temperaturas de fusión y ebullición. La línea entre D y E corresponde al cambio de fase de líquido a vapor, por lo que la temperatura no cambia. Finalmente, la línea E - F corresponde al calentamiento del vapor una vez que todo el líquido se ha vaporizado, llegando hasta la condición de vapor sobrecalentado. Se puede concluir, entonces, que los cambios de fase absorben o liberan grandes cantidades de energía.

Cuando un líquido se acerca al punto D y está a punto de evaporarse recibe el nombre de líquido saturado, mientras que si un vapor está cerca del punto E quiere decir que está a punto de condensarse y recibe el nombre de vapor saturado. Cualquier punto sobre la línea recibe el nombre de mezcla saturada líquido-vapor. Si se calienta el vapor por encima de esta temperatura se produce el llamado vapor sobrecalentado. En los sistemas modernos de generación de energía eléctrica suele emplearse vapor sobrecalentado.

Los cambios de estado no sólo se deben al aumento o disminución de la temperatura; éstos también dependen de la presión. Es así como el agua hierve a

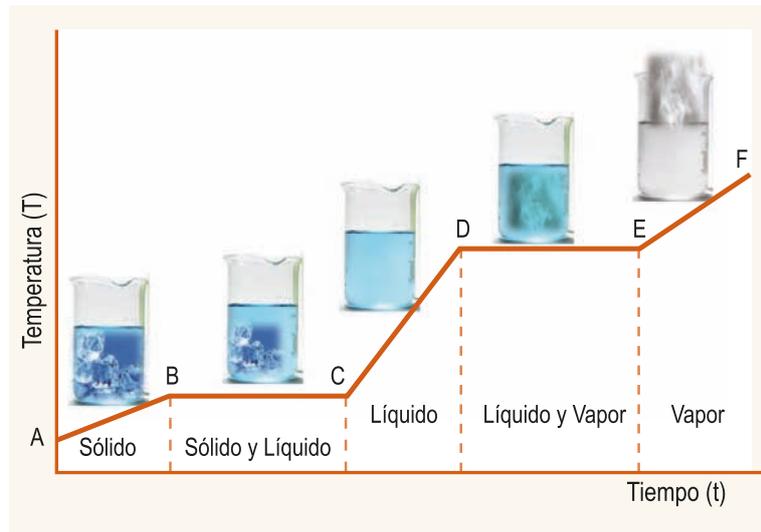


Figura 5. Curva de calentamiento a presión constante.

100°C a 1 atm de presión; si aumentamos la presión la temperatura a la que hervirá también será mayor. Entonces, la temperatura cambiará con la presión; si la presión aumenta la temperatura también aumenta. La relación recíproca también es cierta, es decir, para una determinada temperatura debe existir una única presión, para la cual se presenta el equilibrio entre la fase líquida y la fase de vapor.

Este mismo proceso de cambio de fase lo podemos representar en un diagrama como el de la Figura 6, donde el domo (línea continua) representa el aumento de presión cuando la temperatura se mantiene constante durante un cambio de la fase líquido - vapor. Tal como en una olla a presión, donde el agua en estado líquido recibe energía de la estufa y transforma en su interior el líquido en vapor, generando un aumento en la presión (interior de la olla), hasta que es tan grande que es necesario sacar un poco de vapor por medio de la válvula de la olla, para disminuir la presión en el interior.

En la Figura 6 las líneas punteadas representan temperaturas constante, donde la parte horizontal son todas las mezclas posibles de líquido y vapor en equilibrio, las cuales van desde 100 por ciento de líquido en el extremo izquierdo, hasta 100 por ciento de vapor en el extremo derecho. El lugar de estos puntos extremos

se encuentra en la curva en forma de domo que tiene la etiqueta **BCD**, cuya mitad izquierda (de **B** a **C**) representa *líquido saturado* y la mitad derecha (de **C** a **D**) *vapor saturado*. La región de dos fases (líquido - vapor) se encuentra bajo el domo **BCD**, mientras que las regiones líquida y gaseosa están en las partes izquierda y derecha, respectivamente.

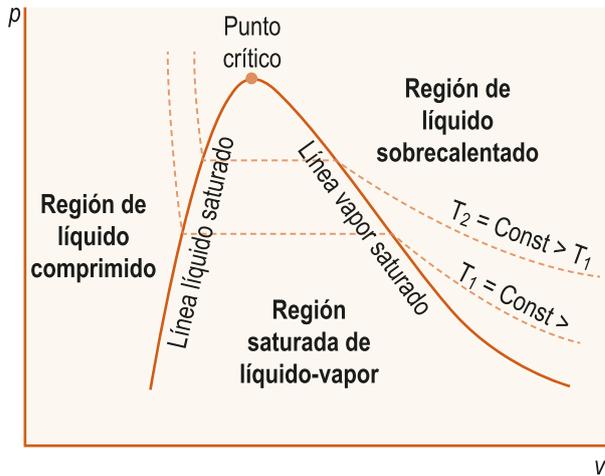


Figura 6. Diagrama PV para las regiones líquido, líquido/vapor y vapor de un fluido puro.

Para los gases la presión tiene relación tanto con la temperatura como con el volumen. En el caso del volumen, a mayor presión el volumen es menor, inversamente, a menor presión, mayor volumen. Si lo relacionamos con la temperatura, a mayor temperatura el volumen será mayor, a menor temperatura el volumen disminuirá.

Ejercicio 2

Reconocimiento de los cambios de estado de la materia en el proceso de esterilización.

Objetivo: identificar los estados de la materia en relación con el proceso de esterilización.

- **Orientación para el facilitador**

Mediante una lluvia de ideas, facilitador y participantes expondrán ejemplos cotidianos sobre los estados de la materia y los cambios que en ella se

suceden; tomando como base la etapa de esterilización, harán hincapié en que en los cambios de fase intervienen factores como presión y temperatura.

Para este ejercicio es conveniente usar materiales de cocina como la olla a presión y el horno microondas, y si es posible, una pequeña bomba de vacío, vaso de precipitado, balón de fondo plano con desprendimiento lateral y tapón de caucho, manguera de caucho del calibre del tubo de desprendimiento, agua, una estufa monofásica, frutos de palma y termómetro.

Para mostrarle a los participantes el cambio de fase del agua de estado líquido a vapor (gas), se puede hacer uso del aumento de temperatura o de la disminución de presión, utilizando el horno microondas, la olla a presión y, si se tiene, bomba de vacío; en cada uno de los casos se debe hacer énfasis en la relación temperatura-presión.

Con el fin de observar las diferencias entre cocción y “quemado” de los frutos, debido a la deshidratación y calor excesivo, se propone: poner frutos de palma en una olla a presión con agua para cocinarlos, fruto (s) en un vaso de precipitado con y sin agua, que se colocarán en un horno microondas.

Aprovechar cada uno de los casos anteriores para explicar el fenómeno de la condensación del agua, que puede ser recogiendo el condensado que se produce en la superficie de una “tapa” y medir la cantidad. Hacer las analogías respectivas con la etapa de condensación.

- **Instrucciones para los participantes**

Con los materiales proporcionados: olla a presión, horno microondas y bomba de vacío (opcional), vaso de precipitado, frutos de palma y agua, los participantes interactuarán con el cambio de estado del agua (líquido - vapor).

En primer lugar, hervir agua en la olla a presión y en el microondas, tomando la temperatura en diferentes momentos. En caso de tener una bomba de vacío, conectar ésta a un balón de fondo plano con desprendimiento lateral por medio de la manguera

de caucho, agregar agua en el balón, sellar con el tapón de caucho y encender la bomba. Para cada caso, escribir las observaciones con los datos. Recolectar las gotas de agua que se adhirieron a la superficie de la tapa y medir la cantidad de éste condensado.

Posteriormente, poner a cocinar frutos de palma de aceite en la olla a presión, con suficiente agua, y en el horno microondas colocar un vaso de precipitado de agua y frutos por tres minutos, luego disponer los frutos en el plato del horno sin agua durante tres minutos.

• **Recursos necesarios para el ejercicio**

- Olla a presión
- Horno microondas
- Bomba de vacío
- Vaso de precipitado
- Balón de fondo plano con desprendimiento lateral
- Tapón de caucho
- Manguera de caucho del calibre del tubo de desprendimiento
- Agua
- Una estufa monofásica
- Frutos de palma
- Termómetro
- Vidrio de reloj

Retroinformación

El facilitador escribirá en una cartelera, tarjeta u otro medio, definiciones incompletas para que los participantes las completen basándose en la experiencia del ejercicio realizado anteriormente.

Algunas de las frases a utilizar pueden ser:

- A mayor presión el agua hierve a mayor _____.
- En el estado _____ las moléculas están en bastante movimiento.
- El agua de líquido a vapor se está _____.
- El paso del agua de vapor a líquido se llama _____.
- Los cambios de estado _____ mayor cantidad de energía.
- Los estados en que se encuentra la materia son: _____, _____, _____.

Ejercicio 2

Reconocimiento de los cambios de estado de la materia en el proceso de esterilización.

Tiempo	Temperatura	
	Olla a presión	Horno microondas
0 min		
3 min		
6 min		
9 min		
12 min		
15 min		
18 min		
Temperatura de ebullición:		

Observaciones		
Cocción con olla a presión	Cocción en horno con agua	Cocción en horno sin agua

El fruto de la palma de aceite

Los frutos de la palma de aceite se encuentran adheridos a unas espigas, las que a su vez están unidas a un pedúnculo, formando un racimo cuyo peso puede variar entre 5 a 40 kg. Los frutos son de forma ovalada, color naranja-rojizo y están constituidos por cuatro partes fundamentales:



Figura 7. Racimo de fruta fresca.



Figura 8. Fruto de palma de aceite.

- **Exocarpio:** es una cáscara o tejido ceroso que recubre la pulpa de los frutos.
- **Mesocarpio:** parte carnosa o pulpa de la fruta; conformada por fibras y celdas contenedoras de aceite. Este aceite en sí es una mezcla de varios aceites como el palmítico y el linoléico, los cuales son utilizados y consumidos normalmente.

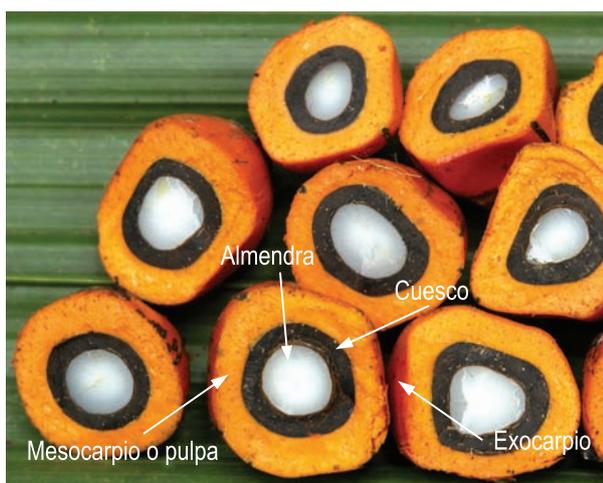


Figura 9. Partes del fruto.

- **Cuesco:** cáscara fuerte que recubre la almendra.
- **Almendra:** parte central del fruto, de alto valor nutricional y donde se encuentra contenido el aceite de palmiste.

Formación del aceite y sus características

Tan pronto como las flores femeninas son polinizadas se inicia la formación de los frutos, que aumentan de volumen progresivamente durante las 21 a 23 semanas transcurridas desde la polinización hasta la cosecha. En este lapso ocurre una serie de procesos bioquímicos que culminan con la formación y almacenamiento de los ácidos grasos (aceite).

- **Acumulación de grasa en la semilla:** el desarrollo de la grasa de la almendra se presenta antes que la del mesocarpio o pulpa del fruto. Hasta la octava semana después de la polinización, el contenido de la polinización es líquido; pasa luego a un estado semigelatinoso y llega a solidificarse alrededor de la decimoquinta semana. El aceite de palmiste es una mezcla de ácidos grasos como láurico, mirístico y oleico.
- **Acumulación de grasa en el mesocarpio del fruto:** la acumulación de grasa en el mesocarpio del fruto ocurre a partir del agua y de la clorofila que se sintetiza en las primeras semanas del desarrollo. Agua y clorofila son precursores de los carbohidratos, y

éstos, a su vez, de las grasas. Hacia la decimonovena semana hay poco aceite; sin embargo, en la semana anterior a la cosecha, todos los ácidos grasos aumentan al igual que la concentración de carotenos, tocoferoles y tocotrienoles, que son la mayor diferencia y valor del aceite de palma con respecto a otros aceites; estas sustancias actúan como antioxidantes.

Acidificación del aceite

Una vez los racimos de palma de aceite alcanzan su estado óptimo de madurez, se inicia un proceso bioquímico donde el aceite se empieza a descomponer por acción de una enzima llamada lipasa, la cual adiciona agua a la molécula, convirtiéndola en sustancias no deseadas (ácidos grasos libres). Este proceso se conoce comúnmente como acidificación y se acelera cuando el racimo ha sido cortado de la palma, golpeado y almacenado en presencia de humedad, por lo que a mayor tiempo, la acidificación será superior. Este fenómeno reduce el tiempo en el que el producto puede ser consumido, genera olores y sabores anormales.

Condiciones de los racimos

A las plantas de beneficio llegan frutos de palmas de diferentes edades, provenientes de plantaciones propias o de proveedores externos. El grado de madurez depende, principalmente, de los ciclos de cosecha; esto hace necesario realizar ajustes al proceso de esterilización, dependiendo de la tendencia de madurez del fruto a procesar.

Ciclos de cosecha largos implican un grado de sobre madurez del fruto y, por el contrario, los ciclos cortos llevan a cosechar un fruto con tendencia a estar verde. Es importante que el proceso se lleve a cabo con frutos en buen estado de maduración, lo que quiere decir que no hayan sido cortados cuando aún estén verdes, porque no contienen suficiente aceite y son más duros; si son muy maduros contienen mayor cantidad de ácidos grasos libres y, además, se cocinan más rápido, por lo que hay que tener cuidado con la forma

de esterilizar, para no perder el aceite en el agua que sale de los esterilizadores (condensados). El fruto que se esterilice debe ser de las mismas características, o todos verdes, maduros o sobremaduros; es mejor evitar las mezclas.

Cenipalma ha realizado diferentes investigaciones con el fin de minimizar las pérdidas de aceite y hacer más eficiente el proceso de esterilización, por lo que en la actualidad se considera una esterilización tradicional en la cual los racimos de fruta fresca ingresan a las autoclaves enteros, y otra donde los racimos se parten en varios pedazos antes de entrar a las autoclaves. La metodología a utilizar es decisión de las plantas de beneficio.

Los racimos que se esterilizan enteros tardan más tiempo y requieren mayor presión, ya que el vapor no puede penetrar fácilmente, por el contrario los racimos desgarrados son esterilizados en menor tiempo y con menor presión, debido a que el vapor puede penetrar más rápidamente el racimo.

Objetivos de la esterilización

La esterilización es la primera etapa y quizá la más importante en el proceso de extracción del aceite de palma. Consiste en someter los racimos a una cocción por medio de vapor de agua a presión, en equipos llamados autoclaves o esterilizadores (Figura 12). Esta etapa se desarrolla con el fin de cumplir cinco objetivos fundamentales:

- **Desactivar la lipasa:** la lipasa es una enzima de la clase hidrolasa, lo que quiere decir que ayuda a adicionar agua al ácido graso, lo que genera que éste se divida en dos componentes ácidos grasos y glicerina, los cuales a través del tiempo producen la rancidez de las grasas.

La acción de la lipasa se acelera cuando los racimos han sido cortados de la palma o cuando la estructura celular del fruto es alterada, lo cual implica: el manejo, almacenamiento, transporte, manipulación, daños durante la cosecha y tiempo transcurrido.

Esta enzima se inactiva a temperaturas relativamente bajas, aproximadamente 60° C. Por ello se podría pensar que el tratamiento de esterilización es posible efectuarlo mediante el uso de agua caliente simplemente, pero para cumplir con los demás objetivos se requieren temperaturas mayores.

