



7th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Evaluación de Factores Claves, Pérdidas Productivas e Impactos Ambientales en el Proceso de Producción de Aceite de Palma

MERIÑO, L. I.^a, ABIANTUN, A.^a, GERMÁN, L.^a, SEPÚLVEDA, J.^{a*}

a. Universidad del Atlántico

**Corresponding author, juansepulveda@mail.uniatlantico.edu.co*

Resumen

La producción de aceite de palma es una actividad coordinada que incluye el seguimiento de instrucciones, la aplicación de técnicas y procesos definidos, así como la integración de equipos, insumos, recursos y personas de manera que cada uno de estos elementos influye de manera directa tanto en los resultados productivos como en los impactos particulares de esta actividad en todos los niveles de la industria. En este trabajo se aplica un proceso de análisis aplicado en una empresa productora de aceite de palma en la región caribe colombiana, y centrado en la evaluación de cinco dimensiones específicas del proceso productivo y sus recursos complementados con un estudio de causas y efectos bajo el modelo de Ishikawa. Todo esto, centrado en la búsqueda de las condiciones particulares que determinan las principales pérdidas e impactos vinculados con el proceso de extracción de aceite, demostrando los efectos particulares de la estandarización de los procesos, el impacto productivo de la selección adecuada de materia prima, el nivel de formación de los trabajadores y el estado de la maquinaria sobre las pérdidas productivas, los puntos críticos de control y los impactos biológicos, físicos y socio-económicos de esta actividad.

Palabras llave: Pérdidas, Producción, aceite de palma, Ishikawa, Impactos

1. Introducción

El nivel de eficiencia de las actividades productivas está relacionado de manera directa con la sostenibilidad (Sepúlveda, 2017) y en el caso particular de interés de este trabajo, la producción de aceite de palma tiene unos efectos particulares sobre las dimensiones económicas, sociales y ambientales que requieren un alto nivel de atención para garantizar el rendimiento productivo del proceso y la minimización de los efectos negativos asociados al mismo (Lim & Biswas, 2018). En pequeñas y medianas empresas productoras de aceite, el rendimiento de la producción y los impactos están asociados al nivel tecnológico de los procesos y las condiciones operativas de las plantas productoras (Morakinyo & Bamgboye, 2017), así, dadas las características de esta actividad, se hace necesaria la identificación de estrategias y alternativas que permitan a los productores obtener el máximo provecho y al mismo tiempo generar el mínimo impacto sobre el ambiente.

En este sentido, las herramientas de control y gestión de calidad han demostrado su valor en la identificación de problemas asociados al proceso productivo mediante la aplicación de técnicas estadísticas sencillas enfocadas en la identificación de las causas principales de una condición específica bajo estudio (Pristavka y otros, 2016). En este trabajo, aplicado en una empresa productora

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla - Colombia - June 21st and 22nd - 2018

de aceite en la región Caribe colombiana, se usa como base el modelo de análisis de causa y efecto propuesto por Ishikawa (1988) enfocado en la evaluación de aspectos que generan pérdidas de aceite desde el proceso, el personal, la materia prima y la maquinaria, buscando con ello incrementar la eficiencia técnica y operativa del proceso y al mismo tiempo buscando las causas relacionadas con los principales impactos sociales y ambientales derivados.

Las condiciones particulares de la empresa evaluada permitieron hacer un contraste entre la realidad del proceso productivo, caracterizado por una serie de fallas asociadas principalmente a un exceso de confianza de la organización en el conocimiento empírico de sus operarios en contraste contra prácticas y recomendaciones ya definidas y probadas por el principal gremio de productores de aceite (Prada y Romero, 2012). Siendo esta diferencia entre la teoría del proceso y la realidad de las operaciones es la causa principal de las pérdidas y los impactos negativos de la empresa en su dinámica productiva.

2. Metodología

Este trabajo corresponde a los resultados de un proceso de estudio e intervención aplicado en una empresa productora de aceite localizada en la región caribe Colombiana, el propósito principal se enfocó en identificar los factores claves que inciden en las pérdidas productivas e impactan sobre la dinámica social y los impactos ambientales de la actividad estudiada sobre del entorno en el cual se encuentra inserta la organización, buscando además formular estrategias de mejora que incrementen los niveles de eficiencia, efectividad y sostenibilidad de los procesos.

Para esto, se realizó la aplicación individual y secuencial de cinco etapas de análisis, las cuales son mostradas en la parte izquierda de la figura 1. En la parte central de la figura se muestran los elementos en los cuales se enfocó cada etapa, dando paso a un estudio individual de los efectos de dichas variables sobre el proceso y sus impactos. Posteriormente cada una de estas etapas sirvió como fuente de insumo de información para la consolidación de los resultados individuales de cada dimensión en un análisis integrado de causa y efecto de acuerdo con Ishikawa (1988).

