



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Propuesta de Adaptación Tecnológica para Reducir Costos de
Conversión en Planta de Extracción de Aceite Crudo Palma
San Martín 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial**

AUTOR:

Montoya Quispe, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-1831-8629)

ASESOR:

Mg. Molina Vilchez, Jaime Enrique (orcid.org/0000-0001-7320-0618)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento.

Lima – Perú

2023

Dedicatoria

A mi familia, mi esposa y mis hijas por su apoyo incondicional en todos los aspectos de nuestras vidas.

Carlos Alberto Montoya Quispe

Agradecimiento

A la universidad César Vallejo, por acogerme y brindarme la oportunidad de desarrollar la presente tesis, a la empresa Industrias del Espino SA la oportunidad de seguir aprendiendo sobre los procesos de la industrialización de la palma aceitera.

Carlos Alberto Montoya Quispe

Índice de Contenidos

CARÀTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÌNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÌNDICE DE TABLAS.....	v
ÌNDICE DE FIGURA.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I.INTRODUCCIÓN.	1
II. MARCO TEÓRICO.....	8
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	15
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	24
3.4. Técnicas de recojo de datos y los instrumentos.....	24
3.5. Procedimiento	26
3.6. Análisis de Datos	65
3.7. Aspectos Éticos.....	65
IV. RESULTADOS.....	66
V. DISCUSIÓN	77
VI. CONCLUSIONES	81
VII. RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS.....	83
ANEXO.....	

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Pesos para los Criterios</i>	19
Tabla 2 <i>Costos de conversión planta de extracción ACP Industrias del Espino SA año 2021</i>	19
Tabla 3 <i>Rango de Puntajes Criterio Tiempo de esterilización</i>	20
Tabla 4 <i>Rango de Puntajes Criterio Pérdida de aceite</i>	20
Tabla 5 <i>Rango de Puntajes Criterio Número de personas necesarias</i>	20
Tabla 6 <i>Rango de Puntajes Criterio Consumo de vapor</i>	21
Tabla 7 <i>Rango de Puntajes Criterio Ratio de consumo de energía eléctrica</i>	21
Tabla 8 <i>Rango de Puntajes Criterio Ratio de CIF</i>	21
Tabla 9 <i>Rango de Puntajes Criterio Costo inversión</i>	21
Tabla 10 <i>Técnicas e Instrumentos</i>	25
Tabla 11 <i>Juicio de Expertos</i>	26
Tabla 12 <i>Valores de la empresa</i>	28
Tabla 13 <i>Esterilización Horizontal</i>	36
Tabla 14 <i>Diagnóstico Tecnología de Esterilización Horizontal</i>	36
Tabla 15 <i>Calificación Tecnología de Esterilización Horizontal</i>	37
Tabla 16 <i>Descripción del Proceso</i>	38
Tabla 17 <i>Costos de Desplazamiento</i>	38
Tabla 18 <i>Parámetros del Ciclo de Esterilización Horizontal - Actual</i>	39

Tabla 19 <i>Ciclo de Esterilización Horizontal - Actual</i>	40
Tabla 20 <i>Determinación de pérdidas de aceite 2021</i>	42
Tabla 21 <i>Determinación de pérdidas de aceite 2022</i>	42
Tabla 22 <i>Costos por Pérdidas de Aceite 2021 - 2022</i>	43
Tabla 23 <i>Registro de Costos de Mano de Obra Directa Enero – diciembre 2021</i>	44
Tabla 24 <i>Registro de Costos de Mano de Obra Directa Enero – agosto 2022</i>	44
Tabla 25 <i>Costo Unitario de Mano de Obra Directa 2021 - 2022</i>	44
Tabla 26 <i>Registro de Costos Indirectos de Fabricación Enero – diciembre 2021</i>	45
Tabla 27 <i>Registro de Costos Indirectos de Fabricación Enero – diciembre 2021</i>	45
Tabla 28 <i>Costos Indirectos de Fabricación Unitario 2021 - 2022</i>	46
Tabla 29 <i>Resultados Pretest Variable Propuesta de Adaptación Tecnológica</i>	46
Tabla 30 <i>Resultados Pretest Variable Costos de Conversión</i>	47
Tabla 31 <i>Esterilización Horizontal</i>	48
Tabla 32 <i>Esterilización Oblicua</i>	49
Tabla 33 <i>Esterilización Vertical</i>	49
Tabla 34 <i>Esterilización Dinámica</i>	49
Tabla 35 <i>Esterilización Continua</i>	50
Tabla 36 <i>Criterios comparativos de tecnologías</i>	51
Tabla 37 <i>Calificación Tecnologías de Esterilización</i>	52
Tabla 38 <i>Descripción del Proceso Mejorado</i>	55
Tabla 39 <i>Costos de Desplazamiento del Proceso Mejorado</i>	56
Tabla 40 <i>Parámetros del Ciclo de Esterilización Dinámica</i>	56
Tabla 41 <i>Ciclo de Esterilización Dinámica</i>	56
Tabla 42 <i>Pérdidas de aceite proyectadas</i>	57
Tabla 43 <i>Costos por Pérdidas de Aceite proyectado</i>	57

Tabla 44	<i>Registro de Costos de Mano de Obra Proyectado</i>	58
Tabla 45	<i>Costo Unitario de Mano de Obra Directa Proyectado</i>	59
Tabla 46	<i>Registro de Costos Indirectos de Fabricación Proyectado</i>	59
Tabla 47	<i>Costos Indirectos de Fabricación Proyectado</i>	60
Tabla 48	<i>Resultados Postest Variable Propuesta de Adaptación Tecnológica</i>	60
Tabla 49	<i>Resultados Postest Variable Costos de Conversión</i>	60
Tabla 50	<i>Costos de inversión Esterilizador Dinámico 60 TM/H</i>	61
Tabla 51	<i>Ahorros por la centralización del proceso</i>	62
Tabla 52	<i>Reducción de costos de adquisición y reparaciones</i>	62
Tabla 49	<i>Mayores ingresos por el incremento de Aceite Extraído</i>	62
Tabla 54	<i>Flujos de Caja</i>	63
Tabla 55	<i>Indicadores de evaluación económica</i>	63
Tabla 56	<i>Prueba de normalidad por Shapiro-Wilk</i>	66
Tabla 57	<i>Análisis sobre los Costos de Mano de Obra Directa</i>	67
Tabla 58	<i>Análisis sobre los Costos Indirectos de Fabricación</i>	69
Tabla 59	<i>Análisis sobre los Costos de Conversión</i>	72
Tabla 60	<i>Análisis inferencial de la hipótesis general</i>	74
Tabla 61	<i>Análisis inferencial de la hipótesis específica 1</i>	75
Tabla 62	<i>Análisis inferencial de la hipótesis específica 2</i>	76

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución Geográfica de las Operaciones del Grupo Palmas.....	27
Figura 2. Recepción de racimos de fruto fresco (RFF).....	29
Figura 3. Esterilizador horizontal	29
Figura 4. Grúas de elevación de cestas con RFE a desfrutador	30
Figura 5. Prensas continuas de doble tornillo.....	31
Figura 6. Clarificación dinámica	31
Figura 7. Tanques de Almacenamiento.....	32
Figura 8. Racimos, Fruto y Aceite crudo de palma.....	32
Figura 9. Detalle del fruto de palma aceitera <i>Elaeis guineensis</i>	40
Figura 10. Balance de Masa Batch de RFF.....	41
Figura 11. Distribución de Planta Propuesta	54
<i>Figura 12. Cronograma del Proyecto</i>	<i>64</i>
Figura 13. Distribución Normal Costos de Mano de Obra Directa - Histórico.....	67
Figura 14. Distribución Normal Costos de Mano de Obra Directa - Proyectado..	68
Figura 15. Distribución Normal Costos Indirectos de Fabricación - Histórico.....	70
Figura 16. Distribución Normal Costos Indirectos de Fabricación - Proyectado...	71
Figura 17. Distribución Normal Costo de Conversión - Histórico.....	72
Figura 18. Distribución Normal Costo de Conversión - Proyectado	73

RESUMEN

En nuestro país se evidenció avances importantes en las exportaciones de aceite crudo de palma (ACP), alcanzando un valor de US\$ 49,400,000 en 2020. No obstante, en la industria nacional, empresas líderes como Industrias del Espino SA evidenciaron altos costos de producción de ACP debido al uso de tecnologías desfasadas en las primeras etapas del proceso generando mermas de producción superior a la relación 1.6% aceite/Racimo de Fruto Fresco procesado-RFF, que representa el estándar internacional.

La presente investigación buscó mostrar que una propuesta de adaptación tecnológica permite reducir costos de conversión en una planta de extracción de ACP. La investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, alcance descriptivo propositivo, de diseño no experimental por su temporalidad transversal. La población fueron datos mensuales de los costos de mano de obra y costos indirectos de fabricación del proceso de extracción de ACP.

Al respecto, se realizó la evaluación de las tecnologías disponibles, justificando el reemplazo del esterilizador horizontal por un esterilizador dinámico. El resultado estadístico demostró que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión unitarios en 72.5 soles/TM-ACP (37.77%). Asimismo, la estadística inferencial permitió concluir que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión.

Palabras Clave: Adaptación tecnológica, costos de conversión, aceite crudo de palma, esterilización.

ABSTRACT

In our country, significant progress was made in exports of crude palm oil (ACP), reaching a value of US\$ 49,400,000 in 2020. However, in the national industry, leading companies such as Industrial del Espino SA evidenced high production costs of ACP due to the use of outdated technologies in the early stages of the process, generating production losses greater than the 1.6% oil/Fresh Fruit Bunch ratio processed-RFF, which represents the international standard.

The present investigation sought to show that a technological adaptation proposal allows reducing conversion costs in an ACP extraction plant. The research was of the applied type with a quantitative approach, proactive descriptive scope, of a non-experimental design due to its transversal temporality. The population were monthly data of labor costs and indirect manufacturing costs of the ACP extraction process.

In this regard, the evaluation of the available technologies was carried out, justifying the replacement of the horizontal sterilizer by a dynamic sterilizer. The statistical result showed that the technological adaptation proposal allows reducing unit conversion costs by 72.5 soles/MT-ACP (37.77%). Likewise, the inferential statistics allowed us to conclude that the technological adaptation proposal allows reducing conversion costs.

Keywords: Technological adaptation, conversion costs, crude palm oil, sterilization.

I. INTRODUCCIÓN:

La palma aceitera tiene su origen en África occidental. Desde la década del sesenta ha tenido un incremento significativo en su cultivo en el hemisferio austral, teniendo como destino la fabricación de aceites. Al 2011, en regiones tropicales del mundo su cultivo alcanzaba 15 millones de hectáreas, logrando rendimientos de 50,518 millones de toneladas de aceite de crudo de palma. (Junquera, 2020)

Es preciso de indicar que, tomando como referencia el periodo del 2018 – 2019, el aceite de palma cuenta con la mayor participación del mercado de exportación mundial de aceites con el 36%, seguido de la soja con 28% y el de colza con 13%. (Sigaudó & Terre, 2018)

De acuerdo a The Observatory of Economic Complexity (2022) en 2020 el aceite crudo de palma alcanzó el ranking 256 en comercialización mundial, representando un volumen total de 10.9 miles de millones de dólares americanos, con crecimiento del 23.9% respecto al 2019. Asimismo, los principales exportadores fueron Indonesia y Malasia con 5.11 y 3.36 miles de millones de dólares respectivamente. Los otros 3 países que les siguen son Guatemala, Papua Nueva Guinea y Colombia con 410, 339 y 337 millones de dólares americanos respectivamente. Respecto a las importaciones, quien encabeza la lista como líder es la India con 4,870 millones de dólares americanos, seguido de Países Bajos con 1,360 millones de dólares americanos. Los otros 3 países que les siguen son España, Italia y Kenia con 928, 579 y 505 millones de dólares respectivamente.

De acuerdo con González-Cárdenas (2016), el aceite crudo de palma es líder global en el rubro de aceites y grasas vegetales, y ha tenido importantes avances en América Latina, convirtiéndola en un actor estratégico, aún con un 5.57% de la producción mundial.

Esto se evidencia en la investigación de Acosta Rodríguez et al. (2021), en la que señala en Guaviare – Colombia existe potencial de generación de unidades productivas de aceite crudo de palma, como alternativa de Unidades Agrícolas Familiares.

Según García Núñez et. al. (2022) las mermas de aceite incrustados en las fibras prensada representan la mayor afectación durante el procesamiento de racimo de fruto fresco (RFF) del híbrido *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG), alcanzando valores de 1,21 % aceite/RFF. Respecto a los racimos vacíos (tusas o escobajo), se halló un intervalo de pérdidas entre los valores de 0,48 a 0,60 % aceite/RFF, no obstante, no se observan grandes desemejanzas para el procesamiento de RFF híbrido OxG en particular. Respecto a los efluentes, las mayores mermas se encuentran en las plantas de beneficio (PB) que no realizaron un ajuste en la operación de la clarificación (dilución). En ese contexto, se observó mostró un incremento de las mermas totales de aceite en el proceso, alcanzando valores de hasta 2,15 % aceite/RFF respecto del valor de referencia de 1,6 % aceite/RFF para procesamiento con RFF. Del mismo modo, para dar cumplimiento a las metas resulta importante mejorar la producción tanto de RFF como de aceite de palma. En el mismo sentido, la mejora en los procesos y componentes tecnológicos que conforman el proceso de extracción del aceite mejorarán la productividad.

Es preciso indicar que como resultado de la producción de aceite de palma se generan abundantes desperdicios, no obstante, los efluentes crudos y tratados de las tienen un alto contenido de N, K, Na y Mg, que son la base para la fabricación de fertilizantes. De acuerdo con Anaya Aldana (2018), es posible fabricar compostaje, no obstante, el proceso no es rentable para fines comerciales. Cabe mencionar que las empresas aprovechan otros beneficios como la reducción de la huella ambiental, para viabilizar la producción de este compostaje.

De acuerdo a Díaz Rangel (2016), los costos unitarios de la extracción de una TM de aceite crudo de palma en una planta de beneficio en Colombia en 2014 alcanzan los ACP/US\$ 99; así mismo en la publicación de Guerrero-Sanchez et al. (2020) el costo unitario en el año 2019 en Colombia zona norte varía de US\$ 43 a 67, donde destaca que la adopción de buenas prácticas y las nuevas tecnologías disponibles han permitido una reducción considerable con respecto a la publicación del año 2014.

En Perú se evidenció un importante avance en las exportaciones de aceite crudo de palma. Asimismo, se identificó que en el año 2020 se realizaron importaciones por un valor de US\$ 2, 730,000, lo que a fin de cuenta deja un delta del valor de

comercio exterior positivo por US\$ 49, 400,000 en 2020. Para mayor detalle se puede verificar la Tabla 1 del Anexo 1. (The Observatory of Economic Complexity, 2022)

Asimismo, Alegría Sandoval y Pashanasi Pua (2019), mostró que las principales deficiencias en las compañías productoras de aceite de crudo de palma se encuentran en que no se identifican con exactitud los costos de producción en cada etapa del proceso concluyendo como costo unitario para producir una tonelada de aceite crudo de palma un valor de S/. 416 (US\$ 123), en la planta en estudio se tiene costo US\$ 55, siendo altos a comparación de nuestro referente Colombia.

Aunado a esto, Vásquez Buenaño (2020) pone en manifiesto la obligación de implementar metodologías de costeo con el fin de que la información obtenida permita a los gestores escoger las decisiones acertadas, el control continuo de costos y la oportuna identificación de anomalías.

La entidad materia de estudio es la empresa Industrias del Espino SA, constituida en 1992 en Tocache - San Martín. Está dedicada a la producción de aceite vegetal para alimentos y biodiesel a partir del aceite crudo de palma. La investigación analiza la planta de extracción de aceite crudo de palma, cuyo inicio de funcionamiento data del año 1985 (en ese entonces como parte de Palmas del Espino SA). Su capacidad operativa actual alcanza 60 TM de RFF/hora.

Es preciso indicar que se evidencian altos costos de producción de aceite crudo en hasta agosto del año 2022 con costo unitario de extracción de una TM de ACP/US\$ 55 debido a: la lejanía de las zonas de procesamiento, tecnologías desfasadas con antigüedad que bordea los 40 años usadas en las primeras etapas del proceso (recepción RFF y esterilización), generando pérdidas de ACP superior a la relación 1.6% aceite/Racimo de Fruto Fresco procesado que se tiene como estándar internacional; el promedio de pérdidas en la planta en estudio de enero a agosto 2022 es de 1.67% aceite perdido/RFF procesado, siendo el objetivo bajar del estándar internacional, así mismo el costo de conversión bajar a menos de US\$ 45 promedio año. En el presente trabajo se exploró las causas raíces de estos problemas, aplicando herramientas de calidad y buscar alternativas tecnológicas que puedan solucionar esta realidad problemática.

En ese sentido, para un mayor análisis de las causas que provocan estos altos costos de producción en la planta de extracción de aceite crudo de palma se procedió a realizar un análisis de Espina de Pescado con los trabajadores involucrados en los procesos identificándose 14 causas (Ver Figura 1 del Anexo 1).

Al respecto, a fin de determinar las causas de mayor prioridad, se realizó un análisis de correlación de las 14 identificadas en la figura 1. Al respecto, se utilizó la Matriz de Correlación como herramienta (ver Tabla 2 del Anexo 1), tomando en consideración la clasificación de las correlaciones como fuerte (5puntos), media (3 puntos), débil (1 punto) y sin relación (0 puntos).

De la Tabla 2 del Anexo 1 anterior se puso en evidencia que las causas de mayor correlación fueron: Tecnología desfasada en proceso de extracción, Mermas de aceite por encima del estándar y Procesos con mucha intervención del personal (semiautomático), la alta correlación de estos dos ítems se debe a la tecnología utilizada en la planta de extracción. De manera complementaria para determinar el valor de ponderación total se multiplicó el puntaje correlacional por un factor de frecuencia que tenían como rangos alta (5puntos), media (3 puntos) y baja (1 punto), los que fueron obtenidos a partir de una **encuesta** realizada al personal involucrado en el proceso.

Con los valores obtenidos de la Tabla 3, se procedió a elaborar un gráfico de Pareto (Ver Tabla 4 y Figura 2 del Anexo 1) que nos permite determinar las principales causas que contribuyen en los altos costos de producción en la planta de extracción de aceite crudo de palma.

Aunado a esto, se realizó la segmentación de las áreas respecto a su esquema organizacional de procedencia. Esta clasificación fue presentada en la Tabla 5 del Anexo 1, teniendo como resultado que la mayor cantidad de las causas se encuentran en el área de Producción.

En ese mismo contexto, se exploraron herramientas de la ingeniería industrial que sirvan como potenciales alternativos de solución de las causas detectadas. Para comparar las soluciones se establecieron como factores la solución al problema, el costo de aplicación, la facilidad de ejecución y el tiempo de ejecución sometiénolo a votación a especialistas involucrados. Al respecto se definió la gestión por

procesos como una potencial alternativa de solución, no obstante, la solución al problema, los costos de aplicación y el tiempo de ejecución tuvieron baja calificación. Con respecto a la implementación de metodología six sigma, la solución al problema, la facilidad de ejecución y el tiempo de ejecución fueron factores con menor valoración en el análisis. Finalmente, la herramienta de Adaptación Tecnológica fue la de mayor valoración. (Ver Tabla 6 del Anexo 1)

Finalmente, en la matriz de priorización de causas por solucionar se establece una correlación entre las causas identificadas de la problemática, las distintas áreas involucradas y las opciones de solución, en el cual se pone en evidencia que la mejor alternativa para dar solución a la problemática de los altos costos de producción en la planta de extracción de aceite crudo de palma es la aplicación de la Adaptación Tecnológica. (Ver Tabla 7 del Anexo)

De lo expuesto y conforme a lo señalado por Acuña et al. (2020) que plantea que formulación del problema en un estudio se efectúa como una interrogante, se sugiere: ¿la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín en 2022?

Al respecto los problemas específicos definidos fueron: ¿la propuesta de evaluación de tecnologías disponibles permite reducir los costos de mano de obra directa en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022? y ¿la propuesta de evaluación de tecnologías disponibles permite reducir los costos indirectos de fabricación en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022?

En ese mismo contexto, este estudio se justifica en el ámbito práctico dado que las propuestas de estrategias de solución como es el cambio de tecnología podrían contribuir a disminuir las pérdidas de aceite por debajo del promedio estándar de máximo 1.6% aceite/RFF procesado según lo evidenciado por Mosquera-Montoya et al. (2021).

Aunado a esto, tiene una justificación en la arista de la metodología pues sugiere técnicas que originan conocimiento válido y confiable (Acuña, 2020), en un contexto espacio-temporal del estudio. Es preciso indicar que en investigaciones como las

realizadas por Rizkya et al. (2020) se recomienda ampliar estudios que permitan identificar las causas raíces de mermas que devengan de la producción de aceite de palma.

Asimismo, se justifica económicamente pues espera que con los resultados alcanzados se reviertan los elevados costos de conversión de aceite crudo de palma que actualmente ascienden a US\$ 55/TM ACP, comparado al promedio de 3 (F, C y G) de las 9 plantas de la zona norte de Colombia el costo unitario de la obtención de una TM de ACP que es de US\$ 47 según Guerrero Sanchez et al. (2020), lo que representarían un ahorro anual de aproximadamente USD 130,000 al año para la empresa en estudio.

Según Hernández y Mendoza (2018), el objetivo de investigación señala a lo que se quiere llegar con la investigación, la cual tiene que expresarse claramente. Al respecto se propone como objetivo general determinar que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022. Aunado a ello, los objetivos específicos se establecen definiendo características del general, teniendo presente que la sumatoria de los objetivos específicos representan el general. Al respecto se proponen los siguientes objetivos específicos: determinar que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de mano de obra directa en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022, determinar que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos indirectos de fabricación en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022.

Por otra parte, en toda investigación cuya finalidad es determinar la relación entre las variables, es necesario formular la hipótesis de investigación. De acuerdo a Acuña et al. (2020), son suposiciones que ponen en evidencia lo estudiado. En la presente investigación se propone como hipótesis general que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022. Asimismo, se desprenden como hipótesis específicas: La propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de mano de obra directa en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022, la propuesta de adaptación

tecnológica permite reducir los costos indirectos de fabricación en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022.

II. MARCO TEÓRICO

En virtud del presente estudio se revisó el estado de la técnica tanto en lo que respecta a propuesta de adaptación tecnológica como en costos de conversión. En cuanto al primero, como resultado de la revisión al material académico se encontraron estudios que abarcan definiciones, relevancia y particularidades. En cuanto al segundo, se hallaron estudios que abarcaban las definiciones, herramientas y casuística, entre otros.

Pérez (2020) elaboró el artículo científico titulado “Fundamentos terotecnológicos para reemplazo de equipos industriales en la gestión de activos” que tuvo por objetivo mostrar un modelo para el reemplazo de equipamiento tecnológico susceptible a fallas debido a su obsolescencia. Fue una investigación cuantitativa. Como resultado de la investigación se determinó un modelo que permite determinar el periodo idóneo de sustitución de componentes y equipos en función de la inversión inicial, valor de rescate y costos de operación de los equipos, siendo que para equipos industriales periodos prolongados minimizan los costos de la inversión (mayor a 20 años). El estudio concluye con el modelo propuesto, mostrando que es apropiado para la reducción de los costos durante el ciclo de vida de los componentes y equipos. El aporte para el estudio se encuentra en el uso del modelo para validar el periodo indicado para realizar el reemplazo por una nueva tecnología para la propuesta.

Pabon et al. (2020) elaboró el artículo científico titulado “Análisis causal de reemplazo de equipos médicos radiológicos a causa de obsolescencia tecnológica” que tuvo por objetivo plantear un marco conceptual vinculado con la problemática del reemplazo por obsolescencia tecnológica. Fue una investigación del tipo estudio de caso. Al respecto, como resultado se encontró que la decisión óptima para este caso estudio es realizar el reemplazo tecnológico en el año 4, generando ahorros de hasta MXN\$ 195, 386,732 (US\$ 9'941,372.04). El estudio se concluye que el modelo desarrollado brinda una guía en la toma de decisiones, sin embargo, no constituyen el imperativo a seguir, toda vez que deben considerarse otros factores como los objetivos estratégicos, necesidades y vida útil de las tecnologías. El aporte para el estudio se encuentra en el uso del modelo para validar la nueva tecnología para la propuesta.

Guerra y Montes de Oca (2020) elaboró el estudio titulado “Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería” cuyo objetivo pretende instaurar la relación entre la productividad, el mantenimiento y la sustitución de equipamiento que se utiliza en la minería de gran escala a tajo abierto. Fue una investigación cuantitativa de estudio de caso. Al respecto, se determinó que el indicador de productividad total de los equipos de transporte, de excavación - carga y buldóceres mostraron reducciones al sexto año de operación: entre el 44% y el 51%. El estudio concluye que las causas fundamentales que influyeron en la disminución del indicador de productividad fueron las fallas en el cumplimiento de los planes de mantenimiento, la modalidad de adquisición y la decisión de sustituir oportunamente. El aporte para el estudio se encuentra en la relación de la productividad, mantenimiento y sustitución de equipos.

Pauca Mantilla (2019) elaboraron el artículo científico titulado “Selección y reemplazo de equipo de acarreo para optimizar tiempos y reducir costos operativos - Mina Parcoy Consorcio Minero Horizonte - JJD Contratistas S.A.C.”, que tuvo por objetivo determinar la productividad de los volquetes. Al respecto, se determinó que el cambio de flota de volquetes alcanzó una mayor productividad, con ahorros anuales de US\$ 3 451 082,40, asimismo, el incremento del rendimiento en un 25%. El estudio concluye que se pudieron aumentar en 3.125% las horas operativas de los volquetes. El aporte para el estudio se encuentra en la relación con el incremento de rendimiento.

Febrina et al. (2019) elaboraron el artículo científico titulado “Minimization of palm oil losses on sterilization process by optimization boiling pressure and boiling time” que tuvo por objetivo estudiar la optimización de la presión de ebullición y el tiempo de ebullición en el proceso de esterilización para la extracción de aceite de palma. Fue de tipo experimental. Como resultado del estudio se encontró que el tiempo de ebullición y la presión de ebullición fueron afectaron significativamente a la cantidad de pérdidas de aceite. El estudio concluye que las pérdidas mínimas de aceite se obtienen a una presión de 2,9 barg y un tiempo de ebullición de 85 minutos con pérdidas con valores de 1.53% (estándar max 1.60 % con respecto al RFF). El aporte para el estudio se encuentra en la definición de los parámetros de temperatura y presión para el proceso de esterilización en la extracción de aceite

crudo de palma; considerando los resultados de esta investigación el ahorro en pérdida de aceite crudo de palma de 0.7 Kg por cada tonelada de RFF procesado, promedio día proceso de RFF 1000 TM suma 700 Kg es equivalente US\$ 636, tomando como referencia el índice de precios de la plataforma index mundi sobre precios en ACP.

Respecto a la variable reducción de costos de producción, Anaya Rodríguez (2018), señala que la mejorar de la productividad con la implementación de nuevas tecnologías devenga del examen de costos, pérdida total y eficiencia, debiendo alcanzarse una viabilidad económica. Indica además la importancia del proceso de esterilización, en la medida en que supedita al fruto desprendido y establece la parte de los racimos de fruta fresca a procesar. Azis (2010) señala la importancia de proponer nuevas alternativas tecnológicas que reduzcan las mermas en hasta el 0.30%; tomando en consideración el promedio de mermas en empresas de la zona central alcanzan el 1,65%, con una nueva propuesta tecnológica en la esterilización se disminuiría a 1,35%, por la reducción de las pérdidas de aceite en fibra, raquis y efluente, con datos del autor considerando el promedio de 1000 TM de RFF día procesado se deja de perder 3000 KG de aceite de palma con un valor aproximado de US\$ 2700, de acuerdo a lo indicado en la plataforma Indexamundi sobre precios en ACP. El aporte para el estudio radica en las alternativas tecnológicas exploradas y su incidencia en la reducción de mermas durante el proceso de esterilización.