- Facilitar el desprendimiento de los frutos del raquis (soporte natural): este proceso se inicia durante la maduración; en la esterilización se estimula y acelera por medio de la evaporación de agua presente en los tejidos del pedúnculo de unión entre el fruto y la tusa, a causa del paso de vapor a alta temperatura y por tiempo prolongado, lo cual los ablanda. Esto permite disminuir la pérdida de aceite por una mala desfrutación.
- **Ablandar los tejidos de la pulpa:** se hace para disminuir la resistencia a la maceración durante el proceso de digestión y prensado (aplicación de fuerza para extraer el aceite), facilitando el rompimiento de las celdas que contienen el aceite. Se obtiene con poco tiempo de esterilización y a una temperatura relativamente baja.
- **Deshidratar parcialmente las almendras contenidas en las nueces para facilitar su posterior recuperación:** es un desecamiento de la almendra, con el que ésta pierde tamaño y se desprende de la cáscara que la envuelve, facilitando el rompimiento de las nueces y la recuperación de las almendras en la sección de palmistería. En la esterilización no es recomendable utilizar temperaturas demasiado altas, ya que puede afectar el color y la calidad del aceite.
- **Coagular las proteínas:** las proteínas se encuentran en las celdas que contienen el aceite en el fruto de la palma, y favorecen que el aceite se mezcle en el agua en forma de pequeñas gotas (emulsificación). La coagulación de las proteínas reduce la emulsificación, ya que éstas van a quedar atrapadas en la torta de prensado. De no ser así, habrían dificultades para separar el agua y el aceite en el proceso de clarificación (decantación) lo que ocasionaría pérdidas en las aguas lodosas de desecho.

Para que la coagulación de las proteínas sea efectiva, se requiere una temperatura mínima de 100° C.

- **Hidrolizar y descomponer el “material mucilaginoso” (“gomas”):** el fruto de la palma de aceite contiene gomas y almidones (carbohidratos) que dificultan procesos posteriores a la esterilización como la clarificación (decantación) del aceite crudo.

Con la esterilización, los almidones y demás carbohidratos absorben agua dentro de la molécula en diferentes cantidades. A temperaturas superiores a los 120° C, éstos son hidrolizados, descompuestos o coagulados; es también un factor influyente el tiempo de esterilización.

Ciclos de esterilización

Un ciclo de esterilización es una secuencia de aumento y disminución de presión por medio de la adición o expulsión de vapor en el interior de una autoclave o esterilizador, durante un cierto tiempo. Los ciclos pueden variar dependiendo de la madurez y la condición física de los racimos, si se encuentran enteros o partidos.

Un ciclo normal para racimos enteros cuenta con ocho pasos. Mientras que el ciclo para racimos desgarrados cuenta con cuatro.

Tabla 4. Pasos del ciclo de esterilización, dependiendo del tipo de racimos a tratar

Enteros	Desgarrados
Desaireación	Desaireación
Primer pico	Primer pico
Expansión	Sostenimiento
Segundo pico	Expansión final
Expansión	
Tercer pico	
Sostenimiento	
Expansión final	

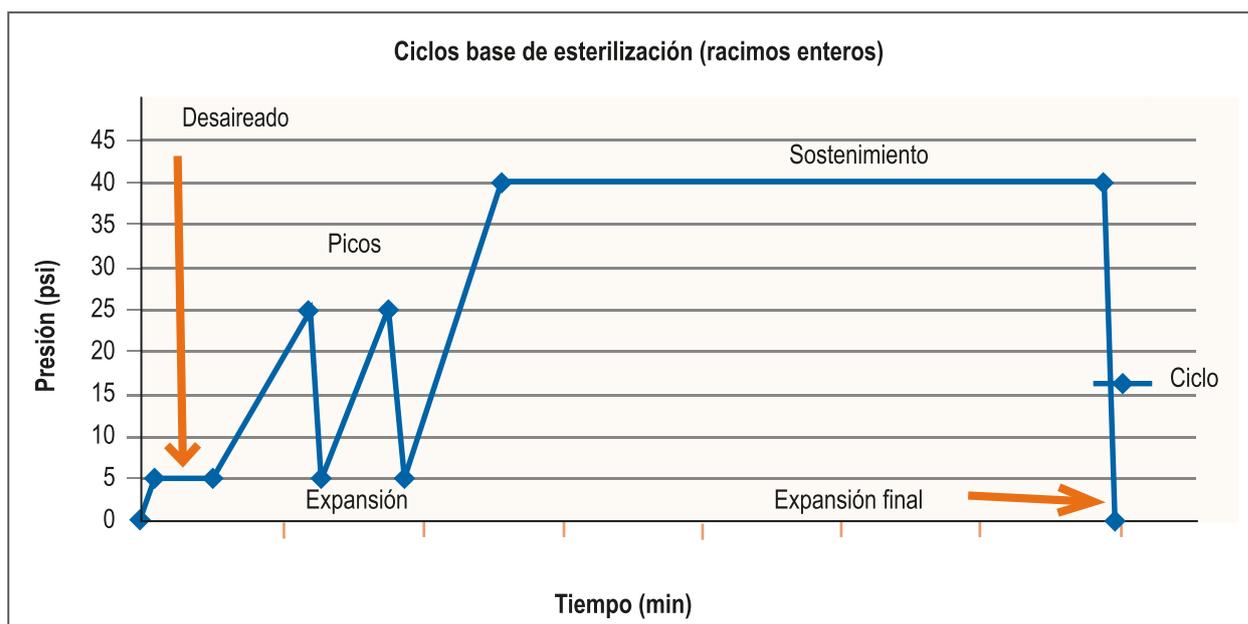


Figura 10. Ciclo base para la esterilización de racimos enteros.

La Figura 10 representa un ciclo de esterilización para racimos enteros, en la que se grafica la presión contra el tiempo. El tiempo cero representa el inicio del ciclo de esterilización; allí se empieza a inyectar vapor al esterilizador hasta que alcanza 5 PSI, presión que se mantiene constante por cinco minutos con la válvula de salida de condensados abierta para permitir la eliminación del aire por diferencia de densidades, ya que el aire es más denso que el vapor de agua. Posteriormente se cierra la válvula de salida de condensados y se inyecta más vapor al autoclave, hasta alcanzar la presión requerida (25 PSI en este caso); se procede a cerrar la entrada de vapor y a eliminar éste del autoclave, sin dejar que la presión en el esterilizador sea menor a 5 PSI. Los picos de esterilización ayudan a desactivar la lipasa y a facilitar el desprendimiento de los frutos del raquis, ya que se puede comparar con el hecho de tirar los racimos. Es importante que en el momento de la expansión (salida del vapor) la presión no llegue a menos de 5 PSI, ya que puede ingresar aire frío al autoclave o generar una succión.

Luego de ejecutar los picos de esterilización se llega al sostenimiento; este paso es fundamental para ablandar los tejidos de la pulpa o mesocarpio, deshidratar

las almendras, coagular las proteínas e hidrolizar y descomponer el material mucilaginoso. En el sostenimiento es donde se alcanza la mayor temperatura en el proceso de esterilización.

En la Figura 11 se representa un ciclo base de esterilización para racimos que han sido sometidos a una modificación física (desgarrado). Este ciclo, al igual que el anterior, cuenta con un desaireado a 5 PSI por cinco minutos, en el cual se busca la eliminación del aire que se encuentra al interior del autoclave. A diferencia del ciclo representado en la Figura 10, éste no cuenta con picos de esterilización, ya que el desgarrado o modificación física facilita el desprendimiento de algunos de los frutos y aumenta el área por donde va a impregnar el vapor, por lo que de éste ciclo se salta inmediatamente al sostenimiento. Este sostenimiento se hace a una presión menor (20 PSI, normalmente). El ciclo, en general, tarda menos tiempo, ya que al haber sido partidos los racimos, éstos se cocinan más rápido.

- **Desaireación:** el aire es una mezcla de gases que no se calienta fácilmente y, por tanto, requiere ser evacuado del autoclave para alcanzar la temperatura requerida en los racimos. Por tal motivo, se debe introducir vapor lentamente con el fin de empujar

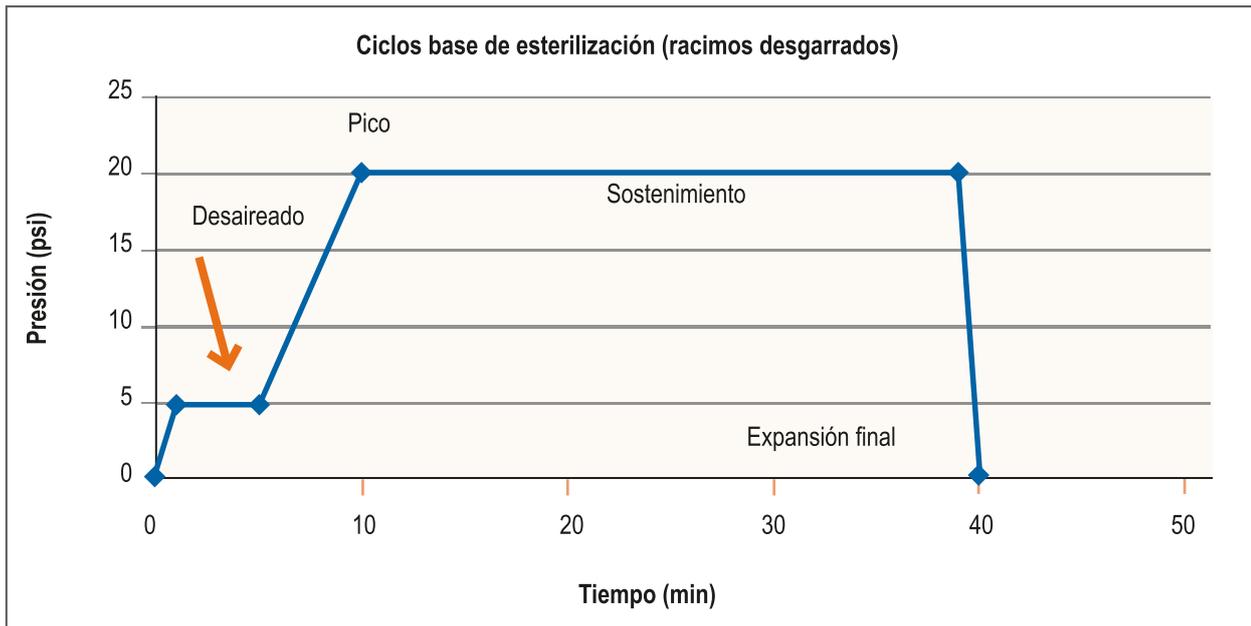


Figura 11. Ciclo base para la esterilización de racimos desgarrados.

- el aire (cuya densidad es mayor que la del vapor) hacia abajo y evacuarlo por las líneas de condensados, evitando también la formación de bolsas de aire que impiden la esterilización completa de los racimos.
- **Ascenso y expansión:** se refiere a la realización de los llamados “picos” de esterilización, donde se ingresa vapor a la autoclave hasta alcanzar la presión requerida para esa etapa del ciclo. La expansión tiene como objeto expulsar el aire residual y eliminar agua, debido a la condensación del vapor durante el calentamiento del fruto, el cual genera el desecamiento parcial, no sólo de las partes externas del racimo, sino también de las internas, como es el caso de las almendras. Es importante que en este proceso no se llegue a menos de 5 PSI, debido a que puede volver a ingresar aire al equipo.
 - **Sostenimiento:** éste es el paso donde realmente se alcanzan los objetivos principales de la esterilización. Cada valor de presión está asociado a una temperatura única de vapor, por lo cual se convierte en una medida indirecta del requerimiento de esterilización y cocimiento del fruto. La presión y el tiempo utilizados dependen del grado de madurez de los frutos.

- **Expansión final y operaciones de descargue y cargue del esterilizador:** es necesario verificar que el vapor ha sido totalmente evacuado de la autoclave, antes de iniciar el proceso de apertura de la misma. Para tal fin debe usarse una válvula de seguridad, la que debe ser abierta para comprobar la salida total del vapor; luego de esta comprobación se abre(n) la(s) puerta(s) y se procede a descargar el equipo.

Los parámetros de control de tiempo y presión del ciclo de esterilización son variables y dependen de la calidad de los racimos procesados. Cada planta los establece para su operación, sin embargo, los valores en los que típicamente se encuentran son:

Picos	Presión (PSI)
Desaireado	5
Calentamiento	20 - 30
Cocción	Máx. 45

Madurez de racimos	Tiempo de sostenimiento (min)
Maduros	40
Sobremaduros	Máx. 35
Verdes	50

Condición física de racimos	Tiempo total de esterilización (min)
Enteros	Máx. 90
Partidos (desgarrados)	Máx. 60

Ejercicio 3

Reconocimiento de las propiedades y estructura de los frutos de palma.

- **Orientaciones para el facilitador**

Con el fin de que los participantes comiencen a interactuar con los objetivos que tiene la etapa de esterilización, los participantes tomarán un racimo pequeño de palma, al cual le quitarán algunos frutos por diferentes medios. Partirán un fruto por la mitad y observarán sus partes, dando los nombres de cada una y explicando la importancia que tienen para la extracción de aceite.

Para que los participantes entiendan fácilmente los ciclos de esterilización se recomienda hacer un paralelo con la cocción convencional del arroz, donde se siguen unos pasos que pueden ser comparados con la etapa de esterilización.

Recalcar la importancia que tiene los cambios de presión, ya que esto conlleva al desprendimiento de los frutos del racimo; además, hacer énfasis en el cumplimiento de cada uno de los pasos del ciclo de

esterilización, para obtener mejores resultados en la cocción del fruto.

- **Instrucciones para los participantes**

Por grupos, los participantes dispondrán de un racimo de fruto de palma, al cual por medios físicos (lanzamientos, palanca) desprenderán los frutos del racimo. En el grupo comentarán las dificultades que presenta y harán una propuesta para realizar este proceso en forma industrial.

A uno(s) de los frutos los partirán en dos partes con la ayuda de un cuchillo afilado. Observarán sus partes, darán el nombre de cada una de ellas y realizarán un dibujo del fruto, señalizando sus partes, explicando la importancia que tienen en el proceso de extracción de aceite, e indicando cuál sería la mejor forma para extraer el aceite de estos frutos.

- **Recursos necesarios**

- Racimos de fruto de palma
- Cuchillo afilado
- Martillo
- Guantes

Retroinformación

La retroalimentación para este ejercicio es conveniente que se haga durante la práctica.

Referencias bibliográficas

- Wambeck, Noel; Bernal C., Guillermo A.; Cala G., Germán. 2005. *Sinopsis del proceso de la palma de aceite*. Servicio Nacional de Aprendizaje. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma). Sociedad de Agricultores de Colombia. Volumen 1; apéndice 2. Convenio Sena - SAC N° 0077 de 2004. Bogotá, Colombia.
- Bernal, Fernando. 2001. *Generalidades y alcances de la agroindustria de la palma de aceite. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio*. Guía general para el nuevo palmicultor. Fedepalma. Bogotá. 186 p.
- Himmelblau, David. 1997. *Principios básicos y cálculos en ingeniería química*. Sexta edición. Prentice hall. México.



Unidad de aprendizaje 2

Materiales y equipos

Introducción	43
Estructura de aprendizaje	43
Preguntas orientadoras	43
Objetivos de la unidad	43
Materiales	44
Equipos	44
Ejercicio 4	50
Retroinformación	51
Automatización	51
Referencias bibliográficas	52



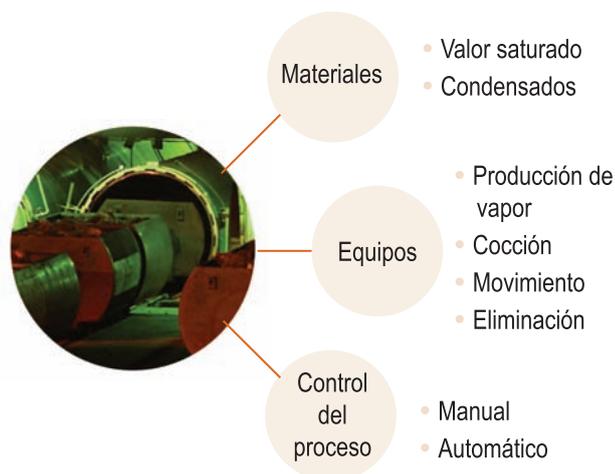
Figura 12. Autoclaves.

Introducción

Los materiales y equipos de la etapa de esterilización son variados y diversos en sus funciones. Para manejarlos de forma adecuada es necesario identificar el lugar donde se encuentran ubicados y su función. En ésta sección se describe cada uno de los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo la etapa que va desde la generación de vapor saturado, hasta el manejo de los pozos florentinos, donde se hace el primer tratamiento de los condensados (aguas de desecho de la etapa). Esta unidad de aprendizaje estará acompañada por las prácticas descritas en esta misma sección, con el fin de facilitar el aprendizaje y empoderamiento del conocimiento.