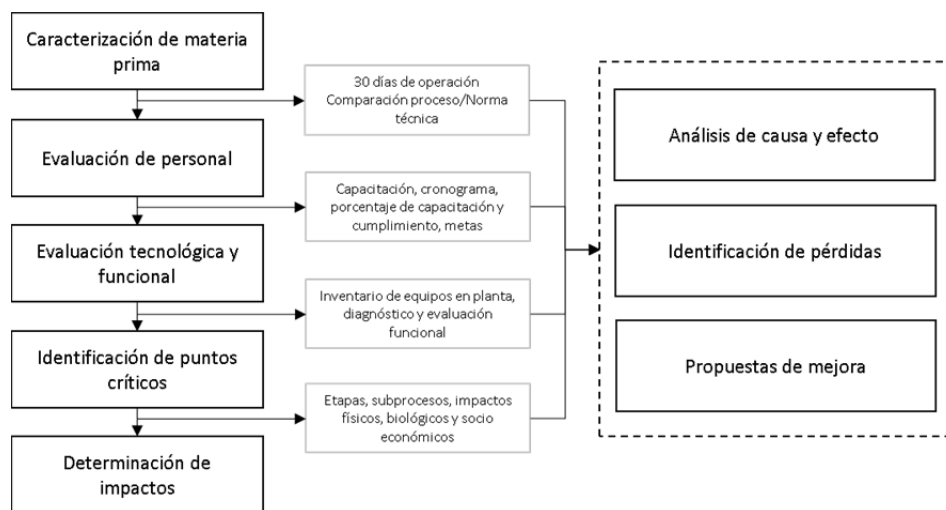


Fig. 1. Etapas del estudio

En la primera etapa, la caracterización de materia prima se hizo realizando un seguimiento diario al proceso de recepción, selección y clasificación de esta, como parte del estudio se comprobó el procedimiento aplicado y se realizó un contraste entre las acciones de la empresa y el estándar y criterios definidos por Cenipalma (Prada y Romero, 2012). Seguidamente se evaluó el personal en torno a su desempeño operativo y el manejo de instrumentos de control del proceso. Para la evaluación de Maquinaria y Equipos se realizó un inventario de los equipos operando en planta, una inspección de registros de operación y un análisis de criticidad en esta dimensión (Ortiz y otros, 2013).

Con la totalidad de información recopilada se realizó posteriormente la identificación de los puntos críticos de control del proceso, mediante la medición y el balance teórico de la materia prima en

contraste con los resultados operacionales (Rincón, 2017); en la tabla 1 se muestra el proceso de medición aplicado para el estudio de los flujos y los cálculos de pérdida de aceite en cada etapa del proceso.