Rizkya et al. (2020) desarrolló el artículo de investigación titulado "Lean Manufacturing: Waste Analysis in Crude Palm Oil Process" que tuvo por objetivo identificar y analizar las mermas resultado del proceso de producción de aceite de palma. Fue de tipo aplicada no experimental. Como resultado de la investigación en la fábrica de aceite materia de estudio se determinó que un 47% de las actividades agregan valor al proceso, 13% son tareas que no adicionan valor y 40% de tareas necesarias que no adicionan valor. En el estudio se concluye que las mermas se encuentran en pérdidas de aceite, el transporte, inventario, movimiento y tiempos de espera. El aporte para el estudio se encuentra en el uso de la herramienta del diagrama de espina de pescado para determinar las causas raíz de las mermas de producción de aceite crudo de palma.

Braglia et al. (2019) desarrolló el artículo de investigación titulado “Energy Cost Deployment (ECD): A novel lean approach to tackling energy losses” que tuvo por objetivo proponer un método Lean denominado Energy Cost Deployment (ECD), cuyos objetivos son clasificar, analizar y eliminar las pérdidas de energía dentro de la fábrica. Como resultado de la investigación se determinó que la alta dirección asignó un presupuesto de 90,000 euros para la implementación de las acciones correctivas. En efecto se concluyó que el método ECD mejora la eficiencia energética dentro de una fábrica. El estudio aporta en la investigación en el uso de la herramienta Energy Cost Deployment.

Olórtegui Rojas (2019) elaboró la tesis “Modelo de reemplazo de equipos en minería subterránea para realizar el cambio de las máquinas perforadoras en la empresa minera santa bárbara de Trujillo S.A.C. - 2018” cuyo objetivo pretende determinar el modelo de sustitución de equipamiento en minería subterránea para realizar el reemplazo máquinas perforadoras. Fue una investigación del tipo descriptiva, de enfoque cuantitativo. Como resultados se obtuvo que el momento óptimo para la sustitución de las máquinas perforadoras RNP 250 es cuando alcanzan las 14,572 horas de trabajo, toda vez que superado este tiempo de operación se generan pérdidas económicas. El estudio concluye que las causas fundamentales que influyeron en la sustitución de equipos de perforación son: desgaste físico, averías prematuras parciales o totales, mantenimiento insuficiente, factor inercia, impuestos, inflación, y otros factores generales. El aporte para el estudio se encuentra en el modelo de reemplazo de equipos.

Peña Alva (2019) elaboró la tesis “Análisis para la selección y remplazo de volquetes de 25 m³ de capacidad para la optimización del acarreo y transporte en la operación minera - mina los Andes Peru Gold - Huamachuco” cuyo objetivo pretende disminuir los costos operacionales de carga y acarreo mediante la sustitución óptima de volquetes. Fue una investigación del tipo descriptiva, de enfoque cuantitativo. Como resultados se obtuvo que disminución del costo de mantenimiento en 4852,7 US\$/Flota y de reparaciones en 383,84 US\$/ Flota. El estudio concluye con la importancia del uso de KPI's para lograr aumentar la eficiencia y utilidad, así como monitorear los periodos de sustitución óptimos de equipos. El aporte para la investigación se encontró en la propuesta de cuadros de mando integral y KPI's que pueden ser recogidos en la propuesta de solución.

En lo que respecta a la variable propuesta adaptación tecnológica, esta se encuentra enfocada en el proceso de esterilización. En efecto, para Wetri Febrina & Aidil Abrar (2019), la esterilización es un proceso importante que consiste en desactivar la enzima lipasa, suavizar la fruta y facilitar el desprendimiento de la fruta. De este proceso depende la calidad y cantidad de aceite por extraer.

Sobre la evaluación de tecnologías vigentes y disponibles, de acuerdo a la necesidad de una organización implica la comparación de soluciones con el propósito de seleccionar aquella “más adecuada” de acuerdo con el contexto de estudio. (Moreno Calderón, 2021).

Para Díaz Rodríguez et al., (2007), la mejora tecnológica contribuiría en reforzar la competitividad de la empresa en 2 procesos principales. En primera instancia, la esterilización tradicional acelera el ablandamiento de la unión de los frutos (espiga y tusa). En segunda instancia, el desfrutado que busca el desprendimiento del fruto dentro de un tambor. En esta etapa se experimenta la mayor pérdida de aceite, toda vez que esta se impregna en las tusas, provocando mermas de un 33% respecto al total. Es preciso de indicar, que esta pérdida resulta difícil de mitigar, salvo que, se pueda controlar adecuadamente el proceso de esterilización.

A fin de establecer criterios que permitan comparar las alternativas tecnológicas factibles es posible establecer cuadros comparativos con puntuaciones. De hecho, Albornoz et al. (2019) en su investigación sugieren el uso de rangos de puntajes para ser asignados en criterios de selección, que permitan obtener puntuaciones globales y seleccionar la alternativa con mayor puntuación.

De lo anteriormente expuesto, se puede establecer que la propuesta adaptación tecnológica, en materia de extracción de aceite crudo de palma, está conformada por las siguientes dimensiones: Evaluación de tecnologías disponibles, Evaluación de implementación técnica y Materia prima y suministros.

Respecto a la dimensión Evaluación de tecnologías disponibles, Moreno Calderón (2021), señala que trata del estudio de la comparación de soluciones con el propósito de seleccionar aquella “más adecuada” de acuerdo con el contexto de estudio.

Respecto a la dimensión Evaluación de implementación técnica, Torres Soto et al. (2021), propone como estrategia para una distribución de planta los siguientes análisis: Análisis de las relaciones entre actividades, Diagrama adimensional de bloques y Desarrollo del diagrama relacional de recorridos o actividades y Desarrollo del diagrama relacional de espacios. Asimismo, Moreno Vázquez et al. (2018), define al tiempo de ciclo como el periodo de tiempo durante el cual se desarrolla un proceso. Este parámetro permite determinar el tiempo de espera asimismo se utiliza para determinar la tasa de producción.

En lo respecta a la dimensión materia prima y suministro, Penagos (2022) señala que la principal es el fruto de la palma y agua para calderas en las diferentes etapas del proceso adicionalmente. Otros suministros importantes son la electricidad.

En lo que respecta a la variable costos de conversión, Desai & Mital (2018) la definen como conjunto de erogaciones que han contribuido en la producción de un producto. Asimismo, para Datar y Rajan (2018) un costo generalmente se determina sobre la base de la cantidad monetaria que debe sacrificarse para procurar bienes o servicios. Un costo real es el costo incurrido, como se distingue de un costo presupuestado, que es un costo previsto.

Para Bhimani y otro (2019) un sistema de costeo suele contabilizar los costes en dos etapas básicas: (1) Organización y acumulación de costos por criterio de agrupación como: materiales, mano de obra, combustible y otros y (2) Asigna a los objetos de costo. De acuerdo con lo señalado por Drury (2021), los costos pueden dividirse en las siguientes dimensiones: costos de materiales directos, costos de mano de obra directo y los costos indirectos. Asimismo, Guerrero Sánchez (2020) señalan que los costos de conversión pueden dividirse en las siguientes dimensiones: Costos de mano de obra directo, Costos indirectos.

De lo anteriormente expuesto, se puede establecer que la dimensión costos de está conformada por las siguientes dimensiones: costo mano de obra y costos indirectos de fabricación.

Respecto a la dimensión de costos de mano de obra directo, Ramirez Avila (2020) nos indica que representan el esfuerzo de las personas que intervienen en la producción, teniendo como retribución un salario o remuneración.

Respecto a la dimensión de costos indirectos de fabricación Ramirez Avila (2020), la define como aquellos costos de materiales indirectos, mano de obra indirecta y otros costos indirectos de fabricación, cuya cuantificación no se la puede relacionar con alguna orden de producción. En esa línea, Guerrero Sánchez (2020) señala que los costos indirectos pueden como un porcentaje del costo variable.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

De acuerdo a Acuña (2020) la investigación fue de tipo aplicada toda vez que, sobre la base del estado del arte, se enfocó en desarrollar nuevos hallazgos con mayor grado de complejidad como metodologías, tecnologías, a fin de solucionar una necesidad específica.

Asimismo, tomando como referencia lo señalado por Hernández & Mendoza (2018) el enfoque de la investigación fue cuantitativo, toda vez que tiene como característica que busca describir, explicar y predecir eventos.

Por otro lado, señalan que en el alcance o nivel descriptivo las investigaciones buscan detallar propiedades y características importantes en los fenómenos que se analice. En efecto el alcance o nivel de la investigación fue descriptiva propositiva, porque brindará alternativas de solución a través de una propuesta de adaptación tecnológica para reducir costos en el proceso de extracción de aceite crudo de palma.

Aunado a esto, para esta investigación no se manipulará la variable independiente y sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. Al respecto tomando como referencia lo indicado por Hernández & Mendoza (2018) esta investigación correspondió a un diseño de investigación no experimental. Asimismo, de acuerdo a Acuña (2020), esta investigación se clasifica por su temporalidad en transversal, toda vez que se recopilan datos en un momento único.

3.2. Variables y operacionalización

Respecto a la Variable Propuesta de adaptación tecnológica, se definió conceptualmente, de acuerdo con la Ley del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2021), la actualización de las tecnologías a ser incorporadas en los procesos de producción y organizacionales.

Asimismo, la definición operacional de la propuesta adaptación tecnológica, en materia de extracción de aceite crudo de palma, estuvo conformada por las siguientes dimensiones:

Definición dimensión Evaluación de tecnologías disponibles: Trata del estudio de la comparación de soluciones con el propósito de seleccionar aquella “más adecuada” de acuerdo con el contexto de estudio. (Moreno Calderón, 2021).

$$\text{Máx. Calificación} = \text{Máx}_{[1-j]} \{ \sum_{i=1}^n P_i x C_i \} \quad (1)$$

Fuente: (Moreno Calderón, 2021)

Dónde:

P_i = Puntaje asignado en criterio i

C_i = Peso de criterio i

n = número de criterios

j = cantidad de alternativas disponibles

Teniendo como criterios de calificación:

Se consideró los principales factores que tienen impacto directo en el costo de conversión.

Pérdidas de aceite en etapas esterilizado y escobajo

- Criterio 1. Tiempo de ciclo de esterilización: Tiempo de ciclo de proceso de esterilización en minutos. Etapa altamente demandante de vapor y tiene efectos directos con la calidad del ACP, determinante en indicadores estratégicos como capacidad, pérdidas, tasa de extracción de aceite (TEA), recuperación de almendras.

Según Nadzim U. (2020) los tiempos de ciclos más rápidos (menos de 80 minutos) tiene baja pérdida de aceite, menor consumo de vapor y menor carga de aguas residuales refiriéndose al volumen de condensados generados. Es preciso indicar que en este proceso se alcanza hasta el 0.13% de pérdidas de ACP/RFF (revisar en Tabla 20), que representa el 7.8% del total de aceite perdido. El peso asignado a este criterio está relacionado con el porcentaje de costos por pérdidas en el ciclo de esterilización que respecto al total de costos se estima en 4.9% (Ver Anexo 2).

- Criterio 2. Pérdida de aceite en tusas (racimo vacío): Son mermas de aceite impregnado en el raquis y frutos adheridos, en tal sentido, según Azis (2010) indica, durante muchos años en la esterilización tradicional en las plantas de beneficio se ha procedido de la siguiente manera: se inyecta vapor a 35 – 45 psi en cestas de 2.5 TM de RFF por 9 unidades, en un contenedor por un tiempo de 1 a 1.5 horas, sin embargo el frutos no desprendidos del racimo

continúa siendo alto fluctuando entre 1 y 20%, si varios esterilizadores funcionan simultáneamente se afecta el mantenimiento, la intensidad y la estabilidad de la presión de vapor, por tal razón se afirma que no existen dos condiciones de esterilización idénticas.

Es preciso de indicar que en este proceso se alcanzan hasta el 0.44% de pérdidas de ACP/RFF (revisar tabla 20), que representa el 20% del total de aceite perdido. El peso asignado a este criterio está relacionado con el porcentaje de costos por pérdidas en racimo vacío que respecto al total de costos se estima en 14.3% (Ver Anexo 2).

Número de personas necesarias para operar

Criterio 3. Número de personas para operar: Personal por turno necesario para operar recepción, transporte 1, esterilización, transporte 2; la tecnología de esterilización horizontal tiene alta demanda de actividades manuales, por lo que se requiere de 6 a 10 personas por turno para operar, en comparación con las nuevas tecnologías con un máximo de 2 personas. En efecto, se estima que estos costos corresponden al 10% en la distribución de costos del proceso de extracción. (GREPALMA, 2019)

Azis (2010), señala que lo complicado del proceso con el esterilizador convencional horizontal, incluye la colocación en cajas y posterior transporte al esterilizador de los racimos de fruta fresca, el retiro de las cajas del esterilizador y la descarga de los racimos ya esterilizados en el Desfrutador, este procedimiento se considera costoso.

En efecto según datos del informe de costos de conversión para producir una TM de aceite crudo de palma en la planta en estudio (ver tabla 2), la mano de obra representa el 19.56% (Ver Anexo 2).

Costos indirectos de fabricación

- Criterio 4. Consumo de vapor: Masa de vapor necesario para esterilizar una TM de racimos de fruto fresco en Kg vapor/TM de RFF. Representa el 11.39% del costo de conversión para producir una TM de ACP, de acuerdo con los datos del informe de costos de planta de estudio en el año 2021. En efecto el peso asignado a este criterio está relacionado con el porcentaje de

costos por consumo de vapor que respecto al total de costos se estima en 5.4% (Ver Anexo 2).

- Criterio 5. Ratio de consumo de energía eléctrica para producir 1 TM de ACP: Costo en energía eléctrica para producir una TM de aceite crudo de palma. Representa el 4.34% del costo de conversión para producir una TM de ACP, de acuerdo con los datos del informe de costos de planta de estudio en el año 2021. En efecto el peso asignado a este criterio está relacionado con el porcentaje de costos por consumo de energía eléctrica que respecto al total de costos se estima en 1.5% (Ver Anexo 2).
- Criterio 6. Costo de mantenimiento y otros CIF. Representa el 64.71% del costo de conversión para producir una TM de ACP, según informe de costos de planta en estudio periodo año 2021.

Los costos indirectos de fabricación representan el 80% del costo de conversión en la planta de extracción de aceite crudo de palma. En efecto el peso asignado a este criterio está relacionado con el porcentaje de costos indirectos de fabricación que respecto al total de costos se estima en 44% (Ver Anexo 2).

Costo de inversión

- Criterio 7 Costo inversión. Costo de inversión para cambio de tecnología de recepción de racimos de fruto fresco y esterilización.

Costos de inversión según Conexión ESSAN (2016) corresponden a aquellos que se incurren en la adquisición de los activos necesarios para poner el proyecto en funcionamiento, ponerlo "en marcha" u operativo. SAPAG (1991) propone elegir alternativa que tenga el menor valor actualizado en sus costos, que una alternativa puede tener altos costos de capital y reducidos costos operativos, en circunstancias que otra tecnología tiene menores de inversiones, pero mayores costos de operación. Al respecto, la ponderación del costo de inversión de la empresa en estudio se considera un peso del 20% del total de criterios para la selección de nuevas tecnologías para reducir costos de conversión de extracción de aceite crudo de palma (Ver Anexo 2).

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los Pesos para los Criterios (C_i), los cuales permitieron ponderar los puntajes asignados, cabe mencionar que el detalle de estos se encuentra presentando en el Anexo 2 de la presente.

Tabla 1

Pesos para los Criterios

N°	Tipos de criterios	Criterios	Ponderación	Total Ponderación
1	Pérdidas de aceite en etapas esterilizado y escobajo.	Tiempo de ciclo esterilización	5%	19%
		Pérdida de aceite en escobajo (tusas).	14%	
2	Número de personas necesarias para operar.	Número de personas necesarias para operar.	10%	10%
3	Costos indirectos de fabricación	Consumo de vapor	5.4%	51%
		Consumo de energía eléctrica	1.6%	
		Costos mantenimiento y otros CIF.	44%	
4	Costo de inversión	Costo de inversión	20%	20%
TOTAL			100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2

Costos de conversión planta de extracción ACP Industrias del Espino SA año 2021

Costos de Conversión	Porcentaje (%)
Costo de mano de obra	19.56%
Costos indirectos	80.44%
Costos consumo de vapor	11.39%
Costos energía eléctrica	4.34%
Costos mantenimiento y otros CIF	64.71%
Total	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Aunado a lo anterior, se establecieron los siguientes rangos de puntajes para ser asignados a cada criterio antes definido con su respectiva justificación. Es preciso indicar, que estos rangos se definieron usando el método de ponderación lineal de Scoring, que permitió obtener una puntuación global a partir de las sumas de contribuciones obtenidas, siendo que estos dependen de la asignación de pesos a los criterios o de la escala de medida de las evaluaciones, la alternativa con mayor puntuación global será la alternativa seleccionada. (Albornoz, Berón, & Montejano, 2019)

A continuación, se presentaron las tablas resúmenes correspondientes:

Tabla 3

Rango de Puntajes Criterio Tiempo de esterilización

Valor	Descripción
50	Cuando el tiempo esterilización es >95 minutos
75	Cuando el tiempo esterilización es >80 minutos y <95 minutos.
100	Cuando el tiempo esterilización es ≤80 minutos

Fuente: Elaboración propia, adaptada de la propuesta de Albornoz et al. (2019)

Tabla 4

Rango de Puntajes Criterio Pérdida de aceite

Valor	Descripción
50	Cuando las pérdidas de aceite en tusas (escobajo) es >15% Aceite perdido/SSNA (aceite crudo de palma perdido/sólidos secos no aceitosos).
75	Pérdidas de aceite en tusas (escobajo) está entre >10% hasta <15% Aceite perdido/SSNA (aceite crudo de palma perdido/sólidos secos no aceitosos).
100	Pérdidas de aceite en tusas (escobajo) es ≤10% Aceite perdido/SSNA (aceite crudo de palma perdido/sólidos secos no aceitosos).

Fuente: Elaboración propia, adaptada de la propuesta de Albornoz et al. (2019)

Tabla 5

Rango de Puntajes Criterio Número de personas necesarias para operar

Valor	Descripción
-------	-------------

50	Personal por turno necesario para operar recepción, transporte 1, esterilización, transporte 2 >6 personas
75	Personal por turno necesario para operar recepción, transporte 1, esterilización, transporte 2 >3 hasta 5 personas
100	Personal por turno necesario para operar recepción, transporte 1, esterilización, transporte 2 ≤3 personas

Fuente: Elaboración propia, adaptada de la propuesta de Albornoz et al. (2019)

Tabla 6

Rango de Puntajes Criterio Consumo de vapor

Valor	Descripción
50	Cuando el consumo de vapor es >280 Kg/ton de RFF.
75	Cuando el consumo de vapor es >230 Kg/RFF y <280 Kg/RFF.
100	Cuando el consumo de vapor es ≤230 Kg/RFF.

Fuente: Elaboración propia, adaptada de la propuesta de Albornoz et al. (2019)

Tabla 7

Rango de Puntajes Criterio Ratio de consumo de energía eléctrica

Valor	Descripción
50	Ratio de consumo de energía para producir 1 TM de ACP >24 KWH/TM ACP.
75	Ratio de consumo de energía para producir 1 TM de ACP >22 hasta 24 KWH/TM ACP.
100	Ratio de consumo de energía para producir 1 TM de ACP ≤22 KWH/TM ACP.

Fuente: Elaboración propia, adaptada de la propuesta de Albornoz et al. (2019)

Tabla 8

Rango de Puntajes Criterio Ratio de costo de mantenimiento y otros CIF.

Valor	Descripción
50	Costos de mantenimiento y otros CIF para producir 1 TM de ACP >70 % de los CIF.
75	Costos de mantenimiento y otros CIF para producir 1 TM de ACP >60% hasta 70% de los CIF.
100	Costos de mantenimiento y otros CIF para producir 1 TM de ACP ≤60% de los CIF.

Fuente: Elaboración propia, adaptada de la propuesta de Albornoz et al. (2019)

Tabla 9

Rango de Puntajes Criterio Costo inversión

Valor	Descripción
50	>USD 7, 000,000.
75	>USD 6, 000,000 hasta USD 7, 000,000.
100	≤USD 6, 000,000.

Fuente: Elaboración propia, adaptada de la propuesta de Albornoz et al. (2019)

Definición de la dimensión Evaluación de implementación técnica: En la presente investigación la evaluación de la implementación técnica está caracterizada por la Distribución de Planta, que de acuerdo a Torres Soto et al. (2021), implica las estrategias para el análisis de las relaciones entre actividades, recorridos y distancias.

$$\text{Costo de desplazamiento} = \sum_{i=1}^n C_i \quad (2)$$

Fuente: (Torres Soto, Florez Peña, Sanchez, & Castañeda, 2020)

Dónde:

n = número de actividades de desplazamientos

C_i = Costo de desplazamientos i

Asimismo, el tiempo de ciclo, que de acuerdo a Moreno Vázquez et al. (2018), es el periodo de tiempo durante el cual se desarrolla un proceso.

$$\text{Tiempo de ciclo} = \sum_{i=1}^n \text{Tiempo estandar por actividad}_i \quad (3)$$

Fuente: (Moreno-Vasquez, Calvillo-Valdez, & Becerra-Reyes, 2018)

Donde:

i = actividad i – ésima

n = número de criterios

Cabe mencionar que la lista de actividades será detallada en la sección 3.5. Procedimiento.

Definición de la dimensión Materia prima y suministros: De acuerdo a Penagos (2022) la principal materia prima es el fruto de la palma y agua para calderas en las distintas fases del proceso de extracción de ACP. Otros suministros importantes son la electricidad. (Penagos, 2022).

$$\text{Costo por pérdida de Aceite} = \sum_i^n \%Merma_i \times RFF \times C \quad (4)$$

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

$\%Merma_i$: % de pérdida en etapa i – ésima del proceso

RFF: TM de Racimo de Fruto fresco.

C: Costo por TM

i = etapa i – ésima

n = número de etapas

Respecto a la variable costos de conversión, se tiene como definición conceptual al conjunto de erogaciones que han contribuido en la producción de un bien o servicio. (Desai & Mital, 2018)

Asimismo, la definición operacional señala que esta se divide en las siguientes dimensiones: Costos de mano de obra directo, Costos indirectos.

Definición de la dimensión costos de mano de obra directo: Es el esfuerzo de las personas que intervienen en la producción, teniendo como retribución un salario o remuneración. (Ramirez Avila, 2020)

$$\text{Costo Unitario de MOD} = \frac{\text{Costo de Mano de Obra por periodo}}{\text{Volumen de producción CPO-TM}} \quad (5)$$

Fuente: Guerrero Sánchez y otros (2020).

Donde:

Costo Unitario de MOD: Costo Unitario de Mano de Obra Directa

Costo de Mano de Obra por periodo: Costo de Mano de Obra en el periodo de evaluación

Volumen de producción CPO-TM: Volumen de Aceite Crudo de Palma Producido

Definición de la dimensión costos indirectos de fabricación: Costos de materiales indirectos, mano de obra indirecta y otros costos indirectos de fabricación, cuya cuantificación no se la puede relacionar con alguna orden de producción. (Ramirez Avila, 2020)

$$\text{CIF Unitario} = \frac{\text{Costo Indirectos de Fabricación por periodo}}{\text{Volumen de producción CPO-TM}} \quad (6)$$

Fuente: Guerrero Sánchez y otros (2020).

Donde:

CIF Unitario: Costos Indirectos de Fabricación

Costos Indirectos de Fabricación por periodo: Costos Indirectos de Fabricación en el periodo de evaluación

Volumen de producción CPO-TM: Volumen de Aceite Crudo de Palma Producido

3.3. Población, muestra y muestreo

Respecto a la definición de población de la investigación, Hernández & Mendoza (2018) la definió como un conjunto de datos que comparten características particulares. En efecto, la población son los datos mensuales de los costos de mano de obra y costos indirectos de fabricación correspondientes al proceso de extracción de aceite crudo de palma. Es preciso indicar que se cuenta con la información histórica de 20 meses (20 datos) entre el enero de 2021 y agosto de 2022. Cabe mencionar que como criterios de inclusión se estableció considerar las operaciones de 3 turnos de lunes a sábado del año 2021 y 2022. Asimismo, como criterios de exclusión, se estableció descartar los periodos del tiempo correspondientes a feriados y domingos.

En relación a la muestra de la investigación, toda vez que el tamaño de la población es pequeño, menor a 50, se tomó la decisión que la muestra estaría representada por toda la población. Esta decisión se justifica en lo señalado por Mucha et al. (2021) para el muestreo no probabilístico, que consiste en seleccionar la muestra de acuerdo a la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador.

La unidad de análisis, en la investigación, fue el registro mensual de los costos de operación mensuales del proceso de extracción de aceite crudo de palma.

3.4. Técnicas de recojo de datos y los instrumentos

La medición es proceso que relaciona los conceptos abstractos (variables de investigación) con índices pragmáticos (indicadores). En efecto, Acuña (2020), señalan al análisis documental como el proceso de identificación de ideas destacadas de un conjunto de información existente a fin de construir contenido relevante. Esto puede realizarse a través de una ficha de captura de datos, sobre la base de lo que se busca recuperar.

Tabla 10

Técnicas e Instrumentos

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnica de recojo de datos	Instrumento de recojo de datos	Fuente de Verificación
Propuesta de adaptación tecnológica	Evaluación de tecnologías disponibles	Calificación de tecnología	Análisis documental	Registro (formato)	Documentos sobre: <ul style="list-style-type: none"> Las alternativas tecnológicas disponibles (Reportes Grupo palmas, cotizaciones de proveedores).
	Evaluación de implementación técnica	Distribución de Planta	Análisis documental	Registro (formato)	Documentos sobre: <ul style="list-style-type: none"> Distribución de planta
		Tiempo de ciclo	Análisis documental	Registro (formato)	Documentos sobre: <ul style="list-style-type: none"> Tiempo de ciclo de proceso (registro de datos tomados por el operador)
	Materia prima y suministros	Costo por pérdida de aceite	Análisis documental	Registro (formato)	Documentos sobre: <ul style="list-style-type: none"> Informes de pérdidas en planta de extracción de ACP.
Costos de conversión	Costos de mano de obra directo	Costo Mano de Obra Directa Unitario	Análisis documental	Registro mensual	Registro mensual de los datos de: <ul style="list-style-type: none"> Costo de Mano de Obra

	Costos indirectos de fabricación	Costo Indirectos de Fabricación Unitario	Análisis documental	Registro mensual	Registro mensual de los datos de: <ul style="list-style-type: none"> • Costos Indirectos de fabricación
--	----------------------------------	--	---------------------	------------------	--

Fuente: Elaboración propia

Es preciso de indicar que la validez de contenido que incluye los instrumentos fue sustentada a través de Juicio de expertos de tres ingenieros investigadores de la UCV:

Tabla 11

Juicio de Expertos

N°	Nombre	DNI	Especialidad
1	Mg. Molina Vilchez, Jaime Enrique	06019540	Ingeniero Industrial Magister en Administración Estratégica de Empresas
2	Mg. Bazán Robles, Romel Darío	41091024	Ingeniero Industrial Maestro Productividad y relaciones industriales.
3	Mg. Rodríguez Alegre, Lino Rolando	06535058	Ingeniero Pesquero Tecnólogo Magister en Administración

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la confiabilidad de los datos está sustentada toda vez que los datos son obtenidos de un sistema de información validado por la empresa.