Estructura de aprendizaje

¿Qué necesito para esterilizar racimos de fruta fresca de palma?



Para la esterilización de racimos de fruta fresca de palma es fundamental el uso de tres grupos importantes. El primero son materiales como el vapor de agua; el segundo, los equipos utilizados como las

autoclaves, donde se realiza la cocción del fruto, y las vagonetas donde se moviliza e ingresan los racimos a la autoclave. Y, finalmente, los elementos de control, que son utilizados rutinariamente para poder ejecutar de forma correcta los ciclos de esterilización.

Preguntas orientadoras

Orientación para el facilitador

Con el fin de motivar a los participantes sobre los temas a tratar en esta unidad, se recomienda mostrar fotos de los equipos relacionados con el proceso de esterilización, y hacer preguntas relacionadas a su ubicación y uso dentro de las plantas de beneficio u otros medios. Algunas de las preguntas que pueden ser formuladas se encuentran a continuación:

1. ¿Con qué utensilio del diario vivir relaciona una autoclave?
2. ¿Reconoce algunos de los equipos utilizados en el proceso de esterilización?
3. ¿Para qué utilizaría válvulas en el proceso de esterilización?
4. ¿Considera necesario el uso de bombas? En caso de una respuesta afirmativa, ¿Dónde ubicaría las bombas?
5. ¿Qué tipo de elementos de control considera necesarios?

Objetivos de la unidad

Al finalizar esta unidad el usuario de la guía estará en capacidad de:

1. Identificar los materiales necesarios para realizar el proceso de esterilización de racimos de fruto de palma.

2. Identificar los equipos utilizados en el proceso de esterilización.
3. Reconocer las funciones y usos de cada uno de los equipos utilizados.

Materiales

Los materiales indispensables para una buena esterilización de racimos de fruto de palma son:

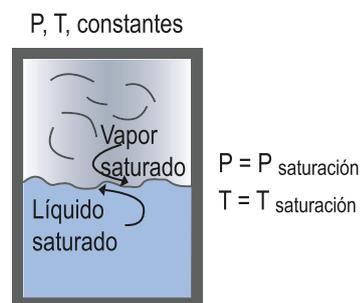
- **Vapor saturado:** es vapor que está a punto de condensarse, bien sea por un cambio de temperatura o presión. El vapor de agua puro es un gas invisible; sin embargo, cuando el agua hierve, el vapor arrastra minúsculas gotas de agua y puede verse la mezcla blanquecina resultante (mezcla de líquido – vapor). En estos casos se dice que el vapor está húmedo; sin embargo, hay vapor que contienen mayor o menor cantidad de humedad.

Para la esterilización de racimos de fruta de palma es indispensable el uso de vapor saturado, ya que como se vio en la unidad anterior, los cambios de fase transfieren una mayor cantidad de energía, por lo que en este caso la energía liberada por el vapor al condensarse, pasa directamente a los frutos de palma que se encuentran al interior del esterilizador, además, al contener humedad se evita que los frutos cedan el agua que contienen al vapor.

En el caso de que se utilizara vapor sobrecalentado, por la alta temperatura a la que se encuentra y la ausencia de humedad (gotas de agua líquida en equilibrio con el vapor) genera la evaporación del agua contenida en los frutos, provocando que no se cumplan los objetivos de la esterilización, se quemen los frutos, queden duros (deshidratación) y no se pueda extraer el aceite en las etapas posteriores.

El consumo de vapor en la esterilización es de aproximadamente 250 – 280 kg de vapor/ Ton de RFF. En el interior del esterilizador el vapor debe distribuirse homogéneamente a lo largo del equipo a través de una bandeja perforada, para evitar el daño de los racimos que quedan bajo el punto de entrada, tener las mismas condiciones de temperatura y contenido de aire dentro del autoclave.

- **Condensados:** los condensados de esterilización producidos por la condensación del vapor de agua se pueden considerar como un material (sólo niveles bajos de condensados), ya que facilitan un equilibrio apropiado entre el agua en estado líquido y el vapor al interior del esterilizador, manteniendo una presión y temperatura constantes y evitando al mismo tiempo la deshidratación del fruto.



Equipos

- **Caldera:** equipo empleado para generar vapor a una presión alta a partir de agua en estado líquido y de la combustión de un “combustible”, en este caso de biomasa (cuesco y fibra).

La forma general de las calderas es cilíndrica, diseñadas así con el fin de resistir mejor la presión. Sus partes esenciales son:

1. *El hogar:* en el cual se produce el calor de la combustión; puede ser externo o interno.
2. *La conducción de humos:* desde el hogar a la chimenea, pasando por el interior o el exterior del cuerpo cilíndrico. Para aprovechar su calor, los humos se hacen pasar por un haz de tubos (varios tubos) a través de la masa líquida, o bien es el agua la que se reparte en un haz de tubos.
3. *El cuerpo cilíndrico:* contiene el agua y es de paredes metálicas inoxidable. En él se produce la evaporación. Puede ser vertical u horizontal.
4. *Accesorios:* para el buen funcionamiento y control de la caldera o para aumentar su rendimiento.

Las calderas se dividen en tres tipos: acuatubulares, pirotubulares y con tubos de humo y agua.

- **Pirotubular:** en estas calderas los gases de combustión son obligados a pasar por el interior de unos tubos que se encuentran sumergidos en la masa de agua. Todo el conjunto, agua y tubo de gases, se encuentra rodeado por una carcasa exterior o caparazón. Los gases calientes, al circular por los tubos, ceden calor, el cual se transmite a través de los tubos y posteriormente al agua. El vapor húmedo producido por una caldera de tubos de humo contiene un porcentaje muy alto de agua, lo cual actúa en las paredes de los sistemas de transmisión como aislante, aumentando el consumo de vapor hasta en un 20%.

La presión de trabajo normalmente no excede los 20 kg/cm², ya que a presiones más altas obligaría a tener mayores espesores de carcasa. Su producción máxima de vapor se encuentra alrededor de 25 ton/hr.

- **Acuatubular:** en estas calderas los gases de combustión circulan por la parte externa de los tubos, mientras que por su interior lo hace el agua. Los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción, y están inclinados para que el vapor, a mayor temperatura al salir por la parte más alta, provoque un ingreso natural del agua más fría por la parte más baja. Originalmente estaban diseñadas para quemar combustible sólido.

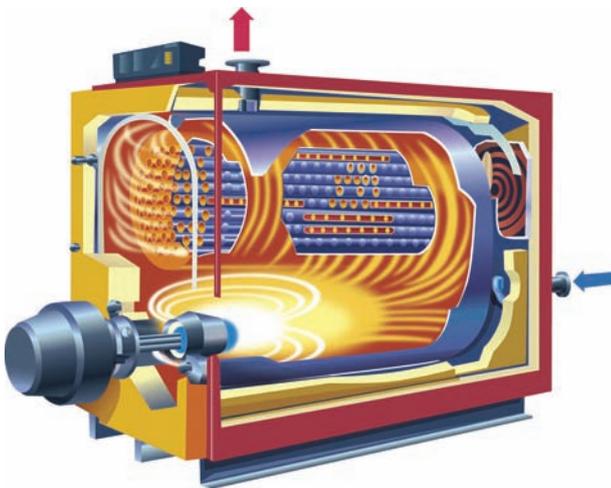


Figura 14. Partes de una caldera.

Estas calderas tienen un gran espectro de producción de vapor, la cual puede variar desde una pequeña producción en calderas compactas, hasta las grandes producciones de 1000 Ton/h y presiones de hasta 150 kg/cm². La caldera de tubos de agua tiene la ventaja de poder trabajar a altas presiones, dependiendo del diseño, hasta los 350 PSI. El tiempo de arranque para la producción de vapor a su presión de trabajo no excede los 20 minutos.

El vapor que produce una caldera de tubos de agua es un vapor seco (sin humedad o sobrecalentado), por lo que en los sistemas de transmisión de calor existe un mayor aprovechamiento.



Figura 15. Caldera.

- **De humo y agua:** están compuestas de un cilindro mayor con un hogar cilíndrico y tubos de humo, de agua o de ambos. El hogar es interior y está rodeado de una parte de la cámara de agua. Los gases ascienden verticalmente a lo largo de los tubos de humo o rodean los tubos de agua, entregándoles la mayor parte de su calor. Son montadas sobre una base de concreto y ladrillos refractarios, y empleadas en la pequeña industria.

Sin embargo, padecen en general de algunos defectos, tales como:

1. Rendimiento bajo por combustión deficiente y escape de humos calientes.
2. Destrucción rápida por el recalentamiento de los tubos al nivel del agua.
3. Son peligrosas en caso de una explosión.

Como cualidades positivas presentan:

- Son de fácil construcción.
- Ocupan un reducido espacio y son fáciles de ubicar.

Tabla 5. Partes de la caldera

Casco o domo	Hogar o caja de fuego	Instrumentación
Tubos	Registros	Pantallas
Sobrecalentadores	Chimenea	Economizadores
Quemadores	Precalentadores de aire	Sopladores de hollín
Precalentadores de agua	Sistema de tiro	Puerta de acceso a los tubos

La finalidad del sistema de tiro es proporcionar el aire necesario para la combustión y para eliminar los productos de la misma.

El economizador es básicamente un intercambiador de calor, gases-agua; instalado en una caldera consigue aprovechar el calor residual de los gases de combustión, traspasándolo al agua de alimentación de la caldera, con lo que se consigue reducir el consumo de combustible y mejorar el rendimiento de manera considerable.

- **Desgarrador:** es un equipo que cuenta con dos cilindros dentados que se mueven en direcciones opuestas hacia adentro; los racimos ingresan por medio de una plataforma inclinada, a continuación son rasgados por la acción de los cilindros, desintegrándolos en varios pedazos de formas diversas.
- **Vagonetas:** las vagonetas son contenedores para los racimos de fruta de palma, en los cuales ingresan a los esterilizadores. Son metálicas, de forma cuadrada y redondeada en los laterales. Hechas en láminas de acero al carbón con perforaciones en el fondo y ocasionalmente en los costados para evacuar los condensados de vapor; poseen dos pares de ruedas metálicas para facilitar su movimiento desde la zona de carga hasta su ingreso en los esterilizadores y de allí al resto del proceso. Su capacidad puede variar entre las plantas de beneficio, encontrando valores de 1 y 2,5 hasta 5 y 10 toneladas por vagoneta.

Figura 16. Vagonetas.





Figura 17. Cabrestante.

- **Cabrestante y poleas:** los cabrestantes son dispositivos mecánicos impulsados manualmente o por un motor eléctrico; se usan para desplazar grandes cargas. Consisten en un rodillo giratorio alrededor del cual se enrolla una cuerda, provocando el movimiento en la carga sujeta al otro lado del mismo.

Las poleas son cilindros acanalados sujetos fuertemente al piso por donde pasa una cuerda. Sirven para transmitir una fuerza o cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos. Además, formando conjuntos sirven para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso, variando su velocidad. Usualmente en una planta de beneficio se encuentran cuatro cabrestantes y seis poleas.

- **Esterilizador o autoclave:** los esterilizadores son cilindros horizontales fabricados en acero, los cuales se encuentran en diferentes diámetros y longitudes dependiendo de las necesidades. Poseen un par de rieles internos para el ingreso de las vagonetas, bandejas perforadas en la parte superior, por donde ingresa el vapor de forma uniforme a la totalidad del equipo; las compuertas de cierre son similares a las de una olla a presión y se usan pestañas en la puerta que deben encajar perfectamente al hacerla girar por medio de una manivela, además, se utiliza un empaque de caucho resistente para evitar los escapes de vapor (cierre hermético).

Los equipos de esterilización, además de sus componentes básicos, cuentan con instrumentos de

medición como manómetros, termómetros y cartas registradoras de presión, los cuales deben ser conocidos y operados adecuadamente para el correcto funcionamiento de la esterilización, así como para garantizar la seguridad de los operarios y el proceso en general.

- **Manómetros:** medidor de presión. Instalados de frente al punto de operación de las válvulas de admisión y evacuación de vapor, en sitios equidistantes a las válvulas de entrada y compuertas de la autoclave.



Figura 18. Manómetro.

- **Termómetro:** medidor de temperatura. Ubicado en la tubería de drenaje de condensados, para vigilar la evacuación continua de éstos, los cuales se expresan en altos valores de temperatura.
- **Cartas de control:** usadas para registrar la presión interna de la autoclave durante el tiempo utilizado para realizar el ciclo de esterilización.

Tabla 6. Temperatura del vapor saturado de acuerdo con la presión

Presión absoluta (kg/cm ²)	Presión manómetro (kg/cm ²)	Temperatura (° C)
1.0	0.0	100
2.0	1.0	119.6
2.5	1.5	126.8
3.0	2.0	132.9
4.0	3.0	142.9
4.5	3.5	147.2

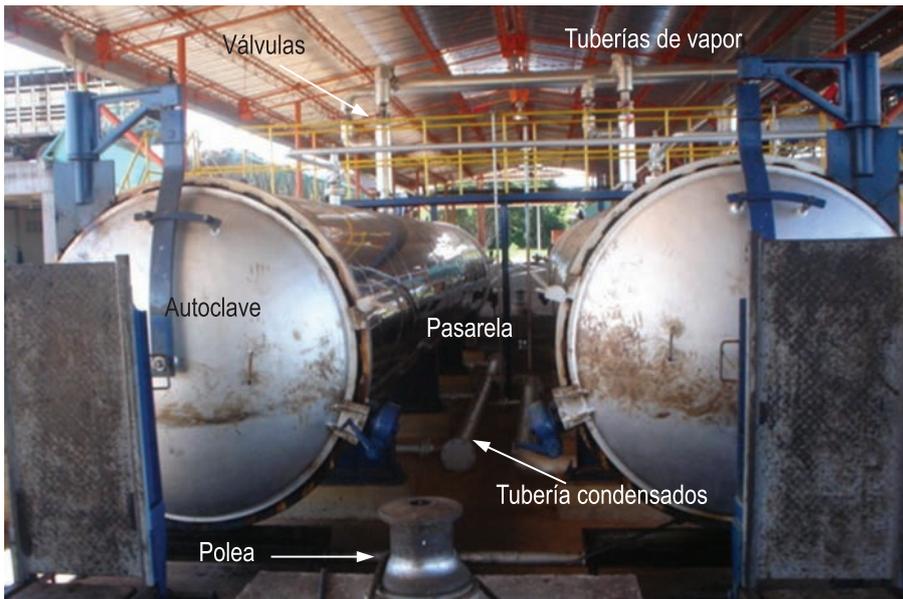


Figura 19. Identificación de los equipos de esterilización.

de la cédula, que es el nombre que se le da a un espesor de tubo, y no es el mismo para la misma cédula en diferente diámetro, por ejemplo, el tubo cédula 40 de 4" es de 6.02 mm, el diámetro exterior es de 114 mm y el interior de 102, y para un tubo cédula 40 de 24" el espesor es de 17.48 mm, el diámetro exterior es de 610 mm y interior de 575 mm.

En la esterilización se encuentran diferentes válvulas y tuberías:

- **Pasarela de los esterilizadores:** son los espacios que hay entre los costados laterales de los esterilizadores, para la ubicación y mantenimiento de las válvulas de condensados y la evacuación del vapor de los esterilizadores.

• **Válvulas y tuberías:**

- **Válvula:** se puede definir como un aparato mecánico con el que se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son unos de los instrumentos de control esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modificar o aislar una enorme variedad de líquidos y gases.

- **Tubería:** conducto formado por tubos para llevar agua, gas o cualquier otro fluido, de un lugar a otro. Son construidos en diversos materiales y diámetros. El diámetro por el cual se llama una tubería corresponde a los diámetros nominales (diámetro interior); el diámetro varía en función

- Válvula de entrada de vapor (A) de diámetro apropiado, de acuerdo con el tamaño de la autoclave, lo cual implica una tubería de alimentación de vapor del mismo diámetro.
- Válvula de *bypass* (A') a la válvula de entrada de vapor, equivalente aproximadamente al 35% del diámetro de la válvula principal. Su función es mantener la presión constante (teniendo la principal cerrada).
- Válvula de desfogue o evacuación de vapor en las expansiones (B), con un diámetro aproximado a 150% del diámetro de la válvula principal (A), igualmente al de la tubería asociada.
- Válvula de salida de condensados (C), equivalente aproximadamente al 70% del diámetro de la válvula de entrada de vapor (A), igualmente al de la tubería asociada. Utilizada en la desaireación y en las expansiones de la esterilización.
- Válvula de *bypass* (D) a la válvula de salida de condensados (C), generalmente de 1" de diámetro, para mantenerla completamente abierta durante los picos y la presión constante, garantizando una esterilización en seco por la evacuación continua de los condensados.