FLUJOS	
Racimos vacíos o tusas	Se construyó una bifurcación en forma de “Y” en el extremo de salida de tusas de la banda transportadora en el proceso de desfrutación, se localizó un vagón en cada uno de los extremos de la bifurcación, recolectando en ellos la totalidad de la tusa producida, determinando su peso en báscula y el peso total de los racimos vacíos que salen del proceso diariamente.
Frutos adheridos	Estos frutos se encuentran adheridos a la tusa, por lo tanto, la corriente o flujo que debe medirse son las tusas de acuerdo con el procedimiento enunciado en el punto anterior e inspeccionar en ellas los porcentajes de frutos que no fueron separados en la desgranadora.
Fibras	Los kilogramos por hora de fibra se midieron después de la salida de las prensas. Para obtener el flujo de fibras húmedas por unidad de tiempo, se construyó en la descarga inferior del ciclón del sistema desfibrador una bifurcación en forma de “Y”, de esta manera se permitió cuadrar un vagón en cada uno de los extremos de la bifurcación desviando hacia uno de ellos el flujo de polvo de trituración al momento de medir el flujo de fibras en el otro vagón. El flujo de esta corriente se determinó en tiempos de 15 minutos, ya que mediciones con mayor tiempo ocasionaron caídas de presión en la caldera y por consiguiente descensos de temperatura en el proceso.
Efluentes	Se midió por separado el volumen de condensados de esterilización y lodos de clarificación en los pozos florentinos, sitio al cual llegan cada una de estas corrientes. El flujo de esta corriente se determinó sumando el flujo de esterilización con el flujo de clarificación. Este cálculo se realizó midiendo el volumen ocupado en un tiempo de 20 minutos para cada una de las corrientes, mediciones con mayor tiempo ocasionaron regueros de lodos en dichos pozos.
Nueces	Se midió la cantidad de nuez producida a la salida del tambor pulidor. Para esta operación se requirió de la ayuda de 2 operarios debido al gran volumen de flujo, por esta misma razón, se optó por realizar las mediciones durante un tiempo de 10 minutos.
PÉRDIDAS	
Base seca	Los ensayos de laboratorio para obtener el valor de la pérdida en base seca, se realizaron usando como parámetro la metodología establecida por Cenipalma (1997) y adecuándolo a las condiciones mismas del laboratorio de la empresa.
Racimos vacíos o tusas / Fibras / Nueces	Para los racimos Vacíos, la pérdida de aceite como porcentaje en peso de aceite sobre racimo de fruta fresca, se calculó multiplicando la pérdida valorada mediante ensayos de laboratorio en gramos de aceite sobre base seca sin aceite (expresada por porcentaje en peso, es decir % ac/SSNA), por los sólidos secos no aceitosos obtenidos sobre muestra húmeda (expresado por porcentaje en peso, es decir %SSNA/racimos vacíos ó tusas), multiplicando por el porcentaje en peso de racimos vacíos o tusas sobre los racimos RFF que se procesaron (%Tusas/RFF) y multiplicando por el factor para convertir a porcentaje de aceite sobre RFF (%Ac/RFF).
Frutos adheridos	Para el caso de la pérdida de aceite en los frutos adheridos a la tusa, se toma el porcentaje de aceite en estos frutos (%Ac/frutos) que se evalúan mediante ensayos de laboratorio y se multiplican por la cantidad de frutos adheridos a la tusa (%fruto adheridos/tusas).
Efluentes	La pérdida de aceite en efluentes provenientes de los condensados de esterilización y de las centrifugas deslodadoras, se multiplican por el valor de los gramos por litro de efluentes a la salida de los florentinos por el volumen en metros cúbicos sobre toneladas de racimos procesados.

Tabla 1. Procedimientos de cálculo de flujo y pérdidas de aceite

Posteriormente se estudiaron las causas principales de pérdida en el proceso y finalmente el impacto de este sobre las dimensiones social, física y biológica.

3. Resultados

3.1. Caracterización de materia prima

Se realizó la evaluación del procedimiento de recepción y selección de la materia prima; la tabla 2 muestra el contraste entre el procedimiento aplicado en la empresa y los estándares identificados en la literatura.

Criterios	Empresa	Estándar
Procedimiento operativo	<ul style="list-style-type: none"> Llegada de vehículos cargados con frutos. Identificación y registro del proveedor Pesaje del fruto en zona de báscula. Liberación del vehículo por cuenta del personal de báscula. Ascenso a tolva de descargue. Recepción del vehículo por parte del operario de control de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Llegada de vehículos cargados con frutos. Identificación y registro del proveedor Pesaje de fruto en zona de báscula. Liberación del vehículo por cuenta del personal de báscula. Ascenso a tolva de descargue. Recepción del vehículo por parte del operario de control de calidad.

	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación subjetiva de la materia prima durante el descargue. 	<ul style="list-style-type: none"> Inicio del procedimiento del muestreo (método de la cuerda). Basado en la evaluación por muestreo (producto conforme y no conforme), liberación de carga a tolva.
Tamaño de la muestra	Durante el tiempo de inspección no se evidenció uso alguno de ninguna herramienta de muestreo.	Método de la cuerda
Criterios de clasificación	<ul style="list-style-type: none"> Maduro: Más de diez alvéolos vacíos. Verde: Menos de diez alveolos vacíos. Sobre maduro: Más de 50% de fruto desprendido. Pedúnculo: Menor de 2cm, preferiblemente corte en V. 	<ul style="list-style-type: none"> Maduro: Desde tres frutos sueltos, hasta el 50% de fruto desprendido naturalmente. Verde: Ningún alvéolo vacío. Sobre maduro: Más de 50% de fruto desprendido naturalmente. Pedúnculo: Racimos con longitud de pedúnculo menor al 5cm.