3.5. Procedimiento

Reseña histórica de la empresa

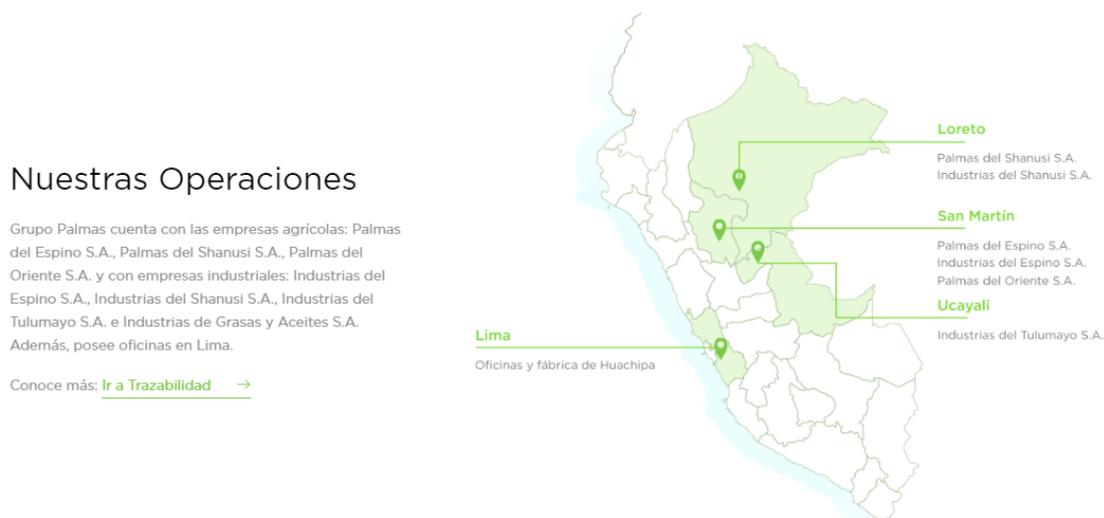
Industrias del Espino SA, fundada en noviembre de 1992, RUC 20163901197 y CIU 1040, forma parte del grupo palmas con empresa matriz a Palmas del Espino S.A. A la fecha opera en el distrito de Santa Lucía, provincia de Tocache, región San Martín. El Grupo Palmas, considerados de lo más sólidos del Perú, está conformado por empresas de la cadena de valor de la Palma aceitera: cultivo, transformación (extracción de ACP y palmiste, refinación, fraccionado y envasado) y comercialización. El grupo palmas en la actualidad cuenta con 26,000 hectáreas

de plantación de palma aceitera, genera 6,000 puestos de trabajo directos, procesa al año 340,000 TM de RFF. (Grupo Palmas, 2022).

Asimismo, cuentan con cuatro plantas, localizadas en Tocache (San Martín), Pucallpa (Ucayali), Huachipa (Lima) y Yurimaguas (Loreto). Asimismo, cuenta con una operación integrada verticalmente: agrícola e industria. (Grupo Palmas, 2022).

Figura 1.

Distribución Geográfica de las Operaciones del Grupo Palmas



Nota. En la figura se representa la distribución geográfica de las operaciones del Grupo Palmas, las cuales abarcan las regiones de Loreto, San Martín, Ucayali y Lima (Oficinas y fábrica en Huachipa). Fuente: Grupo Palmas.

El complejo industrial de Industrias del Espino SA, cuenta con la planta de extracción de aceite crudo de palma donde se realiza la presente investigación, planta de refinación física de aceite crudo de palma y aceite crudo de palmiste, fraccionado de aceite refinado de palma y palmiste, producción de grasas especiales, envasado de torta de palmiste, envasado de aceites, mantecas y jabones; productos para clientes industriales. En el Anexo 3 puede observar la Figura 1, que representa una gráfica resumen de las Etapas y productos en la cadena productiva de palma aceitera. Por otro lado, es importante de destacar que Industrias del Espino SA cuenta con las certificaciones internacionales ISO 9001, ISO 14001, FSSC 22000 y Kosher. (Grupo Palmas, 2022)

Misión: “Cultivamos Palma y Cacao con sostenibilidad, ofreciendo productos que satisfagan a nuestros clientes y beneficien al país”.

Visión: “Al 2030 ser líderes reconocidos por nuestra gestión agroindustrial sostenible impulsándolos como fuente de alimentación y desarrollo para el Perú”.

Valores: A continuación se presenta un cuadro resumen de los valores que practican en Industrias del Espino SA.

Tabla 12

Valores de la empresa

<p>Somos un equipo unido:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apuntamos a un mismo objetivo. - Compartimos éxitos y dificultades. 	<p>Trabajamos con esfuerzo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asumimos desafíos. - Superamos obstáculos.
<p>Actuamos con el ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trabajamos con respeto y transparencia, de acuerdo a la ley. - Cumplimos nuestros compromisos. 	<p>Mejoramos continuamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buscamos la excelencia. - Proponemos ideas innovadoras. - Somos abiertos al cambio.

Fuente: Elaboración propia

Organigrama industrial de la empresa Industrias del Espino SA

En la figura 2 que se encuentra en el Anexo 3 de la presente se muestra el Organigrama de Industria Palma del Espino SA, detallando en particular la Gerencia Central de Operaciones, Gerencia Industrial. Esta se subdivide en 4 jefaturas: Jefatura de Materias primas, Jefatura de refinados, Jefatura de mantenimiento y Jefatura de calidad. Es preciso de indicar que durante las operaciones se cuenta con la participación de 470 operarios.

Reseña área de extracción de aceite crudo de palma

En Industrias del Espino SA, se realiza la operación de extracción de aceite crudo de palma, a través de operaciones mecánicas y térmicas. En esta sección se describen y muestran las principales etapas en esta operación, así como el diagrama de flujo de proceso.

- 1) Recepción de la materia prima: Los racimos de fruta fresca (en adelante RFF) llegan a las instalaciones de la planta y se realizan 4 sub-operaciones: Pesado, control de calidad, llenado de cestas con RFF, traslado de cestas. (Contreras Lozano, 2018)

Figura 2.

Recepción de racimos de fruto fresco (RFF)



Nota. Proceso de Recepción de racimos de Fruto Fresco. Fuente: Planta Industrias del Espino SA.

2) Esterilización: Los RFF son procesados en autoclaves a presiones de vapor bajo diferentes escalas por 90 minutos, en el objetivo de lograr el desprendimiento de los frutos y la inactivación de la enzima lipasa para el control de los ácidos grasos, lográndose la extracción del aceite y desprendimiento de la almendra. (Contreras Lozano, 2018)

Figura 3.

Esterilizador horizontal



Nota. Ingreso al esterilizador horizontal. Fuente: Planta Industrias del Espino SA.

3) Desfrutado: La fruta es trasladada con montacargas en las cestas hacia la zona de elevación con grúas que alimentan a los desfrutadores. El tambor desfrutador, a través de acción mecánica logra el desprendimiento del fruto, y lo separa el raquis (tusa), que pasa a ser un subproducto. (Contreras Lozano, 2018)

Figura 4.

Grúas de elevación de cestas con RFE a desfrutador



Nota. Grúas de elevación de cestas usadas en el proceso de desfrutado. Fuente: Planta Industrias del Espino SA.

4) Digestión: Se procede a macerar el fruto en un cilindro vertical, el cual, por acción mecánica de unas aspas incorporadas en su interior, forma una masa homogénea y blanda que posteriormente pasará a la extracción del aceite. (Contreras Lozano, 2018)

5) Prensado: La fruta digestada es sometida a presión por un sistema mecánico, producto del cual se obtiene el licor que contiene aceite, agua, lodos. Asimismo, resulta la torta de prensa que está conformada por fibra y nueces (almendra y la cascarilla). (Contreras Lozano, 2018)

Figura 5.

Prensas continuas de doble tornillo



Nota. Prensas continuas que forman parte del proceso de prensado. Fuente: Planta Industrias del Espino SA.

vi) Clarificado: El licor de prensa, es sometido a una separación por diferencia de densidades. Esta técnica puede ser estática o dinámica. (Contreras Lozano, 2018)

Figura 6.

Clarificación dinámica



Nota. Equipamiento del proceso de Clarificación. Fuente: Planta Industrias del Espino SA.

vii) Almacenamiento: El aceite crudo de palma se almacena en tanques de stocks de 1300 m³ donde se controla homogenización y temperatura, para luego pasar a planta de refinación o despacho en camiones cisterna para venta.

Figura 7.

Tanques de almacenamiento



Nota. Tanques de almacenamiento utilizados para el stock de aceite crudo de palma. Fuente: Planta Industrias del Espino SA.

Figura 8.

Racimos, Fruto y Aceite crudo de palma



Nota. Se muestra una imagen referencial de los racimos de fruto fresco, los frutos y el aceite crudo de palma extraído. Fuente: Grupo Palmas.

Descripción del diagrama de flujo de procesamiento de RFF para la obtención de aceite crudo de palma:

En la figura 3 del Anexo 3, muestra el diagrama de flujo de proceso de extracción de aceite crudo de palma en el complejo industrial de Industrias del Espino SA. A continuación, se realiza una descripción de cada etapa:

- 1) Pesado: Para el pesado, los racimos de fruto fresco (RFF) son transportados por los proveedores hacia fábrica, las unidades cargadas de RFF ingresan y son pesados en la balanza de plataforma.
- 2) Almacenamiento 1: Luego el RFF es volcado de las unidades en la rampa de recepción, finalmente las unidades se vuelven a pesar vacíos para determinar peso neto de RFF por diferencia. El área de control de calidad evalúa la calidad de los racimos
- 3) Almacenamiento 2: Los RFF son descargados y almacenados en cestas de esterilización de 2.4 TM aproximadamente de capacidad a través de unas compuertas que se manejan mediante un sistema hidráulico.
- 4) Transporte 1: Las cestas con RFF son transportados por montacargas hacia los rieles (capacidad 9 cestas por cada carga) para luego ser ingresados a los esterilizadores.
- 5) Esterilizado: Los RFF son esterilizados con vapor saturado directo considerando los parámetros de Presión de vapor (2.5 a 3.5 bar) y un tiempo total de ciclo de 95 minutos aproximadamente. Temperatura de 120 °C min a 142° máx. El condensado proveniente de esta etapa son enviados a las torres de enfriamiento y almacenado en poza de efluentes para ser trasladados a la planta de biogás (PTAR).
- 6) Transporte 2: Las cestas con racimos de frutos esterilizados (RFE) son transportadas con montacargas hacia la zona de levantamiento de la cesta denominada “cabrestrante”. Las cestas con racimo de fruto fresco esterilizado (RFE) son elevadas mediante dos grúas monorriel y descargados en la tolva de alimentación a los desfrutadores.

7) Desfrutado: Los racimos de fruto esterilizados son desfrutados, es decir el fruto es separado del racimo mediante un desfrutador (tambor rotatorio 21 rpm con aberturas en la sección transversal que permite el paso el fruto esterilizado).

8) Picado, Prensado, Tamizado: Los racimos vacíos (residuo escobajo) son transportados hacia la planta de escobajo, cierta cantidad son transportados por camiones hacia la plantación (se utilizan como abono) y la otra parte son picados, luego prensados. La fibra de escobajo obtenida se utiliza como combustible para el caldero IV. En la etapa de prensado se agrega agua caliente como medio hidráulico de transporte del aceite recuperado el cual es enviado al tamizado.

9) Transporte 3: El fruto esterilizado es transportado hacia los digestores sucesivamente a través de tres transportadores helicoidales y de cangilones.

10) Malaxado: Se lleva a cabo en los digestores para facilitar la extracción del aceite.

11) Prensado: El aceite del fruto se extrae por acción de prensas hidráulicas; asimismo, se agrega agua de dilución (84 a 96°C) para una extracción líquido sólido además alcanzar una dilución adecuada. La torta (fibra + nuez) es trasladada hacia al área de recuperación de almendra.

12) Tamizado: El licor de prensas diluido es tamizado empleando una zaranda vibratoria con la finalidad de no dejar pasar restos de fibra, los restos de fibra retenidos son retornados ha malaxado.

13) Clarificación Dinámica:

i) Almacenamiento 3 LPD: El licor de prensa de la línea 1 y 2 una vez tamizado cae por gravedad al tanque licor de prensa diluido (almacenamiento 3 LPD)

ii) Desarenado 1 y 2: luego el licor pasa por los desarenadores para separar las arenas que es un material altamente abrasivo y genera desgaste en tridecanter.

- iii) Homogenizado: El licor desarenado es almacenado en el tanque homogeneizador donde mediante agitación y calentamiento (93-98°C) es acondicionado.
- iv) Centrifugado 1 y 2: luego el licor homogenizado pasa a centrifugación (centrifugado 2) en dos tridecanters a una velocidad máxima de 2450RPM.
- v) Almacenamiento 4: El aceite separado después de la centrifugación 1 y 2 cae por gravedad al tanque de almacenamiento 4 de aceite final que luego es bombeado a los tanques stocks.
- vi) Almacenamiento 5: El agua separada después del centrifugado 2 cae por gravedad al tanque de almacenamiento 5 que luego es bombeado a las torres de enfriamiento y almacenados en la poza de efluentes donde se une con el condensado proveniente de la etapa de esterilizado para ser tratados en la planta de biogás, Los sólidos (torta) separados son almacenados en cestas, luego pesados y transportados para disposición de residuos sólidos.
- vii) Almacenamiento 6: Aquí se recibe todas las aguas lodosas de recuperación y son bombeados a la etapa de tamizado. Del escobajo se obtiene el licor (parte líquida) que se recupera en la etapa de homogenizado.

Las etapas de proceso objeto del estudio que se quiere mejorar son almacenamiento 2, transporte 1, esterilizado y transporte 2, que cuenta con la mayor parte de operaciones manuales por ser semiautomático.

Datos Históricos

Variable: Propuesta de adaptación tecnológica

Dimensión: Evaluación de tecnologías disponibles

La planta industrial de extracción de aceite crudo de palma utiliza la tecnología de esterilización horizontal (Ver Figura 3. Esterilizador horizontal) desde su inicio de operaciones el año 1985, consta de tolva de recepción de RFF de 120 TM en total con 10 compuertas accionadas con sistema hidráulico para llenar en cestas de

aproximadamente 2.4 TM de racimos de fruto fresco, estas son transportadas con montacargas hasta el patio donde son almacenadas, luego se colocan vagonetas que son conducidas por rieles hasta el interior del esterilizador, luego del tiempo de esterilización el montacargas jala la carga (9 cestas), retiras las cestas con fruto esterilizado trasladando hasta la zona de cabrestante donde cuenta con dos líneas de 30 TM de RFF/hora cada una y la elevación se realiza con sus respectivas grúas a las tolvas de alimentación a los desfrutadores, posterior digestado, prensado y clarificado dinámico para así obtener el aceite crudo de palma como producto final.

Tabla 13

Esterilización Horizontal

Esterilización Horizontal			
Descripción	Equipos requeridos	Logros	Desafíos
Recepción del RFF de las tolvas en cestas, se traslada con montacargas, se esteriliza por bath de 9 cestas, luego se traslada con montacargas a la zona de grúas para la alimentación a desfrutado.	Cestas Montacargas Vagonetas Rieles Esterilizadores Grúas	Baja pérdida en tusas.	Alto costo de mantenimiento. Alto costo de conversión. Alto costo de mano de obra. Alto número de operaciones manuales.

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto, tomando en consideración los criterios de calificación planteados para la Dimensión Evaluación de tecnologías disponibles en la sección 3.2. Variables y operacionalización, se recopiló información sobre el proceso esterilización horizontal obteniendo el siguiente cuadro resumen diagnóstico:

Tabla 14

Diagnóstico Tecnología de Esterilización Horizontal

Ítem	HORIZONTAL
Tiempo de esterilización	>100 min
Número de picos	3
Consumo de vapor	250 - 300 Kg vap/TM de RFF

Pérdida de aceite en tusas	8 - 10 % Ac/SSNA
Pérdidas en fruto adherido	Altas
Perdidas en fruto suelto	Altas
Personal necesario recepción - esterilización.	6 a 10
Efecto sobre el aceite	<ul style="list-style-type: none"> • Impacta DOBI. • Impacta vitaminas. • Descomposición de algunos compuestos
Requerimiento de mantenimiento	Alto
Peligros de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos en puertas, cabrestantes. • Vagones, pisos resbalosos. • Golpes por manipuleo de fruta.
Aprovechamiento de capacidad	Deficiente

Fuente: GREPALMA – GATEMALA, III congreso palmero 2019.

En la misma línea, haciendo uso del diagnóstico anterior se procede a aplicar la Ecuación 1, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir la dimensión Evaluación de tecnologías disponibles:

Tabla 15

Calificación Tecnología de Esterilización Horizontal

FACTOR	UNIDAD	ESTERILIZACIÓN HORIZONTAL (Pi)	PUNTAJE (PixCI)	
Pérdidas de aceite en etapas esterilizado y escobajo.	Tiempo de esterilización de RFF	Minutos	50	2.5
	Pérdida de aceite en escobajo	Ac/SSNA	100	14
Número de personas necesarias para operar.	Personal necesario.	Número	50	5
	Consumo de vapor	Kg/TM de RFF	50	2.7
	Ratio de consumo de energía eléctrica		100	1.6
Costos indirectos de fabricación	recepción, esterilización, transporte y prensado.	KwH/T M ACP		
	Costos mantenimiento y otros CIF	% de CIF	75	33
Costo de inversión	Costo de inversión.	USD	100	20
				78.8

Fuente: Elaboración Propia

Dimensión: Evaluación de implementación técnica

Distribución de planta

A fin de caracterizar el proceso de extracción de aceite crudo de palma que actualmente se utiliza en la planta se elaboró un Diagrama de Análisis de Proceso – DAP y un plano de la Distribución de Planta, los cuales se encuentran en la Figura 4 y Figura 5 del Anexo 3 respectivamente. En el diagrama se identificó las distancias, tiempos y costos asociados a los desplazamientos de los racimos de fruto fresco en las etapas de almacenamiento 2, transporte 1, esterilizado, transporte 2 y desfrutado. Las mediciones del DAP se realizaron de un lote de 90 TM de racimos de fruto fresco en las secciones recepción, traslados, esterilizado hasta la entrega a sección de prensado. A continuación, se elaboró una tabla resumen de la descripción del proceso.

Tabla 16 *Descripción del Proceso*

Símbolo	Descripción del Proceso
○	Operación: Incluye esterilizado dos operadores por turno y desfrutado de RFE, se obtiene un valor total de 984.53 soles, lo más resaltante son el costo de vapor y costos indirectos de fabricación y MO.
⇒	Transporte: Incluye los traslados con tres montacargas por turno con sus respectivos operadores, elevación de las cestas con dos grúas con tres operadores por turno, se obtiene un valor total de 429.45 soles con 239.7 metros de traslados del fruto de palma aceitera (ver figuras 10 y 11).
□	Inspección: No se ha registrado inspecciones en las etapas en estudio.
D	Espera: Las cestas con racimos de fruto esterilizado (RFE) esperan ser elevadas por las grúas.
▽	Almacenamiento: Llenado de cestas de RFF con dos operadores mediante un sistema hidráulico, se obtiene un valor 204.85 soles.

Fuente: Elaboración Propia

Al respecto, se procede a aplicar la Ecuación 2, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir el indicador distribución de planta de la dimensión Evaluación de tecnologías disponibles:

Tabla 17

Costos de Desplazamiento

Actividades	Distancias (m)	Costo (S/.)
Transporte 1	129.4	178.08
Transporte 2	44.3	82.88
Elevación de Cestas	12	147.55
Transporte 3	54	20.93
Subtotales	239.7	429.44

Tiempo de Ciclo de proceso de esterilización

El propósito del proceso de esterilización es desactivar la enzima lipasa que inhibe la formación de ácidos grasos libres y facilitar la hidrólisis de carbohidratos para separar los frutos de los racimos. Esta es la etapa crucial que determina la máxima recuperación de aceite crudo de palma en las etapas posteriores del proceso.

La operación de esterilización se lleva a cabo sometiendo los racimos de fruto fresco de palma a la acción de vapor de agua en recipientes cilíndricos horizontales (autoclaves), en donde los factores principales son el tiempo de cocción y la temperatura, dependiendo del grado de madurez de los racimos, se realiza en tres picos para asegurar la eliminación de aire para una cocción efectiva, el tiempo promedio por lote de 9 cestas de 2.4 TM cada una es de 96 minutos (ver tabla 23), con este tiempo de ciclo se procesa aproximadamente 1323 TM, es posible realizar optimización de tiempos, considerando que la planta tiene una capacidad de 60 TM de RFF/hora y 1440 TM RFF/día.

Tabla 18

Parámetros del Ciclo de Esterilización Horizontal - Actual

Parámetro	Unidades	Valores
Tiempo Total promedio	Minutos	96
Capacidad de un Esterilizador	TM	22.05
Ciclo por día (tres turnos)	Nº de Bach	15
RFF por día por Esterilizador	TM	330.75
RFF por día cuatro Esterilizadores	TM	1323.00

Fuente: Elaboración Propia.

Al respecto, se procede a aplicar la Ecuación 3, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir el indicador tiempo de ciclo de la dimensión Evaluación de tecnologías disponibles:

Tabla 19

Ciclo de Esterilización Horizontal - Actual

Paso	Descripción	Tiempo (min)
1	Ingreso de vapor por 17 min	17
2	Purgar condensados y desairado por 2 min	2
3	Ingreso de vapor de 8 - 9 min	9
4	Purgar condensados de 5-7 min	7
5	Ingreso de vapor de 29-38 min.	38
6	Purgar condensados por 5 min.	5
7	Purgar todos los gases por 3 min hasta que la presión baje a cero barg.	3
8	Salida e ingreso de carga de 9 cestas.	15
Tiempo Total		96

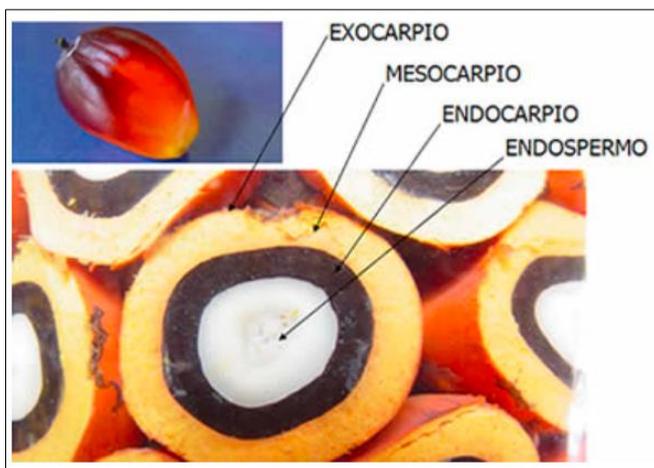
Fuente: Datos promedio de registros de operación.

Dimensión: Materia prima y suministros en proceso Actual.

La materia prima (Input) utilizada es el racimo de fruto fresco (RFF) *Elaeis guineensis*. Como Output se obtiene el aceite crudo de palma extraído del mesocarpio y la almendra de palma llamada también palmiste.

Figura 9.

Detalle del fruto de palma aceitera *Elaeis guineensis*

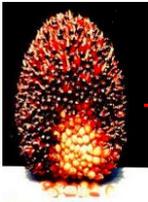


Nota. Los frutos tienen forma de ovoide, con longitudes de 3 a 6 cm, con peso que varía de 5 a 12 g. Están conformados por la parte externa denominado exocarpio, la pulpa denominado mesocarpio, una nuez (endocarpio) y una almendra (endospermo). Los racimos varían en su peso de 5 a 40 Kg. Fuente: (INFOAGRO, 2022)

En la Figura 10 se muestra los promedios del balance masa a partir un batch de 90 TM de RFF.

Figura 10.

Balance de Masa Batch de RFF



HORAS PROCESADAS	1.5	MASA EN BASE HÚMEDA	
COMPUESTO	PORCENTAJE	TM RFF/ HORA	TM TOTAL
RFF Procesado	100%	60	90
Aceite crudo de palma (23%-25.5%)	25%	15.00	22.5
Esterilizado evaporación (10% a 13%)	10%	6.00	9
Escobajo (17%-25%)	17%	10.20	15.3
Efluentes de Tridecanter (20%-25%)	22.00%	13.20	19.8
Fibra (14%-18%)	17%	10.20	15.3
Càscara (5%-7%)	5.00%	3.00	4.5
Almendra (3.5%-4.5%)	4%	2.40	3.6

Nota. En la figura se describe la caracterización de un balance de masa a partir de 90 TM de RFF.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, sobre la Tasa de extracción de aceite (TEA), Uribe M. (1999) lo define como la relación entre el peso de aceite obtenido de un peso dado de racimos de fruta fresca (RFF), cálculo.

$$TEA [\%] = \frac{\text{Ton de aceite producido}}{\text{Ton de racimos de fruta fresca procesadas}} \times 100 \quad (7)$$

Asimismo, según Uribe (1999) señala que durante el proceso de extracción del aceite ocurren pérdidas inherentes al mismo que son imposibles de anular, pero que se deben reducir para obtener los máximos rendimientos de aceite. Al respecto, señala los siguientes rangos de pérdidas en cada etapa del proceso:

Pérdidas en esterilizado – condensados: el %aceite en condensados/RFF, se encuentra en el rango de 0.15% a 0.18%. Cabe mencionar que en el Grupo Palmas se considera máximo de pérdidas de 0.13%.

Pérdidas en desfrutado - racimos vacío (raquis): el %aceite en raquis/RFF, se encuentra en el rango 0.4% a 0.6%. Cabe mencionar que en el Grupo Palmas se considera máximo 0.37%.

Pérdidas en prensado - fibra: el %aceite en fibra/RFF se encuentra en el rango 0.5% a 0.6%. Cabe mencionar que en el Grupo Palmas se considera un máximo de 0.56%.

Pérdidas en prensado – cáscara (nuez): el %aceite en nuez/RFF se encuentra en un rango 0.05% a 0.06%. Cabe mencionar que en el Grupo Palmas se considera un máximo de 0.06%.

Pérdidas en clarificado - agua + torta: el %aceite en agua/RFF, rango 0.4% a 0.5%. Cabe mencionar que en el Grupo Palmas se considera un máximo de 0.48%.

Al respecto, en los siguientes cuadros se muestran los resultados de las pérdidas de aceite crudo de palma/racimo de fruto fresco.

Tabla 20

Determinación de pérdidas de aceite 2021

Pérdidas de aceite crudo de palma	Parámetro (Máximo)	Enero - diciembre 2021			
		Pérdida real	Diagnóstico	RFF procesado	TM aceite perdido
Esterilizado - condensados.	0.13%	0.13%	Cumple	299,440	386.78
Racimos Vacíos - raquis.	0.37%	0.34%	Cumple	299,440	1007.37
Fibra - salida de prensado	0.56%	0.59%	No cumple	299,440	1778.36
Nuez - salida de prensado	0.06%	0.07%	No cumple	299,440	200.18
Agua - salida de tridencanther	0.24%	0.25%	No cumple	299,440	741.13
Torta - salida de tridencanther	0.24%	0.26%	No cumple	299,440	790.48
PÉRDIDAS TOTAL DE ACEITE, %Aceite / TM RFF	1.60%	1.64%	No cumple	299,440	4904.31

Fuente: Estándares internos y reporte de producción Grupo Palmas.

Tabla 21

Determinación de pérdidas de aceite 2022

Pérdidas de aceite crudo de palma	Parámetro (Máximo)	Enero - agosto 2022			
		Pérdida real	Diagnóstico	RFF procesado	TM aceite perdido
Esterilizado - condensados.	0.13%	0.13%	Cumple	170,151	216.01
Racimos Vacíos - raquis.	0.37%	0.44%	No cumple	170,151	756.04
Fibra - salida de prensado	0.56%	0.55%	Cumple	170,151	928.96
Nuez - salida de prensado	0.06%	0.07%	No cumple	170,151	126.81
Agua - salida de tridencanther	0.24%	0.23%	Cumple	170,151	394.87
Torta - salida de tridencanther	0.24%	0.26%	No cumple	170,151	440.61
PÉRDIDAS TOTAL DE ACEITE, %Aceite/TM RFF	1.60%	1.68%	No cumple	170,151	2863.31

Fuente: Estándares internos y reporte de producción Grupo Palmas.