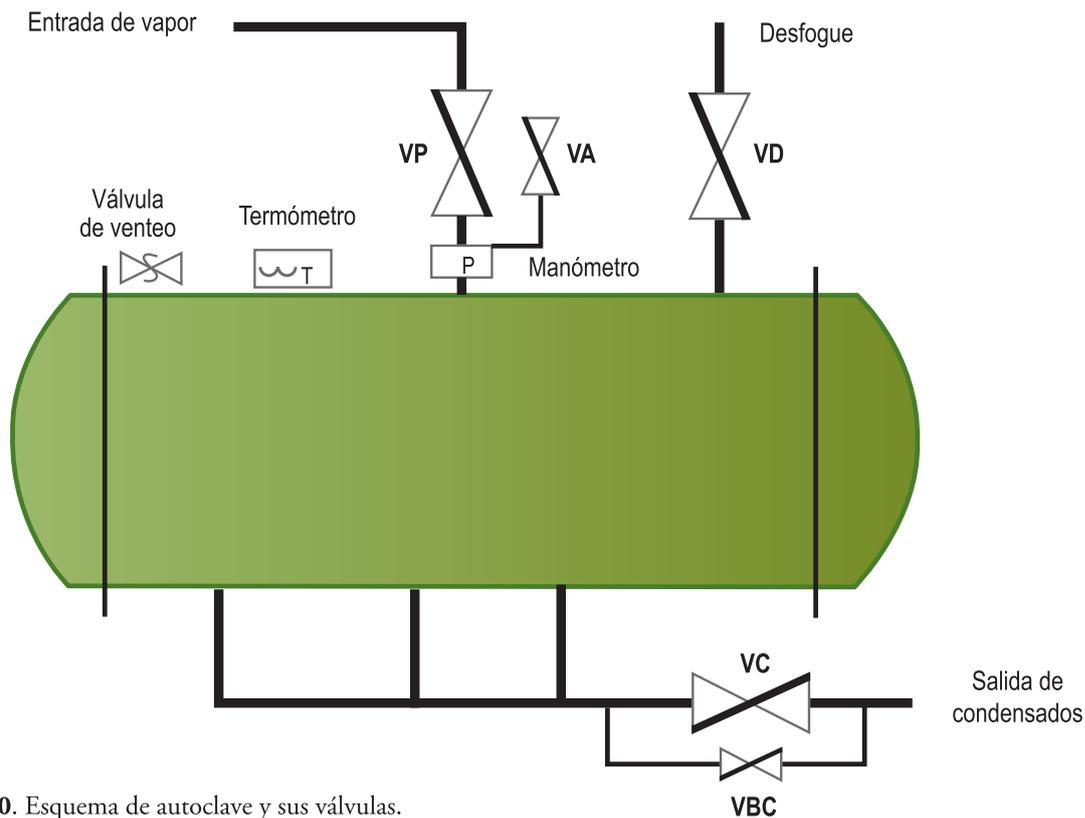


Figura 20. Esquema de autoclave y sus válvulas.

- Rompedores de vacío: cheques instalados en la parte superior, con flecha hacia la autoclave; evitan que la autoclave sufra por el vacío generado en las expansiones.
- **Chimenea de desfogue de vapor y silenciador:** son cilindros ubicados en la parte posterior a los esterilizadores, construidos en acero dulce de diámetro aproximado de 1,2 m y altura considerable. Su función es direccionar y silenciar el escape de vapor desde el esterilizador.

Es indispensable que esta área no sea de paso peatonal, debido a la posible lluvia de condensados (lluvia por la liberación de condensados dentro del conducto de vapor), los cuales se encuentran a temperaturas cercanas a los 100° C.

- **Cámara de condensados:** es un depósito provisional diseñado para recibir los condensados del esterilizador antes de ser descargados al pozo florentino; actúa como silenciador, registro y lugar de toma de muestras de análisis de condensados.



Figura 21. Chimenea de desfogue.

- **Bombas de sumidero:** una bomba es una máquina que transforma la energía (generalmente mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido que mueve. El fluido puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Las bombas de sumidero están localizadas en la parte superior de la cámara de condensados para bombearlos al pozo florentino. Están construidas en acero inoxidable y cuentan con un interruptor de nivel para que sean activadas únicamente cuando el nivel es alto y evitar de ésta forma que entre aire.

- **Pozo florentino:** son tanques de depósito temporal de condensados para la decantación o sedimentación primaria, donde por diferencia de densidades y disminución de temperatura se recupera parte del aceite liberado por los frutos en la esterilización con un recolector de aceite ajustable en la parte superior.



Figura 22. Pozo florentino.

- **Tanque de aceite ácido:** es un tanque cilíndrico de fondo cónico que recibe el aceite recuperado del pozo florentino.
- **Sistema de control automático del esterilizador:** es utilizado en las plantas extractoras como un medio para la optimización del proceso, en tanto que reduce el tiempo excesivo de ciclos y se obtiene una mejora en la utilización del vapor, ya que controla minuciosamente la presión y distribución equitativa del vapor en una secuencia tal que no exista demanda innecesaria en más de una autoclave a la vez.

Ejercicio 4

Visita a la planta de beneficio.

Objetivo: identificar los equipos, corrientes y sistemas de control de la etapa de esterilización.

• Orientación para el facilitador

Por medio de una visita a la planta de beneficio, los participantes observarán en detalle cada uno de los equipos, líneas de vapor y condensados, al igual que la ejecución de los ciclos de esterilización; posteriormente, en una hoja de papel realizarán un diagrama de la etapa, teniendo en cuenta: válvulas, esterilizadores, tuberías, pozos florentinos, chimenea e instrumentos de control, entre otros. Hacer una comparación de lo observado en planta con el proceso propuesto por ellos en la práctica anterior.

• Indicaciones para los participantes

En compañía del facilitador, y teniendo en cuenta normas básicas de seguridad como: no correr por la planta de beneficio, caminar con precaución, no tocar los equipos y tuberías, tener cuidado con las mangas de las camisas y los pantalones, y no manipular equipos, realizar una visita a la planta de beneficio, específicamente a la etapa de esterilización.

Reconocer cada uno de los equipos y su función, identificar tuberías de vapor y condensados, y la ejecución del proceso.

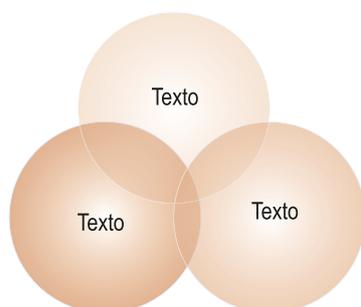
Hacer un plano de la etapa, identificando los equipos y las corrientes. Explicar la disposición de los mismos.

• Recursos necesarios para el ejercicio

- Zapatos cerrados y bajos
- Cascos
- Lápiz
- Papel
- Acceso a la planta de beneficio

Retroinformación

El facilitador dividirá a los participantes en grupos de trabajo. A cada grupo le entregará un pliego de papel periódico o Bond y marcadores. En la mitad del pliego escribirán todas las palabras relacionadas con la práctica que acaban de hacer, luego las clasificarán en tres grupos como ellos consideren pertinente, utilizando un esquema de círculo de intersección en la otra mitad del papel y anotando en las intersecciones las palabras que tengan relación entre los círculos.



Automatización

La automatización hace parte de la cadena evolutiva del control de procesos, donde inicialmente solo se registraban de forma manual las variables como temperatura y presión, en el caso de la esterilización; este registro lo hacía el operario, lo que generaba poca secuencia de los datos y pérdida de los mismos.

Posteriormente se pasó al monitoreo de los procesos, donde por medio de sistemas electrónicos y sistemas de control se registran en tiempo real las variables que se pueden ver en el cuarto de control normalmente. El monitoreo permite tener una secuencia de datos almacenados que se pueden graficar, comparar y generar

estadísticas para determinar fallas en puntos específicos del proceso.

La automatización, por su parte, permite el registro y monitoreo de las variables, además, que los datos obtenidos sean comparados con un dato específico (*set point*); luego de esta comparación el mismo sistema puede tomar decisiones previamente programadas para hacer que las variables se ajusten a este dato específico mediante una acción como la apertura o cierre de válvulas.

Posibilidades que brinda la automatización

El hecho de operar un esterilizador manual en vez de uno automático conlleva a los siguientes errores:

1. Fluctuación muy inconsistente en la presión máxima requerida, debido a atrasos o momentos inoportunos para operar las válvulas de vapor o condensado.
2. Vapor muy limitado, por lo que se debe extender en tiempo para alcanzar los 40 ó 45 PSI del ciclo.
3. Extensión de los ciclos de esterilización, disminuyendo la capacidad por hora de la planta.

Ventajas del control automático

1. Se elimina en gran parte el factor de error humano, consiguiendo un control más consistente de la esterilización.
2. La operación precisa en forma neumática a todas las válvulas y reduce las pérdidas de tiempo en cada ciclo.
3. Los ciclos son controlados en función del tiempo y la presión, de manera tal que cada ciclo será programado para alcanzar determinada presión por el tiempo necesario, asegurándose de que el ciclo total no excederá el tiempo.
4. Sistema en línea: con la operación de varios esterilizadores es factible iniciar la admisión en secuencia tal, que el orden permita no coincidir con más de una autoclave a la vez del ciclo inicial de mayor demanda de vapor y cada unidad iniciará su operación previamente a un orden de secuencia con el cierre de la puerta.

Descripción

El sistema automático de esterilización está compuesto por las siguientes partes:

1. Modo de programa: la esterilización es totalmente automática y los ciclos pueden variarse con la manipulación de diferentes teclas.
2. Modo directo: se puede operar de modo semiautomático, presionando botones en el panel de control que permitirán abrir o cerrar válvulas en el momento deseado.
3. Modo manual: bajo esta modalidad se operan las válvulas únicamente en forma manual.
4. Controlador programable con válvulas de control de 150 mm para la entrada de vapor, de 200 mm para el escape de vapor y de 150 mm para la evacuación de condensados, con interruptor de presión y accesorios. La válvula de control de la entrada de vapor será diseñada para que en caso de falla, “cierre”, y las demás válvulas serán diseñadas para que en caso de falla, “abran”.
5. Interruptor de seguridad para la compuerta del esterilizador.

6. Registrador de presión y temperatura.
7. Luces indicadoras: deben ser suministradas para el arranque de cada programa y para la terminación de cada ciclo. Además, se harán provisiones para una parada del ciclo de esterilización, si fuera el caso.



Figura 23. Pantalla de visualización del proceso de esterilización.

Fuente: Rozo Ibáñez, D. A.; Velasco Escalante, L. A. 2007. *Ingeniería de automatización para el proceso de esterilización en la extracción de aceite de palma africana*.

Referencias bibliográficas

- Rozo Ibáñez, D. A.; Velasco Escalante, L. A. 2007. *Ingeniería de automatización para el proceso de esterilización en la extracción de aceite de palma africana*. 8° Congreso iberoamericano de ingeniería mecánica. Cusco, Perú. Octubre 23-25 de 2007.
- García, Jesús; Pedraza, Denis. 2007. *Memoria de los talleres “Aspectos relacionados con el mantenimientos en plantas de beneficio”*. Fedepalma, Sena - SAC. Octubre - septiembre de 2007.



Unidad de aprendizaje 3

Proceso

Introducción	55
Estructura de aprendizaje	55
Preguntas orientadoras	55
Objetivos de la unidad	55
Mantenimiento	55
Procedimiento para la ejecución de la etapa de esterilización	58
Ejercicio 5	62
Retroinformación	63
Referencias bibliográficas	63

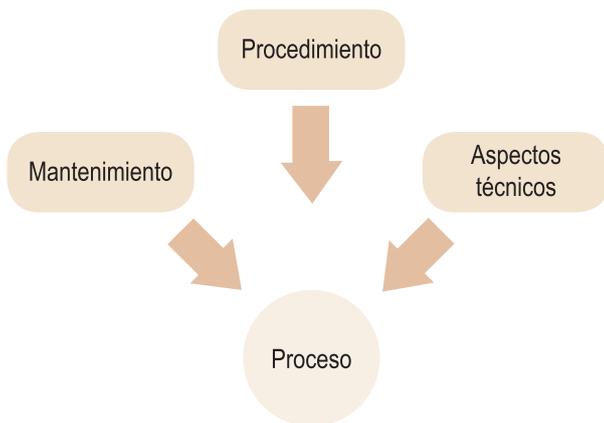


Figura 24. Tanques de almacenamiento de aceite crudo de palma.

Introducción

El proceso de esterilización de frutos de palma de aceite requiere de pasos específicos mediante los cuales se logran los objetivos de la etapa: mayor eficiencia, minimización de pérdidas de aceite por condensados, control de fugas de vapor y reducción de accidentes o incidentes de trabajo. En esta unidad se describe la forma como debe realizarse dicho proceso desde la inspección y mantenimiento de los equipos, el llenado de las vagonetas, el cálculo de calidad y cantidad de vapor, y el manejo de válvulas para el ciclo de esterilización, entre otros cálculos relativos al proceso. Este material está basado en la estandarización de procesos lograda a partir de diferentes investigaciones a lo largo de las zonas palmeras colombianas.

Estructura de aprendizaje



En esta unidad de aprendizaje se hablará de tres aspectos importantes que afectan el proceso de esterilización: A) El mantenimiento realizado a los equipos. B) El correcto procedimiento para la ejecución de la etapa, y C) Los aspectos técnicos que debe tener en cuenta todo el personal relacionado con la etapa de esterilización.

Preguntas orientadoras

1. ¿Cuáles son los tipos o formas de mantenimiento que se llevan a cabo a los equipos de esterilización?
2. ¿Cómo contribuye la limpieza del área de trabajo a mejorar la calidad de la esterilización?
3. ¿Qué papel cumplen las válvulas en la ejecución del proceso de esterilización?
4. ¿Cuál cree que es la importancia de la eliminación de los condensados?
5. ¿Cuáles son los puntos principales de la etapa de esterilización?

Objetivos de la unidad

1. Identificar el tipo de mantenimiento que debe realizar el operario en la etapa de esterilización.
2. Identificar el procedimiento correcto para la ejecución de la etapa de esterilización.
3. Reconocer cuáles son los aspectos técnicos de la etapa de esterilización.

Mantenimiento

El mantenimiento se puede definir como el conjunto de las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. La principal función del mantenimiento en las plantas de beneficio es garantizar que los equipos y la instalación cumplan con la función para la que han sido diseñados, a los costos más razonables y con un alto grado de confiabilidad.

También puede decirse que el mantenimiento es importante porque está orientado a permitir a la planta, operar sin interrupciones a la máxima capacidad

instalada para poder beneficiar la fruta que se recibe, reduciendo los tiempos muertos de los equipos que conforman la instalación.

A lo largo de la historia, la metodología para realizar el mantenimiento de los equipos y las estructuras en una planta ha cambiado, evolucionando en la periodicidad del mantenimiento, los equipos utilizados, la calidad y el control. En la Figura 25 se muestra un breve resumen de la evolución del mantenimiento a través del tiempo.

	Primera generación
1940	Pocas máquinas
	Simples
	Vol. de producción bajos
	Tiempos de paradas no eran importantes
	Mantenimiento reactivo
	Segunda generación
1950	Máquinas más complejas
1960	Tiempo improductivo empezó a importar
1970	Sistemas de control y planificación
	Mantenimiento preventivo
	Tercera generación
1980	Mecanización y automatización
1990	Vol. de producción altos
2000	Mayor complejidad de la maquinaria
	Aumento de la dependencia
	Calidad, seguridad y medio ambiente

Figura 25. Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo.

Los tipos de mantenimiento son:

- **Mantenimiento predictivo:** es una técnica para pronosticar una futura falla en un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo en el que el equipo

no está disponible se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. Se basa en inspecciones objetivas, subjetivas o la reparación.