Tabla 2. Comparativa de criterios de inspección. Fuente: Análisis del proceso y contraste según propuesta de Prada y Romero (2012)

El contraste permite determinar cómo el procedimiento aplicado, aunque guarda gran similitud con el estándar propuesto, no es adecuado debido a que los criterios de decisión y aceptación se basan en evaluaciones subjetivas. Con el ánimo de demostrar el impacto particular del proceso adecuado de selección de materia prima sobre el proceso productivo se llevó a cabo durante dos semanas la aplicación del método de la cuerda (Prada y Romero, 2012), seleccionándose 28 racimos por cada vehículo, obteniendo los siguientes resultados (tabla 3) en relación con el estado de madurez de las muestras seleccionadas:

Estado \ Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sobre maduro	32%	28%	14%	28%	32%	28%	43%	28%	21%	14%	25%	11%
Maduro	39%	53%	50%	61%	35%	46%	39%	57%	50%	32%	46%	53%
Verde	17%	11%	3%	0%	18%	14%	3%	3%	7%	36%	11%	14%
Pedúnculo	0%	0%	3%	3%	7%	3%	3%	3%	0%	3%	3%	7%
Podrido	4%	0%	11%	0%	0%	0%	0%	3%	11%	7%	7%	7%
Enfermos	7%	7%	18%	7%	7%	7%	7%	3%	11%	7%	7%	7%

Tabla 3. Frecuencia relativa del estado de los racimos tomados como muestra

La evaluación demostró cómo el método estándar, en contraste con la selección subjetiva de la materia prima, permite seleccionar los frutos en su estado óptimo para el proceso y así mismo permite rechazar los racimos que se encuentran en los demás estados los cuales, por sus características particulares generan pérdidas económicas y productivas en el proceso; por ejemplo los frutos en estado "Sobre maduro" al ser sometidos a calor en los autoclaves desprenden aceite en grandes cantidades y generan "impregnación de aceite en tusa", así mismo los frutos "verdes" se convierten en un obstáculo debido a que en lugar de soltar aceite, actúan como esponjas o retenedores, aumentándose en todos los casos el porcentaje de aceite perdido.

3.2. Mano de Obra

Inicialmente se evaluó el nivel de cumplimiento de las capacitaciones programadas, encontrándose que la empresa no está ejecutando implementando el cronograma definido en su plan estratégico, cuyo impacto potencial es apoyar y fortalecer el conocimiento de cada operario referente a la labor desarrollada en la planta. Se encontraron también otros elementos como la falta de organización de temáticas y programas enfocados en las etapas fundamentales del proceso como la clarificación, considerada punto crucial del proceso. Seguidamente se evaluó el nivel de desempeño de los operarios en una escala de uno a nueve, siendo nueve el mayor puntaje o nivel de favorabilidad en el desempeño; esto fue aplicado en ocho áreas claves del proceso en dos dimensiones: el conocimiento técnico particular y la aplicación de este en su labor y adicionalmente el manejo de formatos, formularios y la gestión de registros en su actividad, un proceso clave para la gestión y el aseguramiento de la calidad en el producto. La figura 2 muestra los resultados obtenidos en cada una de las áreas evaluadas.

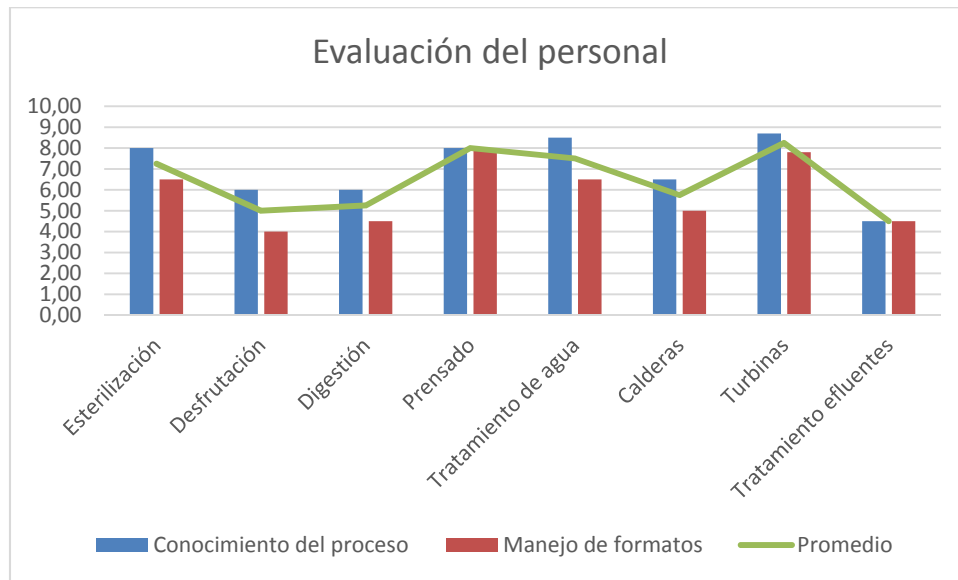


Fig. 2. Resultados de la evaluación del personal

El promedio de calificaciones en el conocimiento del proceso es de 7,03, mientras que en manejo de formatos se obtuvo un valor de 5,85, demostrando que, en el acontecer de las operaciones en la organización, el manejo de evidencias y acciones de control es una dificultad práctica. El mayor puntaje obtenido fue en el área de turbinas con una calificación de 8,25 y el menor en tratamiento de efluentes con 4,50, demostrando esto, de manera adicional, el potencial impacto del conocimiento de las operaciones no solo sobre las pérdidas productivas, sino también sobre el medio ambiente.