En la misma línea, haciendo uso del diagnóstico anterior se procede a aplicar la Ecuación 4, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir la dimensión Materia prima y suministros en proceso Actual:

Tabla 22

Costos por Pérdidas de Aceite 2021 - 2022

Periodo	Pérdida real	RFF procesado	Costo TM RFF (USD)	Costo de pérdidas (USD)
Enero - diciembre 2021	1.64%	299,440	1000	4,904,305.62
Enero - agosto 2022	1.68%	170,151	900	2,576,977.40
Costo Total de Pérdidas 2021 – 2022 (USD)				7,481,283.02

Fuente: Estándares internos y reporte de producción Grupo Palmas.

En relación al resultado, se puede evidenciar que los costos por pérdidas se encuentran en función de variables como el % de pérdida real, la Cantidad de RFF reprocesado y el costo de mercado de la Tonelada Métrica de RFF. Asimismo, se puede efectuar determinar qué % pérdida promedio durante los 20 meses de evaluación alcanza en promedio 1.65%, el cual representaría un mejor indicador de comparación:

$$\% \text{ pérdida} = \frac{1.64\% \times 299,440 + 1.68\% \times 170,151}{299,440 + 170,151} = 1,65\%$$

Variable: Costos de conversión

Dimensión: Costos de mano de obra directo

A continuación, se presenta un registro histórico del centro de costos de los costos de mano de obra directa correspondiente al proceso de esterilización del Aceite Crudo de Palma para el periodo Enero – diciembre 2021 y para el periodo Enero – agosto 2022, respectivamente.

Tabla 23

Registro de Costos de Mano de Obra Directa Enero – diciembre 2021

Año 2021	Volumen de producción TM ACP	Costo total en MO Directa (soles)	Costo de MO Directa (soles/TM ACP)
Enero	6,817.99	190,276.98	27.91
Febrero	5,495.87	171,279.57	31.17
Marzo	5,745.54	170,230.75	29.63
Abril	5,023.38	182,057.19	36.24
Mayo	5,318.89	161,413.37	30.35
Junio	5,360.04	151,560.30	28.28
Julio	5,432.88	205,128.66	37.76
Agosto	4,975.91	180,109.61	36.20
Setiembre	6,600.42	273,985.83	41.51
Octubre	7,919.59	245,050.50	30.94
Noviembre	8,273.93	264,899.08	32.02
Diciembre	7,566.27	281,789.62	37.24
Acumulado 2021	74,530.71	2,477,781.46	33.25

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24

Registro de Costos de Mano de Obra Directa Enero – agosto 2022

Año 2022	Volumen de producción TM ACP	Costo total en MO Directa en soles	Costo de MO Directa (soles/TM ACP obtenido)
Enero	7,451	233338.2	31.32
Febrero	5,842	197048.6	33.73
Marzo	4,900	184443.7	37.64
Abril	3,857	202459.3	52.50
Mayo	4,467	186970.8	41.86
Junio	4,450	159701.4	35.88
Julio	4,830	214697.1	44.45
Agosto	6,393	177353.5	27.74
Acumulado 20212	42,190.63	1,556,012.72	36.88

Fuente: Elaboración Propia

En la misma línea, a partir del registro histórico anterior se procede a aplicar la Ecuación 5, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir la dimensión Costos de mano de obra directo en proceso Actual:

Tabla 25

Costo Unitario de Mano de Obra Directa 2021 - 2022

Periodo	Volumen de producción TM ACP	Costo total en MO Directa en soles	Costo de MO Directa (soles/TM ACP obtenido)
Enero - diciembre 2021	74,530.71	2,477,781.46	33.25
Enero - agosto 2022	42,190.63	1,556,012.72	36.88
Costo MOD Unitario 2021 – 2022 (soles)	116,721.34	4,033,794.18	34.56

Fuente: Elaboración Propia

Dimensión: Costos indirectos de fabricación

A continuación, se presenta un registro histórico del centro de costos de los costos indirectos de fabricación correspondiente al proceso de esterilización del Aceite Crudo de Palma para el periodo enero – diciembre 2021 y para el periodo enero – agosto 2022, respectivamente.

Tabla 26

Registro de Costos Indirectos de Fabricación Enero – diciembre 2021

Año 2021	Energía Eléctrica	Costos Indirectos	Vapor	CIF (Soles / TM ACP Obtenido)
Enero	3.07	105.21	19.79	128.07
Febrero	2.72	137.76	13.46	153.93
Marzo	2.79	112.89	13.15	128.83
Abril	3.80	122.95	16.43	143.17
Mayo	3.88	125.75	13.98	143.61
Junio	9.33	113.19	18.60	141.11
Julio	3.67	132.16	16.16	151.99
Agosto	3.32	128.94	16.84	149.10
Setiembre	20.60	123.43	29.84	173.87
Octubre	4.93	102.70	9.51	117.15
Noviembre	4.22	104.46	11.63	120.31
Diciembre	8.26	116.61	13.47	138.34
Acumulado 2021	6.04	117.41	15.87	139.33

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27

Registro de Costos Indirectos de Fabricación Enero – diciembre 2021

Año 2021	Energía Eléctrica	Costos Indirectos	Vapor	CIF (Soles / TM ACP Obtenido)
Enero	4.14	103.53	23.60	131.27

Febrero	3.83	157.07	15.23	176.13
Marzo	5.67	128.30	17.94	151.91
Abril	4.41	187.84	22.30	214.55
Mayo	6.90	167.06	18.30	192.27
Junio	6.19	181.15	19.83	207.18
Julio	5.62	174.62	21.18	201.41
Agosto	4.95	152.88	12.56	170.39
Acumulado 2022	5.10	152.06	18.76	175.92

Fuente: Elaboración Propia

En la misma línea, a partir del registro histórico anterior se procede a aplicar la Ecuación 6, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir la dimensión Costos indirectos en proceso Actual:

Tabla 28

Costos Indirectos de Fabricación Unitario 2021 - 2022

Periodo	Volumen de producción TM ACP	CIF Total (soles)	CIF (soles/TM ACP obtenido)
Enero - diciembre 2021	74,530.71	10,384,363.82	139.33
Enero - agosto 2022	42,190.63	7,422,175.63	175.92
CIF Unitario 2021 – 2022 (soles)	116,721.34	17,806,539.45	152.56

Fuente: Elaboración Propia

De lo antes expuestos se presenta dos cuadros resumen de los indicadores obtenidos de cada variable y sus dimensiones:

Tabla 29

Resultados Pretest Variable Propuesta de Adaptación Tecnológica

Dimensión	Indicador	Fórmula	Escala
Evaluación de tecnologías disponibles.	Calificación de tecnología (puntos)	78.8	Razón
Evaluación de implementación técnica.	Distribución de planta (soles por batch de 90 TM de RFF)	429.44	Razón
	Tiempo de ciclo (minutos)	96	Razón
Materia prima y suministros.	Costo por pérdida de aceite (USD)	7,481,283.02	Razón

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30

Resultados Pretest Variable Costos de Conversión

Dimensión	Indicador	Fórmula	Escala
Costos de mano de obra directo	Costo Mano de Obra Directa Unitario	34.56	Razón
Costos indirectos de fabricación	Costo Indirectos de Fabricación Unitario	152.56	

Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de la mejora o de la propuesta

La industria de palma aceitera enfrenta desafíos y oportunidades frente a las nuevas tecnologías de esterilización de RFF, el aceite crudo de palma está expuesto incertidumbre de la variación de los precios internacionales y el entorno exige el incremento de la productividad a menor costo y búsqueda de alternativas viables económicamente y técnicas, es importante emprender iniciativas de renovación tecnológicas, disminución de costos de producción y optimización de operaciones.

Mosquera Montoya (2021) señala el grado de competitividad de las empresas que utilizan tecnologías en el cultivo y en sus plantas de producción, ya que permite identificar el costo de producir una unidad en buenas condiciones y compararlo con productores competidores de otras zonas.

Esto es importante ya que el 48 % del aceite de palma producido en Colombia en el año 2020 tuvo como destino el exterior. (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, 2017)

En la empresa Industrias del Espino SA evidenciaron altos costos de conversión de ACP debido al uso de tecnologías desfasadas en las etapas iniciales del proceso (recepción y esterilización) generando pérdidas de aceite crudo de palma superior a la relación 1.6% aceite/RFF procesado, que representa el estándar internacional, así como, alta demanda de mano de obra directa debido a los proceso semiautomáticos.

Al respecto, a fin de reducir los costos de conversión, se planteó realizar evaluación de tecnologías disponibles, que puedan reemplazar las tecnologías existentes; asimismo, se evaluó la implementación técnica de la propuesta a través de un análisis de la nueva distribución de planta y el análisis del tiempo de ciclo del

proceso, asimismo, se determinó los costos por pérdidas de aceite en materia prima.

Descripción de nuevas tecnologías Propuesta.

En la esterilización de racimos de fruto fresco de palma, es donde se inicia la cadena de calor del proceso utilizando vapor directo, es una etapa crítica ya que determina indicadores estratégicos como capacidad de planta, pérdidas, tasa de extracción de aceite (TEA), recuperación de almendras, efectos en la calidad de aceite crudo de palma.

A continuación, se detallan las alternativas disponibles de esterilización de racimos de fruto fresco de palma.

- a. Alternativa 0: Esterilización Horizontal Convencional – Operando Actualmente.

Tabla 31

Esterilización Horizontal

Esterilización Horizontal			
Descripción	Equipos Requeridos	Logros	Desafíos
Recepción del RFF de las tolvas en cestas, se traslada con montacargas, se esteriliza por bath de 9 cestas, luego se traslada con montacargas a la zona de grúas para la alimentación a desfrutado.	Cestas Montacargas Vagonetas Rieles Esterilizadores Grúas	Baja pérdida en tusas.	Alto costo de mantenimiento. Alto costo de conversión. Alto costo de mano de obra. Alto número de operaciones manuales.

Fuente: Elaboración propia.

- b. Alternativa 1: Esterilización Oblicua.

Tabla 32

Esterilización Oblicua

Esterilización Oblicua			
Descripción	Equipos Requeridos	Logros	Desafíos
El RFF es trasladado desde la tolva hasta los esterilizadores por transportadores tipo redler, proceso por bath, RFE se descarga en las tolvas que posteriormente son conducidos a etapa de desfrutado.	Transportador desde tolvas	Disminuye consumo de vapor	Aumento de impregnación de aceite en tusas frente a horizontal
	Elevador fruta cruda	Disminuye costo de operación y mantenimiento	Manejo de temperatura hacia desfrutado
	Esterilizadores	Baja complejidad – disminuye número de equipos	Requiere capacidad suficiente de tolva pulmón
	Sin fin de vaciado	Menos personas para operar	Afecta calidad del aceite por retorno de licor de raquis
	Tolva pulmón		
Transportador hacia desfrutador			
	Sin fin de retorno		

Fuente: GREPALMA – GATEMALA, III congreso palmero 2019.

c. Alternativa 2: Esterilización Vertical

Tabla 33

Esterilización Vertical

Esterilización Vertical			
Descripción	Equipos Requeridos	Logros	Desafíos
El RFF es trasladado desde la tolva hasta los esterilizadores por transportadores tipo redler, proceso por bath, luego el RFE es descargado a tolva para ser conducido por transportadores redler a etapa de desfrutado.	Transportador desde tolvas	Menor demanda de área	Mayor altura de edificios y longitud de transportadores
	Elevador fruta cruda	Disminuye costo de operación y mantenimiento	Mayor impregnación de aceite en tusas (mayor pérdida).
	Esterilizadores	Puede ser automatizada en 100%	Requiere transportador de vaciado (doble) - Mantenimiento
	Transportador de vaciado (doble)	Menos personas para operar	Afecta calidad del aceite por retorno de licor de raquis
	Transportador fruta cocida	Optimización del uso de la capacidad del equipo	Mayores costos de inversión
	Tolvas individuales		Dificultades en evacuación de fruta
	Transportador hacia desfrutador		Mayor complejidad en evacuación de condensados
	Sin fin de retorno		

Fuente: GREPALMA – GATEMALA, III congreso palmero 2019.

d. Alternativa 3: Esterilización Dinámica

Tabla 34

Esterilización Dinámica

DESCRIPCIÓN	ESTERILIZACIÓN DINÁMICA		
	EQUIPOS REQUERIDOS	LOGROS	DESAFIOS
El RFF es trasladado desde la tolva hasta los esterilizadores por transportadores tipo redler, proceso por bath.	Transportador desde tolvas	Disminución de tiempos de esterilización	Tamaño del esterilizador, requiere más equipos.
	Elevador fruta cruda – fracturador y desgranador.	Disminución de consumo de vapor	Costo de mantenimiento puede ser mayor.
	Esterilizadores dinámicos.	Puede ser automatizada en 100%	Debe contar con facturador y desgranador previo de racimos
	Transportador de vaciado (doble)	Se disminuye la pérdida de aceite en tusas y fruto adherido	Disminuye la capacidad de prensado
	Transportador fruta cocida	Se reprocesan todos los condensados de esterilización	Tecnología aún en prueba y desarrollo.
	Tolvas individuales	Prepara el fruto para el prensado	Acondicionador de racimos se convierte en equipo crítico.
Transportador hacia desfrutador Sin fin de retorno	Apuesta a la innovación total del proceso.		

Fuente: GREPALMA – GATEMALA, III congreso palmero 2019.

e. Alternativa 4: Esterilización Continua

Tabla 35

Esterilización Continua

Descripción	Esterilización Continua		
	Equipos Requeridos	Logros	desafíos
El RFF es trasladado desde la tolva hasta los esterilizadores por transportadores tipo redler, proceso es continuo, se elimina bath.	Transportador desde tolvas	Se eliminan los batch, proceso continuo.	Exige mucho control por sobrecargas.
	Elevador fruta cruda	Proceso 100% automatizado	Muy altos tiempos de intervención por mantenimiento correctivo.
	Esterilizadores dinámicos.	No hay sobre carga para la caldera por la supresión de picos.	Tecnología sometida a actualizaciones permanente.
	Transportador de vaciado (doble)	Mejora calidad de aceite DOBI por eliminar los picos	Requiere área suficiente de construcción.

Transportador fruta cocida	Menor cantidad de personas en su sitio de trabajo
Tolvas individuales Transportador hacia desfrutador Sin fin de retorno	Menor riesgo para el personal operario.

Fuente: GREPALMA – GATEMALA, III congreso palmero 2019.

Al respecto, tomando en consideración los criterios de calificación planteados para la Dimensión Evaluación de tecnologías disponibles que fueron señalados en la sección 3.2. Variables y operacionalización, se recopiló información sobre el proceso esterilización horizontal obteniendo el siguiente cuadro resumen diagnóstico:

Tabla 36

Criterios comparativos de tecnologías

ÍTEM	CRITERIOS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS				
	HORIZONTAL	INCLINADO	VERTICAL	DINÁMICA	CONTINUA
Tiempo de esterilización	>100 min	90 - 95 min	55 - 60 min	70 min	80 min
Número de picos	3	1 - 2	1	1	N/A
Consumo de vapor	250 - 300 Kg vap/TM de RFF	200 - 250 Kg vap/TM de RFF	200 - 250 Kg vap/TM de RFF	120 - 150 Kg vap/TM de RFF	230 - 280 Kg vap/TM de RFF
Pérdida de aceite en tusas	8 - 10 % Ac/SSNA	10 - 15 % Ac/SSNA	15 - 25 % Ac/SSNA	N/A	8 - 10 % Ac/SSNA
Pérdidas en fruto adherido	Altas	Bajas	Bajas	N/A	Bajas
Perdidas en fruto suelto	Altas	Bajas	Bajas	Bajas	Bajas
Personal necesario recepción esterilización.	6 a 10	2	2	1	2
Efecto sobre el aceite	<ul style="list-style-type: none"> • Impacta DOBI. • Impacta vitaminas. • Descomposición de algunos compuestos 	<ul style="list-style-type: none"> • Preserva condiciones favorables del aceite. • Se utiliza el condensado 	<ul style="list-style-type: none"> • Preserva Betacarotenos. • Se genera mayor condensado. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se afecta mayormente por presiones manejadas. • Se utiliza el condensado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor DOBI. • Preserva betacarotenos. • Se genera mayor condensado
Requerimiento de mantenimiento	Alto	Medio	Medio	Alto	Medio

Peligros de trabajo	de	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos en puertas, cabrestantes. • Vagones, pisos resbalosos. • Golpes por manipuleo de fruta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de accidentes en 95% con referencia al convencional 	<ul style="list-style-type: none"> • Simple de operar. • Ambiente más seguro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema en prueba y desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor complejidad para su operación. • Facilita la continuidad del proceso.
Aprovechamiento de capacidad		Deficiente	Bueno	Óptimo	Óptimo	Óptimo

Fuente: GREPALMA – GATEMALA, III congreso palmero 2019.

En la misma línea, haciendo uso del cuadro anterior de criterios comparativos de tecnologías se procede a aplicar la Ecuación 1 para cada alternativa propuesta. En efecto, haciendo uso de un cuadro resumen, presentamos los resultados de los indicadores.

Tabla 37

Calificación Tecnologías de Esterilización

FACTOR	UNIDAD	ESTERILIZACIÓN HORIZONTAL		ESTERILIZACIÓN OBLICUA		ESTERILIZACIÓN VERTICAL		ESTERILIZACIÓN DINÁMICA		ESTERILIZACIÓN CONTÍNUA		
		(Pi)	(PixCl)	(Pi)	(PixCl)	(Pi)	(PixCl)	(Pi)	(PixCl)	(Pi)	(PixCl)	
Pérdidas de aceite en etapas esterilizado y escobajo. Número de personas necesarias para operar.	Tiempo de esterilización de RFF	Minutos	50	2.5	75	3.75	100	5	100	5	100	5
	Pérdida de aceite en escobajo	Ac/SSNA	100	14	75	10.5	50	7	100	14	100	14
	Personal necesario	Número	50	5	100	10	100	10	100	10	100	10
	Consumo de vapor	Kg/TM de RFF	50	2.7	75	4.05	100	5.4	100	5.4	75	4.05
Costos indirectos de fabricación	Ratio de consumo de energía eléctrica recepción esterilización, transporte y prensado	KwH/TM ACP	100	1.6	75	1.2	50	0.8	50	0.8	75	1.2
	Costos mantenimiento y otros CIF	% de CIF	75	33	75	33	75	33	75	33	75	33
Costo de inversión	Costo de inversión.	USD	100	20	100	20	100	20	100	20	100	20

Total	78.80	82.50	81.20	88.20	87.25
-------	-------	-------	-------	-------	-------

Nota: Puntajes Criterio (Pi) y Calificación Parcial (PixCi)

Fuente: Elaboración Propia.

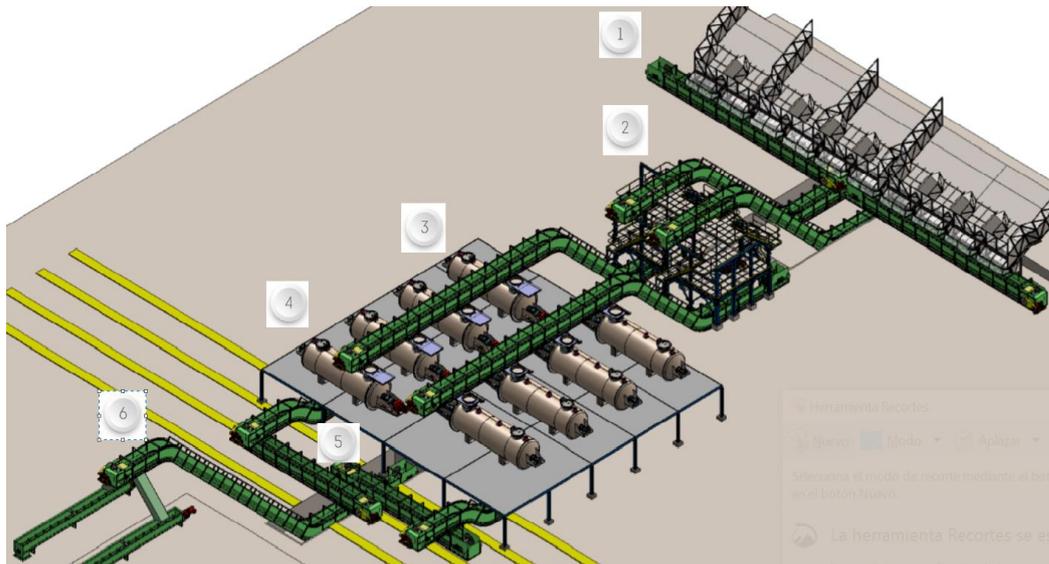
En efecto, la selección de la nueva corresponde a la ESTERILIZACIÓN DINÁMICA, toda vez que cuenta con una calificación de 88.20 puntos, lo relevante es menos pérdidas en racimos vacíos (escobajo) ya que se fractura antes de esterilizar, la masa compuesta de frutos, escobajo picado, frutos adheridos; van a prensado, minimizando las pérdidas, también se minimiza las pérdidas en condensados de esterilizado debido a que se utiliza como parte del diluyente del licor de salida de prensas.

En la propuesta de adaptación tecnológica se considera el sistema dinámico que consiste en un reactor que posee un eje central apoyado en las tapas abombadas del cuerpo y que a su vez dispone de dos cintas sinfín, una mayor con sentido derecho que sirve para cargar y descargar el material, y una de menor diámetro y sentido izquierdo que se encarga de realizar la digestión del fruto fracturado y desgranado; en los esterilizadores dinámicos el llenado es total; de tal manera que los espacios de aire internos son mínimos, lo que hace que la transferencia de calor a los racimos fracturados y desgranados sea más rápida y efectiva. No se requiere realizar picos de esterilización, ni procesos de evacuación de condensados.

El movimiento de racimos de fruto de palma se realiza con transportadores antes y después del esterilizador dinámico acortando distancias, no se utiliza montacargas, cestas, grúas, etc. Funciona de manera automática minimizando las operaciones manuales; en la representación gráfica se observa la distribución:

Figura 11.

Distribución de Planta Propuesta



Nota. En la figura se describe las etapas del proceso: (1) Descarga de Tolvas, (2) Alimentación de Fracturadora, (3) Alimentación de esterilizado, (4) Descarga de Esterilizado, (5) Alimentación de 2 REDLER a uno solo y (6) Alimentación a prensas. Fuente: (Industrias Acuña LTDA, 2022)

A continuación, se describe el proceso detallado de Esterilización haciendo uso de los esterilizadores dinámicos:

- 1) Transporte 1: El RFF del almacenamiento 1 descarga a los transportadores tipo redler hasta fracturado – desgranado.
- 2) Lavado: Se aplica vapor directo antes de fracturado del RFF, los condensados de vapor se envía a tratamiento de efluentes y las arenas con otros materiales sólidos a disposición de RRSS.
- 3) Fracturado Desgranado: Se realiza por acción mecánica con molino de doble eje.
- 4) Transporte 2: Transporte de RFF fracturado - desgranado hasta esterilizadores.
- 5) Esterilización Dinámica: Proceso con vapor directo y agitación por un tiempo total (incluye llenado y descarga) de 75 minutos, 6 equipos de capacidad nominal de 17 TM de RFF y carga al 90% aproximadamente.
- 6) Almacenado 2: El fruto esterilizado - digestado es descargado a tolvas para ser trasladados a prensado.

- 7) Transporte 3: El fruto esterilizado – digestado es trasladado a prensado por medio de transportadores tipo redler.
- 8) Alimentación a Prensado: El fruto esterilizado – digestado es ingresado a las prensas continuas de doble tornillo.

A fin de caracterizar el proceso de extracción de aceite crudo de palma con tecnologías de esterilización dinámica se elaboró un Diagrama de Análisis de Proceso – DAP y un plano de la Distribución de Planta, los cuales se encuentran en la Figura 7 y Figura 8 de los Anexos respectivamente. En el diagrama se identificó las distancias, tiempos y costos asociados a los desplazamientos de los racimos de fruto fresco en las etapas de almacenamiento 2, transporte 1, esterilizado, transporte 2 y desfrutado. Las mediciones del DAP se realizaron de un lote de 90 TM de racimos de fruto fresco en las secciones recepción, traslados, esterilizado hasta la entrega a sección de prensado, para la esterilización de racimos dinámica se considera en el proyecto 6 equipos de esterilización dinámica de 17 TM de RFF con carga al 90% aproximadamente. A continuación, se elaboró una tabla resumen de la descripción del proceso.

Tabla 38

Descripción del Proceso Mejorado

Símbolo	Descripción del Proceso
○	Operación: Incluye lavado del RFF, esterilizado dinámico con un operador por turno y hasta entrega a prensado, se obtiene un valor total de 1129.54 soles, lo más resaltante son el costo de vapor y costos indirectos de fabricación (CIF se considera mantenimiento, servicios industriales, otros), energía eléctrica y MO.
⇒	Transporte: Incluye traslados del racimo de fruto fresco y fruto esterilizado – digestado, hasta la entrada a alimentadores de las prensas, se obtiene un valor total de 202.62 soles con 157 metros de recorridos.
□	Inspección: No se ha registrado inspecciones en las etapas en estudio.
D	Espera: No se ha registrado espera en las etapas en estudio.
▽	Almacenamiento: Considerado en la descarga de los esterilizadores dinámicos a una tolva que entrega el fruto esterilizado – digestado a los transportadores, se obtiene un valor 3.11 soles.

Fuente: Elaboración Propia

Al respecto, se procede a aplicar la Ecuación 2, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir el indicador distribución de planta de la dimensión Evaluación de tecnologías disponibles:

Tabla 39

Costos de Desplazamiento del Proceso Mejorado

Actividades	Distancias (m)	Costo (S/.)
Transporte 1	45	115.45
Transporte 2	37	21.79
Transporte 3	75	65.38
Subtotales	157	202.62

Fuente: Elaboración Propia

En la propuesta de adaptación tecnológica con la opción de esterilización dinámica se considera un tiempo de ciclo de 75 minutos con capacidad para poder esterilizar hasta 1762 TM día como nominal, con una eficiencia de 90% se proyecta procesar hasta 1586 TM de RFF/día, considerando la capacidad de prensado de 60 TM de RFF/día, se puede realizar mantenimiento preventivo de un equipo y continuar operando con 5.

Tabla 40

Parámetros del Ciclo de Esterilización Dinámica

Parámetro	Unidades	Valores
Tiempo Total	Minutos	75
Capacidad de un Esterilizador	TM	15.30
Ciclo por día	N° de Bach	19.20
RFF por día por Esterilizador	TM	293.76
RFF por día seis Esterilizadores	TM	1762.56

Fuente: Cotización del fabricante de equipos para cambio tecnológico.

Al respecto, se procede a aplicar la Ecuación 3, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir el indicador tiempo de ciclo de la dimensión Evaluación de tecnologías disponibles:

Tabla 41

Ciclo de Esterilización Dinámica

Paso	Descripción	Tiempo (min)
1	Carga de RFF desgranado 90% Cap. Nominal 17 TM	15
2	Cerrado de compuerta mediante sistema hidráulico	1
3	Ingreso de vapor 40PSI esterilizado - digestado	40
4	Despresurizado del equipo	5
5	Apertura de compuerta mediante sistema hidráulico	1
6	Descarga de fruto esterilizado a transportador hacia sección prensado	13
Tiempo Total		75

Fuente: Cotización del fabricante de equipos para cambio tecnológico.