- **Mantenimiento preventivo o basado en el tiempo:** acción de carácter periódica y permanente que tiene la particularidad de prever anticipadamente el deterioro, producto del uso y agotamiento de la vida útil de componentes, partes, piezas, materiales y, en general, elementos que constituyen la infraestructura o la planta física, permitiendo su recuperación, restauración, renovación y operación continua, confiable, segura y económica.
- **Mantenimiento de búsqueda de fallas:** solamente se aplica para fallos ocultos o no evidentes. Los fallos ocultos, a su vez, sólo afectan a dispositivos de protección.
 - Mantenimiento correctivo o a la rotura: reparación de un equipo o máquina; éste puede ser planificado o no planificado:
 - Planificado: reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para efectuarlo.
- **No planificado:** corrección de las averías o fallas cuando éstas se presentan. Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo o por desgaste natural. El ejemplo de este tipo de mantenimiento correctivo no planificado es la habitual reparación urgente tras una avería, que obligó a detener el equipo o máquina dañada.
- **Mantenimiento de mejora:** consiste en el cambio de las condiciones originales del equipo o instalación. No es una tarea de mantenimiento propiamente dicha.

En una planta de beneficio como en muchas otras industrias, el mantenimiento de los equipos no es responsabilidad única y exclusiva del departamento de mantenimiento; esta labor es responsabilidad de todos y cada uno de los miembros de la organización a diferentes niveles.

Es así como el operario de la etapa de esterilización debe realizar un mantenimiento de primer nivel, donde las tareas fundamentales son: limpieza, inspección, lubricación y ajustes. Este mantenimiento se debe hacer rutinariamente y de forma muy disciplinada, siguiendo un formato que incluya cada una de las partes de los diferentes equipos y un nivel de aceptación (si están en buen estado o no y cuál es el grado de deterioro). Así, hay mayores niveles de seguridad dentro de la planta, orden y aseo, se eliminan rápidamente fugas y contaminación, hay un ambiente de trabajo más sano, se ahorra tiempo por paradas no programadas y la calidad de los productos es mayor.

Los datos recopilados en el formato deben alimentar una base de datos a la que tenga acceso tanto el departamento de mantenimiento como el de producción, para poder hacer un seguimiento en conjunto de la evolución de las fallas y se puedan detectar cuáles son las reparaciones necesarias, con el fin de programarlas con un tiempo prudencial.

En esta etapa los tipos de desgaste más comunes son:

- **La abrasión:** es el desgaste de las superficies por frotamiento o pulimento. Generalmente sucede cuando roza un material duro contra uno suave. Casi siempre es causada por la acción de partículas como arena, grava y escoria sobre la maquinaria. Este desgaste se encuentra en muchos procesos y, por supuesto, también en la industria de la palma de aceite, principalmente en los rieles y ruedas de las vagonetas.
- **La erosión:** es el desgaste de los materiales por la acción abrasiva de los sólidos en suspensión en un fluido, que actúa como un chorro de arena generando vacíos en la superficie metálica. También puede originarse por el vapor y las pulpas que arrastran materiales abrasivos. Se encuentra en ventiladores, bombas, ciclones, ductos de transporte de materiales, ductos de separadores, colectores, etc.
- **El choque térmico:** es un fenómeno que provoca fracturas o peladuras y es provocado por un calentamiento y enfriamiento rápido. Se presenta en los

sellos de equipos calientes, precalentadores y esterilizadores.

- **La oxidación:** es un tipo de corrosión que aparece como desprendimiento por capas o desmoronamiento de las superficies metálicas. Esto sucede cuando el metal sin protección se expone a una combinación de calor, aire y humedad.
- **La fricción:** se produce por el rozamiento de metal con metal, generando calor y produciendo un agrietamiento de las partes que desgarran y arrancan porciones de la superficie metálica. Normalmente se produce debido a la falta de lubricación. Se encuentra, en general, en las áreas de rodamientos, mesas giratorias y puertas de las autoclaves.
- **La cavitación:** es producida por el flujo turbulento de los líquidos dentro de un ducto; este flujo produce pequeñísimas burbujas que al chocar con las



Figura 26. Elementos metálicos sometidos a desgaste por cavitación.

paredes producen diminutas implosiones que, por efecto de una presión negativa (vacío), desprenden pequeñas partículas del metal formando verdaderas cavernas en la pieza (Figura 26). Para que suceda este fenómeno el fluido puede contener o no partículas abrasivas en suspensión. Este fenómeno se produce comúnmente en las bombas.

Tradicionalmente los componentes que sufren un mayor desgaste en la etapa de esterilización son:

- Ruedas y ejes de las canastas de esterilización (rodamientos, sellos y partes en fundición de acero).
- Chasis de canastas de esterilización (corrosión de la estructura metálica).
- Canastas (láminas perforadas de los cuerpos, ciclos y frecuencia de uso).
- Tuberías (codos) para aguas lodosas (desgaste).
- Bombas para aguas lodosas (abrasión y corrosión combinada).
- Válvulas y accesorios para vapor, aguas lodosas, purgas, etc. (desgaste y corrosión).

Procedimiento para la ejecución de la etapa de esterilización

Preliminares

Para llevar a cabo tal procedimiento deben tenerse en cuenta los siguientes requerimientos:

- **Suministro de vapor:** puede hacerse tomándolo directamente desde la caldera, previo paso por una válvula reductora y un acumulador (distribuidor) para evitar caídas bruscas de la caldera en los picos de demanda, o también del exhosto de una turbina de alta presión (3.5 – 4 kg/cm²). En el interior del autoclave el vapor que entra debe distribuirse a lo largo del equipo para evitar la erosión de los racimos que quedan bajo el punto de entrada y además para homogenizar las condiciones de temperatura y contenido de aire dentro del autoclave.

El consumo de vapor en la esterilización está por el orden de 200 – 250 kg/ton RFF; así, para una

planta de 27 ton/h el consumo de vapor, sólo en la esterilización, será de:

$$27 \text{ ton RFF/h} * 0.25 \text{ ton vapor/ton RFF} = 6.75 \text{ ton vapor/h.}$$

Si asumimos un factor de esterilización de 1.3 y que la esterilización consume el 50% del vapor total para la extracción sólo de aceite rojo, los requerimientos de vapor totales para la planta serán de:

$$27 * 1.3 * 0.25 * 2 = 17.55 \text{ ton vapor/h}$$

En el cálculo anterior haría falta considerar las pérdidas de calor por transporte y fugas.

Se debe recordar que el vapor requerido en la esterilización debe ser “saturado” y “no seco”, ya que el vapor seco no facilita el desprendimiento de los frutos, debido a que este desprendimiento se realiza a causa del rompimiento con agua de los puntos de unión de los frutos al raquis. Cuando se utilizan calderas que suministran vapor seco, éste debe saturarse antes de utilizarlo en el proceso. Es posible saturar el vapor seco haciéndolo pasar por un acumulador con agua líquida.

- **Evacuación del aire en los autoclaves:** se realiza con la inyección lenta de vapor por la parte superior del autoclave, a baja presión, durante un tiempo determinado, aprovechando la gran diferencia de densidades entre el aire y el vapor, siendo el primero mucho más denso (la densidad del vapor a 100° C es de 0.598 kg/m³ y la de una mezcla de aire y vapor a 50° C es de 1.043 kg/m³). Los ciclos de tres picos permiten en los dos primeros picos, adicionalmente, evacuar aire, sobre todo en autoclaves de capacidad mayor a 15 toneladas.

La razón para eliminar el aire que entra a los autoclaves, cada vez que se realiza el cargue de vagoneas, es porque éste es un aislante del calor y no permite su transferencia desde el vapor entrante hacia los RFF, pues se forma una mezcla de aire-vapor, la cual tendrá una temperatura más baja de la que se obtendría con solo vapor y, consecuentemente, no se efectúa un buen cocimiento de los racimos. Para ilustrar el efecto del aire en la esterilización, veamos

el siguiente ejemplo: si se tuviese un autoclave con presión de 4 kg/cm² y en él tuviéramos tres partes de vapor por una de aire, la presión parcial del vapor depende de su fracción y sería de: $(3 / (3+1)) * 4 = 3 \text{ kg/cm}^2$, lo que quiere decir que en lugar de tener 142° C tendríamos 132.9° C, según la Tabla 6.

- **Eliminación de condensados:** lo que se busca con el aumento de presión en las autoclaves es el incremento de la temperatura en su interior. Esto se consigue fácilmente con el uso del vapor saturado, según se puede ver en la Tabla 6, en donde para cada valor de presión existe un valor de temperatura. Puede verse que para conseguir los 130° C requeridos sólo bastan 40 PSI.

Tabla 6. Temperaturas para las diferentes presiones de vapor de agua saturado

Presión manométrica PSI kg f/cm ²	Temperatura (° C)
14.22 / 1.0	100.0
20.00 / 1.4	109.0
28.45 / 2.0	119.6
35.56 / 2.5	126.8
40.00 / 2.8	131.0
49.78 / 3.0	132.9
56.89 / 4.0	142.9
64.00 / 4.5	147.2

Al condensarse el vapor dentro de la autoclave por el intercambio de calor con los RFF crudos, principalmente, se va acumulando agua en el fondo de la autoclave, que de no ser eliminada permanentemente puede causar los siguientes efectos:

- Induce una expansión menor en la zona de acumulación, ocasionando tensiones mecánicas que pueden producir graves daños.
- Lavar los racimos cocidos que arrastran aceite (pérdidas en condensados).
- Disminuir el intercambio de calor hacia los racimos, al entrar en equilibrio térmico el agua formada y el vapor entrante.



Figura 27. Planta de beneficio de fruta de palma de aceite.

Sistemas de purga continua automática (nivel de condensados, termómetros, que censan la temperatura del fluido en la tubería de condensados) han sido instalados en muchas extractoras del país.

- **Control de calidad en los ciclos de esterilización:** es necesario que la calidad de los ciclos de esterilización sea controlada; esto es: “presiones, tiempos de operación y paradas” que determinan la continuidad del proceso y las pérdidas tanto en condensados como en tusas (impregnación y fruto adherido). Los automatismos han, de alguna manera, ayudado a “confiar” en la operación de esterilización, pero igualmente la supervisión debe asegurar que se suministre suficiente vapor al proceso. En esta etapa es importante establecer indicadores de control del proceso que relacionen el cumplimiento de lo establecido operativamente con lo realizado.

Ejemplo:

Tiempos de parada de autoclave/tiempo total de operación.

Nº de ciclos realizados correctamente/Nº de ciclos totales.

Tiempo promedio de pico de sostenimiento.

Presión promedio de sostenimiento.

- **Definición del tiempo y ciclo de esterilización:** recuerde que dependiendo de la maduración de los frutos a esterilizar es necesario establecer el ciclo de esterilización a utilizar y el tiempo que dura, con el fin de obtener resultados que satisfagan los objetivos de la esterilización, y que no incrementen las pérdidas de aceite, bien sea en condensados, tusa o fibra.

- **Establecer el tiempo de coordinación:** para establecer el tiempo de coordinación es necesario saber cuántas autoclaves van a estar funcionando y cuál es la calidad de la fruta, para determinar el tiempo de esterilización. Con estos datos se calcula el tiempo de coordinación mediante la fórmula expuesta en los aspectos técnicos.

Ejecución

Un ciclo de esterilización normal realiza tres picos de presión y un desaireado previo, empleando para ello los pasos descritos en la Tabla 7. Durante la aplicación del ciclo de esterilización tenga en cuenta lo siguiente:

1. Verificar la presión en la línea principal de vapor. Algunas plantas requieren, por lo menos, en tres Bares (45 PSI).
2. Verificar la altura de las vagonetas. Si la altura es superior a la establecida, los racimos quedan en contacto directo con el vapor entrante, quemándolos.
3. Recordar el posicionamiento de las válvulas descrito en la Tabla 7, de acuerdo con cada uno de los puntos del ciclo de esterilización.
4. El desaireado del autoclave se hace inyectando vapor en flujo no turbulento, para lo cual la válvula principal de entrada de vapor debe abrirse lentamente hasta garantizar un flujo suficiente para llenar el autoclave.
5. Elevar la presión de cada pico moderadamente durante el ciclo. No abrir la válvula principal rápidamente para la entrada de vapor y así alcanzar pronto los picos de presión, pues es necesario que el vapor que entra a la autoclave cumpla con su objetivo de realizar una cocción controlada de los racimos.
6. No exceder los tiempos de cocción, pues ello deteriora la calidad del aceite e incrementa las pérdidas de aceite en tusas y en condensados.
7. Evacuar permanentemente los condensados de esterilización durante el ciclo, para permitir el ascenso de la temperatura en los racimos, manteniendo el bypass de condensados abierto durante todo el ciclo.
8. Para el desfogue de vapor en cada pico, iniciar con la evacuación de condensados y, posteriormente, liberar el vapor por la línea principal de descarga, así no se genera una “lluvia de condensados”.

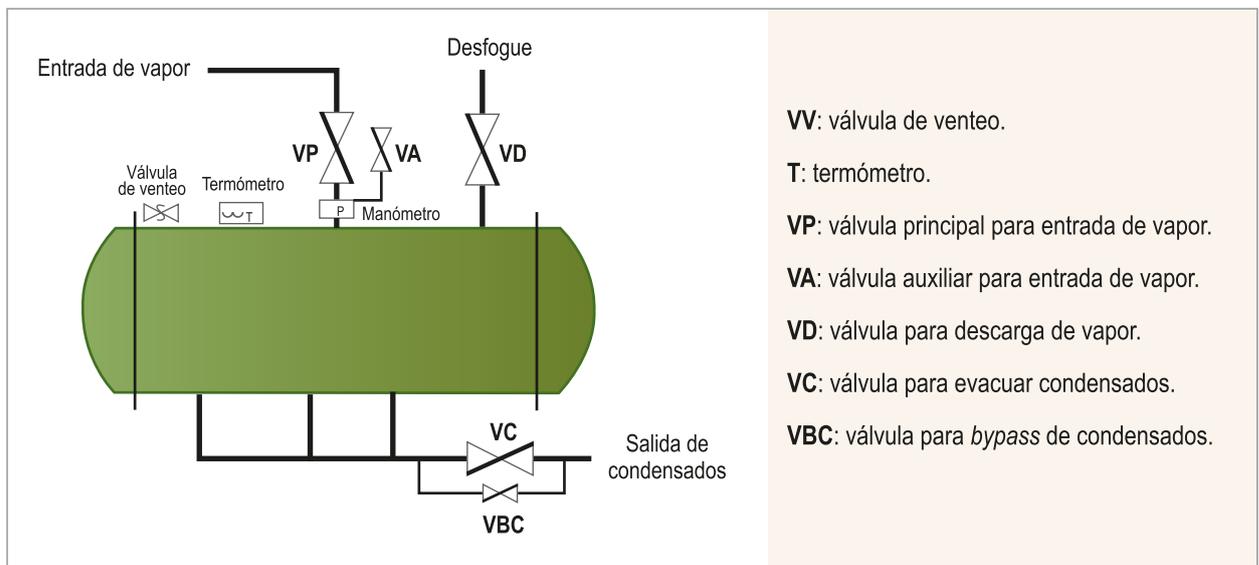


Figura 28. Descripción de las válvulas en el esterilizador.

Tabla 7. Posicionamiento de las válvulas de un autoclave durante el ciclo de esterilización

Ítem	Proceso	Tiempo asignado (min)	Presión PSI	Posición de las válvulas					
				VV	VP	VA	VD	VC	VBC
1	Cargue de autoclave	5	0	A	C	C	A	A	A
2	Desaireación	5 – 8	5	C	A	C	C	A	A
3	Ascenso 1 ^{er} Pico	5 – 10	20 – 30	C	A	C	C	C	A
4	Expansión 1 ^{er} pico	3 – 5	5	C	C	C	A	A	C
5	Ascenso 2 ^{do} pico	6 – 12	25 – 35	C	A	C	C	C	A
6	Expansión 2 ^{do} pico	4 – 6	5	C	C	C	A	A	C
7	Ascenso 3 ^{er} pico	8 – 15	35 – 45	C	A	C	C	C	A
8	Sostenimiento	30 – 51	35 – 45	C	C	A	C	C	A
9	Expansión 3 ^{er} pico	5 – 8	0	C	C	C	A	A	A
10	Descargue del autoclave	5	0	A	C	C	A	A	A
Tiempo total del ciclo		76 - 124							

Cenipalma ha desarrollado trabajos de investigación cuyos resultados han permitido ampliar el conocimiento de la esterilización y con ello abrir el panorama de posibilidades para su mejoramiento. Entre los principales aportes de la investigación a la esterilización se encuentran los siguientes:

- Realizar las expansiones de cada uno de los picos del ciclo de esterilización por la tubería de condensados, lo que evita el lavado de los racimos con las gotas de condensado que arrastra el vacío que se forma en el equipo al salir el vapor. Con esta práctica se disminuye la pérdida de aceite en condensados y en tusas.
- El tiempo del pico de presión constante tiene un efecto directo en la pérdida de aceite en tusas. A mayor tiempo del pico de cocimiento, mayor es la pérdida de aceite en las tusas.
- Los ciclos de esterilización se deben adecuar a la calidad de los RFF que llegan a la planta.
- Conjuntamente, largos tiempos y elevadas tempe-

raturas en la esterilización deterioran la calidad del aceite y de la almendra.