Algunos aspectos que se resaltan de la evaluación son la aplicación de conocimientos empíricos adquiridos en el tiempo de experiencia de trabajo de los operarios y no en un proceso formal de capacitación y entrenamiento, como en el caso de las etapas de desfrutación, digestión, calderas y tratamiento de efluentes; es destacable como estas operaciones obtuvieron los menores resultados en la evaluación global de los procesos, evidenciando una relación directa entre formación, capacitación, entrenamiento y desempeño.

A partir de este estudio realizado se puede resaltar las dificultades del proceso de acuerdo al nivel de conocimiento que presenta el personal operativo de planta. La mayoría del personal posee un nivel básico de escolaridad y experiencia obtenida de manera empírica, lo cual, sumado al bajo nivel de aplicación de las actividades complementarias de formación en el plan de capacitación en la organización, impactan directamente sobre las pérdidas de proceso y los efectos ambientales directos de la operación.

3.3. Maquinaria

El estudio de esta dimensión del proceso inició con el inventario de maquinaria y equipos en planta. Posteriormente, se realizó una inspección basada en observación con el fin de realizar registros de lecturas de horas trabajadas de los equipos; Se constató que los horómetros no se encontraban en funcionamiento debido a falta de mantenimiento y, además, aclarando que estos dispositivos solo se encontraban presentes en los equipos pertenecientes al área de PRENSADO. Las entrevistas al personal de mantenimiento evidenciaron que, debido a esta situación los mantenimientos en estas áreas se estaban ejecutando de manera correctiva.

A partir de esto se optó en conjunto con el jefe de mantenimiento la implementación de técnicas de análisis de criticidad por equipo, herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia a los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos tecnológicos), haciendo énfasis en los siguientes aspectos: frecuencias de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento e impacto de seguridad/ ambiente. En la tabla 4 se

muestra el inventario de equipos y la ponderación de los factores con los cuales se calculan los criterios de clasificación de criticidad.

Área.	Maquinaria.	No. IDENT.	Frecuencia de fallas.	Impacto operacional.	Costo de MTTO.	Flexibilidad.	Impacto SA.
Esterilización	Autoclave No.1	1	2	5	3	2	3
	Autoclave No.2	2	2	5	3	2	3
	Autoclave No.3	3	2	5	3	2	3
	Tubería de vapor.	4	2	5	3	2	3
Prensado	Digestor 20-M.	5	3	3	2	2	1
	Digestor 15-M.	6	2	3	2	2	1
	Digestor 15-W.	7	1	3	2	2	1
	Prensa 20-M.	8	3	2	3	4	1
	Prensa 15-M.	9	2	2	3	4	1
	Prensa 15-W.	10	1	2	3	4	1
	Transportador de fibra.	11	2	2	2	4	1
Clarificación	Precalentador	12	1	2	2	2	1
	Precalentador de agua caliente	13	2	2	2	2	1
	Clarificador	14	3	5	3	2	3
	Sedimentador	15	1	2	3	2	3
	Secador al vacío	16	1	4	2	2	1
	Bomba de secador vacío	17	3	4	2	2	1
	Tubería de aceite terminado	18	1	5	2	2	1
	Bomba de aceite terminado	19	1	5	2	2	1
	Bomba de aceite al vacío	20	1	5	2	2	1
	Tubería desarenador	21	1	5	2	2	1
	Tanque de agua caliente	22	3	5	2	2	1
	Centrifuga No.1	23	4	5	3	2	1
	Centrifuga No.2	24	4	5	3	2	1
	Centrifuga No.3	25	4	5	3	2	1
	Centrifuga No.4	26	2	5	3	2	1
Centrifuga No.5	27	2	5	3	2	1	

Tabla 4. Inventario de maquinaria y calificación de criterios de criticidad.