A continuación, se presenta las pérdidas proyectadas tomando en consideración el cambio tecnológico a esterilizado dinámico. En efecto, los siguientes cuadros se muestran los resultados de las pérdidas de aceite crudo de palma por TM de racimo de fruto fresco.

Tabla 42

Pérdidas de aceite proyectadas

Pérdidas de aceite crudo de palma	Parámetro (Máximo)	Pérdidas de aceite proyectadas a 20 meses			
		Pérdida real	Diagnóstico	RFF procesado	Aceite perdido Costo en USD.
Esterilizado - condensados.	0.13%	0.00%	Cumple	641,667	0.00
Racimos Vacíos - raquis.	0.37%	0.30%	Cumple	641,667	1,657,425.00
Fibra - salida de prensado	0.56%	0.54%	Cumple	641,667	2,983,365.00
Nuez - salida de prensado	0.06%	0.07%	No cumple	641,667	369,345.52
Agua - salida de tridencanter	0.24%	0.24%	Cumple	641,667	1,325,940.00
Torta - salida de tridencanter	0.24%	0.25%	No cumple	641,667	1,381,187.50
PÉRDIDAS TOTAL DE ACEITE, %Aceite / TM RFF	1.60%	1.40%	Cumple	641,667	7,717,263.02

Fuente: Elaboración Propia

En la misma línea, se procede a aplicar la Ecuación 4, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir la dimensión Materia prima y suministros en proceso mejorado:

Tabla 43

Costos por Pérdidas de Aceite proyectado 20 meses.

Periodo	Pérdida real	RFF procesado	Costo TM RFF (USD)	Costo de pérdidas (USD)
Periodo proyectado	1.40%	641,667	861	7,717,263.02
Costo Total de Pérdidas Proyectado (USD)				7,717,263.02

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que el valor total de los costos por pérdidas se encuentra en función de variables como el % de pérdida real, la Cantidad de RFF reprocesado y el costo de mercado de la Tonelada Métrica de RFF, los cuales han variado respecto al periodo pre-test, siendo que se tiene una mayor proyección de procesamiento de RFF y los costos de TM RFF del mercado han disminuido.

Variable: Costos de conversión

Dimensión: Costos de mano de obra directo

A continuación, se presenta un registro proyectado de los costos de mano de obra directa correspondiente al proceso de esterilización dinámico del Aceite Crudo de Palma.

Tabla 44

Registro de Costos de Mano de Obra Proyectado

Proyectado	Volumen de producción TM - ACP	Costo total en MO Directa en soles	Costo de MO Directa (soles/TM ACP obtenido)
Mes 1	8,700	120,505.80	13.85
Mes 2	8,625	101,508.39	11.77
Mes 3	8,500	100,459.57	11.82
Mes 4	8,250	112,286.01	13.61
Mes 5	8,000	91,642.19	11.46
Mes 6	7,750	81,789.12	10.55
Mes 7	7,500	135,357.48	18.05
Mes 8	7,250	110,338.43	15.22
Mes 9	7,500	130,214.65	17.36
Mes 10	7,875	124,279.32	15.78
Mes 11	8,000	11,279.32	1.41
Mes 12	8,300	175,279.32	21.12
Mes 13	8,350	163,567.06	19.59
Mes 14	8,375	127,277.45	15.20
Mes 15	8,125	114,672.56	14.11
Mes 16	8,000	132,688.15	16.59
Mes 17	7,950	117,199.62	14.74
Mes 18	7,875	89,930.25	11.42
Mes 19	7,750	144,925.89	18.70
Mes 20	7,742	107,582.30	13.90
Acumulado	160,416.75	2,292,782.95	14.29

Fuente: Elaboración Propia

En la misma línea, a partir del Registro de Costos de Mano de Obra Proyectado anterior se procede a aplicar la Ecuación 5, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir la dimensión Costos de mano de obra directo en proceso Actual:

Tabla 45

Costo Unitario de Mano de Obra Directa Proyectado

Periodo	Volumen de producción TM - ACP	Costo total en MO Directa en soles	Costo de MO Directa (soles/TM ACP obtenido)
Proyectado	160,416.75	2,292,782.95	14.29

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presenta un registro proyectado de los costos indirectos de fabricación correspondiente al proceso de esterilización dinámico del Aceite Crudo de Palma.

Tabla 46

Registro de Costos Indirectos de Fabricación Proyectado

Proyectado	Energía Eléctrica (Soles/TM ACP)	Costos Indirectos	Vapor	CIF (Soles / TM ACP Obtenido)
Mes 1	8.41	72.41	11.36	92.18
Mes 2	6.87	77.83	13.26	97.97
Mes 3	7.07	66.20	9.98	83.25
Mes 4	6.65	64.40	10.68	81.74
Mes 5	7.06	73.00	10.83	90.88
Mes 6	7.62	67.05	12.98	87.65
Mes 7	7.72	83.63	12.66	104.01
Mes 8	7.55	76.38	11.68	95.62
Mes 9	8.84	73.84	12.10	94.78
Mes 10	11.23	91.06	8.71	111.00
Mes 11	11.05	95.46	11.66	118.17
Mes 12	9.78	100.95	12.27	123.00
Mes 13	9.50	83.47	27.20	120.17
Mes 14	7.85	100.76	15.59	124.20
Mes 15	6.87	68.42	14.34	89.63
Mes 16	5.75	81.25	21.89	108.88
Mes 17	6.71	84.55	13.80	105.06
Mes 18	6.20	92.91	18.06	117.17
Mes 19	6.49	99.22	12.95	118.66

Mes 20	8.72	116.69	13.30	138.71
Acumulado	7.90	83.38	13.79	105.07

Fuente: Elaboración Propia

En la misma línea, a partir del registro histórico anterior se procede a aplicar la Ecuación 6, haciendo uso de un cuadro resumen, que nos permitirá medir la dimensión Costos indirectos en proceso Actual:

Tabla 47

Costos Indirectos de Fabricación Proyectado

Periodo	Volumen de producción CPO - TM	CIF Total (soles)	CIF (soles/TM ACP obtenido)
Proyectado	160,416.75	16,854,205.20	105.07

Fuente: Elaboración Propia

De lo antes expuestos se presenta dos cuadros resumen de los indicadores obtenidos de cada variable y sus dimensiones con los resultados esperados con la implementación de la propuesta:

Tabla 48

Resultados Postest Variable Propuesta de Adaptación Tecnológica

Dimensión	Indicador	Fórmula	Escala
Evaluación de tecnologías disponibles.	Calificación de tecnología (puntos)	78.8	Razón
Evaluación de implementación técnica.	Distribución de planta (soles por batch de 90 de RFF procesado)	429.44	Razón
	Tiempo de ciclo (minutos)	96	Razón
Materia prima y suministros.	Costo por pérdida de aceite (soles).	7,481,283.02	Razón

Tabla 49

Resultados Posttest Variable Costos de Conversión

Dimensión	Indicador	Fórmula	Escala
Costos de mano de obra directo	Costo Mano de Obra Directa Unitario (soles/TM ACP producido).	14.29	Razón
Costos indirectos de fabricación	Costos Indirectos de Fabricación Unitario (soles/TM ACP producido).	105.07	

Análisis Económico

De acuerdo a lo desarrollado el cambio tecnológico del Esterilizador Horizontal a un Esterilizador Dinámico, resulta una alternativa óptima para la empresa. No obstante, para complementar la evaluación de la implementación del cambio tecnológico se realizó un análisis económico para lo cual en primer lugar se determinó el costo de inversión en el Esterilizador Dinámico, el cual se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 50

Costos de inversión Esterilizador Dinámico 60 TM/H

Nº	CAPEX - ESTERILIZADOR	Costo (US\$)
1	Equipos Avatar	2,440,340.00
2	Montaje mecánico	353,849.30
3	Montaje eléctrico	122,017.00
4	Tuberías de interconexión y válvulas de control	97,613.60
5	Aislamiento térmico	24,403.40
6	Civil	122,017.00
9	Diseño y arranque	48,300.00
10	Transporte	414,857.80
11	Incertidumbre	73,210.20
Costo de Inversión		3,696,608.30

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, se identificaron los flujos de caja de los ahorros producidos por el cambio tecnológico en un horizonte de evaluación de 10 años, en el que identificamos:

- Ahorros por la centralización del proceso: reducción del costo de alquiler de montacargas, ahorros en mantenimiento en equipos, optimización de Head Cound, reducción en costo de personas, reducción en consumo de petróleo.

Al respecto, se presenta el siguiente cuadro resumen:

Tabla 51

Ahorros por la centralización del proceso

Conceptos/Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alquiler Montacargas (US\$)	123,529	123,529	123,529	123,529	123,529	123,529	123,529	123,529	123,529	123,529
Ahorro mantenimiento CPO (US\$)	102,941	102,941	102,941	102,941	102,941	102,941	102,941	102,941	102,941	102,941
Optimización de Head Cound (US\$)	219,176	219,176	219,176	219,176	219,176	219,176	219,176	219,176	219,176	219,176
Costos en personal (US\$)	-81,176									
Reducción del consumo petróleo (US\$)	58,824	58,824	58,824	58,824	58,824	58,824	58,824	58,824	58,824	58,824
Ahorro centralización (USD)	423,294	504,471	504,471	504,471	504,471	504,471	504,471	504,471	504,471	504,471

Fuente: Datos de la empresa

- Reducción de costos de adquisición y reparaciones: ahorro en los costos de compra y reparación de cestas, compra y reparación de Bogueies, reparación de rieles, cambio de vigas grúa. Al respecto, se presenta el siguiente cuadro resumen:

Tabla 52

Reducción de costos de adquisición y reparaciones

Conceptos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Compra y reparación de cestas (US\$)	40,000	25,000	40,000	25,000	40,000	25,000	40,000	25,000	40,000	25,000
Compra y reparación de Bogueies(US\$)			30,000				30,000			30,000
Reparación de rieles (US\$)	20,000			20,000				20,000		20,000
Cambio de Vigas Grua (US\$)	20,000				20,000					20,000
Reducción de Costos (US\$)	80,000	25,000	70,000	45,000	60,000	25,000	70,000	45,000	40,000	95,000

Fuente: Elaboración Propia

- Ingresos por la transferencia de componentes a la Planta de escobajos, que representan US\$ 400,000.
- Mayores ingresos por el incremento de Aceite Extraído. Al respecto, se presenta el siguiente cuadro resumen:

Tabla 53

Mayores ingresos por el incremento de Aceite Extraído

Conceptos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Incremento de TEA +0.2% (US\$)	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000
Mayores ingresos (US\$)	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000

Fuente: Elaboración Propia

Con la información antes expuesta se procedió a construir los flujos de caja con un horizonte de evaluación de 10 años expresado en US\$, el cual se presenta en el cuadro Adjunto.

Tabla 54

Flujos de Caja

Conceptos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorros (US\$)	0	423,294	504,471	504,471	504,471	504,471	504,471	504,47	504,47	504,47	504,47
Reducción de Costos (US\$)	0	80,000	25,000	70,000	45,000	60,000	25,000	70,000	45,000	40,000	95,000
Planta escobajo (US\$)	400,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayores ingresos (pérdidas) (US\$)	0	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,000	273,00	273,00	273,00	273,00
Inversión (US\$)	-3,700,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja (US\$)	-3,300,000	776,294	802,471	847,471	822,471	837,471	802,471	847,47	822,47	817,47	872,47

Fuente: Elaboración Propia

A partir del flujo de caja construido y tomando en consideración una Tasa de Descuento del 15%, provista de la Gerencia de Finanzas de la empresa, se procedió a determinar los indicadores de viabilidad, rentabilidad y liquidez del Proyecto de cambio tecnológico, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 55

Indicadores de evaluación económica

Indicador	Resultado
VAN	808,099
TIR	21%
Payback	4.06 años

Fuente: Elaboración Propia

Al respecto de los resultados obtenidos podemos interpretar que:

- Al obtener un VAN = 808,099 superior a 0, se evidencia que el proyecto es viable de implementar porque generará valor en el tiempo.
- Al obtener un TIR = 21% superior a la tasa de descuento de 15%, se evidencia que el proyecto es rentable, respecto al promedio de las inversiones de la empresa, por tanto, se recomienda invertir.

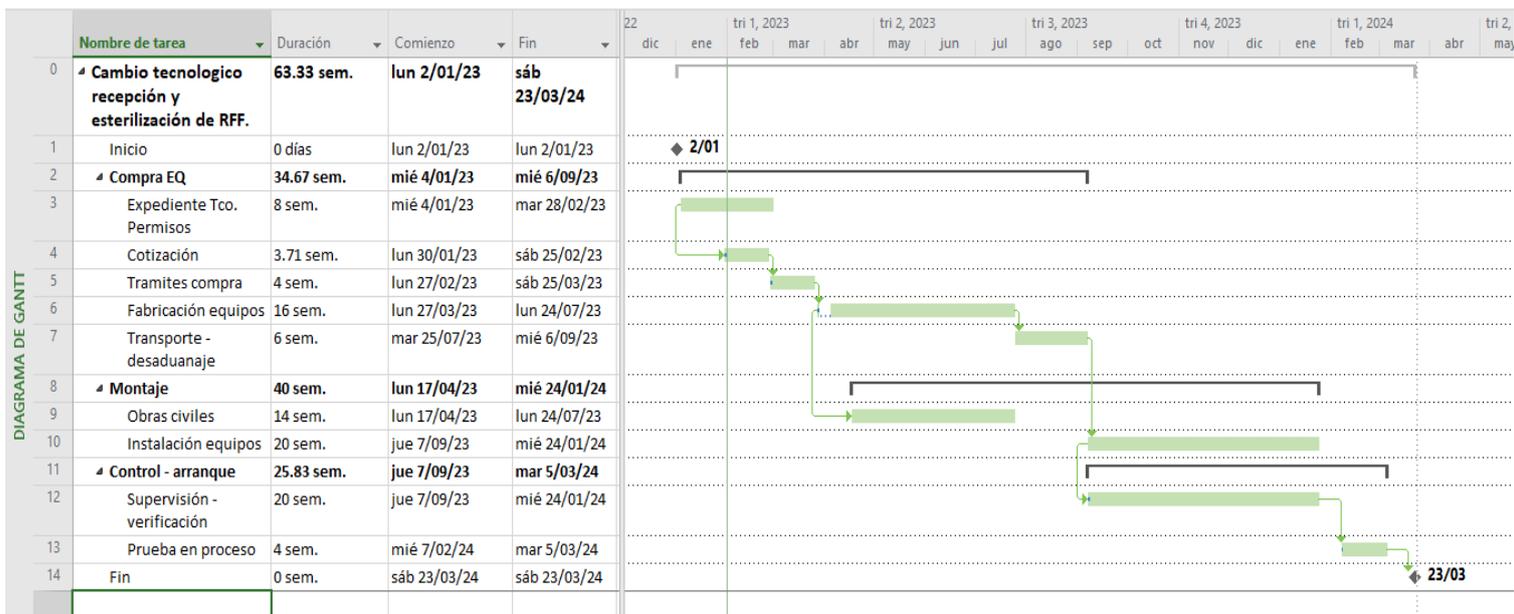
- Al tener un payback de 4.06 años, se puede interpretar que se obtendrá liquidez favorable a partir del cuarto año de la puesta en operación, motivo por el cual deben tomarse las provisiones necesarias.

Cronograma

Es preciso de indicar que la implementación del proyecto será realizada por la empresa proveedora de la tecnología de Esterilización Dinámica, a través de un contrato de Diseño, Construcción, Puesta en Marcha del Proyecto. Al respecto se han considerado un plazo de 15 meses para la ejecución del proyecto y considera como actividades principales la elaboración de un expediente técnico adecuado a la planta de Industrial del Espino, la gestión de permisos internos y municipales correspondientes, las obras civiles para el acondicionamiento de la planta, la instalación de los quipos principales, auxiliares e las conexiones. Asimismo, un periodo de integración de componentes y de puesta en marcha de 1 mes. En la figura que se muestra a continuación se presenta el cronograma del proyecto.

Figura 12.

Cronograma del Proyecto



Nota. En la figura se presenta el cronograma a alto nivel del proyecto de cambio tecnológico. Fuente: Elaboración Propia.

3.6. Análisis de Datos

Hernández-Sampieri & Mendoza Torres (2018) propusieron las siguientes actividades como parte del análisis de los datos: (1) disponer de un programa informático de análisis, (2) control de calidad de datos, (3) análisis descriptivo, (4) presentación de hallazgos y (5) comprobación de hipótesis.

Respecto a la primera actividad el programa informático seleccionado fue el software estadístico SPSS. Asimismo, para la segunda actividad se establece una verificación de la calidad de datos la cual será realizado por medio de Excel. Además, para la tercera actividad consistió en realizar la descripción de los datos de cada variable para lo cual se usarán las medidas de tendencia central como: media aritmética, mediana, moda, varianza y desviación estándar y la prueba de normalidad. En relación a la cuarta actividad, se presentaron los hallazgos a partir de gráficos de distribución de frecuencias. Respecto a la quinta actividad, la presentación de la información generada será a través de histogramas. Finalmente, en la demostración de las hipótesis se utilizará la prueba de t de Student para muestras independientes de una cola. Es preciso indicar que el programa informático utilizado fue el paquete estadístico SPSS.

3.7. Aspectos Éticos

La preparación de la presente investigación responde a lo solicitado por el Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo, que velaron que se diera cumplimiento de los requerimientos de rigor científico, responsabilidad y honestidad, así como, de las sanciones pertinentes por su no cumplimiento.

Al respecto, dando cumplimiento al principio de rigor científico, esta investigación de investigación continúa una metodología desde la obtención hasta el análisis de los datos. En relación al principio de responsabilidad, se garantizó dar cumplimiento a los principios éticos dando seguridad al tratamiento de la información personal de las personas que intervinieron directa o indirectamente en la investigación, así como la reserva y confidencialidad de la información proveída por la empresa. Sobre este último punto es preciso de indicar que no se adjuntaron al presente estudio documentación relacionada a empresas terceras que pudieran poner en riesgos las buenas relaciones con Industrias del Espino SA, como lo son cotizaciones, documentos técnicos de ingenierías, presentaciones, videos y cualquier otra forma de documentación, por su carácter confidencial.

En relación a la honestidad, se consideró los principios de la propiedad intelectual del estado del arte consultado haciendo uso efectivo de las normas de APA, por otro lado se utilizó las bases de datos científicas abiertas y gratuitas a la comunidad científica, como lo son la base de datos de Scielo, Scopus, Google scholar y por supuesto la base de datos de la universidad César Vallejo que puso a disposición de los estudiantes.

Cabe mencionar que los hallazgos del estudio se encuentran bajo la propiedad intelectual del autor, de acuerdo al artículo 16 del Código de Ética. No obstante, se autorizó su publicación en la Biblioteca de la Universidad en su momento correspondiente.

IV. RESULTADOS

En la actual sección se mostraron los resultados alcanzados del análisis de datos de la investigación dividiéndose en 2 partes bien marcadas: (1) Análisis descriptivos y (2) Análisis Inferencial. Al respecto se alcanzaron los siguientes resultados en el ámbito descriptivo:

Análisis descriptivo estadístico

Respecto de la prueba de normalidad, tomando en cuenta que las muestras son de 20 elementos, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk. Los grupos de datos a los cuales se aplicó la prueba son a las diferencias entre de Mano de Obra Directa unitaria antes y después de la propuesta mejora, a las diferencias entre Costos Indirectos de Fabricación unitarios antes y después de la propuesta de mejora y a los costos de conversión antes y después de la propuesta de mejora. Cabe mencionar que los datos después de la mejora corresponden a datos simulados.

En efecto se obtuvo los siguientes Resultados.

Tabla 56

Prueba de normalidad por Shapiro-Wilk

Datos Relacionados	Estadístico	Grados de Libertad	Nivel de Significancia
Diferencia en MOD unitario	0,959	20	0,520
Diferencia en CIF unitario	0,962	20	0,588
Diferencia en Costos de Conversión unitario	0,964	20	0,622

Fuente: Elaboración Propia

En efecto, respecto al grupo de elementos de Diferencia Mano de Obra Directa unitaria se obtuvo un valor de significancia de 0.520, que al ser superior a 0.05, se interpreta que estos datos siguen una distribución normal. Asimismo, respecto al grupo de elementos de Diferencia Costos Indirectos de Fabricación unitarios se obtuvo un valor de significancia de 0.588, que al ser superior a 0.05, por lo que también se interpreta que estos datos siguen una distribución normal. En la misma línea el resultado el valor de la significancia para grupo de elementos de Diferencia de Costos de Conversión fue de 0,622, por lo que también se interpreta que estos datos siguen una distribución normal.

Costos de Mano de Obra Directa

Tabla 57

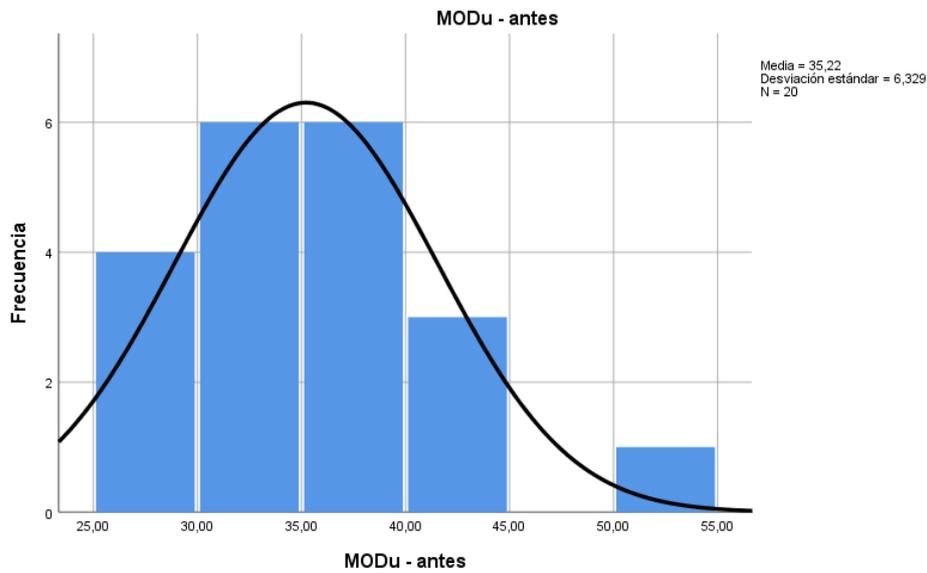
Análisis sobre los Costos de Mano de Obra Directa

Medidas	Costo MOD antes (Soles / TM ACP)	Costo MOD después (Soles / TM ACP)	Diferencia de Costos
Media	35.22	14.31	-20.91
Error estándar	1.42	0.94	1.34
IC 95% Límite Inferior	32.26	12.34	-23.71
IC 95% Límite Superior	38.18	16.28	-18.10
Asimetría	1.12	-1.28	-0.79
Curtosis	1.45	3.77	0.67

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13.

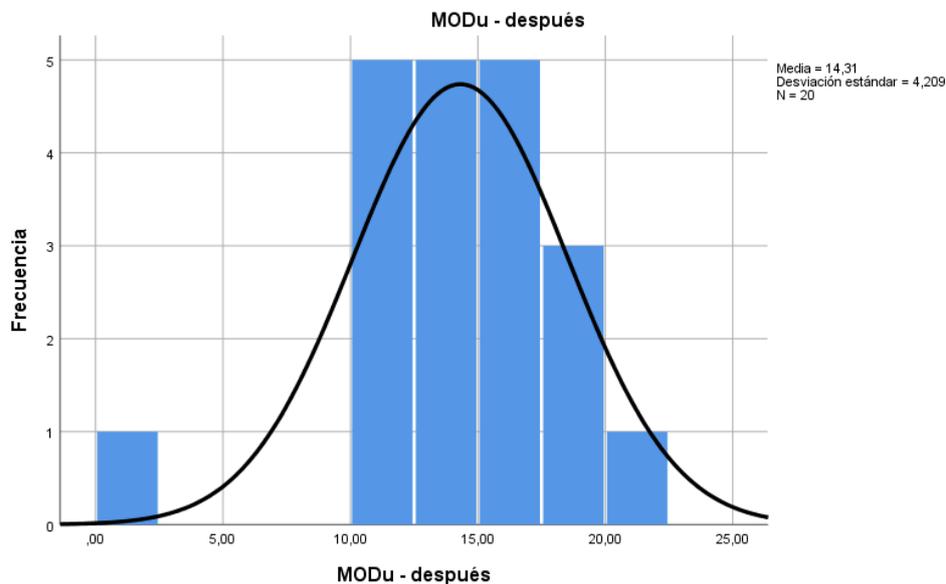
Distribución Normal Costos de Mano de Obra Directa - Histórico



Nota. En la figura se muestra una distribución normal de los costos de mano de obra directa históricos del proceso de extracción de Aceite Crudo de Palma. Fuente: Elaboración Propia

Figura 14.

Distribución Normal Costos de Mano de Obra Directa - Proyectoado



Nota. En la figura se muestra una distribución normal de los costos de mano de obra directa proyectado del proceso de extracción de Aceite Crudo de Palma. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 53 se obtiene que el costo unitario de mano de obra directa histórico asciende a 35.22 soles / TM ACP, asimismo, el costo proyectado asciende a 14.31 soles / TM ACP. En efecto se evidenció una reducción del costo unitario de mano de obra directa de 20.91 soles/TM ACP es decir una reducción del 59.37%. Asimismo, se pudo evidenciar que el costo unitario de mano de obra directa proyectado de la propuesta de cambio tecnológico se encuentra fuera del límite inferior del costo inicial, lo que nos permite asegurar que si existió una variación en los costos de mano de obra directa.

Por otro lado, de las figuras 13 y 14 se pudo apreciar que tanto el grupo de elementos de costos unitarios de mano de obra directa antes y después de la propuesta de cambio tecnológico corresponden a una distribución normal.

Costos Indirectos de Fabricación

Tabla 58

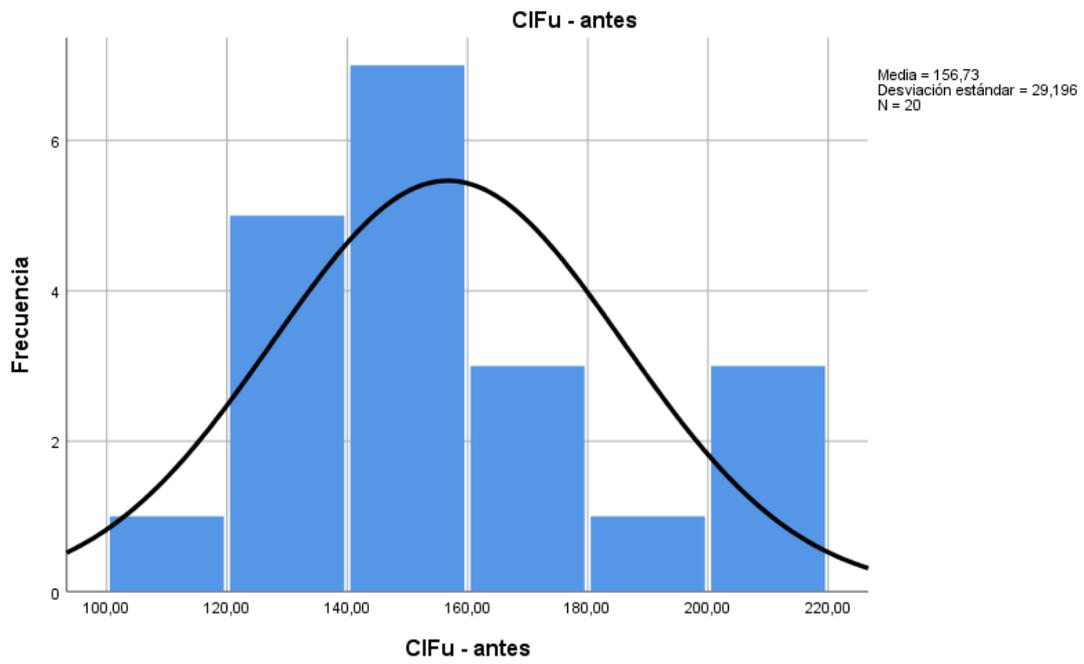
Análisis sobre los Costos Indirectos de Fabricación

Medidas	CIF antes (Soles / TM ACP)	CIF después (Soles / TM ACP)	Diferencia de Costos
Media	156.73	105.14	-51.59
Error estándar	6.53	3.55	6.45
IC 95% Límite Inferior	143.07	97.72	-65.09
IC 95% Límite Superior	170.39	112.56	-38.10
Asimetría	0.67	0.31	0.07
Curtosis	-0.59	-0.78	-0.53

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15.