Aspectos técnicos

Para realizar una buena esterilización es necesario conocer y manejar algunos aspectos técnicos como:

- **Tiempo de coordinación de autoclaves:** tiempo de desfase entre el arranque de una autoclave y el arranque de la siguiente.

T coordinación= tiempo total del ciclo de esterilización /Número de autoclaves en operación.

La coordinación de las autoclaves evita caídas fuertes de presión en las calderas y desmejoramiento en la calidad del vapor suministrado.

- **Capacidad de esterilización:** cantidad (toneladas) de RFF esterilizados y disponibles por hora.

$$Ce = (A * V * CV * 60) / (Tte)$$

A: número de autoclaves en operación.

V: número de vagonetas cargadas con fruto por autoclave.

CV: capacidad de RFF por vagoneta.

Tte: tiempo total de esterilización, incluyendo la manipulación de vagonetas.

- **Factor de esterilización:** es una medida de la oferta de fruto cocido y el requerido por el prensado.

Fe: C_e / C_p

Ce: capacidad de esterilización. /t/h)

Cp: capacidad de prensado /t/h)

Un factor de esterilización por debajo de uno se traduce en una operación intermitente de las prensas por falta de fruto esterilizado. Un factor de esterilización de 1.3 es aceptable.

- **Pérdida de capacidad de esterilización:** es una medida de la disminución en la oferta de fruto cocido, al no tener todas las autoclaves cargadas con RFF.

$$\% Pce = (1 - C_e \text{ real} / C_e \text{ teórica}) * 100$$

Ce real es la capacidad de esterilización real (descontar las vagonetas que tenían tusa) de la planta

Ce es la capacidad de esterilización calculada si todas las vagonetas de una autoclave son cargadas con RFF.

- **Reciclo:** medida de la cantidad de tusa que se re-procesa en la planta.

$$\% R = (NV \text{ tusa} * PVT / \text{Fruto procesado}) * 100$$

NV: número de vagonetas con tusas reprocesadas

PVT: peso de cada vagoneta con tusa (t)

Fruto procesado en toneladas.

Porcentajes de reciclo del orden del 3 – 5% son encontradas en la mayoría de plantas del país.

- **Tasa de evaporación:** en un recipiente cilíndrico se vierte un l de agua, que se coloca en una de las canastas con fruto antes de la esterilización, de tal manera que quede aprisionado entre los racimos y no se vuelque. La canasta se esteriliza de la manera

convencional usada en la planta con todo el tren de esterilización. Cuando finalice el tiempo de esterilizado, se deja enfriar el recipiente y se mide la cantidad de agua remanente. El porcentaje de evaporación que se mide corresponde a la siguiente fórmula:

$$\% TE = (\text{Volumen de agua inicial} - \text{Volumen de agua final}) \times 100\% / \text{Volumen de agua inicial}$$

La TE debe de estar entre el 20 y el 21%. Si la tasa de evaporación es menor, indica que la esterilización no ha sido suficiente, y si, por el contrario, la tasa de evaporación es mayor, indica que se está sobre esterilizando los racimos y las pérdidas de aceite en tusa, fibra y efluentes pueden aumentarse. En algunos casos se encuentra que hay sectores dentro del esterilizador que presentan diferencias en la tasa de evaporación con el resto del equipo y, por tanto, las vagonetas que queden en ese sector siempre van a tener problemas.

Ejercicio 5

Ejecución de un ciclo de esterilización.

- **Orientación para el facilitador**

Este es el ejercicio más importante, en el cual el participante interactuará con la ejecución de los ciclos de esterilización. Es necesaria e indispensable la ayuda de los operarios expertos, supervisores o ingenieros de planta.

Si se cuenta con un esterilizador piloto dentro de la planta, haga uso de él. Realice una pequeña introducción y demostración, permita a cada uno de los participantes la manipulación de las válvulas del sistema, apoyándose en la Tabla 7 de esta guía, haciendo énfasis en las buenas prácticas.

En caso de no contar con esterilizadores piloto, vélgase de ayudas multimedia o presentaciones en las cuales se muestre al participante cómo es la ejecución de una etapa de esterilización. Luego, en grupos pequeños de máximo cuatro personas, acceda al área de esterilización, con la ayuda de la Tabla 7 de esta guía, impresa. Incentive, mediante

preguntas a los participantes, para que hagan una correcta observación de la ejecución que realizará el operario o supervisor acompañante. En caso de que el operario o supervisor lo considere pertinente, el participante puede manipular alguna de las válvulas.

- **Instrucciones para los participantes**

Los participantes se dividirán en grupos de trabajo, y siguiendo las instrucciones del facilitador accederán a la planta de beneficio.

Si se cuenta con un esterilizador piloto, los participantes ejecutarán pequeños ciclos de esterilización (desaireado, picos de esterilización y sostenimiento) con la ayuda y asesoría de personal capacitado. Es muy importante hacer una manipulación segura y responsable.

Si no se cuenta con equipos piloto, los participantes, en compañía del facilitador, visitarán la etapa de esterilización, en donde observarán detenidamente la ejecución que realiza el operario; en caso de que él lo considere pertinente, los participantes podrán ejecutar parte del ciclo o ayudarlo con la manipulación de algunas válvulas.

- **Recursos necesarios para el ejercicio**

- Acceso a la planta de beneficio
- Asesoría por parte del facilitador, operario de la etapa o supervisor

Tiempo estimado: 25 minutos por grupo.

Retroinformación

El facilitador debe hacer la retroinformación durante la ejecución del ejercicio.

Referencias bibliográficas

- Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma*. 1993. Diciembre 2 y 3. Curso. Bucaramanga. Módulo III.
- Fernández, Carlos. 1998. *Estudio de ciclos de esterilización de racimos de fruta fresca de palma de aceite en la planta extractora de Agroince (Cesar)*. Tesis, Ingeniería Química. UIS.
- Palm Oil Factory Handbook, Part 1*. 1985. Section 2. PORIM.
- Rodríguez, Nilson. 2000. *Estudio comparativo del balance masico de pérdidas de aceite de palma en plantas extractoras colombianas*. Tesis, Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander (UIS). Bucaramanga.
- Fuentes, Luis. 2001. *Optimización y estandarización de las operaciones de esterilización, centrifugado y muestreo en el proceso de extracción de aceite de palma africana en la Zona Central*. Tesis, Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander (UIS). Bucaramanga.





Unidad de aprendizaje 4 Gestión integrada de la calidad

Introducción	67
Estructura de aprendizaje	67
Preguntas orientadoras	67
Objetivos de la unidad	67
La gestión de la calidad	67
Control de la calidad total	70
Seguridad industrial	71
Salud ocupacional	74
Gestión ambiental	74
Ejercicio 6	76
Retroinformación	76
Referencias bibliográficas	78



Figura 29. Panorámica nocturna de una planta de beneficio.

Introducción

La gestión integrada de la calidad nace de la necesidad que tienen las empresas productoras de un bien y/o servicio de cumplir con productos que satisfagan las necesidades de sus clientes al menor costo posible, en medio de un marco ético donde se debe tener una responsabilidad social con el entorno que los acoge. Es por esta razón que la gestión integrada de la calidad está conformada por tres sistemas de gestión empresarial: A) Aseguramiento de la calidad. B) Gestión de la seguridad industrial, y C) Gestión ambiental, las cuales, a sus vez, están reglamentadas por normas internacionales: ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.

Estructura de aprendizaje



Figura 30. Integración de los sistemas de gestión empresarial.

Preguntas orientadoras

1. ¿Considera importante la capacitación en una planta de beneficio?
2. ¿Considera importante la calidad de los productos de una industria?
3. ¿Por qué cree que es necesario el uso de los implementos de protección personal?
4. ¿Cuál cree que debe ser la relación de una industria con el medio ambiente donde se sitúa?

Objetivos de la unidad

1. Identificar algunos principios básicos de la gestión de la calidad a nivel de la empresa.
2. Formular una definición propia de “control de calidad”.
3. Describir cinco principios básicos de la competitividad.
4. Describir las medidas e instrumentos esenciales para cumplir con los estándares de seguridad industrial en el proceso de esterilización.
5. Identificar, en una visita a una planta, los factores de riesgo más evidentes, según la tabla de riesgos presentada en esta unidad.

La gestión de la calidad

¿Qué es la empresa?

La empresa no es algo ajeno a nosotros; no es solamente una construcción a donde vamos todos los días a realizar una tarea. La empresa es un equipo de personas totalmente integradas, que organizadas eficientemente responden de manera natural a las necesidades de su entorno. Siendo el entorno los proveedores, los clientes, el mismo personal, sus vecinos y la sociedad en general.

La calidad ya no es algo nuevo en las empresas colombianas; cada vez más estamos reconociendo la capacidad de ser mejores, porque antiguamente estábamos acostumbrados a que hiciéramos lo que hiciéramos y como lo hiciéramos se vendía, sin importar lo que se necesitaba o su calidad. En la actualidad, cada día se están abriendo más las fronteras a la entrada de nuevos productos, lo que genera un cierre continuo de empresas que no se prepararon a tiempo para afrontar el nuevo mercado. Por el contrario, las empresas que

reaccionaron a tiempo han logrado permanecer en un mercado donde la competencia es cada día mayor y los clientes más exigentes

El concepto de gestión de la calidad (calidad total) está estrechamente relacionado con la mejora continua. Esto quiere decir que en una organización, todos y cada uno de sus integrantes deben trabajar en pro de un objetivo común, satisfacer las necesidades, expectativas y deseos de sus clientes. Para la mejora continua todos debemos participar con nuestras ideas y opiniones sobre cómo hacer cada vez mejor nuestro trabajo, más fácil y con menos recursos.

Es fácil comprender que la calidad es hacer productos buenos, que satisfagan a nuestros clientes, y que no los regresen porque tienen fallas; por tanto, cada cosa que hagamos en nuestro trabajo debe ser bien hecha y de calidad, para ofrecer finalmente productos de calidad a los clientes de la empresa; si hacemos productos malos tendremos que desecharlos y reponerlos por otros, incurriendo en costos innecesarios y nuestro trabajo habrá sido inútil, negativo y desperdiciado.



Figura 31. Triángulo de la calidad.

Por otro lado, se entiende la productividad como hacer más con menos, es decir, hacer más productos con menos esfuerzo y menos recursos, haciendo que las máquinas pierdan menos tiempo y resultando menos desperdicios. Si sacamos buenos productos, pero insuficientes para pagar los gastos que la compañía hace para su operación, acabaremos por perder dinero. Ahora, si producimos mucho, pero de mala calidad, no podremos venderlos y tendremos mucho desperdicio, con lo que se termina perdiendo y las consecuencias son las mismas: pérdida de dinero y de empleos.

Por eso es necesario hacer buenos productos en las cantidades suficientes, para que al venderlos tengamos lo necesario para pagar todos los gastos en que incurre la compañía, como:

- Materias primas
- Maquinaria y equipos
- Sueldos y salarios
- Herramientas y accesorios
- Y una justa retribución de su inversión

Los expertos en la calidad y la productividad coinciden diciendo:

“Todo debe hacerse bien, a la primera vez y siempre”.

Sin errores, sin retrasos y sin reclamaciones.

Para lograrlo es indispensable la voluntad, la motivación de querer ser mejores, pero también es necesario aprender, capacitarse con respecto a nuestro trabajo, es decir, hacernos especialistas en lo que hacemos.

Si logramos que todos y cada uno de los que formamos la empresa conozcamos y entendamos claramente nuestro trabajo, para llegar a hacerlo bien siempre desde el principio, en un clima de cordialidad y satisfacción, podremos al iniciar cada día tener un reto y al terminar, un logro.

Cuando se habla de todos se incluye desde el director hasta la persona que sólo trabaja por días. Todos debemos hacer las cosas de la mejor manera, cambiar



Figura 32. Desorden en una planta de beneficio.

hábitos, costumbres o vicios que no nos ayudan a ser mejores.

Conocer y entender claramente el trabajo. Significa que todos entendamos para qué sirve nuestro trabajo, que no solamente sepamos cómo hacerlo, sino también para qué lo hacemos; de esta manera podremos asegurar los resultados. Es así como tendremos un trabajo más digno y más satisfactorio, en donde cada uno se sienta más a gusto de laborar, y realmente como en familia, ya que no veamos el trabajo como una carga que tenemos que realizar a cambio de un sueldo.

Hay cuatro aspectos muy importantes con los cuales nos podemos convertir en personas de calidad y productivas:

1. Que todos sepamos qué tenemos que lograr en nuestro trabajo.

Es necesario que tengamos en cuenta para qué sirve nuestro trabajo, cómo contribuimos a los resultados de nuestro departamento y a los de la empresa. Identificar quienes son nuestros clientes internos y cómo los estamos satisfaciendo con nuestro trabajo.

El cliente interno: fue descrito así por Kaoru Ishikawa: “Dentro de las organizaciones todos somos clientes y proveedores de servicios y productos, puesto que formamos parte de los procesos que se desarrollan en ella, de tal manera que la siguiente parte del proceso es nuestro cliente y a su vez el proceso anterior a nosotros es nuestro proveedor”. En forma resumida, son todas aquellas personas o procesos que reciben un impacto por lo que hacemos en el trabajo.

En el caso de la esterilización, su cliente es el desfrutado y la digestión, por lo que el personal de esterilización debe realizar un trabajo con el menor número de fallas posibles, para poder entregar un producto de excelente calidad (que cumpla con todos los objetivos de la esterilización); para esto es necesario tener un personal calificado que pueda realizar sin errores el procedimiento (capacitado y entrenado), una materia prima óptima (racimos en buen estado de maduración, vapor saturado con la presión necesaria), unos equipos que cumplan con todos los requerimientos técnicos (no posean fallas y con adecuado mantenimiento),

un control del proceso, para poder determinar en qué punto está fallando y tomar las medidas correctivas (análisis de aceite en condensados y en tusa, por el personal de inspección y ensayo; control y registro de la presión, flujo de condensados, operario y cuarto de control).

2. Que todos nos capacitemos para hacer nuestro trabajo bien hecho desde la primera vez y siempre.

Capacitación: debemos hacernos especialistas en lo que hacemos. La capacitación siempre ha sido y será necesaria, no solo en los procesos de calidad. Ahora se hace indispensable que dominemos todo lo relacionado con nuestro trabajo, por lo que debemos aprovechar toda oportunidad de aprender.



Figura 33. Cuarto de control en la planta de beneficio.

Estandarización: si ya hemos aprendido cómo hacer bien nuestro trabajo desde la primera vez y siempre, se debe escribir la forma cómo se hace nuestro trabajo, para evitar que otros cometan las fallas que ya se han superado. Un estándar muy importante para poder guiar el trabajo de todos y evaluar los resultados son las “especificaciones” que debemos cubrir en los productos o servicios que entregamos. Si todos los productos se hacen dentro de las especificaciones, podemos decir que estamos trabajando con “cero defectos”.

3. Que tengamos lo necesario para hacer nuestro trabajo bien hecho.

No es bueno acostumbrarse a hacer las cosas improvisando todo el tiempo; es necesario solicitar y

exigir lo adecuado para hacer bien el trabajo; no nos referimos con esto a solicitar lo más caro, lo más sofisticado o lo más moderno, simplemente, lo adecuado.

4. Que todos tengamos un profundo deseo de hacer siempre un buen trabajo.

Es importante hacer de nuestro trabajo algo que nos guste realizar, pues es cierto que “si no te gusta lo que haces nunca harás un buen trabajo”, pero también, “es más fácil hacer que te guste lo que haces, que hacer solamente lo que te gusta”.

Control de la calidad total

Control

Es mantener mis productos y mis servicios dentro de ciertos límites (especificaciones o normas de calidad) establecidos.