A partir de esta información se procedió a evaluar los equipos pertenecientes a las diferentes áreas del proceso de extracción de aceite apoyado en los registros internos que lleva día a día el área de mantenimiento. Una vez obtenidos los resultados de este análisis se realizó la matriz de criticidad que relaciona frecuencia y consecuencias de los fallos y los ubica en tres niveles dependiendo de su intensidad, de esta manera: No crítico (NC), Criticidad media (MC) y Crítico (C). A continuación (tabla 5), se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de equipos en el proceso productivo.

FRECUENCIAS	4				23,24,25.	
	3			5,17.	8,22. 14.	
	2	13.	6,9,11.	26,27.	1,2,3,4.	
	1	7,10,12,15,16,18,19,20,21.				
	0	10	20	30	40	50
		CONSECUENCIAS				

Tabla 5. Matriz de criticidad para equipos en planta

Con los resultados obtenidos se pudo constatar que los equipos pertenecientes a las áreas de esterilización y clarificación son los que presentan mayor cantidad de fallas, las cuales se encuentran en un nivel crítico. Como resultado de la observación, el análisis y la evaluación se ha podido encontrar que, dentro de las condiciones particulares de la maquinaria y equipos involucrados en estas etapas del proceso, destacan:

- ✓ Daño en empaques de compuertas, esto ocasiona escape de vapor de los esterilizadores, requiriendo mayor tiempo de permanencia de los frutos para su cocción y generando un aumento en el tiempo de lavado de la fruta, causando incremento de pérdidas de aceite en condensados.
- ✓ Daño en tuberías de desagüe de condensados, se evidencio que las tuberías por donde circulan los condensados hacia los florentinos o en su defecto los tanques de clarificación presentan fugas visibles, haciéndose notorio al momento de la inspección de desperdicio de condensados en las bases de los esterilizadores.

En cuanto a fallas, el área de prensado se encuentra dividida por equipos clasificados en los tres niveles de criticidad, encontrándose en el nivel crítico la prensa 20-M, se pudo observar que presentaba atascamiento por desgaste en los tornillos, el digestor 20-M localizado en un nivel de criticidad media, presentaba fugas en la camisa de recubrimiento, haciéndose notorio al momento de la inspección. En el área de clarificación se evidenciaron fallas continuas en equipos específicos del proceso, ubicados en la matriz con niveles (C) y (MC), siendo estos equipos: Clarificador, tanque de agua caliente, centrifuga No.1, centrifuga No.2, centrifuga No.3, centrifuga No.4 y centrifuga No.5.

3.4. Puntos críticos

El análisis de puntos críticos se basa en el la determinación de los flujos másicos del proceso y el cálculo de pérdidas de acuerdo con los procedimientos mostrados en la metodología. En la tabla 6 se resume el detalle de los valores identificados.

Descripción	Valor
Pérdidas en base seca y porcentajes de aceite perdido en tusas sobre racimo de fruta fresca	19,70%
Promedio de la pérdida de aceite en tusas, expresada como porcentaje de aceite sobre racimo de fruta fresca	0,013%
Pérdidas en base seca y los porcentajes de aceite perdido en las fibras sobre racimo de fruta fresca	12,3%
Valor promedio de la pérdida de aceite en fibras	0,23%
Promedio de la pérdida de aceite en efluentes expresada como porcentaje de aceite sobre racimo de fruta fresca	0,84%
Porcentajes de aceite perdido en las nueces sobre racimo de fruta fresca	9,6%
Promedio de la pérdida de aceite en nueces, expresada como porcentaje de aceite sobre racimo de fruta fresca	0,11%

Tabla 6. Valores obtenidos en el cálculo de pérdidas de aceite en los diferentes flujos

Realizado el análisis de las pérdidas por flujo se procedió a calcular la frecuencia relativa de cada una de estas corrientes sobre el valor de las pérdidas totales, con el fin de determinar los flujos con mayor influencia sobre estas pérdidas y así poder determinar los puntos críticos del proceso. En esta tabla se observa que los mayores porcentajes de pérdida se presentan en tusas y en efluentes siendo este último el de mayor relevancia para el proceso, Con un valor acumulado cerca del 65% del total de las pérdidas, estas dos corrientes se identifican como los principales puntos críticos, tal como se aprecia en la tabla 7.