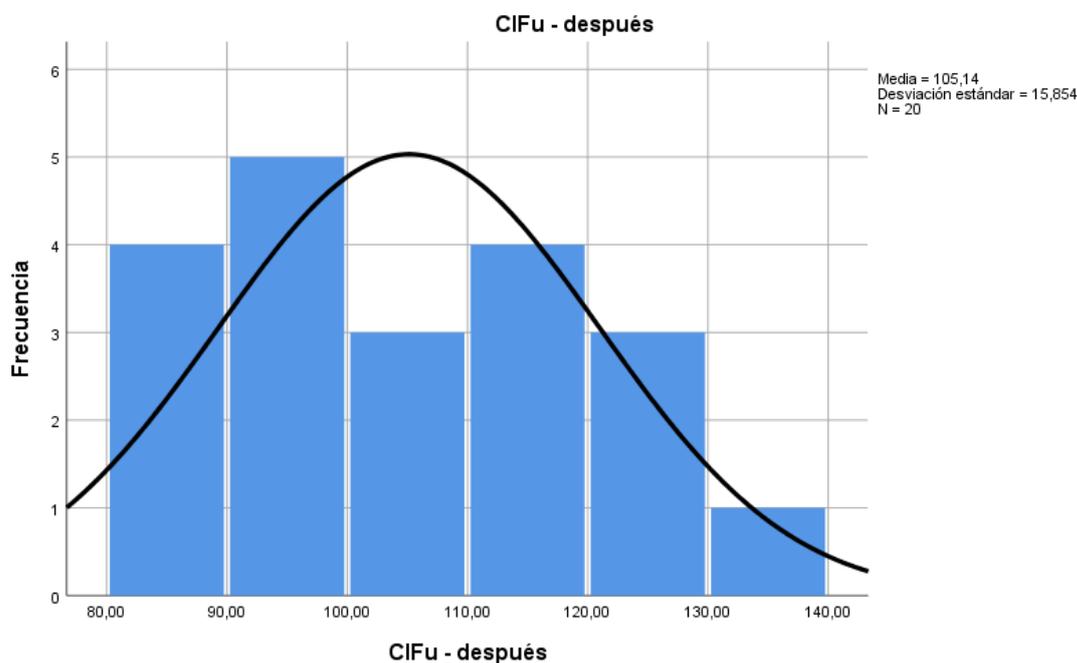
Distribución Normal Costos Indirectos de Fabricación - Histórico



Nota. En la figura se muestra una distribución normal de los Costos Indirectos de Fabricación históricos del proceso de extracción de Aceite Crudo de Palma. Fuente: Elaboración Propia

Figura 16.

Distribución Normal Costos Indirectos de Fabricación - Proyectado



Nota. En la figura se muestra una distribución normal de los Costos Indirectos de Fabricación proyectado del proceso de extracción de Aceite Crudo de Palma. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 54 se obtiene que los costos indirectos de fabricación unitarios históricos asciende a 156.73 soles / TM ACP, asimismo, el costo proyectado asciende a 105.14 soles / TM ACP. En efecto se evidenció una reducción de los costos indirectos de fabricación unitarios de 51.59 soles/TM ACP es decir una reducción del 32.92%. Asimismo, se pudo evidenciar que los costos indirectos de fabricación unitarios proyectados en la propuesta de cambio tecnológico se encuentra fuera del límite inferior del costo inicial, lo que nos permite asegurar que si existió una variación en los costos indirectos de fabricación unitarios.

Por otro lado, de las figuras 15 y 16 se pudo apreciar que tanto el grupo de elementos de los costos indirectos de fabricación antes y después de la propuesta de cambio tecnológico corresponden a una distribución normal.

Costos de Conversión

Tabla 59

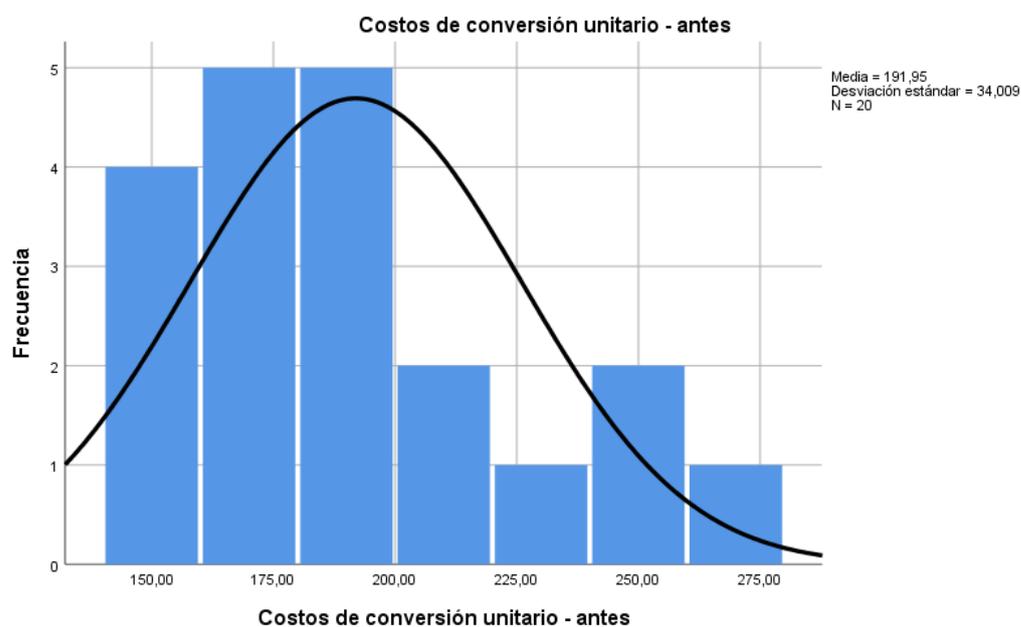
Análisis sobre los Costos de Conversión

Medidas	Costos de Conversión antes (Soles / TM ACP)	Costos de Conversión después (Soles / TM ACP)	Diferencia de Costos de Conversión
Media	191.95	119.45	-72.50
Error estándar	7.60	3.83	7.35
IC 95% Límite Inferior	176.03	111.42	-87.89
IC 95% Límite Superior	207.86	127.48	-57.11
Asimetría	0.78	0.27	-0.22
Curtosis	-2.5	-0.94	-0.41

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17.

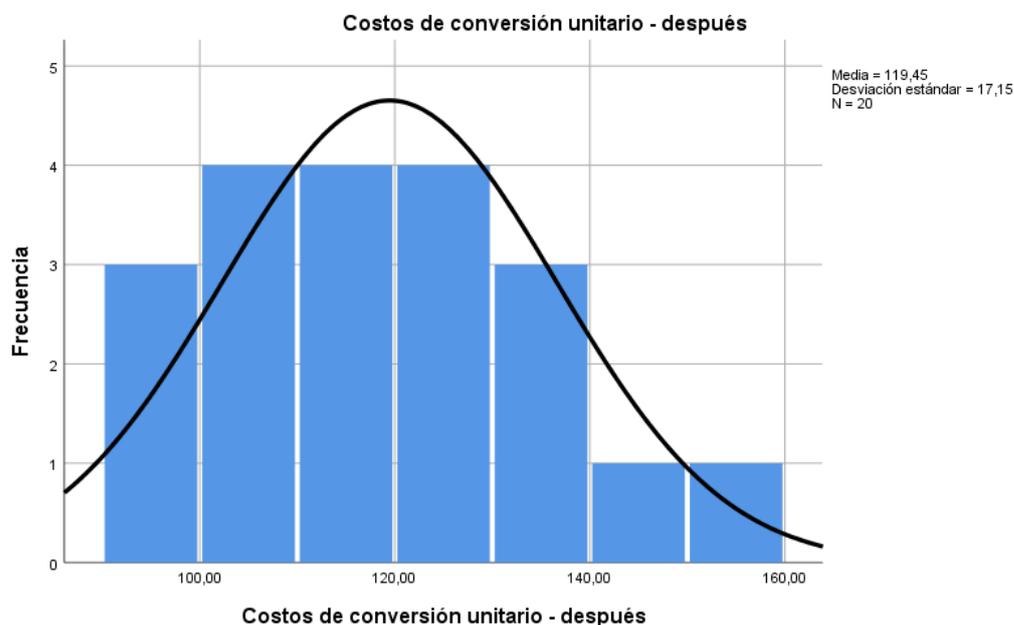
Distribución Normal Costo de Conversión - Histórico



Nota. En la figura se muestra una distribución normal de los Costos de Conversión histórico del proceso de extracción de Aceite Crudo de Palma. Fuente: Elaboración Propia

Figura 18.

Distribución Normal Costo de Conversión - Proyectado



Nota. En la figura se muestra una distribución normal de los Costos de Conversión proyectado del proceso de extracción de Aceite Crudo de Palma. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 55 se obtiene que los costos de conversión unitarios históricos ascienden a 191.95 soles / TM ACP, asimismo, el costo proyectado asciende a 119.45 soles / TM ACP. En efecto se evidenció una reducción los costos de conversión unitarios de 72.5 soles/TM ACP es decir una reducción del 37.77%. Asimismo, se pudo evidenciar que los costos de conversión unitarios proyectados en la propuesta de cambio tecnológico se encuentra fuera del límite inferior del costo inicial, lo que nos permite asegurar que si existió una variación en los costos de mano de obra directa.

Por otro lado, de las figuras 17 y 18 se pudo apreciar que tanto el grupo de elementos de los costos de conversión unitarios antes y después de la propuesta de cambio tecnológico corresponden a una distribución normal.

Análisis inferencial estadístico

Por otro lado, respecto a los resultados en el ámbito de la estadística inferencial se realizó la prueba de t de Student de una cola. Cabe mencionar que los datos después de la mejora corresponden a datos simulados, mientras que los datos antes de la propuesta corresponden a datos históricos.

Respecto al análisis inferencial sobre la hipótesis general:

H_0 : La propuesta de adaptación tecnológica no permite reducir los costos de conversión

H_1 : La propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión

Siendo el criterio de decisión que si el p_{valor} es menor que 0.05, la H_0 debe ser rechazada, caso contrario ser aceptada.

Tabla 60

Análisis inferencial de la hipótesis general

		Prueba de Levene		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Costo Conversión Unitario	Se asumen varianzas iguales	6,950	,012	8,512	38	,000	72,49900	8,51689	55,25745	89,74055
	No se asumen varianzas iguales			8,512	28,076	,000	72,49900	8,51689	55,05506	89,94294

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 56 se muestran los resultados del análisis inferencial de la hipótesis general del presente estudio. En primer lugar, a partir de la prueba de Levene se pudo verificar que la significancia (0.012) es menor que 0.05, lo que representa que las varianzas no son homogéneas. En consecuencia, se toman los valores de la segunda fila del análisis. Al respecto, el valor de la significancia resultado de la prueba t para una cola fue $p_{valor}=0,000/2$, un resultado menor a 0.05. En efecto, con este resultado rechazamos la hipótesis nula, del que interpretamos que la propuesta de adaptación tecnológica permitió reducir los costos de conversión. Es

preciso de indicar que este resultado guarda relación con lo evidenciado en el análisis estadístico descriptivo.

Respecto al análisis inferencial sobre la hipótesis específica 1:

H₀: La propuesta de adaptación tecnológica no permite reducir los costos de mano de obra directa

H₁: La propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de mano de obra directa

Siendo el criterio de decisión que si el p_{valor} es menor que 0.05, la H₀ debe ser rechazada, caso contrario ser aceptada.

Tabla 61

Análisis inferencial de la hipótesis específica 1

		Prueba de Levene		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
MOD Unitario	Se asumen varianzas iguales	3,373	,074	12,300	38	,000	20,90600	1,69964	17,46525	24,34675
	No se asumen varianzas iguales			12,300	33,054	,000	20,90600	1,69964	17,44826	24,36374

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 57 se muestran los resultados del análisis inferencial de la hipótesis específica 1 del presente estudio. En primer lugar, a partir de la prueba de Levene se puede verificar que la significancia (0.074) es mayor que 0.05, lo que representa que las varianzas son homogéneas. En consecuencia, se toman los valores de la primera fila del análisis. Al respecto, el valor de la significancia resultado de la prueba t para una cola fue $p_{valor}=0,000/2$, un resultado menor a 0.05. En efecto, con este resultado rechazamos la hipótesis nula, del que interpretamos que la propuesta de adaptación tecnológica permitió reducir los costos de mano de obra directa. Es preciso de indicar que este resultado guarda relación con lo evidenciado en el análisis estadístico descriptivo.

Respecto al análisis inferencial sobre la hipótesis específica 2:

H₀: La propuesta de adaptación tecnológica no permite reducir los costos indirectos de fabricación

H₁: La propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos indirectos de fabricación

Siendo el criterio de decisión que si el p_{valor} es menor que 0.05, la H₀ debe ser rechazada, caso contrario ser aceptada.

Tabla 62

Análisis inferencial de la hipótesis específica 2

		Prueba de Levene		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
CIF Unitario	Se asumen varianzas iguales	6,978	,012	6,945	38	,000	51,59300	7,42884	36,55410	66,63190
	No se asumen varianzas iguales			6,945	29,309	,000	51,59300	7,42884	36,40628	66,77972

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 58 se muestran los resultados del análisis inferencial de la hipótesis general del presente estudio. En primer lugar, a partir de la prueba de Levene se puede verificar que la significancia (0.012) es menor que 0.05, lo que representa que las varianzas no son iguales. En consecuencia, se toman los valores de la segunda fila del análisis. Al respecto, el valor de la significancia resultado de la prueba t para una cola fue $p_{valor}=0,000/2$, un resultado menor a 0.05. En efecto, con este resultado rechazamos la hipótesis nula, del que interpretamos que la propuesta de adaptación tecnológica permitió reducir los costos indirectos de fabricación. Es preciso de indicar que este resultado guarda relación con lo evidenciado en el análisis estadístico descriptivo.

V. DISCUSIÓN

En relación con el objetivo general el cual propuso determinar que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022, y en consideración a los análisis efectuados se demostró de manera estadística que de implementarse la propuesta de adaptación tecnológica se alcanzaría una reducción de los costos de conversión. Para complementar este resultado inferencial, en promedio se alcanzaría una reducción los costos de conversión unitarios de 72.5 soles/TM ACP, es decir una reducción promedio del 37.77%.

Este resultado guarda concordancia con otras experiencias en reemplazo de equipos. Tenemos por ejemplo a Pabon et al. (2020), quién aplicando su modelo de reemplazo tecnológico óptimo generó ahorros de hasta US\$ 9'941,372.04, al sustituir equipamiento médico. Asimismo, Pauca Mantilla (2019) que mostró mejoras en la productividad de las operaciones de acarrero en minería producto de la sustitución de volquetes, generando ahorros anuales de US\$ 3 451 082,40. Por otro lado, tanto Guerra & Montes de Oca (2020) y Olórtegui Rojas (2019), en sus investigaciones advierten de la reducción de productividad del equipamiento para minería producto de decisiones no oportunas sobre el reemplazo tecnológico: desgastes físico del equipamiento, averías parciales o totales, factor de inercia, vigencia tecnológica.

Es preciso de indicar que Febrina et al. (2019), en su investigación propuso parámetros óptimos de temperatura y presión para el proceso de esterilización en la extracción de aceite crudo de palma, produciendo ahorros en la disminución de pérdida de aceite. Al respecto, el cambio tecnológico a esterilización dinámica, optimiza los parámetros de temperatura y vapor permitiendo reducir el porcentaje de pérdidas menor de 1.60% que es el estándar en la empresa Industrial del Espino, a 1.40%, produciendo ahorros proyectados de hasta US\$ 273,000 anuales. Este resultado guarda relación con lo indicado por Azis (2010), que explora alternativas tecnológicas de esterilización que permitan reducir la pérdida de mermas hasta un indicador de 1.35% con respecto al RFF procesado, por la reducción de las pérdidas de aceite en fibra, raquis y efluente. Asimismo, se supera las expectativas de ahorros estimadas por según Guerrero Sanchez et al. (2020) de US\$ 130,000 al año estimado, en su investigación sobre 3 plantas de la zona norte de Colombia.

En relación con el objetivo específico determinar que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de mano de obra directa en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022, y en consideración a los análisis efectuados se demostró de manera estadística que de implementarse la propuesta de adaptación tecnológica se alcanzaría una reducción de los costos de mano de obra directa. Para complementar este resultado inferencial, en promedio se alcanzaría una reducción los costos de mano de obra directa unitarios de 20.91 soles/TM ACP, es decir una reducción promedio del 59.37%.

Es preciso indicar que Rizkya et al. (2020), en su investigación sobre las mermas en una planta de producción de aceite crudo de palma identificó hasta 13% de actividades que no agregaban valor al proceso, las cuales estaban relacionadas al transporte, inventario, movimiento y tiempos de espera. Al respecto, muchas de estas actividades son realizadas por operarios, lo que finalmente ocasiona mayores costos asignados al concepto de mano de obra. En contraste a ello, la propuesta de adaptación tecnología a un proceso de esterilización dinámico permite automatizar actividades anteriormente realizadas por personas, pudiendo optimizar el trabajo realizado por los operarios, reduciendo la cantidad de personal operativo requerido de 10 personas a dos personas por turno, así como los tiempos de supervisión del proceso de 100 min a 70 min, que involucra una disminución de dedicación.

Asimismo, el nuevo planteamiento de la distribución de planta reduce las mermas de desplazamiento de 239.7 a 157 metros por ciclo de proceso 34% menos, así como en aproximadamente el 50% los costos de desplazamiento. En efecto, con dichos cambios se reducen los costos de mano de obra directa de manera significativa.

En relación con el objetivo específico determinar que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos indirectos de fabricación en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022, y en consideración a los análisis efectuados se demostró de manera estadística que de implementarse la propuesta de adaptación tecnológica se alcanzaría una reducción de los costos indirectos de fabricación. Para complementar este resultado inferencial, en promedio se alcanzaría una reducción los costos indirectos de

fabricación unitarios 51.59 soles/TM ACP, es decir una reducción promedio del 32.92%.

Este resultado guarda concordancia con otras experiencias en sustitución de equipos. Tenemos por ejemplo a Peña Alva (2019), quién alcanzó a reducir costos asociado al mantenimiento y reparaciones de equipos de minería a partir del monitoreo de los periodos de sustitución óptimos de equipos. Cabe mencionar que se usaron KPI's sistematizados para el monitoreo de los periodos de sustitución óptimos de equipos.

Asimismo, Braglia et al. (2019) que implementaron acciones para la reducción de los costos de energía a partir de la clasificación, análisis y eliminación de mermas de energía en una fábrica. En contraste a ello, la propuesta de adaptación tecnología a un proceso de esterilización dinámica es más eficiente a nivel de consumo de energía eléctrica y vapor, en comparación de las otras opciones disponibles, incluido el proceso de esterilización horizontal. En efecto, la adopción del proceso de esterilización dinámica para Industrias del Espino significaría una reducción del consumo de vapor de 250 - 300 Kg vapor /TM de RFF a 120 – 150 Kg vapor/TM de RFF, lo que representa un 50% de ahorro de consumo de vapor por TM de RFF. Por otro lado, el tiempo de duración del proceso se reduce en 30%, lo que implica menores costos en uso de energía eléctrica.

Es preciso indicar que, a diferencia de las investigaciones encontradas en el estado del arte, esta investigación demostró la factibilidad económica del proyecto la implementación del proceso de estilización dinámica, evaluado en un periodo de 10 años. En efecto, se determinó la viabilidad del proyecto de sustitución tecnológica en Industrias del Espino con un valor actual neto de US\$ 808,099. Asimismo, se determinó que el proyecto resulta rentable respecto al promedio de las inversiones de la empresa, obteniendo una tasa interna de retorno de 21%, superior al costo de oportunidad de la empresa establecido en 15%. Además, se obtuvo un payback de 4.06 años, que puede considerarse un corto periodo para la recuperación de la inversión de tal magnitud.

En línea de lo anterior se estableció los hitos y las actividades de ejecución del proyecto de implementación del proceso de esterilización dinámica, los cuales fueron presentados en un cronograma de ejecución de proyecto.

Por otro lado, cabe mencionar que esta investigación tuvo como fortaleza principal la disponibilidad de acceso a la información de la empresa Industria del Espino por parte del investigador, lo que permitió tener una profunda comprensión de los procesos, acceso a la información almacenadas en las bases de datos de la empresa y la oportunidad de ponerse en contacto con especialistas de amplia experiencia de planta. Otra fortaleza que tuvo el desarrollo de la investigación, es la experiencia del investigador de más de 15 años como supervisor de diversas plantas de extracción de aceite crudo de palma.

Por otro lado, la presente investigación tuvo como principal limitación la escasez de investigaciones científicas sobre adaptación tecnológica en procesos de extracción de aceite crudo de palma en el ámbito industrial, por lo cual se tuvo que usar la información disponible sobre la materia y sobre otras industrias relevantes disponibles que pudieron asemejarse.

De lo expuesto, se evidenció que la investigación entrega resultados relevantes para la sociedad y para comunidad científica. Respecto al primer actor, se contribuye con propuestas de estrategias de solución como es el cambio de tecnología para disminuir los costos de conversión en la extracción de aceite crudo de palma, que devenga en mejora en ingresos de las empresas refinadoras y en mayores beneficios para sus trabajadores, asimismo, en la reducción de mermas. Respecto al segundo actor, la investigación aporta al estado del arte a fin que la comunidad científica se interese en profundizar mayores investigaciones en la industria de aceite crudo de palma, que según lo evidenciado en la introducción tiene un alto grado de potencial en nuestro país.

VI. CONCLUSIONES

Primera: El resultado estadístico demostró que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022. En efecto, se encontró que en promedio se alcanzaría una reducción los costos de conversión unitarios de 72.5 soles/TM ACP, es decir una reducción del 37.77%. Asimismo, la estadística inferencial nos permite concluir que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión. Al respecto, se realizó la evaluación de las tecnologías disponibles, justificando el reemplazo tecnológico del proceso de esterilización de una tecnología de esterilización horizontal por una tecnología de esterilización dinámica. Aunado a esto se realizó la evaluación de la implementación técnica, con la elaboración de un Diagrama de Análisis de Procesos antes y post implementación, así como la mejora en la distribución de la planta a fin de reducir distancias, tiempos y costos de desplazamiento. También se evidenció la reducción del porcentaje de las pérdidas de Aceite Crudo de Palma por el cambio tecnológico en 0.2% respecto al estándar.

Segunda: El resultado estadístico demostró que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de mano de obra directa en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022. En efecto, se encontró que en promedio se alcanzaría una reducción los costos de mano de obra directa unitarios de 20.91 soles/TM ACP, es decir una reducción del 59.37%. Asimismo, la estadística inferencial nos permite concluir que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de mano de obra directa.

Tercera: El resultado estadístico demostró que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos indirectos de fabricación en una planta de extracción de aceite crudo de palma en la región de San Martín 2022. En efecto, se encontró que en promedio se alcanzaría una reducción los costos de conversión unitarios de 51.59 soles/TM ACP, es decir una reducción del 32.92%. Asimismo, la

estadística inferencial nos permite concluir que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos indirectos de fabricación.

VII. RECOMENDACIONES

Primera: En relación con el hallazgo de que la propuesta de adaptación tecnológica permitió reducir los costos de conversión, se recomienda a la empresa privada Industria del Espino SA pueda incluir en su portafolio de inversiones al proyecto de implementación de un esterilizador dinámico, toda vez que se ha demostrado técnica y económicamente que es una alternativa viable y rentable. Asimismo, se recomienda complementar la presente investigación con un análisis financiero del proyecto, a fin de determinar las mejores fuentes de financiamiento para el proyecto y sus ratios de viabilidad y rentabilidad financiera.

Segunda: En relación con el hallazgo de que la propuesta de adaptación tecnológica permitió reducir los costos de mano de obra directa, se recomienda a la empresa privada Industria del Espino que pueda reasignar los recursos humanos liberados a otras operaciones de la planta. Asimismo, toda vez que se redujo la cantidad de mano de obra, se recomienda instruir al personal operador de los equipos en las herramientas de mantenimiento autónomo para garantizar el mantenimiento oportuno de sus equipos asignados.

Tercera: En relación con el hallazgo de que la propuesta de adaptación tecnológica permitió reducir los costos indirectos de fabricación, se recomienda a la empresa privada Industria del Espino que implemente herramientas como el Mantenimiento Productivo Total – TPM, con la finalidad de evitar averías y mermas energéticas.

Cuarta: En referencia al resultado principal de la investigación en la que determinó que la propuesta de adaptación tecnológica permite reducir los costos de conversión en una planta de extracción de aceite crudo de palma, se recomienda a la comunidad académica desarrollar mayores investigaciones en la industria de la palma aceitera, a nivel de mejora de procesos y nuevas tecnologías, toda vez que se evidencian un importante crecimiento en la producción y exportaciones peruanas, sin embargo, nos encontramos relegados a nivel regional.

REFERENCIAS

- Abdulsalam, M., Che Man, H., Isma Idris, A., Faezah Yunos, K., & Zainal Abidin, Z. (2018). Treatment of Palm Oil Mill Effluent Using Membrane Bioreactor: Novel Processes and Their Major Drawbacks. *Water*. Vol 10 (9), 2-46. Doi: 10.3390/w10091165.
- Acosta Rodríguez, G. A., Arias, J. P., & Acosta Chinchilla, J. M. (2021). Estandarización del proceso de extracción de aceite de *Mauritia flexuosa* del Guaviare, Colombia. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.23850/24220582.3249>.
- Acuña, L. A. (2020). *La Investigación Científica. Una aproximación a los estudios de posgrado*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.
- Albornoz, C., Berón, M., & Montejano, G. (2019). Métodos y técnicas de evaluación de interfaz gráfica de usuario. *XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 505-510. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/76941>.
- Alegría Sandoval, N., & Pashanasi Pua, K. (2019). Costo por procesos en la producción de aceite crudo de palma y la rentabilidad de la empresa INDUPALSA. Caynarachi, 2017. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39618>.
- Anaya Aldana, R. &. (2018). Evaluación económica y financiera de las alternativas de uso de los residuos de la materia prima de una planta industrial de extracción de aceite de palma. *Dictamen Libre Vol 1 (22)*, 77-89. DOI: <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.22.5029>.
- Anaya, P. (2018). Análisis de la eficiencia, pérdida total y costos para la optimización del proceso de extracción de aceite de palma en las empresas de la zona central palmera de Colombia. *Universidad Autónoma de Bucaramanga*, <http://hdl.handle.net/20.500.12749/2130>.
- Arévalo Ramírez, A., Esquivel Ríos, M. P., & Soto Luna, D. (2019). Instalación de una planta extractora de aceite de crudo de palma en Yurimaguas, Alto Amazonas, Loreto. <http://hdl.handle.net/11354/2568>.
- Azis Ariffin, A. (2010). Proceso mejorado de esterilización para aumentar la tasa de extracción de aceite de palma. *Palmas*. Vol 31 (1), 19–28.
- Baptista, P. F. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Bhimani, A., Horngren, C., Datar, S., & Rajan, M. (2019). *Management and cost accounting*. United Kingdom: Pearson.
- Congreso de la República del Perú. (02 de Julio de 2021). Ley N° 31250, Ley del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SINACTI). Lima, Perú, Lima.
- Contreras Lozano, M. E. (2018). Análisis del proceso de extracción del aceite de palma bajo la filosofía del análisis de ciclo de vida en la cooperativa palmas Risaralda COOPAR. *Universidad de Pamplona – Facultad de Ingenierías y Arquitectura*, Recuperado de: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1940>.