Para que el control sea efectivo debe ser:

- Auto control: uno mismo es el que opera.
- Bajo control: prevenir en vez de corregir.

La finalidad del control es:

- Asegurar que se cumplan las metas y los objetivos establecidos.
- Garantizar los resultados, este es el gran poder del control de calidad: garantizar que logremos un nivel de calidad planeado; sólo así podemos ser competitivos internacionalmente. Como elementos necesitamos un control estadístico del proceso, estandarización, manual de calidad y capacitación constante.

Calidad

Es que el producto o el servicio satisfaga plenamente las necesidades y expectativas de quien lo recibe, de manera oportuna, al precio justo y con la duración debida.

De esta definición podemos destacar cuatro requisitos:

- **Uso:** que el producto satisfaga plenamente las necesidades y expectativas para las que se destina.

Obviamente, lo primero será conocer el fin al que se destinará nuestro trabajo, conocer para qué lo necesitan y así aseguramos que lo que estamos haciendo está bien.

- **Oportunidad:** el trabajo se debe hacer bien hecho y de forma oportuna, cumpliendo puntualmente con todos nuestros compromisos. Si no es así, el cliente lo podrá conseguir por otros medios. “La calidad empieza con la puntualidad”.
- **Costo justo:** que no se lleven costos innecesarios por trabajos, selecciones y reprocesos. Que cueste el precio justo y no sumarle costos por nuestra ineficiencia. Además, un precio elevado nos sacará del mercado.
- **Duración:** que los productos estén bien hechos para que duren el tiempo esperado.

Productividad



Figura 34. La productividad aumenta la competitividad.

Como ya se había mencionado anteriormente, la productividad y la calidad son dos conceptos que siempre van de la mano.

Productividad: es una actitud mental que nos lleva a trabajar responsable e inteligentemente, cumpliendo mejor con nuestro trabajo y buscando siempre la manera de hacerlo fácil y eficientemente, con menos esfuerzo, material y tiempo.

La productividad nos permite ser más competitivos en el mercado en donde estemos, no sólo para mantenernos en él, sino para cada vez tener mayor

participación y de esta manera ir garantizando la permanencia y el desarrollo de nuestra fuente de trabajo.

Entendiendo la competitividad como lograr la preferencia de los clientes.

Algunos pasos para ser más competitivos son:

1. Cumplir siempre y a tiempo con todos nuestros compromisos.
2. Aclarar con nuestros clientes internos y externos qué es lo que se busca lograr con nuestro trabajo.
3. Convertirnos en verdaderos especialistas en todo lo que hacemos.
4. Contribuir con nuestras ideas y aprovechar mejor los recursos con los que hacemos nuestro trabajo.
5. Buscar siempre una mejor manera de hacer nuestro trabajo.
6. Lo que hacemos, hacerlo siempre bien, con responsabilidad y dedicación.

Materias primas

Sin duda, es uno de los recursos más caros que manejamos. La materia prima normalmente cuesta más de la mitad del costo total del producto. Cuando sacamos productos defectuosos, simplemente estamos desperdiciando dinero y generando costos innecesarios.

Maquinaria y equipo

Son los mecanismos con los que cuenta la empresa para obtener resultados. Nuestra responsabilidad es:

1. Lograr el óptimo aprovechamiento de ellas.
2. Operarlas y conservarlas correctamente y en buenas condiciones.
3. Corregir cualquier anomalía si está en sus manos o reportarla para su pronta reparación.

Otros materiales

Hay muchos materiales que día a día utilizamos sin tener en cuenta lo que cuestan:

- Guantes y equipos de seguridad
- Herramientas de mano y dispositivos menores
- Aceites y otros lubricantes
- Estopas y material de limpieza.

Sumando lo que todos usamos, nos da un costo muy importante. Por lo que es otro factor con el que debemos tener cuidado en su uso y conservación.

Consecuencias de la productividad

Si decrece:

- El costo de la producción aumenta
- Se tiene menos competitividad
- Se reducen las ventas
- Bajan las utilidades
- Se desmoraliza el personal.

Si se incrementa:

- Los costos de producción disminuyen
- Se tiene mayor competitividad
- Mayor penetración en el mercado
- Más ventas, mayores utilidades
- Mayor satisfacción para el personal.

“La calidad de los ciclos de esterilización tiene que ver con la calidad y cantidad de vapor, los tiempos y presiones del ciclo y los tiempos de parada de autoclaves (tiempos muertos)”.

Seguridad industrial



Figura 35. El uso de elementos de protección disminuye los riesgos.

Trabajar en una planta de beneficio o en cualquier otra industria trae consigo la posibilidad de siniestros (destrucción fortuita o pérdida importante que sufren las personas o la propiedad), los cuales se ven representados en accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

- **Accidente de trabajo:** cualquier suceso que, provocado por una acción violenta y repentina ocasionada por un agente externo involuntario, da lugar a una lesión corporal.
- **Incidente de trabajo:** suceso ocurrido en el curso del trabajo o en relación con éste, que tuvo el potencial de ser un accidente, en el que hubo personas involucradas sin que sufrieran lesiones o se presentaran daños a la propiedad y/o pérdida en los procesos.

La seguridad industrial es un área que se encarga de minimizar los riesgos en la industria, entendidos como siniestros que se miden teniendo en cuenta dos factores, la frecuencia y la severidad:

- **La frecuencia:** entendida como el número de accidentes que se presentan en un período de tiempo determinado o por su repetitividad.
- **La severidad:** entendida como la cantidad de días laborales perdidos por el accidente, o como el pronóstico de las secuelas que se generen por dicha accidentalidad.

Los factores de riesgo que se encuentran en una planta de beneficios relacionados con la etapa de esterilización, son:

Tabla 8. Factores de riesgo

Factores de riesgo		Causa y origen
Físicos	Ruido	Se presentan en las expansiones o desfuegos del ciclo de esterilización, a causa de la liberación del vapor.
	Temperaturas altas.	En calderas por combustión y esterilizadores (vapor).
Químicos	Vapores y humos.	Provenientes de la esterilización y la caldera.
	Condensados	Aguas con altos contenidos de materia orgánica.
Biológicos	Virus, bacterias y hongos.	Por la descomposición natural de la materia orgánica.
Ergonómicos	Esfuerzo por levantamiento y transporte de cargas.	Durante la operación de traslado de vagonetas y cierre de esterilizadores, el operario puede sufrir algún tipo de lesión muscular.
Psíquicos	Carga psíquica	Producida por trabajos monótonos y repetitivos o por exceso de supervisión.
Mecánicos	Elementos cortantes, punzantes o contundentes.	El material procesado contiene elementos punzantes y puede contener elementos cortantes o contundentes como puntillas, alambres y vidrios quebrados.
Locativos	Falta de orden y aseo	El material a procesar en la planta, por su alto contenido de aceite, genera suciedades y engrase de las superficies.
		Las pepas sueltas pueden generar obstrucciones y desorden.
Incendio y explosión		Este riesgo está presente en la caldera por obstrucción del sistema, combustible y altas presiones.
		En los esterilizadores por altas presiones.

Es necesario utilizar elementos de protección que disminuyan los riesgos a los que puede estar sometido el personal de planta en esta etapa. Estos elementos son:

Tabla 9. Elementos de protección personal

Equipo de protección	Especificación
Protección visual	Monogafas con ventilación integrada.
Protectores auditivos	Protector auditivo tipo tapones personalizados (reutilizables).
Protección de las extremidades inferiores	Bota antideslizante, punta de acero
Protección de la cabeza	Casco
Protección para las manos	Guantes de cuero grueso o carnaza
Protección corporal	Overol de dril manga corta o jean y camisa.



Figura 36. Uso de los elementos de protección personal.

Sin embargo, también es necesario tener protección en la maquinaria y los equipos utilizados, ya que los elementos o partes de una máquina tienen movimientos, bien sean de rotación, translación o la combinación de ambos, que pueden producir accidentes por atrapamiento, arrastres o golpes.

Tabla 10. Tipos de protección para los equipos de esterilización

Equipo	Protección
Bombas (ejes rotantes)	Cubierta de lámina y señalización con franjas diagonales amarillas y negras.
Esterilizadores	Señalización que indique que la temperatura en esa superficie es alta; sobre los esterilizadores debe haber una plataforma con barandas de seguridad pintadas de color amarillo.
Chimenea de desfogue	Delimitación del área donde se encuentran. No permitir el paso de personal para evitar quemaduras por posibles lluvias de condensados.
Vagonetas	Señalización que indique que la temperatura en esa superficie es alta.
Cámara de condensados	Barandas de seguridad pintadas de color amarillo. Señalización que indique peligro de caída y temperatura alta.
Pozo florentino	Señalización de temperatura alta y peligro de caída.

Salud ocupacional

Se define como la disciplina que busca el bienestar físico, mental y social de los empleados en sus sitios de trabajo.

En la etapa de esterilización se debe tener una serie de programas de promoción y prevención, como:

- Programas o sistemas de vigilancia epidemiológica para cada uno de los riesgos prioritarios, resaltando los siguientes:
 - Control de ruido y prevención de hipoacusia (disminución o pérdida de la audición).
 - Manejo seguro de cargas y posturas.
 - Prevención del dolor lumbar.
- Programas de recreación y deporte orientados al fomento de estilos de vida saludables.
- Programas de capacitación específica y periódica para la prevención de enfermedades de origen profesional y de accidentes de trabajo, de conformidad con el resultado del panorama de riesgos:
 - Medicina del trabajo: protocolizar los exámenes médicos de ingreso y periódicos, de conformidad con los perfiles laborales para los de ingreso, y con los sistemas de vigilancia epidemiológica por cada uno de los riesgos prioritarios, para los periódicos.
 - Higiene y seguridad industrial.
- Identificar las deficiencias de equipos, herramientas y maquinaria.
- Identificar y supervisar actos inseguros en los trabajadores.
- Identificar las deficiencias de las medidas de intervención o control de los factores de riesgo.
- La investigación de accidentes e incidentes es otra herramienta que permite aprender de los errores, para corregirlos y prevenir la repetitividad. Estas investigaciones, lejos de ser correctivas, tienen su fundamento en el análisis de causalidad, para fomentar la prevención, partiendo de la premisa de que detrás de cada accidente o incidente de trabajo siempre

existen varias causas que es necesario aclarar, como causas directas o inmediatas y causas indirectas o básicas:

- Causas directas: definidas como las que dieron origen al accidente, generalmente corresponden a actos subestándar y a condiciones subestándar o inseguras.
- Causas indirectas o básicas: son todos aquellos elementos que de una u otra manera intervinieron en el accidente, pero que no guardan una relación directa de causalidad, como son:
 - Factores personales: impericia, capacidad inadecuada, tensión física o mental, falta de concentración, motivación inadecuada, etc.
 - Factores del trabajo: ingeniería inadecuada, falta de supervisión, mantenimiento deficiente, abuso o mal uso de herramientas y equipos, falta de protocolos o manuales de funciones, etc.

Gestión ambiental



Figura 37. Los recursos naturales son limitados.

Desde el inicio de la era industrial hasta hace pocos años, las sociedades creían a ciegas en la doctrina del crecimiento económico exponencial, que se basaba en las posibilidades ilimitadas de la Tierra para sustentar el crecimiento económico.

Pero hoy sabemos que nuestro planeta no es capaz de soportar indefinidamente el actual orden económico

internacional, que los recursos naturales no son bienes ilimitados y que los residuos sólidos, líquidos o gaseosos de nuestro sistema de vida conllevan un grave riesgo para la salud del planeta, incluido lógicamente el hombre.

La actuación negativa sobre el medio ambiente que ha caracterizado a los sistemas productivos, se ha ejercido desde diferentes niveles, por ejemplo:

1. Sobreutilización de los recursos naturales no renovables.
2. Emisión de residuos no degradables al ambiente.
3. Destrucción de espacios naturales.
4. Destrucción acelerada de especies animales y vegetales.

Desde la década de 1970 se aceleró la conciencia ecológica y la sociedad comenzó a entender que el origen de los problemas ambientales se encontraba en las estructuras económicas y productivas de la economía, y dado que los principales problemas que aquejan al medio ambiente tienen su origen en los procesos productivos mal planificados y gestionados, es precisamente mediante la transformación de tales sistemas como se podía acceder a una mejora integral del medio ambiente.

El concepto de gestión ambiental surge precisamente de esta tendencia y podemos definirla como un conjunto de técnicas que busca, como propósito fundamental, un manejo de los asuntos humanos, de forma que sea posible un sistema de vida en armonía con la naturaleza. La gestión del medio ambiente tiene dos áreas de aplicación básicas:

- a) Un área preventiva: las evaluaciones de Impacto Ambiental constituyen una herramienta eficaz.
- b) Un área correctiva: las auditorías ambientales conforman la metodología de análisis y acción para subsanar los problemas existentes.

Cenipalma, desde el nacimiento del programa de plantas de beneficio, ha trabajado en el área de gestión ambiental, con programas como los de las lagunas de oxidación, debido a la importancia medio ambiental



Figura 38. Laguna de oxidación anaerobia.

que tienen los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma.

Dentro del proceso de extracción del aceite de palma se generan residuos que dependiendo de su uso se consideran como tales o como subproductos. Uno de estos son los efluentes líquidos que se obtienen como resultado del proceso de esterilización (condensados).

Para dar una idea de la contaminación que puede causar una planta extractora, ésta se relaciona con la contaminación producida por una población equivalente de habitantes. Así, una extractora con una capacidad de 15 toneladas hora de RFF puede producir la contaminación de una población con más de 180.000 habitantes.

Los efluentes contienen, principalmente, materia orgánica, para lo que es necesario utilizar sistemas de tratamiento biológico en lagunas, donde la digestión del material se realiza por la acción de bacterias anaerobias (no necesitan oxígeno). Para controlar el comportamiento de los sistemas anaerobios, es necesario cuantificar, sobre todo, la demanda química de oxígeno (DQO).

Un sistema de tratamiento de aguas residuales para una planta extractora de aceite debe constar de:

- **Laguna de estabilización de caudales y enfriamiento.**

Cumplen la función de enfriar el efluente desde 70° C hasta una temperatura menor a 40° C, con el fin de garantizar el trabajo de los microorganismos,

homogenizar los caudales y recuperar el aceite ácido que se vende como materia prima para fabricar jabones.

- **Dos lagunas metanogénicas.**

Aquí se desarrolla la mayor cantidad de remoción de la materia orgánica que entra al sistema a través de procesos que trabajan sin oxígeno. En este caso, el metano es el producto de la descomposición de la materia orgánica, el cual puede ser utilizado como combustible.

- **Dos lagunas facultativas.**

La función principal es la remoción de la carga orgánica que escapó en el tratamiento de las lagunas anaerobias.

Se necesitan tratamientos preliminares como rejillas y florentinos; éste último hace las veces de desaireador. En las rejillas se remueven partículas voluminosas como palos, frutos y basuras en general.

Es importante tener en cuenta que entre mayores pérdidas de aceite se tengan en la etapa de esterilización, mayor cantidad de éste irá a las lagunas de oxidación, lo cual genera más contaminación a los recursos hídricos, ya que las bacterias no serán capaces de consumir toda la materia orgánica liberada en tan poco tiempo.

Ejercicio 6

Gestión integrada de la calidad.

- **Orientaciones para el facilitador**

El facilitador proyectará una serie de imágenes numeradas que, de forma aleatoria, muestran prácticas adecuadas e inadecuadas, relacionadas con la gestión total de la calidad.

A los participantes les entregará una hoja en la que

tendrán impreso el número de diapositivas, para que las clasifiquen en prácticas apropiadas e inapropiadas. Luego describirán los posibles riesgos o consecuencias. Al finalizar, el participante escribirá cuáles son las normas de seguridad e higiene.

Para complementar la actividad, el facilitador realizará una puesta en común y la retroinformación del tema.

- **Instrucciones para los participantes**

Los participantes observarán detenidamente una serie de imágenes que proyectará el facilitador. En la hoja que se les entregue, tendrán impreso el número de diapositivas, para que las clasifiquen en prácticas apropiadas e inapropiadas. Luego describirán los posibles riesgos o consecuencias. Al finalizar, el participante escribirá cuáles son las normas de seguridad e higiene. Posteriormente se realizará una puesta en común y la retroinformación por parte del facilitador.