INFLUENCIA DE FLUJOS SOBRE PERDIDAS TOTALES	
EFLUENTES	51,88%
FIBRA	14,32%
NUEZ	6,82%
FRUTO ADH	0,80%
TUSA	26,01%

Tabla 7. Tabla de pérdidas

Basado en estos resultados se realizó el análisis de las causas de pérdidas de aceite en estos dos puntos, teniendo que las causas de pérdida de aceite en tusas se presentan generalmente por procesamiento de fruto Sobre maduro, exceso en la etapa de esterilización, y un mal desgranado del fruto de palma, si el fruto llega sobre maduro a la planta, al entrar a las autoclaves la pérdida de aceite por impregnación a la tusa será mayor, debido a que el mesocarpio del fruto se encuentra más blando y el aceite será desprendido con mayor facilidad. Al analizar estos resultados se encontró un porcentaje de fruto sobre maduro mayor al cinco por ciento (>5%) de la totalidad del fruto procesado, lo cual indica que en el periodo de estudio se procesó un alto porcentaje de frutos sobre maduros sobre el total de los frutos procesados. Esto, ligado a las condiciones de operación ya descritas en la evaluación de operarios y proceso de recepción de materia prima da cuenta de las causas principales involucradas en la pérdida de aceite en la planta. Otra cosa importante es que, al entrar una gran cantidad de fruto sobre maduro al proceso, el aceite producido tendrá una acidez mayor a 4.5% (Medida como AGL, parámetro establecido por Fedepalma). Se concluyó que la pérdida de aceite en tusas se estaba presentando por un mal desarrollo de la operación de selección de la materia prima, mencionando igualmente que siendo evaluadas las etapas de esterilización y desfrutado no se encontró incidencias de estos sobre las pérdidas, puesto que en esterilización se estaban manejando los picos y presiones correspondientes con el estado de la fruta, y en el área de desfrutado las revoluciones establecida para la rotación del tambor.

Así mismo se estableció que un incremento en las pérdidas de aceite en los efluentes se puede presentar por alguna de las siguientes condiciones: Baja temperatura en el clarificador o decantador primario, mantenimiento inadecuado en las boquillas de la centrifuga o deslodadoras, un flujo alto de agua en el proceso. Una temperatura baja en el clarificador ocasiona que la densidad del aceite aumente, impidiendo así la separación estática que se debe presentar en este tanque entre las capas de aceite y lodo, esto ocasiona que los lodos salgan con un mayor contenido de aceite, aumentando así el valor de la pérdida. Los operarios de clarificación llevan registros diarios de la temperatura presentada en el decantador primario, por lo tanto, se tabuló y revisó cada uno de estos datos, encontrando temperaturas de operación promedio de 80°C y al final de la semana de 85°C, valores que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por Cenipalma en sus manuales de operación de plantas de beneficio (Mosquera y otros, 2006).

Las centrífuga deslodadoras trabaja con 6 boquillas cada una de diámetro 1.8 mm, el desgaste de estas ocasiona una disminución en la eficiencia de la separación del aceite recuperado del lodo, aumentando así el valor de la pérdida. Se revisaron las boquillas y su desgaste se encontraba en 0.3 mm, también se encontró con barro cristalizado, concluyendo que las centrifugas deslodadoras, que presentan desgastes en sus boquillas tienen un alto grado de influencia sobre las pérdidas totales de aceite en el proceso.

3.5. *Impactos*

Se estableció por medio de la inspección de los componentes físicos llevada a cabo en planta que existía una disminución en la cantidad de agua, esto relacionado con las aguas superficiales y subterráneas, determinándose que existía un consumo excesivo de agua por parte de la planta establecido en 40 galones por minuto para satisfacer las necesidades del proceso de producción, traduciéndose esto en una explotación intensiva del recurso hídrico, conllevando a la disminución en la captación de agua por parte de las zonas aledañas a la planta, así igualmente se determinó que existía una compactación el suelo, esto establecido intencionalmente por la planta para permitir el correcto tránsito de los vehículos que entran a la planta para cargue de aceite de palma, determinándose que esto se lleva a cabo con el fin de aumentar la resistencia del suelo y evitar deformaciones, que impidan el tránsito de estos, también se comprobó que existía una erosión del suelo esto influenciado por que la zona donde se encuentra ubicada la planta es una zona con alta precipitación factor que conlleva a la desagregación de las partículas primarias del suelo, con respecto a la contaminación atmosférica se estableció que existía salida de material particulado, este compuesto por óxidos de nitrógeno y algo de hidrocarburos, esto debido a que la fibra va impregnada de aceite, que es la materia prima junto con la cascarilla para llevar a cabo la combustión en las calderas, igualmente se estableció que existía contaminación auditiva en la planta, esto debido a el ruido excesivo transmitido por los equipos involucrados en el proceso, determinándose que ya existían consecuencias como pérdida auditiva por exposición en personal de la planta.