- Datar, S., & Rajan, M. (2018). *Horngren's cost accounting : a managerial emphasis*. England: Pearson.
- Desai, A., & Mital, A. (2018). *Production Economics: Evaluating Costs of Operations in Manufacturing and Service Industries*. Estados Unidos: CRC Press.
- Díaz Rangel, C. A. (2017). Plan de Excelencia Industrial y estudio de los principales indicadores de desempeño en plantas de beneficio piloto en Colombia. *Palmas Vol 37(2)*, 57-68. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11921>.
- Díaz Rodríguez, O. M., García Núñez, J. A., Hernández Mancipe, C., Prada Castró, J. R., & Granados Granados, J. F. (2007). Evaluación a escala piloto de ciclos de esterilización con racimos de fruto de palma desespigados. *Cenipalma. Vol 145 (1)*, 1-4.
- Díaz, C., Guevara, F., Barrera Hernandez, J., Rugeles, A., & Montero, J. (2013). Modelo para medición de eficiencia real de producción y administración integrada de información en Planta de Beneficio. *Boletín técnico No. 33*, 10.13140/2.1.4560.9283.
- Drury, C. (2021). *Management and Cost Accounting, 11th Edition*. United Kingdom: Cengage Learning.
- ESAN Business. (16 de 01 de 2023). *Costos de inversión y de operación en la formulación de un proyecto*. Obtenido de ESAN Business: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/costos-de-inversion-y-de-operacion-en-la-formulacion-de-un-proyecto#:~:text=Los%20costos%20de%20inversi%C3%B3n%2C%20llamados,%22en%20marcha%22%20u%20operativo>
- Esteban Nieto, N. (2018). Tipos de Investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán*, <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>.
- Febrina, W., Yusrizal, & Abrar, A. (2019). Minimization of palm oil losses on sterilization process by optimization boiling pressure and boiling time. *Journal of Physics Conference Series. Vol 1339 (12)*, 1-7. Doi: 10.1088/1742-6596/1339/1/012089.
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2017). *Principales cifras de la Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia 2012-2016*. Colombia: FEDEPALMA.
- Foong, S. Z., Ling Lam, Y., Andiappan, V., Yee Foo, D. C., & K. S. Ng, D. (2018). A Systematic Approach for the Synthesis and Optimisation of Palm Oil Milling Processes. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 1-36. Doi: 10.1021/acs.iecr.7b04788.
- GARCÍA CHACÓN, D. M., & PEÑAFIEL BARZOLA, M. N. (2022). DISEÑO DE UN MANUAL DE FUNCIONES PARA EL DEPARTAMENTO DE TALENTO HUMANO DE LA EMPRESA AVÍCOLA SAN ISIDRO S.A AVISID. *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Tesis de Grado*, 11-13. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60966>.
- García Núñez, J. A., Chaparro T., D. C., Ramírez C., N. E., Caballero B., K., Díaz, C. A., Cortés, I. L., . . . Cuellar, M. (2022). Productividad y calidad de aceite, retos para el sector palmero colombiano. *Palmas Vol 43(1)*, 64-75. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13746>.
- González-Cárdenas, A. (2016). La agroindustria de la palma de aceite en América. *Revista Palmas Vol. 37 (2)*, 215-228.

- GREPALMA. (2019). III Congreso Palmero. *Innovación tecnológica y nuevas oportunidades en la industria del aceite de palma*. Guatemala.
- Grupo Palmas. (22 de Diciembre de 2022). *Acerca de Nosotros: Grupo Palma*. Obtenido de Grupo Palma Web Site: https://www.palmas.com.pe/nuestras_historias
- Guerra-López, E., & Montes de Oca-Risco, A. (2019). Relationship between the productivity, the maintenance and the replacement in the large mining. *Bol. cienc. tierra*. Vol. 45(1), Doi: 10.15446/rbct.n45.68711.
- Guerrero Sánchez, A. E., Muñoz Zambrano, H. S., Obando Coral, D. d., Marsiglia R., E. A., Gantiva S., J. C., Muñoz M., J. A., . . . Mosquera Montoya, M. (2020). Estimación de los costos de extracción de aceite de palma *E. guineensis* en 2019 para plantas de beneficio ubicadas en la Zona Norte. *Palmas*. Vol 41(3), 24-36. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13229>.
- Hernández-Sampieri, R. y. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Hock, T. K., Chala, G. T., & Cheng, H. H. (2020). An innovative hybrid steam-microwave sterilization of palm oil fruits at atmospheric pressure. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Vol 60 (3), 1-7. Doi: 10.1016/j.ifset.2020.102289.
- index mundi. (20 de Diciembre de 2022). *Aceite de palma - Precio Mensual - Precios de Materias Primas*. (s/f). Obtenido de Indexmundi.com: <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palma>
- Industrias Acuña LTDA. (7 de Enero de 2022). *Nuestros Productos Industrias Acuña LTDA*. Obtenido de Industrias Acuña LTDA Web Site: <https://inal.com.co/producto/esterilizador-dinamico/>
- INFOAGRO. (28 de Diciembre de 2022). *INFOAGRO, Toda la agricultura en la red*. Obtenido de CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.): https://infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_aceite2.htm
- Jimenez, G., Santos, G., Sá, J. C., Ricardo, S., Pulido, J., Pizarro, A., & Hernández, H. (2019). Improvement of Productivity and Quality in the Value Chain through Lean Manufacturing – a case study. *Procedia Manufacturing*. Vol. 41 , 882-889. Doi: 10.1016/j.promfg.2019.10.011.
- Junquera, M. (2020). Expansión de cultivos industriales en el sudeste asiático:El caso de la palma aceitera en Indonesia y Malasia. *Revista Huellas, Volumen 24 (1), Instituto de Geografía, EdUNLPam: Santa Rosa*, 53-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/huellas-2020-2404>.
- Kimán, S., Supriyanto, Dwi , S., Arief AR. , S., Intan, S., & Solihati. (2022). Development Software to Evaluate Environmental Impact for Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq) Industry using Life Cycle Assessment Approach in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Volume 1038 (1), 12010 ; ISSN 1755-1307 1755-1315. Doi: 10.1088/1755-1315/1038/1/012010.

- Leela, D., & Nur, S. (2019). Processing technology POME-pond in Indonesia: A mini review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol 365 (11), 2-9. Doi: 10.1088/1755-1315/365/1/012009.
- Makky, M., Cherie, D., & Ardianto, A. (2020). Oil palm FFB dry heat sterilization through electromagnetic radiation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Vol 583(10), 1-9. Doi: 10.1088/1755-1315/583/1/012028.
- Mohd Nadzim, U. (2020). Factores que contribuyen a las pérdidas de aceite en el proceso de producción de aceite de palma crudo en Malasia: Una revisión. *International Journal of Biomass and Renewables*. Vol 9 (1), 10-24.
- Mohd Nadzim, U. K., Yunus, R., Omar, R., & Lim, B. Y. (2020). Factors Contributing to Oil Losses in Crude Palm Oil Production Process in Malaysia: A Review. *International Journal Of Biomass And Renewables*. Vol 9(1), 10-24. Recuperado de: <https://myjms.mohe.gov.my/index.php/ijbr/article/view/7706>.
- Moreno Calderón, J. A. (2021). Modelo para la evaluación multicriterio de tecnologías en salud. *Universidad Nacional de Colombia*, 21-23. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79897>.
- Moreno-Vasquez, P., Calvillo-Valdez, O. D., & Becerra-Reyes, H. d. (2018). Elements that benefit the reduction of the cycle time of a production line: Level of affectation of a good distribution of plant. *Revista de Operaciones Tecnológicas*. Vol 2 (5), 1-9.
- Mosquera-Montoya, M., Ruiz-Álvarez, E., Munévar, D. A., Moreno, L., Estupiñán, M., Guerrero, A. E., . . . Sierra, S. M. (2021). Costos de producción 2020 para empresas benchmark de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. *Palmas* Vol 42(4), 8-20. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/358003713_Costos_de_produccion_2020_para_empresas_benchmark_de_la_agroindustria_de_la_palma_de_aceite_en_Colombia.
- Mucha, L., Chamorro, R., Oseda, M., & Alania, R. (2021).). Evaluación de procedimientos para determinar la población y muestra: según tipos de investigación. *Desafíos*. Vol 12(1), 44-51. Doi: 10.37711/desafios.2021.12.1.253.
- Muto Lubota, D., González Suárez, E., Hernández Pérez, G. D., Miño Valdés, J. E., & González Herrera, I. (2018). Inversiones en biodiesel de aceite de palma africana para el reciclado de aluminio en Cabinda Angola. *Visión de Futuro*. Vol. 22(1), 71-93.
- Olórtogui Rojas, J. M. (2019). Modelo de reemplazo de equipos en minería subterránea para realizar el cambio de las máquinas perforadoras en la empresa minera santa bárbara de Trujillo S.A.C. - 2018. *Universidad Antunez de Mayolo. Tesis de Grado*, Reportado: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3484>.
- Omar, A. M., Tengku, N., Asmah, M., Badrulhisham, Z., Easa, A. M., Omar, F. M., & Hossain, M. S. (2018). Implementation of the supercritical carbon dioxide technology in oil palm fresh fruits bunch sterilization: A review. *Journal of CO2 Utilization*. Vol 25 (5), 205-215. Doi: 10.1016/j.jcou.2018.03.021.
- Pabon, A., Gaviria, L. A., Wilches, Á. M., & Bravo, J. J. (2018). Análisis causal de reemplazo de equipos médicos radiológicos a causa de obsolescencia tecnológica. *Revistas Espacios*. Vol. 39 (26), 1-14. Recuperado de: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n26/18392609.html>.

- Pauca Mantilla, M. D. (2019). Selección y reemplazo de equipo de acarreo para optimizar tiempos y reducir costos operativos - MINA PARCOY CONSORCIO MINERO HORIZONTE - JJD CONTRATISTAS S.A.C. *Universidad Nacional San Agustín. Tesis de Grado.*, Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8672>.
- Penagos, W. (2022). PROPUESTA DE NEGOCIO PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ACEITE DE PALMA EN COLOMBIA. *FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Tesis de grado*, 66-67. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8814>.
- Peña Alva, D. A. (2019). Análisis para la selección y remplazo de volquetes de 25 m³ de capacidad para la optimización del acarreo y transporte en la operación minera - mina los Andes Peru Gold - Huamachuco. *Universidad Nacional de trujillo. Tesis de Grado*, Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12149>.
- Pérez, V. (2020). Fundamentos terotecnologicos para reemplazo de equipos industriales en la gestion de activos. *Revista Ingeniería Industrial. Vol. 19 (1)*, 57-74. Doi: 10.22320/S07179103/2020.4.
- Ramirez Avila, F. A. (2020). I costeo de la mano de obra directa y su influencia en la rentabilidad de CHR Hansen S. A., Ate, 2019. *Repositorio de la Universidad Privada del Norte.*, 22-23. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11537/29706>.
- Rizkya, I., Syahputri, K., Sari, R., & Situmorang, D. (2020). Lean Manufacturing: Waste Analysis in Crude Palm Oil Process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 851*, 1-7. Doi: doi:10.1088/1757-899X/851/1/012058.
- Salamah, S., & Sarah, M. (2019). Process Optimization to Preserve β -Carotene During Palm Fruit Irradiation. *Journal of Physics Conference Series. Vol 1235(6)*, 1-9. Doi: 10.1088/1742-6596/1235/1/012066.
- Shi, Y., Wang , X., & Zhu, X. (2020). Lean manufacturing and. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69. doi:10.1108/ijppm-03-2018-0117
- Sigaudó, D., & Terre, E. (2018). El mercado mundial de aceites vegetales: situación actual y perspectivas. . *Informativo Semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario.*, Recuperado de <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativosemanal/el-mercado-10>.
- The Observatory of Economic Complexity. (25 de agosto de 2022). *Aceite crudo de Palma*. Obtenido de The Observatory of Economic Complexit: <https://oec.world/es/profile/hs/palm-oil-crude>
- Torres Soto, K. J., Florez Peña, L. S., Sanchez, C. W., & Castañeda, N. (2020). SLP Methodology for Plant Distribution in Glue Laminated Guadua (GLG) manufacturing companies. *Revista Ingeniería. Vol 25 (2)*, 103-116. Doi: 10.14483/23448393.15378.
- Tsarouhas, P. (2018). Improving operation of the croissant production line through overall equipment effectiveness (OEE). *International Journal of Productivity and Performance Management*, 88-108. Doi: 10.1108/IJPPM-02-2018-0060.
- Uribe M., L. D. (1999). Eficiencia en la recuperación de aceite: efecto de las prácticas agronómicas y el proceso industrial en la tasa de recuperación de aceite (tea). *Palmas. Vol 20(2)*, 31–

39. Recuperado a partir de
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/698>.

Vásquez Buenaño, E. X. (2020). Diseño de una metodología para la determinación del costo de producción unitario de los productos finales derivados del aceite crudo de palma con el propósito de saber la rentabilidad por la línea de negocio en las principales industrias aceiteras. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19451>.

Wetri Febrina, Y., & Aidil Abrar. (2019). Minimization of palm oil losses on sterilization process by optimization boiling pressure and boiling time. *International Conference Computer Science and Engineering*, Doi: 10.1088/1742-6596/1339/1/012089.

Yi Chia, W., Yee Chong, Y., Wayne Chew, K., & Vimali, E. (2020). Outlook on biorefinery potential of palm oil mill effluent for resource recovery. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol 8 (6), 1-79 .Doi: 10.1016/j.jece.2020.104519.

ANEXO

Anexo 1. Herramientas de Calidad

Tabla 1

Exportaciones Peruanas de Aceite crudo de palma entre los años 2010-2020

Año	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Exportaciones (Miles dólares)	22	20,600	48,100	12,500	23,300	20,600	31,700	38,200	52,100

Para Arévalo Ramírez et al. (2019), en Yurimaguas resulta viabilidad y rentable la instalación de plantas de fabricación de aceite de palma. Es preciso indicar que puso en evidencia que existe garantía de disponibilidad de suministro y esta no implica incrementar las plantaciones agrícolas.

Figura 1

Diagrama de Espina de Pescado



Nota. La figura evidencia las principales causas a la problemática de altos costos de producción en la planta de extracción de aceite de crudo de palma. Elaboración propia.

Tabla 2

Matriz de Correlación

N°	Causas que originan los altos costos de producción	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	Correlación
1	Manuales de procedimiento desactualizados	C1	3	0	0	0	1	3	3	0	0	0	0	3	0	13
2	Mantenimiento preventivo y predictivo inadecuado	C2	0	1	0	0	0	3	0	3	0	0	1	5	3	16
3	Calibración de instrumentos de medición	C3	0	3	0	0	0	3	0	3	0	0	0	1	0	10
4	Alta rotación de personal de planta	C4	1	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	8
5	Personal con resistencia al cambio	C5	3	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	8
6	Deficientes métodos de entrenamiento al personal nuevo	C6	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10
7	Mermas de aceite por encima del estándar	C7	0	5	3	0	0	3	0	5	3	3	0	5	3	30
8	Deficiencias en el levantamiento de datos (registros de control de proceso).	C8	0	0	0	3	1	3	0	0	0	0	0	0	3	10
9	Difícil adquisición de repuestos y equipos de reemplazo	C9	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	18
10	Alta generación de efluentes contaminantes	C10	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	10
11	Alta generación de RRSS (racimos vacíos con contenido de grasa).	C11	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	10
12	Alto consumo de energía eléctrica	C12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	8
13	Tecnología desfasada en proceso de extracción	C13	1	5	5	0	0	5	0	5	3	5	3	5	5	37
14	Procesos con mucha intervención del personal (semiautomático)	C14	1	5	5	0	0	0	0	5	0	0	3	5	5	24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Tablas de Valoración Total

N°	Causas que originan los altos costos de producción	Puntaje correlacional	Frecuencia	Ponderado total
1	Manuales de procedimiento desactualizados	13	1	13
2	Mantenimiento preventivo y predictivo inadecuado	16	3	48
3	Calibración de instrumentos de medición	10	3	30
4	Alta rotación de personal de planta	8	1	8
5	Personal con resistencia al cambio	8	1	8
6	Deficientes métodos de entrenamiento al personal nuevo	10	1	10
7	Mermas de aceite por encima del estándar	30	5	150

8	Deficiencias en el levantamiento de datos (registros de control de proceso).	10	1	10
9	Difícil adquisición de repuestos y equipos de reemplazo	18	5	90
10	Alta generación de efluentes contaminantes	10	1	10
11	Alta generación de RRSS (racimos vacíos con contenido de grasa).	10	5	50
12	Alto consumo de energía eléctrica	8	3	24
13	Tecnología desfasada en proceso de extracción	37	5	185
14	Procesos con mucha intervención del personal (semiautomático)	24	5	120

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

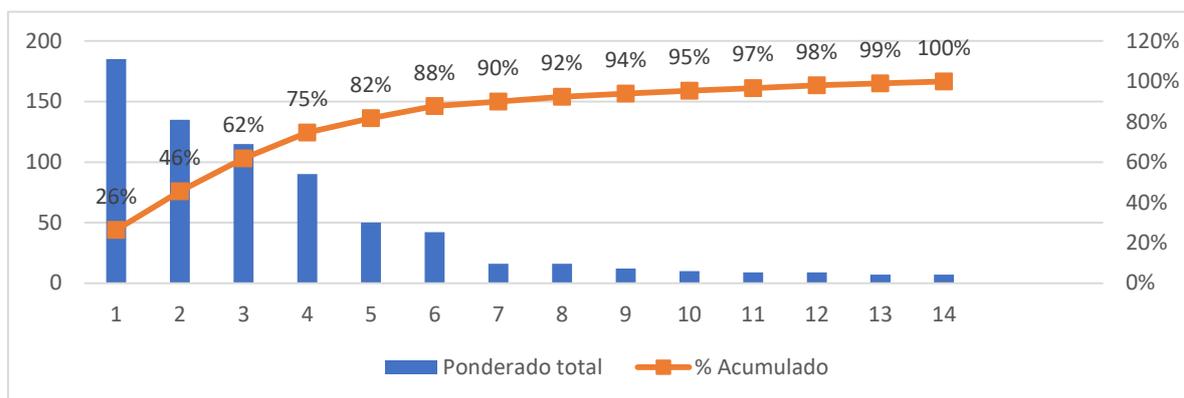
Tabulación de Datos

N°	Causas que originan los altos costos de producción	Ponderado total	%	Acumulado	% Acumulado
1	Tecnología desfasada en proceso de extracción	185	24%	185	24%
2	Mermas de aceite por encima del estándar	150	20%	335	44%
3	Procesos con mucha intervención del personal (semiautomático)	120	16%	455	60%
4	Difícil adquisición de repuestos y equipos de reemplazo	90	12%	545	72%
5	Alta generación de RRSS (racimos vacíos con contenido de grasa).	50	7%	595	79%
6	Mantenimiento preventivo y predictivo inadecuado	48	6%	643	85%
7	Calibración de instrumentos de medición	30	4%	673	89%
8	Alto consumo de energía eléctrica	24	3%	697	92%
9	Manuales de procedimiento desactualizados	13	2%	710	94%
10	Deficientes métodos de entrenamiento al personal nuevo	10	1%	720	95%
11	Deficiencias en el levantamiento de datos (registros de control de proceso).	10	1%	730	97%
12	Alta generación de efluentes contaminantes	10	1%	740	98%
13	Alta rotación de personal de planta	8	1%	748	99%
14	Personal con resistencia al cambio	8	1%	756	100%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2

Diagrama de Pareto



Nota. En el diagrama se puede observar las seis causas que ejercen la mayor influencia sobre los elevados costos de conversión en la planta de extracción: Tecnología desfasada en proceso de extracción, Mermas de aceite por encima del estándar, Procesos con mucha intervención del personal (semiautomático), Difícil adquisición de repuestos y equipos de reemplazo y la Alta generación de RRSS (racimos vacíos con contenido de grasa). Elaboración propia.

Tabla 5.

Agrupamiento de las causas en relación a las Áreas

Causas que originan los altos costos de producción	Escala de ponderación	Áreas	Puntuación
Tecnología desfasada en proceso de extracción	185	1. Producción	569
Mermas de aceite por encima del estándar	150		
Procesos con mucha intervención del personal (semiautomático)	120		
Alta generación de RRSS (racimos vacíos con contenido de grasa).	50		
Calibración de instrumentos de medición	30		
Alto consumo de energía eléctrica	24		
Alta generación de efluentes contaminantes	10		
Manuales de procedimiento desactualizados	13	2. Gestión	49
Deficientes métodos de entrenamiento al personal nuevo	10		
Deficiencias en el levantamiento de datos (registros de control de proceso).	10		
Alta rotación de personal de planta	8		
Personal con resistencia al cambio	8	3. Mantenimiento	138
Difícil adquisición de repuestos y equipos de reemplazo	90		
Mantenimiento preventivo y predictivo inadecuado	48		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Alternativas de Solución

Alternativas	Solución al problema	Costo de aplicación	Facilidad de Ejecución	Tiempo de Ejecución	Total
Adaptación tecnológica	2	1	2	1	6
Six Sigma	1	2	1	1	5
Gestión por procesos	1	1	2	1	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Matriz de priorización de causas

Consolidación de causas por áreas	Mano de Obra	Máquinas	Materiales	Mediciones	Medio Ambiente	Método	Nivel de Criticidad	Total general	Porcentaje	Prioridad	Medidas a Tomar
Producción	120	185	150	30	84		Alto	569	75%	1	Adaptación Tecnológica
Mantenimiento		138					Medio	138	18%	2	Six Sigma
Gestión	26			10		13	Bajo	49	6%	3	Gestión por procesos
Total general	146	323	150	40	84	13	-	756			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Determinación de Pesos para los Criterios de Calificación

Tipos de criterios	Criterios	Costo Incurrido en el proceso soles	Peso relativo (%)	Factor de conversión (%)	Peso de Criterio (%)
Pérdidas de aceite en etapas esterilizado y escobajo.	Tiempo de ciclo esterilización	16.91	6%	80%	5.00%
	Pérdida de aceite en escobajo (tusas).	49.39	18%	80%	14.00%
Número de personas necesarias para operar.	Número de personas necesarias para operar.	34.56	12%	80%	10.00%
	Consumo de vapor	18.76	7%	80%	5.00%
Costos indirectos de fabricación	Consumo de energía eléctrica	5.10	2%	80%	1.00%
	Costos mantenimiento y otros CIF.	152.06	55%	80%	44.00%
Sub Total		276.78	100%	80%	80.00%
Costo de inversión	Costo de inversión	-	20%	100%	20%
TOTAL					100%

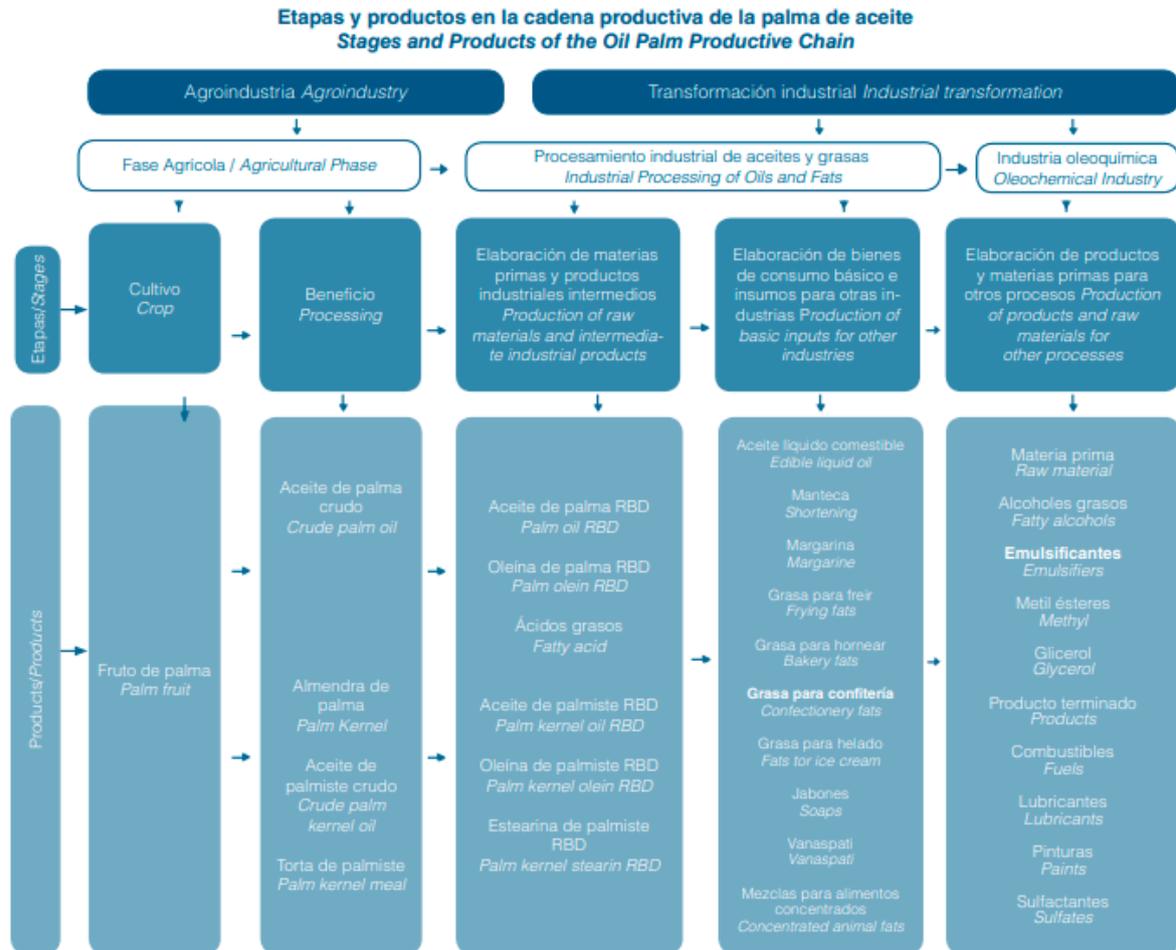
Nota:

- 1) El peso del criterio de costo de inversión se consideró 20%, por su relevancia en el proyecto de cambio tecnológico
- 2) El valor del Peso de Criterio para los criterios Tiempo de ciclo esterilización, Pérdida de aceite en escobajo (tusas), Número de personas necesarias para operar, Consumo de vapor, Consumo de energía eléctrica, Costos mantenimiento y otros CIF, se calculó a partir de la ponderación de la suma de costos incurridos en el proceso, multiplicado cada resultado parcial por 80%.