- **Recursos necesarios**

- Video beam
- Salón
- Papel
- Lápiz

Retroinformación

1. ¿Qué es la empresa?
2. ¿Cuál es la importancia de hacer bien las cosas desde el principio?
3. ¿Por qué es necesario el uso de los implementos de protección personal?
4. ¿Por qué las industrias deben tener programas de gestión ambiental?

Ejercicio 6

Gestión integrada de la calidad

N° imagen	Actividad		Riesgos
	Apropiada	Inapropiada	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			

Describa cuáles son las normas de seguridad e higiene que considere necesarias en su trabajo:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Referencias bibliográficas

García, Jesús. 1996. *Manejo de efluentes de planta extractora de aceite de palma*.

Rodríguez, Manuel; Van Hoof, Bart. 2006. *Environmental Performance of the Colombian Oil Palm Industry*.

Pulido, Sosa. 1996. *Manual de calidad total para operarios*. Ed. Limusa.



Anexos

Evaluación final	81
Retroinformación de la evaluación final	81
Evaluación de la capacitación y el facilitador	84
Evaluación de la guía	84
Glosario	85



Evaluación final

1. ¿Cómo describiría un fruto de palma de aceite?
2. ¿En qué se diferencian las unidades y las dimensiones?
3. ¿Conoce alguno de los propósitos de la esterilización?
4. ¿En qué estado de maduración deben estar los racimos de fruto de palma para ser procesados?
5. ¿Conoce algunos de los pasos de un ciclo de esterilización?
6. ¿Conoce el estado óptimo del vapor de agua para realizar la esterilización?
7. ¿Reconoce algunos de los equipos utilizados en el proceso de esterilización?
8. ¿Qué tipo de elementos de control considera necesarios?
9. ¿Qué tipo de mantenimiento puede realizar el operario de esterilización?
10. ¿Cuál es la importancia de la eliminación de los condensados?
11. ¿Puede usted describir el procedimiento para la ejecución de un ciclo de esterilización?
12. ¿Por qué es necesario el uso de los implementos de protección personal?
13. ¿Cuáles son los elementos de protección personal que debe utilizar el operario de la etapa de esterilización?
14. ¿Cuál es el impacto ambiental que puede tener una mala esterilización en las plantas de beneficio?

Retroinformación de la evaluación final

1. ¿Cómo describiría un fruto de palma de aceite?

Un fruto de palma de aceite es de forma ovalada, color naranja-rojizo y consta de cuatro partes fundamentales: exocarpio, mesocarpio, cuesco y almendra.

2. ¿En qué se diferencian las unidades y las dimensiones?

Una dimensión es una variable física utilizada para especificar o describir el comportamiento o naturaleza de un sistema.

Una unidad de medida es una cantidad estandarizada de una determinada magnitud física.

Es así como para una dimensión como la longitud se tienen diferentes unidades como los centímetros, metros, yarda, pulgada y pies, entre otros.

3. ¿Conoce alguno de los propósitos de la esterilización?

Los propósitos de la esterilización son cinco:

- a. Inactivar la enzima lipasa presente en los frutos y causante de la acidez.
- b. Ablandar la pulpa de los frutos.
- c. Facilitar el desprendimiento de los frutos de su soporte natural (Tusa).
- d. Hidrolizar mucílagos y coloides que actúan como emulsificantes del aceite y causan dificultades en la clarificación.
- e. Deshidratar parcialmente las almendras para facilitar su desprendimiento del cuesco.

4. ¿En qué estado de maduración deben estar los racimos de fruto de palma para ser procesados?

Los racimos de fruto de palma deben estar en buen estado de maduración para ser esterilizados; no pueden estar verdes porque su esterilización se demora más tiempo y contienen poco aceite; y no pueden estar sobremaduros, porque se aumentan las pérdidas de aceite en condensados y tusa, además de la acidez.

5. ¿Conoce algunos de los pasos de un ciclo de esterilización?

- a. Desaireado
- b. Picos
- c. Expansión
- d. Sostenimiento
- e. Expansión final.

6. ¿Conoce el estado óptimo del vapor de agua para realizar la esterilización?

El vapor de agua se debe encontrar como vapor saturado para realizar la esterilización, porque en los procesos de cambio de fase es cuando se libera la mayor cantidad de energía y contiene la humedad suficiente para no quitarle agua a los frutos.

7. ¿Reconoce algunos de los equipos utilizados en el proceso de esterilización?

Los equipos utilizados en la etapa de esterilización son:

- Válvulas
- Tuberías
- Bombas
- Autoclaves
- Chimenea de desfogue
- Caldera
- Vagonetas
- Rieles, entre otros.

8. ¿Qué tipo de elementos de control considera necesarios?

Son necesarios elementos de control como los manómetros, las cartas de esterilización y los termómetros.

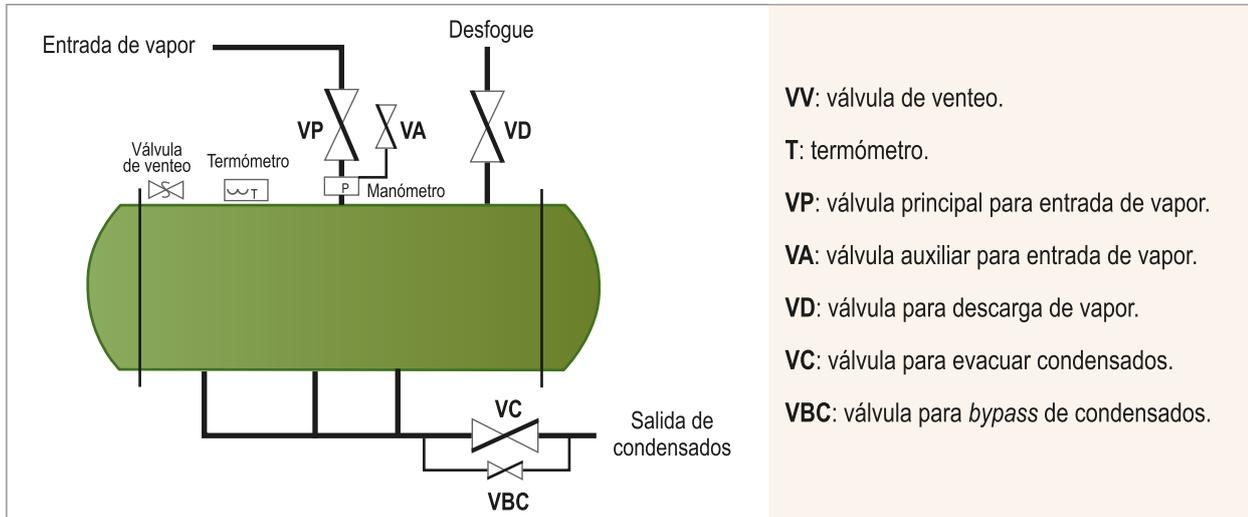
9. ¿Qué tipo de mantenimiento puede realizar el operario de esterilización?

El operario de la etapa de esterilización debe realizar un mantenimiento de primer nivel, donde las tareas fundamentales son: limpieza, inspección, lubricación y ajustes.

10. ¿Cuál es la importancia de la eliminación de los condensados?

Es necesario hacer eliminación constante de condensados para evitar el lavado de los racimos y el aumento de las pérdidas de aceite en condensados.

11. ¿Puede usted describir el procedimiento para la ejecución de un ciclo de esterilización?



Ítem	Proceso	Tiempo asignado (min)	Presión PSI	Posición de las válvulas					
				VV	VP	VA	VD	VC	VBC
1	Cargue de autoclave	5	0		C	C	A	A	A
2	Desaireación	5 – 8	5		A	C	C	A	A
3	Ascenso 1 ^{er} pico	5 – 10	20 – 30		A	C	C	C	A
4	Expansión 1 ^{er} pico	3 – 5	5		C	C	A	A	C
5	Ascenso 2 ^{do} pico	6 – 12	25 – 35		A	C	C	C	A
6	Expansión 2 ^{do} pico	4 – 6	5		C	C	A	A	C
7	Ascenso 3 ^{er} pico	8 – 15	35 – 45		A	C	C	C	A
8	Sostenimiento	30 – 51	35 – 45		C	A	C	C	A
9	Expansión 3 ^{er} pico	5 – 8	0		C	C	A	A	A
10	Descargue del autoclave	5	0		C	C	A	A	A
Tiempo total del ciclo		76 - 124							

12. ¿Por qué es necesario el uso de los implementos de protección personal?

Los implementos de protección personal son indispensables para la adecuada conservación de nuestra integridad física.

13. ¿Cuáles son los elementos de protección personal que debe utilizar el operario en la etapa de esterilización?

El operario de esterilización debe utilizar: guantes de carnaza resistentes para su labor, casco, tapa oídos, monogafas, botas con punta de acero y camisa de manga larga.

14. ¿Cuál es el impacto ambiental que puede tener una mala esterilización en las plantas de beneficio?

Una mala esterilización implica mayor consumo de energía, por lo que se necesita quemar gran cantidad de fibra y cuesco, liberando así gases y material particulado. Por otro lado, incrementa la pérdida de aceite en condensados, lo que genera que el agua que va a las lagunas de oxidación tomen más tiempo en ser tratadas y en ese proceso se liberen gases de efecto invernadero.

Evaluación de la capacitación y el facilitador

1. ¿Considera que la metodología utilizada para la capacitación fue la adecuada? Si su respuesta es afirmativa, por favor indique cinco puntos relevantes de la misma; en caso de ser negativa, es de gran interés para nosotros que usted sugiera metodologías a seguir.

2. ¿El tono de voz, actitud y motivación del facilitador ayudaron al correcto aprendizaje de los temas planteados?

Evaluación de la guía

1. ¿La información contenida en la guía es completa? ¿Cumple con sus necesidades?
2. ¿Encuentra en esta guía material didáctico y de apoyo?
3. ¿El lenguaje utilizado facilita su comprensión?

Glosario

Ácido graso: molécula orgánica de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.

Ácido linoléico: es un ácido graso esencial para el organismo humano, lo cual quiere decir que el organismo no puede sintetizarlo y tiene que ser ingerido por la dieta. Es un ácido graso insaturado.

Ácido mirístico: ácido graso de 14 carbonos saturados.

Ácido oleico: es un tipo de grasa monoinsaturada, típica de aceites vegetales como el aceite de oliva y el del aguacate.

Ácido palmítico: un ácido graso saturado de cadena larga, formado por dieciséis átomos de carbono.

Almendra: parte más interna del fruto, de forma ovalada y color blanco - marrón.

Antioxidantes: son unas sustancias existentes en determinados alimentos, que nos protegen frente a los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades.

Caldera acuatubular: el agua fluye por dentro de los tubos, y los gases de la combustión circulan por fuera de éstos.

Caldera pirotubular: los gases de la combustión fluyen por dentro de los tubos y transfieren el calor al agua que circula por fuera de éstos.

Carbohidratos: los carbohidratos son uno de los principales componentes de la dieta y son una categoría de alimentos que abarcan azúcares, almidones y fibra.

Carotenos: los carotenos o β -carotenos son transformados al interior del cuerpo humano en vitamina A; además, poseen propiedades antioxidantes.

Ciclo de esterilización: metodología por medio de la cual se realiza la cocción del fruto de la palma de aceite; utiliza como variables la presión y el tiempo.

Clorofila: pigmentos de color verde. La función de las clorofilas es la absorción de energía luminosa en la variante de la fotosíntesis.

Condensado: líquido formado mediante un proceso de cambio de fase (gas - líquido), compuesto en su mayoría por agua, seguido de aceite y sólidos.

Cuesco: parte más interna del pericarpio, es decir, la parte del fruto que rodea a la almendra.

Efluente: salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de líquidos, sólidos o desperdicios a un tanque de oxidación, para un proceso de oxidación biológica.

Emulsificación: proceso por medio del cual un líquido es dispersado en otro en forma de pequeñas gotas.

Enzima: son moléculas de naturaleza proteica que facilitan las reacciones bioquímicas.

Equilibrio: estado en el que no existe tendencia alguna hacia el cambio espontáneo.

Espigas: inflorescencia que posee alvéolos (sacos) en los cuales se encuentran adheridos los frutos carnosos.

Esterilización: proceso por el cual se produce la cocción de los frutos de la palma de aceite mediante el uso de vapor saturado.

Exocarpio: tejido ceroso que recubre la pulpa de los frutos.

Fase: estado de la materia completamente uniforme y homogéneo.

Hidrolizar: proceso que sufren las sustancias cuando interactúan con el agua, bien descomponiéndose, disolviéndose o modificando su estructura.

Impregnación: introducción en profundidad del aceite.

Lipasa: enzima lipolítica que cataliza el desdoblamiento de las moléculas grasas (triglicéridos) en ácidos grasos y glicerina.

Maceración: ablandamiento de una sustancia sólida empleando fuerza y movimiento (estrujándola, golpeándola).

Mesocarpio: parte interna del pericarpio, comúnmente conocida como pulpa.

Palmistería: sección de las plantas de beneficio donde se realiza el proceso de extracción de aceite de la almendra del fruto de la palma de aceite (aceite de palmiste).

Pedúnculo: rabillo que sostiene una inflorescencia. Parte central del racimo de la palma de aceite, del cual parten las espigas que albergan los frutos carnosos.

PSI: (Sigla del inglés Pounds per Square Inch) unidad de presión cuyo valor equivale a una libra por pulgada cuadrada.

Racimo desgarrado: racimo de fruto de palma de aceite que ha recibido una modificación física mediante una máquina desgarradora, dejando expuesto partes internas del fruto (pedúnculo).

Racimo entero: fruto de palma de aceite que no ha recibido ningún tipo de modificación física.

RFF: racimo de fruto fresco.

Tocoferoles: antioxidantes naturales que aumentan la estabilidad de los alimentos grasos y cumplen una importante actividad biológica. Los tocoferoles son las principales sustancias con propiedades antioxidantes, presentes de forma natural en los aceites. Previenen las reacciones de oxidación de lípidos, característica del fenómeno de rancidez. El conjunto de tocoferoles se llama también vitamina E.

Tocotrienoles: son miembros de la familia de la vitamina E. Al igual que la vitamina E, los tocotrienoles son potentes antioxidantes que protegen contra la oxidación de las grasas.

Tusa: conjunto de espigas y raquis, desecho del proceso de desfrutado en el beneficio de la fruta de palma de aceite.

Vapor saturado: vapor a la temperatura de ebullición del agua.

El proceso de esterilización de racimos de fruto de palma de aceite es la segunda etapa del proceso de beneficio luego de la recepción de fruto. La importancia de esta etapa radica en la alta influencia que ejerce sobre las etapas siguientes del procesamiento de fruto, generando impactos directos sobre la eficiencia de prensado, la clarificación de aceite y la recuperación de almendra, así como en la calidad de los productos obtenidos en el proceso, como son el aceite crudo de palma, palmiste y torta de palmiste. Dada la relevancia del proceso de esterilización, Cenipalma, desde el área de Ingeniería, con el apoyo de la División de Validación de Resultados de Investigación y Transferencia de Tecnología, ha diseñado esta guía metodológica para apoyar de manera práctica la formación de facilitadores que lideren y ejecuten actividades de capacitación de personal técnico que labore en plantas de beneficio de fruto de palma de aceite. De esta forma, el documento está orientado a supervisores e ingenieros de proceso que puedan facilitar o transmitir sus conocimientos y experiencias, apoyados en una guía práctica que conduzca el proceso de adopción de conocimiento por parte del personal técnico. En esta guía metodológica, los usuarios encontrarán una recopilación de información y conceptos técnicos basados en investigaciones realizadas por Cenipalma en conjunto con los comités asesores regionales, así como otras fuentes bibliográficas. El contenido de la guía se desarrolla en cuatro unidades de aprendizaje: a) Generalidades, b) Materiales y equipos c) Proceso, y d) Gestión integrada de la calidad. La guía incluye propuestas para el desarrollo de actividades complementarias, ejercicios de análisis y cálculo, así como prácticas operacionales que dinamizan y facilitan la adopción del conocimiento. Este proceso de capacitación permite afianzar el conocimiento y la aplicación de mejores prácticas por parte del usuario, dando respuesta a cuatro preguntas fundamentales: ¿Por qué se esteriliza el fruto? ¿Con qué se realiza la esterilización? ¿Cómo se lleva a cabo este procedimiento? y ¿Cómo garantizo un buen proceso?

Centro de Investigación en Palma de Aceite

Calle 20A N° 43A - 50 Piso 4 Bogotá D.C.

PBX: 208 6300 Fax: 244 4711

www.cenipalma.org