Se estableció por medio de la inspección de los componentes biológicos en planta que existía fragmentación del paisaje natural esto debido a la necesidad de espacio en territorio para llevar a cabo las plantaciones de palma, esto traducido en el desplazamiento de especies endémicas de la zona, así mismo se evidencio en la observación que existía pérdida de diversidad de ecosistemas acuáticos esto como consecuencia de la sobreexplotación de las fuentes de aguas aledañas a la zona de la planta, traduciéndose en la emigración de las especies allí presentes.

En cuanto a los componentes socioeconómicos analizados durante la inspección, se estableció que la empresa tiene un enfoque en generación de empleo local, esto relacionado con que el personal de producción el 80% son originarios de las poblaciones de El Copey- Algarrobo, municipios limítrofes con la planta extractora, esto ocasionando una mejora en la calidad de vida de las personas que allí laboran y sus familias, esto establecido por que la empresa igualmente adelanta campañas de apoyo educativo para los familiares de los trabajadores.

Conclusiones

- En la evaluación de los procesos de capacitación y formación del personal se pudo evidencia, en primer lugar, un bajo nivel de implementación de procesos complementarios de entrenamiento técnico a los operarios. Alto nivel de ejecución de actividades y procesos de manera empírica y bajo nivel de uso y aplicación de formatos de control. Esta situación sirve como soporte y evidencia a la idea de que el mayor nivel de formación le corresponde una mayor integralidad, tanto por el conocimiento técnico específico como por el aporte del operario al control del proceso en que participa. Igualmente, es importante resaltar que entre mayores son los índices de “empirismo” aceptados por la organización, mayor es el nivel de pérdidas asociado a la dimensión del personal en relación con la cantidad de producto final obtenido y los impactos asociados de este sobre el medio ambiente.
- La evaluación de maquinaria deja en evidencia la relación directa existente, no solo entre el nivel tecnológico y el rendimiento productivo de la organización, sino también entre el estado, la edad de los equipos y el proceso de mantenimiento sobre las pérdidas potenciales de la organización. En el caso del proceso de aceite, elementos mínimos como la falla en los empaques de la maquinaria o el desgaste milimétrico de una pieza, conducen a una pérdida potencial alta, siendo este un factor de gran importancia para el control del proceso y sus impactos.
- Como resultado de la interacción de las fallas específicas en el proceso de recepción de materia prima, el nivel de experiencia técnico del personal, y el estado de la maquinaria y equipos involucrados en el proceso, se identificaron una serie de factores críticos influyentes en la pérdida de aceite y el incremento en los impactos ambientales del proceso, siendo claro el aporte específico de cada una de estas dimensiones en la eficiencia integral, técnica y operacional de la organización.

REFERENCIAS

Cenipalma (1997). Pérdidas de aceite y balance de masas. Ceniavances No. 41.

Ishikawa K. (1988) ¿Qué es el control total de la calidad? La modalidad japonesa. La Habana: Ciencias Sociales.

Lim, C.I., Biswas, W.K. (2018). Development of triple bottom line indicators for sustainability assessment framework of Malaysian palm oil industry. Clean Technologies and Environmental Policy, 20 (3), pp. 539-560. DOI: 10.1007/s10098-017-1453-7

Morakinyo, T.A., Bamgboye, A.I. (2017). Performance characterization and optimization of a synchronized medium-scale oil palm fruit processing mill. Journal of Food Process Engineering, 40 (5), art. no. e12523. DOI: 10.1111/jfpe.12523

Mosquera, M. Díaz, O. Fernández, C. Sierra, G. (2006). Mejores prácticas en plantas de beneficio. Centro de investigación en palma de aceite – Cenipalma. ISBN: 958-97626-7-0.

Ortiz, A. Rodríguez, C. Izquierdo, H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. Revista Venezolana de Gerencia (RVG). Universidad del Zulia (LUZ)·ISSN 1315-9984

Prada, F. Romero, H. (2012). Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores. Bogotá (Colombia). 158p.

Prístavka, M., Kotorová, M., Savov, R. (2016). Quality control in production processes. (2016) Acta Technologica Agriculturae, 19 (3), pp. 77-83. DOI: 10.1515/ata-2016-0016.

Rincon, J. (2017). Evaluación y diagnóstico del proceso de extracción de aceite de palma en la planta de beneficio cooperativa Palmas Risaralda (COOPAR), Norte de Santander. Monografía de pregrado en Ingeniería Química. Universidad de Pamplona.

Sepúlveda, J. (2017). Eficiencia y gestión energética en la planeación de territorios sostenibles y la disminución de sus impactos ambientales: análisis del proceso cafetero en el municipio de Pitalito. Doctoral Dissertation. Universidad de Manizales. Colombia.