Anexo 3: Información complementaria de la Propuesta

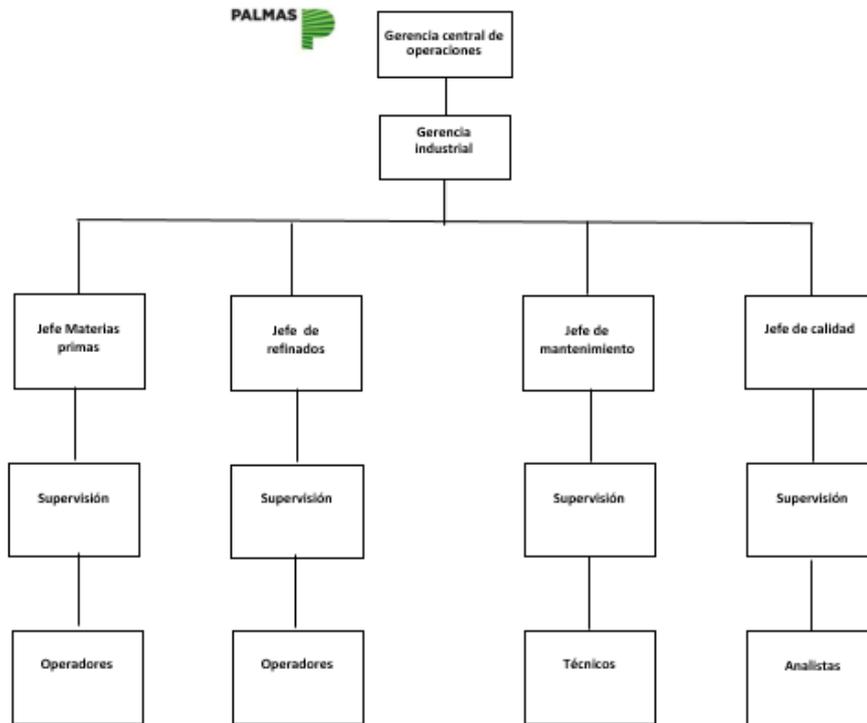
Figura 1.

Etapas y productos en la cadena productiva de palma aceitera



Nota. Extraído del estadístico 2017 principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Fuente FEDEPALMA, 2017

Figura 2.
Organigrama

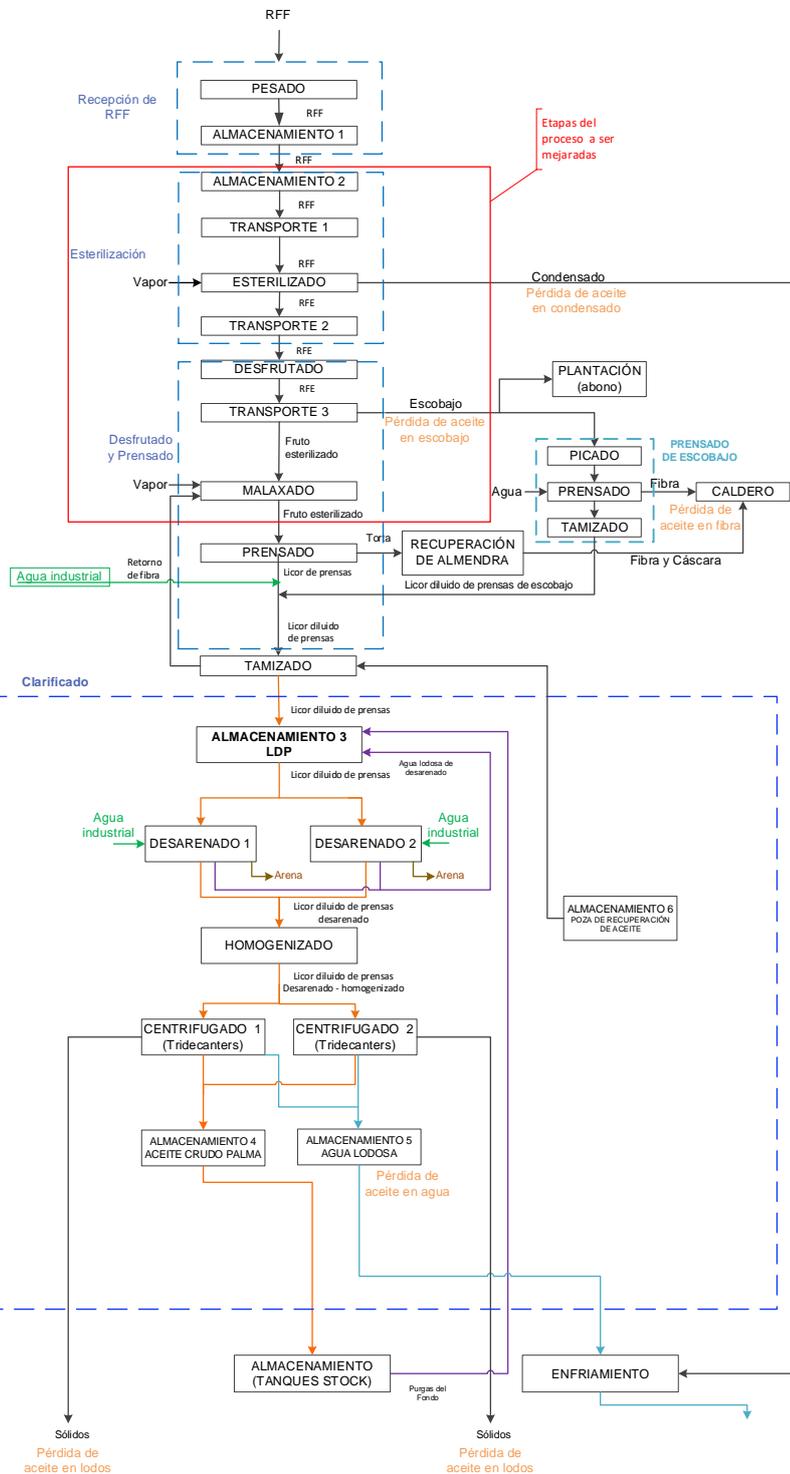


470
Operarios

Nota. Organigrama industrial de la empresa Industrias del Espino SA. Fuente: Grupo Palmas.

Figura 3.

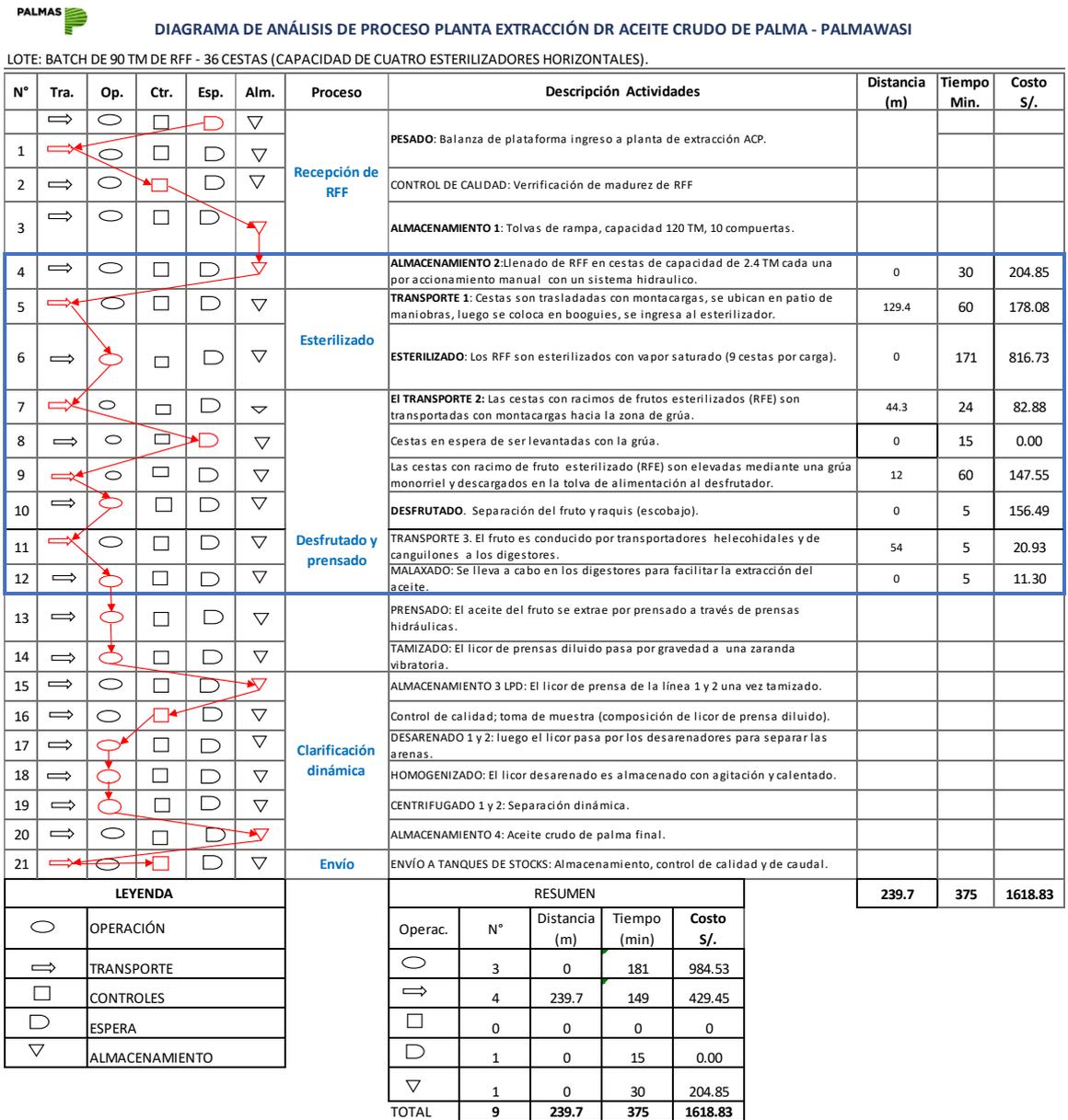
Diagrama de flujo de proceso de extracción de aceite crudo de palma



Nota. En la figura se describe el proceso de extracción de aceite crudo de palma aceitera, colocando su foco en el proceso de esterilización hasta ingreso a prensado. Fuente: Grupo Palmas.

Figura 4.

Diagrama de Análisis de proceso de extracción de aceite crudo de palma – Situación Actual

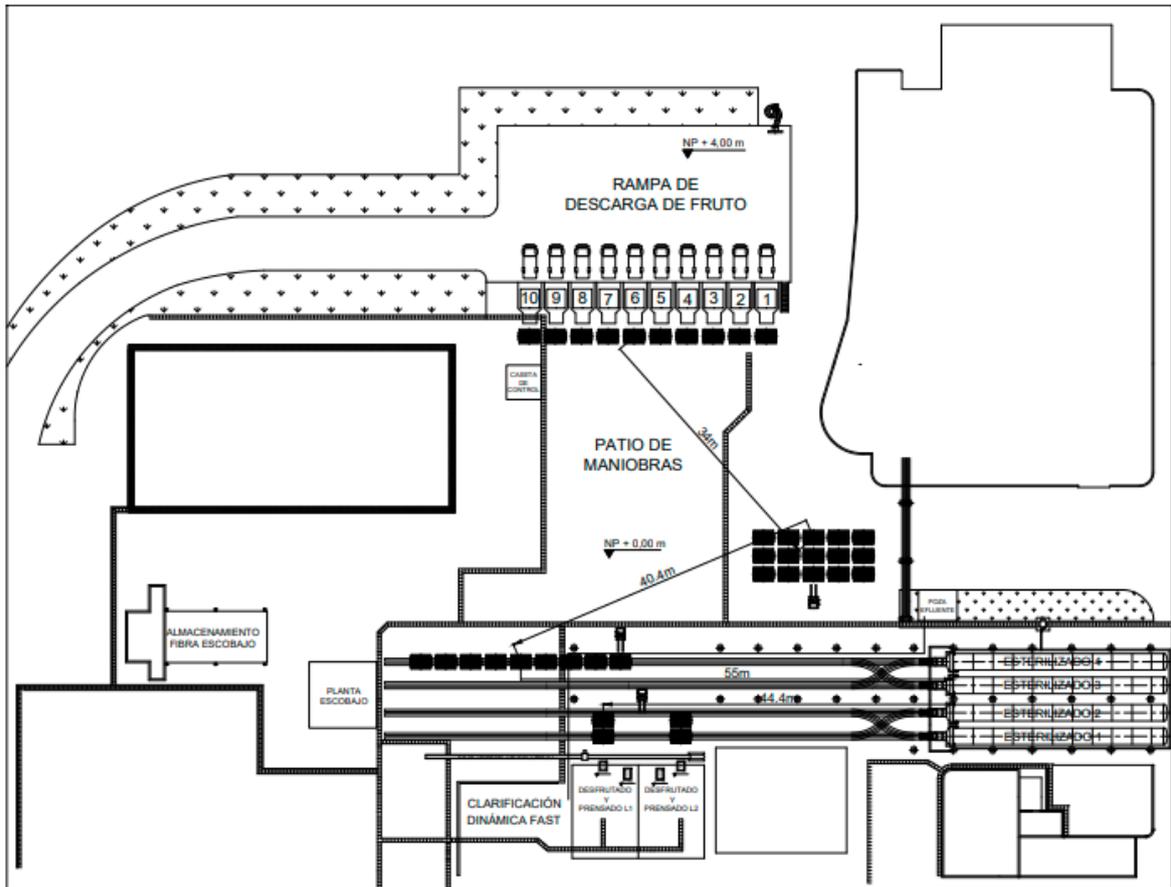


Nota. Diagrama de Análisis de proceso de extracción de aceite crudo de palma, Planta Palmawasi.

Fuente: Grupo Palmas.

Figura 5.

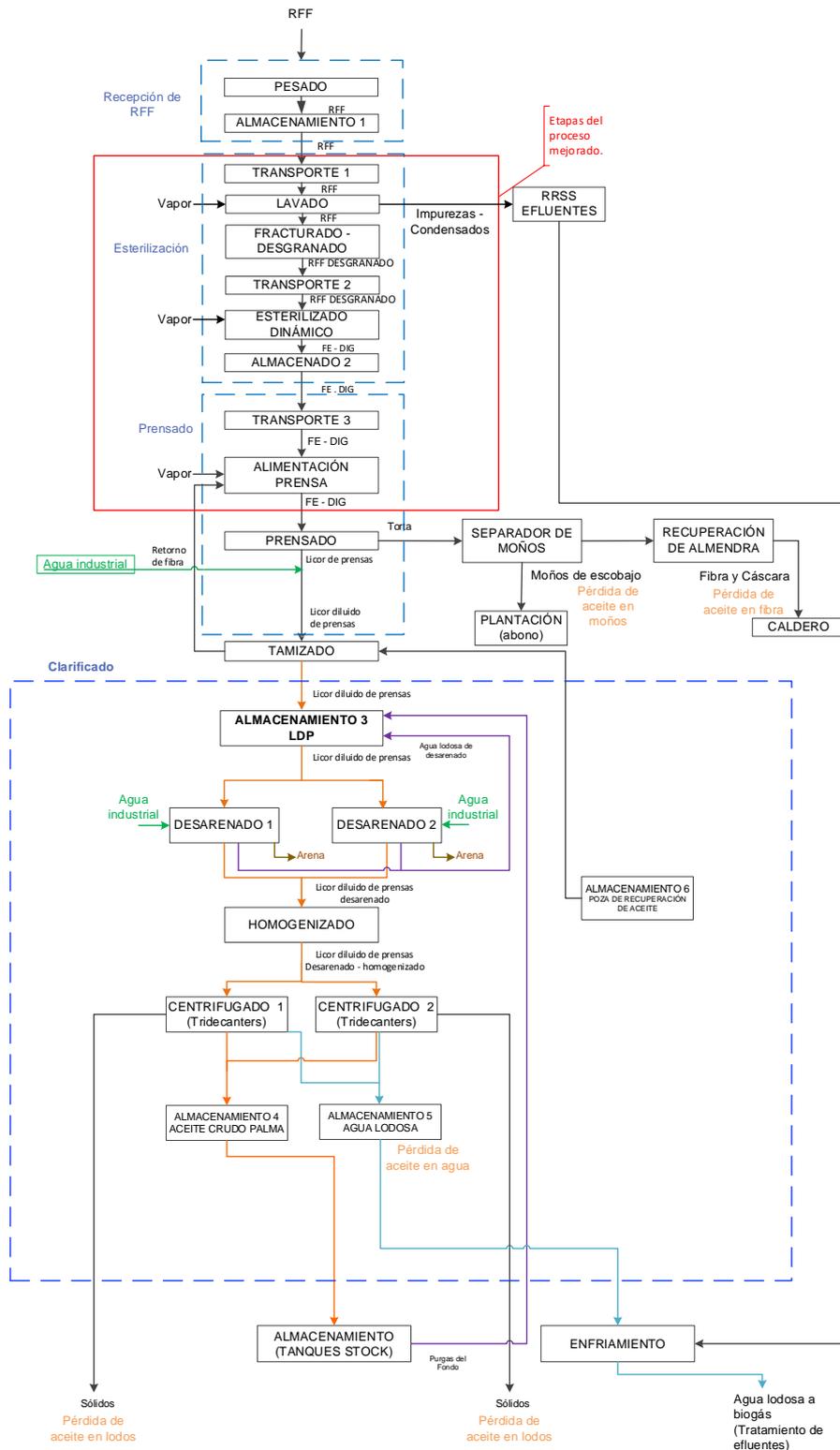
Distribución de Planta Actual



Nota. En la figura se describe la distribución de planta del proceso de extracción de aceite crudo de palma aceitera, industria Palma del Espino. Fuente: Grupo Palmas.

Figura 6.

Diagrama de flujo de proceso de extracción de aceite crudo de palma mejorado



Nota. En la figura se describe el proceso de extracción de aceite crudo de palma aceitera con tecnología de esterilización dinámica. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7.

Diagrama de Análisis de proceso de extracción de aceite crudo de palma mejorado



DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO PLANTA EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA - PALMAWASI.
PROPUESTA ESTERILIZACIÓN DINÁMICA.

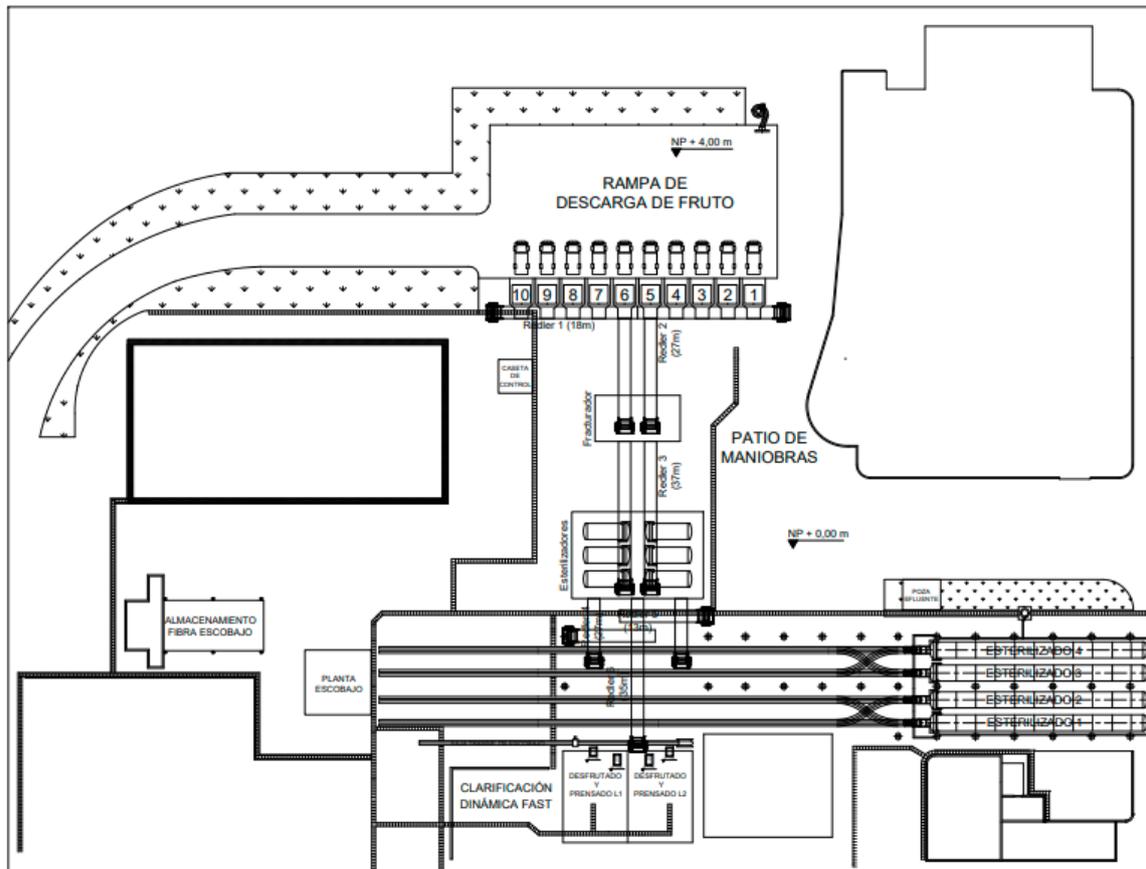
LOTE: BATCH DE 90 TM DE RFF - 6 ESTERILIZADORES DINÁMICOS DE CAPACIDAD NOMINAL 17 TM DE RFF CADA UNO.

N°	Tra.	Op.	Ctr.	Esp.	Alm.	Proceso	Descripción Actividades	Distancia (m)	Tiempo Min.	Costo S/.	
1	⇒	○	□	⏸	▽	Recepción de RFF	PESADO: Balanza de plataforma ingreso a planta de extracción ACP.				
2	⇒	○	□	⏸	▽		CONTROL DE CALIDAD: Verificación de madurez de RFF				
3	⇒	○	□	⏸	▽		ALMACENAMIENTO 1: Tolvas de rampa, capacidad 120 TM, 10 compuertas.				
4	⇒	○	□	⏸	▽	Esterilizado	TRANSPORTE 1: El RFF por medio de compuertas se descarga el RFF al transportador transversal y al transportador hacia fracturado, ambos tipo redler.	45	90	115.45	
5	⇒	○	□	⏸	▽		LAVADO: El RFF se conduce por un túnel donde se aplica vapor directo para eliminar impurezas.	0	5	75.51	
6	⇒	○	□	⏸	▽	PRENSADO	FRACTURADO DESGRANADO: Los RFF son conducidos al fracturador de doble eje de 60 TM/hora de capacidad.	0	90	168.33	
7	⇒	○	□	⏸	▽		EL TRANSPORTE 2: El RFF desgranado es transportado a los esterilizadores dinámicos.	37	5	21.79	
8	⇒	○	□	⏸	▽	Clarificación dinámica	ESTERILIZADO DINÁMICO: Se aplica vapor directo y agitación helicoidal con giro alternado en ambos sentidos.	0	170	711.36	
9	⇒	○	□	⏸	▽		ALMACENADO 2: El fruto esterilizado descarga por la compuerta inferior a las tolvas buffer, la parte líquida que escurre se envía directo a TAMIZADO.	0	12	3.11	
10	⇒	○	□	⏸	▽		TRANSPORTE 3 El fruto esterilizado se conduce por medio de transportadores tipo redler a sección prensado.	75	15	65.38	
11	⇒	○	□	⏸	▽		ALIMENTACIÓN A PRENSADO: La masa proveniente de esterilizado alimenta a prensa de doble tornillo.	0	5	174.34	
12	⇒	○	□	⏸	▽	Envío	PRENSADO: El aceite del fruto se extrae por prensado a través de prensas hidráulicas continuas de doble tornillo, la torta de salida de prensa se dirige por transportadores a tambor separador de moños, luego de recuperación de almendras.				
14	⇒	○	□	⏸	▽		TAMIZADO: El licor de prensas diluido pasa por gravedad a una zaranda vibratoria.				
15	⇒	○	□	⏸	▽	Clarificación dinámica	ALMACENAMIENTO 3 LPD: El licor de prensa de la línea 1 y 2 una vez tamizado.				
16	⇒	○	□	⏸	▽		Control de calidad; toma de muestra (composición de licor de prensa diluido).				
17	⇒	○	□	⏸	▽		DESARENADO 1 y 2: luego el licor pasa por los desarenadores para separar las arenas.				
18	⇒	○	□	⏸	▽		HOMOGENIZADO: El licor desarenado es almacenado con agitación y calentado.				
19	⇒	○	□	⏸	▽		CENTRIFUGADO 1 y 2: Separación dinámica.				
20	⇒	○	□	⏸	▽		ALMACENAMIENTO 4: Aceite crudo de palma final.				
21	⇒	○	□	⏸	▽	ENVÍO A TANQUES DE STOCKS: Almacenamiento, control de calidad y de caudal.					
LEYENDA								RESUMEN	157	392	1335.27
○	OPERACIÓN						Operac.	N°	Distancia (m)	Tiempo (min)	Costo S/.
⇒	TRANSPORTE						○	4	0	270	1129.54
□	CONTROLES						⇒	3	157	110	202.62
⏸	ESPERA						□	0	0	0	0
▽	ALMACENAMIENTO						⏸	0	0	0	0.00
							▽	1	0	12	3.11
							TOTAL	8	157	392	1335.27

Nota. Diagrama de Análisis de proceso de extracción de aceite crudo de palma con tecnología de esterilización dinámica. Fuente: Elaboración Propia

Figura 8.

Distribución de Planta Mejorado



Nota. En la figura se describe la distribución de planta del proceso de extracción de aceite crudo de palma aceitera con tecnología de esterilización dinámica. Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variable Propuesta de adaptación tecnológica

Dimensión	Indicador	Fórmula	Escala
Evaluación de tecnologías disponibles.	Calificación de tecnología	$\text{Máx. Calificación} = \text{Máx}_{[1-j]} \left\{ \sum_{i=1}^n P_i x C_i \right\}$ <p>Dónde: P_i = Puntaje asignado en criterio i C_i = Peso de criterio i n = número de criterios j = cantidad de alternativas disponibles</p>	Razón
Evaluación de implementación técnica.	Distribución de planta	$\text{Costo de desplazamiento} = \sum_{i=1}^n C_i$ <p>Dónde: n = número de actividades de desplazamientos C_i = Costo de desplazamientos i</p>	Razón
	Tiempo de ciclo	$\text{Tiempo de ciclo} = \sum_{i=1}^n \text{Tiempo estandar por actividad}_i$ <p>Donde: i = actividad i – ésima n = número de criterios</p>	Razón
Materia prima y suministros.	Costo por pérdida de aceite	$\text{Costo por pérdida de Aceite} = \sum_i^n \%Merma_i \times RFF \times C$ <p>Donde: $\%Merma_i$: % de pérdida en etapa i – ésima del proceso RFF: TM de Racimo de Fruto Seco C: Costo por TM i = etapa i – ésima n = número de etapas</p>	Razón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Operacionalización de variable Costos de conversión

Dimensión	Indicador	Fórmula	Escala
Costos de mano de obra directo	Costo Mano de Obra Directa Unitario	$\text{Costo Unitario de MOD} = \frac{\text{Costo de Mano de Obra por periodo}}{\text{Volumen de producción CPO-TM}}$ <p>Donde: Costo Unitario de MOD: Costo Unitario de Mano de Obra Directa Costo de Mano de Obra por periodo: Costo de Mano de Obra en el periodo de evaluación Volumen de producción CPO-TM: Volumen de Aceite Crudo de Palma Producido</p>	Razón
Costos indirectos de fabricación	Costo Indirectos de Fabricación Unitario	$\text{CIF Unitario} = \frac{\text{Costo Indirectos de Fabricación por periodo}}{\text{Volumen de producción CPO - TM}}$ <p>Donde: CIF Unitario: Costos Indirectos de Fabricación Costos Indirectos de Fabricación por periodo: Costos Indirectos de Fabricación en el periodo de evaluación Volumen de producción CPO-TM: Volumen de Aceite Crudo de Palma Producido</p>	

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MOLINA VILCHEZ JAIME ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Propuesta de adaptación tecnológica para reducir costos de conversión en planta de extracción de aceite crudo palma San Martín 2022", cuyo autor es MONTOYA QUISPE CARLOS ALBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 28 de Enero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MOLINA VILCHEZ JAIME ENRIQUE DNI: 06019540 ORCID: 0000-0001-7320-0618	Firmado electrónicamente por: MVILCHEZJA el 24- 02-2023 00:12:26

Código documento Trilce: TRI - 0529508